



**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ
ANABİLİM DALI**

TİBİA CİSİM KIRIKLARINDA İNTRAMEDÜLLER ÇİVİ UYGULAMASI SONRASI KIRIK İYİLEŞMESİ ÜZERİNE ETKİLİ FAKTÖRLERİN RETROSPEKTİF DEĞERLENDİRİLMESİ

UZMANLIK TEZİ

Dr. Tolga SEZER

Antalya, 2021



**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ
ANABİLİM DALI**

TİBİA CİSİM KIRIKLARINDA İNTRAMEDÜLLER ÇİVİ UYGULAMASI SONRASI KIRIK İYİLEŞMESİ ÜZERİNE ETKİLİ FAKTÖRLERİN RETROSPEKTİF DEĞERLENDİRİLMESİ

UZMANLIK TEZİ

Dr. Tolga SEZER

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Tayyar Kürşat DABAK

Kaynak gösterilerek tezimden yararlanılabilir”

Antalya, 2021

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca her türlü bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, yetişmemde emeği geçen başta tez danışmanım Doç. Dr. Tayyar Kürşat DABAK ve Akdeniz Üniversitesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Mustafa ÜRGÜDEN olmak üzere; Prof. Dr. Hakan ÖZDEMİR, Prof. Dr. Haluk ÖZCANLI, Prof. Dr. Mehmet Serhan ER, Doç. Dr. Osman CİVAN ve eğitimimin bir bölümünde birlikte çalışma imkanı bulduğum Prof. Dr. Yetkin SÖYÜNCÜ'ye minnet ve saygılarımı sunarım.

Tüm hayatım boyunca üzerimde büyük emekleri olan ve desteklerini esirgemeyen aileme minnetlerimi sunarım, iyi ki varsınız.

Uzmanlık eğitimimin bir bölümünde beraber çalışma imkanı bulduğum, sevgisini ve desteğini benden esirgemeyen çok kıymetli eşime, ömür boyu sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Zorlu ve yoğun geçen uzmanlık eğitimimde gece gündüz birlikte çalıştığım tüm asistan arkadaşlarıma ve iş arkadaşlarıma katkılarından dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
Simgeler ve Kısaltmalar Dizini	v
Şekiller Dizini	vi
Tablolar Dizini	vii
Grafikler Dizini	ix
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Tarihçe	3
2.2. Cerrahi Anatomi	6
2.3. Kompartman Anatomisi	14
2.4. Yaralanma Mekanizması ve Biyomekanik	17
2.5. Klinik Bulgu ve Radyolojik Değerlendirme	19
2.6. Sınıflandırma	22
2.7. Tedavi	26
2.7.1. Konservatif Tedavi	30
2.7.2. Cerrahi Tedavi	31
2.8. İntramedüller Çivilerin Biyomekanik Özellikleri	43
2.9. Komplikasyonlar	46
3. HASTALAR VE YÖNTEM	54
3.1. Hastalar ve Yöntem	54
3.2. İstatistiksel Analiz	57
4. BULGULAR	59
4.1. Demografik Özellikler	60
4.2. Yaralanma Mekanizması ve Kırık Özellikleri	61
4.3. Hastaların Genel ve Cerrahi Özellikleri	63
4.4. Cerrahi Sonrası Değerlendirme	65
4.5. Aylara Göre Kaynamaya Etki Eden Değişkenlerin İncelenmesi	68

4.6. Çivi Çapı/İsthmus Çapı Oranının Kaynama Üzerine Etkinliğinin Değerlendirilmesi	78
4.7. Fragman Deplasman Miktarının Kaynama Üzerine Etkinliğinin Değerlendirilmesi	79
4.8. Kaynama Üzerine Etkili Parametrelerin Bağımsız Örneklem T-Testi ile Değerlendirilmesi	80
5. TARTIŞMA	84
6. SONUÇLAR	104
7. ÖZET	107
8. ABSTRACT	109
9. KAYNAKLAR	111

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
AO/ASIF	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen/Association for the Study of International Fixation
AP	Anteroposterior
ARDS	Akut Respiratuar Distres Sendromu
ASA	American Society of Anesthesiologist
BT	Bilgisayarlı Tomografi
cm	Santimetre
DCP	Dynamic Compression Plate
EF	Eksternal Fiksator
İM	İntramedüller
İMÇ	İntramedüller Çivi
LAT	Lateral
LC-DCP	Limited Contact Dynamic Compression Plate
mm	Milimetre
MRG	Manyetik Rezonans Görüntüleme
OTA	Orthopaedic Trauma Association
PACS	Picture Archiving and Communication Systems
RUST	Radiographic Union Score for Tibial Fracture
s.s.	Standart Sapma
SPRINT	Study to Prospectively Evaluate Reamed Intramedullary Nails in Patients with Tibial Fracture
VKi	Vücut Kitle İndeksi

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Tibia ve fibulanın ön ve arkadan görünümü	7
2.2. Tibia proksimal üstten görünümü	8
2.3. Tibia distal alttan görünümü	8
2.4. A-E, Belirtilen seviyelerde enine tibia BT taramaları; nispeten yuvarlak diyafizer medüller kanal ve özellikle kalın ve yoğun ön korteks ile kabaca üçgen kesitli dış kesit	9
2.5. Tibia besleyici kan akımı ve kırık sonrası kallus oluşumu ile geçici ekstraosseöz kanlanma	12
2.6. Tibialis posterior ve derin posterior kompartman arası ilişki	16
2.7. A-B Bacağın kompartmanları ve ana arter ile sinirlerinin enine kesiti	16
2.8. C-D Bacağın kompartmanları ve ana arter ile sinirlerinin enine kesiti	17
2.9. Tibia cisim kırıkları AO/OTA sınıflaması	24
2.10. Farklı çivi tasarımları	38
4.1. Çalışmaya dahil edilen tibia cisim kırıklı bir hastada isthmus yerinin belirlenmesi	66
4.2. Çalışmaya dahil edilen tibia cisim kırıklı bir hastada, intramedüller çivi ile tespit sonrası 6. ay iki yönlü radyografi üzerinden RUST puanlamasının hesaplanması	67

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Bacağın periferel sinirleri ve kompartmanlarının değerdendirilmesi	21
3.1. Çalışma grubu oluşum aşamaları	55
3.2. Kaynamanın RUST skoruna göre değerdendirilmesi	56
3.3. Kaynama üzerine etkileri değerdendirilecek parametreler	57
4.1. 3-6-9-12. ay kaynama, gecikmiş kaynama ve kaynamama olgu sayıları	60
4.2. Hastaların demografik bilgileri ve genel özellikleri-1	64
4.3. Hastaların demografik bilgileri ve genel özellikleri-2	64
4.4. Yaralanma mekanizması ve kırık özellikleri	64
4.5. Cerrahi sonrası yapılan ölçümler	66
4.6. RUST skoruna göre kırık iyileşmesinin aylara göre belirlenmesi	68
4.7. 3. ayda kırık iyileşmesi üzerine etki eden hasta özellikleri	68
4.8. 3. ay kırık iyileşmesine etki eden faktörlerin belirlenmesi	70
4.9. 6. ayda kırık iyileşmesi üzerine etki eden hasta özellikleri	71
4.10. 6. ay kırık iyileşmesine etki eden faktörlerin belirlenmesi	73
4.11. 9. ayda kırık iyileşmesi üzerine etki eden hasta özellikleri	74
4.12. 9. ay kırık iyileşmesine etki eden faktörlerin belirlenmesi	76
4.13. 12. ayda kırık iyileşmesi üzerine etki eden hasta özellikleri	77
4.14. 6. ayda radyolojik olarak kaynama görülen hastalarda çivi çapı/isthmus çapı kesim noktası	79
4.15. 6. ayda radyolojik olarak kaynama görülen hastalarda fragman deplasman miktarı kesim noktası	80

<u>Tablo</u>		<u>Sayfa</u>
4.16.	6. ayda radyolojik olarak kaynama görülen hastalarda fragman deplasman miktarının kaynama üzerine etkisinin değerlendirilmesi	81
4.17.	3. ayda kaynama düzeyleri ve ölçümlerin incelenmesi	81
4.18.	6. ayda kaynama düzeyleri ve ölçümlerin incelenmesi	82
4.19.	9. ayda kaynama düzeyleri ve ölçümlerin incelenmesi	82
4.20.	12. ayda kaynama düzeyleri ve ölçümlerin incelenmesi	83

GRAFİKLER DİZİNİ

<u>Grafik</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. Yaş aralığına göre cinsiyet dağılımı	60
4.2. Yaralanma mekanizması dağılımı	61
4.3. Kırığın tibia diyafizer yerleşimine göre dağılımı	62
4.4. AO/OTA sınıflamasına göre dağılımı	62
4.5. Kapalı/Açık kırık ve G.A. sınıflamasına göre sayısal dağılımı	63
4.6. Çivi çapı/İsthmus çapı kesim noktası ROC analiz eğrisi	78
4.7. . ay fragman deplasman (mm) kesim noktası ROC analiz eğrisi	79

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Tibia cisim kırıkları, uzun kemik kırıkları içerisinde en sık görülmekle birlikte, aynı zamanda direkt travmaya maruz kalma insidansının yüksek olması ve yumuşak doku örtüsünün nispeten daha az olması nedeniyle de açık uzun kemik kırıklarının en sık rastlandığı bölgedir. Tibia plato 5 santimetre distali ile tibia plafondun 5 santimetre proksimali arasındaki kırıklar olarak tanımlanır.

Tibia, bacağın yük taşıyan temel kemiğidir. Özellikle de ön ve iç kenarı yumuşak doku desteği zayıf olduğu için savunmasızdır; kemik doku, travmalara fazlasıyla maruz kalmaktadır. Tibia cisim kırıkları önemli bir klinik zorluk oluşturur; çünkü sonuçları tahmin edilemeyebilir. Geçmişte birçok çalışma, konuyu araştırmış olsa da bazen karmaşık yaralanmalarda, deneyimli travma cerrahlarının ellerinde bile çeşitli komplikasyonlar gelişebilmektedir.

Kırık tedavisindeki esas amaç; redüksiyonun kabul edilebilir kriterler içinde olması ve tedavi bitimine kadar korunması, kırık ekstremitenin en kısa zamanda kırık öncesi fonksiyonuna yeniden kavuşmasıdır. Tedavi seçenekleri, yaralanmanın doğal seyrine ve kırığın, kendine ait özelliklerine göre tedavide gerekli değişiklikleri anlamaya yönelik olmalıdır. Tedavi seçenekleri için konservatif ve cerrahi yöntem kriterleri belirlenmiş olup kırıkların uygun tedavisi, başta hastanın biyolojik yaşı ve kırık tipi olmak üzere çeşitli faktörleri göz önüne alınarak farklılık göstermektedir.

Başarılı bir cerrahi tedavi için temel cerrahi ve biyomekanik prensiplere bağlı kalınarak, en az yumuşak doku hasarı ile stabil bir tespit yöntemi seçilmelidir. Tibia cisim kırıklarının cerrahi tedavisinde intramedüller çivileme altın standarttır.

Yapılan klinik çalışmalarda, kırık iyileşmesini olumlu ve olumsuz etkileyen birçok etken mevcuttur. Hangi faktör ve/veya faktörlerin birlikteliğinin kaynama, gecikmiş kaynama ve kaynamama için belirleyici olduğu; iyileşme sürecinde başarısız olguların belirlenmesi ve tedavilerinin erken dönemde yönlendirilmesi amacıyla bir takım skorlama yöntemleri de belirlenmiş olup bu yöntemlerin etkinliğine dair çalışmalar devam etmektedir.

Kırık kaynamasını takip etmek için seri klinik muayene ve radyolojik değerlendirmeler yapılmaktadır. Kaynamayı, radyolojik olarak gösteren ve buna bağlı kabul edilmiş evrensel bir skrolama sistemi henüz mevcut değildir. Direkt radyografilerde, kırık hattındaki boşluğun kaybolması ve kallus formasyonu görülmesi gibi nonspesifik bulgularla kırık iyileşmesi gösterilmeye çalışılmıştır. Birçok araştırmacı, izlemler sırasında ardışık radyografilerde, kallus formasyonunun görülmesini radyolojik olarak kırık kaynaması için yeterli olduğunu belirtmiştir. Sorunsuz kaynamayı belirlemek ve öngörmek adına radyolojik yöntemler geliştirilmiş olup etkinlikleri ile ilgili klinik çalışmalar halen devam etmektedir.

2010 yılında Bhandari ve arkadaşlarının hipotezini ortaya attıkları, tibia kırıklarının radyolojik kaynamasını değerlendiren RUST (Radiographic Union Score For Tibial Fracture) skrolaması, genel kullanım kolaylığı nedeniyle kullanımının hızla artmasına rağmen bu skrolama sisteminin hastaların kliniği ile korelasyonunu gösteren çalışmalar hala devam etmektedir. İntramedüller çivi uygulanan tibia cisim kırıklarında, normal kaynayan ve sorunlu kaynayan olgular için bu skorun ne yönde değişim gösterdiği hakkında ortak görüş henüz oluşmamıştır.

Bu çalışmada, 2014-2019 yılları arasında Akdeniz Üniversitesi Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniğinde, tibia cisim kırığı nedeniyle kilitli intramedüller çivi ile tedavi edilen 106 tibia cisim kırığının, postoperatif dönem 3-6-9-12. ay iki yönlü (Anteroposterior ve Lateral) radyografileri, 2 farklı araştırmacı tarafından ayrı ayrı RUST skrolaması ile değerlendirilerek ortalama puan alınmış ve kırık kaynaması değerlendirilmiştir. Araştırmanın birincil sonuç değişkeni olarak intramedüller çivi çapının, tibia isthmus çapına oranının kaynama üzerine etkisi araştırılmıştır. İkincil sonuç değişkeni olarak tibia cisim kırıkları sonrası intramedüller çivi ile tedavi edilen hastalarda kırık iyileşmesini etkileyecek diğer muhtemel etkili faktörleri belirlemek amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tarihçe

Yapılan arkeolojik çalışmalarda, Antik Mısır medeniyetine ait olan ve milattan önce 600'lü yıllarda yaşadığı tahmin edilen Tutankhamun'un mezarında, Usermontu isminde bir mumya keşfedilmiş olup diz eklemini stabilize etmek için femur ve tibia arasına yerleştirilmiş, intramedüller çivi benzeri tirbuşon görünümünde bir alet kullanıldığı ortaya çıkartılmıştır (1).

İki bin yıl sonra, 1524 yılında, antropolog Bernardino de Sahagun Hernando Cortes, Meksika'da, uzun kemik kırıklarını tespit etmek için obsidyen bıçaklarla periosteotomi uygulayan ve sonrasında medüller boşluğa reçineli çubuklar yerleştiren 'Tezalo' olarak bilinen Aztekli kemik cerrahlarına tanık olmuştur. Bu tarihte uygulanan ilk intramedüller çivi uygulamasıdır (2).

1800'lerin ortasında Alman cerrahlar Diefenbach, Langenbeck ve Bardenheuer'in kaynamayan kırıklarda intramedüller fildişi aparat kullanmaları, dönemin tıp dergilerinde yer almıştır (3). Aynı dönemde, Amerikalı cerrah Nicholas Senn, psödoartroz tedavisi için intramedüller inek kemiğinden elde edilen aparat kullandığını bildirmiştir (4). 1886'da İsviçreli Heinrich Bircher, karmaşık kırıkların tedavisi için intramedüller fildişi aparatlar kullanmıştır (5).

Birkaç yıl sonra, Almanya'dan Themistocles Gluck, ilk fildişinden intramedüller çivi ürettiği olup çivinin distalinde bulunan delikleri de kullanarak kilitleme fikri de ilk kez bu çivi ile ortaya çıkmıştır (6). Aynı dönemde, Norveç'ten Julius Nicolaysen, proksimal femur kırıkları için intramedüller çivi uygulamasının ilkelerini kaleme almış olup biyomekanik avantaj sağlamak için çivi uzunluğunu arttırma ihtiyacı fikrini geliştirmiştir. Ayrıca statik kilitleme fikrini de ilk geliştiren kişi olduğu için bazılarına göre intramedüller çivi yönteminin babası olarak kabul edilmektedir (3).

1912'de İngiliz cerrah Ernest Hay Groves, intramedüller çivi olarak solid metal çubuklar kullanan ilk cerrahdır ve aynı zamanda retrograd çivi yaklaşımının öncüsü olarak bilinir. Groves'un intramedüller çivi uygulamaları, yüksek enfeksiyon oranları nedeniyle dönemin cerrahları tarafından tercih edilmemiştir (7, 8).

1931'de ABD'li ortopedist Smith-Petersen, femur boyun kırıkları tedavisi için üç flanşlı paslanmaz çelik bir çivi geliştirmiştir (9).

1932'de Sven Johansson, Kirschner telleri eşliğinde çivinin radyolojik olarak kontrollü yerleştirilmesine izin veren kanüllü çiviği icat etmiştir. Bu tekniğin bileşenleri bugün bile kullanılmaktadır (10).

1937'de Rush kardeşler, elastik intramedüller çiviği geliştirdiler. Paslanmaz çelikten üretilen bu çiviler, geri çekilme eğiliminde oldukları için kırık hattında yer değiştirme ve kaynamamaya sebep olabilmekteydiler. Bu teknik Viyana'da Ender tarafından kullanılmaya devam etmiş ve pediatrik uzun kemik kırıkları için bugün bile kullanılmaktadır (8).

1939'da Alman cerrah Gerhard Küntscher, Smith-Petersen'in femur çivisinden esinlenerek femur cisim kırıkları tedavisi için, enine 7-10 mm genişliğinde ve 'V' şeklinde paslanmaz çelikten bir çivi geliştirmiştir (11, 12). Kadavra ve hayvan çalışmaları sonrası, deneyimlerini 1940'ta Berlin'de bir cerrahi konferansta paylaşmış ancak getirmiş olduğu yenilikler Alman meslektaşları tarafından kabul görmemiştir. Gerhard Küntscher, femur kırıklarında olduğu gibi humerus ve tibia kırıkları içinde bu tedavi yöntemini kullanmıştır (13, 14).

II. Dünya Savaşı sonrası, müttefik savaş esirlerinin ülkelerine geri gönderilmesinin ardından Amerikan ve İngiliz cerrahlar Küntscher'in çivisi ile tanışmıştır. Kırık tedavisinde ve intramedüller çivilerin geliştirilmesinde Alman cerrahların önemli katkıları olmuştur (15).

1942'de Fisher ve ark., çivi ile kemik arasında, stabiliteyi artırmak için temas alanını artırmayı amaçlayan intramedüller oyucular kullanarak osteosentez yöntemini tanıtmıştır (11).

Halen kullanımda olan daha büyük çaplı bir çivinin yerleştirilmesini kolaylaştırmak için kanalın tüm uzunluğu boyunca oyma işlemi için esnek kılavuzlu oyucuyu ise Küntscher tanıtmıştır (16).

Smith ve ark., daha stabil yapı elde etmek amacıyla oyma işlemi ile temas alanını %38 artıracaklarını ve bu sayede daha büyük çaplı bir çivi kullanımının mümkün olduğunu yayınlamışlardır (17).

İnternal tespit yöntemlerinde temel prensipleri belirlemek adına 15 İsviçreli cerrah, 1958 yılında bir araya gelerek AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) topluluğunu kurmuşlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda, 1960'lı yılların sonunda osteosentez seçeneği AO plakları lehine dönmüştür (18).

Her ne kadar 1960'lı yıllarda intramedüller çivi uygulaması popüleritesini kaybetse de, ilerleyen dönemde Küntscher'in yonca yaprağı şeklindeki çivi tasarımı dikkat çekmiş ve kilitlemenin getirdiği avantajlar öne çıkmaya başlamıştır. Klaus Klemm ve Wolf-Dieter Schellmann, proksimal ve distal kilitleme vidaları ekleyerek çivinin stabilitesini daha fazla arttırmıştır (19).

1976'da Grosse ve Kempf, femur cisim kırıklarında kullanılabilecek, 45 derece açıyla yerleştirilen ve mukavemeti arttırdığı tespit edilen proksimal kilitleme vidasına sahip, distali kısmen yarıklı ikinci nesil olarak tanımlanabilecek intramedüller bir çivi geliştirmiştir (20). Birkaç yıl sonra AO, benzer bir çivi üretmeye başlamıştır (21).

1984'te Winqvist ve ark., intramedüller çivi uygulamalarında, oval ve daha büyük deliklere sahip modern tasarımlı kilitleme vidaları ile kemik iyileşmesini geliştirmek için dinamizasyon yöntemini tanımlamıştır (22, 23).

Biyomekanik bir çalışmada, Gimeno ve ark., çivinin yarıklı ve yarıklı olmayan kısımları arasındaki geçiş bölgesinin, stres konsantrasyonuna ve implant yetmezliğine neden olduğunu göstermiştir. 1986'da Russel ve Taylor, bu sorunu çözmek için oymadan uyguladıkları yarıksız çiviler ile kaynama üzerine tatmin edici sonuçlar elde ettiklerini yayınlamışlardır (24, 25). Russel-Taylor çivisi, sonraki on yılda Uluslararası Ortopedi Camiasında oldukça popüler hale gelmiştir.

Alman Klemm ve Schleman, uyguladıkları intramedüller çiviler için kilitleme vidalarını floroskopi altında serbest el yöntemi ile kilitlemişlerdir. Cerrahi çok fazla radyasyona maruz bırakan bu sorun, günümüzde elektromanyetik özelliğe sahip hedefleme sistemleri ile çözülebilmektedir (26).

Brumback ve ark. tarafından ileriye dönük yapılan çalışmaları sonucunda, statik kilitleme standart haline gelmiştir (27).

Alta çivi sistemi, titanyumdan üretilen ilk çivi olarak tarihe geçmiştir. Metalürjideki gelişmeler, intramedüller çivilemede kullanılan titanyum alaşımların korozyon direncinin daha fazla ve biyouyumluluklarının ise paslanmaz çelikten daha iyi olduğunu göstermektedir (28).

Bununla birlikte mevcut literatür, titanyumun özellikle artan maliyeti nedeniyle paslanmaz çelikten daha uygun bir malzeme olup olmadığı konusunda tartışmalıdır (29). Kortikal kemiğe yakın Young modülüne sahip olması, MRG ile uyumlu olması titanyum alaşımları avantajlı kılan diğer özelliklerdendir (30). Titanyum ve paslanmaz çelik, yüksek Young modülüne sahip olması ile kırık iyileşmesi için gerekli stresten koruduğu sonucuna varılmıştır (31, 32).

Günümüzde, magnezyum alaşımlar, şekil hafızalı alaşımlar ve yeniden emilebilir malzemeler gibi yeni biyomateryaller test edilmektedir (33). Gelişmiş esneklik modülü ve yüksek mukavemet özelliğine sahip karbon elyaf takviyeli polimerlerden yapılmış intramedüller çiviler mevcuttur. Magnezyum alaşımı, kortikal kemiğe benzer bir Young modülüne sahiptir ve biyolojik olarak parçalanabilir. Li ve ark., hayvan modellerinde osteoporotik kırıkların tedavisi için Zoledronat kaplı kombinasyonların osteoporotik kırıkların gelecekteki tedavisi için kullanılabileceğini göstermiştir (34).

