

**T.C.**  
**GENELKURMAY BAŐKANLIĐI**  
**GÜLHANE ASKERİ TIP AKADEMİSİ**  
**HAYDARPAŞA EĞİTİM HASTANESİ**  
**ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOĞİ KLİNİĞİ**

TİBİA ŞAFT VE DİSTAL 1/3 BÖLGE KIRIKLARINDA MİNİMAL İNVAZİF PLAK  
OSTEOSENTEZ UYGULAMALARIMIZIN RETROSPEKTİF DEĞERLENDİRİLMESİ

**Enes SARI**  
**Dz.Tbp.Yzb.**

Gülhane Askeri Tıp Akademisi  
Haydarpaşa Eğitim Hastanesi  
Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği  
**UZMANLIK TEZİ**

İSTANBUL  
2015



**T.C.**  
**GENELKURMAY BAŐKANLIĐI**  
**GÜLHANE ASKERİ TIP AKADEMİSİ**  
**HAYDARPAŞA EĞİTİM HASTANESİ**  
**ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ KLİNİĞİ**

TİBİA ŞAFT VE DİSTAL 1/3 BÖLGE KIRIKLARINDA MİNİMAL İNVAZİF PLAK  
OSTEOSENTEZ UYGULAMALARIMIZIN RETROSPEKTİF DEĞERLENDİRİLMESİ

**Enes SARI**  
**Dz.Tbp.Yzb.**

Gülhane Askeri Tıp Akademisi  
Haydarpaşa Eğitim Hastanesi  
Ortopedi ve Travmatoloji  
Uzmanlık Eğitimi İçin Öngördüğü

**UZMANLIK TEZİ**  
olarak hazırlanmıŐtır

TEZ DANIŞMANI  
**Selami ÇAKMAK**  
**Yrd.Doç.Dz.Tbp.Kd.Bnb.**

İSTANBUL  
2015

GATA Askeri Tıp Fakültesi Dekanlığına:

“Tibia Şaft ve Distal 1/3 Bölge Kırıklarında Minimal İnvazif Plak Osteosentez Uygulamalarımızın Retrospektif Değerlendirilmesi” konulu bu çalışma jürimiz tarafından Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı’nda uzmanlık tezi olarak kabul edilmiştir.

## İMZA

**Tez Danışmanı:** Yrd.Doç.Dz.Tbp.Kd.Bnb., Selami ÇAKMAK .....

**Başkan :** Prof.Tbp.Kd.Alb., Osman RODOP .....

**Üye :** Prof.Dr., Bahtiyar DEMİRALP .....

**Üye :** Yrd.Doç.Dz.Tbp.Kd.Bnb., Selami ÇAKMAK .....

## ONAY:

Dz.Tbp.Yzb. Enes SARI'nın 22/06/2015 tarihinde savunduğu bu tez akademi kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve kabul edilmiştir.

Hayati BİLGİÇ

Prof. Tbp. Tümamiral

GATF Dekanı ve Eğitim Hastanesi

Baştabibi

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, kliniğimizde yapılan tibia şaft ve distal 1/3 bölge kırıklarında MİPO cerrahisi uygulamalarımızın sonuçları değerlendirilmiş ve literatür ile uyumu ortaya konmuştur.

Birlikte çalıştığımız sürece hem mesleki hem de sosyal anlamda bilgi, beceri ve tecrübelerini sürekli bizlerle paylaşan, eğitimim boyunca desteğini bizlerden esirgemeyen değerli hocam GATA Haydarpaşa Eğitim Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği Şefi Sayın Prof. Dr. Osman RODOP'a teşekkür ederim.

Tezin tüm aşamalarında olduğu kadar asistanlık eğitimimde de ilgi, bilgi ve desteğini esirgemeyen, pozitif mizacı ve motivasyon kabiliyeti ile zevkle ve uyumla birlikte çalıştığımız tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Selami ÇAKMAK'a teşekkür ederim.

Eğitimimde bilgi ve becerileri ile bana yol gösteren Sayın Prof. Dr. İbrahim YANMIŞ ve Doç. Dr. Serkan BİLGİÇ'e, asistanlık dönemim boyunca birlikte çalışmaktan zevk ve onur duyduğum, akademik ve sosyal anlamda sürekli örnek aldığım ve eğitimimde desteklerini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Kenan KEKLİKÇİ, ve Op. Dr. Cengiz YILDIRIM'a teşekkür ederim.

Asistanlık eğitimimin 3 yılında klinik şefliğimi yapan sayın hocam Prof. Dr. Mesih KUŞKUCU'ya ayrıca teşekkür ederim.

Eğitim hayatımın çeşitli dönemlerinde birlikte çalıştığım, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım hocalarım Prof. Dr. Can SOLAKOĞLU, Prof. Dr. Mahir MAHİROĞULLARI, Prof. Dr. Özcan PEHLİVAN, Doç. Dr. İbrahim AKMAZ'a teşekkür ederim.

Uzmanlık eğitimim boyunca birlikte uyum içinde çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum yakın arkadaşım Dr. Fazlı Levent UMUR'a, asistan arkadaşlarım, Dr. Kadir ÖZNAM, Dr. Faruk AKYILDIZ, Dr. Ferdi DÖNMEZ, Dr. Hasan TURĞUT, Dr. Ali KANTEMİR, Dr. Engin ÖZAY, Dr. M. Bahadır EKİCİ, Dr. S. Serdar ORHAN, Dr. Fatih ÇOLAKOĞLU, Dr. Murat ŞENGÜL, Dr. Uğur YENER, Dr. Ö. Faruk DİRİCAN'a teşekkür ederim.

Klinik çalışmalarda her zaman destek ve dostluklarını gördüğüm hemşirelerimize ve tüm yardımcı personelimize teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her daim desteklerini esirgemeyen ailem ile sevgi ve desteğiyle yanımda olan kız arkadaşım Elif BAKKAL'a teşekkür ederim.

## ÖZET

### **Enes SARI, Tibia Şaft ve Distal 1/3 Bölge Kırıklarında Minimal İnvazif Plak Osteosentez Uygulamalarımızın Retrospektif Değerlendirilmesi. Tıpta Uzmanlık Tezi, İstanbul, 2015.**

Gülhane Askeri Tıp Akademisi Haydarpaşa Eğitim Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Servisi'nde, Mart 2011 - Mart 2015 tarihleri arasında tibia şaft ve tibia distal 1/3 bölge kırığı tanısı ile minimal invaziv plak osteosentez cerrahisi uygulanarak tedavi edilen ortalama yaşları 42,9 (22-90) ve ortalama takip süreleri 29,5 (5-47 ay) ay olan 17 vakanın retrospektif olarak dosya taramasıyla elde edilen bulguları değerlendirildi.

AO sınıflama sistemine göre 3 adet 42-A1 (%17,6), 1 adet 42-A2 (%5,8), 1 adet 42-A3 (%5,8), 3 adet 42-B1 (%17,6) ve 1 adet 42-C1 kırık (%5,8) ile 3 adet 43-A1 (%17,6), 2 adet 43-A3 (%11,7), 2 adet 43-B2 (%11,7) ve 1 adet 43-C2 (%5,8) kırık olduğu tespit edildi. En sık görülen kırık tipleri 42-A1, 42-B1 ve 43-A1 olarak saptandı.

Hastaların klinik ve radyolojik değerlendirmesinde kaynama ve tam yük verme zamanı ile komplikasyon oranları, fonksiyonel sonuçlarının değerlendirilmesinde AOFAS ayak bileği-arka ayak skorlaması kullanıldı.

Hastaların ortalama kaynama süresi 4,7 ay (2,5-10 ay) ve tam yük verme süresi 5,2 aydı (1-12 ay). Hastaların 2'sinde (%11,7) kaynama gecikmesi, 1'inde (%5,8) kötü kaynama görülürken, hiçbir hastada kaynamama, implant yetmezliği görülmedi. Hastaların 10'unda (%58,8) implant irritasyonu mevcuttu. Hastaların 3'üne (%17,6) implant çıkarma amaçlı sekonder cerrahi yapıldı. Hiçbir hastaya kaynamama ve kaynama bozukluğu nedeniyle sekonder cerrahi uygulanmadı. Ortalama AOFAS skoru 84,7'ydi (63-100).

Sonuç olarak radyolojik bulgular, fonksiyonel sonuçlar ve komplikasyon oranları açısından çalışmamız literatürler uyumlu bulundu. Tibia şaft ve distal 1/3 bölge kırıklarının cerrahi tedavisinde MİPO, yüksek kaynama, düşük enfeksiyon ve malunion oranları ve iyi fonksiyonel sonuçları ile etkili ve güvenli bir yöntemdir.

Anahtar kelimeler: MİPO, tibia, kırık, minimal invaziv.

## SUMMARY

### **Enes SARI, Retrospective Evaluation of Minimally Invasive Plate Osteosynthesis Applications in Tibial Shaft and Tibia Distal 1/3 Fractures. Medical Specialization Thesis, İstanbul, 2015.**

Results of 17 patients diagnosed with tibial shaft and tibia distal 1/3 fracture treated with minimally invasive plate osteosynthesis between the dates March 2011 and March 2015 in Gülhane Military Medical Academy Haydarpaşa Training Hospital Orthopaedics and Traumatology Clinic evaluated retrospectively from patient files in this study. Average age was 42,9 (22-90) and average follow-up period was 29,5 months (5-47 months).

There were 3 type 42-A1 (17,6%), 1 type 42-A2 (5,8%), 1 type 42-A3 (5,8%), 3 type 42-B1 (17,6%), 1 type 42-C1 (5,8%), 3 type 43-A1 (17,6%), 2 type 43-A3 (11,7%), 2 type 43-B2 (11,7%) and 1 type 43-C2 (5,8%) fractures according to the AO Classification System. The most common fracture types were type 42-A1, 42-B1 and 43-A1.

Union time, time to full-weight bearing and complication rates were used in clinical and radiological evaluation, AOFAS Ankle-Hindfoot Scoring Scale was used for functional assessment.

Union time and time to full-weight bearing was 4,7 months (2,5-10 months) and 5,2 months (1-12 months), respectively. Two patients (11,7%) complicated with delayed union and another one patient (5,8%) with malunion. There was no case of nonunion and implant failure. Three patients (17,6%) reoperated for implant removal. None of the patients had secondary procedures due to nonunion or union disorders. Average AOFAS score was 84,7 (63-100).

In conclusion, this study is similar to the other studies in literature by means of radiological findings, functional results and complication rates. MIPO surgery is an effective and safe method with high union, low infection and malunion rates and good functional results in tibial shaft and tibia distal 1/3 fractures.

Key words: MIPO, tibia, fracture, minimally invasive.

# İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ONAY SAYFASI	iv
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vi
İNGİLİZCE ÖZET	vi
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR	x
ŞEKİLLER	xi
TABLolar	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Temel Anatomi	3
2.1.1. Kemik Yapılar	3
2.1.2. Yumuşak Doku	7
2.2. Tibia Perfüzyonu ve Vasküler Destek	15
2.3. Epidemiyoloji	18
2.4. Etiyoloji ve Yaralanma Mekanizması	19
2.5. Sınıflama	22
2.5.1. AO/OTA Sınıflaması	22
2.5.2. Tscherne Sınıflaması	23
2.5.3. Gustilo-Anderson Sınıflaması	24
2.6. Genel Tanı ve Tedavi Prensipleri	25
2.6.1. Fizik Muayene	25
2.6.2. Radyoloji	26
2.6.3. Başlangıç Tedavisi	27
2.6.4. Kesin Tedavi ve Komplikasyonlar	27
2.7. Kırık İyileşmesi, Stabilite ve Biyomekanik Kavramlar	29
2.7.1. Doğal Kırık İyileşmesi	29
2.7.2. Kırık İyileşmesi ve Biyomekanik	32
2.7.2.1. Mutlak Stabilite ve Direk Kırık İyileşmesi	33
2.7.2.2. Göreceli Stabilite ve İndirek Kırık İyileşmesi	37
2.8. Plak ve Vida ile Osteosentezin Evrimi	41
2.8.1. Plak ve Vida ile Osteosentezin Tarihçesi	42
2.8.2. Geleneksel Plak ve Vida ile Osteosentez	45

2.8.3. Kilitli Plak ve Vida ile Osteosentez	47
2.8.3.1. Genel Prensipler	47
2.8.3.2. Endikasyonlar	52
2.9. Biyolojik İnternal Tespit ve Minimal İnvaziv Plak Osteosentez	53
2.9.1. Tibia Şaft ve Distal 1/3 Bölge Kırıklarının MİPO İle Tedavisi	59
2.9.1.1. Endikasyon ve Kontrendikasyonlar	61
2.9.1.2. Ameliyat Öncesi Erken Müdahaleler, Hazırlık ve Planlama	62
2.9.1.3. Cerrahi Yaklaşım, Redüksiyon ve İmplant Seçimi	65
2.9.1.4. Postoperatif Bakım ve Komplikasyonlar	72
3. GEREÇ VE YÖNTEM	73
3.1. Cerrahi Teknik	76
4. BULGULAR	78
5. TARTIŞMA	82
6. SONUÇ	90
7. VAKA ÖRNEKLERİ	92
8. KAYNAKLAR	98

## SİMGELER VE KISALTMALAR

İMN	: İntramedüller çivileme
MİPO	: Minimal invaziv plak osteosentez
FDL	: Fleksör digitorum longus
EHL	: Ekstansör hallusis longus
EDL	: Ekstansör digitorum longus
FHL	: Fleksör hallusis longus
LCP-DMTP	: Kilitli distal tibial metafizyel plak
LCP-MDTP	: Kilitli medial distal tibia plağı
AO	: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
AO/OTA	: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen / Orthopaedic Trauma Association
AP	: Anteroposterior
L	: Lateral
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
E.F	: Eksternal fiksasyon
VEGF	: Vasküler endotelial growth faktör
LCP	: Kilitli kompresyon plağı
K-teli	: Kirschner teli
DCP	: Dinamik kompresyon plağı
LC-DCP	: Düşük temaslı dinamik kompresyon plağı
PC-Fix	: Noktasal temaslı fiksator
MİPPO	: Minimal invaziv peruktan plak osteosentez
TARPO	: Transartiküler yaklaşımlı peruktan plak osteosentez
LISS	: Az invaziv stabilizasyon sistemi
ARİF	: Açık redüksiyon internal fiksasyon
TMÇ	: Tespit metaryali çıkarma
E	: Erkek
K	: Kadın

## ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
2.1. Tibia ve fibulanın önden ve arkadan görünümü.	5
2.2. Bacak kompartmanları ve kompartman içi anatomik yapılar.	8
2.3. Bacak kompartmanlarının şematik gösterimi.	8
2.4. Bacak arterlerinin önden ve arkadan görünümü.	9
2.5. Tibia distalinde safen sinir ve büyük safen venin seyrini gösteren fotoğraf.	11
2.6. Tibial sinirin bacak posteriorundaki seyri ve anatomik komşulukları.	12
2.7. Peroneal sinir ve dallarının önden ve arkadan görünümü.	13
2.8. Büyük ve küçük safen venin önden ve arkadan görünümü.	15
2.9. Tibianın ekstraosseöz kan desteğinden sorumlu yapılar.	16
2.10. Tibia vasküler sistemi ve ana arter yapıları.	16
2.11. Açık ve perkütan plak fiksasyonun periostal kanlanma üzerine etkisi.	18
2.12. Tibia şaft kırıkları direk ve indirek mekanizma ile oluşur.	20
2.13. Distal tibia kırıklarında yaralanma mekanizmaları, düşük enerjili ve yüksek enerjili yaralanma.	21
2.14. Tibia şaft kırıklarında AO/OTA sınıflaması.	23
2.15. Tibia distal kırıklarında AO/OTA sınıflaması.	23
2.16. Kırık iyileşmesinin fazları; infalamasyon, tamir ve yeniden şekillenme.	30
2.17. Direk kortikal kemik iyileşmesini histolojik görünümü.	34
2.18. Kırık iyileşmesinin değişen gerilime karşı verdiği biyolojik yanıt.	35
2.19. Kırık ve fiksasyon tiplerine göre doku gerilimi ve kırık iyileşmesi.	40
2.20. Dinamik kompresyon plağı (DCP) şematik gösterimi.	43
2.21. Dinamik kompresyon plağı çalışma mekanizması.	43
2.22. Konvansiyonel plak-vida uygulamasının özellikleri.	45
2.23. Stres kalkanı etkisinin şematik gösterimi.	46
2.24. Kilitli plak-vida uygulamasının özellikleri.	48
2.25. Konvansiyonel ve kilitli plak karşılaştırılması.	48

## ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
2.26. Kırık hattı uzunluğuna göre seçilecek plak uzunluğu ve plak-vida oranının şematik gösterimi.	49
2.27. Stres dağılımı ve stres odaklanması.	50
2.28. Normal ve osteoporotik kemikte mono ve bikortikal vida uygulaması.	51
2.29. Yeni jenerasyon kilitli plaklardaki kitleme ve kompresyon delikleri.	52
2.30. Dalga plak.	54
2.31. Farklı plak tiplerinin alttan ve yandan temas yüzeyleri.	55
2.32. LISS ve LCP plak örnekleri..	57
2.33. Self-drilling (kendi-delen) ve self-tapping (kendi-yiv açan) vidaların şematik gösterimi.	58
2.34. Pilon kırıkları tedavi algoritması.	62
2.35. Tibia fibula distal parçalı kırığı; grafi ve BT görüntüleri.	64
2.36. Tibial alignment grid (sol) ve koter kablosu tekniği (sağ).	67
3.1. Hasta takip formu.	74
3.2. AOFAS ayak bileği-arka ayak skorlama ölçeği.	75
3.3. Cerrahi tekniği gösteren fotoğraflar.	77
4.1. Travmaya neden olan etyolojik faktörler.	78
4.2. AO/OTA Sınıflamasına göre kırık lokalizasyon ve tipleri.	79
7.1. Hastanın başvuru esnasında çekilen grafileri.	92
7.2. Hastanın erken postoperatif (A) ve son kontrol (B) grafileri.	93
7.3. Hastanın fonksiyonel sonuçları.	93
7.4. Hastanın ilk başvurusunda çekilen grafiler.	94
7.5. Sirküler alçı çıkarıldıktan sonra kırığa eşlik eden yumuşak doku kontüzyonunun klinik görüntüsü.	95
7.6. Hastanın erken postoperatif (A) ve kaynama sonrası (B) grafileri.	95
7.7. Hastanın ilk müracaatında çekilen grafi ve BT görüntüleri.	96
7.8. Hastanın erken postoperatif (A) ve ameliyat sonrası (B) grafileri.	97
7.9. Hastanın geç postoperatif grafileri (A) ve fonksiyonel sonuçları (B).	97

## TABLÖLAR

<b>Tablo</b>	<b>Sayfa</b>
4.1. Hasta Tablosu – 1.	81
4.2. Hasta Tablosu – 2.	81



## 1. GİRİŞ

Tibia şaft ve distal 1/3 bölge kırıkları görece olarak sık rastlanılan ve genellikle yüksek enerjili travmalar sonucu ortaya çıkan yaralanmalardır. Uzun süren iyileşme ve rehabilitasyon süreçleri yanında görece olarak yüksek komplikasyon oranları ile hem yüksek tedavi maliyetlerine hem de uzamış iş gücü kayıplarına neden olmaktadır (1).

Tibianın yük taşıma fonksiyonunun devamı ve mobilizasyon açısından gerekliliği tartışılmaz olduğundan bu bölge kırıklarının tedavisi özellikle önemlidir. Tedavinin temel amaçları kemik kaynamasının sağlanması ve hastaya travma öncesi işlevselliğinin geri kazandırılmasıdır. Tedavi planlamasını yaparken hastanın genel tıbbi durumu, eşlik eden hastalıkları, travma mekanizması, yumuşak doku ve kemik yaralanmasının derecesi, cerrahi zamanlaması ve seçilecek cerrahi yöntem bu tedavi amaçlarına ulaşılabilmesi açısından dikkatle değerlendirilmelidir.

Yumuşak doku örtümünün zayıf olduğu tibia anteromedialinin anatomik yapısı hem travma sonucu yaralanma ihtimalini arttırmakta, hem tedavi yönteminin seçimini güçleştirmekte, hem de tedavi sonrası kırık iyileşmesinde güçlük ve komplikasyon sıklığında artmayı beraberinde getirmektedir (2-4). Tibia diz ile ayak bileği arasındaki yük transferi fonksiyonunu gerçekleştirebilmek için distalde çapını küçültürken kortikal kalınlığı artar, medüller kanal çapı ise azalır (5). Bu durum tibia distalindeki medüller dolanımı ve kemik perfüzyonunu azaltırken, kemik iyileşmesini olumsuz etkiler ve enfeksiyon direncini düşürür. Tarihsel gelişim süreci içerisinde tibia şaft ve distal 1/3 bölge kırıkları için hem cerrahi hem de cerrahi dışı tedavi yöntemleri denenmiş, her bir yöntemin avantaj ve dezavantajlı olduğu yönler tespit edilmeye çalışılmıştır. Her ne kadar tibia diyafiz kırıklarının tedavisinde İMN (intramedüller çivileme) tercih edilen tedavi alternatifi olarak öne çıksa da distal şaft ve distal 1/3 bölge kırıklarının

cerrahi tedavisinde seçilecek yöntem, seçenek çeşitliliğine rağmen, halen tartışmalıdır (2, 6-13).

Kırık iyileşmesini etkileyen biyolojik faktörlerin daha iyi anlaşılması, atravmatik cerrahi tekniklerin benimsenmesi ve implant dizaynlarındaki yenilikler sayesinde biyolojik kırık tespiti ve minimal invaziv cerrahi prensipleri geliştirilmiştir. Bu sayede tedavisi güç ve komplikasyon sıklığı yüksek tibia shaft ve distal 1/3 kırıklarının cerrahi tedavisi için yeni bir alternatif olmuştur. Böylece daha az invaziv yaklaşımlarla, periostal sıyrılma olmaksızın kırık hattı köprülenerek stabil biyolojik fiksasyon sağlanmış ve daha az yumuşak doku ve iyileşme komplikasyonu ile kaynama sağlanmıştır (14). Özellikle distal 1/3 bölge kırıkları olmak üzere tibia kırıklarında optimal tedavinin belirlenmesi tedavi masraflarının azaltılması ve sosyoekonomik kayıpların engellenmesi açısından önemlidir (1, 3).

Bizim çalışmamızın amacı, tibia shaft ve distal 1/3 bölge kırıklarının cerrahi tedavisindeki seçeneklerden biri olan MİPO (minimal invaziv plak osteosentez) uygulamasının klinik ve radyolojik sonuçlarını retrospektif olarak değerlendirmektir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Temel Anatomi

#### 2.1.1. Kemik Yapılar

##### Tibia

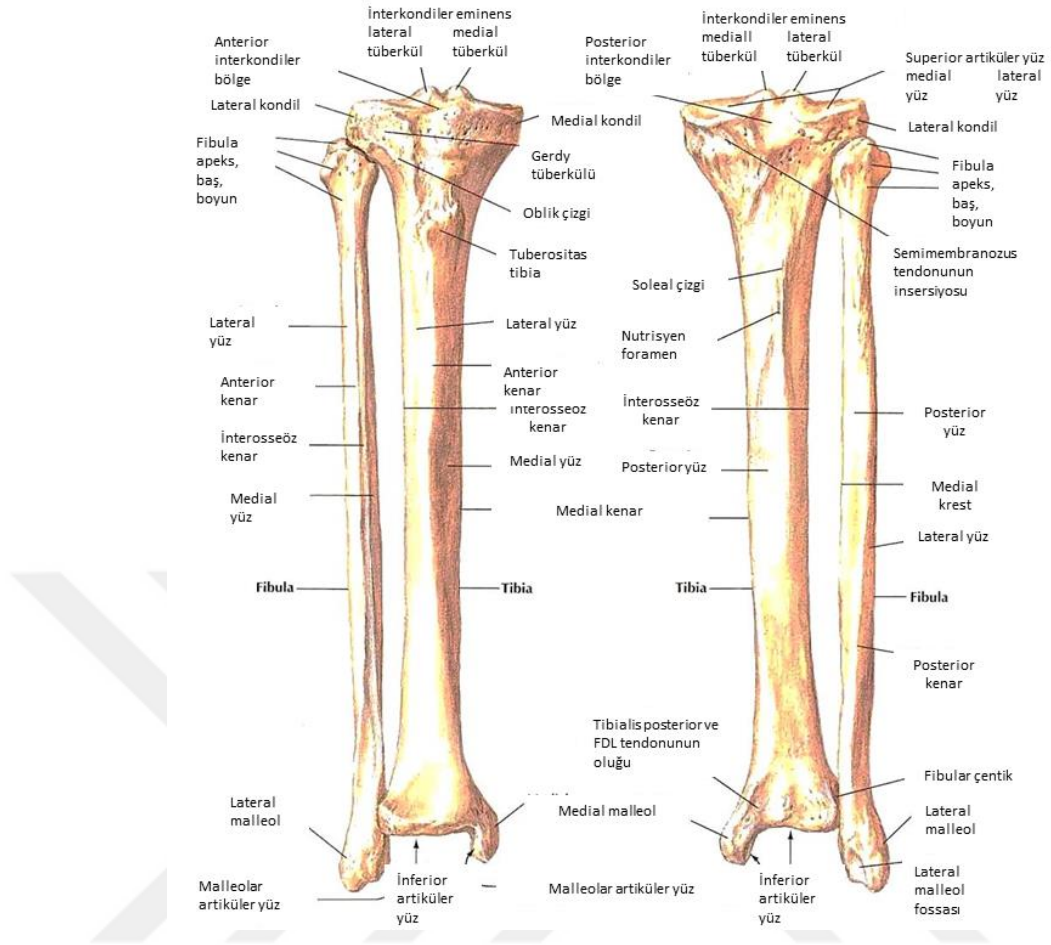
Tibia diz ve ayak bileği eklemi arasında bacağın medial tarafında yerleşmiş, tübüler yapıda bir kemiktir. Femurdan sonra vücudun ikinci en uzun kemiğidir. Erişkinde ortalama 30-47 cm uzunlukta olup, medüller kanal çapı 8-15 mm arasındadır.

Proksimalinde femur kondili ile eklemleşen tibia platosu prizmoid, distalinde talus domu ile eklemleşen distal tibia kuadrilateral yapıdadır. Proksimal ve distal ekstremiteler ile tibia cismi olmak üzere 3 kısımda incelenebilir. Proksimal ve distal kısım metafizer özellikte olup, ince yapılı bir korteks ve vasküler açıdan zengin spongioz kemikten oluşur. Tibia cisminde korteks yapısı kalın olmasına rağmen hem kortikal hem de spongioz kemik vasküler açıdan fakirdir. Tibia distal shaftının kesit alanı üçgen yapıda olup, orta ve distal üçte birlik bölge kesişiminde en incedir (15). Tibia kırıkları en sık bu kesişim yerinde meydana gelir (16). Tibia distal çapının azalması, medüller boşluk çapının dolayısıyla da distal tibiada medüller vasküler ağın azalmasına neden olur (5). Bu bölge aynı zamanda subkutan yerleşimi nedeniyle vasküler desteğin en zayıf olduğu kısımdır (17).

Proksimal ekstremiteler lateral ve medial kondilleri oluşturacak şekilde yanlara doğru genişlemiştir. Medial kondil eklem yüzü oval ve konkav yapıdayken, lateral kondil eklem yüzü yuvarlak ve özellikle önden arkaya doğru posterior eklem yüzünü uzatacak şekilde konveks yapıdadır. Her iki eklem yüzü arasında, ön ve arkasında menisküsler ile ön ve arka çapraz bağların yapışma yerlerinin bulunduğu interkondiler eminens yer alır. Her iki kondilin anterior yüzeyi, önde patellar ligament için tutunma yeri olan tuberositas tibia denen çıkıntıyı oluşturur. Medial kondil medial yüzündeki

çıkıntıya tibial kollateral ligament tutunur. Lateral kondil alt dış tarafındaki yuvarlak eklem yüzü fibula başı ile eklemleşirken, lateral ve anterior yüzleri arasındaki çıkıntılı kısım Gerdy tüberkülü olarak adlandırılır ve buraya iliotibial bant yapışmaktadır (17).

Tibia cisminin anterior, medial ve lateral olmak üzere üç kenarı ve medial, lateral ve posterior olmak üzere üç yüzü vardır. Anterior kenar (*crest*), tuberositas tibiadan başlayıp proksimal üçte ikilik kısımda daha keskin sınırlı olacak şekilde seyreder, distalde daha düzleşerek medial malleol anterior sınırına uzanır. Anterior kenar orta kısımda keskin olup, cilt altında belirgindir (18). Kolay palpe edilebilir önemli bir anatomik işarettir. Bacak derin fasyasına bağlantılar verir. Medial kenar, medial kondil arka kısmından medial malleol posterioruna doğru uzanır. Proksimalden distale doğru tibial kollateral ligament, popliteus, soleus ve FDL (fleksör digitorum longus) kaslarının tutunumları mevcuttur. Lateral kenar (*interosseöz crest*), özellikle merkez kısmında belirgin çıkıntı yaparak tibia ve fibulayı birbirine bağlayan interosseöz membran için tutunma yeri oluşturur. Medial yüz düzgün yüzeyle olup, daha geniş olan proksimal üçte birlik kısmına gracilis ve semitendinosus tendonları ile sartorius aponevrozu tutunur. Daha distaldeki üçte ikilik kısmı daha dar ve subkutanöz seyirlidir (18). Subkutan seyri nedeniyle kolaylıkla palpe edilebilir. Lateral yüz medialden daha dardır. Proksimal üçte ikilik kısımda tibialis anterior kasının başlangıcı bulunurken, distal üçte birlik kısım medialden laterale tibialis anterior, EHL (ekstansör hallusis longus) ve EDL (ekstansör digitorum longus) tarafından örtülmüştür. Posterior yüzde, proksimaldeki linea musculi solei (*popliteal line*) belirgin bir anatomik işaret olup, popliteus kası insersiyosunun alt sınırını oluşturur. Ayrıca soleus, FDL ve tibialis posterior kaslarının bir kısmı da yine buradan başlar. Linea poplitea'nın hemen altında nutrisyen forameni yer alır (18, 19) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Tibia ve fibulanın önden ve arkadan görünümü (20).

Distal ekstremitte proksimale göre ince yapıda olup, mediale ve inferiora doğru medial malleol denen uzantıyı oluşturacak şekilde sonlanır. İnterior, anterior, posterior, lateral ve medial yüzey olmak üzere beş yüzeyi vardır. İnterior yüzeyi konkav yapıda olup talus domu ile eklemleşir. Anterior yüzeyin düzgün, yuvarlak üst kısmı ekstansör kaslar tarafından örtülmüş olup, alt sınırına eklem kapsülü yapışır. Posterior yüzeyde, inferior ve mediale doğru seyreden FHL (fleksör hallusis longus) tendonun oluşu bulunmaktadır. Lateral yüzeyde yer alan fibuler oluk lateral malleol ile eklemleşir. Bunun hemen üzerinde tibia ile fibulayı birbirine bağlayan inferior interosseöz ligament ile anterior ve posterior tibiofibular ligament yer alır. Distal tibianın medial yüzü, 25 derece medial angulasyon ve 20 derece

internal torsiyona sahiptir (21). Plafond seviyesinde distal tibia'nın anteroposterior mesafesi 36 mm, medial-lateral mesafesi ise 39 mm'dir (22). Medial yüzey inferomedialde piramidal şekilli medial malleolü oluşturacak şekilde şekillenmiştir. Medial malleolün iç yüzü konveks yapıda ve subkutan yerleşimliken, düzgün olan dış yüzü konkav yapıdadır ve talus ile eklemleşir. Medial malleol anterioruna deltoid ligament yapışırken, posteriorundaki malleolar sulkusta tibialis posterior ve FDL tendonları seyreder (19).

### **Fibula**

Fibula, tibiaya paralel ve lateralinde yerleşmiş, proksimal ve distalinde tibia ile bağlantılı, ince bir uzun kemiktir. Yük taşıma fonksiyonu yoktur (18). Kas ve ligament tutunması, yapısal destek ve ayak bileği eklemının stabilitesine yardımcı olur (17). Cisim ile proksimal ve distal uçlardan oluşur.

Proksimal uç veya fibular baş düzensiz kuadrat yapıdadır. Üst kısmında yukarı ve anteromediale yönelen eklem yüzü, tibia lateral kondili ile eklemleşir. Biceps femoris tendonu ve fibular kollateral ligament, lateral yüzündeki apeks (stiloid çıkıntı) denilen çıkıntıya tutunur. Fibula cisminin anterior kenarı anterior intermüsküler septumu meydana getirirken, posterior kenarı posterior intermüsküler septuma bağlantı verir. İnterosseöz kenar proksimalde ve medial krest distalde interosseöz sınırı oluşturur. Fibulanın nutrisyen forameni medial krest distal sonlanmasının posteriorunda yer alır (18).

Fibula cismi distale doğru uzanır ve medial malleol uç kısmının yaklaşık 1.5 cm distalinde sonlanan lateral malleol adı verilen çıkıntıyı oluşturur. Lateral yüzü konveks ve subkutan seyirlidir. Medial artiküler yüzü talus laterali ile eklemleşir. Anterior ve posterior talofibular ligament aracılığıyla talus, kalkaneofibular ligament aracılığıyla kalkaneus ile ilişkilidir. Posterior kenarında peroneus longus ve brevis kaslarının olukları bulunur (19).

## 2.1.2. Yumuşak Doku

### Kompartmanlar

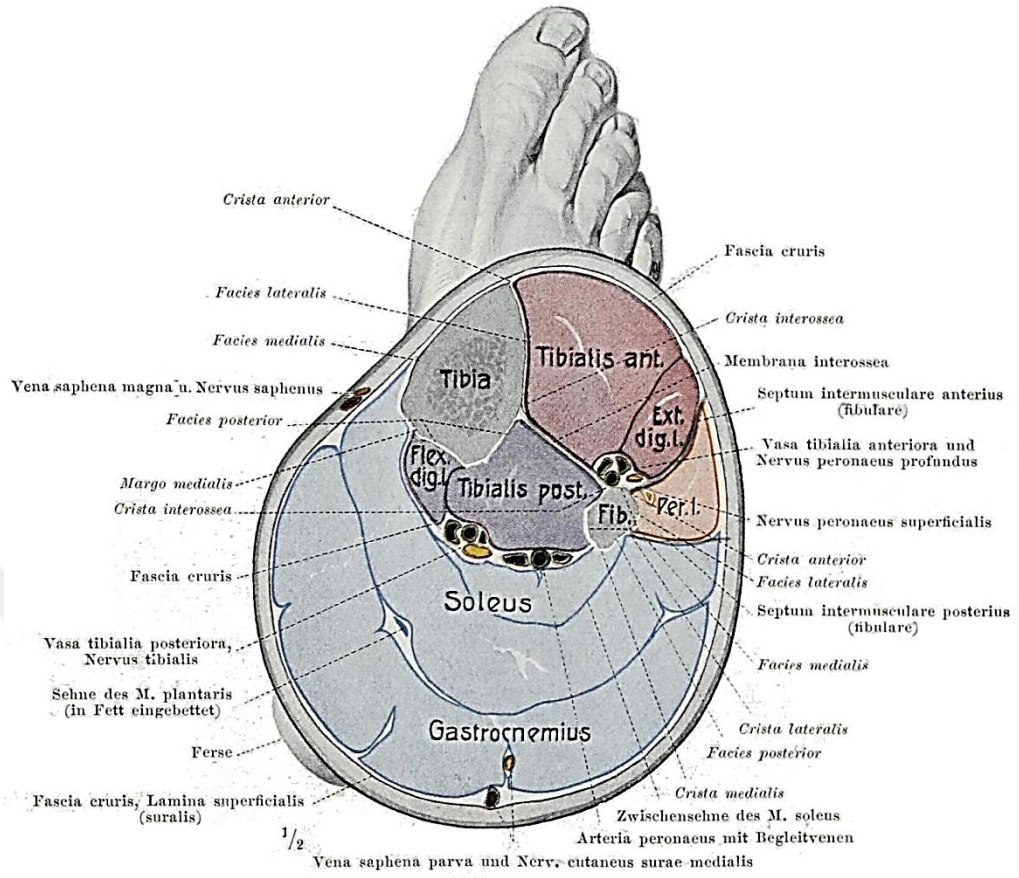
Fasya veya fasya ve kemik tarafından çevrelenmiş, bir veya birden fazla kas içeren kapalı boşluğa kompartman denir (23). Kruristeki anterior, posterior ve transvers intermüsküler septum ile interosseöz membran ve krural fasya bacağı dört kompartmana böler. Bunlar; anterior, lateral, derin ve yüzeysel kompartmanlardır (18) (Şekil 2.2 ve 2.3). Her bir kompartman kas, sinir ve vasküler yapıları içermektedir. Tibia şaft kırıkları, kompartman sendromunun en sık sebebidir (24). Anterior ve lateral kompartman kasları peroneal sinir, yüzeysel ve derin kompartman kasları tibial sinir tarafından inerve edilir (18).