2.2. Cerrahi Anatomi

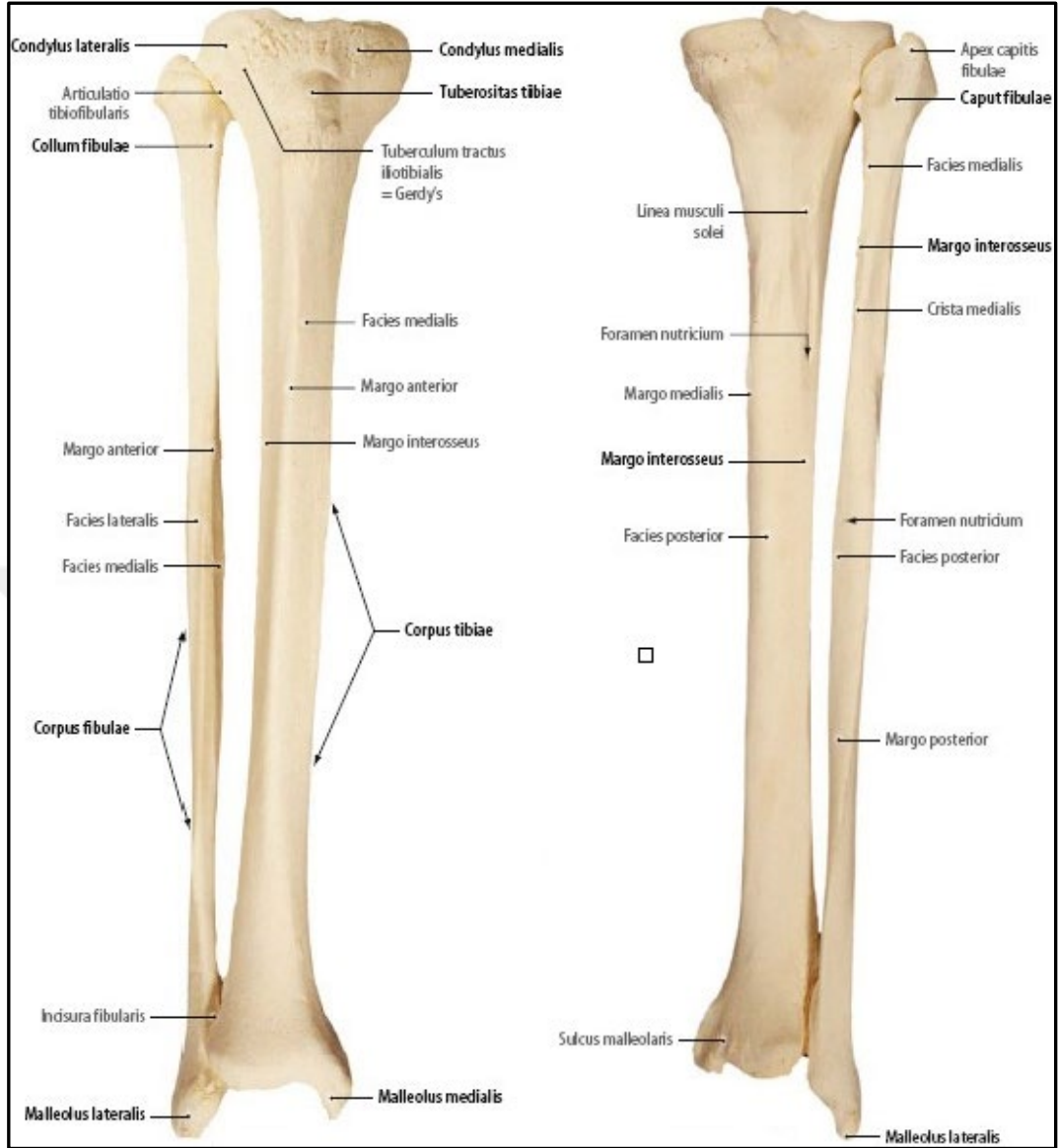
Kruris, diz ekleminden ayak bilek eklemine kadar uzanır ve vücut için ağırlık taşıyan bir destek görevi görür. Ayağın nörovasküler beslenmesini sağlayan yapılar ile ekstrensek miyotendinöz birimleri de kruris boyunca yer alır. Tibia, krurisin şeklini belirleyen ve asimetrik dağılan yumuşak dokularla çevrilidir. Öne doğru yönlendirilmiş bir apeks ile kabaca üçgen bir dış kesite sahiptir.

Anteromedial subkutan yüzeyinde, pes anserinus tendonları ve diz eklemının tibial kollateral ligamanları ile ayak bilek eklemının deltoid ligamanına kadar kas veya ligamentöz bağlantı yoktur. Kolayca hissedilebilen bu yüzey, medial malleole yaklaştıkça içbükey hale gelir.

Anterolateral yüzeyini, tibialis anterior ile bacağın ön kas kompartmanının medial duvarı ile daha distalde anterior tibial arter ve derin peroneal siniri içeren nörovasküler demet ve ekstansör hallucis longus kas komşuluğu oluşturur.

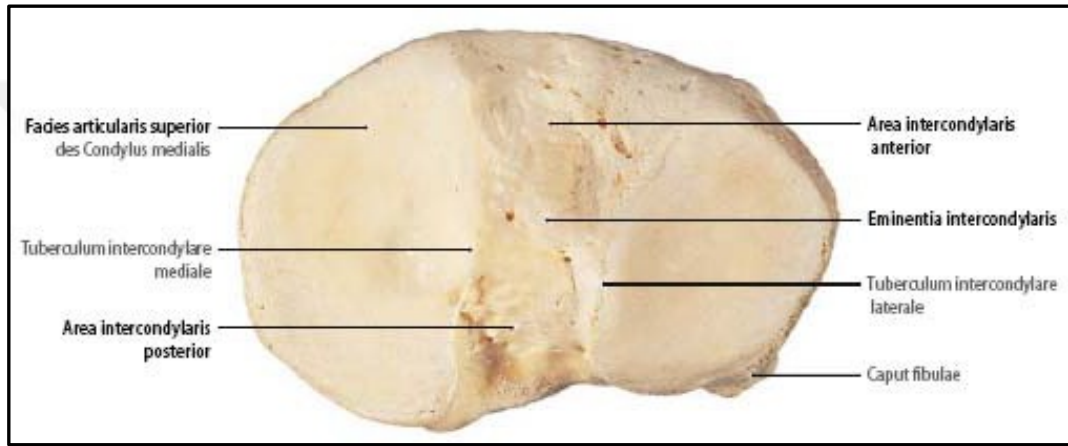
Tibianın posterior yüzeyi, yüzeysel ve derin kas kompartmanlarının altında, semimembranosus, popliteus, soleus, tibialis posterior ve fleksör digitorum longus kaslarının proksimalinden distaline doğru bağlantılara sahiptir. Posterior tibial arter ve ven, tibial sinir ve fleksör hallucis longus kası, tibialis posterior ve fleksör digitorum longus arkasında medial malleol etrafını dolaşarak distale ilerler (35).

Yetişkin bireylerde tibia uzunluğu, yaklaşık olarak 30 cm ile 47 cm, diyafizer medulla çapı ise 8 mm ile 15 mm arasında değişir. Tibia uzunluğunun çoğunu diyafiz oluşturur (Şekil 2.1).

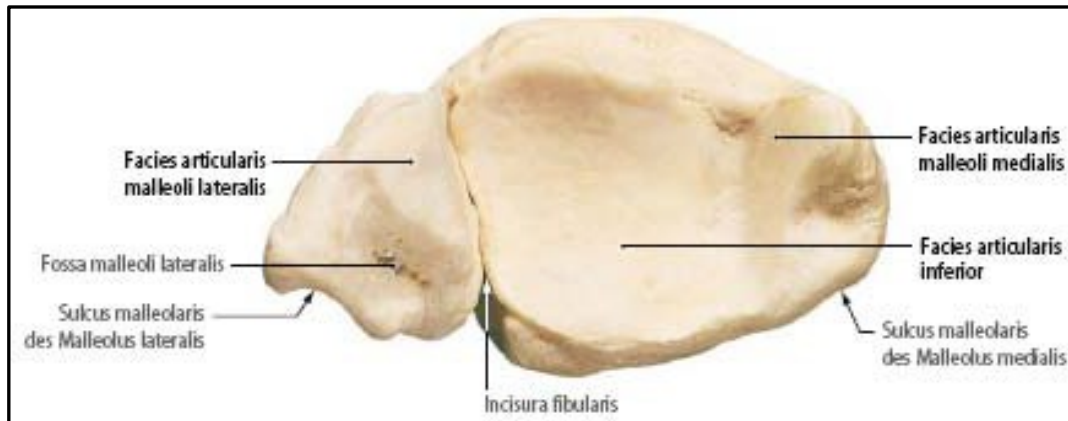


Şekil 2.1. Tibia ve fibulanın ön ve arkadan görünümü (Sobotta Atlas of Human Anatomy 15th Edition F. Paulsen J. Waschke p.258)

Genişlemiş proksimal ve distal uçları hem bireyin yaşına ve hem de metabolik kemik durumuna göre yoğunluğu değişen süngerimsi kemikten oluşur (36). Tibial metafizer uygulanan vidanın tutuşu, kortikal kemikten çok süngerimsi kemik ile bağlantılı yivlerle sağlanır. Radyografilerde görülen geçiş bölgesini dikkate almak önemlidir. Süngerimsi kemik, uygulanacak sıkıştırma vidasının kalın gövdesinin dış çapına kadar delik elde etmek için yeteri kadar kalın olabildiği gibi aynı zamanda delik elde edecek veya yuva açmayı gerektirecek kadar ince olabilir (37).



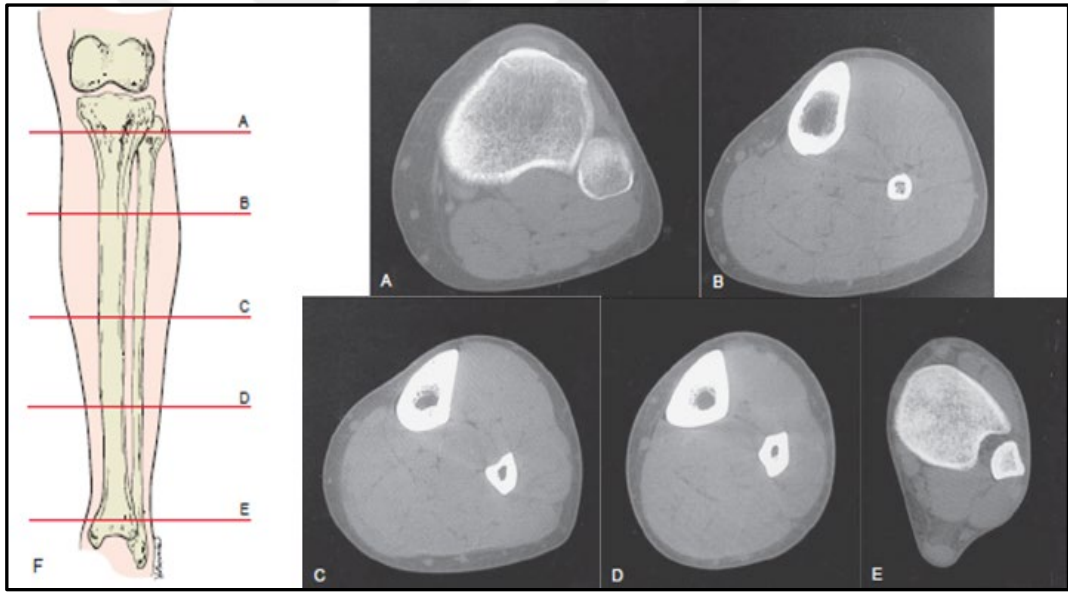
Şekil 2.2. Tibia proksimal üstten görünümü (Sobotta Atlas of Human Anatomy 15th Edition F. Paulsen J. Waschke p.258)



Şekil 2.3. Tibia distal alttan görünümü (Sobotta Atlas of Human Anatomy 15th Edition F. Paulsen J. Waschke p.259)

Proksimal tibia, apeks anterior açılanması ortalama 15 derece olup oldukça belirgindir. Tibial metafizin arkaya doğru eğimli fakat değişken şekilli ön yüzeyi, bir intramedüller çivi yerleştirmek için az çok belirgin bir yüzey sunar. Proksimal metafizin süngerimsi kemiği, medüller kanala erişim sağlamak için oldukça kolay bir şekilde delinebilir. Bununla birlikte, proksimal tibianın şekli, posterior çıkıntısı ve ince, düz arka duvarı, posterior korteksinde delinmesine sebep olabilir (37).

Tibial tüberkülün, 5 ile 10 cm distalinde, medüller kanal belirgin bir şekilde tübüler hale gelir ve özellikle ön kısımda, tüm kemik boyunca göze çarpan kalın duvarlı tibial krest meydana getirir. Kanal tübüler olmasına rağmen, lateral ve posterior korteks ile hipotenüsü medial korteks olan, enine kesitte bir dik üçgen şeklini andırmaktadır. Medüller kanal dik açıda veya üçgenin posterolateral köşesinde yer alır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. A-E, Belirtilen seviyelerde enine tibia BT taramaları; nispeten yuvarlak diyafizer medüller kanal ve özellikle kalın ve yoğun ön korteks ile kabaca üçgen kesitli dış kesit (Skeletal Trauma: Basic Science, Management, and Reconstruction, 2-Volume Set 5th Edition Chapter 64 Tibial Shaft Fractures p.2041).

Tibial intramedüller çivi veya pinleri ve vidaları yerleştirirken bu gerçeğin hatırlanması önemlidir. Tibial cismin özel şeklinin bir anlamı, ön bacakta kolayca palpe edilen tibial krest, kemiğin orta eksenini işaretler ve aslında intramedüller kanalın medial uzandığı lateral bir yapıdır. Diyafizin yoğun kortikal kemiğini,

keskin delici uç dışında herhangi bir şeyle delmek zordur ve penetrasyon sırasında önemli derecede ısı üretecek kadar yoğundur. Tibial diyafiz boyunca vida veya pinler yerleştirirken anterior krestin kalınlığını hatırlamak ve dış çaptan ziyade iç çapı ikiye ayıracak kadar posterioru hedef almak ve böylece gerçek bir bikortikal fiksasyon elde etmek esastır (37).

Distalde tibia cismi genişler ve diyafizden metafize geçerken daha yuvarlak hale gelir. Korteks incelir ve yağlı medüller içeriğin yerini, özellikle genç ve aktif kişilerde yoğun süngerimsi kemik alır. Enine tibial plafondun subkondral kemiğinin 5 cm kadar yukarısı, ayak bilek ekleminin “tavanına” destek verir. Bu süngerimsi kemik, vidalar için sağlam bir kavrayış sağlar ve genellikle bir intramedüller çivi tarafından penetrasyona direnecek kadar kompaktır (37).

Distal tibianın konturu, anteromedial yüzeyinin bir şekilde belirgin içbükeyliği, kemiğin merkezi ekseninden ziyade subkutan dış hatlara bakıldığında bir varus deformitesi düşündürecek kadar dikkate değerdir. Bu distal medial içbükeyliğin düzeltilmesi, distal tibial cisim kırıklarının kapalı redüksiyonunun önemli bir parçasıdır. Böyle bir yaralanmaya uygulanan alçı, içbükey olmak yerine medial hat boyunca düz ise valgus uyumsuzluğu oluşturur. Mast ve ark., tibianın medial yüzeyinin hastadan hastaya değişmeyeceğine dikkat çekerler (38). Üçgen diyafiz, distal tibia metafizer seviyede yuvarlak hat almaya başlar, anteromedial yüzey sagittal düzleme yaklaşık 45 derece, en distal uzantısı neredeyse sagittal bir düzlemde olacak şekilde medial olarak döner. Mast ve ark., bu seviyedeki bir kırığın plak ile osteosentezi için plağın şekillendirilmesi gerektiğine değinmişlerdir (38).

Tibial medüller kanal, proksimal metafizin süngerimsi kemiğinden distal metafizin süngerimsi kemiğine kadar uzanır. Eğer medullar kanal, eksenini doğrultusunda proksimale uzansaydı, tibia plato orta noktası lateralinden geçmesi gerekirdi. Bunun nedeni, nispeten daha büyük olan medial kondildir. Proksimal tibianın en büyük sagittal boyutu da lateraldedir. Buehler, her iki nedenden dolayı, bir IM çivi için lateral eminentia anteriorundan sağlanacak girişin, proksimal kırığa muhtemel en az zararı vereceğini belirtmiştir (39).

Diyafizer kanalın iç kesiti, dış görünümünün düşündüğüne göre çok daha yuvarlaktır (Şekil 2.4). Femurdan farklı olarak, belirgin isthmus ile medullar kanal

ilişkisi kum saatine benzer görünümündedir. Oyma sonrası bir intramedüller tibia çivisinin tam yerleşebilmesi için tibia diyafizer orta hattan geçmesiyle elde edilebilir; bu özellik de çivi ile tespit edilen tibia proksimal ve distal diyafizer kırıkların stabilitesini olumsuz etkiler (39). Genç erişkinlerde medullar kanal daha dar olma eğilimde iken yaşlanma ve osteoporoz ile korteks inceler, metafizer süngerimsi kemiğin yoğunluğu azalır ve medüller kanalın iç çapı artar.

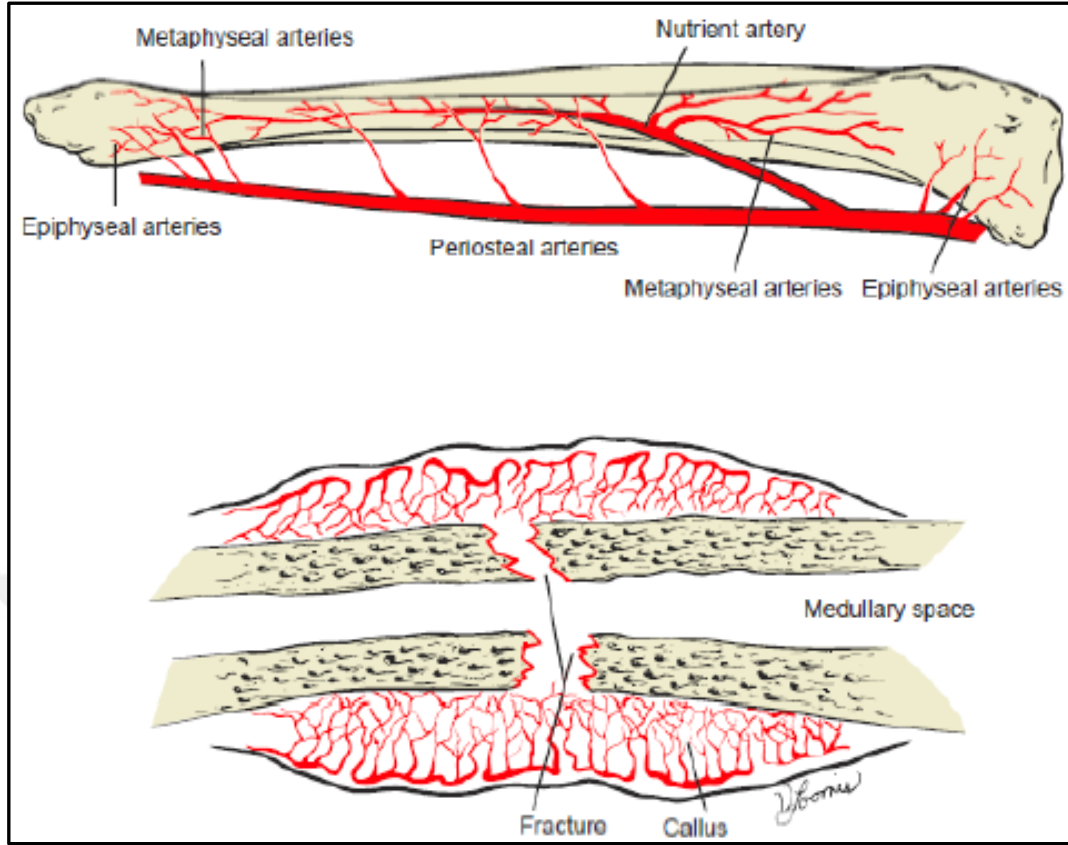
Tibia diyafizer kan akımı, tipik olarak tek bir besleyici arterden; posterior tibial arterin proksimal dalı ile sağlanır (40). Proksimal tibia posterior yüzeyinden tibial cisime oblik olarak girer. Medüller kanal içinde proksimal ve distale doğru seyreder, metafizyal endosteal damarlarla anastomoz yapar (Şekil 2.5). Uzun kortikal foramen boyunca uzanan bir kırığın yer değiştirmesiyle kolayca yaralanabilir. Deplase diyafizer bir kırık, besleyici arteri yaralaması durumunda, distale akımın azalması ile tibial cisimi devaskülarize etmesi muhtemeldir. Periferik yumuşak dokuların önemli ölçüde sıyrılması sonucunda vasküler beslenme birkaç santimetrelilik bir mesafede kaybolabilir. Medullar ve periosteal kan desteğinin birlikte kaybı, kırık iyileşmesini etkiler ve kaynamama riski ile posttravmatik osteomyelit riskini artırır.

İntraosseöz dağılımı boyunca, tibianın medullar arteriyel sistemi, yaralanmamış diyafizin büyük kısmının beslenmesini sağlar. Diyafizer kortikal periferik 1/3-1/4'lük bölümünün arteriyel beslenmesini, anastomoz yapan periosteal damarlar tarafından sağlanır (41). Bu gerçek, bir intramedüller çivi için oyma işleminden sonra özel bir öneme sahiptir, çünkü hem kırılma hem de oymanın neden olduğu kombine devaskülarizasyon, diyafizin çoğunda bir nekrotik kemik tabakası oluşturur (41). Medüller arteriyel dolaşım, çivinin etrafındaki kısmi boşluk içinde birkaç haftada yenilenir. Bu, çevredeki yumuşak dokular yeterince sağlıklıysa, periosteal kollateral dolaşımın alınmasıyla da desteklenen iç kortikal kemiğin revaskülarizasyonuna izin verir.

Ancak revaskülarizasyon gerçekleşene kadar kortikal kemik iyileşme sürecine katılamaz veya enfeksiyona direnç gösteremez. Bir kırıktan sonra, tibial kan akımı önemli ölçüde değişir. Metabolik olarak aktif periferik kallusa besin sağlamanın yanı sıra korteksin ve nekrotik alanları yeniden vaskülarize etmek için

periferik damarlar devreye girer. Bu süreç sağlıklı çevre dokular gerektirir ve en çok tibiaya yakın kasların olduğu bölgelerde etkilidir.





Şekil 2.5. Tibia besleyici kan akımı ve kırık sonrası kallus oluşumu ile geçici ekstraosseöz kanlanma (Skeletal Trauma: Basic Science, Management, and Reconstruction, 2-Volume Set (Browner, Skeletal Trauma) 5th Edition Chapter 64 Tibial Shaft Fractures p.2042)

Alt ekstremitate anatomisinin önemli özelliklerinden bir tanesi de tibia ve tibianın posterolateraline yerleşmiş olan, tibiadan daha çok kas dokusu ile çevrili olan fibula arasındaki ilişkidir. Fibula, proksimal tibiofibular eklem haricinde bacağın proksimal yarısında tibiadan daha uzaktadır ve distal tibial metafiz seviyesi posterolateral yüzeyinde sığ bir artiküler faset (incisura) içinde kalana kadar distal yarısında tibiaya olabildiğince yaklaşır. Birbirine sağlam bir şekilde bağlı olan bu paralel kemikler proksimalde superior ve distalde inferior tibiofibular eklemi oluşturur. Subkütanöz fibula başı, biceps femoris tendonu ve diz ekleminin lateral kollateral ligamentine tutunur. Common peroneal sinir, posteriordan başlayarak fibular boyun çevresini yüzeysel olarak sarar; ardından yüzeysel ve derin peroneal sinire ayrılır. Peroneal sinir, doğrudan darbelerden yaralanma riski altındadır; geniş yer değiştirmiş kırıklar veya çıkıklarla oluşan

gerilmeden ve daha da önemlisi, alçı ve atellerin yapmış olduğu bası nedeniyle iatrojenik olarak yaralanabilir.

Fibula vücut ağırlığının küçük bir kısmını taşıırken, fonksiyonel olarak diyafizinin olmamasından çok az etkilenir. Fibulanın bir kısmının çıkarılması, tibianın ön yüzeylerindeki gerilimi ortadan azaltır ancak ortadan tamamen kaldırmaz (42). Fibula cismi, kasların orijini için önemlidir. Fibulaya peroneal arter eşlik eder. Arter ve kemik kombinasyonu, kemik defektlerini tedavi etmek için cerrahi olarak serbest veya pedikül grefti olarak transfer edilebilir.

Fibula distal uç veya lateral malleol, ayak bilek ekleminin yapısal bütünlüğünde büyük bir rol oynar. Distal tibiaya ayak bileği sindesmoz bağları ile sıkı şekilde bağlanır. Bu bağların zarar görmesi ve bunun sonucunda talus için fibular desteğinin kaybı, tibial cisim kırıkları ile bağlantılı olarak ortaya çıkabilir; bu nedenle tibia kırığı olan hastalarda ayak bileği ekleminin bütünlüğü her zaman değerlendirilmelidir. Kalın bir interosseöz zar, tibial krestin lateralini fibulanın anteromedial sınırına bağlar. Ana lifleri aşağı ve yanlara doğru uzanır. Bu membran, tibianın dolaylı torsiyonel kırıklarından sonra genellikle büyük ölçüde sağlamdır. Sarmiento ve Latta'ya göre, bu tür yaralanmaların azalmasında en büyük destektir (43). İnterosseöz membran, proksimal tibiofibular eklem altında, anterior tibial arter ve ona eşlik eden venler ile bacağın anterior kompartımanına girer. Bu yapıların yaralanması, proksimal tibia kırıkları ve tibiofibular eklem çıkıkları ile ilişkili olabilir. İnterosseöz membranın distal kenarının posteriorundan seyreden terminal peroneal arter, ayak bileği etrafındaki vasküler anastomozları birleştirmek için anteriora geçer (41).

Bu bölgedeki yaralanmalar dikkate alındığında, en önemlisi tibia ve fibulanın yumuşak dokularla çevrilmiş olmasıdır. Fibula ve/veya tibia kırıldığında, cerrahlar onarılamaz hatalardan kaçınmak için yumuşak dokuya ve kemik yapıya dikkat etmek zorundadır; çünkü ne zaman bir kırık meydana gelse yumuşak doku da yaralanır. Açık yaralar genellikle belirgindir, ancak küçük olabilir ve içindeki hasarın boyutunu yeterince temsil edemeyebilirler. Başlangıçta bening gözüксе bile degloving tarzı subkütanöz yaralanmalar ile geniş cilt nekrozuna neden olabilmektedir (37).

Bacağın kompartmanlarında şişmeye bağlı aşamalı olarak yüksek doku basınçları oluşabilir; kapiller kan akışını baskılayarak kompartman sendromu gelişebilir. Bacağın nörovasküler sisteminde direkt veya indirekt yaralanmalar meydana gelebilir. Deri, küçük perforan arterler yoluyla altta yatan fasyadan önemli bir kan desteği alır. Bu küçük perforan arterler, subkütanöz yağ doku altındaki fasyadan degloving tarzı subkütanöz yaralanmalar ile hasar görürler. Bu nedenle cerrahi diseksiyon cilt nekrozu riskini azaltmak için yüzeysel değil, derin fasya altından yapılmalıdır. Bu yaklaşım, fasya ile birlikte alttaki kas dokudan yükselen subfasyal arteriyel pleksusun avantajını kullanır. Dermal pleksus, derinin terminal vasküler yatağıdır (44).

Bacakta ciltaltı bağ dokudaki yüzeysel venler, medial tarafta safen ven ile lateral tarafta kısa safen veni içerir. Safen sinir dalları safen ven ile, sural sinir ise kısa safen ven ile birlikte ilerler. Bu sinirler, bir skar dokusu ya da sütür içinde sıkışıp ağrılı nöromalara neden olabilir. Derin ven sistemi, yaralanma anında hasar görebileceğinden veya ven trombozu ile tıkanabileceğinden, büyük yüzeysel venleri korumak önemlidir (45).

2.3. Kompartman Anatomisi

Ön kompartman, ayak bileği ve ayak parmaklarının dorsifleksörlerini içerir. Tibialis anterior, ekstansör hallucis longus (distal yarısında) ve ekstansör digitorum communis ile eşlik eden peroneus tertius bulunur. Nörovasküler demeti, kompartmana proksimalde katılan derin peroneal sinir ile anterior tibial arter ve venlerden oluşur. Arter distalde dorsalis pedis nabızı ile değerlendirilir. Ancak derin plantar arkten retrograd akım nedeniyle anterior tibial arter kaybına rağmen vasküler dolaşım mevcut olabilir.

Derin peroneal sinir, ayağın dorsalinde birinci ve ikinci ayak parmaklarının tabanları arasında otonom bir duyuşal bölge sağlar. Ön kompartman kaslarının yanı sıra kısa parmak ekstansörlerinin motor kontrolünü sağlar. Anterior kompartman boyunca seyrinin çoğunluğunda nörovasküler demet, tibialis anteriorun lateralinde interosseus membranın üzerinde ve derinde uzanır.

Bununla birlikte, bu kas distal çeyreğin proksimal üçte birlik kısmında eğimli ve ince hale geldiğinden, nörovasküler demet, tibianın lateral yüzeyi

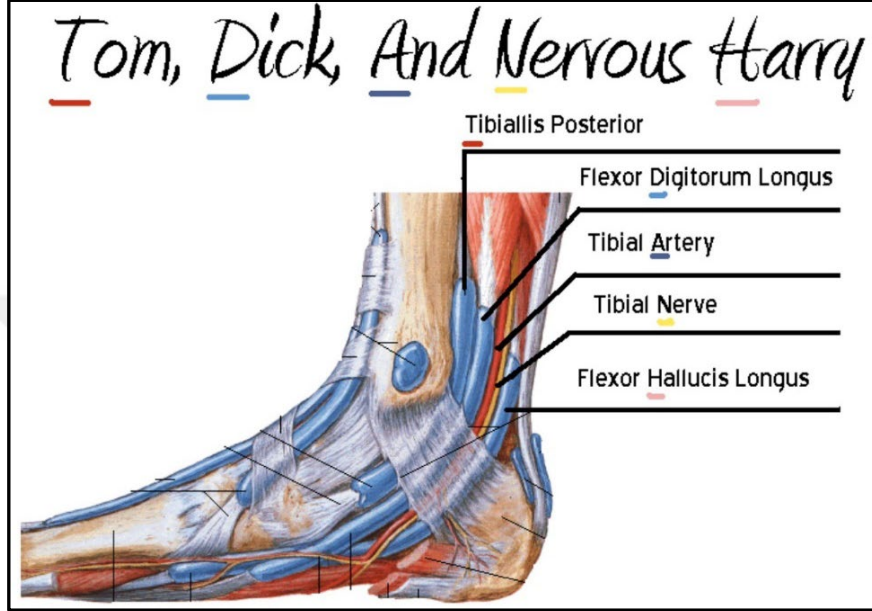
boyunca öne doğru ilerler ve burada kemiğe yerleştirilen pinler tarafından zarar görebilir. Biraz daha distalde, tibialis anterior ve ekstansör hallusis kaslarının tendonları arasındaki tibia üzerinde önde yer alır.

Fibulaya yüzeysel olan lateral kompartman, peroneus brevis ve longus kaslarını içerir ki bunlar ayağın eversiyon yapmasını sağlar. Peroneus longus proksimalde fibula başı lateralinde başlar. Common peroneal sinir, fibula boynunu çevreleyen bu kasın altından geçer. Peroneus brevis, proksimal olarak longusun derininde yer alırken distalde anteriorde yer alır. Ayak dorsumunun geri kalanından duysal uyarıları alan ve motor fonksiyonu sağlayan yüzeysel peroneal sinir; lateral kompartmanda yer alır ancak büyük vasküler bir yapı içermez. Yüzeysel arka kompartman; primer ayak bilek fleksörleri triceps surae ve bu yapıyı oluşturan gastrocnemius, soleus ve plantaris kaslarını içerir. Sural sinir bu kompartmanın posterior fasyasının katmanları arasında uzanır ve lateral topuk duyusunu sağlar. Bu kompartman içinde hiçbir majör arter bulunmaz ki yaralanma sonrası en çok gerilebilen ve muhtemel en az basınç artışını gösterecek kompartman olacaktır.

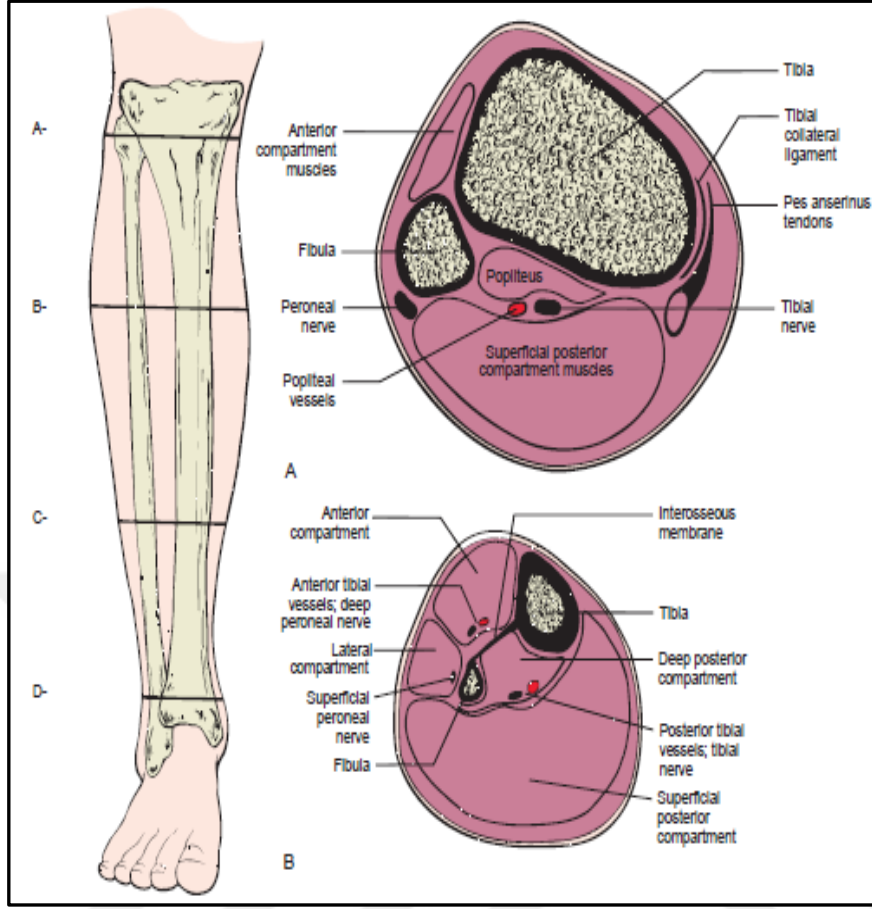
Derin arka kompartman, yüzeysel kompartmanın altında (önde) ve popliteal çizginin distalinde yer alır. Ayak taban duyusunu alan ve plantar intrinsik kaslar ile kompartmanın kaslarına motor uyarı sağlayan posterior tibial sinir ile damar sinir paketini içermektedir. Derin arka kompartman, medialde fleksör digitorum longus, lateralde fleksör hallucis longus ve bunların derinliklerinde yer alan tibialis posterior kaslarını içerir. Proksimalden distale doğru, tibial nörovasküler demet önce popliteusun arkasında, ardından tibialis posteriorun medial sınırının arkasında yer alır. Tibial besleyici arter, oluştuktan kısa bir süre sonra posterior tibial arterden ayrılır ve tibialis posteriorun proksimal kısmından kemiğe ulaşır. Tibialis posterior tendonu tibia boyunca ve fleksör digitorum longus altından geçerek önünde uzanır ve medial malleolün arkasındaki derin posterior kompartman yapılarının iyi bilinen ilişkisini kurar: tibialis posterior, fleksör digitorum longus, posterior tibial arter, tibial sinir ve fleksör hallucis longus “Tom, Dick ve Harry” (46) (Şekil 2.6).

Bacağın derin fasyası, tendonlar ve nörovasküler yapılar için dar geçitler dışında, anteromedialde, proksimalde ve distalde tibiaya yapışıktır. Bu dairesel

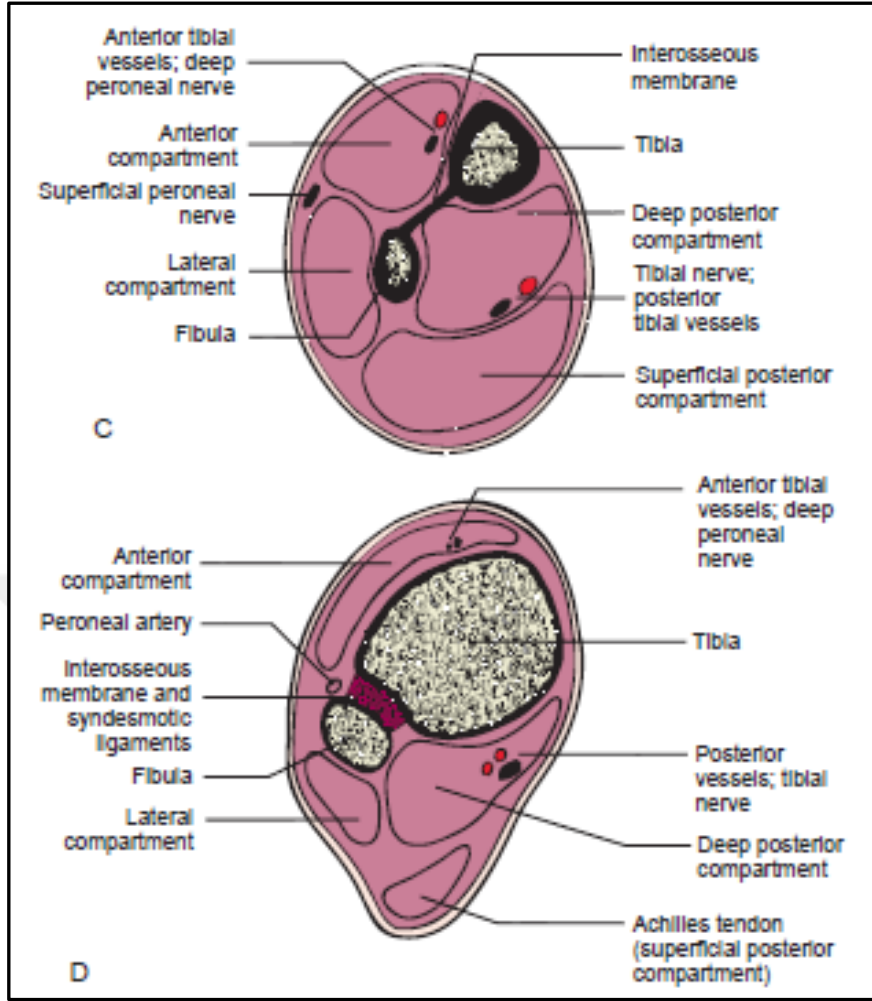
fasya ve fibulaya bağlanan septa ile iyi tanımlanmış dört kompartmana ayrılmıştır. Anterolateral septum, lateral kompartmanı anteriordan ayırır. Lateral ve yüzeysel posterior kompartmanlar arasında posterolateral septum bulunur. Derin ve yüzeysel arka kompartmanlar arasına bir posterior septum bulunur. Daha proksimal medialde tibiaya bağlanır (37) (Şekil 2.7 ve Şekil 2.8).



Şekil 2.6. Tibialis posterior ve derin posterior kompartman arası ilişki



Şekil 2.7. A-B Bacağın kompartmanları ve ana arter ile sinirlerinin enine kesiti (Skeletal Trauma: Basic Science, Management, and Reconstruction, 2-Volume Set (Browner, Skeletal Trauma) 5th Edition Chapter 64 Tibial Shaft Fractures p.2044)



Şekil 2.8. C-D Bacağın kompartmanları ve ana arter ile sinirlerinin enine kesiti (Skeletal Trauma: Basic Science, Management, and Reconstruction, 2-Volume Set (Browner, Skeletal Trauma) 5th Edition Chapter 64 Tibial Shaft Fractures p.2044)

2.4. Yaralanma Mekanizması ve Biyomekanik

Tibia cisim kırıkları, en sık görülen uzun kemik kırığıdır ve tüm alt ekstremité kırıklarının %17'sini oluşturur. Erkeklerde kadınlara göre daha sık görülürken hem yüksek hem de düşük enerji mekanizması nedeniyle bimodal yaş dağılımına sahiptir (47).

523 tibia kırığının incelendiği bir çalışmada, kendi seviyesinden düşme (%17,8), merdivenden düşme (%2,5), yüksekten düşme (%6,2), spor yaralanması (%30,9), darbe/saldırı (%4,5) ve trafik kazaları (%37,5) şeklinde etyolojik dağılıma sahip olduğu görülmüştür. Trafik kazalarının %59,2'sini, motorlu araçların çarptığı yayalar oluşturmaktadır. Aynı çalışmada, motosiklet kullanan ve

trafik kazası sonrası tibia cisim kırığı olan hastalarda, motorlu taşıt yolcuları ve şoförlerine göre açık yaraya sahip olma ihtimallerinin iki kat daha fazla olduğu bildirilmiştir (48).

Tibia ateşli silah yaralanmaları, sivil alanda görüldüğü gibi düşük atış hızı ile (>2000 feet/saniye) görülebilirken, askeri alanda daha sık görüldüğü üzere daha yüksek atış hızı (200 feet/saniyeden daha hızlı) ile meydana gelebilir. Yüksek hızlı yaralanmalarda, kırıklarla ilişkili yumuşak doku yaralanmasının miktarı artar ki bu da bazı yazarların ateşli silah tibia yaralanmalarını Gustilo Tip III açık kırık olarak sınıflandırmasına sebep olmaktadır (49).

Düşük enerjili mekanizmalar da yaygın olarak tibia cisim kırıklarıyla ilişkilidir. Spor yaralanmalarının neden olduğu en yaygın tibia kırıkları futbol oynarken kaynaklanır (50). Tibia cisim kırıklarına neden olan doğrudan darbeler, bacak kaslarında künt ezilme şeklinde yaralanmalara neden olur ve yüksek oranda kompartman sendromu insidansı ile yakından ilişkilidir (48, 51). Ezilme tipi yaralanmalarda, kırık yapısına bakmaksızın ciddi yumuşak doku hasarı vardır ve eksik tanı koyma ihtimalini beraberinde getirir. Tekrarlayan tibia cisim kırıkları, yüklenme, yorulma veya stres kırıkları olarak adlandırılır. Tibia, normal aktivite sırasında kompresif, tensil ve torsiyonel kuvvetlere maruz kalır. Diğer uzun kemik kırıklarında olduğu gibi eğilme kuvvetleri, kompresyon tarafında bir “kelebek” veya çeşitli boyutlarda kama parçası olasılığı olan enine kırıklar meydana getirme eğilimindedir (48, 52).

Oblik kırıklar aynı zamanda lateral eğilme kuvvetleri ile de oluşur, dış parça ana parçalardan birine bağlı kalabilir. IM çivi uygulama sırasında, kama şeklindeki parçaların yerinden oynama ve deplase olma ihtimalini göz önünde bulundurmak gerekir. Spiral kırıklar, dolaylı torsiyonel kuvvetlerle oluşur. Genellikle düşük enerjili mekanizma sonucunda meydana gelir (49, 52).

Çeşitli eğilme, torsiyonel ve aksiyel kuvvetlerin kombinasyonundan çeşitli kırılma modelleri ortaya çıkabilir. Patellar tendonunun tibial tüberküle tutunmasıyla birlikte dizin ekstansör mekanizması, proksimal tibiayı uzatmaya etki eden ana deforme edici kuvvettir ve kırık redüksiyonu ve fiksasyonu sırasında dikkate alınmalıdır. Tüm kırıklarda olduğu gibi, tedavi stratejisi cerrahın tercihi, yaralanma mekanizmasına ve kırık tipine göre şekillenmektedir.



2.5. Klinik Bulgu ve Radyolojik Değerlendirme

Yaralanma sonrası, hastanın yaralanan alt ekstremité üzerine ağırlığını verememesi ve lokalize ağrı şikayeti akut tibia cisim kırığı olabileceği ihtimalini düşündürmelidir. Tibia kırıkları deformite, hassasiyet, instabilite, şişlik ve olası açık yaraların tipik fiziksel bulgularına sahiptir. Belirli bir tibia cisim kırığının tedavisini belirlemek için dikkatli bir klinik ve radyografik değerlendirme yapılır.

Hastadan veya yaralanmaya tanık olan kişilerden, yaralanma mekanizması ve yaralanmadan sonra bir sağlık kurumuna başvuruncaya kadar geçen süreyi içeren ayrıntılı bir öykü alınmalıdır. Yaralanma mekanizması, kırılma paternini ve ilişkili yaralanmaları etkileyebilir. Bazı bölgeler (örneğin; ahır, bataklık, toprak ile temas vb.), açık tibia kırıklarında enfeksiyon oranlarını artırabilecek fazla miktarda mikroorganizma içermektedir.

Yüksek enerjili çok parçalı kırıklar, olası yumuşak doku komplikasyonlarını da beraberinde getirebilir. Eğer yüksek enerji ile oluşabilecek bir kırık paterni, düşük enerjili bir mekanizma ile oluşmuşsa patolojik kırık olabileceğinin göstergesi olabilir. Hastanın yaşı, komorbiditesi ve genel profili (mesleği, sosyal geçmişi, aktivite düzeyleri, beklentileri) de değerlendirilmelidir.

Periferik vasküler hastalık ve diyabet gibi komorbiditeler, enfeksiyon potansiyelini artırmanın yanı sıra kemik ve yumuşak doku iyileşmesini azaltabilir. İnsan immün yetmezlik virüsü (HIV) ve kanama bozuklukları öyküsü de enfeksiyon ve ameliyat sonrası komplikasyon riskini artırabilir. Sigara, kırık ve yara yeri iyileşmesi gecikmesi ile yakından ilişkilidir (53, 54).

Son olarak, hastanın aktivite profili, seçilecek tedavi şeklini de etkileyebilir. Genç bir atletteki basit bir düşük enerji paterni, ciddi komorbiditeleri olan sedanter yaşlı bir insandakinden farklı şekilde tedavi edilebilir.

Ek yaralanmalar için hastanın genel muayenesi, yaralanma mekanizmasına uygun olarak ve American College of Surgeons Advanced Trauma Life Support (ATLS) sisteminin kılavuzlarına göre gerçekleştirilir (55). Yaralı uzuv daha sonra vasküler yaralanma, nörolojik yaralanma, yumuşak doku yaralanması, kompartman sendromu ve ipsilateral uzuv yaralanmaları için hedefe yönelik sistematik bir şekilde incelenir.

Proksimal tibia kırıkları, interosseöz membrandan geçen anterior tibial arter yaralanması ile ilişkili olabilir. Dorsalis pedis ve posterior tibial nabızlar kontrol edilmeli ve kaydedilmelidir. Distal perfüzyon, öncelikle distal periferik nabızlar ile değerlendirilir, ayrıca cilt rengi, sıcaklık ve kapiller dolum da distal perfüzyon hakkında fikir verebilir. Perfüzyonun yeterliliği ile ilgili herhangi bir sorun varsa kırık redükte edilerek atel veya splint ile geçici stabilize edilmeli ve perfüzyon tekrar değerlendirilmelidir. Doppler destekli nabız ölçümleri, fizik muayeneye faydalı bir yardımcıdır. İlk muayenede periferik nabızlar palpe edilemediyse bir damar cerrahına danışılmalıdır ve bu durum anjiyografi yapılmasını gerektirebilir. Ancak bu, acil ortopedik tedaviyi geciktirmemelidir.

Fibula boyun kırıklarında peroneal sinir yaralanması dışında kapalı kırıklarda direkt sinir yaralanması nadirdir. Nörolojik değerlendirmenin çoğu hastanın ayak muayenesi ile yapılır. Bu sinirler farklı kompartmanlar içinde ilerlediğinden yapılacak olan nörolojik muayene, yaralanmanın seviyesi ve ciddiyeti açısından değerlidir. Duyarlılık hafif dokunma ya da acı (örn. bir iğne) ile değerlendirilir ve diğer ekstremiteler ile karşılaştırılır. Motor fonksiyon, motor testleri ile değerlendirilmeli ve kas gücü 0'dan 5'e kadar derecelendirilmelidir.

Derin peroneal sinir kruris anterior kompartmanında bulunur. Dorsal duyu alanı ayak birinci ve ikinci parmakları arasında olup motor lifleri sayesinde ayak parmaklarının dorsifleksiyonunu sağlar. Lateral kompartman içinden geçen yüzeysel peroneal sinir, ayağın geri kalan dorsal kısım duysunu almayı sağlar ve motor lifleri ile ayak evertörlerine uyarı gönderir. Tibial sinir, bacağın posterior derin kompartmanından geçer; ayağın plantar duysunu alır. Motor innervasyonu ayak parmağı plantar fleksörleri üzerinedir. Sural sinir, bacağın yüzeysel arka kompartmanındadır ve lateral topuğun duysal innervasyonunu sağlar ancak motor aktivitesi yoktur (Tablo 2.1). Paraliz ve duyu kaybı genellikle gerilim, doğrudan travma veya iskemi ile ilişkili olabilir.

Tablo 2.1. Bacağın periferel sinirleri ve kompartmanlarının değeriendirilmesi

Sinir	Kompartman	Motor Fonksiyon	Duyu Fonksiyonu
Derin peroneal	Anterior	Ayak parmağı dorsofleksiyon	Dorsal I-II duyu alanı
Yüzeyel peroneal	Lateral	Ayak eversiyonu	Ayak dorsolateral duyu alanı
Tibial	Derin posterior	Ayak parmağı plantar fleksiyon	Ayak taban duyusu
Sural	Yüzeyel posterior	Triceps surae	Topuk lateral duyu alanı

Yumuşak doku değeriendirmesi acil serviste başlar, ameliyathanede devam eder. Ameliyattan önce ve ameliyat sırasında açık yaraların değeriendirilmesi ve derecelendirilmesi arasında fark olabileceği akılda tutulmalıdır. Dermis boyunca uzanan küçük bir yaranın kırıkla ilişkili olabileceği varsayılmalıdır. Acil serviste yaranın daha fazla araştırılması enfeksiyon oranını artırabilir (56).