**-Anterior kompartman:** Ayak dorsifleksiyonu ve parmak ekstansiyonundan sorumlu kaslar (tibialis anterior, EHL, EDL ve peroneus tertius) ile tibia arter, ven ve derin peroneal siniri içerir. Posterior sınırını posterior interosseöz membran yapar. En sık kompartman sendromu görülen kompartmandır (17).

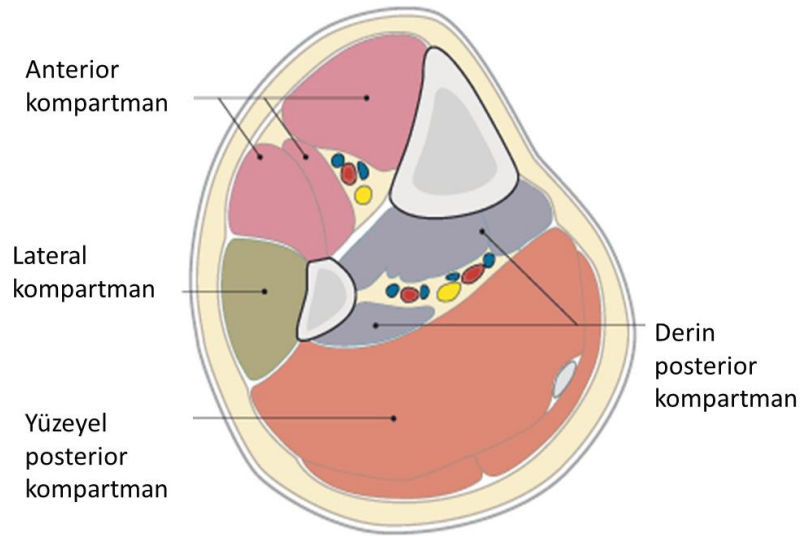
**-Lateral kompartman:** Önde anterior intermüsküler septum, arkada posterior intermüsküler septum ile sınırlanmıştır. Peroneus longus ve brevis kasları ile yüzeysel peroneal siniri içerir.

**-Derin posterior kompartman:** Önde tibia, fibula ve interosseöz membran ile arkada transvers intermüsküler septum tarafından çevrelenmiştir. Tibialis posterior, popliteus, FDL ve FHL kasları ile posterior tibial arter, sinir ve peroneal arterler bu kompartmandadır.

**-Yüzeysel posterior kompartman:** Posterior ve transvers intermüsküler septum ile önden, krural fasya ile arkadan sınırlandırılmıştır. Gastroknemius, soleus (süperiorda triseps surae kompleksi, inferiorda aşil tendonunu oluştururlar) ve plantaris kasları ile sural sinir ve safen venler bu kompartmanda yer alır.



Şekil 2.2. Bacak kompartmanları ve kompartman içi anatomik yapılar (25).



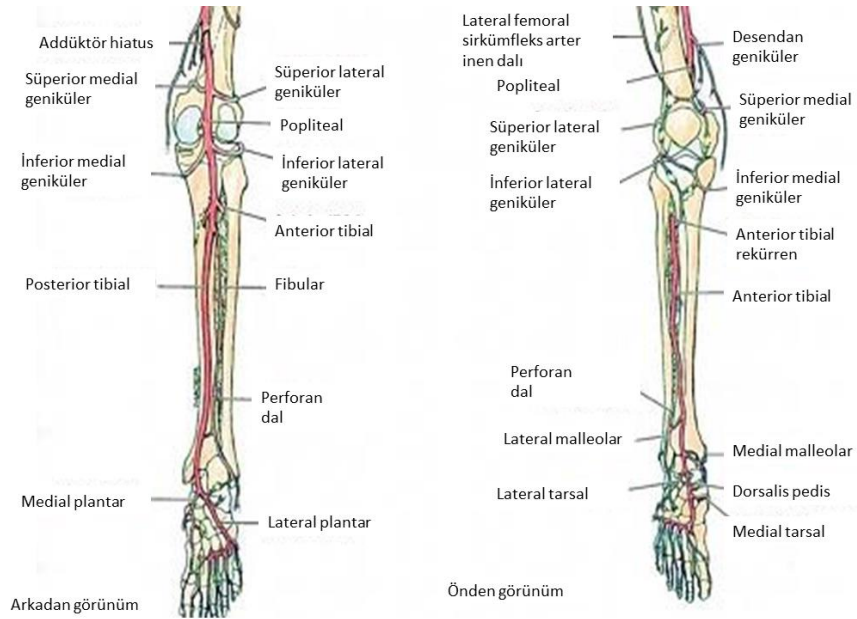
Şekil 2.3. Bacak kompartmanlarının şematik gösterimi (26).

## Nörovasküler Yapılar

### -Arterler

Popliteal arter, popliteal kas alt sınırında anterior ve posterior tibial arter olarak devam eder. Kruristeki 3 önemli arteryal yapı anterior ve posterior tibial arterler ile peroneal arterdir (Şekil 2.4).

Anterior tibial arter: Popliteal arterden ayrıldıktan hemen sonra interosseöz membranın üst sınırı seviyesinde anterior kompartmana geçer, membran boyunca yukarıda tibialis anterior ve EDL, aşağıda tibialis anterior ve EHL kasları arasında aşağıya iner. Anterior kompartmandaki yapıları besler (17). Derin peroneal sinir bacak ortasında arterin önünde, aşağıda lateralinde yer alır. Kruris alt bölümünde tibiyanın hemen üzerinde ve süperior ve inferior ekstansör retinakulumların arkasında yer alır (27). Medial ve lateral malleol ortasında, ayak bileği eklemi seviyesinde dorsalis pedis arteri adını alarak sonlanır. Dalları anterior ve posterior tibial rekürren, medial ve lateral anterior malleolar ve sirkümfleks fibuler arterlerdir (18).



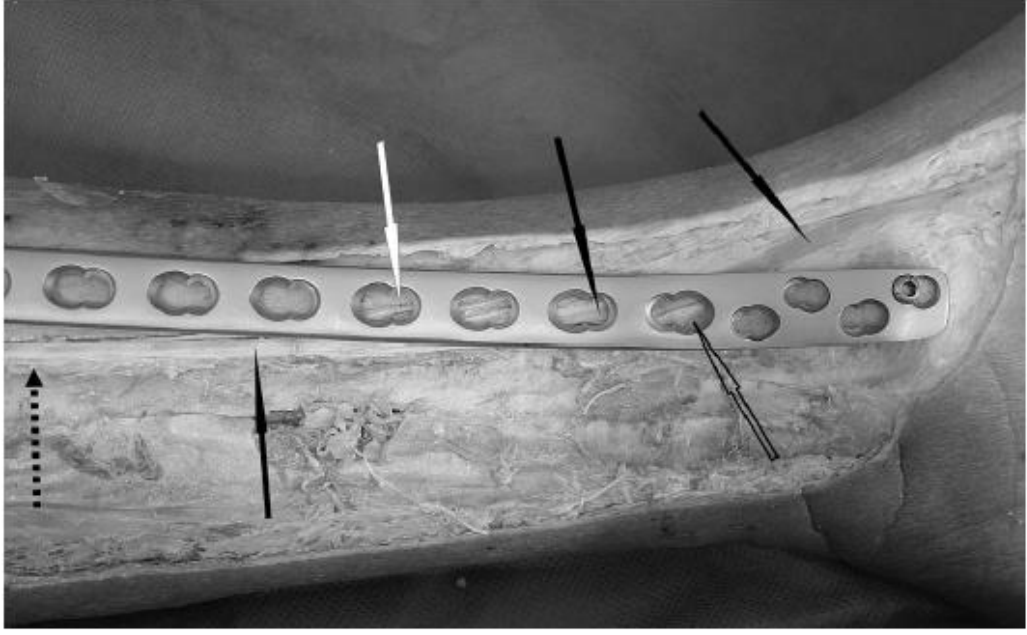
Şekil 2.4. Bacak arterlerinin önden ve arkadan görünümü (28).

Posterior tibial arter: Popliteal arterden ayrıldıktan sonra bacak arka lojuna girer ve posterior kompartmandaki yapıları besler. Proksimal kesimde en büyük dalı olan peroneal arter dalını laterale verir. Tibialis posterior ve FDL kaslarının arkasında, aynı isimli iki ven ve tibial sinirle birlikte distale doğru seyreder. Bacağın alt bölümünde kalkaneal tendonun 2.5 cm önünde subkutan seyreder (27). Medial malleol arkasından veni ve tibial sinir ile birlikte tibialis posterior ve FDL kaslarının arkasında olacak şekilde geçer. Fleksör retinakulum derininden geçtikten sonra medial ve lateral plantar arter terminal dallarını verir. Tibianın besleyici arteri posterior tibial arterin dalıdır (16). Pulsasyonu en iyi medial malleolün bir parmak kadar arkasında palpe edilir (27).

Peroneal arter: Popliteal kas inferior kenarının yaklaşık 2.5 cm altında posterior tibial arterden ayrılır. Lateral kompartmanın beslenmesinden sorumludur. Tibialis posterior ve FHL kasları arasında distale seyreder ve sindesmoz seviyesinde uç dallarına ayrılır. Perforan dalı interosseöz membranı deler. Fibulanın nutrisyen arteri, peroneal arterin dalıdır (17).

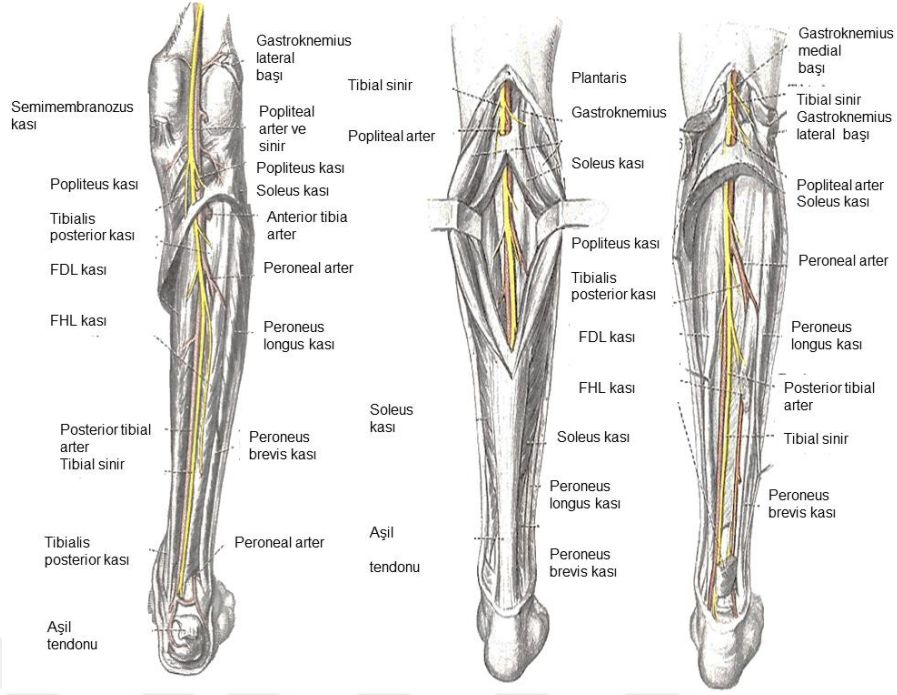
### **-Sinirler**

Safen sinir: Femoral sinirin en kalın dalı ve vücudun en uzun kutanöz siniridir (16, 27). Diz eklemi medialinde sartorius kası arkasında uzanır. Büyük safen ven ile birlikte kruris iç tarafına geçer ve tibia mediali boyunca aşağı iner. Bacak alt üçte birlik kısımda 2 tane medial kutanöz dala ayrılır. Dallardan biri tibia iç kenarı boyunca distale giderek topukta sonlanır, diğeri topuk önünden ayağa uzanır. Bacak medial yüzü, medial malleol ve ayak medial kenarının duyusunu alır (16). Kadavra çalışmalarında, safen sinirin medial malleol tipinin 2-5 cm proksimalinde risk altında olduğu ve minimal invaziv plak osteosentez cerrahisi esnasında safen sinirin yaralanabileceği raporlanmıştır (29, 30) (Şekil 2.5)



Şekil 2.5. Tibia distalinde safen sinir ve büyük safen venin (siyah ok) seyrini gösteren fotoğraf. Safen sinirin ana dalı noktali okla, anterior dalı beyaz okla ve posterior dalı içi boş okla gösterilmiştir. Özsoy ve ark. (29)'dan alınmıştır.

Tibial sinir: L4-5 ve S1-3'ten kaynaklanır. Siyatik sinirin daha kalın olan uç dalıdır (27). Popliteal çukurda en yüzeysel yapı olup hemen fasya altındadır (16, 27). Popliteal fossada derinden yüzeyele doğru popliteal ven, arter ve sinir şeklinde seyrettikten sonra gastroknemius iki başı arasından geçer, tibialis posterior ve soleus kasları arasında medial malleol arkasına kadar iner. Sural sinire dal verir. Kruris alt kısımda posterior tibial arter ve venin iç yanında, aşil tendonu ve medial malleol arasındadır (27). Lateral ve medial plantar sinir uç dallarını verir. Bacak arkası kasların siniridir ve kruris posterolateralinin duyusunu alır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Tibial sinirin bacak posteriorundaki seyri ve anatomik komşulukları (31).

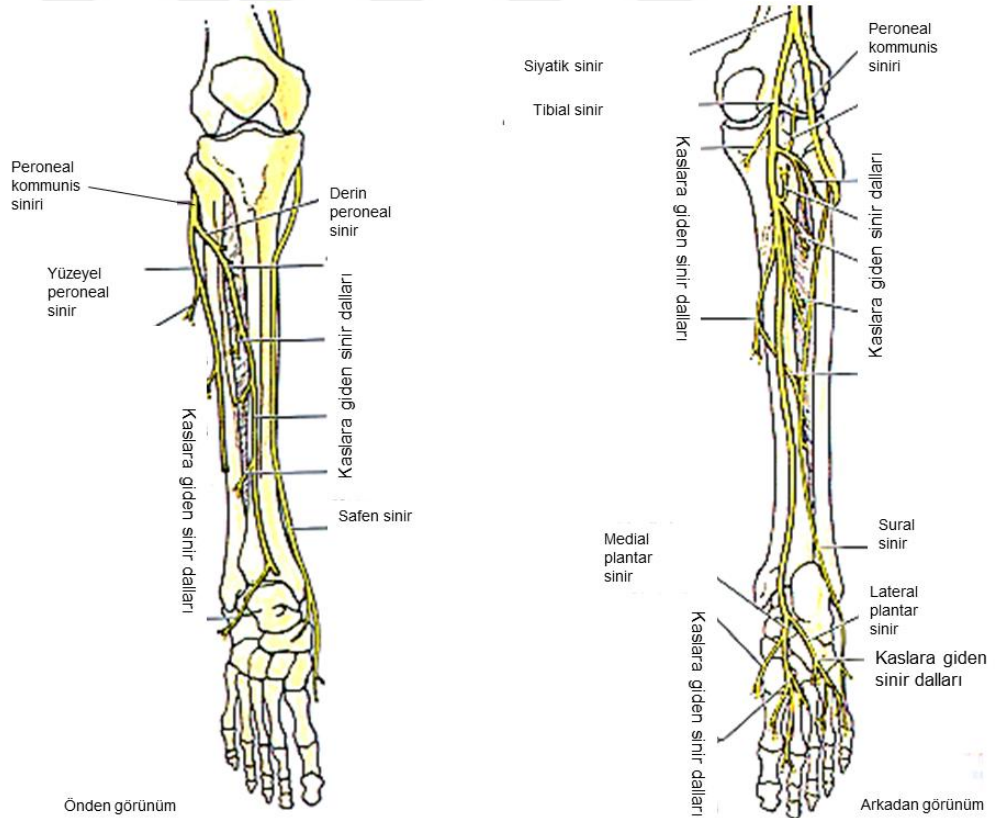
Sural sinir: Poptiteal fossadan çıkan tibial sinirin medial kutanöz sural dalı, küçük safen ven ile aşağı seyrinden sonra peroneal kommunis sinirin lateral kutanöz sural dalı ile birleşerek sural siniri oluşturur (27). Lateral malleol arkasından ayak lateraline doğru ilerler. Kruris alt üçte bir arka ve dış kısmı ile ayak lateralinin duyusunu alır (16).

Peroneal kommunis siniri: L4,5 ve S1,2'den kaynaklanır. Siyatik sinirin fossa poptiteada ayrılan ilk dalıdır. Sural sinire dal verir. Biceps femoris tendonu ve gastroknemius lateral başı arasında subkutan seyrederek fibula boynu dış yüzü etrafında dolanır (27). Fibula boynunun dış tarafında, peroneus longus kası içinde yüzeysel ve derin peroneal sinir olmak üzere ikiye ayrılır (16) (Şekil 2.7).

Felcinde ayak ekstansör ve pronatörleri çalışmaz, ayak supinasyon ve plantar fleksiyondadır. Kruris dış kısmı ve ayak dorsalinde duyu kaybı olur (27).

Superfisyel peroneal sinir: Bacak proksimalinde peroneus longus kası altında, sonrasında peroneal kaslar ve EDL kası arasında aşağıya doğru seyreder. Peroneal kasların (ayak evertörleri) siniridir (16). Kruris distal üçte birlik kısımda fasyayı delerek yüzeyelleşir. Ayak dorsalinde dorsal kutanöz dallarını verir. Ayak sırtının duyusunu alır.

Derin peroneal sinir: Peroneus kommunis sinirinden ayrıldıktan sonra EDL kası derinine iner ve anterior tibial arterle birlikte interosseöz membran ön tarafında aşağıya doğru iner. Ayağa dorsifleksiyon yaptıran anterior kompartman kaslarını inerve eder (16). Ayakta birinci ve ikinci parmak arasındaki dorsal cildin duyusunu alır (27).



Şekil 2.7. Peroneal sinir ve dallarının önden ve arkadan görünümü (32).

## **-Venler**

Derin ve yüzeysel olmak üzere iki grupta incelenebilir. Derin venler genellikle çift halinde aynı isimli arter ile birlikte seyrederek.

### **Derin venler**

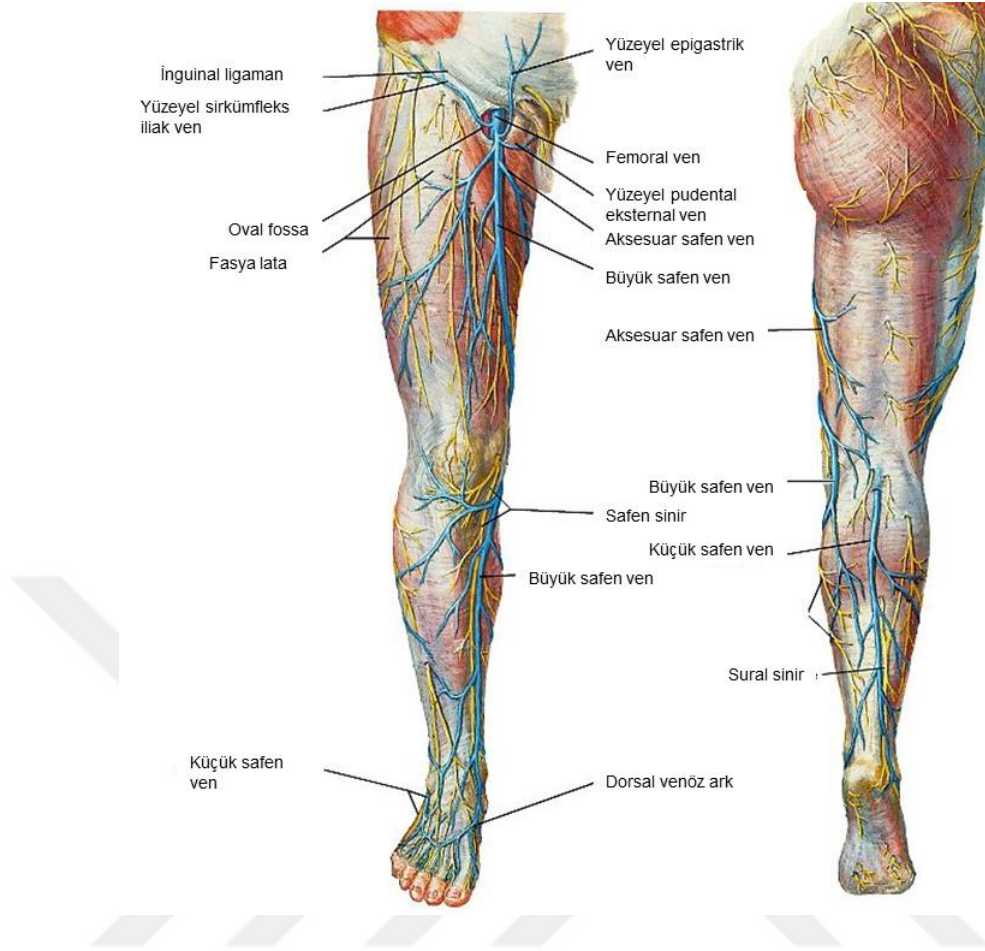
**Anterior tibial venler:** Anterior tibial arter ile birlikte seyrederek. Ayak ve bacak ön kompartmanının venöz kanını alır. İnterosseöz membran üst parçası içinden arka kompartmana geçer. Popliteus kası alt kenarında posterior tibial venler ile birleşerek popliteal veni oluşturur.

**Posterior tibial venler:** Posterior tibial arterle birlikte seyrederek. Bacak fleksör kaslarından ve yüzeysel venlerinden venöz kan alır. Fibuler venler de posterior tibial venlere drene olur.

### **Yüzeysel venler**

**Büyük safen ven:** Vücuttaki en uzun vendir (16, 27) (Şekil 2.8). Ayak başparmak medialinden başlar, medial malleol önünden geçer. Kruris mediali ve medial kondil posteromedialinden uyluk medialine yükselir. Safen hiatusta fasyayı delerek femoral vene açılır. Ayakta ve bacakta safen sinir ile birlikte seyrederek (16, 27). Özsoy ve ark. (29) yaptıkları kadavra çalışmasında LCP-DTMP (kilitli distal tibial metafizyel plak) ve LCP-MDTP (kilitli medial distal tibia plağı) kullanılarak MİPO cerrahisi yapılan hastalarda büyük safen venin risk altında olduğunu ve bu riskin özellikle distal üçte birlik kısımdaki deliklerde daha yüksek olduğunu raporlamışlardır (Bkz. Şekil 2.5).

**Küçük safen ven:** Lateral malleolün arkasından başlar, aşil tendonunun laterali boyunca yükselerek gastroknemius iki başı arasından geçer ve popliteal vene dökülür. Büyük safen ven ile bağlantıları vardır. Bacakta sural sinir ile birlikte seyrederek (16, 27).

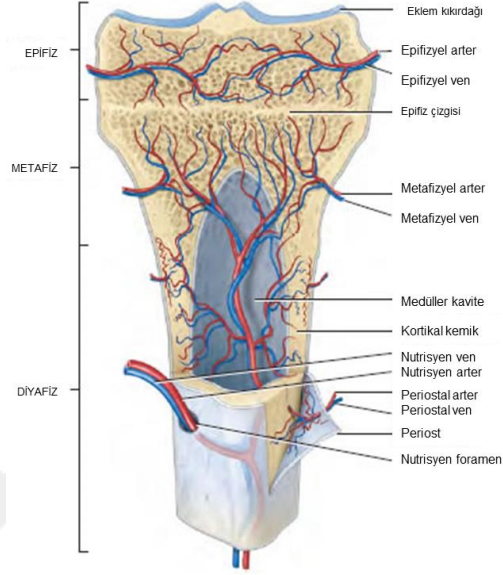


Şekil 2.8. Büyük ve küçük safen venin önden ve arkadan görünümü (33).

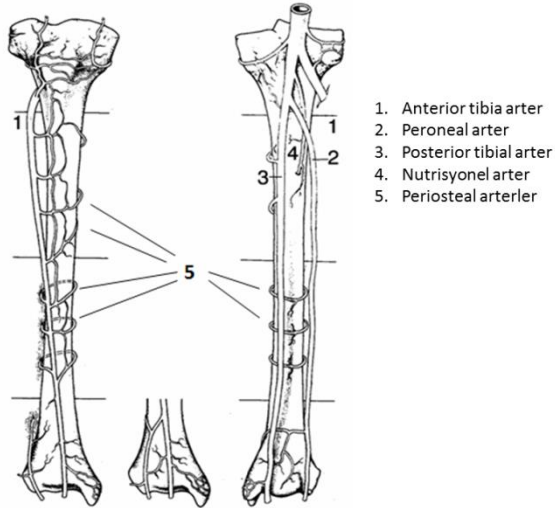
## 2.2. Tibia Perfüzyonu ve Vasküler Destek

Tibianın ekstraosseöz kan desteği nutrisyen arter, epifizyometafizyel arterler ve periostal arterlerden sağlanır (5, 34) (Şekil 2.9). Tibianın nutrisyen arteri, posterior tibial arterin dalıdır (27, 35). Nutrisyen arter, tibia proksimal ve orta üçte birinin posteriorundan tibiadaki nutrisyen foramene girer (Şekil 2.10). Medüller dolaşım korteksin üçte ikilik iç kısmını besler. Korteksin üçte birlik dış kısmı ise periostal vasküler ağ tarafından beslenir (2, 6, 36). Tibia distali vasküler açıdan fakirdir. Tibia distalinin medüller kavitesi dar, dolayısıyla medüller kanlanması zayıftır (5). Medüller dolaşım zayıf olduğu

için tibia distali esasen periostal sistem tarafından beslenir. Tibiada periostal kanlanmanın ana kaynağı ise anterior tibial arterdir (35, 37).



Şekil 2.9. Tibianın ekstraosseöz kan desteğinden sorumlu yapılar (38).



Şekil 2.10. Tibia vasküler sistemi ve ana arter yapıları. Mladenović (5)'den alınmıştır.

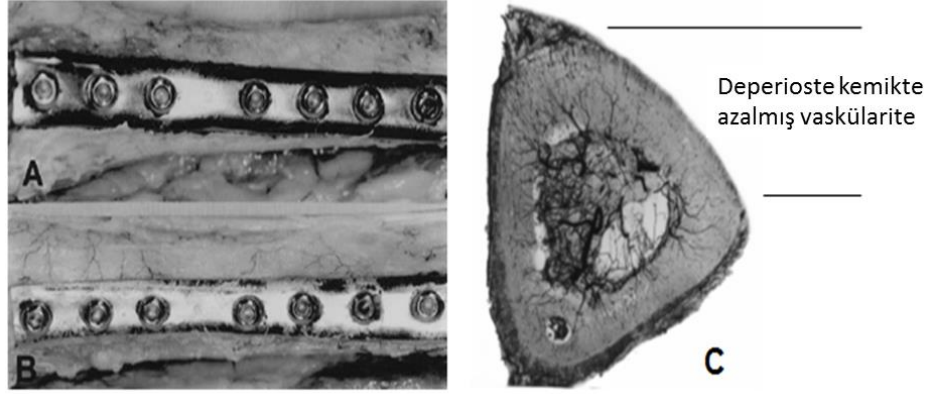
Kruris distalinde, özellikle anterior kenar ve medial yüzde, kas kitlesi olmadığı için, distal tibianın örtümü fasya, tendon ve cilt tarafından sağlanır. Vasküler açıdan zayıf olan bu dokular nedeniyle distal tibianın ekstraosseöz kanlanması da zayıftır (5). Tibia distalinin yumuşak dokudan fakir yapısı bu bölgeyi travmaya karşı hassas hale getirir. Travmaya daha sık maruz kalan, kırıkların daha sık görüldüğü distal tibianın, medialde cilt vasküler desteği de zayıftır (5). Bu özellikleri nedeniyle tibia kırıkları, geç kaynama, yumuşak doku komplikasyonları ve enfeksiyona yatkındır (3, 4).

Yumuşak doku desteği ve yeterli perfüzyon yara ve kemik iyileşmesini kolaylaştırır, enfeksiyon direncini artırır ve kaynama problemi (geç kaynama ve kaynamama gibi) riskini azaltır (5). İlk travma ile birlikte yumuşak doku kanlanması, kırık oluşumu ile de intraosseöz kanlanma bozulur. İyileşmenin sorunsuz tamamlanabilmesi ve kırık kaynamasında periostal perfüzyon kritik öneme sahiptir (39).

Geniş cerrahi açılım ve agresif manipülasyonlar yumuşak doku dolanımında sorun yaratırken; açık cerrahi, periost sıyrılması ve geleneksel plaklama yöntemlerinin temeli olan plak kompresyonu da periostal kanlanmayı tehlikeye atar (5, 6, 12, 39, 40) (Şekil 2.11). Tibia kırıklarının cerrahi tedavisinde kullanılan insizyonların sayısı ve büyüklüğü, yumuşak doku komplikasyonlarının sıklığı ile ilişkilidir (3).

Açık cerrahi ve kompresyon plaklamanın beraberinde getirdiği sorunları çözebilmek için kapalı redüksiyon teknikleri ve alternatif tespit yöntemleri geliştirilmiştir. Tibia şaft kırıklarının tedavisinde kullanılan intramedüller çivileme veya eksternal fiksasyon gibi tespit yöntemleri yumuşak dokuya saygılı, kırık hematomunu koruyan, periostal dolanımına zarar vermeyen yöntemler olmasına karşın; özellikle diyafiz ve metafiz bileşkesi ile distal metafizer tibia uygulamalarında kaynama problemleri, dizilim bozuklukları, çivi dibi enfeksiyonu gibi çeşitli problemlerle karşılaşmıştır (41). İşte tüm bunların bir sonucu olarak, kırığın iyileşmesi için gerekli biyolojik ortamı ve yeterli mekanik fiksasyonu sağlayabilen bir tedavi alternatifine

ihtiyaç doğmuş, bu ihtiyaç da biyolojik köprü plaklama ve minimal invaziv cerrahi ile plak osteosentezinin geliştirilmesine neden olmuştur (42, 43).



Şekil 2.11. Açık (A) ve perkütan (B) plak fiksasyonun periostal kanlanma üzerine etkisi. Perkütan plaklama sonrası plak anteriorundaki periostal damarlanmanın daha belirgin olduğu izleniyor. Borelli ve ark. (39) alınmıştır. (C) Periost sıyırılması sonrası kemikteki vaskülerite azalmasını gösteren anjiogram. Mladenović (5)'den alınmıştır.

### 2.3. Epidemiyoloji

Tibia en sık kırılan uzun kemiktir (35, 44, 45). Tibia kırıkları en sık tibia cisminin orta ve distal üçte birlik kesişim yerinde meydana gelir. Distal tibia kırıkları, tüm tibia kırıklarının %37,8'ini oluşturmaktadır (46). Popülasyonda tibia kırığı olma riski 125000'de 1-2'dir (47). Yılda ortalama 100000 kişiden 17-26'sında tibia shaft kırığı görülmektedir (24, 48, 49). Hem diyafiz hem de distal tibia kırıkları en sık 30-40 yaş arasında görülür (15, 24). Erkeklerde görülme sıklığı kadınlara göre daha fazladır (24, 50). Pilon kırıkları, tüm tibia kırıklarının %3-10'unu, tüm alt ekstremitte kırıklarının ise %1'inden azını oluşturur (21).

Yapılan epidemiyolojik bir çalışmada 11664 tibia-fibula kırıklı 11555 erişkin ve çocuk hastanın beş senelik verileri incelenmiş. Tüm kırıklı hastaların %19.17'sinde tibia-fibula kırığı olduğu ve tüm kırıkların %17.87'sinin tibia-fibula kırığı olduğu tespit edilmiş. Yine aynı çalışmada tibia kırıklarının en sık meydana geldiği segmentin tibia shaftı, dördüncü en sık meydana geldiği segmentin ise distal tibia olduğu; tibia shaftında en sık görülen kırık tipinin AO 42-A2 (*Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen*), distal tibia da en sık görülen kırık tipinin ise 43-A2 olduğu rapor edilmiş (15).

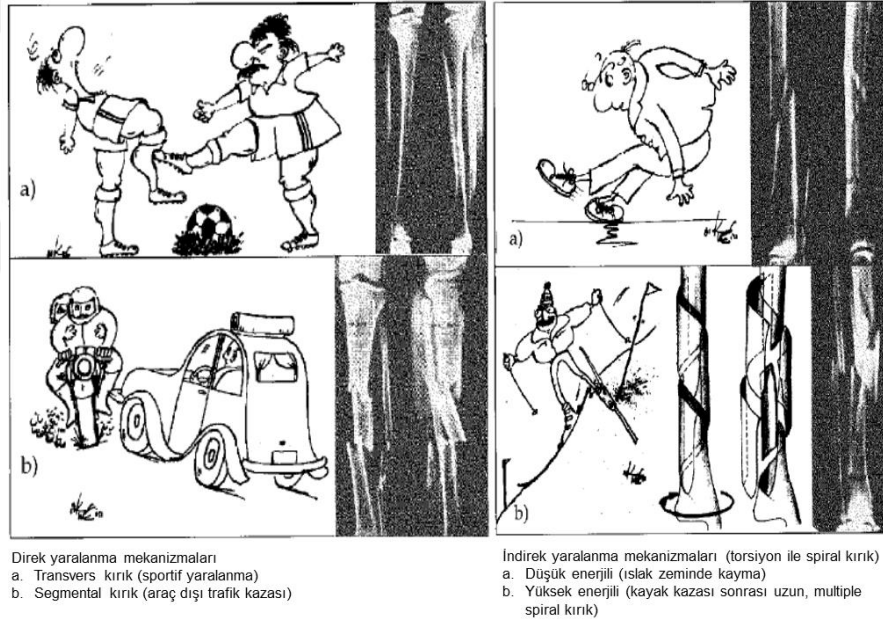
Erişkin kırıkları üzerine yapılan epidemiyolojik bir çalışmada, 2000 yılında yatarak ve ayaktan tedavi gören 5953 kırıklı hastanın verileri değerlendirilmiş ve bu kırıkların 115'inin (%1.9) tibia diyafiz, 42'sinin (%0.7) distal tibia kırığı olduğu tespit edilmiş. Yine aynı çalışmada tibia diyafiz ve distal tibia kırıklarının insidansı sırasıyla 100000'de 21.5 ve 7.9 olarak bulunmuş (49). Başka bir çalışmada tibia kırıklarında görülme sıklığı lokalizasyonlarına göre sınıflandırılmış; en sık orta üçte birlik kısım (%40.7), sonra sırası ile distal üçte bir (%37.8), diğer (%11.3) ve proksimal üçte birlik kısımda (%6.9) meydana geldiği tespit edilmiş (47).

Tibia anterior kenarı ve distal medial yüzü subkutan seyirlidir (16, 18, 27). Bu özelliği nedeniyle açık kırık meydana gelme olasılığı diğer uzun kemiklerden daha fazladır (6, 44, 51). Epidemiyolojik bir çalışmada, üç yıllık bir süre içerisinde incelenen 523 tibia diyafiz kırığının %76.5'inin kapalı, %23.5'inin ise açık kırık olduğunu belirlenmiş (47).

#### **2.4. Etiyoloji ve Yaralanma Mekanizması**

Tibia kırıkları düşme, sportif yaralanmalar, saldırı, trafik kazası ve silahla yaralanma sonrasında oluşabilir (24). En sık neden trafik kazaları ve sportif yaralanmalardır (6, 35, 47).

Tibia şaft kırıkları direk ve indirek mekanizma ile oluşur (50) (Şekil 2.12). Direk yaralanma vurma, çarpma benzeri etki (bükücü yüklenme) neticesinde meydana gelir. Şiddete maruz kalma, trafik kazası ve ezilme yaralanması gibi genellikle yüksek enerjili yaralanmalar sonucunda oluşur. Travmanın şiddetine göre transvers, kısa oblik ya da yumuşak doku yaralanmasının eşlik ettiği parçalı, deplase kırıklar oluşabilir (50, 52). İndirek yaralanma ise kayma, burkulma (torsiyonel kuvvet) neticesinde meydana gelir. Düşük enerjili yaralanmalar sonucunda spiral, nondeplase veya minimal yumuşak doku yaralanmasının eşlik ettiği az parçalı kırıklar oluşabilir (50, 52).

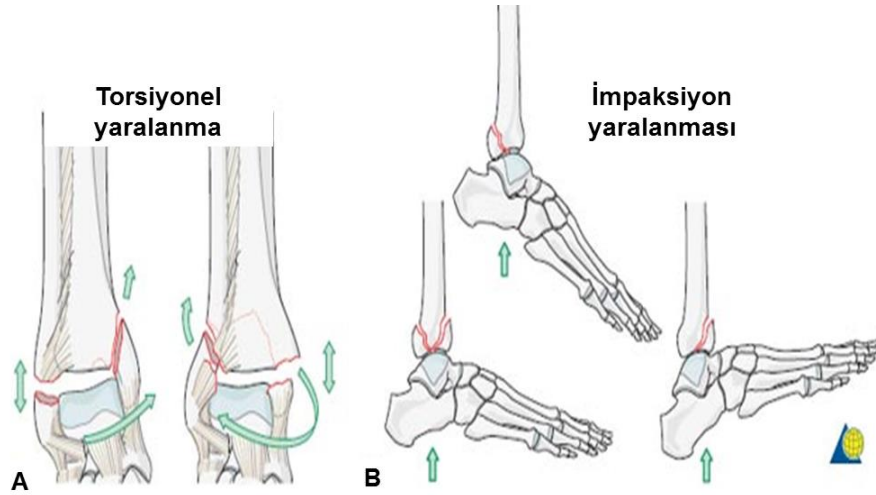


Şekil 2.12. Tibia şaft kırıkları direk ve indirek mekanizma ile oluşur. Johner ve ark. (52)'dan alınmıştır.