Kompartman sendromu başlangıçta ağrı ve şişlik ile karakterizedir. Nörolojik fonksiyon, nabızlar ve cilt perfüzyonu genellikle kompartman sendromunun ilerleyen zamanlarına kadar etkilenmez (57). Kompartmanların manuel palpasyonu, kompartman sendromunu değeriendirmede yetersiz tanısal değere sahiptir (58).

Bilinçli bir hastada, kompartman içindeki bir kasın pasif olarak gerilmesiyle ortaya çıkan ağrı, kompartman sendromu tanısını destekleyebilir (örneğin, ön kompartman ağrısı, hastanın ayak parmaklarını pasif olarak plantar fleksiyona getirince oluşur ve derin arka kompartman ağrısı, pasif parmak dorsifleksiyonu ile değeriendirilir). Ancak kompartman basıncının artmasına bağlı gelişen ağrı ile kırığa bağlı oluşan ağrıyı birbirinden ayırmak genellikle zordur.

Tekrarlanan klinik muayeneler (ilk 24 ile 48 saat içindeki sık muayeneler) ve fizik muayenelerin eksiksiz dokümantasyonu, kompartman basınçlarındaki yükselmeyi ve kompartman sendromu gelişimini tespit etmenin tek yoludur (59).

Analjeziklerin artan kullanımı izlenmelidir çünkü artan bacak kompartman basıncı ile de ilişkili olabilir. Bilinci kapalı veya duyu defisiti olan hastalarda, fizik muayene güvenilir olmayabilir (60).

Tibia cisim kırığı yaralanmasına eşlik eden en sık yaralanma ipsilateral fibula kırığıdır. Diğer ilişkili yaralanmalar, proksimal ve distal tibiofibular eklemlerin bozulması, kırığın proksimal ve distal eklem yüzeyine yayılması, diz ve ayak bileği bağ yaralanmaları (veya çıkıkları), femur cisim kırıkları (yüzen diz yaralanmaları) ve ayak yaralanmalarıdır.

Tibianın anteroposterior ve lateral radyografilerinin standart incelemesi, muhtemel tibia kırıklarının değerlendirilmesinde standarttır ve operasyon öncesi tedavi şeklinin belirlenmesinde yardımcıdır. Diz ve ayak bilek eklemine, anteroposterior ve lateral radyografileri mutlaka değerlendirilmelidir. Eğer kırığın eklem uzanımından şüphe ediliyorsa bilgisayarlı tomografi yardımcı olabilir. Olası vasküler hasardan şüphe ediliyorsa doppler ve gereği halinde BT anjiyografi tanıya yardımcı olabilir.

2.6. Sınıflandırma

Tibia cisim kırıkları, diğer uzun kemik kırıklarına göre daha fazla komplikasyonla ilişkilidir ve tibia cisim kırıkları için birçok sınıflandırma yapılmıştır (61,62).

Ellis, 1958’de, kırık deplasmanı, parçalanma derecesi ve yumuşak doku yaralanma şiddetini kullanarak; minör, orta, majör olmak üzere tibia cisim kırıklarını sınıflandırmıştır. ‘Minör’ tibia kırıklarını, deplase olmuş ya da sadece açışal deformiteye sahip, varsa küçük açık bir yara ve kemik dokuda az miktarda parçalanma şeklinde tarif etmiştir. ‘Orta düzey’ tibia kırıklarını, tamamen deplase kırıklar olarak tanımlamıştır. ‘Majör’ tibia kırıklarını, bunlara ek olarak önemli ölçüde parçalı ya da büyük açık bir yara içeren kırıklar olarak tanımlamıştır. Cerrahi tedavi edilen 343 tibia kırığını incelemiş ve minör hasarlar için 10 hafta, orta hasarlar için 15 hafta ve majör hasarlar için 23 hafta ortalama kaynama zamanı belirlemiştir. 20 hafta üzerinde kaynayan hastalar için ‘gecikmiş kaynama’ tanımını kullanmıştır. Gecikmiş kaynama insidansının, minör kırıklarda %2, orta düzey kırıklarda %11 ve major kırıklarda %60 oranında görüldüğünü bildirmiştir (63, 64, 65).

Internal Fiksasyon Çalışma Gurubu [Association for the Study of Internal Fixation (AO/ASIF)] ve Ortopedik Travma Birliği [The Orthopaedic Trauma Association (OTA)] tarafından da benimsenmiş olan, günümüzde de bilimsel olarak tibia cisim kırıkları çalışmalarında en yaygın kullanılan sınıflandırma sistemi, Johner ve Wruhs tarafından tanımlanmıştır (Şekil 2.9) (66-69).

Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen/Orthopaedic Trauma Association (AO/OTA) uzun kemikler için kapsamlı bir sınıflandırma olup tibia kırık modelini tanımlamak ve araştırma amacıyla kullanılmıştır. 2018 yılındaki revize edilmiş hali ile bu sınıflamada B ve C tiplerinin B1 ve C1 alt tipleri mevcut değildir (Şekil 2.9).

Tibia Cisim Kırıkları AO/OTA Sınıflaması

42A. Tek basit kırıklar

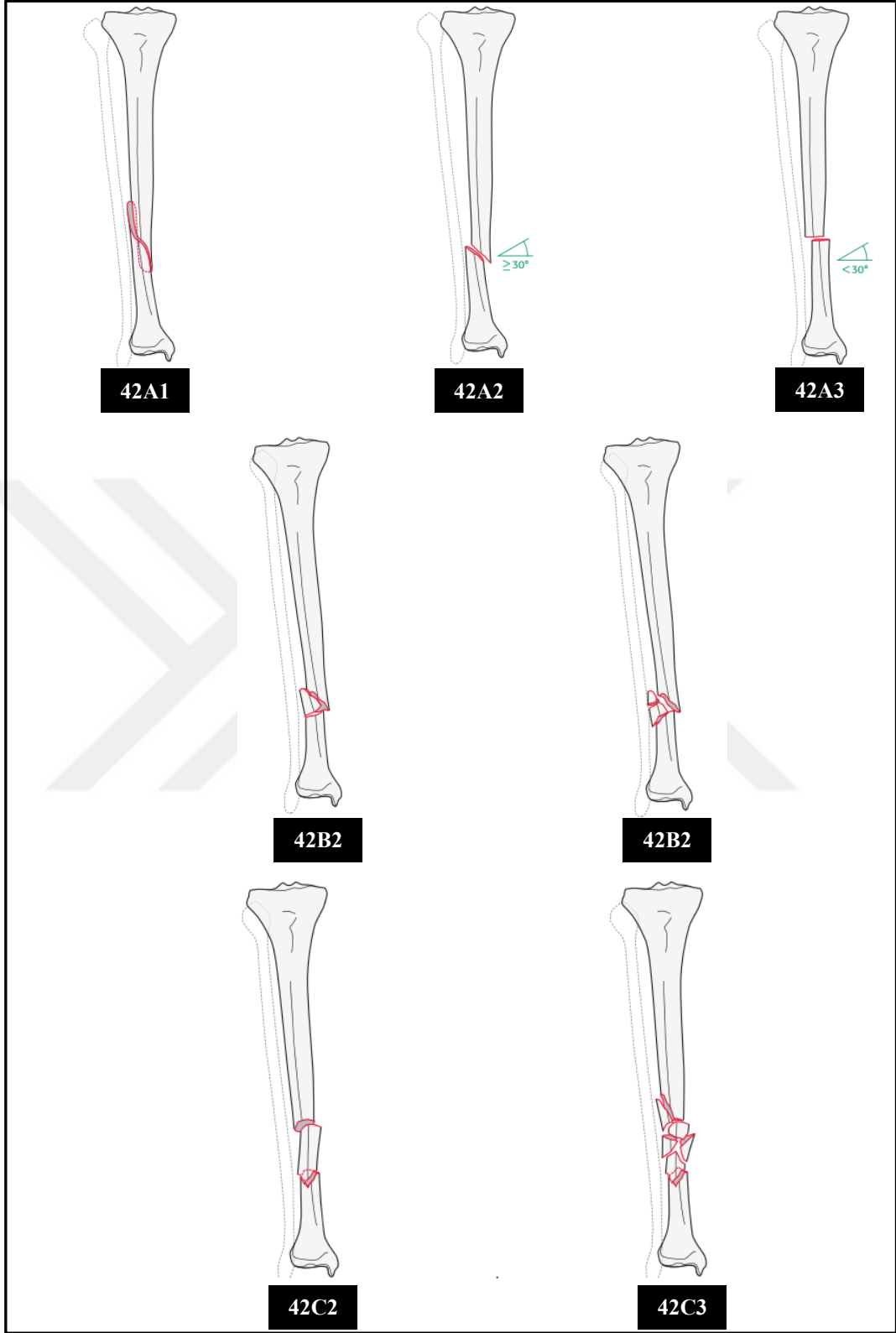
- A1.** Basit spiral kırık
- A2.** Basit oblik kırık (>30 derece)
- A3.** Basit transvers kırık (<30 derece)

42B. Kelebek fragmanlı kırıklar

- B1.** Ayrılmamış spiral üçgen tipi kırıklar
- B2.** Ayrılmamış eğilmeyle olan üçgen kırık
- B3.** Parçalı üçgen şeklinde kırık

42C. Çok fragmanlı segmenter veya parçalı komplike kırıklar

- C1.** Kompleks spiral kırıklar
- C2.** Kompleks segmenter kırıklar
- C3.** Kompleks düzensiz kırıklar



Şekil 2.9. Tibia cisim kırıkları AO/OTA sınıflaması (www.jorthotrauma.com
Copyright 2018 by AO Foundation, Davos, Switzerland; Orthopaedic Trauma
Association, IL, US)

Swiontkowski ve ark., AO/OTA sınıflandırması ile fonksiyonel sonuçlar arasında zayıf korelasyon olduğunu; kırık iyileşmesinin sadece kırık tipine bağlı olmadığını, aynı zamanda kırık yer değiştirme miktarı ve yumuşak doku yaralanmasının ciddiyeti gibi kırık paterni dışındaki faktörlerinde önemli miktarda etkili olduğuna dikkat çekmişlerdir (68, 69).

Bauer ve Edwards, travma türünün yumuşak doku hasarının derecesi ve sonuçları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu savunmuştur. Tibia cisim kırıklarının prognozunun, kemik yaralanmasından çok yumuşak doku hasarının şiddeti ile ilişkili olduğunu öne sürmüşlerdir. Yaralanma şiddeti ile enfeksiyon, geç kaynama, kaynamama veya amputasyon gibi komplikasyonlar arasında yakın bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir (61, 70, 71, 72).

Açık kırıklar için, yumuşak doku yaralanmasını tanımlamak adına en sık Gustilo-Anderson sınıflandırması kullanılmaktadır. Gustilo-Anderson, çoğu Kuzey Amerikalı ortopedistler tarafından kullanılan bir sınıflandırma sistemini geliştirerek; ilk üç kategorisini beşe genişletmiş ve açık kırık oluşumu ile birlikte zarar gören parametreleri yaranın önemini vurgulamak için yeniden revize etmişlerdir (73). Orijinal makalelerine göre açık kırıklar şu şekilde sınıflandırılmıştır:

Tip I- 1 cm'den kısa ve temiz yarası olan açık kırık

Tip II- Yoğun yumuşak doku hasarı, sarkan parçası ve avülsiyon olmayan, 1 cm'den büyük kesisi olan açık kırık

Tip III- Yoğun doku hasarı olmayan segmental açık kırık, yoğun doku hasarı ile birlikte olan açık kırık veya travmatik amputasyon

Tip III'ün özel kategorileri; ateşli silah yaralanmaları, tarım yaralanmaları ve vasküler hasarın eşlik ettiği açık kırıklardır ve farklı alt tiplere ayırma ihtiyacı oluşmuştur (74):

Tip III A- Yoğun yumuşak doku hasarı içeren açık kırıklar, genellikle yüksek enerjili yaralanmalarından kaynaklıdır. Büyük ölçüde kontamine olmuş yara ve şiddetli parçalanma ya da segmental kırıklar bu gruba dahil edilir. Yumuşak dokunun kemiği çevrelemesi yeterli düzeydedir.

Tip III B- Yoğun yumuşak doku hasarı, periosteal sıyrılma ve kemiğin maruziyeti ile gelişen bir açık kırık, genellikle şiddetli kontaminasyon ve kemik

parçalanması eşlik eder. Yumuşak dokuyu korumak için flep ile kapatmak gereklidir.

Tip III C- Bu kırık, tedavi gerektiren vasküler hasar ile ilişkilidir.

Bazı araştırmacılar, Gustilo-Anderson sınıflandırma sistemini, yara yeri enfeksiyon riskini tahmin etmek için de kullanmıştır. Yapılan bir çalışmada, Tip I için %2, Tip II için %2 ile %10, Tip III için %10 ile %50 ve Tip IIIC için ise %25 ile %50 arası enfeksiyon riski mevcudiyeti bildirilmiştir (68).

1984 yılında Tscherne, daha çok yumuşak doku hasarını ön plana çıkaran bir sınıflamayı yayınlamıştır (75):

Evre 0: Klinik bulgu vermez, düşük enerjili yaralanmalardır, basit kırık paternleri ile birlikte.

Evre I: Hafif-orta enerjili yaralanmalardır, kırık kemik uçlarının ciltte oluşturduğu basınç nedeni ile oluşur, yumuşak doku kontüzyosu görülür, tipik örneği ayak bilek kırıklı çıkıktır.

Evre II: Yüksek enerjili yaralanmalardır, büyük oranda yumuşak doku kontüzyosu ile birlikte parçalı veya segmenter kırık paternleri gözlenir. Kompartman sendromları eşlik edebilir. Ciltte hemorajik büller görülebilir.

Evre III: Dekompanse kompartman sendromu ile birlikte ciddi ezilme, vasküler yaralanma, soyulma tarzı cilt, kas ve tendon yaralanmalarını içerir.

2.7. Tedavi

Uzun kemik kırıkları tedavisinde ana amaç; hastanın normal yaşamına en kısa sürede dönmesini sağlayacak, en az komplikasyon riski içeren ve minimum deformasyon ile iyileşmiş fonksiyonel bir ekstremitte elde etmektir (76).

Tedavide seçilecek olan yöntem, yaralanmanın doğal seyrini ve kırığa ait özellikleri anlamaya dayanmalıdır (77). Tibia cisim kırıkları tedavisinin geçmişinin büyük bir kısmını, açık tibia kırıklarının tedavi geçmişi oluşturur (78, 79).

İngiliz cerrah Watson-Jones 20.yy'ın ortalarında, kırık tedavisi ve mevcut literatür üzerine büyük kazanımlar getirmiştir. O ve meslektaşı Coltart “Kaynama asla kaçınılmaz değildir ve eğer yeterince hareketsiz kalırsa her kırık

birleşecektir.” görüşüne inanmışlardır. Anatomik redüksiyonu ve mutlak hareketsizleştirmeyi, kırık iyileşmesi sağlanana kadar da alçı kullanımını benimsemişlerdir (75, 80, 81).

20. Yüzyılın başlarında tibia cisim kırıkları tedavisi için konservatif tedavi seçenekleri ön plandayken, İkinci Dünya Savaşı sonrası cerrahi yöntemler tanımlanmaya ve uygulanmaya başlamıştır. Cerrahi uygulamalardaki başarısız deneyimler sonrasında yeniden konservatif tedaviye eğilim artmış ve özellikle Sarmiento, tüm kırıklarda olduğu üzere tibia cisim kırıkları için de konservatif tedavinin yaygın hale gelmesine önderlik etmiştir (82).

Günümüzde ise tibia cisim kırıkları tedavisi için yeni yaklaşımlar mevcuttur. Kapalı ve açık tibia cisim kırıklarının tedavisinde, içinde bulunduğumuz yüzyılda teknolojinin de gelişmesiyle önemli gelişmeler olmuştur. 1980’li yıllardan itibaren implant üretimindeki başarılar ve teknolojik ilerlemeler sonucunda günümüzde tibia cisim kırıkları cerrahi tedavisinde altın standart intramedüller çivi uygulaması olarak kabul görmektedir.

Tibia cisim kırığı olan bir hasta için ilk öncelik, yaşamı tehdit eden diğer yaralanmaların kapsamlı ve sistematik bir şekilde araştırılmasıdır. İleri travma yaşam desteği programı tarafından bir bütün olarak hastanın sık aralıklarla değerlendirmesi, yaralı uzuv için gecikmiş bir nörovasküler felaketi gözden kaçırmamak için kırık tedavisi ile eşit derecede önemlidir (83).

Tibia cisim kırıklı hastalarda tedavi, kırık bacağın geçici tespiti ile başlarken aynı zamanda kafa, göğüs, batin ve ek yaralanma olup olmadığını değerlendirmek ve gerekli tedavi prosedürlerini uygulamak gerekmektedir. Konservatif ve cerrahi tedavi seçeneklerinden hangisi seçilirse seçilsin, tibia cisim kırıklarından sonra tedavi yöntemini belirlemede; kırık yeri ve tipi, açık ya da kapalı kırık olduğu, yumuşak doku yaralanma ciddiyeti, hastanın genel durumu ve ek yaralanma varlığı, hastaların tedaviden beklentileri ve tedaviye uyumu göz önünde bulundurulmalıdır.

Tibia cisim kırıklı hastalarda başarılı sonuç alabilmek için amaçlanması gereken hedef; uygun redüksiyon ile yapısal stabiliteyi sağlamak, mekanik aksı korumak, rotasyon, uzunluk ve pozisyon kusurlarını kabul edilebilir kriterler

içinde tutmak, deformitesiz tam fonksiyon gösteren bir ekstremitte elde etmektir (84).



İdeal redüksiyon, tam anatomik redüksiyondur; ancak bu genellikle açık redüksiyon ile sağlanabilir. Kapalı yöntemlerle açılanma, kısalık ve rotasyon kabul edilebilir sınırlarda tutulmalıdır. Prensip olarak kapalı yapılan uygulamalarda, kırık yüzeylerinde en az %50 temas mevcudiyeti ile deplasman miktarı minimal düzeyde tutulup temas yüzeyi arttırılarak kaynama süresinin kısılması amaçlanır. Genel olarak 10 derecelik açılanma kabul edilmiş olsa da Russel, 5 derecelik varus-valgus açılanmasını, 10 derecelik ön-arka açılanmasını, karşı tibia ile 10 derecelik rotasyon farkını ve 1 santimetreye kadar kısalık farkının kabul edilebilir olduğunu; ancak distraksiyonun kırık kaynamasında olumsuz etkisi nedeniyle kabul edilebilir kriterler içinde olamayacağını belirtmiştir. Yapmış olduğu çalışmalarda, kırık hattında 5 milimetrelık distraksiyonun, kırığın kaynama süresini 8-12 aya kadar geciktirdiğini göstermiştir (85, 86, 87).

Günümüzde kapalı tibia kırıklarının birçoğu, oyulmuş (reamerize) intramedüller çivi uygulaması ile tedavi edilmektedir (88). Bununla birlikte, birkaç klinik senaryo dışında tibia kırıklarının ameliyatsız olarak da başarılı bir şekilde yönetilebileceğini hatırlamak önemlidir (89).

Bu nedenle cerrah, ameliyat endikasyonlarını ve ameliyatla ilgili ayrıntıları net bir şekilde anlamalıdır. Tibia cisim kırıklarının cerrahi tedavisi için birkaç kesin endikasyon vardır. Bu endikasyonlar, ekstremitayı tehdit eden yaralanmalarla ilişkili tibia kırıklarını ve yer değiştirmiş eklem içi uzanım gösteren tibia kırıklarını içerir. Ekstremitayı tehdit eden yaralanmalar arasında arter yaralanmaları, kompartman sendromu, ezilme tarzı yaralanmalar ve açık tibia kırıkları yer alır. İpsilateral femur kırıkları ile birlikte olan tibia kırıkları da (yüzen diz yaralanması) aynı zamanda kesin ameliyat endikasyonu oluşturur.

Kapalı veya tip I açık tibia kırıklarında konservatif tedavi ile iyi sonuçlar elde edilen yayınlar literatürde mevcuttur (90, 91). Sarmiento ve arkadaşları, alçılama ile tedavi edilen ve ardından fonksiyonel brace uygulamasına geçilen 1000 tibia kırığında olumlu sonuçlar bildirmişlerdir (43).

Bununla birlikte, bazı tibia cisim kırıkları, konservatif tedavi ile kabul edilemez sonuçlara sahip olabilirler. Konservatif olarak tedavi edilen 50 tibia kırığı üzerinde yapılan bir çalışmada, proksimal ve distal diyafizer kırıklarda %75,

mid-diyafizer kırıklarda %25 gibi yüksek oranlarda yanlış kaynama ile sonuçlandığı görülmüştür (92). Başka bir çalışmada, tibia diyafizer spiral kırıklar için konservatif tedavi uygulanmış ancak %46 gibi yüksek oranda kaynamama gözlenmiştir (93). Oblik ve ciddi parçalı kırıklar önemli ölçüde kısalma ile ilişkilendirilmiştir (94).

Nicoll tarafından yapılan klasik bir çalışmada, gecikmiş kaynama ile ilişkili dört faktör belirlenmiştir; yer değiştirme, parçalanma, ciddi yumuşak doku yaralanması ve enfeksiyon. Yumuşak doku hasarı olan ve uzun süreli immobilizasyon uygulanan vakalarda, ciddi oranda diz ve ayak bilek ekleminde gelişen sertlik nedeniyle hastaların hayat kalitesinin olumsuz yönde etkilendiği gösterilmiştir (89).

Tibia cisim kırıklı hastalarda konservatif ve cerrahi tedavi sonuçlarını doğrudan karşılaştıran az sayıda çalışma vardır. Karşılaştırmalı çalışmaların çoğu, alçıya göre cerrahi yönetimin faydasını gösterme eğilimindedir. 100 tibia cisim kırığının konservatif tedavisini, plak-vida fiksasyonu ile karşılaştıran bir çalışmada, cerrahi tedavi ile iyileşme süresi daha kısa ve yanlış kaynama ihtimali önemli ölçüde daha düşük olduğu gösterilmiştir (92).

Tibia cisim kırıklı hastalarda konservatif tedavi ile intramedüller çivi uygulamasını karşılaştıran bir başka çalışmada, cerrahi tedavi açıkça üstün bulunmuştur. İntramedüller çivi uygulanan hastalara daha az klinik kontrol gereksinimi ve daha az postoperatif radyografi tetkiki gerektirmektedir. Kötü kaynama, konservatif grupta %18 iken, çivi uygulanan grupta %3,5 oranında olduğu görülmüştür. Hareket açıklığı, başlangıçta konservatif grupta anlamlı olarak daha düşük olup son takiplerde benzer sonuçlara sahip olduğu bildirilmiştir (95).

47 intramedüller çivi uygulanan ve 52 alçı uygulaması ile takip edilen 4,4 yıllık retrospektif bir çalışmada, kaynama süresi (18'e karşı 26 hafta), kaynamama oranı (%1'e karşı %5) ve tüm fonksiyonel sonuç skorları karşılaştırılmış; tibia cisim kırıklarında intramedüller çivi uygulaması daha üstün bulunmuştur (96).

Tek taraflı deplase tibia kırığı (kapalı veya tip I açık) olan 53 hastayı kapsayan bir çalışmada, IM çivi ile tedavi edilen hastaların kaynama süresinin daha kısa olduğu (19'a karşı 25 hafta), kaynama gecikmesinin daha düşük olduğu

(%6'ya karşı %16) ve yaralanmadan sonraki 3 ayda daha iyi fonksiyonel sonuçları olduğu tespit edilmiştir (97).

Son olarak, literatüre dayalı bir maliyet analizinde, alçılama ile karşılaştırıldığında, reamerize intramedüller çivi uygulamasının ekonomik olarak daha düşük maliyeti olduğu gösterilmiştir (98).

2.7.1. Konservatif Tedavi

Düşük enerjili travma sonrası yumuşak doku yaralanmasının daha az olduğu, non-deplase, inkomplet veya transvers kırıklarda öncelikli tercih konservatif tedavidir. Kapalı redüksiyon sonrası alçı uygulaması en sık kullanılan metottur (37, 99). Kırık çevresi yumuşak dokulara zarar vermemesi, kırık hematomunun korunması, düşük enfeksiyon ve basit tip kırıklarda yüksek oranda kaynama başarısı ile düşük maliyet, konservatif tedavinin avantajları arasındadır (87). Sarmiento, Dehne ve Hughston, konservatif tedavi ile yüksek oranda başarılı sonuçlar elde ettiklerini ileri sürmüşlerdir (82, 100, 101, 102).

i. Kapalı redüksiyon ve uzun bacak alçılama

Akut tibia cisim kırıklarının çoğu, ayak doğru bir şekilde döndürülmüş ve nötral pozisyonda desteklenmiş olarak, muayene masası veya ameliyat masası üzerinde, yer çekimi etkisinden faydalanılarak veya yardımcı bir görevli tarafından kırık hattı desteklenerek uygulandığında oldukça tatmin edici şekilde sonuçlanabilir.

Alçılama işlemi, metatarsofalangeal eklemden uyluk proksimaline kadar diz ortalama 15 derece fleksiyonda, ayak bileği nötral pozisyonda iken yapılır. Rotasyonel hizalama diğer bacak ile karşılaştırılarak kontrol edilir. Alçılama sonrasında bacak anteroposterior ve lateral radyografiler ile kontrol edilmelidir.

ii. Fonksiyonel alçılama ve Brace uygulaması

Tibia kırıklarının konservatif fonksiyonel tedavisinin belki de en etkili savunucusu olan Sarmiento, genellikle daha düşük enerjili ve deplasman miktarı daha az tibia cisim kırıkları olan seçilmiş hastalarda başarılı sonuçlar bildirmiştir. 15 milimetreden daha az kısalığa sahip, aksiyel stabil ve redükte transvers kırıkların tedavisi için tanımlamıştır (43). Uygun seçilmiş hastalar için sonuçlarının tatmin edici olduğu kanıtlanmıştır (103).

Yumuşak doku hasarının miktarı, oluşabilecek kısılmayı belirler. Nihai kısılma genellikle ilk radyografilerde görünen kısılma miktarından tahmin edilebilir. Parça örtüşmesi ile ölçüldüğü üzere, 15 mm'den fazla kısıklık, AP grafide 5 derece ve yan grafide 10 dereceden fazla açılanması olan kırıklarda fonksiyonel alçı ve brace uygulaması kontraendikedir. Kapalı tibia cisim kırıkları için fonksiyonel tedavi protokolü Sarmiento ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir (104, 43).

Fonksiyonel alçı veya brace uygulamasının temel prensibi, başta interosseöz membran olmak üzere, yumuşak dokuların kısılalığının oluşmasına izin vermemesi ve bu esnada tibiayı çevreleyen alçının, açılanmayı ve rotasyonu kontrol etmesidir. Transvers kırıklarda, 4-6. haftadan sonra Sarmiento tipi patellar tendon destekli yürüme alçısı ile hastanın erken dönemde yürütmesine izin verilebilir. Kapalı redüksiyon ve alçılama yönteminin bazı dezavantajları mevcuttur. Redüksiyon bozulması sonrası kaynamama, yanlış kaynama ve en büyük sorunun subtalar eklemden olmak üzere, arka ayakta gelişen sertlik ve normal hayata dönüş süresinin uzun olması bunlardan en belirginleridir (105). Bu nedenle, intramedüller çivileme ile karşılaştırıldıklarında, çivi uygulamasının daha iyi sonuçlar verdiği bildirilmiştir (99). Parçalı, instabil, açık veya kapalı segmenter kırıklar, yumuşak dokudaki gerginliğin azaltılması ve yara bakımının yapılabilmesi amacıyla geçici olarak iskelet traksiyonuna alınabilir. İskelet traksiyonu için genellikle kalın bir Kirschner teli ya da Steinman çivisi kullanılır.

2.7.2. Cerrahi Tedavi

Kuzey Amerika ve Avrupa'da kapalı tibia cisim kırıklarının cerrahi tedavisi neredeyse sadece IMN ile yapılmaktadır (88).

IM çivi için kontraendikasyonların olduğu durumlarda ve 6 mm'den küçük kanal çapı, kanal deformitesi, kanalın ciddi kontaminasyonu, geçirilmiş total diz artroplastisi veya diz artrodezi olan hastalarda, plaklama ve eksternal fiksasyon yöntemi kullanılabilir (106). Özellikle hasar kontrol stratejisinin bir parçası olarak çoklu travma hastalarında ve stabil olmayan kırıklarda eksternal fiksasyon yöntemi kullanılabilir (107).

İzole kapalı tibia kırıklarının cerrahi fiksasyonu için tercih edilen zamanlamayı tanımlayan kesin bir çalışma yoktur. Tibia kırıkları oluş mekanizması ile yumuşak doku yaralanması arasındaki yakın ilişkiye rağmen, erken fiksasyonun kompartman sendromu riski üzerinde bir etkisi olup olmadığı net olmamakla birlikte teorik olarak kapalı çivi yöntemi ile kompartman sendromu riskini arttırabilmektedir. Bu komplikasyonun gerçek insidansı iyi tanımlanmamıştır. Moehring ve ark., 26 tibia cisim kırığının çivi ile fiksasyonu sırasında intraoperatif basınç ölçümleri gerçekleştirmiştir. Hastaların %35'inde hemen hemen dört kompartman içinde de fasyotomi gerektiren sürekli yüksek basınçlar (>40 mmHg) saptamışlardır (108).

Bununla birlikte, McQueen, akut tibia kırıklarının çivi ile fiksasyonu sırasında ve sonrasında sürekli basınç izlemesi ile kompartman sendromu insidansının sadece %1,5 olduğunu ve tedaviyi 24 saatten fazla geciktirmenin hiçbir etkisi olmadığını ileri sürmüştür (109).

Tornetta, oyma işlemi yapılmadan çivi ile tespit uygulanan 58 hastada, çivi geçişi sırasında sadece geçici basınç yükselmesi olduğunu ve bunun sonucunda da kompartman sendromuna rastlanmadığını ifade etmiştir (110).

i. Debridman ve Antibiyoterapi

Tüm açık tibia kırıkları acil insizyon ve drenaj gerektirir. Acil serviste yaralar irriga edilmelidir. Tüm açık tibia kırıkları acil antibiyotik gerektirir, yaralanmadan sonraki 3 saat içinde uygulanmalıdır. Gustilo Anderson tip I, II ve IIIA açık kırıklarda cerrahiden sonra 24 saat boyunca sefalosporin uygulamasına devam edilmeli, Grade IIIB yaralanmalarda aminoglikozid eklenmelidir.

Tarım yaralanmalarında olası Clostridium kontaminasyonu için tedaviye penisilin eklenir. Ayrıca tetanos profilaksisi durumu teyit edilmeli ve gerekirse profilaksi uygulanmalıdır.

Erken antibiyotik uygulaması enfeksiyonu azaltmada en önemli faktördür; aynı zamanda acil ve kapsamlı kortikal kemik dahil tüm cansız dokunun çıkartıldığı cerrahi debridman da önemli bir faktördür.

ii. Eksternal Fiksasyon

EF uygulama endikasyonları;

- Çoklu travma hastaları için hasar kontrolü sağlanması

- Yumuşak doku defekti / kontaminasyonu olan açık kırıklar
- Proksimal veya distal metafizer kırıklar



Tibia kırıklarının ve komplikasyonlarının tedavisinde, eksternal fiksasyonun uygun kullanımı yardımcı olur. Çivi uygulaması veya plak ile fiksasyonun mümkün olmadığı durumlarda veya uzun komplikasyon riskini artıracak durumlarda eksternal fiksasyon, açık tibia kırıklarını geçici olarak hizalama ve stabilize etmede değerli bir araçtır.

Eksternal fiksatörler çok az yumuşak doku hasarı ile hızlı bir şekilde uygulanabilir ve daha sonra duruma bağlı olarak ya internal fiksasyon ile değiştirilebilir ya da kesin tedavi için kullanılabilir. Geçici stabilizasyon ve/veya optimal yumuşak doku güvenliği için seçilen fiksatör konfigürasyonu, özellikle kemik transportu, tibial uzatma veya diğer rekonstrüktif uygulamalar planlanıyorsa, kesin fiksasyon için daha az uygun seçenek haline gelir.

Benzer şekilde, kemik iyileşmesi ve kırık konfigürasyonu, çerçevenin tibiayı önemli ölçüde desteklemesine izin vermedikçe, geçici fiksatör konfigürasyonları ağırlık taşıma için yetersiz olabilir. Bu değişen rollere uyum sağlamak için cerrah ilk uygulanan fiksatörü, sonraki tedavi için daha uygun olanla değiştirebilir.

Malgaigne, 1843 yılında, eksternal fiksatörün temel prensiplerini anlatmış ve ilk kez 1853 yılında kendisi tarafından kullanılmıştır. Keetly, 1893 yılında, femur nonunion için eksternal fiksatör kullanarak, alçı ve breysten daha başarılı sonuçları olduğunu savunmuştur. Parkhill, 1897 yılında, kırık hattının proksimalinden ve distalinden ikiye adet pin yerleştirerek pinleri eksternal olarak tutturarak ve günümüzdeki eksternal fiksatör cihazlarına benzer bir yöntem kullanmıştır. Lambotte ise 1902 yılında, geliştirilmiş şekli bugün dahi uygulanan ve kendi ismini taşıyan bir eksternal fiksatör geliştirmiştir (84).

Eksternal fiksatör kullanımı ile oluşan pin dibi problemleri uzun yıllar boyunca kullanımını sınırlamıştır. Charnley'in 1948 yılında artrodez için eksternal fiksatör kullanımı, Anderson ve Sladk'ın 1966-1974 yıllarında transfiksasyon çivisi ve alçı kullanımı ile başarılı sonuçlar elde etmesi, G.A. İlizarov'un çalışmaları, Stuart Green'in full-pin eksternal fiksasyon için güvenli bölgeleri belirlemesi, eksternal fiksatöre olan güveni arttırmış ve kullanımını yaygınlaştırmıştır (111, 112, 113).

Eksternal fiksatorler unilateral, halka ve hibrid fiksatorler olarak 3'e ayrilir. Unilateral fiksatorler; unilateral-uniplanar, unilateral-biplanar, unilateral-multiplanar, bilateral-uniplanar, bilateral-biplanar seklinde 5 farkli konfigürasyonda uygulanabilir.

Erişkin tibia kemik yapı için 4-6 mm'lik şanz çivilerinin kullanımı uygun olup, pin çapı kemik çapının 1/3'ünden az olmalıdır, aksi halde daha büyük çaplı şanz kullanımı stres kırığı oluşmasına neden olabilir.

Unilateral eksternal fiksatorler, kemiğe tutturulmuş şanzlar ve ara bağlantıyı sağlayacak bar ile bunları birbirine bağlayan klemplerden oluşur. Şanzlar kemiğe tutunan noktada moment kolu oluşturup kemiğe binen yükü paylaşır; makaslayıcı kuvvetlere karşı direnç gösterir. Binen yük, klempler ve barlara da aktararak aksiyel yüklere karşı direnç oluşturulur.

Farklı planlarda fiksator kurulması, kırığa yakın şanzın kırık hattına mümkün olduğu kadar yakın, uzak şanzın ise mümkün olduğu kadar uzak konumlandırılması, şanz ve rod çaplarının artırılması, rodun kemiğe mümkün olduğu kadar yakın yerleştirilmesi unilateral fiksatorün stabilitesini artırır (84, 111, 114).

Halka eksternal fiksator, 1951'den sonra İlizarov ile popüler hale gelmiştir. Tam halka ve yarım halkanın kemik ile bağlantısı, tel ile yapılabildiği gibi şanz çivisi ile de yapılabilir. Unilateral eksternal fiksatörden farklı olarak halka eksternal fiksator uygulanması ile kemikten farklı planlarda geçen teller yardımıyla kortekse binen yük eşit paylaşılmış olur. Böylece aksiyel yüklenme ve dinamizasyona izin verdiği gibi, makaslama etkisi de büyük oranda azaltılmış olur. Sistemin efektif çalışması için tel kalınlığı, tel gerginliği, tel dağılımı, halka çapı, ekstremitenin santral yerleşimi gibi bileşenlerin doğru bir şekilde ayarlanması gerekir. Halka eksternal fiksatorü, kırık tedavisinde kullanıldığı gibi, deformite cerrahisinde, psödoartroz ve osteomyelit tedavisinde de kullanılabilir. Ana çalışma mekanizması distraksiyon osteogenezine dayanmaktadır. Hibrid eksternal fiksatorler tel, şanz, halka veya yarım halkalardan oluşmuş olup genellikle periartiküler kırıkların tedavisinde kullanılmaktadır (84, 111, 114).

Tip 2 ve Tip 3 açık kırıklarda ciddi yumuşak doku yaralanması ve parçalı kırık mevcutsa ve alçı veya traksiyonla immobilizasyona izin vermiyorsa, geçici

veya kalıcı tespit cihazı olarak kullanılabilir. Yapılan bir çalışmada plak-vida tespit sistemlerinde %35 enfeksiyon oranları bulunmuş olup Tip II ve tip III açık kırıklarda yüksek yara komplikasyon oranları nedeni ile eksternal fiksator uygulamalarının, plak-vida sistemlerinden daha üstün olduğu gösterilmiştir (115).

Eksternal fiksatorlerle deformite düzeltilebilir. Eksternal fiksatorler basit transvers kırıklarda kompresyona, oblik-parçalı kırıklarda uzunluğu korumaya ve kemik defekti bulunan olgularda kompresyon ve distraksiyona izin verirler. Eksternal fiksatorler bacağın direkt görünümüne izin verdiği için alçı veya atel uygulamalarına göre yara durumunu, doku iyileşmesini, flep veya greftin canlılığını değerlendirmede kolaylık sağlar.

Fiksatorle birlikte greftleme, yara bakımı, kırık pozisyon ayarlanması yapılabilir. Proksimal ve distal eklemlerde harekete izin verir. Posterior kompartmana bası olmadan kruris yükseltilebilir. Erken mobilizasyona izin verir.

Cerrahi deneyim gerektirir. Kozmetik olarak hasta kabul etmeyebilir. Çıkarımı sonrası diğer yöntemlere göre yeniden kırık görülme ihtimali daha fazla olup ekonomik olarak sağlık kurumlarına çıkartılan maliyeti yüksektir (116).

iii. Açık Redüksiyon ve Plak-Vida ile İnternal Fiksasyon

Tibia kırıklarının plaklanması ilk olarak 1950'lerde popüler hale geldi ve birçok komplikasyona yol açtığı izlendi (117). Tibia cisim kırıklarının plaklanmasından sonra iyi sonuçların, titiz yumuşak doku kullanımına ve cerrahi uzmanlığa bağlı olduğu kabul edilmiştir (118).

Doğru hasta seçimi önemlidir. Ezilmiş yumuşak dokular, ince deri flepleri, ciddi açık yaralar ve yüksek enerjili travmalarda, açık redüksiyon ve plak vida ile internal fiksasyon seçilirse yüksek oranda komplikasyonlara yol açabilir. Yumuşak doku iyileşene kadar beklemek bu durumu önemli ölçüde daha güvenli hale getirilebilir.

İyatrojenik travmayı azaltan minimal invaziv plaklama teknikleri yumuşak doku komplikasyonlarını azaltabilir. Kas ve periosteumu koruyan, ekstraperiosteal bir plak ile küçük insizyonlardan yerleştirilen vidalar ile daha az yumuşak doku hasarı sağlanır ve kırık bölgesine kan akışı daha iyi korunur (119, 120).

Plaklar, kırık parçalanmasının minimum olduğu yaralanmalarda rijit fiksasyon ve mutlak stabilite için kullanılabilir. Perkütan plak ile tespit teknikleri,

çok parçalı kırığı olan hastalarda kallus oluşumunu ve potansiyel olarak daha hızlı iyileşmeyi sağlamak amacıyla göreceli stabilite için kullanılabilir (120, 121, 122).

Tibial yaralanmalarda, eklem yüzeyini içeren ve tek başına çektirme vidalarının sağlayabileceğinden daha fazla stabilite gerektiren proksimal ve distal deplase kırıklarda, plaklar muhtemelen en uygun seçenek olabilir. Düşük enerjili yaralanmalarda, iyi bir teknikle kullanıldığında, sonuçları IMN ile rekabet edebilir, ancak hastaların önemli ölçüde ağırlık vermeden önce daha uzun süre beklemesi gerekebilir.

Ekstraperiostal plak uygulaması tercih edilirse, iki parçalı bir kırığı azaltmak için sınırlı kırığa maruz kalma gerekse bile, ufalanmış parçalar bozulmadan bırakılmalı ve genel hizalamayı koruyan ve dolaylı kemik iyileşmesini destekleyen bir plak ile köprülenmelidir. Minimal invaziv girişim için tipik olarak proksimal anterolateral yaklaşım veya distal anteromedial yaklaşım kullanılır (119, 120).

Çoğu tibia cisim kırığı için temel plak, periosteal kan akımını daha az bozan, daha az osteoporoza neden olan, plak altında kaynama sağlayabilen, plak çıkarıldıktan sonra daha az refraktür oranına sahip olan ‘dar’ AO dinamik kompresyon LCDC (Limited Contact– Dynamic Compression) plakları tercih edilir. Bir tibial plak, proksimal ve distal fragmanlar için ayrı ayrı en az dört vida ile sabitleyecek kadar uzun olmalıdır. En az üç bikortikal vidalı daha uzun bir plak stabiliteyi arttırabilir. En distal ve en proksimal vida arasındaki açıklığın arttırılması, daha kısa bir aralıkta daha fazla vida kullanılarak elde edilebilecek olandan daha fazla stabiliteyi artırır. Tibia cisim kırıklarının fiksasyonu için nadiren kilitli plaklara ihtiyaç duyulur. Kullanıldıklarında tipik olarak “periartiküler” tiptedirler ve minimal invaziv yaklaşım için kullanılırlar. Osteoporotik kemik için de kilitli plaklar kullanılabilir. Köprü plakları, kırılma bölgesinden en az üç kat daha uzun olmalıdır. İki vida kırığa yakın ve bir vida kırığa uzak olacak şekilde kırığın her iki tarafında üç kortikal vida yeterli olabilir. Genişletilmiş metafizer alanı olan plaklar ve kilitli vidaların seçimi, kısa periartiküler segmentler ve osteoporoz için önerilebilir. Unikortikal kilitleme, bikortikal kilitlemeden daha az fiksasyon sağlar ve aynı çapta vidalar kullanılmalıdır (37).



iv. İntramedüller Çivi Uygulaması

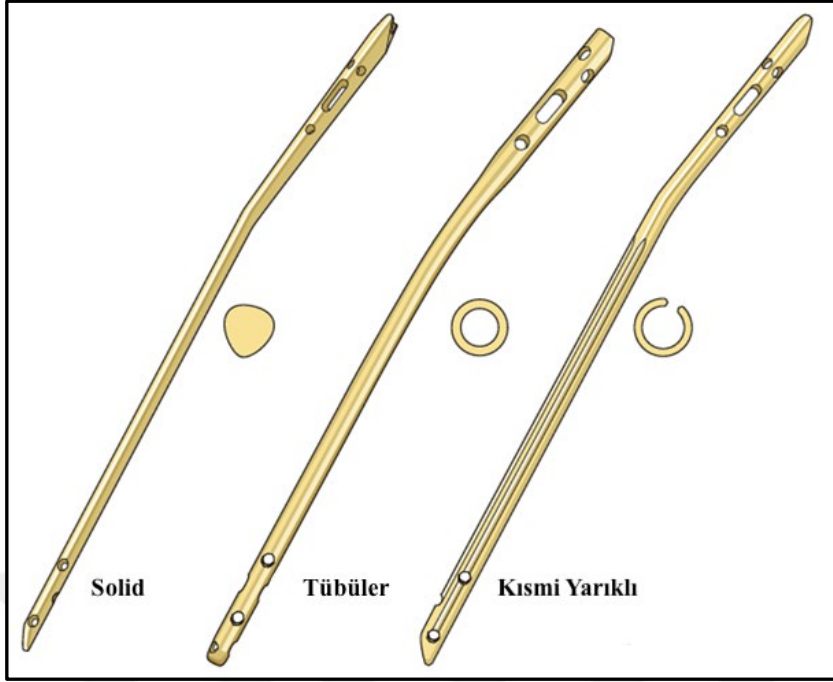
Çoğunlukla tibia cisim kırıkları için tercih edilen cerrahi tedavi yöntemidir (88). Tipik olarak floroskopik kılavuz ile gerçekleştirilir. Çiviler göreceli stabilite sağlar ve “iç splint” olarak düşünülmelidir. İyileşme, yeterli yumuşak doku örtüsü ve dolaşım olması koşuluyla kallus oluşumu ile gerçekleşir.

Tibia cisim kırıklarında intramedüller çivi kullanımı endikasyonları;

- 1- Konservatif tedavi sonrası kabul edilemez redüksiyon ve konservatif tedavinin başarısız olduğu kırıklar,
- 2- Kapalı redüksiyon sonrası uzun bacak alçı uygulamasını tolere edemeyecek yumuşak doku yaralanması varlığı,
- 3- Segmenter veya parçalı kırıklar,
- 4- Bilateral tibia kırığı,
- 5- Tip III B ve C dışındaki diğer açık kırıklar,
- 6- Politravma,
- 7- İpsilateral femur kırığı (yüzen diz),
- 8- Morbid obezite.

a) Oyulmuş ve oyulmamış medulla için çivileme

Tibia intramedüller çivi uygulaması için hem oyulmuş hem de oyulmamış medulla için ayrı tasarımlar mevcuttur. Oymalı olmayan çiviler daha küçük çaptadır ve tipik olarak solid yapıdadır (Şekil 2.10). Oymalı çiviler kanüllü, daha büyük çaplı ve daha büyük kilitli vidalarla sabitlenir. Oymalı çiviler nihai olarak daha güçlü bir biyomekanik yapı sunar, oymalı olmayan çiviler daha hızlı ve daha az travmatik bir seçenek olarak önerilmiştir. Bununla birlikte, tibia cisim kırıklı hastalarda oymalı intramedüller çivi kullanımı üzerine prospektif değerlendirme araştırmacıları (SPRINT-Study to Prospectively Evaluate Reamed Intramedullary Nails in Patients with Tibial Fractures), oymalı çivi kullanımının, oymasız çivi kullanımına göre yeniden ameliyat oranlarında istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş olduğunu bildirmiştir (123, 124).



Şekil 2.10. Farklı çivi tasarımları (surgeryreference.aofoundation.org)

İntramedüller çiviler, oymalı veya oymasız uygulanmakla birlikte, endosteal kan akımını etkiler. Çivi çevresinde değişken kalınlıkta kemik nekrozu ile ani medüller arteryal akım kaybı vardır. Telafi etmek için periost, kan akımı ile korteksin perfüze edilmesinde büyük bir rol üstlenir. İmmobilizasyon yeterliyse ve çivi ile korteksin iç yüzeyi arasında yeterli boşluk varsa, medüller arteryal sistem birkaç hafta içinde kendini yeniler (125).

Oyma işlemi yapılmadan daha küçük çaplı bir çivi kullanımına göre oyma işlemi sonrası daha büyük çaplı bir çivi kullanılması halinde kortikal nekroz daha fazla olmaktadır. Bu, açık tibia kırıkları için oymalı olmayan çivilerin kullanılmasının teorik gerekçesidir (126).

Klinik deneyim ve yapılan çalışmalar hem oyularak hem de oymadan uygulanan çivi kullanımı sonrası aynı miktarda kallus oluşumunu göstermiştir (127). Ancak oyma işlemi sonrası çivi uygulaması ile daha kısa iyileşme süreleri ve daha düşük revizyon cerrahi ihtiyacı olduğu gösterilmiştir (128).

Oyma işlemi uygulanmadan kullanılacak olan intramedüller çiviler daha küçük çaplara sahiptir, daha küçük çaplı kilitleme vidaları gerektirir ve bu nedenle kırık fiksasyonu ve hizalama kaybına yol açabilecek artan mekanik instabilite

riski taşır. Oyma sonrası yerleştirilmesi amaçlanan daha büyük çaplı çivilerle karşılaştırıldığında, bunların daha küçük çaplı milleri, orantılı olarak daha büyük kilitleme vidası delikleri ve daha küçük kilitleme vidası çapları, tipik olarak daha düşük nihai mukavemet ve daha kısa yorulma ömrü ile sonuçlanır (129). Bu nedenle, IM ile sağlanan fiksasyonu korumak için kırık iyileşmesi yeterince oluşuncaya kadar sınırlı ağırlık verilmesi tavsiye edilir.

Pratikte, oyma işlemi olmadan kullanılan çivilerde, yorulma kırığı nadiren görülür. Kilitleme vidası arızası görülebilen problemlerdendir, ancak nadiren önemli sorunlara yol açar. Cerrah için, oyma işlemi olmadan kullanılan tibia çivilerinin mekanik başarısızlığından daha zor olan ise iç çapı, uyumsuz eğriliği veya her ikisi nedeniyle kötü uyum sağlayabilen bir medüller kanala yerleştirme zorluğudur. İsveç'te yapılan bir araştırma, yetişkinlerin önemli bir yüzdesinde 8 mm çaplı çivilerin bile oyulmadan yerleştirilemeyeceğini ortaya koymuştur (130).