Yaralanma mekanizması ve kırık morfolojisi ilişkisinin incelendiği prospektif bir çalışmada, 210 tibia şaft kırığının 124'ünün direk, 86'sının indirek yaralanma sonucunda meydana geldiği tespit edilmiş. Direk yaralanmalarda en sık neden trafik kazaları, indirek yaralanmalarda ise kayak

benzeri non-kontakt sportif faaliyetlermiş. Direk yaralanma neticesinde hastaların toplam %51'inde orta-ciddi seviyede yumuşak doku kontüzyonu, toplam %22'sinde evre 2 ve 3 açık kırık gelişmiş. Direk yaralanmaların %80'inde, indirek yaralanmaların ise %60'ında eşlik eden fibula kırığı mevcutmuş (52).

Distal tibia kırıkları düşük ve yüksek enerjili yaralanmalarla oluşur (Şekil 2.13). Basit düşme ya da sportif yaralanmalar esnasında rotasyonel güçler sonucunda spiral kırıklar veya osteoporotik kemik kırıkları, düşük enerjili yaralanmalara örnektir. Yüksekten düşme sonucunda yüksek enerjili aksiyel yüklenme güçleri, eklem yüzünde çökme ve/veya distal tibiada split tarzı kırıklara neden olabilir (15, 21). Joveniaux ve ark. (53) 101 distal tibia kırığının tedavi sonuçlarını yayınladıkları çalışmada, 74 vakada yüksek enerjili yaralanmalar (42 trafik kazası ve 32 yüksekten düşme), 27 vakada ise düşük enerjili yaralanmalar (burkulma benzeri) sonrasında kırık meydana geldiği raporlamıştır.



Şekil 2.13. Distal tibia kırıklarında yaralanma mekanizmaları, (A) düşük enerjili ve (B) yüksek enerjili yaralanma (54)

## 2.5. Sınıflama

Tibia kırıklarında kullanılan birden fazla sınıflama mevcuttur. Kırık sınıflamalarının tümünde öncelikli amaç uygun tedavi yönteminin seçilmesine yardımcı olmak ve tedavi sonrası klinik ve fonksiyonel sonuçları öngörebilmektir (55). Ayrıca kırık sınıflama sistemlerini geliştirirken; veri depolama ve kategorize etme, standart yaklaşımlar geliştirebilme, tedavi sonuçlarının takibinin yapılabilmesi, mevcut tedavilerin geliştirilmesi ve ortak bir anlaşma dili oluşturma gibi hedefler de amaçlanmaktadır (24, 55). Tibia kırıklarında tedavi planlaması yaparken kırık lokalizasyonu ve konfigürasyonu, kırıktaki parçalanma ve ayrışma derecesi, yumuşak doku hasarının miktarı, açık veya kapalı kırık olması, eşlik eden fibula kırığı olup olmaması önemlidir (24).

### 2.5.1. AO/OTA Sınıflaması

Günümüzde en sık kullanılan ve yaygın kabul gören sınıflama AO/OTA (*Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen / Orthopaedic Trauma Association*) sınıflamasıdır (35). Bu sınıflama basit ifade ile harf ve sayı kodlarını kullanmaktadır. Tibia ve fibula '4' sayısı ile kodlanır. Uzun kemiklerde proksimal bölge '1' sayısı ile, diyafiz '2' sayısı ile ve distal '3' sayısı ile kodlanır. Tibia diyafizer bölge '42', distal bölge '43' olarak numaralandırılmıştır (21, 55).

Tibia shaftında kırıklar, basit (tip A) veya multifragmanter yapıdadır. Multifragmanter kırıklar kendi arasında kama (tip B) ve kompleks (tip C) kırıklar olarak ikiye ayrılır (Şekil 2.14). Sınıflama daha basit, kolay tedavi edilebilir ve iyi prognozludan, daha kompleks, tedavisi güç ve kötü prognozluya doğru olacak şekildedir (55). MİPO, intramedüller çivilemenin kontrendike olduğu 42-B ve 42-C kırıklar için tercih edilebilir (21).

42 diyafiz								
42-A1	42-A2	42-A3	42-B1	42-B2	42-B3	42-C1	42-C2	42-C3
42-A	Basit kırık		42-B	Kama tipi kırık		42-B	Kompleks kırık	
42-A1	Spiral		42-B1	Spiral kama		42-C1	Spiral	
42-A2	Oblik (>30°)		42-B2	Eğilme kama		42-C2	Segmental	
42-A3	Transvers (<30°)		42-B3	Parçalı kama		42-C3	Düzensiz	

Şekil 2.14. Tibia shaft kırıklarında AO/OTA sınıflaması (56).

Distal tibia kırıklarında AO/OTA sınıflamasının kullanımı, uygun tedavinin seçilmesi ve prognozun öngörülebilmesi açısından önemlidir. Distal tibia kırıklarına eklem yüzü hasarı ile birlikte olabilir ve ekstraartiküler (43-A), kısmi artiküler (43-B) ve tam artiküler (43-C) olmak üzere üç gruba ayrılır (21) (Şekil 2.15).

43 distal								
43-A1	43-A2	43-A3	43-B1	43-B2	43-B3	43-C1	43-C2	43-C3
43-A	Eklem dışı kırık		43-B	Eklemi kısmen ilgilendiren kırık		43-C	Eklemi tam ilgilendiren kırık	
43-A1	Basit		43-B1	Saf ayrışma		43-C1	Basit eklem, basit metafiz	
43-A2	Kama		43-B2	Ayrışma-çökme		43-C2	Basit eklem, çok parçalı metafiz	
43-A3	Kompleks		43-B3	Çok parçalı çökme		43-C3	Çok parçalı eklem içi kırık	

Şekil 2.15. Tibia distal kırıklarında AO/OTA sınıflaması (56).

## 2.5.2. Tscherné Sınıflaması

Kapalı tibia diyafiz kırıklarının sınıflamasında kullanılır. Bu sınıflama sisteminin tedavi sonuçları ile yakından ilişkili olduğu gösterilmiştir (57).

Belirgin yumuşak doku yaralanması, kırık sahasının vasküler desteğini olumsuz yönde etkileyerek enfeksiyon ve kaynamama riskinin artmasına neden olur (6, 40). Yumuşak doku hasarı, kırığın radyolojik özellikleri, sıyrılma (degloving) tarzda yaralanma olup olmaması, vasküler yaralanma durumu ve kompartman sendromunun eşlik edip etmemesi ile ilgilendir. Travma şiddeti ve yaralanma ciddiyeti C0'dan C3'e doğru artan 4 gruptan oluşur (6, 24, 45, 55).

C0: İndirekt travma sonucu basit kırık oluşur. Eşlik eden yumuşak doku yaralanması yoktur veya çok azdır. Kayak yaralanması sonrası oluşan spiral kırık örnek olabilir.

C1: Direkt travma sonrasında basit-orta dereceli kırık oluşur. Eşlik eden cilt sıyrılması veya kontüzyonu vardır. Pronasyon-dış rotasyon yaralanması sonrası oluşan ayak bileği kırıklı çıkığı örnek olabilir.

C2: Direkt travma sonucunda transvers ya da kompleks kırık oluşur. Derin kontamine cilt sıyrılması ve lokalize cilt ya da kas kontüzyonu eşlik eder. Yakın kompartman sendromu bu gruba dahildir. Trafik kazası esnasında tampon çarpması ile oluşan segmental tibia kırığı örnek olabilir.

C3: Yüksek enerjili travma sonucu ciddi, kompleks kırık konfigürasyonu. Yaygın cilt kontüzyonu, kas yaralanması veya ciltaltı dokuların avülsiyonu (kapalı sıyrılma) mevcuttur. Kompartman sendromu ve vasküler yaralanma eşlik edebilir. Göçük altında kalma sonrası *crush* (ezilme) yaralanması örnek olabilir (55).

### **2.5.3. Gustilo-Anderson Sınıflaması**

Cilt bütünlüğünün bozulduğu ve kırığın dış ortamla temas ettiği kırıklara açık kırık denir. Bu sınıflama, Gustilo ve ark. (6, 44) tarafından oluşturulmuş ve sonrasında modifiye edilmiştir. Üç grupta incelenir.

Tip I: Genellikle basit kırığa eşlik eden 1 cm'den küçük yara mevcuttur. Kontaminasyon yoktur veya minimaldir.

Tip II: Kırığa eşlik eden 1-10 cm'lik yara mevcuttur. Çevre dokuda kontüzyon yoktur ya da minimaldir. Kas nekrozu görülmez. Kırık instabilitesi orta-şiddetli düzeydedir.

Tip III: Kompleks kırık ve belirgin kırık instabilitesi ile beraber yaygın yumuşak doku hasarı vardır. Ciddi kontaminasyon görülebilir. Vasküler yaralanma eşlik edebilir. Tip III yaralanmanın üç alt grubu vardır.

Tip IIIA: Yüksek enerjili yaralanma sonrasında oluşur. Belirgin yumuşak doku yaralanmasına karşın kemik örtümünü sağlayacak yeterli yumuşak doku rezervi mevcuttur.

Tip IIIB: Yumuşak doku kabı ve periostal sıyrılma mevcuttur. Kemiğin dış ortama açık olduğu, genellikle ciddi kontaminasyonun eşlik ettiği yaralanmalardır. Yumuşak doku örtümünü sağlayabilmek için rekonstrüktif cerrahi ve flep uygulamaları gerekir.

Tip IIIC: Kırık tipinden bağımsız olarak tamir gerektiren vasküler yaralanma mevcuttur (55).

## **2.6. Genel Tanı ve Tedavi Prensipleri**

### **2.6.1. Fizik Muayene**

Tibia shaft ve distal 1/3 bölge kırıkları direkt ve indirekt travmalarla oluşan yüksek enerjili etkilerin neden olabildiği yaralanmalardır. Hastanın genel tıbbi durumu ve yaşamsal fonksiyonlarının değerlendirilmesi önceliklidir. Temel ve ileri yaşam desteği prensiplerine bağlı kalarak hasta stabilize edildikten sonra ekstremitenin ortopedik muayenesine geçilebilir (6, 35, 58).

Lokalize ağrı, şişlik ve ekimoz, yaygın yumuşak doku ödemi, hareket kısıtlılığı veya ağrılı hareket, ekstremitede şekil bozukluğu ve deformite saptanabilir. Kırık hattında krepitasyon ve patolojik hareket tespit edilebilir.

Trafik kazası, yüksekten düşme ve ateşli silah yaralanması gibi yüksek enerjili yaralanmalar sonucu oluşan tibia kırıklarına, farklı anatomik bölge kırıkları ile ciddi yumuşak doku hasarı eşlik edebilir. Tibia shaft kırıklı hastaların %56'sında eşlik eden başka kas-iskelet sistemi yaralanması varken, %4'ünde proksimal ya da distale uzanım olabilir (35).

Yumuşak doku yaralanmasının miktarı hastanın tedavi planlaması ve prognozun öngörülmesinde kilit rol oynar (14, 40). Tek veya iki aşamalı cerrahi, seçilecek cerrahi yaklaşım, implant tercihi ve cerrahi zamanlama ile kırık ve yara iyileşme komplikasyonları yumuşak doku kılıfındaki hasarlanma ile yakından ilişkilidir. Enfeksiyon ve kaynamama gibi kötü sonuçla ilişkili komplikasyonların, cerrahi tedavide kullanılacak implant seçiminden çok, ilk yaralanma derecesi ve hastanın medikal geçmişi (diabet, periferik vasküler hastalık ve tütün kullanımı) ile ilişkili olabileceği bildirilmiştir (59, 60).

Kruris, kompartman sendromu ve açık kırıklar için riskli bir bölgedir (6). Her bir kompartman dikkatle değerlendirilmeli, uygun analjezik kullanımına rağmen gerilemeyen ağrı, nörolojik bulguların saptanması (parezi ve parestezi), periferik nabızların azalması ya da yokluğu ve soğuk/soluk ekstremiteler gibi belirtiler açısından uyanık olunmalıdır. Kompartman sendromu tanısı konması durumunda acil fasyotomi endikasyonu vardır. Açık kırıklar, enfeksiyon riski, kaynama problemleri ve vasküler yaralanmaların eşlik edebilmesi açısından önemlidir (6, 51).

### **2.6.2. Radyoloji**

Tibia kırığından şüphelenilen hastalarda standart AP (anteroposterior), L (lateral) ve mortis grafileri çekilmelidir. Metafizden diyafize uzanım gösteren kırıklarda diz ve ayak bileği eklemlerini de içeren görüntülerin alınması önemlidir. Çok parçalı kompleks kırıklar ile belirgin deplase kırıklarda, uzunluk, dizilim ve rotasyonun uygun restorasyonu için kontralateral ekstremitelerdeki grafileri ya da her iki ekstremitenin birlikte görüntülendiği ortoröntgenogramlar alınmalıdır.

Kırık konfigürasyonu, parçalanma ve deplasman miktarının anlaşılması, ayak bileği eklemi ilgilendiren kırıklarda ileri değerlendirme yapılabilmesi ve tedavi planlaması açısından BT (bilgisayarlı tomografi) ve üç boyutlu rekonstrüksiyon son derece faydalıdır (14). Vasküler yaralanma olduğu düşünülen olgularda doppler ultrasonografi ve anjiyografi kullanılarak tanı doğrulanabilir.

### **2.6.3. Başlangıç Tedavisi**

Tibia kırıklarının ilk müdahalesi diğer kırıklara benzer şekilde nazik manipülasyon altında kırık redüksiyonu sonrası alçı/atel veya E.F (eksternal fiksator) uygulanması şeklindedir.

Kompartman sendromu mevcudiyetinde fasyatomi uygulanır, ekstremitenin durumu takip edilir, erken ya da geç yara kapaması yapılabilir. Açık kırıklarda yıkama ve debritleme sonrası tetanoz profilaksisi uygulanır ve uygun antibiyoterapi başlanır.

Ekstremitenin atel ya da eksternal fiksatorle geçici fiksasyonu sonrası ekstremitelere elevasyona alınır, soğuk uygulama ve uygun analjezi sağlanır. Gerekli ek görüntüleme yöntemleri ve preoperatif planlama yapılır. Cerrahi tedavi gerektiren kırıklarda, hastanın genel tıbbi durumunun stabilizasyonu sonrası yumuşak doku durumuna göre karar verilerek kesin cerrahi tedavi uygulanır (6). Tibia kırıklarında uygulanacak başlangıç tedavisi, nihai klinik sonuçların belirlenmesi açısından kritik öneme sahiptir (14).

### **2.6.4. Kesin Tedavi ve Komplikasyonlar**

Tibia shaft ve distal 1/3 bölge kırıklarının tedavisinde nonoperatif ve operatif yöntemler kullanılabilir. Belirgin yumuşak doku yaralanması olmayan tibia shaftının kapalı, minimal deplase ve iki parçalı kırıkları ile cerrahi tedaviyi tolere edemeyecek hastalarda sirküler alçı ya da fonksiyonel breys uygulanabilir (35, 61). Kötü kaynama, eklem hareket sertliği, kas volümünde azalma, azalmış mobilizasyon, derin ven trombozu ve mesleki faaliyetlere geç dönüş gibi komplikasyonları ile cerrahi tedavi sonrası oluşabilecek

enfeksiyon, diz önü ağrısı ve muhtemel implant çıkarılması gerekliliği gibi olumsuzluklara sebep olmaması arasında dikkatli bir seçim yapmak gereklidir (35). Distal tibia kırıklarında konservatif tedavi, yüksek erken deplasman ve kötü kaynama oranları nedeniyle günümüzde cerrahi tedaviye alternatif olarak önerilemez. Stabil, eklem dışı, kısılmanın minimal olduğu kırıklarda uygulanabilmekle birlikte kötü kaynama, kısılma, hareket kısıtlılığı ve osteoartrit gibi komplikasyonları beraberinde getirmektedir (40). Ancak çok yakın takip ve radyoloji kontrolü altında iyi seçilmiş sınırlı sayıda vakada uygulanabilir (6).

Tibia diyafiz ve distal tibia kırıklarının cerrahi tedavisinde İMN, plak-vida osteosentez ve eksternal fiksator gibi tedavi seçenekleri mevcuttur. Kapalı tibia shaft kırıklarında kilitli intramedüller çivileme tercih edilen tedavi yöntemi olmakla birlikte distal tibia kırıklarında optimal tedavi alternatifi ile ilgili fikir birliği netleşmemiştir (6, 8, 10-12, 14, 35).

Tibia shaft kırıklarında açık redüksiyon ve plak osteosentez, tibianın zayıf yumuşak doku kılıfı ve cerrahi sonrası yüksek enfeksiyon oranları nedeniyle çok tercih edilmez (3). Çok parçalı olmayan tibia diafiz kırıklarında tercih edilebilir (61). Tibia shaftının anstabil, çok parçalı, kapalı kırıklarında kilitli İMN standart tedavi yöntemidir (61, 62). Kanal deformitesi, aynı taraf ekstremitede diz artroplasti ya da artrodez öyküsü, kanal çapının <7mm olması gibi durumlar çivileme için kontrendikasyon oluşturmakla birlikte proksimal ve distal tibia kırıklarında redüksiyonun sağlanması ve idamesi güçtür (12, 35). Her ne kadar modern çivi dizaynları sayesinde eklem hattına çok yakın multiplanar kilitleme vidası atabilme imkanı sağlandıysa da, proksimal ve distal tibia kırıklarının cerrahisinde ve İMN'nin kontrendike olduğu durumlarda minimal invaziv plak osteosentez, çivilemeye alternatif olarak kullanılabilir (4, 12, 40, 63). Tibia shaft kırıklarının İMN cerrahisi sonrasında diz önü ağrısı, geç kaynama, kaynamama, çivi ve kilitleme vidalarının kırılması, kötü kaynama ve enfeksiyon gibi komplikasyonlar görülebilir (1, 35). Tibia shaft kırıklarının cerrahi tedavisinde bir diğer alternatif

de eksternal fiksasyondur. Geçici ve kalıcı tedavi maksadıyla kullanılabilir. Pin dibi enfeksiyonu ve kötü kaynama en sık komplikasyonlardır (35).

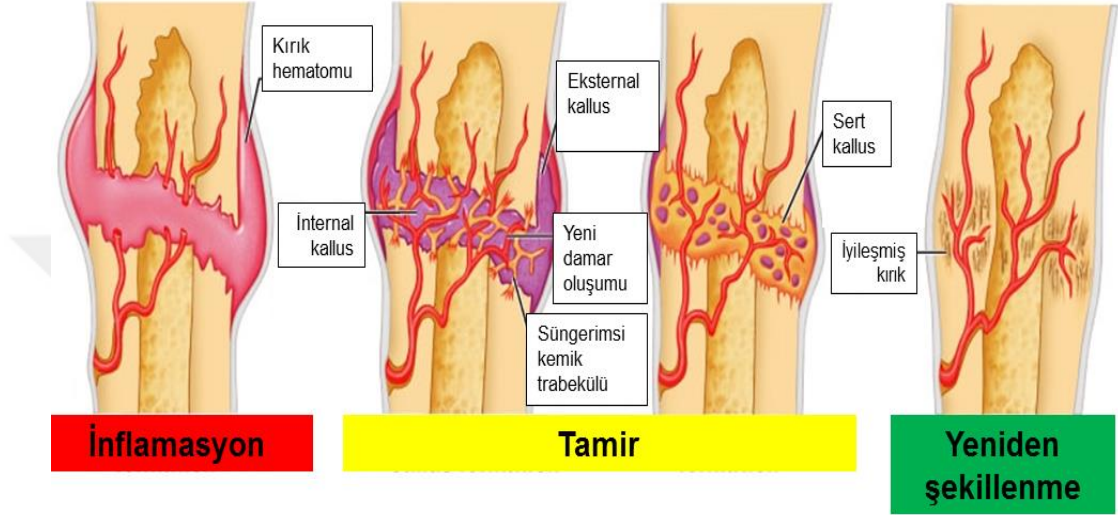
Tibia metafiz kırıklarının intramedüller çivileme ile tedavisi sonrasında diz önü ağrısı, distal fragmanın yetersiz rotasyon kontrolü, redüksiyon kaybı, implant yetmezliği, kaynama gecikmesi ve kötü kaynama gibi komplikasyonlar görülebilir (6, 11, 12, 36, 59). Açık redüksiyon ve plak-vida osteosentezi bir başka tedavi alternatifi olup geniş cerrahi açılım sayesinde kırık fragmanlarını görerek direk redüksiyon ve rijid fiksasyon sağlanır. Yumuşak doku diseksiyonu ve periostal sıyrılma, vasküler desteğin hasarlanmasına neden olarak enfeksiyon, geç kaynama ve kaynamama gibi problemler yaratabilir (6, 11, 12, 36, 40, 64). MİPO cerrahisi tibia diyafiz ve metafiz kırıklarının cerrahi tedavisinde kullanılabilir. En önemli avantajı minimal ek yumuşak doku hasarına neden olmasıdır. Modern kilitle plaklar sayesinde mutlak stabilite veya rölatif stabilite sağlamak maksadıyla basit ya da kompleks kırıkların tedavisi sağlanabilir. kötü kaynama, geç kaynama, implant yetmezliği, implant irritasyonu gibi komplikasyonlar görülebilir (6, 11, 36, 65). Distal tibia kırıklarının cerrahi tedavisinde eksternal fiksatör geçici veya kesin tedavi maksadıyla kullanılabilir. Pin dibi enfeksiyonu, eklem sertliği, kötü kaynama ve geç kaynama gibi sorunlar görülebilir (6, 11). Distal tibia kırıklarının E.F uygulamaları ile pin dibi enfeksiyonu ve gevşemesi %50'lere, kötü kaynama ise %45'lere varan oranlarda raporlanmıştır (64).

## **2.7. Kırık İyileşmesi, Stabilite ve Biyomekanik Kavramlar**

### **2.7.1. Doğal Kırık İyileşmesi**

Kırık iyileşmesi, osteoblast ve osteoklast aktivitesi neticesinde kalsifiye kemik dokusu oluşumu ile sonuçlanan özelleşmiş bir bağ dokusu iyileşme şeklidir. İyileşme süreci sonunda kemiğin yapısal sertliği geri kazanılır, fonksiyon restorasyonu sağlanır ve normal lamellar kemik histolojisi tekrar oluşur. Kemik, kalıcı skar dokusu olmaksızın orijinal yapısını kazanabilmesi

özelliği ile eşsizdir (21). Kemik iyileşmesi birbiri ile ilişkili, ardışık ve sıklıkla iç içe geçmiş üç fazda incelenir; yangı (inflamasyon), tamir (reperatif) ve yeniden şekillenme (*remodelling*) fazı (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Kırık iyileşmesinin fazları; infalamasyon, tamir ve yeniden şekillenme (66).

**Yangı (inflamasyon) fazı:** Kırık oluşumu ile başlar ve yaralanma sonrası 1-7 gün süre ile devam eder (21). Yumuşak doku hasarı ve trombosit degranülasyonu sonucu ortama salınan mediatörler aracılığıyla inflamatuvar yanıt ortaya çıkar. İnflamasyondan sorumlu hücre ve faktörler önemli rol oynar.

Kırık anında oluşan hematoma hem kırık uçları arasındaki bağlantının sağlanması, hem de inflamasyon ve tamir süreçleri ile ilgili hücre ve mediatörlerin kırık sahasına getirilmesinde önemlidir. Kırık uçlarında nekroz olur. Makrofaj ve osteoklastlar nekrotik, hasarlı dokuları ortamdaki uzaklaştırmak ve bakteri yükünü azaltmakla görevlidir.

Ortama gelen fibroblastlar kollajen sentezinden sorumludur. Kollajen, hematoma içerisindeki fibrin ve retikülünler ile birlikte kırık uçlarının köprüleşmesinde görev alır. Osteoblast ve kondroblast gibi kemik ve kırıkta öncülleri kırık sonrası 2-3. günde süratle çoğalmaya başlarlar.

Kırık hattına komşu damar endotelinden salınan VEGF (*vasküler endotelyal growth faktör*) yeni damar oluşumunu uyarır. Neovaskülarizasyon (yeni damar oluşumu), kırık fragmanlarının ve kallusun perfüzyonu ile hücre göçünün devamı ve ortamdaki hücrelerin beslenmesinde önemli rol oynar. Kanlanma travma sonrası ikinci haftada maksimuma ulaşır (34, 55). Hematom yavaş yavaş gerilerken yerini granülasyon (kallus) dokusuna bırakır.

**Tamir (reperatif) faz:** Kırık stabilizasyonu ve kanlanma, bu faza etki eden en önemli iki faktördür (5, 34, 55). Yeterli stabilizasyonun sağlanmaması durumunda kallus oluşmaz. Rijid fiksasyon ve mutlak stabilite durumunda kallus oluşmaz veya az oluşur (primer kemik iyileşmesi). Elastik fiksasyon ve rölatif stabilitede ise kallus oluşumu belirgindir (sekonder kemik iyileşmesi). Vasküler desteğin yetersiz kalması ise geç kaynama ve kaynamamaya neden olabilir. Kırık sonrası kemik kan akışı saatler ve günler içerisinde artar, 2 hafta içinde maksimuma ulaşır ve 3-5 ay içerisinde normale döner (34).

Progenitör (öncül) hücreler, yüksek doku gerimi altında fibröz dokuya farklılaşırken, düşük gerim ve yüksek oksijenizasyon altında ise süngerimsi (*woven*) kemik dokuya farklılaşır (34). Osteogenez yeterli miktarda kan akımına ihtiyaç duyar. Kemik üzerindeki kompresyonun arttığı durumlarda kanlanma bozulur. Düşük kan akımı ve yetersiz oksijenizasyon, preosseöz dokunun kondrojenik yolaklara farklılaşmasına neden olur (9).

Bu fazda önce yumuşak sonra sert kallus dokusu oluşur. Periost ve endosttaki kemik öncülleri osteoblastlara farklılaşır. Osteoblastlar kırık hattı periferinde, intramembranöz kemikleşme ile, subperiostal süngerimsi kemik oluşumu ve medüller kanalın dolmasına neden olur. Kırık uçlarına yakın olan

bölgede enkondral kemikleşme olur ve öncül hücreler fibroblast ve kondroblastlara farklılaşır (21). Bu hücrelerin ürettikleri ekstrasellüler matriks kırık hematomunun yerini alarak yumuşak kallusu oluşturur. Kırık uçlarından bu yapının merkezine kapiller damarlar penetre olur ve kallusun perfüzyonu sağlanır. Bu süreç yaklaşık 2-3 haftada gerçekleşir. Yumuşak kallus kısılmaya direnecek kadar güçlüdür ancak halen açılındırmaya direnecek kadar yeterli değildir (55).

Kırık uçları yumuşak kallusla birleştikten sonra kırık hattı periferinden santrale ilerleyecek şekilde sert kallus oluşum süreci başlar. Kırık hattı merkezindeki yumuşak dokuda enkondral kemikleşme, bunun etrafındaki dokuda ise intramembranöz kemikleşme ile süngerimsi kemik oluşturulur. Süreç yaklaşık 3-4 ay sürer (55). Kırık uçlarının sıkıca birleşmesi ile süreç tamamlanır.

**Yeniden şekillenme (remodelling) fazı:** Kırık iyileşmesi esnasında oluşan kallus dokusu, normal kemiğe kıyasla büyük hacimdedir. İyileşme dokusu olan süngerimsi kemik, lamellar kemiğin morfolojik yapısından yoksundur.

Bu faz boyunca kemik tekrar yıkılıp yapılarak şekillendirilir, yüzeysel erozyon ve osteonal remodelizasyonla normal kemik yapısına kavuşur. Kortikal kemik remodelizasyonunda *Haversian* sistem oluşturulur ve süngerimsi kemik, lamellar kemikle yer değiştirir. Kansellöz kemik remodelizasyonunda ise kemik trabekülleri oluşturulur (21). Medüller kanal restore edilir. İyileşme fazının ortalarında başlar, klinik iyileşme sonrasında aylar ve hatta yıllarca sürebilir (34, 55).

### **2.7.2. Kırık İyileşmesi ve Biyomekanik**

Kırık oluşumu sonrası kemik iyileşmesi doğal biyolojik bir süreçtir. Kırık tedavisindeki amaç ise bu doğal sürecin sorunsuz tamamlanmasına destek olmak ve ekstremitenin fonksiyonunu geri kazandırmaktır.

Kırık iyileşmesi ve yeni kemik formasyonu için kırık hattında yakın kemik teması ve kemiğin kas kılıfınca çevrenmesi esastır (67). Yumuşak doku kılıfı, kallus oluşumunda ve kırık fragmanlarının stabilizasyonunda rol oynar (68). Kırık iyileşmesine etki eden en önemli biyolojik faktör kırık kanlanması iken, en önemli mekanik faktör ise kırığın stabilitesidir (5). Stabilite, yük altında kırık deplasman derecesi olarak tanımlanır. Stabil kırık ise, fizyolojik yükler altında deplasman göstermeyen kırık olarak tanımlanır. Stabilite kırık hattındaki gerilimi, gerilim de kırık iyileşme tipi üzerinde etkilidir (69). Kırık iyileşmesi, elde edilen stabilizasyon derecesine göre farklı biyolojik seyir göstermektedir (55).

### **2.7.2.1. Mutlak Stabilite ve Direk Kırık İyileşmesi**

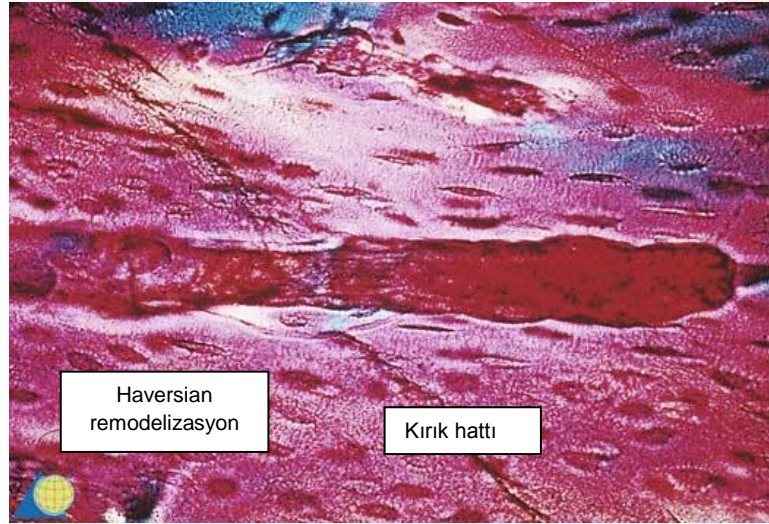
Mutlak stabilite, kırık tespiti sonrası uygulanan fizyolojik yükler altında kırık hattında hareket olmaması durumudur. Mutlak stabilite, rijid (katı) fiksasyonla yapılan tespit sonucu elde edilir. Kırık iyileşmesinin biyolojik yönünden çok mekanik yönünü destekler, kırık iyileşmesi için mikrohareketin olmadığı nötral bir ortam sağlar. Mikrohareketin olmaması, kallus oluşumunu aktive eden mekanik uyarıyı engeller.

Mutlak stabilitenin sağlanabilmesi için anatomik redüksiyon, kırık hattında yeterli kemik temas alanı ve kompresyon vidalarının tutunabileceği yeterli kemik yoğunluğu gereklidir (70). Mutlak stabilite, mekanik olarak kompresif önyük ve sürtünme kullanılarak elde edilir. Kompresyon basitçe, iki kırık ucu arasında yakın temas sağlayan kuvvet miktarı olarak tanımlanabilir. Kompresif önyük (*preload*), kırık hattında mutlak stabilite yaratarak gerilme kuvvetlerine karşı direnç oluşturur, deplasmanı engeller. Sürtünme, kırık uçlarının kompresyonu sonucu yüzey temasının artmasını ve makaslama kuvvetlerine karşı gösterilen direnci ifade eder. Sürtünmenin artması deplasmana karşı artmış direnç oluşturur. Kırık uçlarının dişli olması, düz olmasına göre makaslama karşı olan direnci arttıran diğer faktördür.

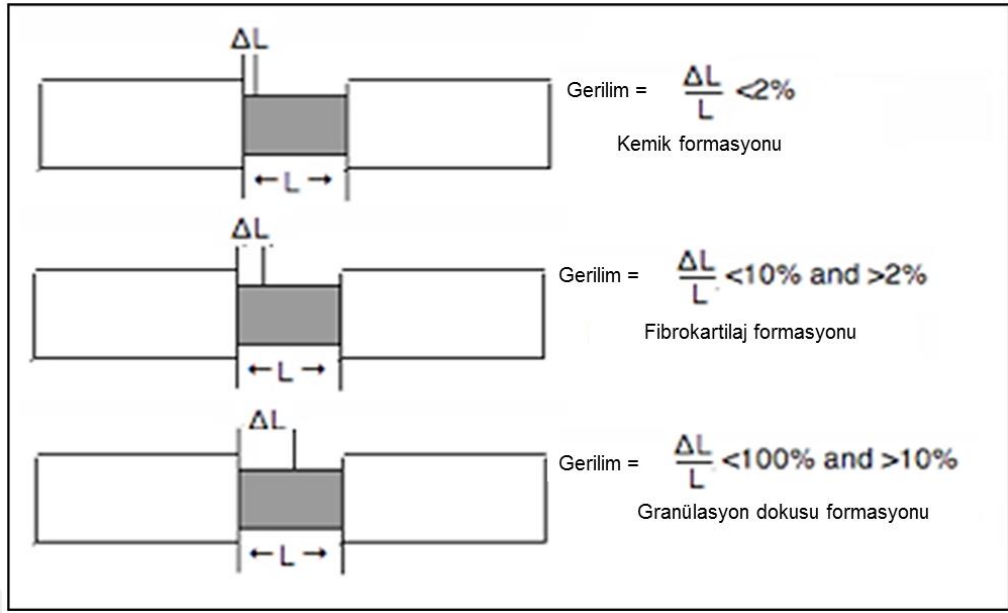
Mutlak stabilitede uygun şekillendirilmiş, sağlam yapılı bir implant ile fiksasyon ve/veya interfragmanter kompresyon uygulaması ile kırık hareketi

ortadan kaldırılır (70). Kırık hattındaki doku gerilimi belirgin azaldığı için kallus oluşumunu uyuracak mekanik etkiler baskılanır. Kemik normal fizyolojik döngüsüne benzer biçimde *Haversian* remodelizasyonla iyileşir (71) (Şekil 2.17). Kırık hattında hareketin olmaması sonucunda, görünür kallus dokusunun oluşmadığı direk (primer) kemik iyileşmesi olur (9). Primer kemik iyileşmesinin olabilmesi için doku geriliminin %2'den daha düşük olması gerekmektedir. Gerilim %2-10 arasında olması sekonder kemik iyileşmesi ile sonuçlanırken, %10'dan daha büyük gerilimler altında kemik oluşumu gerçekleşemez (69) (Şekil 2.18).

Direk kemik iyileşmesi, kallus formasyonu ile birlikte olan indirek kemik iyileşmesine göre daha yavaş seyredir. İyileşme tamamlanana kadar geçen süre içerisinde implant yetmezliği yaşanmaması, implantın stabilite sağlama ve sürdürme fonksiyonuna devam edebilmesi açısından implantın yeterince sert (*stiffness*) ve sağlam (*toughness*) olması önemlidir.



Şekil 2.17. Direk kortikal kemik iyileşmesini histolojik görünümü (72).



Şekil 2.18. Kırık iyileşmesinin değişen gerilime karşı verdiği biyolojik yanıt (73).

Direkt kemik iyileşmesinin olabilmesi için tam anatomik kırık redüksiyonunun sağlanması önemlidir. Bu durum özellikle eklem içi kırıklarda uzun dönemde gelişebilecek posttravmatik komplikasyonların önlenmesi için gereklidir. Ayrıca mutlak stabilitenin sağlandığı ortamda kan damarlarının tamiri desteklenmiş olur ve kapiller damarlar kırık bölgesini daha kolay geçebilirler. Ancak anatomik redüksiyon ve mutlak stabilite için gerekli geniş cerrahi açılım esnasında, kırık hematoma kaynaklı biyolojik faktörler kaybedilebilir, yumuşak doku perfüzyonu ve periostal vasküler destek hasarlanabilir (74). Buna ek olarak konvansiyonel plak uygulamalarında plağın kemik yüzeyi üzerinde oluşturduğu baskı stabilite için gerekli olmakla birlikte plak altında periostal damar yatağına zarar verir (8, 39). Bu durum plak altında beslenme sorunu, lokal nekroz ve osteoporotik değişikliklere, dolayısıyla da kaynama bozukluklarına neden olabilir. Açık redüksiyon ve rijid internal fiksasyon sonrası kaynama gecikmesi, kaynamama, enfeksiyon, implant çıkarılması sonrası refraktür ve enfeksiyon (özellikle epifiz ve metafiz bölgesindeki kırıklarda) gibi komplikasyonlar görülebilir (12, 64, 69).

Kortikal ve kansellöz kemik iyileşmesi birbirinden farklıdır. Mutlak stabilitenin sağlandığı durumlarda kortikal kemikte kallus formasyonu izlenmez veya minimal izlenir. Radyolojik takiplerde kırık hattının yavaş yavaş ortadan kaybolması kaynama yönünde bir işaretken, kırık boşluğunun genişlemesi ve gözle görülür belirgin kallus oluşumu kırık stabilizasyonun kaybı yönünde yorumlanır. Klinik olarak ağrı ve şişliğin azalması, ağrısız hareket ve yük verme iyileşme işaretidir. Osteon remodelizasyonu ile direkt kırık iyileşmesi gözlenir. Kansellöz kemik temas yüzeyi kortikal kemikten daha fazladır ve göreceli olarak daha iyi vasküler desteğe sahiptir. Mutlak stabilite sağlanması durumunda, geniş yüzey alanı sayesinde makaslama ve torsiyonel kuvvetlere karşı daha iyi direnç gösterir ve iyi kanlanması nedeniyle daha hızlı iyileşir.

*Lag* (çektirme) vidaları, plak-vida sistemleri (özellikle kompresyon plaklama), gergi bant yöntemi ve bazen eksternal fiksatörler mutlak stabilite elde etmek için kullanılabilir.

*Lag* vidaları: Uzak ve yakın korteksleri vidanın baş ve yivli bölümü arasında yaklaştırarak kırık hattını komprese eder, kompresif ön yük ve sürtünme ile mutlak stabilite sağlar. *Lag* vidalarının makaslama güçlerine karşı direnci düşüktür (bu problem nötralizasyon plakları ile kombine edilerek aşılabilir) ve kompresyon fonksiyonu yivlerinin uygun çalışmasına bağlıdır (yivlerin deforme olması durumunda ya da osteoporotik kemikte kompresyon gevşeyebilir).

Plaklar: Koruma (nötralizasyon), kompresyon, gergi bant, köprüleme (*bridging*) veya destekleme (*buttress*) amacıyla kullanılabilir (55). Nötralizasyon fonksiyonu, çektirme vidalarınca sağlanmış kırık redüksiyonunun plak tarafından korunması ve bu vidalar üzerindeki makaslama kuvvetlerine karşı direnç göstererek stabiliteye yardımcı olmasıdır. Plak, yük paylaşan (*load-sharing*) cihaz olarak işlev görür (69, 70). Kompresyon fonksiyonu, hem plağın kemiğe yaklaşması hem de kırık uçlarının birbirine yaklaşması şeklinde olur. Bükülme (*prebending*) yapılmamış plaklar yakın kortekste kompresyon, uzak kortekste distraksiyona

neden olurken; kırık seviyesinde bükülerek kemik-plak arasında boşluk oluşturulan plaklar hem yakın hem de uzak kortekste kompresyona neden olur ve mutlak stabilite sağlar. Gergi bandı fonksiyonu, plağın kemikteki gerilim yüzeyine uygulanması ve yük altında gerilim kuvvetlerini kompresif kuvvetlere çevirmesi ile sağlanır ve mutlak stabilite sağlar. Köprüleme fonksiyonu, çok parçalı kırıklarda elastiki fiksasyon ve göreceli stabilite elde etmek için kullanılır. Destek fonksiyonu, özellikle metafizyel bölge kırıklarında kullanılır ve yük altında oluşan muhtemel deformite aksına dik olacak şekilde karşı direnç gösterme özelliğidir. Plak yük taşıyan (*load-bearing*) cihaz olarak işlev görür (69). Destek fonksiyonu çektirme vidaları ile kombine kullanılabilir ve mutlak stabilite sağlar.

LCP (kilitli kompresyon plağı), farklı kırık tiplerine farklı teknik ve vida tipleriyle uygulanarak, hem mutlak hem de göreceli stabilite sağlamak amacıyla kullanılabilir. Rijid fiksasyonun sağlandığı durumlarda yük kemik tarafından taşınır, implant kemik pozisyon ve kompresyonunu destekler (*load-sharing*). Elastik fiksasyonda ise yük implant tarafından taşınarak (*load-bearing*) doğal kemik iyileşmesi için uygun ortam sağlanır (70).

Gergi bant yöntemi: K-teli (*Kirschner teli*) veya vida-pul gibi implantlar ile birlikte uygulanan serklaj tellerinin distraksiyon güçlerini kompresif güçlere çevirmesi ile mutlak stabilite elde edilir. Olekranon kırıklarındaki kullanımı örnek olarak verilebilir.

Eksternal fiksatörler: Asıl amacı elastik fiksasyon sağlamak ve kallus oluşumu ile indirekt kemik iyileşmesine yardımcı olmaktır. Ancak kırığın üç boyutlu kontrolü ile mutlak stabilite sağlamak ya da kaynamama tedavisinde kompresyon maksadıyla da kullanılabilir.

#### **2.7.2.2. Göreceli Stabilite ve İndirek Kırık İyileşmesi**

İnternal fiksasyon için kullanılan implantlar erken dönemlerde kompresyon yapan stres koruyucular olarak düşünülmüş ve kırık hareketini engellemek amaçlanmıştır. Bu şekilde mutlak stabilite elde edilmiş ve kallus

oluşumu kırık stabilizasyonunun kaybı olarak düşünülmüştür. Göreceli stabilite kavramı ise kallus oluşumunu avantaj olarak kullanmayı hedefler (21, 70).

Göreceli stabilitede amaç, redüksiyonun devamlılığının sağlanması ve uygulanan elastik fiksasyon ile interfragmanter harekete izin vermektir (2, 70). Elastik fiksasyon, yük altında fragmanların kontrollü ve geri dönüşümlü deplasmanı, yükün ortadan kalkması sonrasında ise orjinal pozisyonuna geri dönmesini ifade eder. Deplasman miktarı uygulanan yük miktarıyla doğru, implant sertliği ile ters orantılıdır (2, 70). Mikrohareketin korunması, mutlak stabilitenin aksine, kallus oluşumu için gerekli uyarıyı engellemez.

Göreceli stabilitede interfragmanter hareket, kallus oluşumunu aktive eder (70, 74). Periostal kallus formasyonu plak atındaki yakın kortekste az, uzak kortekste daha belirgindir. Kallus oluşumu daima anstabil bölgeyi destekler (21). Kallus olgunlaştıkça sertleşir, buna bağlı olarak hareket azalır ve nihayetinde iyileşme tamamlanır. Bu iyileşme tipi indirek veya sekonder iyileşme olarak adlandırılır. Elastik fiksasyonda kallus oluşumu ve olgunlaşması ile devam eden süreçte implant önce yük taşıyan (*load-bearing*) sonrasında ise yük paylaşan (*load-sharing*) görev üstlenir (21, 70). Fazla miktarda hareket implant yetmezliğine, dizilim bozukluğu ve instabiliteye neden olur ve kırık kaynaması inhibe olur (70).

Kırık boşluğunda meydana gelen gerilim, kırık iyileşmesini etkiler. Perren'in gerilim teorisine göre gerilim; yüzde şeklinde bir ifade olup, kuvvet altında meydana gelen uzunluk değişikliğinin, orijinal uzunluğa oranıdır. Kuvvet altında oluşan deformasyonu tanımlar (75). Her dokunun gerilme toleransı farklılık gösterir. Kırıkta doku %10'luk, kortikal veya kansellöz kemikse %2'lik uzama sonrası yaralanır (21).

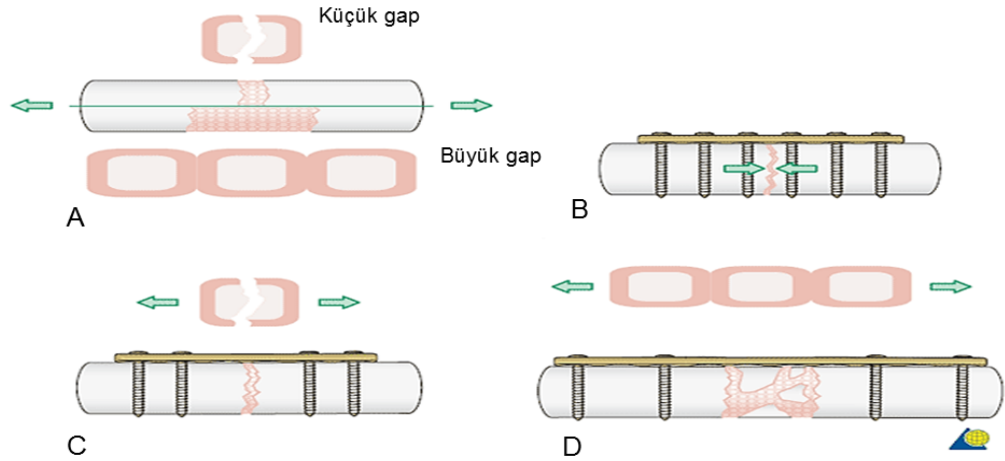
Kırık uçları arasında köprüleşme olabilmesi için bu bölgedeki lokal gerilimin, süngerimsi kemik gerilim toleransından daha düşük olması gerekir. Süngerimsi kemik, üç boyutlu yapısı nedeniyle %10'lara kadar gerilimi tolere edebilir (21). Aksi halde interfragmanter hareket artar ve kaynama olmaz.

Sekonder kemik iyileşmesinin gerçekleşebilmesi için doku geriliminin %2 ila %10 arasında olması gerekir (69) (Bkz. Şekil 3.2). Doku gerilimi %5 olduğunda gapte sert kemik köprüleşmesi orta derecede kallus oluşumu olurken, gerilim %30 olunca belirgin köprüleşme olmaksızın daha fazla kallus oluşumu olur. Gerilim %65 olduğunda ise aşırı kallus oluşumuna karşın köprüleşme olmaz (76).

Kırık hattındaki *gap* (boşluk) gerilimle ters orantılıdır. Kırık hattındaki *gap* ve fragmantasyon arttıkça gerilim düşer. Buradaki mekanizma yükün daha geniş bir yüzey veya daha çok parça tarafından paylaşılmasıdır (55). Elastik fiksasyon uygulanan ancak kırık uçları arasındaki mesafenin dar olduğu durumlarda, yüksek doku gerilimine yanıt olarak kırık uçlarında rezorpsiyon görülebilir. Bu adaptif mekanizmada amaç kırık boşluğunu genişleterek kırık iyileşmesine izin verecek optimal gerilim ortamını sağlamaktır (21).

Gerilimin belirli bir limitin altına düştüğü (çok geniş kırık gapi) durumlarda, yumuşak kallus oluşmasına rağmen sert kallus köprüleme gerçekleşemez ve kaynamama ile sonuçlanır (21). Bunun tersine küçük gapli basit kırık tiplerinde kırık hattındaki gerilim yüksektir. Bu tip kırıklarda köprü plaklama ile elastik fiksasyon, kırık hattında yüksek gerilim kuvvetlerine neden olur. Yüksek gerilim nedeniyle kallus oluşumu inhibe olur, kırık hattı rezorbe olur ve implant üzerine binen yük artar. Bu durum kaynama gecikmesi, kaynamama ve implant yetmezliği ile sonuçlanabilir (8). Tercih edilmesi gereken yöntem intramedüller çivileme ya da interfragmanter kompresyon ve rijid fiksasyon sağlayan plak-vida tespiti olmalıdır (55, 60, 77).

Özetle basit diyafiz ve metafiz kırıklarında anatomik redüksiyon, interfragmanter kompresyon ve mutlak stabilite, çok parçalı kompleks kırıklarda indirek redüksiyon, köprü plaklama ve göreceli stabilite amaçlanmalıdır (55, 65) (Şekil 2.19).



- A** Kırık hattındaki mikrohareket, yüksek gerilime ve granülasyon dokusunda deformasyona neden olur.  
**B** Küçük gapli basit kırıklar, tam redüksiyon ve interfragmanter kompresyon altında direk kemik iyileşmesi ile kaynar (mutlak stabilite, düşük gerilim).  
**C** Küçük gapli basit kırıklarda köprü plaklama (elastik fiksasyon) kırık hattında yüksek gerilime neden olur. Kaynama gecikmesi ya da kaynamamaya ile sonuçlanabilir.  
**D** Büyük gapli kompleks kırıklarda köprü plaklama sonrası göreceli stabilite elde edilir. Kontrollü mikrohareket sayesinde düşük gerilim altında kallus formasyonu ve indirek kemik iyileşmesi ile sonuçlanır.

Şekil 2.19. Kırık ve fiksasyon tiplerine göre doku gerilimi ve kırık iyileşmesi (78).

Atel ve alçı uygulamaları, E.F, İMN ve internal fiksatörler göreceli stabilite sağlarlar. İmplant materyali, uygulama tekniği ve uygulanan yük miktarı fiksasyonun elastikiyetini etkiler.

Alçı ve atel uygulamalarında kırık olan ekstremité dışardan desteklenir. Uygun şekillendirme (*molding*) ve üç nokta fiksasyon prensibi ile kırık redüksiyonu stabilize edilirken, bir miktar kırık hareketine izin vererek sekonder kemik iyileşmesi sağlanır.

Eksternal fiksatörler ve intramedüller çiviler benzer prensiplerle çalışır. E.F'de kırık fragmanları pinlerle, İMN'de ise kilitleme vidaları ile tespit edilir. Her iki sistem de benzer prensiplerle çalışarak, yük altında elastik fiksasyon ve rölatif stabilite sağlar. Kallus formasyonu ve indirek kemik iyileşmesi elde edilir.

İnternal fiksatorler, eksternal fiksatorlere benzer prensiplerle çalışırlar. Fiksator çerçevesi yerine plak, pinler yerine kilitli vidaları kullanarak fiksasyon sağlarlar. Açısal stabilite sağlayan implantlardır. Kemiğe yakın yerleşmeleri nedeniyle eksternal fiksatorlerden daha katı fiksasyon sağlarken, kemik üzerinde baskı oluşturmadıkları için lokal kan akımına zarar vermezler. Biyolojik submusküler köprü plaklama uygulamaları sayesinde kontrollü mikroharekete izin vererek kallus oluşumu ve erken kırık kaynamasına olanak sağlarlar (55, 79). Kilitli plaklar kırık hattını köprüleyen internal fiksatorler olarak davranır ve sekonder kemik iyileşmesi elde edilir (65).

## **2.8. Plak ve Vida ile Osteosentezin Evrimi**

Konvansiyonel plak-vida osteosentezinde amaç tam anatomik redüksiyon ve kompresyon ile mutlak stabilite elde etmektir. Kırık iyileşmesinin mekanik yönü desteklenir. Ancak doğal fizyolojik bir süreç olan kırık iyileşmesi, biyolojik faktörlerin mekanik faktörler ile dengeli ilişkisini gerektirmektedir (43, 70). Bu bilgiler ışığında göreceli stabilite kavramı ve elastik fiksasyon prensipleri geliştirilmiş, ilk uygulamalarına İMN ve E.F ile başlanmış, sonraki süreçte plakların da aynı amaçla kullanımı fikri gündeme gelmiştir.

Köprü plaklama yöntemi, plakların elastik fiksasyon uygulamalarında kullanılan internal fiksatorlere dönüşmesine sebep olmuştur (74). İmplant teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak indirekt redüksiyon teknikleri ve küçük cilt kesilerinin kullanıldığı perkütan plaklama gibi kırık iyileşme ortamına saygılı yaklaşımlar, minimal invaziv plak osteosentez ve biyolojik kırık tedavisi konseptinin geliştirilmesi ile sonuçlanmıştır (41).

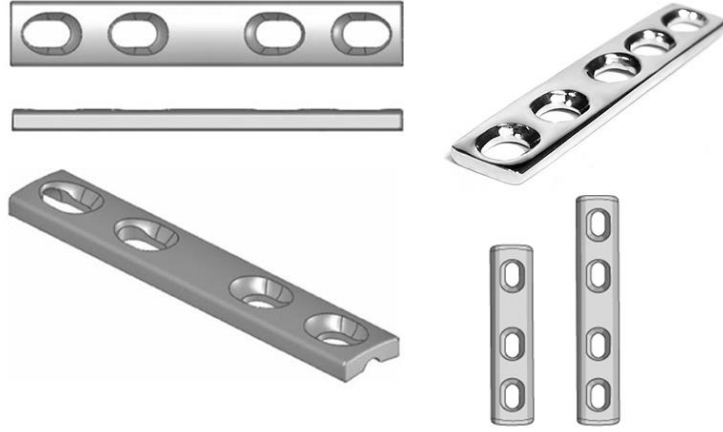
### 2.8.1. Plak ve Vida ile Osteosentezin Tarihçesi

Antisepsi kuralları ve cerrahi tekniklerin tanımlanmasından önce kırıklara ortopedik yaklaşımlar alçı, atel, breys ve traksiyon uygulamaları gibi cerrahi dışı yöntemlerden oluşmaktaydı. Kırık immobilizasyonu için özelleşmiş araç ve gereçler henüz geliştirilmemişti. Kırık kaynaması ve deformite gelişimini engellemek için hastalar uzun süreler ile immobilize ediliyor ancak bu durum da sekellere neden oluyordu (80).

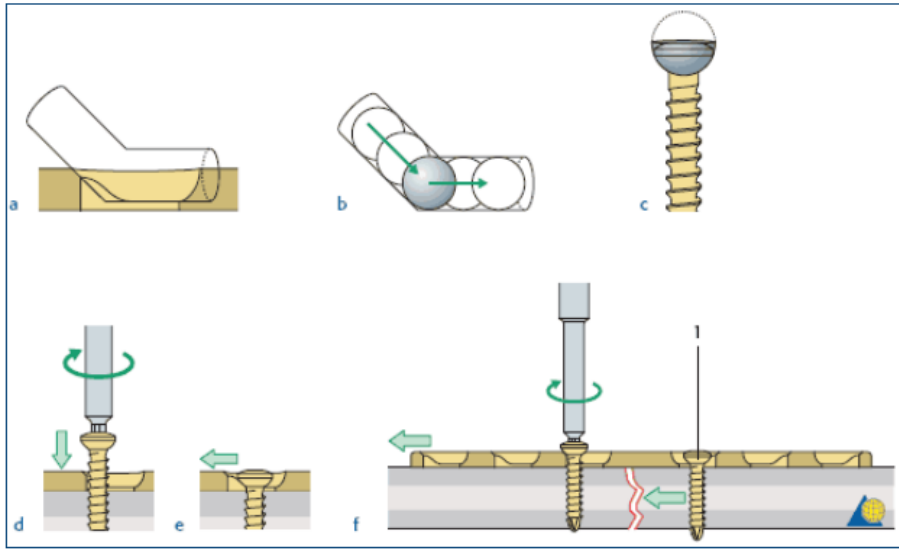
Erken dönem kırık cerrahisi, 1846 yılında Morton tarafından anestezinin, 1865'te Lister tarafından antisepsinin ve 1895'te Roentgen tarafından radyolojik görüntülemenin keşfi gibi teknolojik gelişmelerden etkilenmiştir (81). Hansmann 1886'da yayınladığı makalesinde kırık tedavisinde ilk kez plak fiksasyonunu tanımlamış, internal fiksasyonun öncülerinden sayılan Lambotte ise 1913'te yayınladığı kitabında ilk kez 'osteosentez' terimini kullanmıştır (74, 80).

Modern osteosentezin babası sayılan Danis, rijit tespit ile primer kemik iyileşmesi ve erken mobilizasyon kavramları üzerinde durmuş, AO tedavi prensiplerine ilham kaynağı olmuştur (21, 24, 74). 1958'de Müller'in öncülüğündeki AO çalışma grubu, kırıkların internal fiksasyonunda iyi fonksiyonel sonuç elde etmek için uyulması gereken prensiplerini yayınlamıştır. Bunlar; tam anatomik redüksiyon, rijid internal fiksasyon, atravmatik cerrahi teknik ve postoperatif erken mobilizasyondur (24, 45). Primer kırık iyileşmesi hedeflenmiş, kallus oluşumu ise instabilite ve implant yetmezliği ile ilişkilendirilmiştir (42, 44). Bu amaçla daha stabil fiksasyon sağlayan lag vidası ile interfragmanter kompresyon uygulaması gibi teknikler ve kompresyon cihazları ve DCP (dinamik kompresyon plağı) gibi implantlar geliştirilmiştir. İlk DCP plak 1969'da dizayn edilmiştir (45, 74) (Şekil 2.20). Oval delikleri sayesinde 1 milimetreye kadar interfragmanter kompresyon mümkün kılınmıştır (44). DCP'de eksantirik yerleşimli kompresyon vidalarının sıkılması ile vida plak deliği içerisinde kayar ve kırık hattı plak üzerinden komprese edilir (40) (Şekil 2.21). Stabil fiksasyon sayesinde erken

mobilizasyon mümkün kılınmış, başarılı fonksiyonel sonuçlar elde edilmiş ve 'kırık hastalığı' tarih olmuştur (21, 42).



Şekil 2.20. Dinamik kompresyon plağı (DCP) şematik gösterimi.



Şekil 2.21. Dinamik kompresyon plağı çalışma mekanizması (82).

AO'ya göre mutlak stabilitenin elde edilmesi anatomik redüksiyon ve rijid fiksasyonla ilişkilendirilir. Ancak anatomik redüksiyon elde etmek için kullanılan geniş cerrahi açılımlar esnasında yumuşak doku hasarı, periost sıyrılması esnasında da periostal dolanım bozukluğu oluşabilir (43).

Enfeksiyon, kaynamama ve tekrar kırık oluşumu gibi komplikasyonlara neden olabilir (44, 74). Rijid fiksasyon için gerekli kompresyon plak altında periostal perfüzyonu olumsuz etkiler, lokalize osteoporoz, kaynamama ve geç kaynama ile ilişkilidir (21, 45). Periostal dolaşım, kırık sonrası intramedüller kanlanmanın kesintiye uğraması nedeniyle, özellikle çok parçalı (AO tipC) kırıklarda kırık iyileşmesi için kritik öneme sahiptir (55). Kadavra çalışmalarında açık klasik plaklama ve perkütan plaklamanın periostal damarlanma üzerindeki olumsuz etkileri kıyaslanmış, açık plaklamanın periostal kanlanmayı daha belirgin bozduğu gösterilmiştir (39). Konvansiyonel plaklamada periostal dolanımın bozulması, plakların kemikle temasının azaltılması gerektiği sonucunu doğurmuş ve bu nedenle düşük temas yüzeyli implantlar geliştirilmiştir. Stabilite üzerinde belirgin değişiklik olmamasına karşın periostal damarlara daha az zarara neden olması sağlanmıştır.

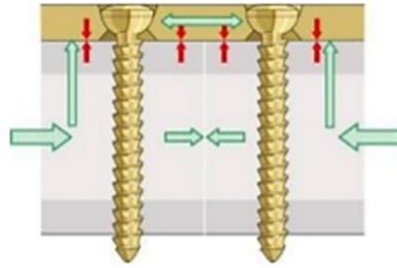
Biyomekanik ve klinik çalışmalar kırık iyileşmesi için her zaman mutlak stabilite şartının gerekli olmadığını, uzunluk, dizilim ve rotasyon kontrolünün sağlandığı durumlarda elastik fiksasyonla sağlanan rölatif stabilitenin de iyi fonksiyonel sonuçlar verebileceğini göstermiştir (21). Rölatif stabilite elde edebilmek ve açık redüksiyonun potansiyel zararlarından kaçınmak için indirek redüksiyon ve minimal invaziv cerrahi teknikler tanımlanmıştır. Bu gelişmelere kilitli plakların geliştirilmesi ve implant teknolojisindeki yenilikler eşlik etmiş, konvansiyonel plak-vida osteosentezinin problemleri olduğu anatomik bölgeler ve kırık tipleri, düşük kemik kalitesi veya eşlik eden ciddi yumuşak doku yaralanması olması halinde minimal invaziv ortopedik cerrahi ve kilitli plak osteosentezi ile tedavi edilmesi eğilimi popülerite kazanmıştır (6).

Eklem içi kırıkların cerrahi tedavisinde mutlak stabilite, anatomik redüksiyon ve eklem yüzünün tam restorasyonu ana amaçtır. Ancak Küntcher'in kırıkların açık redüksiyonu ve periost hasarlanmasının kırık iyileşmesini olumsuz etkilediği ile ilgili kendi çağının ötesindeki öngörüsü günümüzde giderek önem kazanmaktadır (80). Günümüzde eklem dışı kırık

tedavisinde halen anatomik redüksiyon, mutlak stabilite ve erken hareket hedeflenmekle birlikte, fonksiyonel iyileşmenin radyolojik iyileşmeye göre daha ön planda tutulduğu, uzunluk ve dizilim bozukluğu olmaksızın ılımlı redüksiyonun sağlandığı, yumuşak dokuya saygılı cerrahlere doğru eğilim izlenmektedir.

## 2.8.2. Geleneksel Plak ve Vida ile Osteosentez

Geleneksel bikortikal plak-vida uygulamalarında açısız stabilite yoktur. Konvansiyonel plak osteosentezinde stabilite, vidanın plak üzerine uyguladığı aksiyel kompresyon kuvveti ve plak-kemik arasındaki sürtünme (*friction*) tarafından sağlanır (44, 70). Vida tarafından plağa ve plak üzerinden kemiğe uygulanan kompresif güçler ne kadar artarsa, sürtünme ve dolayısıyla da stabilite o kadar artar (Şekil 2.22). Stabilitenin sürdürülebilmesi için vidanın vida deliği içerisinde hareket etmemesi gerekir. Mikrohareket vida gevşemesine, kompresyonun azalmasına ve stabilite kaybına neden olabilir (69). Unikortikal vida uygulamalarının yük taşıma kapasitesi ise belirgin daha azdır.



### Konvansiyonel plak-vida uygulaması

- Vidalar üzerinde tansiyon yüklenmesi
- Plak-kemik arası sürtünmeye ihtiyaç duyar
- Kırık hattı komprese edilir

Şekil 2.22. Konvansiyonel plak-vida uygulamasının özellikleri.

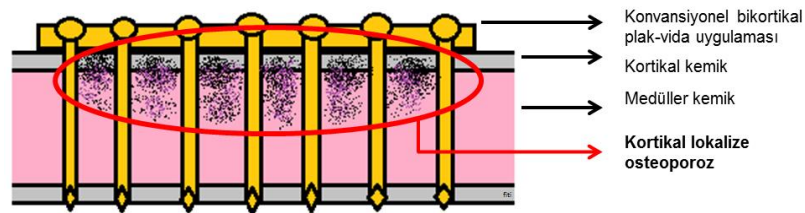
Konvansiyonel plaklar mutlak stabilite sağlamak üzere tasarlanmış implantlardır. Kompresyon ve nötralizasyon modunda uygulandıklarında aksiyel, bükülme ve torsiyonel kuvvetlere direnç göstererek kırık redüksiyonunu stabilize ederler (8). Plakın mutlak stabilite sağlayabilmesi için, vidanın plak-kemik ara yüzünde yeterli kompresyon oluşturması gerekmektedir. Vida sıkılırken, yeterli kompresyonu sağlayacak ancak kemik sıyrılma direncini aşmayacak kadar kuvvet uygulanması önemlidir. Bu değer

3,5mm vidalar için 3-5 Nm bir kuvvete denk gelmektedir (69). Vidanın az sıkılması yeterli stabilite sağlamadığı için, çok sıkılması ise vida sıyrılmasına neden olabileceğinden fiksasyon kaybıyla sonuçlanabilir.

Stabiliteyi etkileyen bir diğer faktör de plağı kemiğe fikse eden vida sayısıdır. AO humerus için 6 korteks, ulna ve radius için 5 korteks, femur için 7 korteks ve tibia için 6 korteks vida uygulanmasını önermektedir (44). Osteoporotik kemikte vida sayısı artırılmalıdır.

Geleneksel plak-vida uygulamasında, vidanın sıkılması sonucu kemik plağı doğru çekilir. Vida tam olarak sıkıştırıldığında plakla kemik arasında tam yüzey teması olur. Tam yüzey teması esnasında sekonder redüksiyon kaybı yaşanmaması için, plak önceden uygulanacak kemiğe göre şekillendirilmelidir. Çok parçalı kırıklar ve kemik kalitesinin düşük olduğu osteoporoz gibi durumlarda, vidanın sıkılması yeterli sürtünmeyi oluşturacak direnci sağlayamaz (69). Özellikle yük altında vida gevşemesi ve tespit yetersizliği gibi durumlara neden olabilir

Geleneksel plak ve vidaların osteopenik ve patolojik kemikteki fiksasyon kabiliyetinin düşük olması, plak altındaki dolanım bozukluğuna bağlı osteonekroz ve enfeksiyona yatkınlık oluşturması, stres kalkanı (*stress-shielding*) etkisi ile lokalize osteoporoz ve implant çıkarılması sonrası tekrar kırığa neden olabilmeleri ve stabilite kaybı ile kaynama gecikmesi ya da kaynamamaya neden olabilmeleri gibi zayıflıkları kilitli plakların geliştirilmesine neden olmuştur (69, 74) (Şekil 2.23).



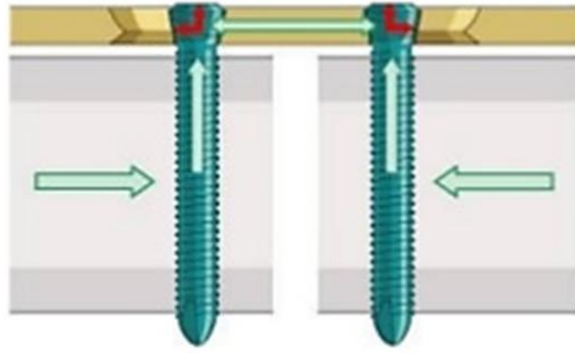
Şekil 2.23. Stres kalkanı etkisinin şematik gösterimi.

### 2.8.3. Kilitli Plak ve Vida ile Osteosentez

#### 2.8.3.1. Genel Prensipler

Kilitli plaklar, geleneksel plak-vida sistemlerinden farklı olarak açılabilir stabilite prensibi ile çalışır. Açılabilir stabilitede kilitli plak-vida sistemi temel olarak eksternal fiksatöre benzer mekanik destek sağlar. Yük altında elastik fiksasyon ve göreceli stabilite elde edilir. Kilitli plak-vida sistemleri, kemikten uzak mesafede pin ve schanz vidaları ile fiksasyon sağlayan eksternal fiksatörlerden farklı olarak, kemiğe daha yakın olmaları nedeniyle daha rijid fiksasyon sağlarlar. Bu nedenle de internal fiksatör olarak adlandırılırlar (8, 21, 42, 69).

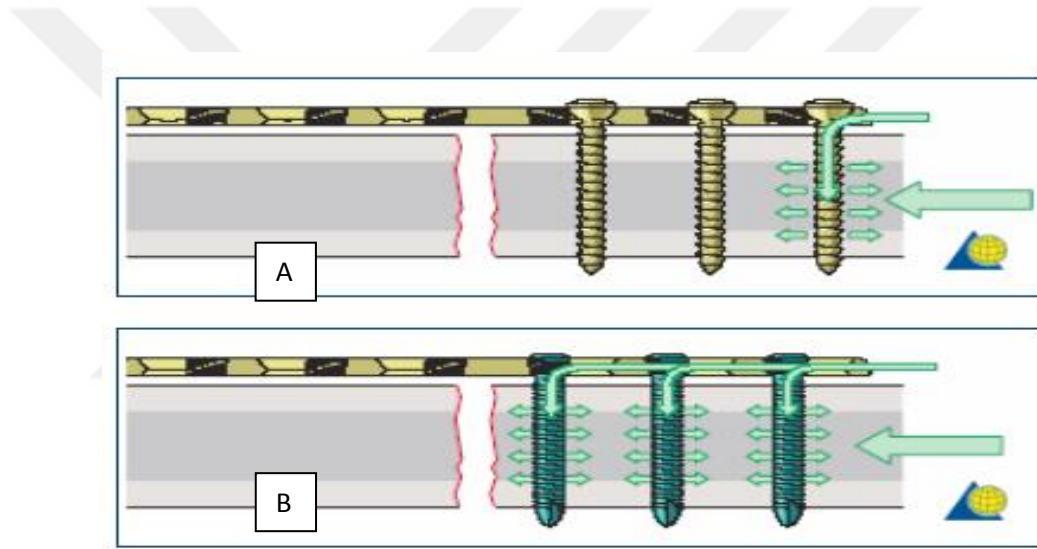
Kilitli vida başındaki yivlerin, plaktaki yuvaya kilitlenmesi ile sabit açılı monoblok bir yapı oluşturulur (9, 69, 70, 74). Yük, kemikten vidaya ve oradan da plağa aktarılır. Plak üzerine kilitlenen her bir vida, sabit açılı bir mini fiksatör gibi davranır (Şekil 2.24). Böylece yük, her bir mini fiksatör tarafından paylaşılmış olur. Kilitli plaklar, konvansiyonel plak-vida sisteminin aksine, vidanın uyguladığı kompresyon ve sürtünme kuvvetine ihtiyaç duymaz (8, 70, 79). Kilitli plaklarda minimal kemik teması ile daha güçlü stabilizasyon elde edilir, primer ve sekonder redüksiyon kaybı ihtimali azalır (74, 83). Stabilite kaybı olmaksızın simetrik yük dağılımı olur. Sabit açılı yapı sayesinde kilitli vidaların yük taşıma kapasitesi konvansiyonel plaklara göre daha yüksektir (9, 44, 45). Kilitli plaklarda fiksasyon gücü, kilitsiz plaklardaki gibi tek bir vidanın gösterdiği aksiyel sertlik ya da sıyrılmaya direncinin aksine, tüm kemik-vida etkileşimlerinin toplamıdır (69) (Şekil 2.25). Klasik plak-vida sisteminde, vida uzun eksen boyunca uygulanan traksiyon kuvvetlerine karşı sıyrılmaya direnci en düşüktür ve stabilite en azdır. Sabit açılı sistemlerde vida aksına dik uygulanan kuvvetlere karşı stabilite en yüksektir (44).



#### Kilitli plak-vida uygulaması

- Vidalar üzerinde makaslama yüklenmesi
- Plak-kemik teması yok/minimal
- Kırık hattı komprese edilmez

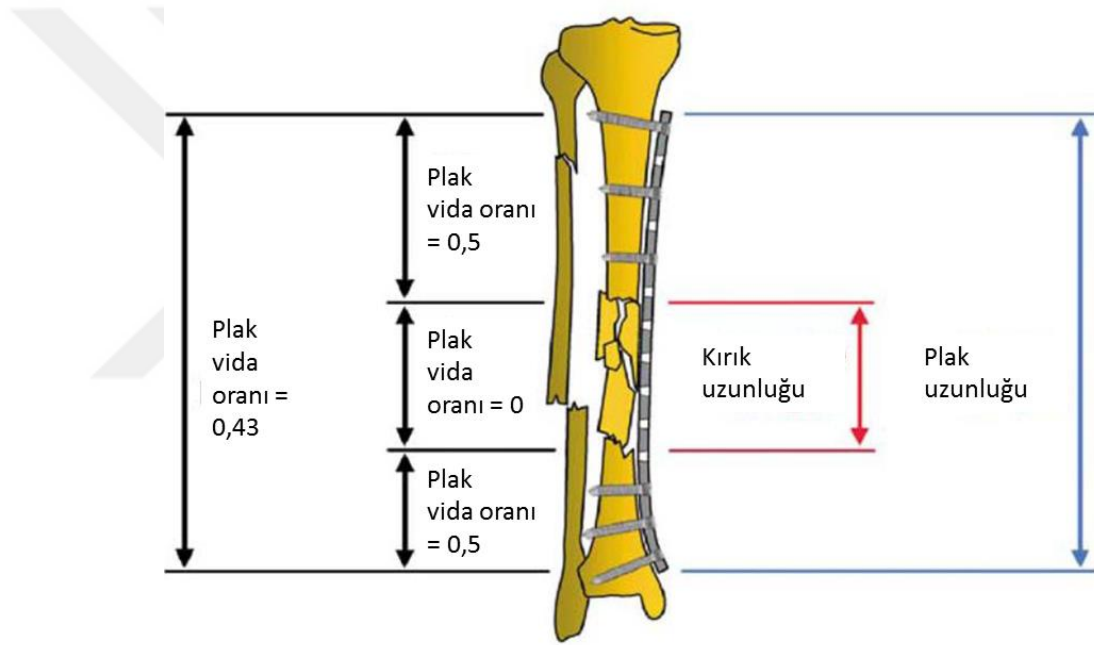
Şekil 2.24. Kilitli plak-vida uygulamasının özellikleri.