Oyma işlemi, kompartman sendromu gelişimi veya tibia kırıklarından sonra büyük kemik kırıkları sonrası oluşabilecek sistemik etkiler oluşması için bir neden olarak öne sürülmüştür. Nassif'in prospektif randomize çalışması, oymalı ve oymasız çivileme arasında kompartman basınçları arası hiçbir fark oluşmadığını göstermiştir (131).

IM çivi uygulama sırasında medüller yağ ve kalıntıların vasküler sisteme girdiği açıkken, herhangi bir önemli klinik sonuç olduğuna dair çok az kanıt vardır. Bu sistemik etkilerin, belki de femur kırıklarıyla ilgili daha fazla endişe kaynağı olduğu da tartışılmıştır. Sistemik hemodinamik etkiler – artan santral venöz ve pulmoner arter basınçları ve göreceli hipoksi – IM çivi yerleştirmeden ziyade tibia kırıkları ile ilişkilidir (132).

b) Proksimal tibia kırıklarında intramedüller çivileme

1/3 proksimal tibia cisim kırığı intramedüller çivi ile tedavisi ile ilgili bazı çalışmalar, malredüksiyonda bir artış olabileceğini göstermiştir. Çivileme sonrası tipik olarak apeks anterior ve valgus açılanması oluşur ve sıklıkla distal fragmanın posteriora yer değiştirmesi eşlik eder (86, 133, 134, 135).

Freedman ve Johnson, 133 vakadan oluşan radyografik bir çalışmada dizilim bozukluğu görülen vakaları (yani, herhangi bir düzlemde >5 derecelik açılanma deformitesi) bildirmişlerdir (133). 1/3 proksimal tibia cisim kırıklarının

%58’inde görülen dizilim bozukluğu, orta ve distal tibia cisim kırıklarında da sırasıyla %7 ve %8 düzeyinde bulunmuştur. Bazı diğer çalışmalar arasında da %44 ila %84 değişen dizilim bozukluğu oranları bildirilmiştir (86, 133, 136).

Bununla birlikte, modern implant tasarımları ve gelişmiş cerrahi teknikler, proksimal 1/3 tibia kırıklarında malredüksiyon oranlarını azaltmıştır. Son çalışmalar, eklem dışı proksimal tibia cisim kırıklarının çoğunun ve basit, eklem uzanan proksimal tibia cisim kırıklarının bir kısmının IM çivilerle tedavi edilebileceğini göstermiştir (134, 135).

Dizilim kusurunu en aza indirmeye yardımcı olan spesifik cerrahi teknikler arasında çivi portal yerleşimi ve yerleştirme tekniğine dikkat edilmesinin yanı sıra Poller vidalarının, geçici mini plaklamanın ve geçici eksternal fiksasyonun akıllıca kullanılması yer almaktadır (39, 135, 137).

Proksimal tibia cisim kırığı çivi uygulaması sırasında söz konusu deforme edici faktörler arasında, çivideki proksimal longitudinal eğimin, distal parçayı distale ve posteriora ittiği “kama etkisi” yer almaktadır (138). İkinci bir deforme edici kuvvet, patellar tendonun kısa proksimal kırık parçası üzerindeki çekimidir. Üçüncü faktör, proksimal tibia da, tibianın etkin çapını daraltan, anterior yer değiştirmeye ve aşırı valgusa neden olan medial bir başlangıç noktası seçilmesidir.

Giriş portalına erişmek için diz fleksiyona alındığında, apeks-anterior açılanma deformitesine neden olabilir. Bu deformite, genellikle lateral interkondiler eminentia önünde veya mid-diyafizer tibianın intramedüller kanalı ile aynı hizada olan giriş yeri seçimi ile önlenabilir. Bu, patellar tendonun medialinden ziyade lateralinden veya içinden bir insizyonla daha kolay olabilir. Daha sonra giriş noktası, proksimal fragmanın anterior korteksine paralel olarak tibianın anterior üçte birlik kısmında intramedüller kanala doğru uzanır.

Semi-ekstansiyon pozisyonu, daha kolay redüksiyon ve görüntüleme için geliştirilmiştir ve kısmi fleksiyondaki çivi uygulaması ile ilişkili birçok zorluğu hafifletir. Lateral ve medial diz artrotomileri dahil olmak üzere semi-ekstansiyon pozisyonunda tibia çivileme için suprapatellar ve ekstraartiküler parapatellar yaklaşımlar tarif edilmiştir (139).

c) Suprapatellar yaklaşım

Patellanın üst kutbunun yaklaşık 2 santimetre proksimalinden, 3 santimetrelik vertikal bir kesi yapılır. Kuadriseps kası ve eklem kapsülü boyunca derin diseksiyona devam ettikten sonra tekniğe özgü konik kanüllü trokarı, troklear oluktan tibianın proksimal kısmına kadar koruyucu bir kılıf içine yerleştirilir. Tibial plato yüzeyinin orta hattında uygun giriş bölgesi bulunur ve kanül -sleeve- cihazı patellanın eklem yüzeyinin altından kayarak troklear oluğa oturması sağlanır (140).

d) Ekstra-artiküler parapatellar yaklaşım

Patellar subluksasyonun kolaylığı temelinde bir medial veya lateral giriş noktası kullanıp kullanmayacağını belirlemek için ameliyat öncesi fizik muayene ile patellar gevşeklik değerlendirilir. Patellayı medial kondil üzerinden medial olarak sublukse etmek laterale kıyasla daha kolay olduğu için genellikle lateral parapatellar yaklaşımı seçilir. Retinakulumu bozmadan patellar retinakulumuna insizyon yapılır, retinakulum alttaki sinoviyumdan yükseltilir. Daha sonra onarım için patella üzerinde 2 ila 3 mm'lik bir doku kafı bırakılır. Bir kılavuz pini patellanın derinine ve sinoviyuma yüzeysel olarak (ekstraartiküler kalacak şekilde) uygun başlangıç noktasına yerleştirilir. Proksimal tibialda bir portal açmak için oyucu kullanılır (140). Yazarlar, bu tekniğin sadece tibia proksimal kırıklarında değil, tüm diyafiz ve distal metafiz kırıklarında da kullanılabileceğini, ayrıca redüksiyon amaçlı kullanılan sivri uçlu (Weber) klemp, Poller vidalarının yerleştirilmesi ve görüntüleme kolaylığının bir sonucu olarak avantaj sunduğuna inanmaktadır (139).

e) Distal tibia kırıklarında intramedüller çivileme

Hastaya pozisyon verme, cerrahi yaklaşım ve çivi yerleştirme tekniği esasen proksimal ve orta diafiz kırıklarının çivilenmesi ile aynıdır. Minimal invazivdir ve yumuşak doku koruyucu cerrahi tespittir. Bununla birlikte, proksimal tibia gibi, medüller kanalın genişlemesi, kemik-çivi temasının azalmasına ve fiksasyon yapısının intrinsik stabilitesinin azalmasına yol açar. Stabilededeki azalma, implant ve kemik arasında daha düşük yük paylaşımına neden olarak distal vidaların dört noktadan bükülmesine neden olur ve bu da başarısızlığa neden olabilir (141).

Anatomik redüksiyon elde etmek için sivri uçlu (Weber) klempı perkütan olarak uygulanabilir. Proksimal tibia kırıkları için bir redüksiyon ve tespit aracı olarak kullanılan Poller vidaları, distal tibia kırıklarında da benzer şekilde kullanılabilir. Bu vidalar, medüller kanalın çapını distale doğru etkili bir şekilde azaltmak ve çiviye doğru konumda olmaya zorlamak için gözlenen bir deformitenin içbükey tarafı boyunca çiviye bitişik sagital veya koronal düzleme yerleştirilir (142, 143).

Eşlik eden bir fibula kırığı ve bir distal üçüncü tibia kırığı olduğunda, fibula fiksasyonu distal tibia redüksiyonunu ve stabilizeyi artırabilir (144, 145, 146).

f) Eksternal fiksasyon sonrası intramedüller çivi uygulaması

Eksternal fiksasyon, çoklu yaralanmaları, ciddi yumuşak doku yaraları olan veya kesin bakım için başka bir yere nakledilecek olan hastaya fayda sağlayabilecek tibial cisim kırıklarını stabilize etmek için hızlı ve daha az invaziv bir yol sunar. Eksternal fiksatörden sonra herhangi bir IM çivinin kullanılması, pin yoluyla bakteriyel kontaminasyona bağlı olarak artan enfeksiyon riskine neden olabilir. Eksternal fiksasyondan sonra pin yerlerinde enfeksiyon oluşursa, başarılı bir şekilde tedavi edilse bile sonraki çivi uygulaması sonrası tekrarlama mümkündür. Tibia kırığının tedavisini planlarken cerrah, IM çivilerinden önce tibiaya yerleştirilen eksternal fiksatör pinlerinden kaynaklanabilecek sorunları hatırlamalıdır.

Tornetta ve DeMarco, eksternal fiksasyondan sonra çivilemenin erken dönemde, planlanmış “sıralı” tedavi olarak uygulanabileceğini ve daha sonra “rekonstrüktif” vakalara ayrılabilceğini bildirmişlerdir. Enfeksiyonla ilgili problemler rekonstrüktif ortamda daha olasıdır ve pin yaraları enfekte olduğunda veya ağır kontamine olduğunda çivi uygulamasından kaçınılırsa enfeksiyon gelişim sıklığı da azalacaktır (147). Genel olarak, eksternal fiksasyondan sonraki ilk 2 hafta içinde çivi tedavisi uygulanırsa, minimum morbidite ile güvenli bir prosedür oluşabileceği mümkün olabilir (148, 149).

2.8. İntramedüller Çivilerin Biyomekanik Özellikleri

İntramedüller çivilerin intrinsik mekanik özellikleri:

1. İnternal Destek: İntramedüller çiviler, temel olarak internal destek görevi görürler. Hareketli ve kayıcı implantlar olarak tanımlanabilirler. Bu çiviler özellikle bükülme kuvvetlerine karşı koymada çok etkilidirler. Kilitleme işlemi yapılmazsa, aksiyel yüklenmeler sonucu oluşan kısalmalara ve rotasyonel kuvvetlere karşı yeterince karşı koyamazlar.

2. Geometrik Yapı: Bir intramedüller çivinin geometrik özellikleri longitudinal eğimi, kesit şekli, transvers çapı, yarık karakteri, materyal özelliği ve yapısal sertliğidir.

A-Longitudinal eğim: Tibia çivileri, medüller kanala yerleştirilmesini kolaylaştırmak amacıyla, proksimal açılı olarak tasarlanmışlardır. Bu açının yerleşimi, kemik-çivi uyumunu etkileyen önemli bir faktördür. Özellikle proksimal uç tibia kırıklarında, bu açının yerleşim yeri önem kazanır. Kırık hattı, açının proksimalinde ise, çivi uygulama esnasında distal fragmana baskı yapar ve daha distale itebilir (150).

B-Kesit şekli: Çivinin kesit şekli çivinin eylemsizlik momentini belirler. Çeşitli kesitlerde birçok çivi şekli mevcuttur. Küntscher'in yonca yaprağı şeklindeki çivisi hem intramedüller alanın tıkanmasını engellemek hem de neovaskülerizasyona imkan tanımak için bu boşluklar bırakılmıştır. Kesit şekli keskin sınırlı olan çiviler daha güçlü torsiyonel stabiliteye sağlarlar (150).

C-Boy ve çap: Çivinin boyu ve çapı, doğru orantılı olarak eylemsizlik momentine etki eder. Kullanılan çivi boyutunun 1 mm artması, onun tübüler yapısı ile ilgili olarak yapısal sertliğinin 4 kat fazla artışına neden olur. Dolayısı ile aynı kesite sahip olan çivilerden büyük çaplı olanlar daha sert ve rijit olacaktır. Bu yüzden üretim aşamasında bu özellik göz önünde bulundurulmuş ve çap küçüldükçe duvar kalınlığı arttırılmıştır. Farklı üretilmiş çiviler arasında aynı çapta olsalar dahi esneme sertlikleri arasında 2 kat, torsiyon modüllerinde ise 3 kat fark bulunabileceği akılda tutulmalıdır (150).

D- Yarıık: İıtramedüller çivilerin, küçük ve oymasız olanları (Lottes çivisi) hariç, tamamının içi boştur ve bu çivilerin çoğunda çiviıı boydan boyan kateden bir yarıık bulunur. Amaç radial kompresyona izin vermek ve bu sayede sürtünme katsayısını arttırarak kemik ve çivi arasındaki geometrik uyumsuzluğu önlemektir. Yarııklı çivilerin biyomekanik güçleri ve eğilme güçlerine karşı koyabilme özellikleri, kesiti kapalı çivilere göre daha fazladır. Medullası boş ve yarııklı intramedüller çivi sistemleri, maruz kaldıkları eğilme güçlerine 4 korteksleri ile karşı koyabilmekte iken, kesitleri dolu olan yarıksız çivilerde ise bu sayı sadece iki kortekstir (150).

E- Materyal özelliğı: Çivi yapımında kullanılan materyalin özellikleri, çivinin sertliğini ve dayanıklılığını etkiler. İıtramedüller çiviler günümüzde çoğunlukla titanyumdan imal edilmektedirler. Titanyumun elatisite katsayısı, paslanmaz çeliğın hemen hemen yarısı kadar olmasına rağmen, daha dayanıklı, daha hafif ve MR uyumlu olması nedeniyle tercih edilmektedir. Young ve Topliss, intramedüller çivi ile tedavi ettiğı 225 tibia cisim kırığı olğusunun sonuçlarını değerlendirmiş; titanyum ve paslanmaz çivi kullanımının komplikasyon sonuçlarının benzer olduğunu bildirimıştir (151).

F- Yorgunluk katsayısı: İıtramedüller çiviler, kullanımları esnasında çok nadir durumlarda kırılırlar. Kırılma, kilitsiz çivilerde daha çok çivinin yarıık tepesinde meydana gelmekte iken, kilitli çivilerde kırılma genellikle vida delikleri seviyesinde olmaktadır. En sık kırılma yeri ise, distal vida deliklerinin en proksimalinde bulunan deliktir. Çivi üretiminde kullanılan materyalden kaynaklanan sorunlar, medullanın oyulduğı çap ile kullanılan çivi çapı arasındaki uyumsuzluk nedeniyle çivinin medulla içinde hareket etmesi, kırık hattında psödoartroz gelişmesi, yüksek enerjili yeni bir travmaya maruz kalınması ve kemik aksı ile çivi aksının uygun olmayan pozisyonda yerleştirilmesi, çivi kırılması nedenleri arasında sayılabilir (150).

3. İntramedüller Çivi Uygulama Biyomekaniği

A-Reamerizasyon: Oyucu reamerlar ile daha geniş çaplı ve güçlü çiviler uygulanabilir. Bunun sonucunda çivi ve kemik arasında daha fazla temas alanı oluşturulur, böylece tesbitin sürtünme komponenti artarak stabilite arttırılır. Aynı zamanda oyma işlemi sırasında kırık hattında yeni kemik oluşumu uyarılabilir. Dezavantajı ise; endosteal kan akımının bozulması ve yağ embolisi riskinin artmasıdır. Ayrıca kemik korteks zayıflayabilir (152, 150).

B-Yüklenme: En önemli yüklenme şekli kıvrılma-bending- iken ayrıca yürüme esnasında kompresyon, ayağa kalkarken veya merdiven çıkarken torsiyonel yüklenmelere maruz kalınır. Bükülme tarzı yüklenmede lateral kortekste ve implant lateralinde gerilme, medial kortekste ve implant medialinde kompresyon oluşur. Kilitli çiviler intrinsik stabiliteleri ve vidaları sayesinde aksiyel yüklenmelere karşı koyarlar. Çivi vidalı değilse, aksiyel yüklenmelere karşı koyamayan kayıcı bir implant olduğu için, kırık hattında kompresyon olur. Bu yüzden parçalı olmayan transvers kırıklarda kilitsiz çivi kullanılabilir. Torsiyon ile kırık hattında rotasyon meydana gelir. İntrameduller çiviler kayıcı implantlar oldukları için torsiyonel güce az direnç gösterirler. Kilitli çiviler ise torsiyonel stabilitesi yüksek çivilerdir. Kırık fragmanları dişlenmiş ise rotasyona karşı intrinsik direnç oluşacaktır (153, 150)

C-Vida gücü: Vidaların dış çapı, kök çapı ve yivleri vardır. Vidanın gücü kök çapına bağlıdır. Çaptaki küçük bir artış, güçte büyük bir artışa yol açar. İki korteksi tutan dişli vidalar tek korteksi tutanlardan daha sağlamdır. İntrameduller çiviye kilitlemede kullanılacak en geniş çaplı vida, kullanılan çivinin delik çapı ile sınırlıdır. Vida çapını arttırmak için çivinin vida deliğinin büyütülmesi gerekir. Bu durum ise çivinin zayıflamasına ve o bölgeden kırılmasına neden olabilir (153).

D-Kırık konfigürasyonu ve implant yerleşimi: Kırık lokalizasyonu, kırığın proksimal ve distalindeki kemik-çivi temasını etkiler. Orta hat

transvers kırıklar intrameduller çivileme için ideal kırıklardır. Çünkü kemik ile çivi arasında hem proksimal hem de distal temas vardır. Bu temas kırık iyileşmesi için gerekli olan tespiti sağlar. Oblik ve parçalı kırıklarda, kırık hattında, aksiyel ve torsiyonel yüklenmelere karşı yeterli intrinsik stabilite sağlanamayabilir. Kilitli çivilemede statik vidalar, çivinin kemik içinde kaymasını önler. Bu sayede hem aksiyel yük ile kısılma hem de rotasyon önlenmiş olur. Statik kilitlenen çivilerde kırık hattında konsolidasyon olana kadar yüklenme önerilmez. Dinamik olarak kilitlenmiş çiviler, çivinin kemik içinde kaymasına izin verirler. Bu nedenle erken yük verilebilir (153, 150).

2.9. Komplikasyonlar

Tibia cisim kırıklarında, kırığa veya seçilen tedaviye bağlı olarak, sistemik ve bölgesel komplikasyonlar meydana gelebilir. Komplikasyon olasılıklarının bitmeyecek sayıda çok olduğu ve her zaman için yeni zorlukların ortaya çıkabileceği akılda tutulmalıdır (154).

i. Cerrahi Öncesi Gelişebilecek Komplikasyonlar

Kırık varlığına bağlı olası durumlardır. Parçalı, aşırı deplase ve açık kırıklar, vasküler yaralanma açısından dikkatli değerlendirilmelidir. Kırık redüksiyonu ve geçici stabilizasyon sağlandıktan sonra A. dorsalis pedis ve A. tibialis posterior nabızları değerlendirmeli; vasküler yaralanma düşünülüyorsa rüptür, tromboz, kırık hematomunun veya kemik fragmanlarının basısı sonucu oluşabileceği hatırlanmalıdır. Açık tibia cisim kırıkları, yüksek enerjili travma sonrası meydana gelmekle birlikte çoğunlukla multipl organ yaralanmaları ile beraber olabilir. Bölgesel kan kaybı ile birlikte multipl travmalı hastalarda retroperitoneal bölgeye veya batin içine de kanama olabilir. Klinik olarak şok tablosunun ortaya çıkması için kan hacmindeki azalmanın en az %25 olması yeterlidir. Semptom ve bulgular sıvı kaybının şiddetine bağlıdır. Hipovolemik şok hayatı tehdit eden bir durumdur. Erken, hızlı ve doğru bir tedavi uygulanmalıdır.

Tibia kırıklarında direkt travmaya bağı sinir yaralanmaları nadirdir. Travma sonrası fibula proksimalindeki kırık sonrası veya kapalı redüksiyon ve alçılama ile fibula boynu üzerindeki bası sonrası sekonder peroneal sinir hasarı da görülebilir.

Travma sonrası kırıkla birlikte oluşan kanama ve yumuşak doku ödemi, kompartman içindeki basıncın artmasına yol açar. Basıncın artması ile birlikte venüller ve arterioller kollaps sonrası dolaşım bozulur ve ödemi daha da fazla attırarak bir kısır döngüye yol açmaktadır. Kompartman içindeki basıncın 30 mmHg'nin üzerinde olması kompartman sendromu olarak kabul edilir. En sık anterior kompartman etkilenmesine karşın diğer kompartmanlarda etkilenebilir.

Palpasyonla ortaya çıkan ağrı, travma ile açıklanamayacak kadar şiddetlidir. Kompartman kaslarının pasif olarak gerilmesi de ağrıyı artırır. Dolaşımın bozulmasından dolayı sinirler de etkilenir. Önce parestezi veya hipoestezi, daha sonra da anestezi veya paralizi görülür. Eğer zamanında müdahale edilmezse kompartman içindeki kaslarda iskemik nekroz, daha sonra fibrozis ve kontraktür gelişir. Kompartman sendromu düşünülen hastalarda, derhal bacağı sıkıan tüm alçı, atel ve sargı malzemeleri gevşetilir veya çıkarılır ve bacak kalp seviyesine yükseltilir. Fasyatomi için tercih edilen yöntem iki insizyonla dört kompartmanın da serbestleştirilmesidir. Bunun için anterolateral ve posteromedial insizyonlar kullanılır (155).

ii. Cerrahi Sırasında Görülebilecek Komplikasyonlar

- **Giriş yeri ile ilgili sorunlar:** İlk giriş için patellar tendonu, insizyon sırasında yaralamamaya özen gösterilmeli, aşırı zorlayıcı ekartasyondan kaçınılmalı, tendon yapışma yeri reamerize edilip zayıflatılmamalıdır. Çivinin yerleştirilmesi sırasında yumuşak doku ve patellaya uygulanan basınç ve travma sonucu, yumuşak doku nekrozu ve patella kırığı oluşabilir. Bu durumu engellemek için; yumuşak doku koruyucu ekartörlerin kullanılması, dize maksimum fleksiyon yaptırılması yeterli olur. Medüller kanal giriş yerinin doğru seçimi önemlidir. Bu nedenle medüller kanal giriş yeri her vakaya göre ayrı ayrı değerlendirilerek, doğru yerden girildiğinden emin olunduktan sonra vakaya devam edilmelidir.

- **Redüksiyon ile ilgili sorunlar:** Kılavuz teli yönlendirilmesi, oyma işlemi ve çivi uygulama sırasında kırık hattı, fluoroskopi cihazı ile kontrol altında redükte edilmelidir. Redüksiyon sırasında ve çivinin ilerletilmesi esnasında, zorla ilerletilmesi sırasında distal fragmanlarda parçalı kırıklar oluşabilir (156). Kırık redüksiyonundan emin olmadan çivi ilerletilmesi nörovasküler sistemde ve yumuşak dokuda hasar oluşturarak kırığın açık hale gelmesine neden olabilir.
- **Vida uygulamaları sırasında karşılaşılan komplikasyonlar:** Vida uygulamaları esnasında nörovasküler yapılara dikkat edilmelidir. Proksimal vida uygulaması sırasında vida boyunun yanlış ölçülmesi ve uzun vida seçilmesi ve/veya delici uç ile peroneal sinir yaralanması olasıdır. Vida boyunun uygun olmaması da problem yaratır. Kısa vida uygulamalarında tek korteks stabilitesi nedeni ile vida gücünde azalma olabilir. Ayrıca delici uç ile uygun vida deliklerinin bulunamaması ve zorlayıcı hareketlerden kaçınılmaması durumunda matkap ucu kırılarak kemik içinde veya yumuşak doku içinde hasara neden olabilir.

iii. Ameliyat Sonrası Oluşabilecek Komplikasyonlar

- **Tromboemboli:** Erken dönemde görülen komplikasyonlar arasında en önemlisidir. Özellikle multipl travmalı hastalarda ve intramedüller çivi uygulaması sırasında, medüller kanal içeriğinin dolaşıma katılmasıyla, bir çeşit erişkin respiratuar distres sendromu oluşur. 12-36 saat sonra ateş, taşikardi, takipne, arteriyel oksijen basıncında düşme ve peteşiler, nörolojik bulgular ortaya çıkabilir. Mortalitesi yüksek bir komplikasyon olduğundan, erken tanı ve tedavi gerekir (157).
- **Enfeksiyon:** Geç dönemde görülen komplikasyonların en önemlisidir. Tüm travmatik ve cerrahi yaralar kirlenir. Bakteri yükü, cerrahi teknik ve konak savunması ile kontrol edilemediğinde enfeksiyon oluşur. Enfeksiyon gelişimini etkileyen faktörler arasında yumuşak doku hasarı, yaraya giren organizmaların virülansı, tedavi rejimi, yarada yabancı cisim varlığı, doku iskemisi ve konak bağışıklığı yer alır.