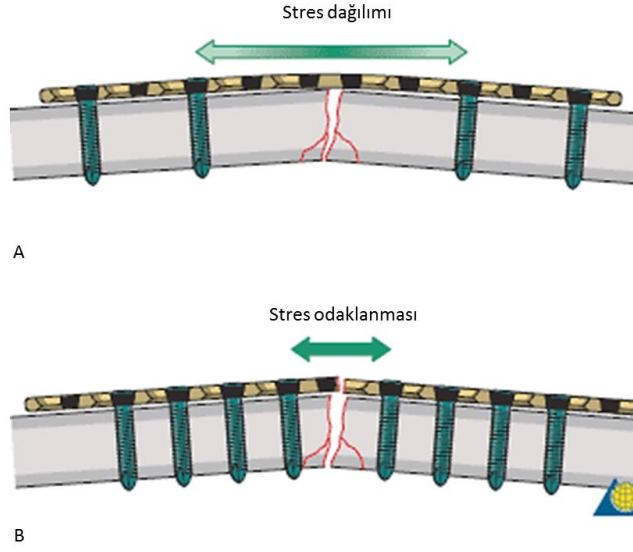
Şekil 2.25. Konvansiyonel (A) plak-vida yapısında yük, kırık hattından uzakta, ilk vida tarafından karşılanır. Kilitli (B) plak-vida yapısında ise açısız stabilite sayesinde tüm vidalar arasında simetrik yük dağılımı sağlanır (84).

Stabilitenin sağlanması ve idamesinde plak uzunluğu, vida sayısı ve vida yerleşimi önemlidir (64, 70). Basit kırıklar için kırık hattı genişliğinin 8-10 katı, çok parçalı kompleks kırıklar için kırık hattı genişliğinin 2-3 katı uzunluğunda plak seçilmelidir (4, 44, 55). Plak boyu arttıkça vida üzerine etkiyen manivela kolu uzar ve sıyrılma direnci artar.

Vida yoğunluk katsayısı, plağa uygulanacak vida sayısının plaktaki toplam vida deliği sayısına oranı olup, tespitte kullanılacak vida sayısına karar vermede kullanılır. Elastik fiksasyon elde etmek için vida yoğunluk katsayısının 0.4-0.5'ten küçük olması gerekir (4, 44) (Şekil 2.26). Kullanılacak toplam vida sayısının artması, yapının genel katılığını artırır, elastikiyetini azaltır. Benzer şekilde kırık hattında boş bırakılan vida deliği sayısı da yapının katılığını etkiler. Göreceli stabilite elde etmek için kırık hattı üzerinde en az üç vida deliği boş bırakılmalıdır (70) (Şekil 2.27).

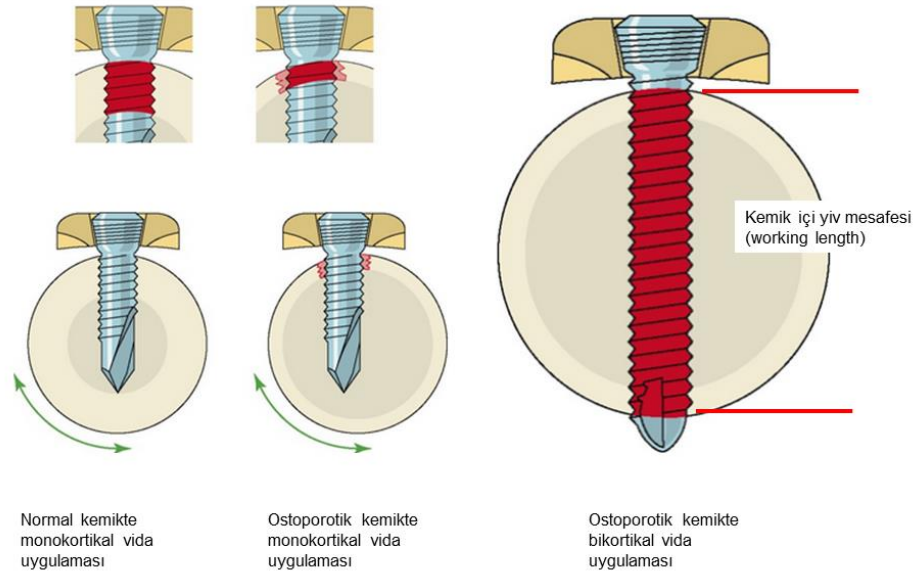


Şekil 2.26. Kırık hattı uzunluğuna göre seçilecek plak uzunluğu ve plak-vida oranının şematik gösterimi.



Şekil 2.27. (A) Kırık hattı üzerinde bırakılan boş vidalar sayesinde fiksasyonun elastikiyeti artar ve stres dağılımı sağlanır. (B) Kırık hattının komprese edilmediği basit kırık tiplerinde çok katı fiksasyon, stres odaklanması ve implant yetmezliğine neden olabilir (78).

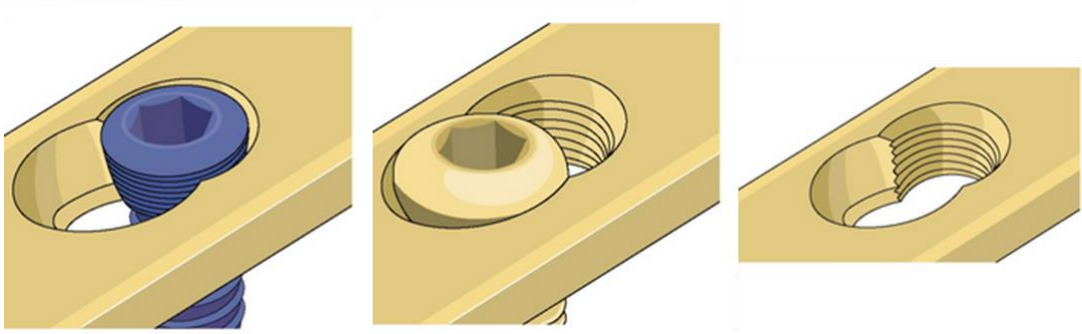
Her bir ana fragmanı tek korteks tutan iki adet kilitleli vida uygulaması, stabil fiksasyon sağlar ve implant yetmezliğine yeterli direnci gösterebilir. Kilitleli plaklara uygulanan vidaların gövde kalınlıkları konvansiyonel vidalardan fazla, yiv genişlikleri ise daha dardır (70). Bu nedenle kemik sıyrılma direnci daha yüksektir. Özellikle kemik kalitesinin düşük olduğu durumlarda kilitleli vidalar daha stabil tespit sağlarlar (70, 74). Ancak monokortikal vida uygulaması her zaman vida sıyrılması engelleyecek kadar dayanıklı olmayabilir. Kemik içerisine yerleşen vida yiv mesafesini (*working length*) arttırmak, vida sıyrılmasını engellemek açısından önemlidir. Böylece makaslama ve torsiyon kuvvetlerine karşı gösterilen direnç artmış olur (Şekil 2.28). Bu nedenle normal kemikte her bir fragmana iki adet çift korteksi tutan vida, osteoporotik kemikte ise her bir fragmana üç adet çift korteks tutan vida uygulaması önerilmektedir (2, 4, 8, 36, 42, 55). Plak-kemik arası mesafe, stabilite üzerine etkili bir diğer faktördür. İdeal plak-kemik arası mesafe 2mm ve altında olmalıdır (9).



Şekil 2.28. Normal ve osteoporotik kemikte mono ve bikortikal vida uygulaması ve kemik içi yiv mesafesi (*working length*) şematik gösterimi (85).

Kilitli plaklar, kemiği pozisyonunda atellemeye yarar. Kırık redüksiyonu sonrası kilitli plak-vida uygulaması ile kemik plağa doğru çekilmediği için önceden şekillendirme zorunlu değildir (70). Ancak özellikle tibia distali gibi bölgelerde kemiğin subkutan yerleşimli olması, uygun şekillendirilmemiş plak uygulamaları sonrasında cilt problemleri yaratabilmektedir. Metafizyel bölge kırıklarında simetrik vida dağılımı elde etmek zordur. Metafizyel bölge kırıklarının cerrahisinde, yeterli sayıda vida uygulanabilmesi ve önceden şekillendirilmiş olmaları nedeniyle anatomik plaklar tercih edilebilir (2, 9, 42, 70). Plak kontürlerinin tibianın anatomik kontürlerine uyması için önce kilitsiz vidaların atılarak optimal plak-kemik uyumunun sağlanması, ardından kilitli vidalar ile fiksasyonun tamamlanmasına dikkat edilmelidir (4).

Yeni jenerasyon kilitli plaklar kombine delikleri sayesinde hem kilitli hem de kompresyon modunda kullanılabilir (42) (Şekil 2.29). Kompleks kırıklarda kilitli vidalar kırık hattına yakın, basit stabil kırıklarda ise daha mesafeli yerleştirilerek titanyumun elastik özelliğinden faydalanılabilir (8).



Şekil 2.29. Yeni jenerasyon kilitli plaklardaki kilitleme ve kompresyon delikleri.

### 2.8.3.2. Endikasyonlar

Plak osteosentezinde kırık lokalizasyonu, açık ya da kapalı kırık olması, parçalı kırık olup olmaması, yumuşak doku durumu, kemik kalitesi ve kırığa komşu implant varlığı, seçilecek implanta karar vermede önemlidir (79).

Kilitli plakların kullanım endikasyonları şunlardır;

1. Metafizel bölgenin kırıklarında (intramedüller çivi ile stabilizasyon ve rotasyon kontrolünün sağlanmasının güç olduğu, ekleme yakın proksimal ve distal bölge kırıkları)
2. Çok parçalı metafiz ve diyafizyel bölge kırıklarında (özellikle medüller kanal çapı dar ise)
3. Belirgin yumuşak doku yaralanmasının eşlik ettiği kırıklarda (minimal invaziv teknikler kullanılarak ek cerrahi travma azaltılır)
4. Osteoporotik kemik gibi kemik kalitesinin düşük olduğu durumlarda (konvansiyonel plak-vida osteosentezine göre daha avantajlıdır)
5. Periprotetik kırıklarda (yetersiz kemik stoğu nedeniyle stabilizasyon güçlüğü olan durumlarda tek korteks vida uygulaması stabilizasyonu güçlendirir) (21, 44, 45, 55, 69)

## 2.9. Biyolojik İnternal Tespit ve Minimal İnvaziv Plak Osteosentez

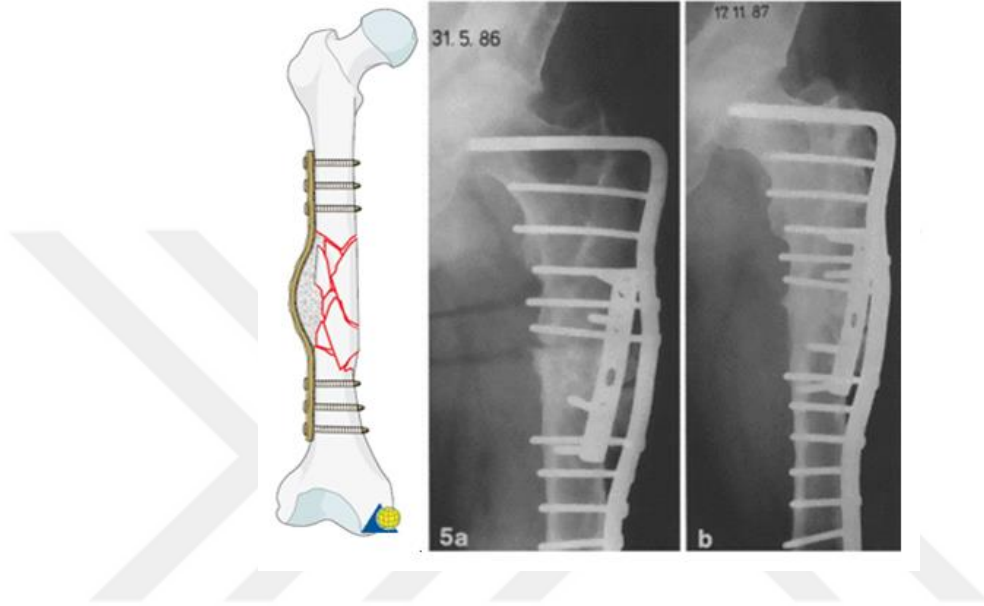
Kırıkların ilk cerrahi tedavilerinde, tam kırık redüksiyonu ve stabil fiksasyonu ile direk kemik iyileşmesi elde etmek amaçlanmıştır. Kallus oluşumu tespit yetersizliği veya yetmezliği ile ilişkilendirilmiştir. Sonraki dönemde kallus formasyonunun doğal biyolojik kırık iyileşmesinin bir komponenti olduğu anlaşılabilir farklı kırık iyileşme tipleri tanımlanmıştır; primer ve sekonder kırık iyileşmesi (42). Anatomik redüksiyon elde etmek için yapılan açık cerrahilerin doğal kırık iyileşmesi için gerekli biyolojik ortama zarar vermesi, indirekt redüksiyon teknikleri ve minimal invaziv kırık cerrahisi konseptinin doğmasına neden olmuştur.

Ortopedik travma cerrahisi, hasarlı bölgede ek cerrahi yaralanmaya neden olmaktan daima kaçınmıştır. Minimal invaziv kırık fiksasyonu, yirminci yüzyılın başlarında Fransız cerrah Lambotte'un eksternal fikstör ve II. Dünya savaşı esnasında Alman cerrah Küntscher'in İMN uygulamaları ile gündeme gelmiştir (21). Cerrahi esnasında meydana gelen ek yaralanma küçük insizyonlar ve indirekt redüksiyon teknikleri kullanılarak azaltılmış, yumuşak doku korunarak uygun biyolojik çevre sağlanmıştır (41). Sonuçta kallus oluşumu ve sekonder kemik iyileşmesi ile açık cerrahiye oranla daha iyi sonuçlar elde edilmiştir (55).

Plak osteosentezinde kullanılmak üzere dizayn edilmiş ilk minimal invaziv implantlar 1982'de Brunner ve Weber'in geliştirdiği dalga (*wave*) plak ve 1985'te Heitemeyer'in geliştirdiği köprü (*bridge*) plaklardır (80) (Şekil 2.30). Her iki implant da kırık hattı proksimali ve distalindeki sağlam kemiğe fikse edilerek kırık hattının köprülenmesi prensibi ile fonksiyon görüyordu. Parçalı kırıkların tedavisi ve dalgalı plakların kavisli kısmı içine kemik grefti uygulanabilmesi nedeniyle psödoartroz cerrahisinde kullanılmışlardır.

Kırık hattının köprülenmesinde amaç, uzunluk, dizilim ve rotasyon kontrolü sağlayarak tam anatomik redüksiyon şartı aranmaksızın iyileşme için gerekli yumuşak doku ve vasküler desteğin korunması, böylece kallus

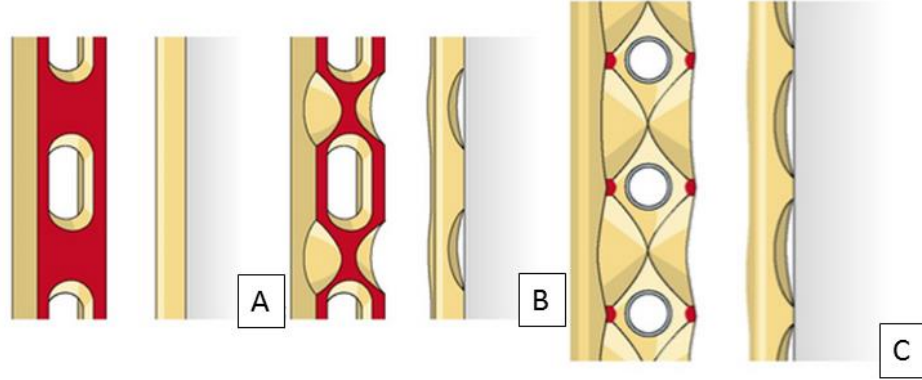
oluşumu ile kırık kaynaması elde etmektir (41, 44, 55). Köprü plaklar anstabil, parçalı kırıklarda açık redüksiyon ve klasik plaklama ile yeterli stabilitenin sağlanamayacağı durumlarda kullanılır. Yaralanma bölgesindeki kırık rejenerasyon potansiyelini maksimize etmek için indirek redüksiyon teknikleri kullanılır (44).



Şekil 2.30. Dalga plak. Radyolojik görüntüler Blatter ve Weber (86)'den alınmıştır.

Konvansiyonel plaklamada plak-kemik temas yüzeyinde görülen geçici kortikal osteoporoz, önceleri stres kalkanı etkisi ve mekanik yüklerin azaltılmasının bir sonucu olarak düşünülmüş, bu etkiyi minimize etmek için daha elastik yapılı titanyum implant kullanımı sorunu tam olarak çözememiştir. Sonraki çalışmalar bu sorunun plak-kemik temas yüzündeki periostal kanlanma bozukluğu nedeniyle olduğunu ortaya koymuştur (8, 69, 74). Periostal kanlanma bozukluğunun kırık iyileşmesindeki gecikme, kaynamama ve enfeksiyonlarla ilişkilendirilmesi, düşük temas yüzeyli implantların geliştirilmesine sebep olmuştur (44). Doksanlı yıllarda LC-DCP (geliştirilen düşük temaslı dinamik kompresyon plağı) ile plak-kemik temas yüzeyi %50 azaltılmış, sonrasında geliştirilen PC-Fix (noktasal temaslı

fiksator) ile plak kemik üzerinde noktasal temas sağlayacak hale getirilmiştir (44, 45) (Şekil 2.31). Bu sayede stabilite kaybı olmaksızın periostal vasküler yapıya verilen zarar minimize edilmiş, hızlı kaynama, düşük enfeksiyon ve refraktör oranları, daha az greftleme ihtiyacı gibi olumlu sonuçlar elde edilmiştir (43). PC-Fix'te asıl yük transferi sabit açılı vidalar aracılığı ile sağlanır ve bu nedenle daha çok bir eksternal fiksator olarak fonksiyon görmektedir (69). Ayrıca bu yeni implantlar ile dengeli ve eşit yük dağılımı sağlanmış, plak çıkarılması sonrası implanta bağlı stres arttırıcı faktörler azaltılmış ve çelik yerine titanyum kullanılmaya başlanmıştır. Bu gelişmeler sayesinde kırık tedavisi mekanik desteği sağlamanın yanında biyolojik ortamı desteklemeye yönelmiştir (70).



Şekil 2.31. Farklı plak tiplerinin alttan ve yandan temas yüzeyleri; (A) DCP, (B) LC-DCP, (C) PC-Fix. Kemik ile temas eden alan kırmızı renkle işaretlenmiştir (85).

İmplant teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak cerrahi tekniklerde de doku kanlamasını koruyucu cerrahi tekniklerin tanımlanması yönünde değişiklikler olmuştur. Atelleme gibi konservatif yöntemler ile İMN, E.F, dalga ve köprü plak gibi implantlar kırık iyileşmesi için her zaman direk stabilitenin gerekli olmadığını, elastik fiksasyon ve kallus oluşumu ile de kırıkların iyileşebildiğini göstermiştir. Dolaylı redüksiyon prensibi, kemik fragmanlarının iyi vasküler desteğe sahip olduğu dokularda, kemik uzunluğunun sağlanarak

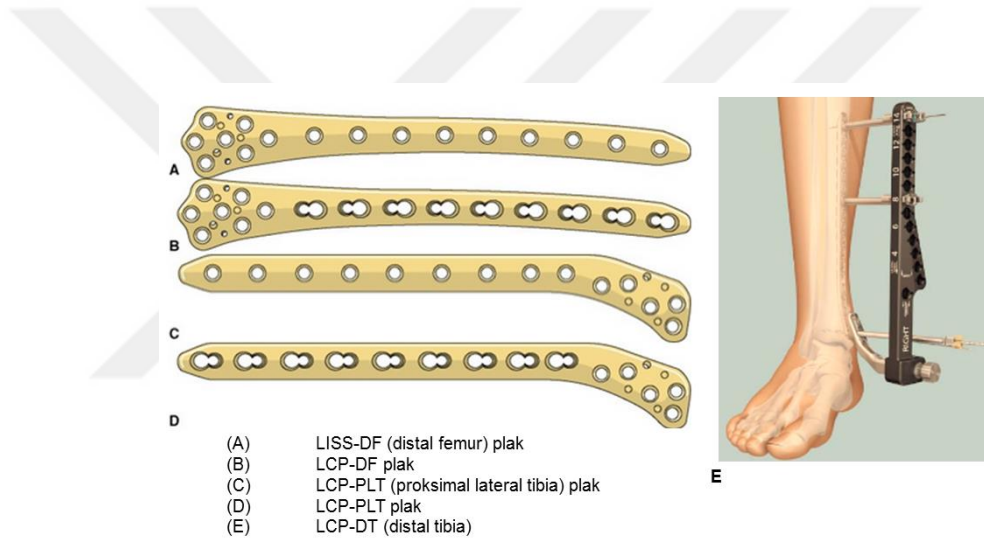
başarılı kemik kaynaması elde edilebilmesine dayanır (55). Kırık hattına dokunulmadığı ve lokal travmaya sebep olmadığı için kemik vaskülarizasyonu korunmaktadır (45). İndirek tekniklerin geliştirilmesiyle diyafiz kırıklarında ligamentotaksis kullanılarak, kırık hattını açmadan ve kırık fragmanlarının vasküler desteğini bozmadan kabul edilebilir redüksiyon sağlandığı gözlenmiştir. Parçalı kırıklarda, tam temasın olmadığı durumlarda bile, fragmanların kısmi immobilizasyonunun kaynama ile sonuçlandığı görülmüş, köprü plaklama yapılan vakalarda greftleme ihtiyacı olmadan yüksek kaynama oranları elde edilmiştir (21).

Epifiz ve metafizyel bölge parçalı kırıklarında İMN ile redüksiyonun stabilizasyonu güçtür (1, 64). Öte yandan açık cerrahi ile meydana gelen ek travma, kırık fragmanlarının devitalizasyonuna, dolayısıyla da kırık iyileşme bozuklukları ve enfeksiyon gibi komplikasyonlara neden olabilmektedir (43). Kırık hattına müdahale olmaksızın, biyomekanik açıdan stabilizasyonun sağlandığı durumlarda, kırığın tam anatomik restorasyonu olmasa bile uzunluk, rotasyon ve aksiyel dizilimin düzeltilmesi kırık iyileşmesi için yeterli olmaktadır. Kırılan kemik üzerinde aksiyel yük uygulamasına izin veren ve canlı kas kılıfına saygılı minimal invaziv tekniklerle uygulanmış stabil fiksasyon, biyolojik kırık iyileşmesi için optimal mekanik çevre olarak değerlendirilmektedir (67).

Mast ve ark. (21, 80) femur proksimal ve distal parçalı kırıklarının tedavisinde 'biyolojik plaklama' veya 'biyolojik fiksasyon' kavramlarını tanımlamış, indirek redüksiyon teknikleri, kırık hattının direk açılmadığı yaklaşımlar kullanarak sıklıkla komplikasyonsuz sekonder kırık iyileşmesi elde etmişlerdir. Krettek ve ark. (43, 45) distal femur kırıklarını submüsküler plaklama ve perkütan vida fiksasyonu ile tedavi etmiş ve MİPPO (minimal invaziv perkütan plak osteosentezi) ile TARPO (transartiküler yaklaşımlı perkütan plak osteosentezi) tanımlamıştır. Minimal invaziv plaklama tekniklerinin geliştirilmesi ile kırık hematomu ve içerisindeki kırık iyileşmesine yardımcı biyolojik faktörler korunmuş, cerrahiye sekonder yumuşak doku ve kemik fragmanlarında oluşan iyatrojenik vasküler hasarlanma azaltılmıştır (9,

40, 64, 74). Özellikle eklem içi kırıkların tam anatomik redüksiyonuna izin verecek büyüklükteki cilt kesisinin submüsküler plaklama ile kombine edilmesi, minimal invaziv cerrahi açısından önemli bir gelişmedir.

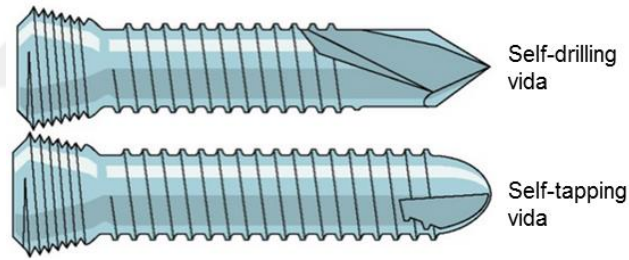
Perkütan yaklaşımlar ve submüsküler plaklama teknikleri, özellikle daha modern implant ve el aletlerinin dizayn edilmesi ile daha geniş uygulama alanı bulmuştur (63). Ayrıca erken dönemdeki minimal invaziv cerrahilere kıyasla daha kolay uygulanabilir hale gelmiştir. PC-Fix, LISS (az invaziv stabilizasyon sistemi) ve LCP gibi implantlar ile kilitli vidalar submüsküler plaklamada kullanılmaya başlanmıştır (74) (Şekil 2.32).



Şekil 2.32. LISS ve LCP plak örnekleri.

PC-Fix, kilitli vidalar ile uygulandığında, her ne kadar plak-vida sistemi olarak tasarlanmış olsa da, bir internal fiksator gibi fonksiyon görür. Kemikle yüzey teması minimal olduğu için önceden şekillendirilmesi gerekmez. Kilitli vidalar, periostal ve endostal kanlanmada minimal hasara neden olur. Ayrıca kendi-delen (*self-drilling*) ve kendi-yiv açan (*self-tapping*) özellikleri sayesinde kolay uygulanabilirler (Şekil 2.33). Daha sonra geliştirilen LISS plak, minimal invaziv submüsküler yaklaşım için spesifik olarak dizayn edilmiş ilk plaktır. Plaga monte edilen elceği ile uygulama kolaylığı sağlar ve elcek üzerindeki

kılavuz delikleri sayesinde, cilt üzerinden yapılan mini insizyonlarla perkütan vida uygulamasına izin verir. Kilitli vidalar ile birlikte kullanıldığında, kırık redüksiyonunu pozisyonunda stabilize eder. LCP, kombine deliği sayesinde, kilitli plak veya kompresyon plağı olarak ya da bu iki özelliğin birlikte kullanımına izin verecek şekilde fonksiyon görür (69). Kilitli vidalar ile birlikte kullanıldığında internal fiksator gibi işlev görür ve elastik fiksasyon sağlar (65). Konvansiyonel vidalar ile birlikte kullanıldığında ise kompresyon plağı gibi davranarak rijid fiksasyon sağlar. Farklı anatomik lokalizasyonlara göre tasarlanmış anatomik kilitli plaklar sayesinde MİPO kolay ve güvenilir bir biçimde uygulanan ve başarılı sonuçları olan bir cerrahi seçenek haline gelmiştir (9). Son yıllarda perkütan yaklaşımla direkt kırık redüksiyonuna yardımcı aletler (redüksiyon klempleri, serklaj teli geçiriciler, manipülatörler, vb.) geliştirilerek kullanıma girmiştir (63).



Şekil 2.33. Self-drilling (kendi-delen) ve self-tapping (kendi-yiv açan) vidaların şematik gösterimi (85).

Biyolojik kırık tespitinde kullanılan implantlar gelişmeye ve evrimleşmeye devam etmektedir. MİPO’da indirekt redüksiyon teknikler kullanılarak, perkütan yaklaşımlar ve mini insizyonlar vasıtasıyla manipülasyon ve implantasyon sağlanmaktadır. Biyolojik avantajları sayesinde düşük enfeksiyon oranları ve greftleme ihtiyacında azalma elde edilmiştir (4).

MİPO cerrahisinde kırık hattı açılmadığı için kaynama sorunları ve dizilim problemleri ortaya çıkabilir. Kırık fragmanları arasına giren periost ve yumuşak dokular nedeniyle kaynama gecikmesi ve kaynamama görülebilir, tam anatomik redüksiyon nadiren sağlandığı için fragmanlar arası temas yüzeyi azalır ve kaynama süreleri uzayabilir, uyumsuz temas nedeniyle rotasyonel ve açısal deformiteler ile kaynama görülebilir (51, 77, 87).

Minimal invaziv cerrahide yeterli beceriye kavuşabilmek uzunca bir öğrenme eğrisi gerektirir. Dikkatli klinik gözlem ve etkin floroskopi kullanımı sayesinde, özellikle yeterli tecrübe sağlanmadan önce gözden kaçabilecek, redüksiyon kusurları ve dizilim (*alignment*) bozuklukları giderilebilir (43). Ancak skopi kullanımı, beraberinde hem hasta hem de cerrah için radyasyon maruziyeti sorununu beraberinde getirmektedir. Her ne kadar cerrahiye kolaylaştıran kılavuzlar ve redüksiyon aletleri sayesinde teknik güçlükler ve floroskopi kaynaklı radyasyon maruziyeti azaltılmış, operasyon süreleri kısaltılmış ve uygulanabilirlik artmışsa da minimal invaziv cerrahinin teknik güçlükleri akılda tutulmalıdır. MİPO'da kullanılan implantların göreceli yüksek maliyetli olması, ekonomik yük getirmesi açısından önemli olabilir (3).

Uygun endikasyonlarda kullanıldığında MİPO, etkin ve güvenli bir yöntemdir (4, 40, 51, 64). Ancak özellikle basit kırıklardaki uygulamaları gibi mutlak stabilite gerektiren durumlarda, artmış kırık hattı gerilimi nedeniyle, gecikmiş kaynama ve implant yetmezlikleri ile ilişkili olabileceği unutulmamalıdır (14, 60, 69, 77).

### **2.9.1. Tibia Şaft ve Distal 1/3 Bölge Kırıklarının MİPO ile Tedavisi**

Tibia şaft ve distal 1/3 bölge kırıklarının tedavisinde nonoperatif ve operatif yöntemler tanımlanmıştır. Tibia şaftının nondeplase kırıklarında sirküler alçı ya da fonksiyonel breys gibi tedavi yöntemleri geçmişte uygulanmış, iyi fonksiyonel sonuçla iyileşme sağlanmıştır. Ancak uzun immobilizasyon süresi, kötü kaynama ve kısalık ile eklem hareket sertliği gibi problemler yaşanabilir. Günümüzde cerrahi tedavi uygulanamayacak seçilmiş hastalarda kullanılabilir.

Her ne kadar kapalı ve evre I-II açık tibia şaft kırıklarının cerrahi tedavisinde İMN altın standart olarak kabul edilse de dar intramedüller kanal veya çok parçalı kırıklar ile ciddi yumuşak doku yaralanmasının eşlik ettiği durumlar tedaviyi güçleştirebilir (3, 21, 41, 88). Distal tibia kırıklarında en uygun tedavi seçeneği konusu tartışmalı olup, tedavi sonuçlarını tanımlayan uzun dönem sonlanım ölçümleri yoktur (45). Distal tibianın subkutan yerleşimli, yumuşak doku desteğinden yoksun anatomik yapısı, açık redüksiyon ve plak osteosentezi ile karşılaşılabilecek kemik ve yumuşak doku komplikasyonlarını beraberinde getirmektedir (11, 40, 43, 64). Bu komplikasyonlar cerrahiye sekonder iyatrojenik travmaya, osteosentez sonrası fragmanların kanlanma bozukluğuna ve uzun cerrahi prosedürlere bağlanmıştır (14). Eksternal fiksasyon ve intramedüller çivileme diğer alternatifler olup, eksternal fiksasyon ile geç kaynama, kötü kaynama ve pin dibi enfeksiyonu, İMN ile çok distal ve eklem içi kırıklarda yetersiz redüksiyon kontrolü, redüksiyon kaybı, kötü kaynama ve eklem penetrasyonu riski gibi sorunlar yaşanabilmektedir (1, 7, 11, 12, 36, 43, 64).

AO OTA sınıflamasına göre tibia şaft kırıkları 42, distal tibia (veya pilon) kırıkları ise 43 ile kodlanmıştır. Tibia şaftının kama tipi (42-B) ve kompleks (42-C) kırıklarında, İMN'nin kontrendike olduğu durumlarda MİPO kullanılabilir. Öte yandan açık tibia kırıkları sonrası, özellikle multitravmalı hastalarda pulmoner komplikasyonlarda kaçınmak maksadıyla, MİPO cerrahisi İMN'ye alternatif bir yöntem olabilir (88).

Tibia distal kırıkları, eklem dışı (43-A), eklemi kısmen ilgilendiren (43-B) ve tam eklem içi (43-C) kırıklar olarak üç grupta incelenir. MİPO, 43-A kırıklar için mükemmel bir tedavi alternatifi sunarken, 43-B ve 43-C kırıklar için eşlik eden yumuşak doku yaralanması nedeniyle iki aşamalı cerrahi (yumuşak doku durumu optimize olana kadar geçici E.F, sonrasında MİPO ile kesin tedavi) önerilmektedir (2, 14, 53, 89-91). 43-B ve 43-C kırıkların eklem içine uzanımı olması nedeniyle artiküler yüzeyin anatomik restorasyonu şarttır. Her iki kırık tipi için de açık redüksiyon ve internal fiksasyon altın standart tedavi yöntemi olmakla birlikte, cerrahinin başarılı sonuçlarını

etkileyen ana unsur yumuşak dokunun durumu ve cerrahi esnasında meydana gelen ek yaralanmadır. Bu kırıklarda açık (veya mini açık) cerrahi ile artiküler yüzeyin onarımı ve metafize uzanan komponentin minimal invaziv olarak plaklanması şeklinde tedavi önerilmektedir (4). Eklem yüzü restorasyonunun gerekli olduğu durumlarda iki aşamalı cerrahi uygulamasının, oluşacak yumuşak doku yapışıklıkları nedeniyle daha güç olabileceği akılda tutulmalıdır (4).

### **2.9.1.1. Endikasyon ve Kontrendikasyonlar**

Tibia shaft kırıklarının cerrahi tedavisinde, intramedüller çivilemenin kontrendike olduğu şu durumlarda, MİPO endikedir:

1. Eklem yüzüne uzanım gösteren kırıklar
2. Proksimal ve distal 1/3 kırıkları
3. Bazı segmental kırıklar
4. Dar (<8mm) veya deforme medüller kanal
5. Periprotetik kırıklar ve medüller kanal içerisinde implant bulunması
6. Açık büyüme plağı
7. Kemik transportu yapılan olgularda eksternal fiksasyon süresini kısaltmak amacıyla
8. İMN uygulaması için teknik ekipmanın yetersiz olduğu durumlar (21, 36, 74)

Tibia shaft kırıklarında MİPO kontrendikasyonları şunlardır:

1. Ciddi yumuşak doku hasarı (evre III açık kırık)
2. Cilt problemleri (diabet, periferik vasküler hastalık)
3. Eşlik eden vasküler yaralanma
4. Kompartman sendromu
5. Patolojik kırık
6. Aktif enfeksiyon
7. Gecikmiş rekonstrüksiyon (21, 36, 77)

Distal tibia kırıklarının tedavisinde açık ya da minimal invaziv cerrahi kararının verilmesine etki eden en önemli faktör eklem içi uzanımın olup olmamasıdır. Ekstraartiküler tibia distal kırıkları (43-A) ile İMN için uygun olmayan, proksimale uzanımı olsun ya da olmasın, basit intraartiküler kırıklarda (43-B1, 43-C1 ve 43-C2) MİPO endikedir (2, 21, 74) (Şekil 2.34).

Kompleks eklem içi yaralanmalarda (43-B2, 43-B3 ve 43-C3), anatomik restorasyon gerekli olduğu için, sadece MİPO uygulanması kontrendike kabul edilir. Bunun nedeni sadece ligamentotaksis ile eklem yüzünün tam redüksiyonunun genellikle mümkün olmaması ve açık redüksiyon ile onarılması gerekliliğidir.

KIRIK		YAKLAŞIM		REDÜKSİYON		FİKSASYON	
Bölge	Tip	Açık	Perkütan	Direk	İndirek	Internal	Eksternal
Artiküler	Basit	+	++	+	++	+++	-
	Kompleks	+++	-	++	+	+++	-
Metafiz/ diyafiz	Basit	+	++	+	++	++	+
	Kompleks	-	+++	-	+++	++	+
Fibula	Basit	+++	-	+++	-	+++	-
	Kompleks	+	++	-	+++	+++	-

+ alternatif olarak kullanılabilir  
 ++ sıklıkla endikedir  
 +++ kuvvetle endikedir  
 -- endike değildir

Şekil 2.34. Pilon kırıkları tedavi algoritması (21, 55).

### 2.9.1.2. Ameliyat Öncesi Erken Müdahaleler, Hazırlık ve Planlama

Yumuşak doku durumu dikkatli bir şekilde değerlendirilmeli, eşlik eden şişlik, kontüzyonlar, açık yara, nörovasküler yaralanma ve kompartman sendromu açısından uyanık olunmalıdır. Açık kırıklar usulüne uygun debride edilip irriga edildikten sonra, alçı/atel veya eksternal fiksator ile geçici olarak

stabilize edilmeli, uygun antibiyotik tedavi başlanmalı ve ekstremitelere eleve edilmelidir. Belirgin kontaminasyonun eşlik ettiği kırıklarda 24-48 saat sonra tekrar değerlendirme ile debrütman ve yıkama işleminin tekrarlanması gerekebilir.