En yaygın organizmalar *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, koagülaz negatif *Staphylococcus* ve *Pseudomonas aeruginosa*'dır. Biyomalzemelere bakteriyel yapışma, enfeksiyonda kritik bir rol oynayabilir. Bazı organizmalar, materyallere yapışmayı kolaylaştıran ve bakterileri antibiyotiklerden ve fagositozdan koruyan bir glikokaliks tabakası üretir (158).

Tibia kırıklarından sonra enfeksiyon gelişimi; oyma, gecikmiş cilt kapanması, açık redüksiyon, stres kaynaklı hiperglisemi ve nonsteroid antiinflatuar ilaçların kullanımı gibi çeşitli faktörlerle ilişkilendirilmiştir (159-164).

Cerrahi sırasındaki sistemik enfeksiyon veya ateşin, ameliyat sonrası enfeksiyon oranları ile ilişkili olduğu gösterilmemiştir (165).

Yüzeysel yara enfeksiyonu, ameliyattan sonraki 30 gün içinde ortaya çıkar ve dermal veya subkutan dokuları içerir. Fasyal bir tabakanın altına uzanan derin enfeksiyon, metalik cihazların implantasyonundan 1 yıl sonrasına kadar teşhis edilebilir. Derin enfeksiyon belirtileri arasında önceden kapatılmış bir yaradan drenaj veya bir yaranın etrafında sertleşme ve eritem bulunur. Cerrah, yüzeysel görünen bir problemde bile her zaman derin bir enfeksiyondan şüphelenmelidir. Teşhis veya tedavideki gecikme, sonucu tehlikeye atacağından enfeksiyon belirtilerinin önemini tanımak önemlidir (166).

Kurtarma için sadece antibiyotik değil cerrahi tedavi de gereklidir. Kronik enfeksiyonda olduğu gibi, tedavi sırası genellikle; 1) Debridman ve yara kültürü almak, 2) Eksternal fiksasyon ile stabilizasyon, 3) Lokal ve sistemik antibiyotiklerin uygulanması ve 4) Kesin fiksasyon ve onarım için eksternal fiksasyonun sonlandırılması şeklindedir (167, 168).

Stabil implantların değiştirilmesi, implantlara yapışan bakterileri çıkarabilir ve stabilizeyi korurken daha iyi debridmana izin verebilir (169).

Bir başka görüş enfekte kırıklarda, rijit stabilize sağlayan implantların çıkarılmamasıdır. Çünkü stabil olmayan enfekte kırık iyileşmeyecektir. Kırık kaynamasından sonra, potansiyel bir organizma rezervuarını ortadan kaldırmak için implantlar çıkarılabilir (170).

Lokal antibiyotik tedavisi, özellikle kemik defektleri olan enfekte yaralarda adjuvan olarak dahil edilebilir. Antibiyotikler, polimetilmetakrilat çimento ile karıştırılabilir (171).

Polimetilmetakrilat boncuklar, revizyon gerektiren iskelet defektlerinde ölü boşluğu doldurmak için de kullanılabilir. Kalsiyum sülfat tanecikleri benzer bir işlev görebilir, ancak emilebilirdir ve daha önce enfekte olmuş kemik defektlerinde kemiğin içe büyümesini kolaylaştırdığı bildirilmiştir (172).

Kapalı bir kırığın tibial çivilenmesinden sonraki enfeksiyonlar nispeten seyreklerdir. Enfekte bir tibia kırığı, IM çivi ile tatmin edici bir şekilde stabilize edilmişse ve enfeksiyon kontrol altına alınabiliyorsa, kırık iyileşene kadar IM çivi ile stabilizasyonuna devam etmek en iyisi olabilir. Derin doku örneklerinden alınan kültürler çalışılarak duyarlılığa göre baskılayıcı antibiyotikler seçilir. Agresif veya mevcut olan medüller enfeksiyon varlığı çivi gevşemesine neden olur ve çıkarılması; daha büyük çaplı bir çivi için hafifçe oyularak hem debridman sağlanabilir hem de daha fazla stabilite sağlar. Çivi değiştirme girişimi başarılı olmazsa, çivi çıkartılır; daha agresif debridman ve eksternal fiksasyon ile tedaviye devam edilmelidir (167, 168).

Son yıllarda çivinin 6 hafta süreyle antibiyotikli rod ile değiştirilmesinin enfekte çivi tedavisinde olumlu sonuçlar verdiği gösterilmiştir (173). Yöntem; Çıkarılan çivinin uzunluğu kadar 40 F göğüs tüpü kesilir. 3 mm uzunlukta, kesilmiş göğüs tüpünden 5 cm daha uzun IM kılavuz teli kesilir ve tibia çivisinin şeklini taklit etmek için longitudinal eğim verilir. Uç kısım tedavi sonrasında geri çekilmesini sağlamak için ilmek şeklinde bükülür. Her 40 g'lık metilmetakrilat karışımı paketi için 2,4 gram tobramisin ve 2 gram vankomisin karıştırılır ve büyük hacimli antibiyotikler nedeniyle, antibiyotik polimetilmetakrilat karışımını çözmek için bir ve üçte bir monomerler kullanılır. Çimento vakumla karıştırılır ve daha sonra bir çimento tabancası ile göğüs tüpüne enjekte edilir. Çimento sertleşmeye ve ısınmaya başladığında, göğüs tüpü bir bıçakla uzunlamasına kesilir ve plastik, erimeye başlamadan önce sertleşmiş çimento çubuğundan plastik soyulur. Monomerin buharlaşması ve çubuğun soğuması için çimento çubuğu yaklaşık 15 dakika dışarıda bırakılır. Çubuk daha sonra medüller kanala yerleştirilebilir.

Bir çalışmada irrigasyon ve debridman ile tedavi edilen enfekte olmuş 19 çivi ve antibiyotik çubuklarla değiştirilmesini incelerken, 19 vakadan sadece birinde enfeksiyon nüksetmiş, 11'i tam iyileşme sağlamış ve 6'sı kısmi iyileşme sağladığı görülmüştür (174).

Nispeten düşük iyileşme oranı, normal bir IM çivi ile karşılaştırıldığında, antibiyotik çubuğun kırık bölgesine sağladığı azaltılmış stabilite ve eksternal fiksasyon nedeniyle olabilir. Bazı yazarlar, kırıktaki stabiliteyi yeniden kazanmak için normal bir IM çivinin antibiyotik çimento ile kaplanmasını önermiştir (175).

- **Kompartman sendromu:** Nadir de olsa oluştuğuna dair literatür bilgileri vardır. Postoperatif elevasyon yapılması kompartman sendromu oluşma riskini azaltmaktadır (157).
- **Komşu eklemlerde hareket kısıtlılığı:** Tibia cisim kırıklarında, travmaya veya uygulanan tedaviye bağlı olarak, diz ve ayak bileği eklemlerinde hareket kısıtlılığı ve kontraktürler ortaya çıkabilir. Bu yüzden tibia kırığında tedavi yöntemi seçerken, eklemlere erken hareket verebilecek yöntemlerin tercih edilmesi, uygun olan en erken zamanda fizik tedavi ve rehabilitasyona başlanması, bu komplikasyonun görülme sıklığını ve şiddetini azaltacaktır.
- **Diz önü ağrısı:** Court ve arkadaşları bu oranın %41 olduğunu ve ağrı nedeniyle bunların %26'sının çivinin çıkarılmasını istediğini bildirmiştir. Çivinin çıkarılması ile %69 oranında iyileşme izlenmiştir (48).
- **Proksimal ve distal vidalarda kırılmalar:** Statik çivileme yapılan olgularda erken yük verme sonucu olmaktadır.
- **Çivi kırılması:** Çivinin en zayıf olduğu vida deliklerinin bulunduğu bölgede olmaktadır ki çok nadir rastlanır.
- **Malunion:** Kırığın varus da veya valgus da kaynaması, prokurvatum ve rekurvatum deformitelerinin gelişmesi veya ekstremitede eşitsizlik olması kötü kaynama -malunion- olarak değerlendirilir.
- **Kaynama gecikmesi ve kaynamama:** Kallus oluşumunda çeşitli sebeplere bağlı olarak gecikme sonucu, kaynamanın beklenen sürede olmaması, kaynama gecikmesi olarak adlandırılır. Kaynama gecikmesi

önlem alınmazsa kırık hattında iyileşme sürecinin aktivitesini yitirmesi ile kaynama yokluğu ile sonuçlanır.

Dört grupta değerlendirilebilir:

- *Hasta ile ilgili nedenler:* Hastanın genel durumu, yaşı, sistemik hastalıkları, alışkanlıkları (sigara, alkol kullanımı vb.) gibi sebepler kaynamayı etkiler.
- *Kemik ile ilgili nedenler:* Tibianın anatomik özelliklerinden dolayı orta ve distal 1/3 bölümlerinin iyi beslenmemesi nedeniyle bu bölgelerin kırıklarında kaynama gecikmesi sık görülür. Patolojik kırık ve kırık bölgesinde enfeksiyon gibi nedenler de kaynamayı geciktirir.
- *Travma ile ilgili nedenler:* Geniş yumuşak doku hasarı olan, açık, kemik kaybı ve fragmanlar arasında yumuşak doku interpozisyonu olan kırıklar daha geç kaynamaya veya kaynama yokluğuna adaydır.
- *Tedavi ile ilgili nedenler:* Uygulanan tedavi yöntemi sonucu kırık hattında distraksiyon veya deplasman gelişmesi, kırığın yetersiz tespiti, erken yük verme gibi nedenler de kaynama gecikmesi veya kaynama yokluğuna sebep olabilir.
- **Sudeck atrofi:** Refleks semtapik distrofi olarak da adlandırılır. Uzun süreli immobil kalan ve geç yük verilen olgularda sık görülmektedir. Patogenezi tam olarak anlaşılamamıştır. Radyolojik olarak, tibia distal ucu ve ayak kemiklerinde benekli osteoporozla karakterizedir. Hafif formlar genellikle ekstremitenin fonksiyonel olarak kullanılmaya başlanmasından sonra düzelir.
- **Kozalji:** Yanma tarzında ağrı olarak tanımlanan kozalji; duyu lifleri taşıyan bir periferik sinir lezyonu ile ilişkili olup, etkilenen ekstremitede aşırı ağrı ile karakterizedir. Kozalji; spontan, sıcak ve/veya yanma tarzında, yoğun, yaygın aralıklarla gelen ve kalıcı bir ağrıdır. Ağrı ilk birkaç ayda en şiddetli düzeye ulaşır ve uzun süre devam edebilir. Tedavide uygun sempatik lif blokajı ile iyileşebilir.

- **Osteoporoz:** Tibia cisim kırıklarından sonra kullanmaya bağlı olarak osteoporoz görölebilir. Hastaya ve immobilizasyona bağlı olarak vücuttan kalsiyum atılımının artması sonucu negatif kalsiyum dengesi gelişir. Belirgin osteoporoz genellikle 8 haftalık bir immobilizasyondan sonra görölür. Bununla beraber 20 yaşı altı ve 50 yaşı üstü hastalarda daha erken görölebilir. Radyolojik olarak osteoporoz homojen, noktalı veya band şeklindedir. Kullanmama osteoporozu kendini sınırlayan bir olay olup, immobilizasyon tamamlandıktan sonra büyük oranda geri dönmektedir.
- **Amputasyon:** Onarılamaz kemik kaybı ve yumuşıak doku yaralanması, gecikmiş arter yaralanması ile travmatik amputasyonlarda revizyon şeklinde uygulanabilir. Ayrıca geç dönemde kalıcı enfeksiyon, kaynama yokluğu, fonksiyon kaybına yol açan ve düzeltilemeyen deformitelerin gelişmesi durumunda da amputasyonla enfeksiyonun yenilmesi veya protezle hastanın daha fonksiyonel ve estetik olacağı düşünölerek, amputasyon uygulanabilir.

3. HASTALAR VE YÖNTEM

3.1. Hastalar ve Yöntem

Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniğinde, Ocak 2014 ile Ocak 2019 tarihleri arasında, tibia cisim kırığı tanısı sonrası intramedüller çivi ile osteosentez tercih edilen olguların 1 yıllık izlemi ile kaynama oranlarının ve kaynamaya etkili olabilecek parametrelerin değerlendirilmesi üzerine planlanmıştır. Çalışmamız, Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 70904504/498 sayı ve 6/8/2021 tarihli onayı doğrultusunda gerçekleştirilmiştir (Ek-1).

Çalışma kapsamında, belirtilen tarihler arasında tibia cisim kırığı nedeniyle intramedüller çivi tespiti yapılan hastaların verilerine hastane dosya sistemi üzerinden ulaşılmıştır. Hastane dosya sistemi üzerinden hastaların anamnez ve konsültasyon arşivi, klinik yatış ve hemşire gözlem formu, anestezi gözlem formu ve ameliyat notları ile PACS (Picture Archiving and Communication Systems) üzerinden preoperatif ve postoperatif radyografileri değerlendirilmiştir.

Ocak 2014 ile Ocak 2019 tarihleri arasında, Akdeniz Üniversitesi Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji kliniğinde, kayıtlı 323 tibia cisim kırıklı hastadan 156 tanesi için intramedüller çivi ile osteosentez uygulanmıştır. 21 hasta, çalışma kriterlerine uymadığı için dışlanmış, geriye kalan 138 tibia kırığı olan 135 hastadan (3 hasta bilateral tibia cisim kırığı mevcut) 32 hasta takipleri düzensiz olması nedeniyle çalışmadan çıkartılmıştır. Son olarak 106 tibia cisim kırığı olan 103 hasta (3 bilateral tibia cisim kırığı) ile çalışma grubu oluşturulmuştur (Tablo 3.1).

i. Çalışmaya dahil edilme kriterleri:

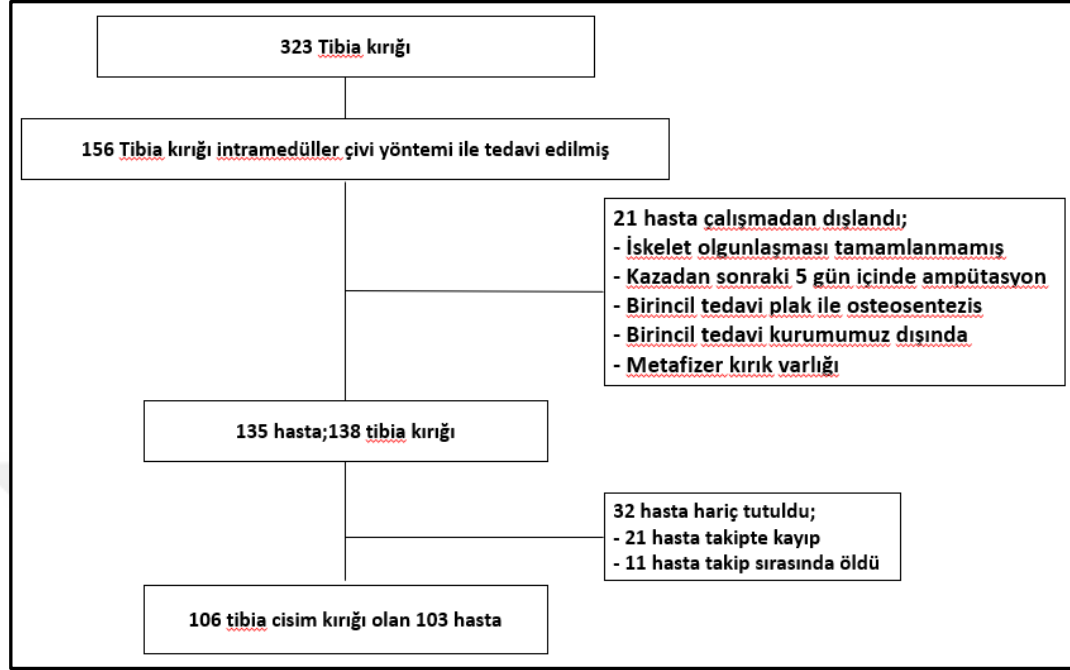
Postoperatif dönem 3-6-9-12. ay iki yönlü (AP ve Lateral) grafi kayıtları eksiksiz olan hastalar çalışmaya dâhil edilmiştir.

ii. Çalışmadan dışlanma kriterleri:

- * İskelet olgunlaşması tamamlanmamış hastalar
- * Travma sonrası ilk 5 gün içinde amputasyon uygulanan hastalar
- * Birincil tedavi seçeneği olarak plak ile osteosentezis tercih edilen hastalar
- * Birincil tedavisi kurumumuz dışında uygulanan hastalar

* Metafizir kırıklar

Tablo 3.1. Çalışma grubu oluşum aşamaları



Çalışmaya dahil edilme kriterlerini karşılayan her hasta için ayrı veri dosyası oluşturuldu. Her bir dosyada sırasıyla; hasta kayıt numarası, ad ve soyadı, yaş, cinsiyet ve postoperatif 3-6-9-12. aylardaki iki yönlü (AP ve Lateral) radyografi görüntüleri kayıt altına alınmıştır.

Çalışmanın birincil sonuç değişkeni olarak çivi çapı/isthmus çapı oranının kaynamaya etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. İkincil sonuç değişkeni olarak kaynama üzerine etkisi olabilecek parametrelerin değerlendirilmesi planlanmıştır.

1/3 orta ve distal diyafizir segment arasında yer alan, huni veya koni şeklindeki intramedüller en dar kısım tibianın isthmusunu oluşturur (187). Diz ekleminde ayak bilek ekleminin tüm tibia uzunluğunun %60'lık mesafesine denk gelen bölge tibia isthmusuna karşılık gelir. Bunun altı ve ayak bileği ekleminin 6 cm proksimale kadar ki mesafe infra-isthmal bölümdür (188). Çalışmada, hastalara ait ameliyat notları incelenmiş olup çivi çap ve boyutları kaydedilmiş; preoperatif radyografilerde isthmus çapı ölçülmüştür. Çivi çapının isthmus çapına oranı hesaplanmıştır.

2 farklı gözlemci tarafından hastaların 3-6-9-12. aylarda iki yönlü grafileri ayrı ayrı değerlendirilmiş, RUST (Radiographic Union Score for Tibia) skorlaması yapılarak ortalama puan alınmıştır. Bu puanlama sisteminde anteroposterior ve lateral direkt radyografilerde her korteks için kallus kalitesi 1-3 arası puanlanır. Her bir kortekse ayrı ayrı verilen puanların toplamı RUST puanını oluşturur. RUST skorunun en düşük puanı 4, en yüksek puanı 12 olacaktır (185, 186) (Tablo 3.2).

Çalışmada, tibia cisim kırığı tanısı sonrası intramedüller çivi ile osteosentez uygulanan hastaların, RUST puanlaması 7 ve üzeri kaynama; 9. ve 12. aylarda RUST skoru 7 ve üzeri kaynama gecikmesi olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 3.2. Kaynamanın RUST skoruna göre değerlendirilmesi

<u>RUST (Radiographic Union Score for Tibia)</u>		
	<u>Radyografik Kriterler</u>	
Korteks başına skor	Kallus	Kırık hattı
1	Henüz yok	Görülüyor
2	Var	Görülüyor
3	Var	Gözükmüyor

TOTAL: 4 - 12

Tüm hastalar için anamnez ve konsültasyon arşivi değerlendirildi; taraf, yaralanma mekanizması, politravma ve kafa travması varlığı, açık veya kapalı kırık durumu ile açık kırık ise Gustilo Anderson sınıflaması, sigara ve/veya alkol kullanımı, Diyabet varlığı, ASA (American Society of Anaesthesiologists) skoru, VKİ (Vücut kitle indeksi), postoperatif dönemde enfeksiyon oluşmuş ise enfeksiyon hastalıkları konsültasyon hekim görüşü ve düzenlenmiş antibiyoterapi kayıtları not edildi. Yaralanma mekanizması ve kırık etiyojisi için anamnez arşivi değerlendirildi. Hastaların yarısından fazlasında araç dışı trafik kazası sonrası tibia cisim kırığı olduğu belirlenmiş olup çoğunluğunun motosiklet kazası ve yaya halde araç çarpması sonrası geliştiği belirlenmiştir. Araç içi trafik kazaları, kendi seviyesinden düşme, yüksekten düşme, endüstriyel yaralanma, spor yaralanması, ateşli silah yaralanması ve tarım makinesi ile yaralanma diğer kırık etiyojisini oluşturan nedenlerdir.

PACS üzerinden preoperatif ve postoperatif radyografileri değerlendirilerek eşlik eden ipsilateral fibula kırığı varlığı kaydı, kırığın diyafizer lokalizasyonu ile AO/OTA sınıflaması belirlendi. Postoperatif ilk radyografide ana kemik ile kırık fragman arasındaki deplasman miktarı (kırık fragmanın, ana kemikten uzaklığı) ölçüldü.

Hastane dosya sistemi üzerinden kayıtlı ameliyat notlarında, birincil tedavi seçeneği olarak eksternal fiksasyon uygulanan hastalar ve eksternal fiksasyon uygulanmış ise kaç gün sonra IM çivi uygulaması ile tedaviye devam edildiği kaydedilmiştir. Ameliyat notları değerlendirilmiş; açık kırıklı hastalarda, debridman sonrası yumuşak doku rekonstrüksiyonu uygulanan hastalar belirlenmiştir.

Tablo 3.3. Kaynama üzerine etkileri değerlendirilecek parametreler

Kaynama Üzerine Etkileri Değerlendirilecek Parametreler	
1- Yaş	11- Çivi sapı / İsthmus çapı oranı
2- Cinsiyet	12- Sigara
3- Yaralanma mekanizması	13- Alkol
4- Politravma	14- Diabetes Mellitus
5- Kafa travması	15 – ASA skoru
6- Taraf	16- Vücut Kitle İndeksi (BMI)
7- Kırık lokalizasyonu (Proksimal/Orta/Distal/Segmente)	17- Postoperatif grafide deplasman miktarı
8- AO / OTA sınıflaması	18- Primer eksternal fiksator uygulaması
9- Açık kırık	19- Açık kırıklı hasta; flep uygulanması
10- İpsilateral fibula kırığı	20- Açık kırıklı hasta; enfeksiyon gelişimi

3.2. İstatistiksel Analiz

Çalışmada hastaların göre genel özellikleri ortalama, sapma, yüzde ve frekans şeklinde verilmiştir. Bu çalışmada, hastaların genel özelliklerinin kırık iyileşmesi durumuna göre incelenmesi ve oransal tipteki değişkenler için ki-kare analizi uygulanmıştır. Grup sayılarının yetersiz olduğu durumlarda Fisher düzeltmesine ilişkin olasılık değerleri verilmiştir. Çoklu düzeyde risk faktörlerinin incelenmesi için lojistik regresyon analizi yapılmıştır.

Ayrıca hasta ölçümlerinin iyileşme durumlarına göre incelenmesinde bağımsız örneklem bağımsız t testi uygulanmıştır. Çalışma 6. ay RUST skorlarına göre kırık iyileşmesi sağlanan hastalarda çivi/isthmus çapı oranı ve fragmann deplasmanı düzeylerine göre kesim noktasının tutarlılığının incelenmesi için ROC (Receiver-Operating Characteristic) analizi yapılmıştır. ROC alanlarını karşılaştırmak amacıyla AUROC (Area Under The Receiver Operating Characteristic) değerleri, hassaslık ve özgüllük değerleri hesaplanmıştır. İstatistiksel değerlendirme için SPSS (Statistical Package for Social Science, Chicago, IL, USA) 25.0 Windows paket programı ile yapılmış, kritik karar verme değeri olarak $p=0,05$ alınmıştır.

4. BULGULAR

Çalışmamız; 2014-2019 yılları arasında Akdeniz Üniversitesi Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniğinde tibia cisim kırığı nedeniyle kilitli intramedüller çivi uygulaması ile tedavi edilen ve postoperatif dönem 3-6-9-12. ay iki yönlü (AP ve Lateral) radyografi görüntüleri mevcut, çalışmaya dahil edilme kriterlerine uyan 103 hasta, 106 tibia cisim kırığı ile yapılmıştır.

İki farklı araştırmacı tarafından 3-6-9-12. ay iki yönlü (AP ve Lateral) radyografileri üzerinden RUST skorları ayrı ayrı değerlendirilerek ortalama puan alınmış ve kırık kaynaması incelenmiştir. 6. ay RUST skoru 7 ve üzeri olan hastalar ‘kaynama’, 6. aydan sonraki dönemlerde (9. ve 12. aylar) RUST skoru 7 ve üzerine ulaşan hastalar ‘kaynama gecikmesi’ ve 12. ayda 7’nin altında RUST skoruna sahip hastalar ise ‘kaynamama’ olarak değerlendirilmiştir.