Vasküler yaralanma mevcudiyeti acil tanı ve tedavi gerektiren bir durumdur. Şüpheli olması durumunda doppler ultrasonografik inceleme veya anjiyografi ile tanı konabilir. Acil kırık fiksasyonu esnasında veya hemen sonrasında kalp damar cerrahları gerekli vasküler onarımı yapabilir. Kemik örtümünün sağlanamadığı yumuşak doku kaybı durumunda, plastik cerrahi müdahalesi ile lokal rotasyonel flep veya serbest greft uygulamaları gerekli olabilir.

Kompartman sendromu tanısı konması durumunda acil fasyatomi endikasyonu vardır. Özellikle multiple travma sonrası bilinç bozukluklarının eşlik ettiği hastalarda tanı koymak son derece güçtür. Bu tip hastalarda sıkı takip sonrası ciddi klinik şüpheli olması durumunda, atlanmış bir kompartman sendromunun sekelleri ile mücadele etmek yerine fasyatomi uygulamak, hasta ve hekim açısından en doğru karar olabilir.

Standart anteroposterior, lateral ve mortis grafleri ile ekstremiteleri tüm uzunluğu boyunca gösteren ortoröntgenogramlar, gerekli ise sağlam tarafla mukayeseli olarak çekilmelidir. Özellikle distal tibia'nın eklemi ilgilendiren kırıklarında, atel veya eksternal fiksatörle geçici tespit sonrasında BT ile ana kırık fragmanları, eklem yüzündeki çökme miktarı, metafizel parçalanma miktarı incelenebilir (Şekil 2.35) BT'nin hastaların %82'sinde ek bilgi sağladığı, %64'ünde ise cerrahi planlamada değişikliğe neden olduğu gösterilmiştir (36). İmplant seçimi, seçilecek insizyon ve plak yerleşimine karar verilmesi açısından radyolojik tetkiklerin ameliyat öncesinde dikkatli biçimde incelenmesi önemlidir.



Şekil 2.35. Tibia fibula distal parçalı kırığı; (A,B) Direkt grafi, (C,D) BT'de kırığın eklem içine uzanımı görülmekte, (E-H) 3 boyutlu rekonstrüksiyon görüntülerinde fragmanların birbiriyle ilişkisi, deplasman ve parçalanma miktarı ve eklem yüzü ayrıntılı biçimde değerlendirilebilir.

Acil ve erken müdahaleler ile görüntüleme için gerekli tetkiklerin yapılması sonrasında kesin cerrahi tedavide seçilecek cerrahi yöntem ve tedavi zamanlamasına yumuşak doku yaralanma derecesine göre karar verilir. MİPO cerrahisi yumuşak doku şişliğinin yatıştığı, kontüzyon ve ekimozların gerilediği dönemde yapılmalıdır (77). Klinik gözlem açısından kırışıklık işareti (*wrinkle sign*) pratik ve kullanışlı bir yöntemdir. Kırışıklık işareti, yumuşak doku ödeminin gerilemesi sonrası ayak bileği dorsifleksiyona alındığında cilt kırışıklıklarının oluşmasıdır (9, 60, 79).

Yapılacak cerrahi hem ana fragmanların bütünlüğünü hem de eklem yüzünün restorasyonunu sağlayacak şekilde planlanmalıdır. Bunu sağlamak için yapılacak redüksiyon ve fiksasyon aşamalarında yumuşak doku kılıfına verilecek ek zarardan kaçınılmalıdır. İmplant yerleşimi, hem eklem düzeyinde

hem de metafizyuel seviyede majör deplase edici güçleri nötralize edecek en ideal pozisyonda olmalıdır. Seçilecek cerrahi yaklaşım, uygun uzunluk ve genişlikte implant seçimi, plağın konulacağı yüzeye (medial/lateral) karar verilmesi, uygulanacak redüksiyon tekniği ve yardımcı redüksiyon cihazlarının (klemp, distraktör, E.F, vb.) kullanımı, plak üzerine uygulanacak vida sayısı, konumu ve hangi amaçla (kompresyon/kilitli) konulacağını belirlenmesi MİPO cerrahisinin planlanması aşamasındaki en önemli basamaklardır.

### **2.9.1.3. Cerrahi Yaklaşım, Redüksiyon ve İmplant Seçimi**

MİPO perspektifi açısından, hem tibia shaftı hem de distal tibiada seçilecek cerrahi yaklaşımı belirleyecek en önemli unsur yumuşak doku kılıfının durumudur (21, 40, 45). Kırık fragmanları ve yumuşak doku kanlanmasının korunması, kırık ve yara iyileşme problemleri ile erken ve geç komplikasyonların önlenmesi açısından hayati öneme sahiptir (40). Seçilecek yaklaşım yeterli kırık fiksasyonu ve stabilizasyonu sağlayabilecek, aynı zamanda biyolojik kırık iyileşmesi süreçlerine zarar vermeyecek şekilde dikkatle planlanmalıdır.

Tibia shaft kırıklarında MİPO cerrahisi medial ya da lateral yaklaşımla uygulanabilir. Yumuşak doku durumu, kırık paterni ve cerrahin tercihlerine göre seçilecek yöntem değişiklik gösterebilir. Ana ayrışmanın olduğu yer seçilecek yaklaşımı belirleyen önemli unsurlardan biridir. Plağın kelebek fragmanın olduğu tarafa yerleştirilmesi, tünel oluşturma ve plağın tünelde ilerletilmesi esnasında yumuşak doku bağlantılarının ve fragmanın kanlanmasının bozulmasına neden olabilir.

Medial plaklama göreceli olarak daha kolay bir yöntem olmakla birlikte plağın cilt iritasyonu yapması sorun olabilir. Medial yaklaşım kullanılacaksa tibia medial yüzünde, özellikle distal tibiada, safen sinir ve safen ven yaralanabilir (21, 29, 30, 36, 87). Künt diseksiyonların kullanılması, bu iki yapının eksplore edilerek korunması önemlidir.

Lateral plaklamada plak, kas planının derininde yerleşmiştir ancak uygulaması teknik olarak daha güçtür. Lateral yaklaşımın kullanılması durumunda anterior tibial damarlar, peroneal sinirin derin ve yüzeysel dalı ile süperior ve inferior sindesmozis yaralanabilir (21). Tibia distalinde anterior tibial damarlar ve derin peroneal sinir, tibia anterolateral yüzünde kemiğe yakın yerleşimli olup, MİPO cerrahisi esnasında eksplore edilerek korunmaları önemlidir (21, 29, 30).

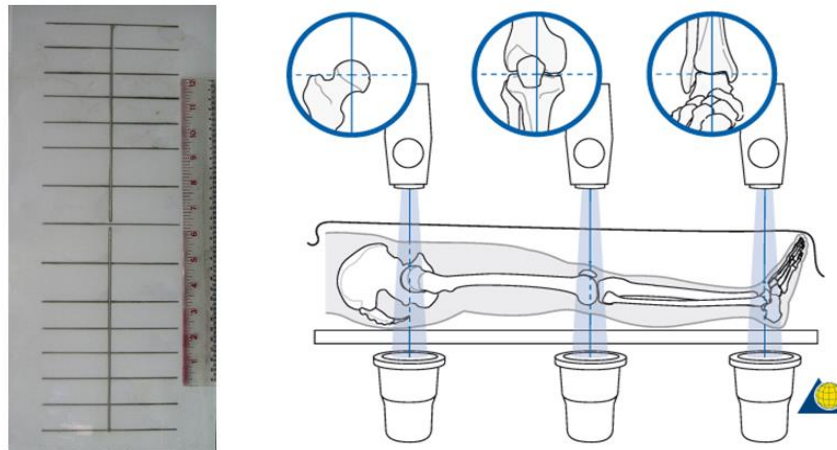
Distal tibia kırıklarında MİPO cerrahisinin nasıl yapılacağı, kırığın eklem içine uzanımı, kırıktaki parçalanma miktarı ve yumuşak doku kılıfının durumu tarafından belirlenir (14). Eklem dışı kırıklar ile basit eklem içi kırıklar MİPO ile başarılı bir şekilde tedavi edilebilirken, kompleks eklem içi kırıkları sadece MİPO ile tedavi etmek mümkün değildir. Eklem yüzünü ilgilendiren kırıkların açık redüksiyonu sonrası, metafiz veya diyafize uzanan kırıklar, açık cerrahiler için kullanılan insizyonlardan ya da ayrı bir insizyondan submüsküler plaklanarak minimal invaziv cerrahi ile tedavi edilebilir. (4) Distal tibia kırıklarında genellikle medial yaklaşım kullanılmaktadır. Yumuşak doku yaralanması nedeniyle medial yaklaşımın kullanılmadığı vakalarda anterolateral yaklaşım alternatif olarak kullanılabilir.

İndirek kırık redüksiyonu, MİPO'nun önemli bir ögesidir. Kırık hattı açılmadığı için kırık hematomu ve dolayısıyla kırık iyileşmesi için gerekli biyolojik faktörler korunur (64, 74). Periostal devamlılık bozulmaz ve böylece kırık iyileşmesinin erken aşamalarında özellikle önemli olan periostal kanlanma hasarı minimize edilmiş olur (8, 9, 40, 87). Önemli olan eklem yumuşak doku yaralanmasına neden olabilecek künt uçlu, ezici cihazlar yerine sivri uçlu, noktasal temaslı redüksiyon aletlerinin seçilmesidir.

Tibia shaft kırıkları elle traksiyonla ya da distraktör veya geçici eksternal fiksator gibi bir cihaz kullanılarak redükte edilebilir. İndirek redüksiyonda tam anatomik restorasyon şartı aranmaz. Uzunluk, aks ve rotasyonel dizilimin sağlanması ana amaçtır (8). Basit kırıkların redüksiyonu ve redüksiyon sonrası uzunluk ve aksın korunması, çok parçalı kırıklara göre daha zordur. Basit kırıklarda redüksiyon, perkütan uygulanan redüksiyon forsepsi

yardımıyla kapalı ya da kırık hattı üzerinden yapılan mini insizyonla direkt anatomik redüksiyon şeklinde olabilir. Çok parçalı kompleks kırıklarda, fragmantasyon fazla olduğu için, manipülasyon ve indirek redüksiyonun sağlanması görece olarak daha kolaydır.

Ameliyat esnasında farklı aşamalarda floroskopi ile dizilim kontrolü yapmak önemlidir. Aksiyel dizilim bozukluklarını önlemek için intraoperatif görüntüleme diz ve ayak bileği eklemine görecek şekilde yapılmalı, cerrahi neticesinde diz ve ayak bileği eklemlerinin paralellliği sağlanmalıdır (8). İki plastik plaka arasında birbirine paralel yerleşimli K-telleri ile oluşturulmuş ızgara (*alignment grid*) veya eksternal fiksator üzerine diz ve ayak bileği eklemine paralel olacak şekilde yerleştirilmiş *Steinmann* pinleri ile yapılan skopi kontrolünde aksiyel dizilim bozuklukları tespit edilebilir (63) (Şekil 2.36). Kablo tekniği de bu amaçla kullanılabilir pratik ve etkin bir yöntemdir. Kablo tekniğinde, supin pozisyonda yatan hastada femur başı merkezinden ayak bileği eklemi orta noktasına uzatılan koter kablosunun, patella ortasından geçmesi gerekmektedir. Kilitli plaklar monoblok sabit açılı yapılardır. Konvansiyonel plaklar gibi sürtünme kuvvetine gereksinim duymazlar (79). Ancak dizilim bozukluklarının engellenmesi için en distal vidanın eklem hattına paralel yerleştirilmesine, plağın proksimal ve distal fragmanlara paralel ve eşit mesafede olmasına dikkat edilmelidir (8).



Şekil 2.36. Tibial *alignment grid* (sol) ve koter kablosu tekniği (sağ) (92).

Varus/valgus açılanmalarını gidermek için, plağın kendisi bir redüksiyon cihazı gibi kullanılabilir. Uzunluk sağlandıktan sonra plak üzerinden distal fragmana bir adet kilitsiz vida uygulanır. Ardından başka bir kilitsiz vida proksimal fragmana, çektirme vidası olarak kullanılmak üzere gönderilir. Vida sıkıldıkça proksimal fragman plağa doğru çekilir ve redüksiyon sağlanır. Fleksiyon/ekstansiyon deformiteleri palpasyonla, yumuşak doku şişliğinin fazla olduğu durumlarda da lateral görüntüde tespit edilebilir. Manipülasyon sonrası deformite giderildiğinde plaktaki en distal ve en proksimal deliğe kilitsiz vida uygulanır, kruris altına konan katlı çamaşır veya silikon destek ile redüksiyon korunurken vidalar sıkılır. Ardından kırık hattı proksimali ve distaline yakın atılan vidalar ile redüksiyon stabilize edilir. Atılacak vida sayısı, konfigürasyonu ve plakta boş bırakılacak vida deliği sayısı kırık paternine ve sağlanmak istenen stabilite tipine göre değişiklik göstermekle birlikte, her bir ana fragmana iki veya üç bikortikal kilitli vida atılması önerilmektedir (2). Rotasyonel deformiteler karşı tarafla mukayese edilerek farkedilebilir.

Distal tibiada indirek kırık redüksiyon kesin cerrahi öncesinde veya esnasında sağlanabilir. İki aşamalı cerrahide (*two-stage procedure*), hastanın ilk müracaatı esnasında kırık redüksiyonu ve geçici eksternal fiksator uygulaması, kesin cerrahi esnasında son derece yardımcı bir yaklaşımdır (2, 53, 89). İki aşamalı cerrahi yapılan hastalarda fonksiyonel sonuçların daha iyi olduğu ve enfeksiyon oranlarının daha düşük olduğu belirlenmiştir (2, 14, 89). Kalkaneal pin traksiyonu ve/veya distraktör uygulaması kırık redüksiyonuna yardımcı olabilir. Eksternal fiksator ya da distraktörün kullanıldığı durumlarda, pinlerin yerleşimi kesin cerrahi esnasında plak konumlandırmasına engel olmayacak şekilde dikkatli planlanmalıdır. Fibula kırığının eşlik ettiği durumlarda, geçici eksternal fiksator uygulaması ya da kesin cerrahi esnasında, açık veya minimal invaziv yaklaşımla fibula kırığı stabilize edilebilir. Kesin bir kural olmamakla birlikte fibula fiksasyonu, tibia kırığının redüksiyonunu kolaylaştırır, uzunluk ve dizilim restorasyonu sağlar ve ayak bileği stabilitesine yardımcı olur (2, 6, 9, 10, 35, 36, 40, 41).

Basit kırıklarda (43-A1, distal 42-A1 veya 42-B1), eksternal fiksator, distraktör veya asistan eşliğinde elle traksiyon sonrası, ciltte açılan mini insizyonlardan sivri uçlu redüksiyon forsepsi kullanılarak kırık redüksiyonu sağlanır (4, 8). Bu aşamada bir adet 3.5 mm interfragmanter çekirme vidası kullanılarak kırık redüksiyonu güçlendirilebilir. Medial malleol üzerinden yapılan insizyon sonrası kilitli anatomik plak, plak tutucu elcek yardımıyla, tibia distalinden submüsküler ve periost üzerinden olacak şekilde proksimale gönderilerek tibia mediallyne uygulanır. Distalde ve proksimalde birer adet kilitsiz vida ile plak kemiğe geçici olarak fikse edilir (2). Sonrasında yeterli sayıda (diyafiz bölgesinde üç adet bikortikal, epifiz-metafiz bölgesinde ise beş-altı adet yeterli uzunlukta kilitli vida olmalıdır) kilitli vidanın kılavuz üzerinden plağa perkütan uygulanması ile fiksasyon tamamlanır (2, 21). Kemik kalitesine göre uygulanacak vida sayısı artırılabilir. Plağın aksi tarafında deplase kelebek fragman bulunması durumunda, plak üzerinden interfragmanter vida ile fiksasyon sağlanmalıdır (21).

Kompleks kırıklarda (42-C, 43-A3 veya 43-C2), plağın kendisi redüksiyona yardımcı olmak amacıyla kullanılabilir. Medial malleol üzerinden yapılan insizyon sonrasında anatomik kilitli plak distalden proksimale submüsküler gönderilir. Bir adet kilitsiz vida, distalde eklem hemen üzerinden plağa uygulanır ancak tam olarak sıkılmaz. Proksimalde yapılan mini insizyon sonrası, plağın proksimal deliğine kilitlenen drill kılavuzu redüksiyon manevraları esnasında yardımcı bir elcek olarak kullanılabilir (21). Longitudinal, aksiyel ve rotasyonel redüksiyon manevraları sonrası skopi kontrolü eşliğinde uygun dizilim ve yeterli redüksiyonun sağlandığı görüldükten sonra, proksimal drill kılavuzu üzerinden dirilizasyon ve ardından proksimal plak deliğine kilitsiz vida uygulaması yapılır. Proksimal ve distal vidalar tam sıkılmadan önce skopi eşliğinde sagittal plan dizilim bozuklukları düzeltilir. Kompleks çok parçalı kırıklarda plak, kırık hattını köprüleme maksadıyla kullanılır. Bu nedenle kırık hattındaki vida delikleri boş bırakılır, interfragmenter vida uygulanmaz.

İndirek redüksiyonda kırık hattı açılmadığı ve kırık uçları görülmeden redüksiyon sağlandığı için dizilim bozukluğu, kısalık ve rotasyonel deformiteler açısından dikkatli olunmalıdır (74). Cerrahi süresince her aşamada hem gözle hem de skopi ile redüksiyon kontrolü sağlanmalı, gereklilik halinde sağlam tarafla mukayese edilmelidir. Özellikle rotasyonel bozuklukların radyolojik olarak tespiti güç olduğundan karşı taraf ekstremité ile karşılaştırılarak gözle muayene edilmelidir. Vidalar yerleştirilmeden önce K-telleri ile plak geçici olarak tespit edilerek, kırık redüksiyonunun en son halini aldığından ve özellikle rotasyonel deformiteler olmak üzere açısız deformitelerin giderilmiş olduğundan emin olunmalıdır (9).

Tibia kırıkları için kabul edilebilir redüksiyon kriterleri; < 5 derece varus/valgus veya < 10 derece anterior/posterior angülasyon, < 10 derece rotasyonel deformite, karşı tarafla mukayesede fibula uzunluk ve sindesmoz genişlik farkının < 2 mm olmasıdır (21).

Tibia şaft kırıklarının MİPO cerrahisinde kırık paterni, köprülenecek kırık hattının uzunluğu ve kullanılacak vida yoğunluğuna göre 12-16 delikli DCP, LC-DCP veya LCP kullanılabilir (21). Kilitli plaklarda kemik vidanın sıkılması ile plağa doğru çekilir. Uygun şekillendirilmemiş plak redüksiyon kaybına neden olabilir. Buna karşın kilitli plaklar açısız stabilite prensibi ile fonksiyon görür. Her bir ana fragmana üçer adet bikortikal kilitli vida uygulanması yeterli stabiliteyi sağlar (9). Bu kilitli vidalardan biri kırık hattına yakın, diğeri ise plağın uç kısmına yakın yerleştirilmelidir (21). Kilitli vida başı plağa kitlendiğinde sabit açılı hale gelir, kemik plağa doğru çekilmez. Bu nedenle plağın önceden şekillendirilmesi şart değildir. Kırık hattı proksimal ve distale uzanım göstermediği sürece, tibia şaft kırıklarına uygulanacak kilitli plakların önceden şekillendirilmesi gerekmez. Plak operasyon öncesi kemik model üzerinde şekillendirilip, cerrahi esnasında son düzeltmeler yapılabilir.

Tibia distal medialine uygulanacak plağın, medial malleol üzerine uyacak şekilde eğilmesi ve 20-30 derece içe doğru bükülmesi gerekir (21). Kilitli plak uygulamalarında, kilitli plaklar kadar olmasa da, bir miktar önceden şekillendirme (*precontouring*) yapılmalıdır. Bu sayede cilt irritasyonu

gibi olumsuz etkiler azaltılabilir. Aşırı bükme yapılması plağın biyomekanik özelliklerini bozarak implant yetmezliğine neden olabilir (9). Hem biyomekanik açıdan daha stabil bir yapı elde etmek hem de plak irritasyonuna sekonder cilt problemlerinden kaçınmak için önceden şekillendirilmiş anatomik plaklar kullanılabilir (2). Tibia distaline uygulanan plakların anatomik uyumunun değerlendirildiği bir çalışmada, anatomik plakların sadece %19'unda kemik modellere tam uyum sağlandığı ve plak-kemik arası mesafenin en çok plak orta üçte birlik kısım veya plağın distal ucunda olduğu raporlanmıştır (93). Akut distal tibia kırıklarının cerrahi tedavisinde kilitli ve kilitsiz plak kullanımının karşılaştırıldığı bir çalışmada, kilitli plak uygulamaları ile reoperasyon ve dizilim bozukluğu ihtimalinin daha düşük olduğu saptanmıştır (94).

Tibia shaftı çok parçalı kırıklarının MİPO cerrahisinde kırık hattının uygun biçimde köprülenmesi için plak uzunluğu kırık hattı uzunluğunun üç katı kadar olmalıdır (55). Köprü plaklamada plaktaki tüm deliklerin doldurulması gerekmez. Plak üzerinden uygulanan vida sayısı arttıkça yapının sertliği artar (9). Elastik fiksasyon için proksimal fragman üzerinde konumlandırılan beş ve distal fragman üzerinde konumlandırılan beş plak deliğinden üçüne vida uygulanırken ikisi boş bırakılır. Bu sayede hem yeterli stabilite sağlanır (rölatif stabilite) hem de yapının elastikiyeti artar (elastik fiksasyon) (8, 21). Kırık hattının her iki tarafında plak üzerindeki birer delik boş bırakılarak, fiksasyonun elastikiyeti iki kat artırılabilir (9). Distal tibia parçalı kırıklarında yeterli stabilite elde edebilmek için distal fragmana en az üç adet kilitli vida atılması gerekir (8). Modern kilitli plakların (medial distal LCP veya metafizyel LCP) distal tibia epifiz-metafizine uygulanan kısmı multiple kilitli vida uygulamasına izin verecek şekilde dizayn edilmiştir. Bu plakların düşük profilli tasarımı sayesinde minimal cilt irritasyonuna neden olurlar. Yeterli redüksiyonun sağlandığı durumlarda ve plak usülüne uygun yerleştirilmişse, kilitli vidaların yönelimi eklem penetrasyonuna izin vermez. Eğer konvansiyonel plak kullanılması planlanıyorsa, plağa uygun şekil verilerek distal tibia medial yüzüne uyacak şekilde bükülmelidir. Fibulanın basit kırıklarında uygun şekillendirilmiş 1/3 semitübüler plak kullanılırken,

parçalı kırıklarında LC-DCP, LCP metafiz plağı veya yeni jenerasyon fibula distal anatomik LCP kullanılabilir.

Tibia şaftı ve distal tibiyanın basit kırıklarında uygulanacak plak kırık hattının 8-10 katı uzunlukta olmalıdır (4, 44). Minimal invaziv cerrahi tedavide tam veya tama yakın redüksiyon, kırık hattı kompresyonu ve mutlak stabilite hedeflenmelidir. Bu hedefler, plakların kompresyon modunda uygulanması, interfragmanter kompresyon vidası kullanılması ve rijid fiksasyon ile sağlanabilir. Aksi durumda kırık hattındaki gerilim artar, geç kaynama ya da implant yetmezliğı görülebilir (14, 60, 77).

#### **2.9.1.4. Postoperatif Bakım ve Komplikasyonlar**

Cerrahi sonrası atel tespiti uygulanarak ekstremitte elevasyona alınır. Uygun yara bakımı ve pansuman sonrası postoperatif ikinci haftada dikişler alınır. Atel tespitine altıncı haftaya kadar devam edilir, ancak hasta gün içerisinde atelini çıkartması ve ayak bileğı eklem hareket egzersizleri yapması açısından motive edilmelidir. Periyodik klinik ve radyolojik takip ile kırık iyileşmesi değerlendirilir. Postoperatif üçüncü ayda kısmi yük vermeye başlanır ve hastanın takiplerine göre dereceli olarak arttırılır.

Tibia şaft ve distal 1/3 bölge kırıklarınının açık ve minimal invaziv cerrahi sonrası komplikasyonları benzerdir. Açık cerrahi ile yumuşak doku ve kemik iyileşme bozuklukları ve enfeksiyon daha sık görülürken, MİPO'da indirekt teknikler uygulandığı için dizilim bozuklukları daha sıktır. Tibia diyafiz ve metafiz bölgesinin MİPO cerrahisi sonrası komplikasyonları şunlardır:

1. Kaynamama ve geç kaynama
2. Dizilim bozuklukları ve kötü kaynama
3. Enfeksiyon ve yara iyileşme problemleri
4. İmplant yetmezliğı
5. Cilt irritasyonu ve implant çıkarılması (14, 55, 74, 80)

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Gülhane Askeri Tıp Akademisi Haydarpaşa Eğitim Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Servisi'nde Mart 2011 – Mart 2015 tarihleri arasında tibia shaft ve tibia distal 1/3 bölge kırığı tanısı ile minimal invaziv plak osteosentez cerrahisi uygulanmış olan hastalar klinik ameliyat defteri ve hastanemiz otomasyon sisteminden taranarak belirlendi. Toplam 18 hastadan 1 tanesine iletişim bilgileri değiştiği için ulaşılamadı. Geri kalan 17 hasta çalışmamıza dahil edildi.

Çalışma öncesi tibia shaft ve tibia distal 1/3 bölge kırığı olan hastalar için takip formu oluşturuldu (Şekil 3.1). Takip formuna, hastanın ad-soyadı, cinsiyeti, yaşı, yaralanan ekstremitenin hangi taraf ve kırığın hangi lokalizasyonda olduğu, eşlik eden fibula kırığının varlığı ve fibula fiksasyonu uygulanıp uygulanmadığı ve kırığın eklem içi uzanımı olup olmadığı, yaralanma nedeni ve kırık sınıflaması bilgileri kaydedildi. Kırıklar AO sınıflamasına göre kategorize edildi (21, 55). Ayrıca operasyona kadar geçen gün sayısı, ameliyat süresi, hastanede kalış zamanı, takip süresi, son kontrolündeki eklem hareket açıklığı, fonksiyonel skoru, kaynama ve tam yük verme zamanı, varsa açısız deformite miktarı, varsa komplikasyon ve sekonder cerrahi gereksinimi gibi cerrahi ve postoperatif takiple ilgili değerlendirme bilgileri takip formuna kaydedildi. Hastaların fonksiyonel değerlendirmesi AOFAS (*American Orthopaedic Foot and Ankle Society*) ayak bileği-arka ayak skorlama ölçeğine göre yapıldı (95, 96) (Şekil 3.2). Son olarak sigara kullanımı ve komorbid hastalıklar varlığı takip formuna kaydedildi.

Başvuru anında tüm hastalara standart tibia ön-arka ve lateral, ayak bileği ön-arka, lateral ve mortis grafi çekildi. Kırık yerleşimi ve tipi belirlendikten sonra ayak bileği eklemine uzanımı olan kırıklarda bilgisayarlı tomografi ile ileri görüntüleme yapıldı. Tüm hastalara kırık yerleşimine göre kısa/uzun bacak atel tespiti uygulanarak ekstremiteler eleveyona alındı. Ciddi

yumuşak doku yaralanması olan hastalarda cerrahi tedavi öncesi yumuşak doku iyileşmesi ve kırışıklık işaretinin oluşması beklendi.

HASTA TAKİP FORMU	TİBİA ŞAFT ve DİSTAL 1/3 BÖLGE KIRIKLARI MİPO CERRAHİSİ SONUÇLARININ RETROSPEKTİF DEĞERLENDİRİLMESİ
Hastanın adı-soyadı:	Operasyon süresi (saat):
Hastanın yaşı:	Hastanede kalış süresi (gün):
Hastanın cinsiyeti: E / K	Takip süresi (ay):
Kırık olan taraf: Sol / Sağ	Revizyon: Var / Yok
Kırık lokalizasyonu: Şaft/ Distal	Komplikasyon:
Eşlik eden fibula kırığı: Var/ Yok	Eklemler hareket açıklığı (derece):
Fibula fiksasyonu: Var/ Yok	Fonksiyonel skor (AOFAS):
Eklemler içi kırık: Var/ Yok	Kaynama zamanı (ay):
Açık/Kapalı kırık: A/ K	Tam yük verme zamanı (ay):
Olay tarihi:	Açısal deformite (derece):
Operasyon tarihi:	Kısalık (cm):
Kırık sonrası cerrahiye kadar geçen süre (gün):	Plak irritasyonu: Var/ Yok
Travma mekanizması:	Sigara kullanımı: Var/ Yok
Kırık sınıflaması (AO):	Eşlik eden hastalık:

Şekil 3.1. Hasta takip formu.

## AOFAS AYAK BİLEĞİ-ARKA AYAK SKORLAMA ÖLÇEĞİ

<b>Ağrı (Toplam 40 puan)</b>			
• Hiç yok	40	• Yürüme bozukluğu	
• Az derecede ve nadiren	30	– Hiç yok veya çok az	8
• Orta derecede ve hergün	20	– Belirgin	4
• Ciddi ve her zaman	0	– Ciddi	0
<b>Fonksiyon (Toplam 50 puan)</b>			
• Aktivite kısıtlamaları, destek ihtiyacı		• Sagittal hareket (fleksiyon ve ekstansiyon toplamı)	
– Kısıtlama yok, destek kullanmıyor	10	– Normal veya çok az kısıtlama (>30°)	8
– Günlük aktivitelerde kısıtlılık yok, sportif fonksiyon kısıtlı, destek yok	7	– Orta (15-29 °)	4
– Günlük aktivite ve sportif faaliyetlerde kısıtlama, destek ihtiyacı	4	– Ciddi kısıtlama (<15°)	0
– Ciddi kısıtlama, destek, koltuk değneği kullanma	0	• Arka ayak hareketleri (inversiyon ve eversiyon toplamı)	
• Maksimum yürüme mesafesi		– Normal veya minimal kısıtlılık (normalin %100 ile %75'i)	6
– Kısıtlama yok	5	– Orta (normalin %74-25)	3
– 1 km den az	4	– Ciddi kısıtlama (normalin %25 inden az)	0
– 500 m.den az	2	• Ayak bileği ve ayak stabilitesi	
– 100 m.den az	0	– Stabil	8
• Yürüme zemini		– Kesinlikle instabil	0
– Her zeminde yürüme	5	<b>Dizilim (Toplam 10 Puan)</b>	
– Merdiven engibeli arazide minimal zorluk	3	– İyi, plantigrade ayak	10
– Merdiven ve engibeli arazide ciddi zorluk	0	– Orta	5
		– Kötü	0

Şekil 3.2. AOFAS ayak bileği-arka ayak skorlama ölçeği.

Hastalara servisimize yatışları ile birlikte düşük molekül ağırlıklı heparin profilaksi dozunda başlanarak (0.4IU/gün) cerrahi sonrası taburcu olana dek kullanıldı. Antibiyotik profilaksisi cerrahiden yarım saat önce 1. kuşak sefalosporin (sefazolin sodyum) ile yapıldı ve postoperatif 3 gün süre ile devam edildi.

Cerrahi sonrası günlük yara bakımı povidon iyot ve steril gazlı bezle yapılarak 14. günde dikişler alındı. Cerrahi sonrası erken dönemde atel tespitine devam edilirken, gün içerisinde ateli çıkartarak ayak bileği ve diz egzersizleri yapmaları yönünde hastalar motive edildiler. Hastalar taburcu sonrası 2. ve 6. haftada, sonrasında iki ayda bir olacak şekilde düzenli kontrollere çağrıldılar. Kontroller esnasında grafiler ile diz ve ayak bilek eklem hareket açıklığı değerlendirildi. Hastalar eklem hareket egzersizleri yönünde desteklenirken, kallus oluşumu olmayan hastalarda tam yük vermekten kaçınıldı. Egzersizlerine uyum sağlayamayan hastalar fizik tedavi ve

rehabilitasyon servisine yönlendirildi. Grafi kontrollerinde kallus formasyonu olan ve yük vermekle ağrısı olmayan hastalarda tolere edebildikleri kadar yük vermeleri desteklendi (40).

Ön-arka ve lateral grafilerde her planda en az bir kortekste kallus köprüsünün oluşması ve ağrısız yük verebilme tam kaynama olarak kabul edildi. Altı ay geçmesine rağmen bu kriterlerin tam sağlanamaması, gecikmiş kaynama; 9. ay kontrollerinde hiç kallus oluşumu görülmemesi ise kaynamama olarak kabul edildi. 1 cm'den fazla kısalık, 5 dereceden fazla varus/valgus ve 5 dereceden fazla fleksiyon/ekstansiyon deformitesi kötü kaynama olarak değerlendirildi (10, 21, 40).

### **3.1. Cerrahi Teknik**

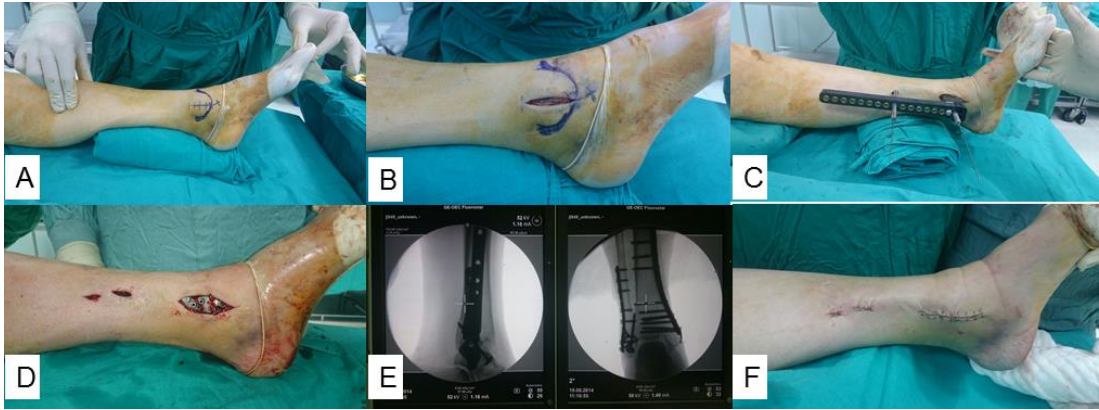
Tüm hastalar ışın geçiren masada, supin pozisyonda ameliyat edildi. Hastanın genel durumuna göre spinal ya da genel anestezi uygulanması sonrası yaralanan ekstremitelere kasıktan ayak parmak uçları dahil povidon iyot solüsyonu ile boyandıktan sonra steril olarak örtüldü. Operasyondan 30 dakika önce sefazolin 1 gram intravenöz yoldan profilaksi amacıyla uygulandı ve turnike altında çalışıldı.

Floroskopi eşliğinde uygun plak boyu ve yerleşiminin planlanması sonrasında manuel traksiyon, redüksiyon manevraları ve gereğinde redüksiyon forsepsi kullanımı ile indirek kırık redüksiyonu sağlandı.

Medial malleol üzerinden yapılan yaklaşık 3 cm'lik distali anteriora kıvrımlı longitudinal insizyonla cilt geçildi. Safen ven ve sinir eksplore edilerek korundu. Yapılan kontrollü keskin ve künt diseksiyonlar ile tibia distaline ulaşıldı. Tibia distal medial anatomik 3.5 mm LCP, medial malleol üzerindeki insizyondan submüsküler ve periost üzerinden olacak şekilde distalden proksimale kılavuz yardımı ile gönderildi. Plak proksimali başparmak yardımı ile yönlendirilerek tibia anterior kenarını aşmayacak şekilde konumlandırıldı

(4). Skopi yardımı ile plak yerleşimi ve kırık redüksiyonu tüm planlarda kontrol edildi. Plak üzerindeki mini delikler üzerinden gönderilen K-telleri yardımı ile plak pozisyonu sabitlendi. Cilt üzerinden yapılan mini insizyonlardan kılavuz delikleri kullanılarak gönderilen kiltsiz vidalar ile proksimal ve distaldeki ana fragmanlar plağa doğru çekildi ve plağın kemik kontürlerine uyumu sağlandı (4).

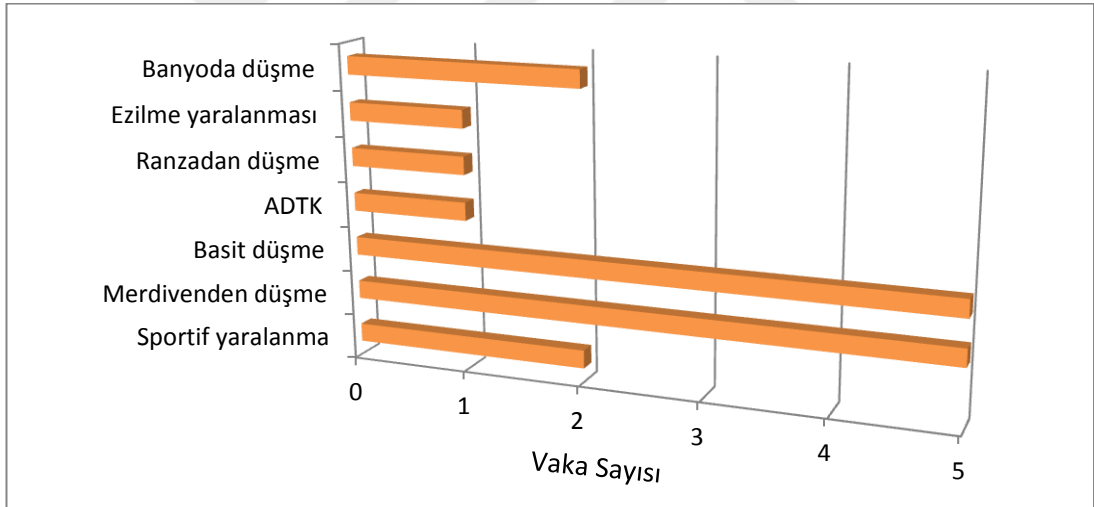
Basit kırıklarda kırık hattı kompresyonu, kompleks kırıklarda ise köprü plaklama maksadıyla kılavuz delikleri kullanılarak gönderilen yeterli sayıda kilitli ve kiltsiz vida ile kırık redüksiyonu stabilize edildi. Skopi ile vida yerleşim ve boyları ile kırık redüksiyonu son kez kontrol edildikten sonra açılan katlar usûlüne uygun olarak kapatıldı. Taraf ekstremiteye kısa/uzun bacak atel tespiti uygulanarak operasyona son verildi (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. (A) Medial malleol üzerinde cilt insizyonunun işaretlenmesi, (B) Cilt insizyonu ve distal tibiaya ulaşılması, (C) Kılavuz elçek yardımıyla plağın distal insizyondan proksimale submüsküler gönderilmesi, (D) Plak fiksasyonunun proksimaldeki stab insizyonlardan gönderilen vidalarla tamamlanması, (E) İntraoperatif skopi kontrolü, (F) Açılan katların usûlüne uygun kapatılması.

#### 4. BULGULAR

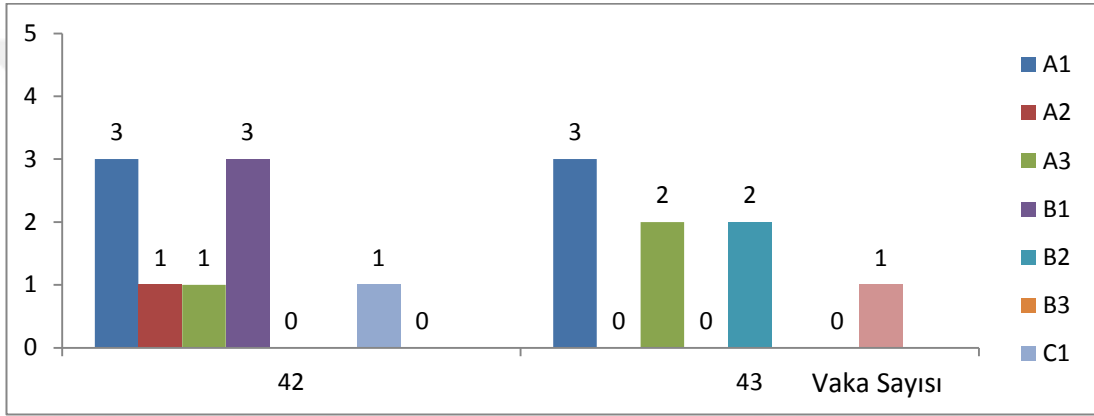
Hastalarımızın ortalama yaşı 42,9 (dağılım aralığı 22-90) olup, hastalarımızın 11'i erkek (%64,7), 6'sı (%35,3) kadındı. Travmaya neden olan etyolojik faktörler incelendiğinde 13 hastada (%76,4) düşme, 2 (%11,7) hastada sportif yaralanma, 1 hastada (%5,8) trafik kazası ve 1 (%5,8) hastada ezilme yaralanma sonrası tibia shaft veya distal 1/3 bölge kırığı oluşmuş olduğu saptandı (Şekil 4.1). Etyolojik faktörler açısından en sık neden çeşitli nedenlerle oluşmuş düşmeydi. Düşme nedenleri 5 hastada basit düşme, 5 hastada merdivenlerden düşme, 2 hastada banyoda düşme ve 1 hastada ranzadan düşme şeklindeydi.



Şekil 4.1. Travmaya neden olan etyolojik faktörler.

Hastalarımızın 12'sinde sağ (%70,5), 5'inde ise sol (%29,5) taraf ekstremitesinde kırık izlendi. Kırıklar anatomik lokalizasyonlarına göre incelendiğinde 12 hastada tibia distalinde, 5 hastada ise tibia shaftında kırık olduğu izlendi. Kırıklar AO sınıflamasına göre sınıflandırıldığında hastaların

9'unda (%52,9) 42 kod numaralı ve 8'inde (%47,1) 43 kod numaralı kırık olduğu tespit edildi. Çalışmamızdaki toplam 17 hastada AO tiplerine göre 3 adet 42-A1 (%17,6), 1 adet 42-A2 (%5,8), 1 adet 42-A3 (%5,8), 3 adet 42-B1 (%17,6) ve 1 adet 42-C1 kırık (%5,8) ile 3 adet 43-A1 (%17,6), 2 adet 43-A3 (%11,7), 2 adet 43-B2 (%11,7) ve 1 adet 43-C2 (%5,8) kırık olduğu tespit edildi (Şekil 4.2). En sık görülen kırık tipler 42-A1, 42-B1 ve 43-A1 olarak saptandı.



Şekil 4.2. AO/OTA Sınıflamasına göre kırık lokalizasyon ve tipleri.

Tüm kırıklar kapalı kırıktı. 13 hastanın (%76,4) farklı seviyelerde eşlik eden fibula kırığı varken, 4 hastada (%23,6) fibula intakttı. 13 fibula kırığından 6'sı proksimal (%46,1), 6'sı distal (%46,1) ve 1'i hem proksimal hem de distal (%7,6) yerleşimli olup, bu hastalardan 5'ine (%38,4) fibula fiksasyonu uygulanırken 8'ine (%61,5) tespit uygulanmadı. Toplam 17 hastadan 4'ünde (%23,6) kırık eklem içine uzanırken, diğer 13'ünde (%76,4) eklem ile ilişkisi yoktu.

Hastalarımızda yaralanma sonrası cerrahiye kadar geçen ortalama süre 10 gündü (dağılım aralığı 3-26 gün). Özellikle 10 günden geç ameliyata alınan hastalarda bu gecikmenin genel tıbbi durum bozukluğu, ciddi yumuşak

doku kontüzyonu sonrası iyileşmenin beklenmesi, ileri görüntüleme ihtiyacı ve hastaneye geç müracaat gibi nedenlere bağlı olduğu değerlendirildi. Hastalarımızın ortalama hastanede kalış süresi 15,7 gündü (dağılım aralığı 9-30).

Çalışmamızda ortalama takip süresi 29,5 aydı (dağılım 5-47 ay). Hiçbir hastamıza kaynama gecikmesi ya da kaynamama nedeni ek cerrahi girişim yapılmadı. Çalışmamızda ortalama kaynama süresi 4,7 aydı. (dağılım aralığı 2,5-10 ay). Kaynama gecikmesi görülen 2 hastamızın (%11,7) bir yıllık takip süreleri sonunda tam kaynama olduğu tespit edilerek sekonder cerrahi girişim yapılmadı. Çalışmamızdaki 17 hastadan 1 tanesinde (%5,8) kötü kaynama tespit edildi. 2 hastada (%11,7) kaynama sonrası 0,6-1 cm kısalık gelişirken, geri kalan 15 hastada (%89,3) kısalık 0,6 cm'nin altındaydı.

Çalışmamıza dahil edilen 17 hastanın 10'u (%58,8) ayak bileği medialinde rahatsızlık hissi nedeniyle uzun bot ve çizme tarzı ayakkabı giyemediğini ifade etti. 2 hastamızda (%11,7) yara yeri erozyonu ve yüzeysel enfeksiyon gelişti. Bu iki hastamız oral antibiyoterapi ve lokal anestezi altında yara yeri revizyonu ile tedavi edildi. Şikayetlerinin nüks etmesi üzerine bu iki hastamıza implant çıkartma ameliyatı yapıldı. 17 hastamızdan 3'üne (%17,6) (1'i ciddi cilt irritasyonu, 2'si yara yerinde açılma ve yüzeysel enfeksiyon nedeniyle) implant çıkartma ameliyatı yapıldı. Cerrahi sonrası 5. ayda tekrar düşme sonrası redüksiyon kaybı ve refraktür gelişen bir hastamızda ek cerrahi girişim düşünülmedi. Uzun bacak sirküler alçı ve fonksiyonel breys ile tedavi edilen hastada ilk cerrahi sonrası 10. ayda tam kaynama sağlandı. Hastalarımızın hiç birinde implant yetmezliği görülmedi.

Hastalarımızın ortalama tam yük verme süresi 5,2 aydı (dağılım aralığı 1-12 ay). Hastalarımızın fonksiyonel sonuçları AOFAS ayak bileği-arka ayak skorlama ölçeğine göre değerlendirildi (95). Ortalama AOFAS skoru 84,7'ydi (dağılım aralığı 63-100).

Hastalarımızın ameliyat öncesi verileri Tablo 4.1'de, ameliyat sonrası verileri ise Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Hasta Tablosu - 1

No	Cinsiyet	Yaş	Taraf	Fibula kırığı	Operasyona kadar geçen süre (gün)	Travma mekanizması	AO/OTA sınıflaması
1	E	27	SAĞ	VAR	3	SPOR, DARBE	43-A1
2	K	62	SOL	VAR	5	MERDİVENDEN DÜŞME	42-B1
3	K	36	SAĞ	VAR	10	BASİT DÜŞME	43-B2
4	E	46	SAĞ	VAR	14	SPORDA DÜŞME	42-A2
5	E	25	SOL	YOK	8	BANYODA DÜŞME	42-A1
6	K	58	SAĞ	VAR	17	BASİT DÜŞME	43-C2
7	E	25	SAĞ	YOK	10	ADTK	42-A3
8	E	27	SAĞ	VAR	11	BASİT DÜŞME	42-B1
9	K	90	SAĞ	VAR	12	BASİT DÜŞME	43-A1
10	E	23	SAĞ	VAR	7	RANZADAN DÜŞME	43-A3
11	K	35	SOL	VAR	8	MERDİVENDEN DÜŞME	43-A1
12	E	39	SOL	VAR	7	CRUSH YARALANMA	42-A1
13	E	66	SAĞ	YOK	10	MERDİVENDEN DÜŞME	42-A1
14	E	29	SAĞ	VAR	13	MERDİVENDEN DÜŞME	42-C1
15	E	22	SAĞ	YOK	4	MERDİVENDEN DÜŞME	42-B1
16	K	67	SOL	VAR	6	BASİT DÜŞME	43-B2
17	E	53	SAĞ	VAR	26	BANYODA DÜŞME	43-A3

Tablo 4.2. Hasta Tablosu - 2

No	Hastanede kalış süresi (gün)	Takip süresi (ay)	Fibula fiksasyonu	Komplikasyon	AOFAS skoru	Kaynama zamanı (ay)	Tam yük verme zamanı (ay)	Açısal deformite (derece)	Kısalık (cm)	Plak irritasyonu
1	14	47	YOK	CİLT EROZ. VE TMÇ	82	4,0	3	1 (VARUS) 5 (POSTERİOR)	0,3	VAR (TMÇ)
2	19	46	VAR	YOK	100	4,0	6	3 (VARUS)	0	YOK
3	13	46	VAR	CİLT EROZ. VE TMÇ	98	4,0	4	4 (POSTERİOR)	0	VAR (TMÇ)
4	19	45	YOK	YOK	85	6,0	9	0	0,5	YOK
5	12	44	YOK	YOK	90	5,0	4	3 (ANTERİOR)	0	YOK
6	15	43	VAR	YOK	81	6,0	8	0	0,5	VAR
7	25	41	YOK	PLAK İRRİT.	100	6,0	8	4 (POSTERİOR)	0,3	VAR
8	12	36	YOK	YOK	90	5,0	3	2 (ANTERİOR)	0,3	YOK
9	30	28	YOK	YOK	66	7,0	5	2 (VARUS) 4 (POSTERİOR)	0,5	VAR
10	11	26	YOK	CİLT İRRİT VE TMÇ	88	3,0	1	3 (POSTERİOR)	0,5	VAR (TMÇ)
11	11	25	VAR	REDÜKS. KAYBI	64	10,0	12	4 (ANTERİOR)	0,5	VAR
12	12	25	YOK	YOK	74	4,0	4	0	0	VAR
13	17	23	YOK	YOK	63	3,0	3	0	0	VAR
14	13	9	YOK	YOK	99	4,0	6	2 (VARUS) 6 (ANTERİOR)	0	YOK
15	9	8	YOK	YOK	86	3,0	6	0	0,8	VAR
16	16	6	VAR	YOK	82	3,0	4	0	0	YOK
17	20	5	YOK	YOK	92	2,5	4	4 (POSTERİOR)	1	YOK

## 5. TARTIŞMA

Tibia şaft ve distal 1/3 bölge kırıklarının tedavisinde nonoperatif ve operatif pek çok farklı yöntem tarif edilmiş, her bir yöntem için değişen oranlarda başarılı sonuçlar ve çeşitli komplikasyonlar raporlanmıştır (6, 9, 14, 36). Biz çalışmamızda tibia şaft ve distal 1/3 bölge kırıklarının cerrahi tedavisindeki seçeneklerden biri olan minimal invaziv plak osteosentezinin klinik ve radyolojik sonuçlarını retrospektif olarak değerlendirdik.

Tibia şaft kırıkları için sirküler alçı ve fonksiyonel breys, İMN, E.F uygulamaları, açık ya da MİPO; distal tibia kırıkları için sirküler alçı, ARİF (açık redüksiyon ve internal fiksasyon), İMN, E.F ve MİPO gibi cerrahi ve cerrahi dışı yöntemlerle tedavi tariflenmiştir (6, 9, 36, 53, 64). Literatür incelendiğinde, tüm bu tedavilere sekonder gelişen kaynama gecikmesi ve kaynamama, yüzeysel ve derin enfeksiyon, yara iyileşme komplikasyonları, kötü kaynama ve dizilim bozuklukları, sekonder cerrahi girişim ve greftleme ihtiyacı gibi komplikasyonlar farklı oranlarda raporlanmıştır (6, 7, 14, 41, 43). Her ne kadar tibia şaft kırıklarının cerrahi tedavisinde İMN standart tedavi olarak benimsenmişse de distal tibia kırıklarının cerrahi tedavisinde optimal seçenek halen tartışmalıdır (2, 6-14, 35, 53, 64). Ayrıca tibia şaft kırıklarında kanal içi tedavilerin uygulanmadığı durumlarda (dar veya deforme intramedüller kanal, bazı segmental kırıklar, kanal içi implant varlığı ve fizisin açık olması gibi) kesin tedavi için hangi alternatifin seçileceği konusu netlik kazanmamıştır (35, 41).

Tibia şaft kırıklarının tedavisinde kullanılan konservatif ve cerrahi yöntemler için farklı sonuçlar ve komplikasyonlar raporlanmıştır. Sarmiento, tibia şaft kırıklarının tedavisinde fonksiyonel alçılama sonuçlarını yayınladığı ilk vaka serisinde, ortalama kaynama süresinin 14.5 hafta olduğunu ve hiçbir hastada 8 dereceden fazla açısal deformite gelişmediğini raporlamıştır (35). Sonraki genişletilmiş vaka serisinde ise ortalama kaynama süresini 18 hafta, kaynamama oranını %1, 1 cm'den fazla kısalık gelişme oranını %10 ve 8 dereceden fazla varus deformitesi gelişme oranını ise %5 olarak bildirmiştir

(35, 97). Tibia kırıklarında İMN cerrahisi sonrası geç kaynama kapalı kırıklarda %0-11, açık kırıklarda %9-47 oranında, kaynamama ise kapalı kırıklarda %0-8, açık kırıklarda ise %3-17 oranında raporlanmıştır (12). Yin ve ark. (3) 2012 yılında yaptıkları çalışmada, MİPO cerrahisi uygulanan hastalarda ortalama kaynama süresini 12 hafta, yüzeysel enfeksiyon gelişimini %13 olarak bildirmiştir.

Distal tibia kırıklarında konservatif tedavinin günümüzdeki kullanımı son derece sınırlıdır. Cerrahiye tolere edemeyecek veya çok iyi seçilmiş, uyumlu hastalarda; yakın klinik ve radyolojik takip altında uygulanabilir. Komplikasyonlar açısından değerlendirildiğinde %30'ların üzerinde kısalık ve rotasyonel deformite, %40'lara varan eklem sertliği ile ilişkili olabilir (64). 2006 yılında yapılan sistematik literatür taramasında, distal tibia kırıklarının nonoperatif tedavi sonrası %1,3 oranında kaynamama, %15 oranında yanlış kaynama ve %4,3 oranında sekonder cerrahi gerekliliği ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (7).

Distal tibia kırıklarının cerrahi tedavisi sonrası kaynamama E.F ile %2-17,6, açık redüksiyon ve plak fiksasyon ile %8,3-35 oranında raporlanmıştır (79). Zelle ve ark. (7) yaptığı sistematik literatür taramasında tibia distal kırıklarının İMN cerrahisi sonrası %5,5 oranında, plak fiksasyonu sonrasında ise %5,2 oranında kaynamama ile sonuçlandığı bildirilmiştir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde distal tibia kırıklarının MİPO cerrahisi sonrasında ortalama kaynama süresi 17,6 hafta ile 5,5 ay arasında, gecikmiş kaynama ve kaynamama ise %0 ile %31,5 arası oranda raporlanmıştır (4, 51, 58, 64, 77, 98-100).

Tibia distal shaft kırıklarının tedavisinde İMN ve plaklamanın karşılaştırıldığı bir çalışmada geç kaynama, kötü kaynama ve ek cerrahi işlemlerin İMN yapılan hastalarda daha sık olduğu raporlanmıştır (13). Li ve ark. (11) 2014 yılında yaptıkları bir çalışmada, tibia distal kırıklarının tedavisinde MİPO, İMN ve E.F ile tedavi sonuçları karşılaştırılmış ve her üç yöntem arasında hastanede kalış, radyolojik kaynama zamanı ve kaynama sıklığı açısından fark saptanmamıştır. Li ve ark. (12) bir diğer çalışmada

ise distal tibia kırıklarının İMN ve MİPO cerrahi sonuçları karşılaştırıldığında, hastanede kalış, tam yük verme ve kaynama süreleri açısından çok yönlü kilitli çivilerin daha üstün bir cerrahi seçenek olduğu bildirilmiştir. Cheng ve ark. (77) tibia distal kırıklarının tedavisinde MİPO ile açık redüksiyon internal plak fiksasyonu sonuçlarını karşılaştırdıkları çalışmada, MİPO'nun açık yöntem üzerine üstünlüğünün olmadığını ve distal tibia kırıklarında altın standardın ARİF olduğunu savunmuştur. Zou ve ark. (87) 2013 yılında yaptıkları bir çalışmada, tibia distal kırıklarının MİPO ve açık redüksiyon-plak fiksasyon ile tedavi sonuçlarını karşılaştırmışlardır. AO tip A1, A2 ve B kırıklarda her iki yöntemin kaynama süreleri açısından benzer olduğunu, AO tip A3 kırıklarda kapalı yöntemler kullanıldığında fragmanlar arasına giren periost nedeniyle kaynama gecikmesi görülebileceği ve açık yöntemlerin daha üstün olduğunu, AO tip C kırıklarda ise yüksek enerjili yaralanma nedeniyle bozulmuş olan periostal bütünlüğün açık cerrahiye sekonder daha çok hasarlanacağını ve MİPO'nun daha üstün bir yöntem olduğunu raporlamışlardır. Distal tibia kırıklarının MİPO cerrahisi sonrası ortalama kaynama süresi Paluvadi ve ark. (4) çalışmasında 21,4 hafta, Lau ve ark. (51) çalışmasında 18,7 hafta, Bahari ve ark. (101) çalışmasında 22,4 hafta ve Redfern ve ark. (64) çalışmasında 23 hafta olarak raporlanmıştır.

Bizim çalışmamızda ortalama kaynama süresi 4,7 aydı. Kaynama gecikmesi görülen 2 hastamızda da ipsilateral ekstremitede eşlik eden nörolojik problemler mevcuttu. Kaynama gecikmesinin hastaların mobilizasyonlarının kısıtlı, yük verme ve rehabilitasyon süreçlerine uyumunun zayıf olması ile ilişkili olduğu değerlendirildi. Elastik kırık fiksasyonu sonrası aksiyel yük uygulanması ile sağlanan mikrohareketin kallus oluşumu ve kırık iyileşmesini hızlandırdığı bilinmektedir (8, 74, 79). Kilitli plak-vida sistemlerinin uygulanması, erken eklem hareketine izin verir ve yüksek kalite fonksiyonel iyileşme ile sonuçlanır (8). Kilitli plaklar, distal tibia kırıklarının tedavisinde kullanılabilir uygun fiksasyon cihazlarıdır (79). Ayrıca bu iki hastadan 1'inde cerrahi sonrası 5. ayda tekrar düşmeye bağlı redüksiyon kaybı gelişti. Uzun bacak sirküler alçı ve sonrasında fonksiyonel breys ile tedavi sonrası 10. ayda tam kaynama sağlandı.

Tibia kırıkları sonrası dizilim bozukluğu ve kötü kaynama oranları kırık bölgesine ve uygulanan yönteme göre farklı oranlarda raporlanmıştır (13, 102). Proksimal ve distal tibia metafizinin anatomik yapısı, bu bölge kırıklarında İMN ile dizilim kontrolünü güçleştirmektedir (8, 12, 13). Distal tibia kırıklarında İMN sonrası %0-35 oranında dizilim bozukluğu raporlanmıştır (10, 79, 102). Iqbal ve ark. (46) tibia distal kırıklarında İMN cerrahisi sonrası %25,9 ve plak osteosentez sonrası %5,3 oranında kötü kaynama görüldüğünü bildirmiştir. Li ve ark. (12) 2012 yılında yaptıkları distal tibia kırıklarının tedavisinde İMN ve plaklama sonuçlarının karşılaştırıldığı çalışmada kötü kaynama oranları açısından iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptamadıklarını raporlamışlardır. Yazarlar yeni jenerasyon çok yönlü kilitli çiviler sayesinde, tibia distal ve proksimal ucundaki kırıkların yeterli aksiyel ve lateral stabilite ile stabilize edilebileceğini savunmuşlardır. Eksternal fiksator uygulamaları sonrası kötü kaynama sık karşılaşılan problemlerden biri olup, distal tibia kırıklarında %45'lere varan oranlarda bildirilmiştir (64). Distal tibia kırıklarının MİPO cerrahisi sonrası kötü kaynama oranları literatürde %0-36,8 arasında raporlanmıştır (4, 60, 65, 79, 103). Distal tibia kırıklarının MİPO cerrahisi sonrası Collinge ve ark. (102) 38 vakadan 1'inde, Redfern ve ark. (64) 20 vakadan 1'inde, Gupta ve ark. (60) 80 vakadan 2'sinde, Helfet ve ark. (104) ise 20 vakadan 4'ünde kötü kaynama raporlamıştır.

Biz çalışmamıza dahil ettiğimiz 17 hastadan 1 tanesinde (%5,8) kabul edilebilir redüksiyon kriterlerinden fazla dizilim bozukluğu olduğunu tespit ettik. Hastalarımızın bilateral ekstremitelere karşılaştırılmalı uzunluk farklı ölçümünde 2 hastada 0,6-1 cm, 15 hastada ise 0,6 cm'in altında kısalık mevcuttu. Minimal invaziv plak osteosentezinde kırık iyileşmesini olumsuz etkilememek için kırık hattı açılmaz ve dolayısıyla fragmanlar direk görülmez. Bu nedenle indirek kırık redüksiyonu, plak yerleşimi ve kırık redüksiyonunun stabilizasyonu aşamalarında floroskopi ile radyolojik kontrol ve kontralateral ekstremitelere karşılaştırılmalı dikkatli inspeksiyonu, dizilim bozukluklarının önlenmesi açısından çok önemlidir (74, 102).

Tibia kırıklarında cerrahi tedavi sonrası enfeksiyon oranları şaft kırıklarında %6,7-35, distal tibia kırıklarında ise %0-50 arasında raporlanmıştır (2, 11, 105-107). Chern ve ark. (108) 2015 yılında yaptıkları bir çalışmada, tibia ve femur şaft kırığı nedeni İMN yapılmış ve 30, 60 ve 90. günlerde hastaneye tekrar başvuran hastalarda kırık tipi, tekrar başvuru nedeni ve demografik özelliklerin ilişkisini tespit etmek amaçlanmıştır. Yazarlar cerrahi sonrası 60. günde başvuru oranlarının açık tibia kırıklarında kapalı olanlara göre daha yüksek olduğunu, başvuru nedeninin açık kırıklarda %91,7 ve kapalı kırıklarda %50 oranında enfeksiyon olduğunu raporlamıştır. Distal tibia kırıklarının tedavisinde plak tespit ve İMN cerrahisini sonuçlarının karşılaştırıldığı 2013 yılında yapılan bir sistematik literatür çalışmasında, enfeksiyon oranları plak grubunda %11,2 ve İMN grubunda %5 olarak bildirilmiştir (46). 2006 yılında yapılan bir diğer çalışmada, distal tibia kırıklarının cerrahi teravisi sonrası enfeksiyon oranları İMN ile %4,3 ve plak fiksasyonu ile %2,6 olarak raporlanmıştır (7). Distal tibia kırıkları sonrası üç farklı yöntemin karşılaştırmalı sonuçlarının değerlendirildiği bir çalışmada, MİPO cerrahisi yapılan 42 hastanın 7'sinde yumuşak doku, 1'inde derin enfeksiyon, İMN cerrahisi yapılan 40 hastanın 1'inde yumuşak doku, 2'sinde derin enfeksiyon ve E.F uygulanan 39 hastanın 2'sinde yumuşak doku ve 6'sında pin dibi enfeksiyonu geliştiği raporlanmıştır (11). Distal tibia kırıklarının MİPO cerrahisi sonrası enfeksiyon oranları literatürde %0-42,3 arasında raporlanmıştır (4, 79, 103). Lau ve ark. (51) 48 vakalık serilerinde, distal tibia kırığına bağlı MİPO cerrahisi uygulanan hastalarda %2 oranında akut ve %15 oranında geç enfeksiyon görüldüğünü bildirmiştir. Paluvadi ve ark. (4) distal tibia kırığı nedeniyle MİPO cerrahisi yapılmış 50 hastanın sonuçlarını yayınladıkları prospektif çalışmada, yüzeysel enfeksiyon oranlarını %5, derin enfeksiyon oranlarını ise %2 oranında raporlamıştır.

Tibia kırıklarında MİPO cerrahisi sonrası enfeksiyon oranları, açık plak osteosentez cerrahisine göre daha düşüktür (2, 10, 40). MİPO cerrahisinde kullanılan sınırlı cerrahi insizyonlar ve minimal ek yumuşak doku hasarlanmasına neden olan cerrahi teknik sayesinde kemik fragmanlarının ve yumuşak doku kılıfının kanlanması korunur. Geniş diseksiyonlar

kullanılmadığı için kırık hattı dış ortamlarla temas etmez. Bu nedenlerle MİPO cerrahisi sonrası enfeksiyon sıklığının açık cerrahiye oranla daha düşük olduğu değerlendirilmektedir. Ancak deneyimsiz cerrahlar tarafından submüsküler ilerletme esnasında plağın tekrarlayan denemelerle sokulup çıkartılması, yarattığı potansiyel ölü boşluk nedeniyle enfeksiyon ve geç kaynama gibi komplikasyonlara neden olabilir (77).

MİPO cerrahisi sonrası yara iyileşme problemleri ya da plak irritasyonuna bağlı rahatsızlık ve geç yara komplikasyonları görülebilir (11, 60, 65). İlk travma esnasında yumuşak doku kontüzyonu ve ödem, yumuşak doku beslenmesini olumsuz etkiler. Operasyona sekonder iatrojenik travma, perfüzyon kapasitesi ve iyileşme potansiyeli zayıflamış yumuşak doku üzerine ek yaralanmaya neden olabilir. Bu durum özellikle ayak bileği ve distal tibia kırıklarında yumuşak doku iyileşmesi beklenmeden yapılan cerrahilerde yara yeri komplikasyonlarına neden olabilir. Atel veya geçici eksternal fiksator uygulandıktan sonra ekstremitelere elevasyona alınmalı, kırıklık işareti oluşana ve yumuşak doku kontüzyonu gerileyene kadar beklenmelidir. Yara yeri komplikasyonlarının MİPO uygulanan hastalarda bile %15'lere varan oranlarda raporlanması nedeniyle kesin cerrahi tedavinin ertelenmesi daha güvenlidir (51, 77).

Bizim çalışmamızda 17 hastadan 2'sinde (%11,7) cerrahi sonrası geç dönemde cilt erozyonu ve yüzeysel enfeksiyon gelişirken, hiçbir hastamızda derin enfeksiyon ve osteomyelit gelişmedi. Yüzeysel enfeksiyon gelişen hastalarımız oral antibiyoterapi ve yara yeri revizyonu ile tedavi edildi. Şikayetlerinin gerilememesi üzerine implant çıkarılması uygulanan hastalarımızda ek komplikasyon gelişmedi.

Literatürde medial malleol üzerinde implant irritasyonu %55'lere varan oranlarda, herhangi bir nedenle implant çıkartılması ise %5-92,7 oranında raporlanmıştır (4, 60, 83, 98, 99, 102). Redfern ve ark. (64) distal tibia kırığı nedeniyle MİPO uygulanan 20 hastanın 3'ünde plak irritasyonuna bağlı, Collinge ve ark. (10) 26 hastanın 2'sinde irritasyona bağlı, 2 hastada da enfeksiyona sekonder, Paluvadi ve ark. (4) ise 50 hastanın 9'unda (8 implant

irritasyonu, 1 implant yetmezliği sonrası revizyon nedeni) implant çıkarma ameliyatı yaptıklarını raporlamışlardır. Li ve ark. (11) tibia distal kırığı nedeniyle MİPO cerrahisi uygulanan 42 hastanın 27'sinde (%59,5) yumuşak doku irritasyonu olduğunu ve 22 hastada (%52,4) bu nedenle implant çıkarma ameliyatı yaptıklarını raporlamıştır. Lau ve ark. (51) distal tibia kırığı sonrası MİPO uygulanan hastaların %52'sinde implant çıkarma cerrahisi yaptıklarını, buna en sık neden olan patolojinin ise cilt rahatsızlığı olduğunu raporlamıştır.

Çalışmamıza dahil edilen hastaların 10 tanesinde medial malleol üzerinde uzun bot ve çizme tarzı ayakkabı giyerken rahatsızlık yakınması mevcuttu. 17 hastamızdan 3 tanesine (ikisi cilt erozyonu ve yüzeysel enfeksiyon, biri ciddi plak irritasyonu nedeniyle), implant çıkarma cerrahisi uygulandı.

Tibia şaft kırıklarına %60-80 oranında fibula kırığı eşlik etmektedir (52). Ronga ve ark. (79) alışmasına dahil ettikleri 21 tibia distal kırıklı hastanın 17'sinde, Paluvadi ve ark. (4) alışmasında 50 hastanın 35'inde, Williams ve ark. (58) alışmasında 20 hastanın 12'sinde eşlik eden fibula kırığı mevcutmuş. Çalışmamıza dahil ettiğimiz hastaların 13'ünde (%76,4) eşlik eden farklı seviyelerde fibula kırığı mevcuttu. Bunlardan 5'ine fiksasyon uygulanırken 8'ine fiksasyon uygulanmadı. Fibula kırıklarının fiksasyonu ile ilgili olarak iki farklı görüş mevcuttur. Bunlardan ilki, fibula fiksasyonu ile uzunluk ve dizilimin restore edildiği, tibia kırığının redüksiyonunu kolaylaştırdığı ve ayak bileği stabilitesine yardımcı olduğudur (2, 6, 9, 10, 35, 36, 40, 41, 60). Diğer görüş ise, fibula fiksasyonu ile tibiadaki kırık hattı üzerinde gerilimin azaldığı, kırık iyileşmesinde gecikmeye ve kaynamamaya neden olabileceği yönündedir (13, 59). Biz, fibula distal 1/3 kırıklarının, daha stabil bir ayak bileği eklemi elde etmek için fikse edilmesi gerektiğini düşünürüz.

Hastalarımızın ortalama tam yük verme süresi 5,2 aydı (dağılım aralığı 1-12 ay). Redfern ve ark. (64) tibia distal kırıklarının MİPO cerrahisi sonrası ortalama tam yük verme süresini 12 hafta, Li ve ark. (12) 11,1 hafta, Hazarika

ve ark. (90) kapalı kırıklarda 18,1 hafta ve açık kırıklarda 19,3 hafta olarak bildirmiştir. Hastalarımızın fonksiyonel sonuçları AOFAS ayak bileği-arka ayak skorlama ölçeğine göre değerlendirildi. Ortalama AOFAS skoru 84,7'di (dağılım aralığı 63-100). Literatürdeki diğer çalışmalar ile kıyaslandığında benzer skorlar elde edilmiştir (10, 99, 101, 102). AOFAS skorları 70'in altında olan 3 hastamızdan 2'sinde ipsilateral siyatik palsi (AOFAS skoru 64) ve 1'inde bilateral alt ekstremitte pleji öyküsü (AOFAS skoru 63) mevcuttu. Bu 3 hastamız hariç tutulduğunda ortalama AOFAS skoru 89 olarak bulundu.



## 6. SONUÇ

Tibia şaft ve distal 1/3 bölge kırıklarının cerrahi tedavisinde seçilebilecek cerrahi ve cerrahi dışı yöntemler mevcuttur. Günümüz kırık tedavi prensipleri açısından düşünüldüğünde tam kırık iyileşmesi, erken mobilizasyon ve eklem hareketlerinin geri kazanımı, iyi fonksiyonel sonuç ve erken işe dönme imkanı sağlaması nedeniyle cerrahi tedaviler daha çok tercih edilmektedir.

Tibianın yumuşak doku örtümünün zayıf ve kanlanmasının görece olara az olması cerrahiye sekonder kemik ve yumuşak doku komplikasyonlarına hassas yapısı, özellikle distal tibia kırıklarında belirgin olmak üzere, cerrahi tedaviyi güçleştirmektedir. Bu bölgenin cerrahi tedavisinde uygulanabilecek implant çeşitliliğine rağmen, en uygun yöntem üzerinde kesin fikir birliği yoktur.

Çalışmamızda tibia şaft ve distal 1/3 bölge kırıklarının cerrahi tedavisindeki alternatiflerden biri olan minimal invaziv plak osteosentezin klinik ve radyolojik sonuçlarını retrospektif olarak değerlendirdik ve aşağıdaki sonuçları elde ettik.

1. Toplam 17 hastada 3 adet AO tip 42-A1 (%17,6), 1 adet AO tip 42-A2 (%5,8), 1 adet AO tip 42-A3 (%5,8), 3 adet AO tip 42-B1 (%17,6) ve 1 adet AO tip 42-C1 kırık (%5,8) ile 3 adet AO tip 43-A1 (%17,6), 2 adet AO tip 43-A3 (%11,7), 2 adet AO tip 43-B2 (%11,7) ve 1 adet AO tip 43-C2 (%5,8) kırık olduğu tespit edildi.
2. Çalışmamızda ortalama kaynama süresi 4,7 aydı.
3. Kaynama gecikmesi görülen 2 hastamızın (%11,7) bir yıllık takip süreleri sonunda tam kaynama olduğu tespit edilerek sekonder cerrahi girişim yapılmadı.
4. Çalışmamızdaki 17 hastadan 1 tanesinde (%5,8) kötü kaynama tespit edildi. 2 hastada (%11,7) kaynama sonrası 0,6-1 cm kısalık gelişirken, geri kalan 15 hastada (%89,3) kısalık 0,6 cm'nin altındaydı.

5. Hiçbir hastamıza kaynama gecikmesi, kaynamama veya kötü kaynama nedenli ek cerrahi girişim yapılmadı.
6. Çalışmamıza dahil edilen 17 hastanın 10'u (%58,8) ayak bileği medialinde rahatsızlık hissi nedeniyle uzun bot ve çizme tarzı ayakkabı giyemediğini ifade etti.
7. 17 hastamızdan 3'üne (%17,6) (1'i ciddi cilt irritasyonu, 2'si yara yerinde açılma ve yüzeysel enfeksiyon nedeniyle) implant çıkarma ameliyatı yapıldı.
8. Hastalarımızın hiç birinde implant yetmezliği görülmedi. Cerrahi sonrası 5. ayda tekrar düşme sonrası redüksiyon kaybı ve refraktür gelişen bir hastamızda ek cerrahi girişim düşünülmedi. Uzun bacak sirküler alçı ve fonksiyonel breys ile tedavi edilen hastada ilk cerrahi sonrası 10. ayda tam kaynama sağlandı.
9. Hastalarımızın ortalama tam yük verme süresi 5,2 aydı.
10. Hastalarımızın ortalama AOFAS skoru 84,7'di.

Sonuç olarak tibia shaft ve distal 1/3 bölge kırıklarının cerrahi tedavisinde MİPO, yüksek kaynama, düşük enfeksiyon ve kötü kaynama oranları ve iyi fonksiyonel sonuçları ile etkili ve güvenli bir yöntemdir.

## 7. VAKA ÖRNEKLERİ

### Vaka-1 (10. Hasta, Ö.T):

23 yaşında erkek hasta, ranzadan düşme sonrası sağ bacağına ağrı, şişlik, şekil bozukluğu ve ekstremitte üzerine basamama yakınmaları ile hastanemiz acil servisine getirildi. Yapılan muayene ve çekilen grafileri neticesinde sağ tibia distal shaftında spiral-oblik kırık ile fibula proksimal shaft kırığı tespit edildi. Kırık kapalı kırık olup, eklem içine uzanımı yoktu. Nörovasküler muayene tabii olarak değerlendirildi. Kırık, AO sınıflamasına göre 43-A3 olarak sınıflandırıldı. Yumuşak doku kontüzyonunun iyileşmesi beklenen hastaya yaralanma sonrası 7. günde MİPO cerrahisi uygulandı. Erken postoperatif komplikasyon görülmeyen hastada, postoperatif 1. ayda tam yük verme ve 3. ayda 3° posterior açılma ve 0,5 cm kısalık ile tam kaynama sağlandı. Postoperatif 1. yılda cilt irritasyonuna bağlı implant çıkarma ameliyatı uygulandı. Ameliyat sonrası 26. ay AOFAS ayak bileği-arka ayak skoru 88'di (Şekil 7.1, 7.2 ve 7.3).



Şekil 7.1. Hastanın başvuru esnasında çekilen grafileri.



Şekil 7.2. Hastanın erken postoperatif (A) ve ameliyat sonrası 26. ayda son kontrol (B) grafileri.



Şekil 7.3. Hastanın fonksiyonel sonuçları.

#### **Vaka-2 (17. Hasta, Ş.E):**

53 yaşında erkek hasta, banyoda düşme sonrası sağ bacağına ağrı, şişlik ve ekstremitelerine basamama yakınmaları ile dış merkeze başvurmuş. Hastanın yapılan muayene ve tetkikleri neticesinde sağ kaval kemiğinde kırık olduğu söylenerek uzun bacak sirküler alçı tespiti

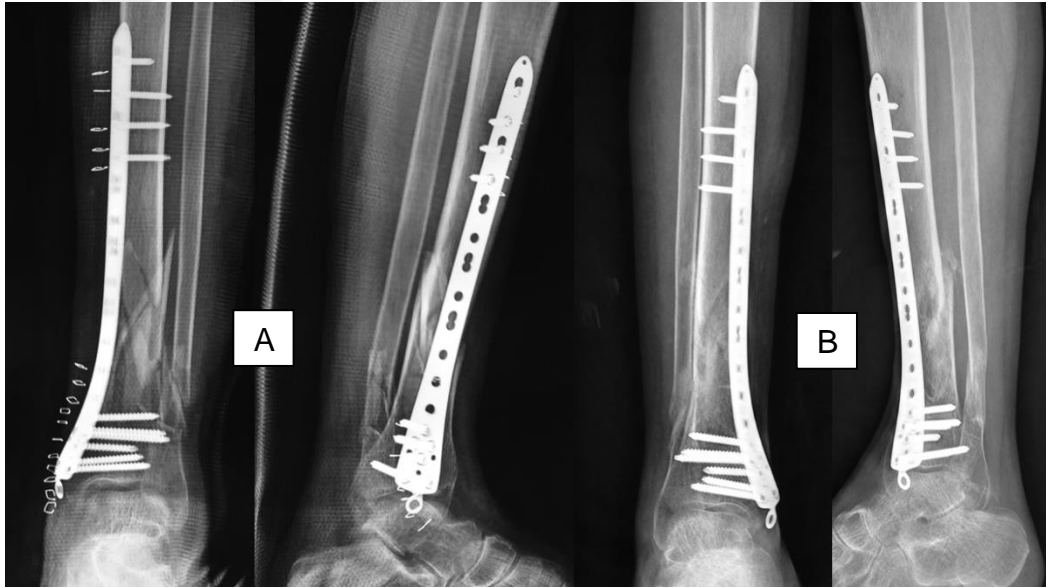
uygulanmış ve poliklinik kontrollerine çağrılmış. Yaralanmadan 10 gün sonra alçı yapılan ayağında şişlik ve morluk yakınması ile hastanemiz acil servisine müracaat eden hastanın yapılan muayene ve çekilen grafileri neticesinde sağ tibia ve fibula distalinde çok parçalı kırık ile fibula boyun kırığı olduğu tespit edildi (Şekil 7.4). Sağ kruriste belirgin yumuşak doku kontüzyonu mevcuttu (Şekil 7.5). Kırık kapalı kırık olup, eklem içine uzanımı yoktu. Nörovasküler muayene tabii olarak değerlendirildi. Kırık, AO sınıflamasına göre 43-A3 olarak sınıflandırıldı. Hastanın alçısı çıkartılarak uzun bacak atel ile elevasyona alındı. Yumuşak doku kontüzyonunun iyileşmesi beklenen hastaya yaralanma sonrası 26. günde MİPO cerrahisi uygulandı. Erken postoperatif komplikasyon görülmedi. Postoperatif 4. ayda tam yük verme ve 2,5. ayda 4° posterior açılanma ve 1 cm kısalık ile tam kaynama sağlandı (Şekil 7.6). Ameliyat sonrası 5. ay AOFAS ayak bileği-arka ayak skoru 92'ydi.



Şekil 7.4. Hastanın ilk başvurusunda çekilen grafiler.



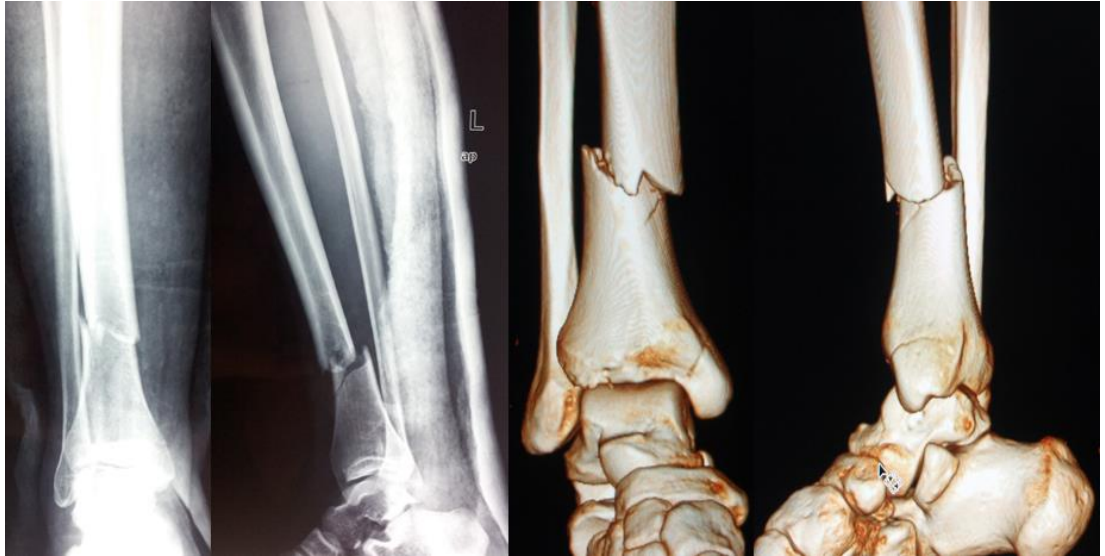
Şekil 7.5. Sirküler alçı çıkarıldıktan sonra kırığa eşlik eden yumuşak doku kontüzyonunun klinik görüntüsü.



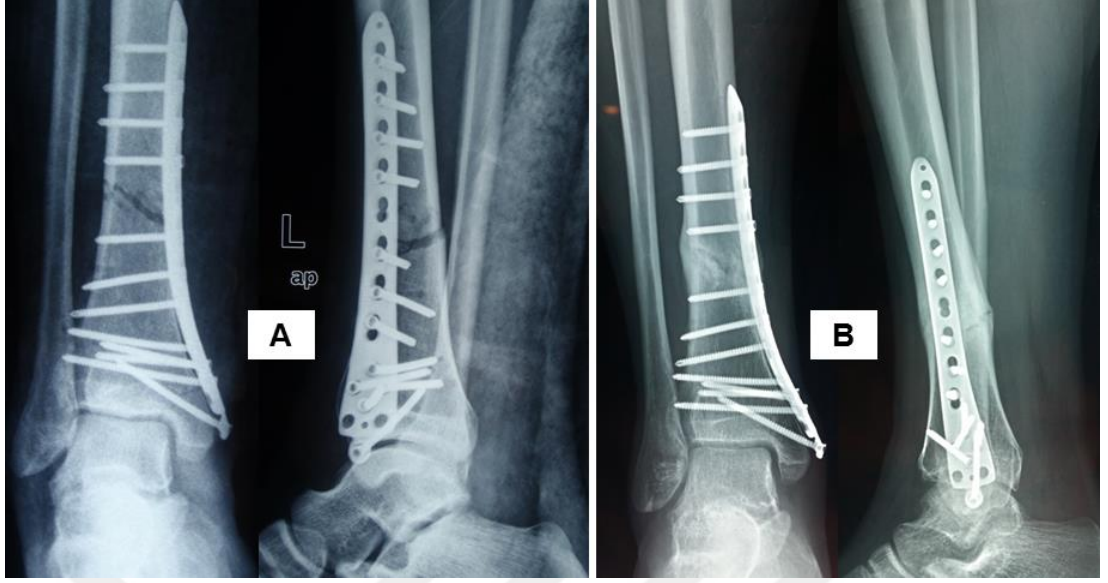
Şekil 7.6. Hastanın erken postoperatif (A) ve ameliyat sonrası 5. ayda çekilen (B) grafileri.

### Vaka-3 (7. Hasta, S.K):

21 yaşında erkek hasta, araç dışı trafik kazası sonrası sol bacağına ağrı, şişlik ve hareket kısıtlılığı yakınmaları ile hastanemiz acil servisine getirildi. Yapılan muayene ve radyolojik görüntülemeler neticesinde sol tibia distal shaftında transvers kırık tespit edildi. Kırık kapalı kırık olup, eklem içine uzanımı yoktu. Nörovasküler muayene tabii olarak değerlendirildi. Kırık, AO sınıflamasına göre 42-A3 olarak sınıflandırıldı. Yumuşak doku kontüzyonunun iyileşmesi beklenen hastaya yaralanma sonrası 10. günde MİPO cerrahisi uygulandı. Erken postoperatif komplikasyon görülmeyen hastada, postoperatif 6. ayda 4° posterior açılanma ve 0,3 cm kısalık ile tam kaynama ve 8. ayda tam yük verme sağlandı. Ameliyat sonrası 1. yılda AOFAS ayak bileği-arka ayak skoru 100'dü. Postoperatif 41. ayda plak irritasyonu şikayeti ile polikliniğimize müracaat eden hastaya ileri tarihte implant çıkarılması planlanmaktadır. (Şekil 7.7, 7.8 ve 7.9).



Şekil 7.7. Hastanın ilk müracaatında çekilen grafi ve üç boyutlu BT görüntüleri.



Şekil 7.8. Hastanın erken postoperatif (A) ve ameliyat sonrası 6. aydaki (B) kontrol grafileri.



Şekil 7.9. Hastanın postoperatif 41. ayda çekilen grafileri (A) ve fonksiyonel sonuçları (B).

## 8. KAYNAKLAR

1. Vallier HA, Cureton BA, Patterson BM. Factors influencing functional outcomes after distal tibia shaft fractures. *J Orthop Trauma*. 2012;26(3):178-83.
2. Pellegrini M, Cuchacovich N, Lagos L, Henríquez H, Carcuro G, Bastias C. Minimally-invasive alternatives in the treatment of distal articular tibial fractures. *Fuß & Sprunggelenk*. 2012;10(1):37-45.
3. Yin B, Chen W, Zhang Q, Wang J, Su Y, Xu G, et al. Tibial fracture treated by minimally invasive plating using a novel low-cost, high-technique system. *International orthopaedics*. 2012;36(8):1687-93.
4. Paluvadi SV, Lal H, Mittal D, Vidyarthi K. Management of fractures of the distal third tibia by minimally invasive plate osteosynthesis – A prospective series of 50 patients. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*. 2014;5(3):129-36.
5. Mladenović D. ANATOMIC AND PHYSIOLOGICAL FEATURES OF DISTAL LOWER LEG AND THEIR INFLUENCE ON THE PROCESS OF OSTEOGENESIS. *Acta Medica Medianae*. 2010;49:51-5.
6. Newman SD, Mauffrey CP, Krikler S. Distal metadiaphyseal tibial fractures. *Injury*. 2011;42(10):975-84.
7. Zelle BA, Bhandari M, Espiritu M, Koval KJ, Zlowodzki M, Evidence-Based Orthopaedic Trauma Working G. Treatment of distal tibia fractures without articular involvement: a systematic review of 1125 fractures. *J Orthop Trauma*. 2006;20(1):76-9.
8. Ehlinger M, Adam P, Bonnomet F. Minimally invasive locking screw plate fixation of non-articular proximal and distal tibia fractures. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR*. 2010;96(7):800-9.
9. Ronga M, Shanmugam C, Longo UG, Oliva F, Maffulli N. Minimally invasive osteosynthesis of distal tibial fractures using locking plates. *The Orthopedic clinics of North America*. 2009;40(4):499-504, ix.

10. Collinge C, Kuper M, Larson K, Protzman R. Minimally invasive plating of high-energy metaphyseal distal tibia fractures. *J Orthop Trauma*. 2007;21(6):355-61.
11. Li Y, Jiang X, Guo Q, Zhu L, Ye T, Chen A. Treatment of distal tibial shaft fractures by three different surgical methods: a randomized, prospective study. *International orthopaedics*. 2014;38(6):1261-7.
12. Li Y, Liu L, Tang X, Pei F, Wang G, Fang Y, et al. Comparison of low, multidirectional locked nailing and plating in the treatment of distal tibial metadiaphyseal fractures. *International orthopaedics*. 2012;36(7):1457-62.
13. Vallier HA, Le TT, Bedi A. Radiographic and clinical comparisons of distal tibia shaft fractures (4 to 11 cm proximal to the plafond): plating versus intramedullary nailing. *J Orthop Trauma*. 2008;22(5):307-11.
14. Calori GM, Tagliabue L, Mazza E, de Bellis U, Pierannunzii L, Marelli BM, et al. Tibial pilon fractures: which method of treatment? *Injury*. 2010;41(11):1183-90.
15. Zhang Y, Su Y, Hao J, Punsoni M. *Clinical Epidemiology of Orthopedic Trauma* 2012.
16. Ozan H. *Ozan anatomi: Nobel Tıp Kitabevleri*; 2004.
17. Moore KL, Dalley AF, Agur AMR. *Clinically oriented anatomy* 2014.
18. Netter FH, Tozun R, Ak GK, Arasil T. *The Netter Collection of medical illustrations: Güneş Tıp Kitabevleri*; 2009.
19. Gray H. *Anatomy of the Human Body Philadelphia: Lea & Febiger*, 1918; Bartleby.com, 2000. Available from: <http://www.bartleby.com/107/61.html>.
20. Tibia ve fibula şekil [13.04.2015]. Available from: <http://4.bp.blogspot.com/-brTkKMxUZrM/U9WLWVleU5I/AAAAAAAAAPU/dUuHPeld91c/s1600/tb.jpg>.
21. Babst R, Bavonratanavech S. *Minimally Invasive Plate Osteosynthesis (MIPO)*: Thieme; 2012.
22. Ali AA, Gregory JJ, Ockenden M, Hill SO, Makwana NK. Anatomic description of the distal tibia: implications for internal fixation. *The Journal of*

foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons. 2012;51(3):296-8.

23. Doyle JR, Ovid Technologies I. Hand and wrist Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006. Available from: [http://ezproxy.usherbrooke.ca/login?url=http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&CSC=Y&NEWS=N&PAGE=booktext&D=books3&AN=01382535/1st\\_Edition%2f2](http://ezproxy.usherbrooke.ca/login?url=http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&CSC=Y&NEWS=N&PAGE=booktext&D=books3&AN=01382535/1st_Edition%2f2).

24. Bucholz RW, Court-Brown CM, Heckman JD. Rockwood ve Green Erişkin Kırıkları. 6. Baskı ed: Güneş Tıp Kitapevi; 2010.

25. Bacak kompartmanları şekil -1 [13.04.2015]. Available from: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/05/Braus\\_1921\\_293.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/05/Braus_1921_293.png).

26. Bacak kompartmanları şekil -2 [13.04.2015]. Available from: [https://www2.aofoundation.org/wps/portal/surgery?showPage=redfix&bone=Tibia&segment=Shaft&classification=42-Special%20considerations&treatment=&method=Special%20considerations&implantstype=Complications&approach=&redfix\\_url=1341319036277](https://www2.aofoundation.org/wps/portal/surgery?showPage=redfix&bone=Tibia&segment=Shaft&classification=42-Special%20considerations&treatment=&method=Special%20considerations&implantstype=Complications&approach=&redfix_url=1341319036277).

27. Çimen A. Anatomi: Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı; 1994.

28. Bacak arterleri şekil [13.04.2015]. Available from: <http://studydroid.com/imageCards/11/ih/card-35211165-back.jpg>.

29. Ozsoy MH, Tuccar E, Demiryurek D, Bayramoglu A, Hayran M, Cavusoglu AT, et al. Minimally invasive plating of the distal tibia: do we really sacrifice saphenous vein and nerve? A cadaver study. J Orthop Trauma. 2009;23(2):132-8.

30. Mirza A, Moriarty AM, Probe RA, Ellis TJ. Percutaneous plating of the distal tibia and fibula: risk of injury to the saphenous and superficial peroneal nerves. J Orthop Trauma. 2010;24(8):495-8.

31. Tibial sinir şekil [13.04.2015]. Available from: [http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/xirtop/classes\\_stud/en/med/medprof/ptn/operative%20surgery/3/Employment%207.%20Topographical%20anatomy%20and%20operative%20surgery%20of%20anterior%20femoral%20surface,%20leg%20and%20foot.files/image126.gif](http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/xirtop/classes_stud/en/med/medprof/ptn/operative%20surgery/3/Employment%207.%20Topographical%20anatomy%20and%20operative%20surgery%20of%20anterior%20femoral%20surface,%20leg%20and%20foot.files/image126.gif).

32. Peroneal sinir şekil [13.04.15]. Available from: <http://masterpiecesconsulting.com/wp-content/uploads/2011/common-fibular-6513.png>.
33. Safen venler şekil [13.04.15]. Available from: <http://hik.nielsvos.com/images/anatomie/cvi-oppervlakkigveneus.jpg>.
34. Miller MD, Thompson SR, Hart JA. Miller Ortopedi (Review of Orthopaedics) 2014 Baskı Türkçe: Güneş Kitapevi; 2014
35. Rudge W, Newman K, Trompeter A. Fractures of the tibial shaft in adults. *Orthopaedics and Trauma*. 2014;28(4):243-55.
36. Richard RD, Kubiak E, Horwitz DS. Techniques for the surgical treatment of distal tibia fractures. *The Orthopedic clinics of North America*. 2014;45(3):295-312.
37. Menck J, Bertram C, Lierse W. Sectorial angioarchitecture of the human tibia. *Acta anatomica*. 1992;143(1):67-73.
38. Tibia ekstraosseöz perfüzyonu şekil [13.04.15]. Available from: <http://www.protein-structure.net/images/shinbone.jpg>.
39. Borrelli J, Jr., Prickett W, Song E, Becker D, Ricci W. Extraosseous blood supply of the tibia and the effects of different plating techniques: a human cadaveric study. *J Orthop Trauma*. 2002;16(10):691-5.
40. Aksekili MA, Celik I, Arslan AK, Kalkan T, Ugurlu M. The results of minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) in distal and diaphyseal tibial fractures. *Acta orthopaedica et traumatologica turcica*. 2012;46(3):161-7.
41. Morgan SJ, Jeray KJ. Minimally invasive plate osteosynthesis in fractures of the tibia. *Operative Techniques in Orthopaedics*. 2001;11(3):195-204.
42. Matthews SJ, Nikolaou VS, Giannoudis PV. Innovations in osteosynthesis and fracture care. *Injury*. 2008;39(8):827-38.
43. Sirbu PD, Petreus T, Asaftei R, Berea G, Botez P. Minimally Invasive Plate Osteosynthesis (MIPO) in Long Bone Fractures – Biomechanics – Design – Clinical Results 2011 2011-09-09.

44. Canale ST, Beaty JH. Campbell's Operative Orthopaedics 11. Baskı Türkçe: Güneş Tıp Kitapevi; 2011.
45. Stannard JP, Schmidt AH, Kregor PJ, Mahiroğulları M, Tirmik Ü. Ortopedik travmanın cerrahi tedavisi: Habitat Yayıncılık; 2010.
46. Iqbal HJ, Pidikiti P. Treatment of distal tibia metaphyseal fractures; plating versus intramedullary nailing: a systematic review of recent evidence. Foot and ankle surgery : official journal of the European Society of Foot and Ankle Surgeons. 2013;19(3):143-7.
47. Court-Brown CM, McBirnie J. The epidemiology of tibial fractures. The Journal of bone and joint surgery British volume. 1995;77(3):417-21.
48. Weiss RJ, Montgomery SM, Ehlin A, Al Dabbagh Z, Stark A, Jansson KA. Decreasing incidence of tibial shaft fractures between 1998 and 2004: information based on 10,627 Swedish inpatients. Acta orthopaedica. 2008;79(4):526-33.
49. Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: A review. Injury. 2006;37(8):691-7.
50. Grutter R, Cordey J, Buhler M, Johner R, Regazzoni P. The epidemiology of diaphyseal fractures of the tibia. Injury. 2000;31 Suppl 3(0):C64-7.
51. Lau TW, Leung F, Chan CF, Chow SP. Wound complication of minimally invasive plate osteosynthesis in distal tibia fractures. International orthopaedics. 2008;32(5):697-703.
52. Johner R, Staubli HU, Gunst M, Cordey J. The point of view of the clinician: a prospective study of the mechanism of accidents and the morphology of tibial and fibular shaft fractures. Injury. 2000;31 Suppl 3:C45-9.
53. Joveniaux P, Ohl X, Harisboure A, Berrichi A, Labatut L, Simon P, et al. Distal tibia fractures: management and complications of 101 cases. International orthopaedics. 2010;34(4):583-8.
54. Distal tibia kırık yaralanma mekanizması şekil [14.04.15]. Available from:  
[https://www2.aofoundation.org/wps/portal!/ut/p/a0/04\\_Sj9CPykssy0xPLMnMz](https://www2.aofoundation.org/wps/portal!/ut/p/a0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz)

0vMAfGjzOKN\_A0M3D2DDbz9\_UMMDRyDXQ3dw9wMDAx8jfULsh0VAdAs  
NSU!/?bone=Femur&segment=Distal&soloState=lyteframe&contentUrl=srg/p  
opup/further\_reading/PFxM2/23\_1-6\_Art\_fxs.jsp.

55. Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG. AO kırık tedavisinin prensipleri: Prensipier: Palme Yayınları; 2012.

56. AO sınıflaması şekil [15.04.15]. Available from: <http://image.slidesharecdn.com/aoclassification-141116081933-conversion-gate02/95/muller-ao-classification-5-638.jpg?cb=1416147619>.

57. Gaston P, Will E, Elton RA, McQueen MM, Court-Brown CM. Fractures of the tibia: CAN THEIR OUTCOME BE PREDICTED? Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume. 1999;81-B(1):71-6.

58. Williams TH, Schenk W. Bridging-minimally invasive locking plate osteosynthesis (Bridging-MILPO): technique description with prospective series of 20 tibial fractures. Injury. 2008;39(10):1198-203.

59. Vallier HA, Cureton BA, Patterson BM. Randomized, prospective comparison of plate versus intramedullary nail fixation for distal tibia shaft fractures. J Orthop Trauma. 2011;25(12):736-41.

60. Gupta RK, Rohilla RK, Sangwan K, Singh V, Walia S. Locking plate fixation in distal metaphyseal tibial fractures: series of 79 patients. International orthopaedics. 2010;34(8):1285-90.

61. Bombaci H, Guneri B, Gorgec M, Kafadar A. [A comparison between locked intramedullary nailing and plate-screw fixation in the treatment of tibial diaphysis fractures]. Acta orthopaedica et traumatologica turcica. 2004;38(2):104-9.

62. Court-Brown CM, Christie J, McQueen MM. Closed intramedullary tibial nailing. Its use in closed and type I open fractures. The Journal of bone and joint surgery British volume. 1990;72(4):605-11.

63. Apivatthakakul T, Phornphutkul C, Patumasutra S. Idea and innovation. Injury Extra. 2009;40(2):39-44.

64. Redfern DJ, Syed SU, Davies SJ. Fractures of the distal tibia: minimally invasive plate osteosynthesis. Injury. 2004;35(6):615-20.

65. Hasenboehler E, Rikli D, Babst R. Locking compression plate with minimally invasive plate osteosynthesis in diaphyseal and distal tibial fracture: a retrospective study of 32 patients. *Injury*. 2007;38(3):365-70.
66. Kırık iyileşmesi şekil [15.04.2015]. Available from: [http://apbrwww5.apsu.edu/thompsonj/anatomy%20&%20physiology/2010/2010%20exam%20reviews/exam%202%20review/06-14\\_BoneHealing.JPG](http://apbrwww5.apsu.edu/thompsonj/anatomy%20&%20physiology/2010/2010%20exam%20reviews/exam%202%20review/06-14_BoneHealing.JPG).
67. Stein H, Perren SM, Mosheiff R. New insights into the biology of fracture healing. *Orthopedics*. 2004;27(9):915-8.
68. McKibbin B. The biology of fracture healing in long bones. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 1978;60-B(2):150-62.
69. Egol KA, Kubiak EN, Fulkerson E, Kummer FJ, Koval KJ. Biomechanics of locked plates and screws. *J Orthop Trauma*. 2004;18(8):488-93.
70. Frigg R, Frenk A, Wagner M. Biomechanics of Plate Osteosynthesis. *Techniques in Orthopaedics*. 2007;22(4):203-8  
10.1097/BTO.0b013e3181501047.
71. Rahn BA, Gallinaro P, Baltensperger A, Perren SM. Primary bone healing. An experimental study in the rabbit. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1971;53(4):783-6.
72. Haversian remodelizasyon şekil [15.04.2015]. Available from: [https://www2.aofoundation.org/wps/portal!/ut/p/a0/04\\_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN\\_A0M3D2DDbz9\\_UMMDRyDXQ3dw9wMDAx8jfULsh0VAdAsNSU!/?bone=Radius&segment=Proximal&soloState=lyteframe&contentUrl=srg/popup/further\\_reading/Principles/Biomechanics/Fxs\\_w\\_absIt\\_stblty.jsp](https://www2.aofoundation.org/wps/portal!/ut/p/a0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAx8jfULsh0VAdAsNSU!/?bone=Radius&segment=Proximal&soloState=lyteframe&contentUrl=srg/popup/further_reading/Principles/Biomechanics/Fxs_w_absIt_stblty.jsp).
73. IL Gitajn and EK Rodriguez (2011). *Biomechanics of Musculoskeletal Injury, Biomechanics in Applications*, Dr Vaclav Klika (Ed.), ISBN: 978-953-307-969-1, InTech, DOI: 10.5772/20672. Available from: <http://www.intechopen.com/books/biomechanics-in-applications/biomechanics-of-musculoskeletal-injury>.
74. Nikolaou VS, Efsthathopoulos N, Papakostidis C, Kanakaris NK, Kontakis G, Giannoudis PV. Minimally invasive plate osteosynthesis – an update. *Current Orthopaedics*. 2008;22(3):202-7.

75. Perren SM. Physical and biological aspects of fracture healing with special reference to internal fixation. *Clinical orthopaedics and related research*. 1979(138):175-96.
76. Hente R CE, Hagerty T, Perren SM. Differentiation of repair tissue under controlled strain gradients. 37th Annual Meeting of the Orthopaedics Research Society, Anaheim, California, March 4–7. 1991;vol 16(2):479
77. Cheng W, Li Y, Manyi W. Comparison study of two surgical options for distal tibia fracture-minimally invasive plate osteosynthesis vs. open reduction and internal fixation. *International orthopaedics*. 2011;35(5):737-42.
78. Kırık ve fiksasyon tiplerine göre doku gerilim ve kırık iyileşmesi şekil [15.04.2015]. Available from: [https://www2.aofoundation.org/wps/portal!/ut/p/a0/04\\_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN\\_A0M3D2DDbz9\\_UMMDRyDXQ3dw9wMDAx8jfULsh0VAdAsNSU!/?bone=Radius&segment=Distal&soloState=lyteframe&contentUrl=srg/popup/further\\_reading/PFxM2/332\\_Brdg\\_plat.jsp](https://www2.aofoundation.org/wps/portal!/ut/p/a0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAx8jfULsh0VAdAsNSU!/?bone=Radius&segment=Distal&soloState=lyteframe&contentUrl=srg/popup/further_reading/PFxM2/332_Brdg_plat.jsp).
79. Ronga M, Longo UG, Maffulli N. Minimally invasive locked plating of distal tibia fractures is safe and effective. *Clinical orthopaedics and related research*. 2010;468(4):975-82.
80. Gardner MJ, Siegel JA. *Minimally Invasive Orthopaedic Trauma*: Wolters Kluwer Health; 2013.
81. Bartonicek J. Early history of operative treatment of fractures. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 2010;130(11):1385-96.
82. DCP plak çalışma mekanizması şekil [16.04.2015]. Available from: [https://www2.aofoundation.org/wps/portal!/ut/p/a0/04\\_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN\\_A0M3D2DDbz9\\_UMMDRyDXQ3dw9wMDAx8jfULsh0VAdAsNSU!/?bone=Femur&segment=Shaft&soloState=lyteframe&contentUrl=srg/popup/further\\_reading/PFxM2/322211\\_Dyn\\_comp\\_pncpl.jsp](https://www2.aofoundation.org/wps/portal!/ut/p/a0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAx8jfULsh0VAdAsNSU!/?bone=Femur&segment=Shaft&soloState=lyteframe&contentUrl=srg/popup/further_reading/PFxM2/322211_Dyn_comp_pncpl.jsp).
83. Gao H, Zhang CQ, Luo CF, Zhou ZB, Zeng BF. Fractures of the distal tibia treated with polyaxial locking plating. *Clinical orthopaedics and related research*. 2009;467(3):831-7.
84. Konvansiyonel ve kilitli vida yük taşıma şekil [16.04.2015]. Available from:

[https://www2.aofoundation.org/wps/portal/surgerypopup?contentUrl=/srg/popup/further\\_reading/PFxM2/DRAFT\\_322\\_Plates-1-](https://www2.aofoundation.org/wps/portal/surgerypopup?contentUrl=/srg/popup/further_reading/PFxM2/DRAFT_322_Plates-1-)

[2.jsp&soloState=seo&title=&Language=en.](#)

85. Kemik içi yiv mesafesi şekil [16.04.15]. Available from: <http://z0mbie.host.sk/Clinical-Application.html>.

86. Blatter G, Weber BG. Wave plate osteosynthesis as a salvage procedure. Archives of orthopaedic and trauma surgery. 1990;109(6):330-3.

87. Zou J, Zhang W, Zhang CQ. Comparison of minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis with open reduction and internal fixation for treatment of extra-articular distal tibia fractures. Injury. 2013;44(8):1102-6.

88. Kayali C, Agus H, Eren A, Ozluk S. How should open tibia fractures be treated? A retrospective comparative study between intramedullary nailing and biologic plating. Ulusal travma ve acil cerrahi dergisi = Turkish journal of trauma & emergency surgery : TJTES. 2009;15(3):243-8.

89. Tong D, Ji F, Zhang H, Ding W, Wang Y, Cheng P, et al. Two-stage procedure protocol for minimally invasive plate osteosynthesis technique in the treatment of the complex pilon fracture. International orthopaedics. 2012;36(4):833-7.

90. Hazarika S, Chakravarthy J, Cooper J. Minimally invasive locking plate osteosynthesis for fractures of the distal tibia--results in 20 patients. Injury. 2006;37(9):877-87.

91. Krackhardt T, Dilger J, Flesch I, Hontzsch D, Eingartner C, Weise K. Fractures of the distal tibia treated with closed reduction and minimally invasive plating. Archives of orthopaedic and trauma surgery. 2005;125(2):87-94.

92. Koter kablosu tekniği şekil [16.04.2015]. Available from: [https://www2.aofoundation.org/wps/portal!/ut/p/a0/04\\_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN\\_A0M3D2DDbz9\\_UMMDRyDXQ3dw9wMDAzMjfULsh0VAbWjLW0!/?bone=Femur&classification=33-](https://www2.aofoundation.org/wps/portal!/ut/p/a0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAzMjfULsh0VAbWjLW0!/?bone=Femur&classification=33-)

[A3&implantstype=Less%20invasive%20stabilization%20system%20%28LIS S%29&method=CRIF&redfix\\_url=&segment=Distal&showPage=redfix&treatment=Operative.](#)

93. Schmutz B, Wullschleger ME, Kim H, Noser H, Schutz MA. Fit assessment of anatomic plates for the distal medial tibia. *J Orthop Trauma*. 2008;22(4):258-63.
94. Khalsa AS, Toossi N, Tabb LP, Amin NH, Donohue KW, Cerynik DL. Distal tibia fractures: locked or non-locked plating? A systematic review of outcomes. *Acta orthopaedica*. 2014;85(3):299-304.
95. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot & ankle international*. 1994;15(7):349-53.
96. AOFAS skoru türkçe tablo [16.04.201515]. Available from: <http://karahan.dr.tr/wp-content/uploads/2013/05/AOFAS.pdf>.
97. Sarmiento A, Sharpe FE, Ebramzadeh E, Normand P, Shankwiler J. Factors influencing the outcome of closed tibial fractures treated with functional bracing. *Clinical orthopaedics and related research*. 1995(315):8-24.
98. Borg T, Larsson S, Lindsjo U. Percutaneous plating of distal tibial fractures. Preliminary results in 21 patients. *Injury*. 2004;35(6):608-14.
99. Guo JJ, Tang N, Yang HL, Tang TS. A prospective, randomised trial comparing closed intramedullary nailing with percutaneous plating in the treatment of distal metaphyseal fractures of the tibia. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 2010;92(7):984-8.
100. Mushtaq A, Shahid R, Asif M, Maqsood M. Distal Tibial Fracture Fixation with Locking Compression Plate (LCP) Using the Minimally Invasive Percutaneous Osteosynthesis (MIPO) Technique. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2008;35(2):159-64.
101. Bahari S, Lenehan B, Khan H, McElwain JP. Minimally invasive percutaneous plate fixation of distal tibia fractures. *Acta orthopaedica Belgica*. 2007;73(5):635-40.
102. Collinge C, Protzman R. Outcomes of minimally invasive plate osteosynthesis for metaphyseal distal tibia fractures. *J Orthop Trauma*. 2010;24(1):24-9.

103. Maffulli N, Toms AD, McMurtie A, Oliva F. Percutaneous plating of distal tibial fractures. *International orthopaedics*. 2004;28(3):159-62.
104. Helfet DL, Shonnard PY, Levine D, Borrelli J, Jr. Minimally invasive plate osteosynthesis of distal fractures of the tibia. *Injury*. 1997;28 Suppl 1:A42-7; discussion A7-8.
105. Chua W, Murphy D, Siow W, Kagda F, Thambiah J. Epidemiological analysis of outcomes in 323 open tibial diaphyseal fractures: a nine-year experience. *Singapore medical journal*. 2012;53(6):385-9.
106. Esan O, Ikem IC, Oginni LM, Esan OT. Comparison of unreamed interlocking nail and external fixation in open tibia shaft fracture management. *West African journal of medicine*. 2014;33(1):16-20.
107. Kulshrestha V. Incidence of infection after early intramedullary nailing of open tibial shaft fractures stabilized with pinless external fixators. *Indian journal of orthopaedics*. 2008;42(4):401-9.
108. Chern A, Greenberg SE, Thakore RV, Sathiyakumar V, Obremskey WT, Sethi MK. Factors driving readmissions in tibia and femur fractures. *Advances in orthopedics*. 2015;2015:974543.