3. ay kontrol iki yönlü radyografilerde RUST skoru 7 ve üzeri olan 47 hastada kaynama izlenmiş olup 59 hastada radyolojik olarak yeterli kaynama bulgusu izlenmemiştir.

6. ay kontrol iki yönlü radyografilerde RUST skoru 7 ve üzeri olan 73 hastada kaynama bulgusu izlenmiş, 33 hastada ‘kaynamama’ tespit edilmiştir.

6. ay kontrol iki yönlü radyografilere göre RUST skoru 7’nin altında olan ve 9. ay kontrolünde RUST değeri 7 ve üzerinde olan 14 hasta tespit edilmiş olup ‘kaynama gecikmesi’ olarak değerlendirilmiştir. 19 hastada da ise radyolojik olarak yeterli kaynama bulgusu izlenmemiştir.

9. ay kontrol iki yönlü radyografilere göre RUST skoru 7’nin altında olan ve 12. ay kontrolünde RUST değeri 7 ve üzerinde olan 12 hasta tespit edilmiş olup ‘kaynama gecikmesi’ olarak değerlendirilmiştir. 7 hastada da ise radyolojik olarak yeterli kaynama bulgusu izlenmemiş ve ‘kaynamama’ olarak değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak, çalışmanın takip süresi 1 yıl olup kilitli intramedüller çivi ile tespit edilen 106 tibia cisim kırığı içinde 73 tibia cisim kırığının normal sürede kaydığı görülmüştür. 26 vakada gecikmiş kaynama ve 7 vakada da kaynamama tespit edilmiştir (Tablo 4.1).

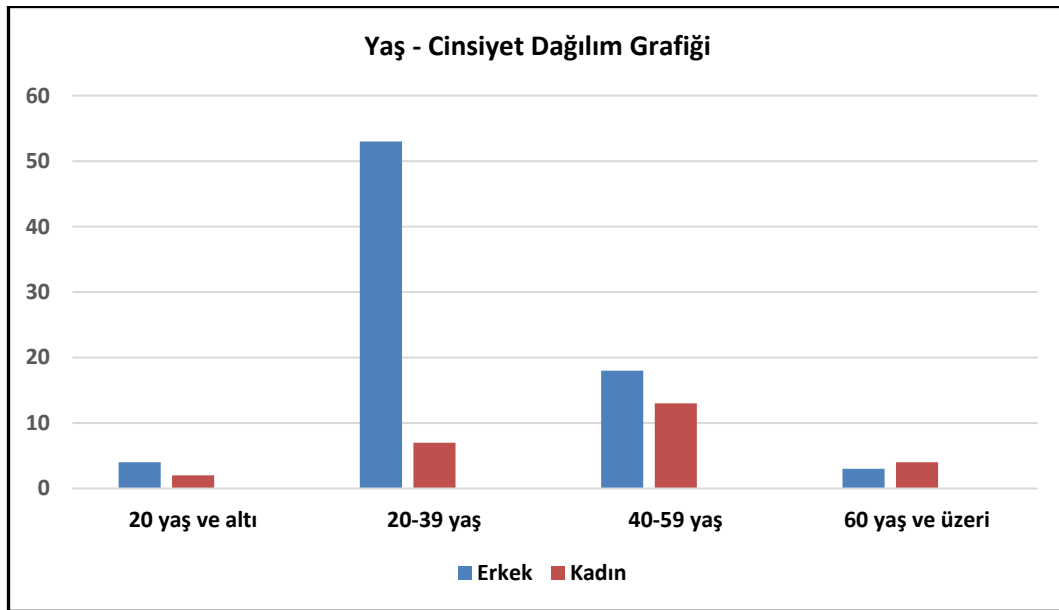
Tablo 4.1. 3-6-9-12. ay kaynama, gecikmiş kaynama ve kaynamama olgu sayıları

	3. ay	6. ay	9. ay	12. ay
Kaynama	47	73	73	87
Kaynama gecikmesi	-	-	+14	+12
Kaynatmama	59	33	19	7
Toplam	106	106	106	106

4.1. Demografik Özellikler

Çalışmaya dahil olan 103 hastanın 78'i (%75,73) erkek, 25'i (%24,27) kadın olduğu görülmektedir. 3 hastanın ise bilateral tibia cisim kırığı mevcut olup değerlendirmeye alınırken göz önünde bulundurulmuştur. En genç hasta 18 yaşında, en yaşlı hasta 78 yaşındadır. Yaş ortalaması $36,74 \pm 13,62$ 'dir (Grafik 4.1.).

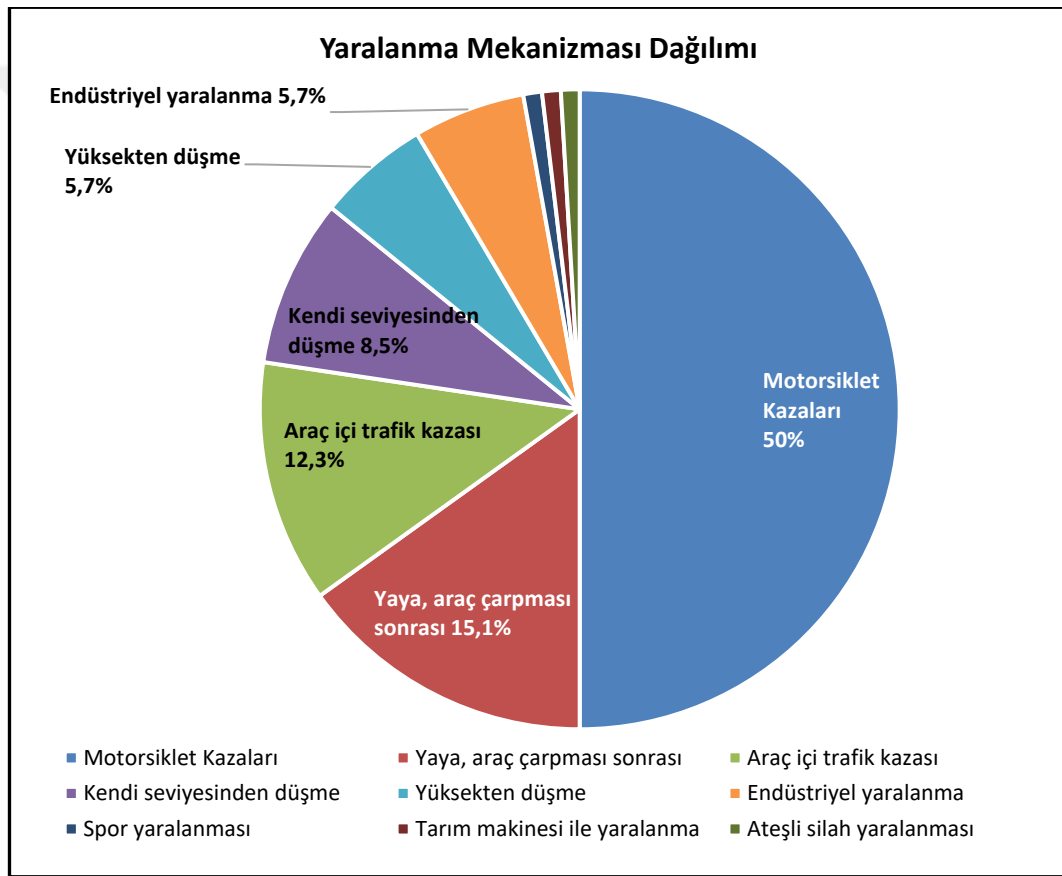
20 yaş ve altı 6 hastanın, 4'ü erkek, 2'si kadındır. 20-39 yaş arası 59 hastanın, 53'ü erkek (1 erkek hastada bilateral tibia cisim kırığı), 7'si kadındır. 40-59 yaş arası 31 hastanın, 18'i erkek (1 erkek hastada bilateral tibia cisim kırığı), 13'ü kadındır. 60 yaş ve üzeri 7 hastanın, 3'ü erkek (1 erkek hastada bilateral tibia cisim kırığı), 4'ü kadındır.



Grafik 4.1. Yaş aralığına göre cinsiyet dağılımı

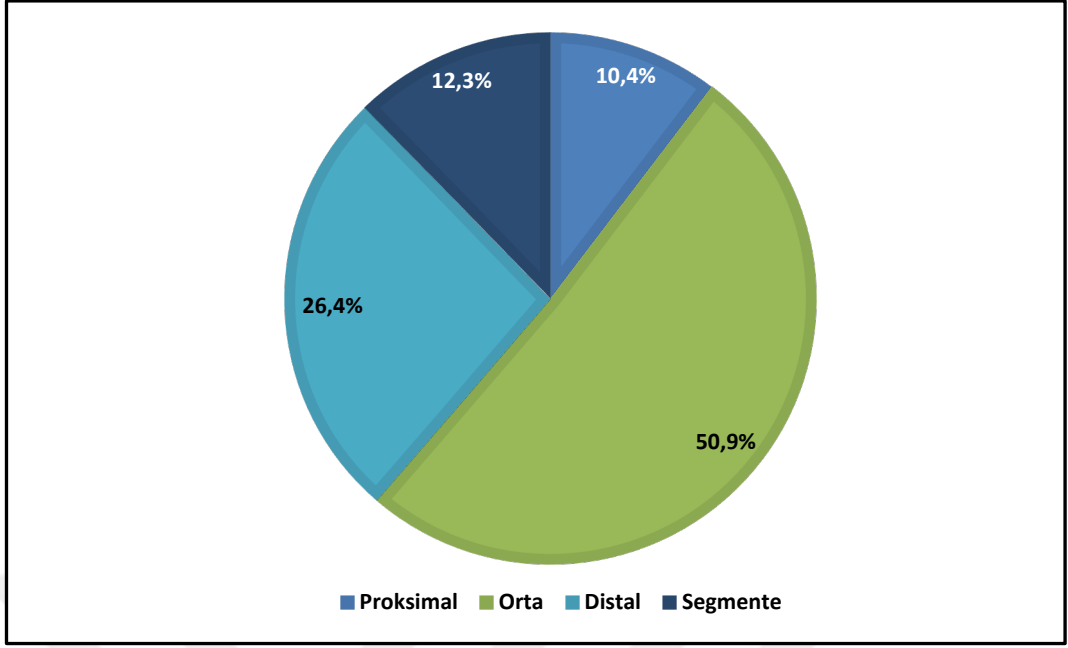
4.2. Yaralanma Mekanizması ve Kırık Özellikleri

Mevcut tibia cisim kırıkları dağılımı %52,8 sağ ve %47,2 sol taraflıdır. Hastaların yaralanma mekanizmaları %75,4 ile trafik kazaları nedeniyledir. %50 ile motosiklet kazası, %15,1 yayaya araç çarpması, %12,3 ile araç içi trafik kazası şeklindedir. Diğer yaralanma mekanizmaları ise %8,5 ile kendi seviyesinden düşme, %5,7 ile yüksekten düşme, %5,7 ile endüstriyel yaralanma, %0,9 ile spor yaralanması, %0,9 ile tarım makinesi ile yaralanma ve %0,9 ile ateşli silah yaralanması şeklinde olduğu görülmüştür (Grafik 4.2.) (Tablo 4.4).

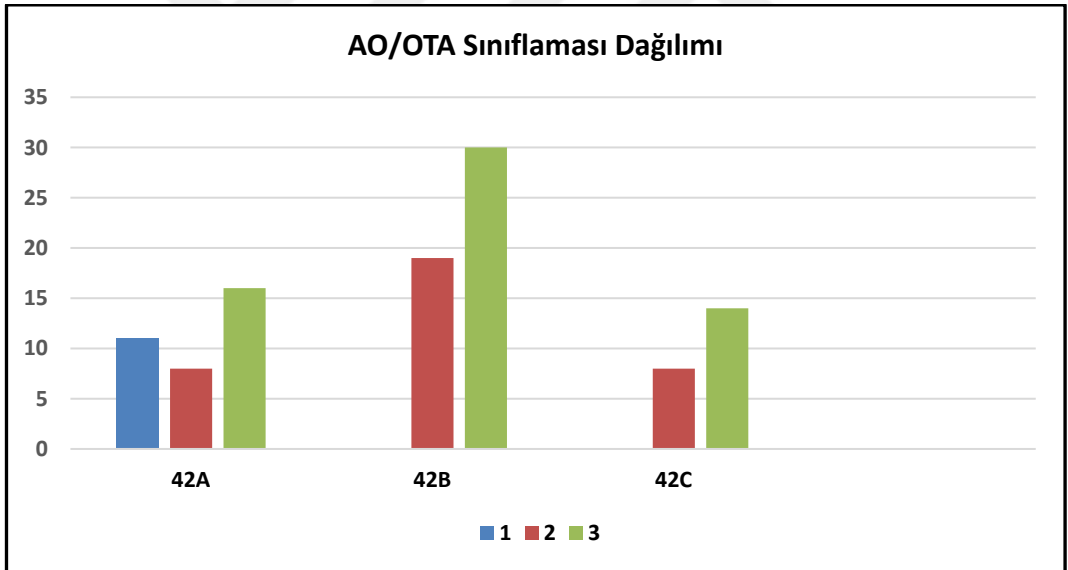


Grafik 4.2. Yaralanma mekanizması dağılımı

Lokalizasyon olarak %10,4 ile proksimal, %50,9 ile orta, %26,4 ile distal diyafizer kırıklar olup %12,3 segmente kırık olduğu görülmüştür (Grafik 4.3). AO/OTA sınıflamasına göre %10,4 ile 42A1, %7,5 ile 42A2, %15,1 ile 42A3, %17,9 ile 42B2, %28,3 ile 42B3, %7,5 ile 42C2 ve %13,2 ile 42C3 olduğu belirlenmiştir (Grafik 4.4).



Grafik 4.3. Kırığın tibia diyafizer yerleşimine göre dağılımı

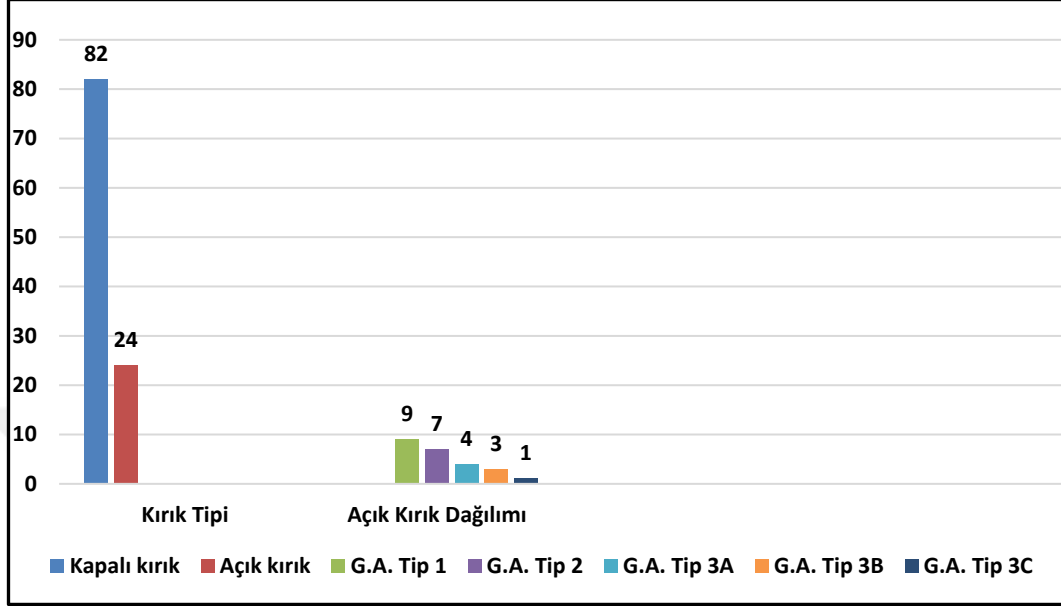


Grafik 4.4. AO/OTA sınıflamasına göre dağılımı

%29,2 tibia cisim kırığına politravma eşlik etmektedir. Hastaların %10,4'ünde kafa travması olduğu belirlenmiştir. Hastaların %88,7'sinde ipsilateral fibula kırığının eşlik ettiği tespit edilmiştir.

106 tibia cisim kırığının 24'ü (%22,6) açık, 82'si (%77,4) kapalı tip kırık olduğu görülmüştür. 24 açık tibia cisim kırığı, Gustilo Anderson sınıflamasına

göre 9 kırık Tip 1, 7 kırık Tip 2, 4 kırık Tip 3A, 3 kırık Tip 3B ve 1 açık kırık da Tip 3C sınıflamasına girmektedir (Grafik 4.5).



Grafik 4.5. Kapalı/Açık kırık ve G.A. sınıflamasına göre sayısal dağılımı

4.3. Hastaların Genel ve Cerrahi Özellikleri

Hastaların anamnez arşivi, konsültasyon formları, klinik hemşire gözlem formları ile anestezi preoperatif formları değerlendirilmiştir. Hastaların %42,5'inin sigara, %28,3'ünün alkol kullandığı görülmüştür. Hastaların %8,5'inde Diyabetes Mellitus tanısı mevcuttur. Hastaların ASA skoru ortalaması $1,16 \pm 0,39$, VKİ ortalaması $25,30 \pm 3,99$ olduğu görülmüştür (Tablo 4.2 ve Tablo 4.3).

Tüm hastaların cerrahi öncesi iki yönlü radyografileri değerlendirilerek isthmus bölgesi medulla çapı ölçülmüştür. Bütün hastaların ameliyat notları değerlendirilmiş; kullanılan kilitli intramedüller tibia çivi boy ve çap bilgisi elde edilmiştir. Her hasta için çivi çapının, isthmus medüller bölge çapına oranı hesaplanmıştır. İsthmus çapı ortalaması ölçümlerinin $12,66 \pm 1,54$ mm, çivi çapı/isthmus çapı oranının ortalaması $0,88 \pm 0,06$ mm olarak hesaplanmıştır.

Hastaların %21,7'sinde birincil tedavi yöntemi olarak eksternal fiksatör uygulandığı tespit edilmiştir. %2,8'inde açık kırık sonrası debridman ve eksternal

fiksator uygulandığı, yumuşak doku rekonstrüksiyonu için flep uygulandığı bilinmektedir. %7,5 hastada enfeksiyon gelişimi sonrası enfeksiyon hastalıkları ve klinik mikrobiyoloji konsültan hekim görüşü alınarak antibiyoterapisi düzenlenmiş ve takiplerinde hiçbir hastada implant tahliyesi ve geniş debridman ihtiyacı oluşmamıştır (Tablo 4.4).

Tablo 4.2. Hastaların demografik bilgileri ve genel özellikleri-1

Kategori		Sayı (n)	Yüzde (%)
Cinsiyet	<i>Erkek</i>	81	76,4
	<i>Kadın</i>	25	23,6
Taraf	<i>Sağ</i>	56	52,8
	<i>Sol</i>	50	47,2
Sigara	<i>Evet</i>	45	42,5
	<i>Hayır</i>	61	57,5
Alkol	<i>Evet</i>	30	28,3
	<i>Hayır</i>	76	71,7
Diyabet	<i>Evet</i>	9	8,5
	<i>Hayır</i>	97	91,5

Tablo 4.3. Hastaların demografik bilgileri ve genel özellikleri-2

Ölçüm	Ortalama	S.S.
Yaş	36,74	13,62
ASA	1,16	0,39
VKi	25,30	3,99

Tablo 4.4. Yaralanma mekanizması ve kırık özellikleri

Kategori	Sayı (n)	Yüzde (%)
<i>Motosiklet kazası</i>	53	50,0
<i>Yaya, araç çarpması ile yaralanma</i>	16	15,1
<i>Yüksekten düşme</i>	6	5,7
<i>Araç içi trafik kazası</i>	13	12,3
<i>Endüstriyel yaralanma</i>	6	5,7
<i>Kendi seviyesinden düşme</i>	9	8,5
<i>Tarım yaralanması</i>	1	0,9
<i>Spor yaralanması</i>	1	0,9
<i>Ateşli silah yaralanması</i>	1	0,9

Tablo 4.4 (Devam). Yaralanma mekanizması ve kırık özellikleri

	Kategori	Sayı (n)	Yüzde (%)
Politravma	<i>Var</i>	31	29,2
	<i>Yok</i>	75	70,8
Kafa Travması	<i>Var</i>	11	10,4
	<i>Yok</i>	95	89,6
Kırık Yerleşimi	<i>Proksimal</i>	11	10,4
	<i>Orta</i>	54	50,9
	<i>Distal</i>	28	26,4
	<i>Segmente</i>	13	12,3
	<i>A1</i>	11	10,4
AO/OTA Sınıflaması	<i>A2</i>	8	7,5
	<i>A3</i>	16	15,1
	<i>B2</i>	19	17,9
	<i>B3</i>	30	28,3
	<i>C2</i>	8	7,5
	<i>C3</i>	14	13,2
Açık Kırık / Kapalı Kırık	<i>Açık</i>	24	22,6
	<i>Kapalı</i>	82	77,4
Fibula Fraktürü	<i>Var</i>	94	88,7
	<i>Yok</i>	12	11,3
Birincil Tedavi Eksternal Fiksator Uygulaması	<i>Evet</i>	23	21,7
	<i>Hayır</i>	83	78,3
Açık Kırık; Debridman ve Flep Yapılan Olgu	<i>Hayır</i>	103	97,2
	<i>Evet</i>	3	2,8
Enfeksiyon Gelişimi ve Antibiyoterapi	<i>Hayır</i>	98	92,5
	<i>Evet</i>	8	7,5

4.4. Cerrahi Sonrası Değerlendirme

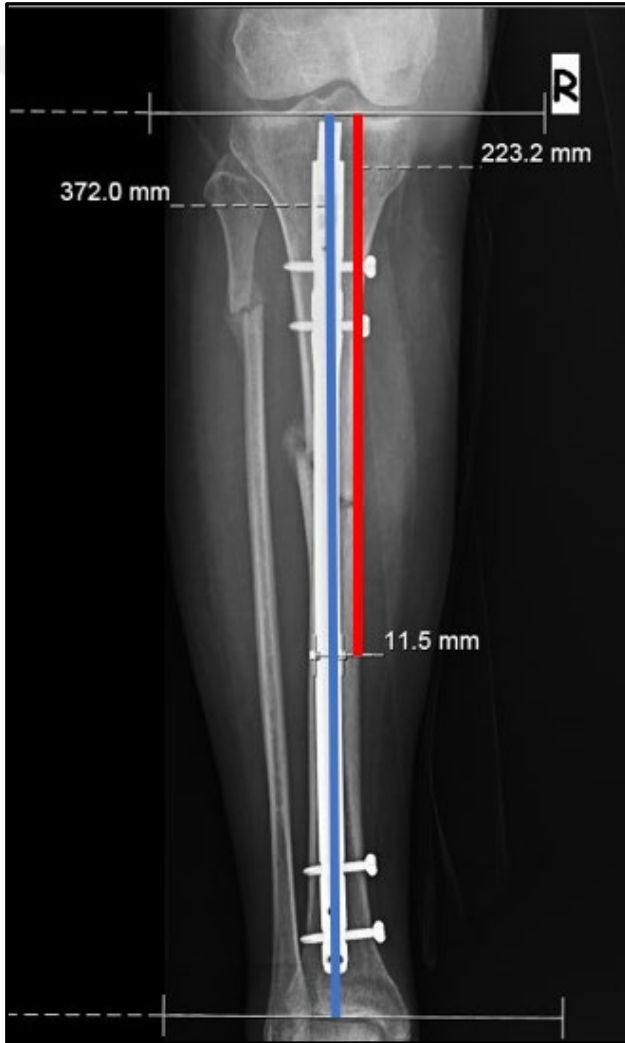
3. ay RUST skoru ortalaması ve standart sapması $6,48 \pm 0,9$, 6. ay RUST skoru ortalaması ve standart sapması $8,34 \pm 2,16$, 9. ay RUST skoru ortalaması ve standart sapması $9,75 \pm 2$, 12. ay RUST skoru ortalaması ve standart sapması $10,95 \pm 1,67$ olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.5).

Birincil tedavi eksternal fiksator uygulanan hastalarda ortalama $132,65 \pm 148,57$ gün sonra çivi uygulanmıştır. Hastaların postoperatif radyografilerinde ana kemik ile kırık arası fragman deplasmanı (Mm) düzeyinin ortalama $4,86 \pm 3,87$ olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.5).



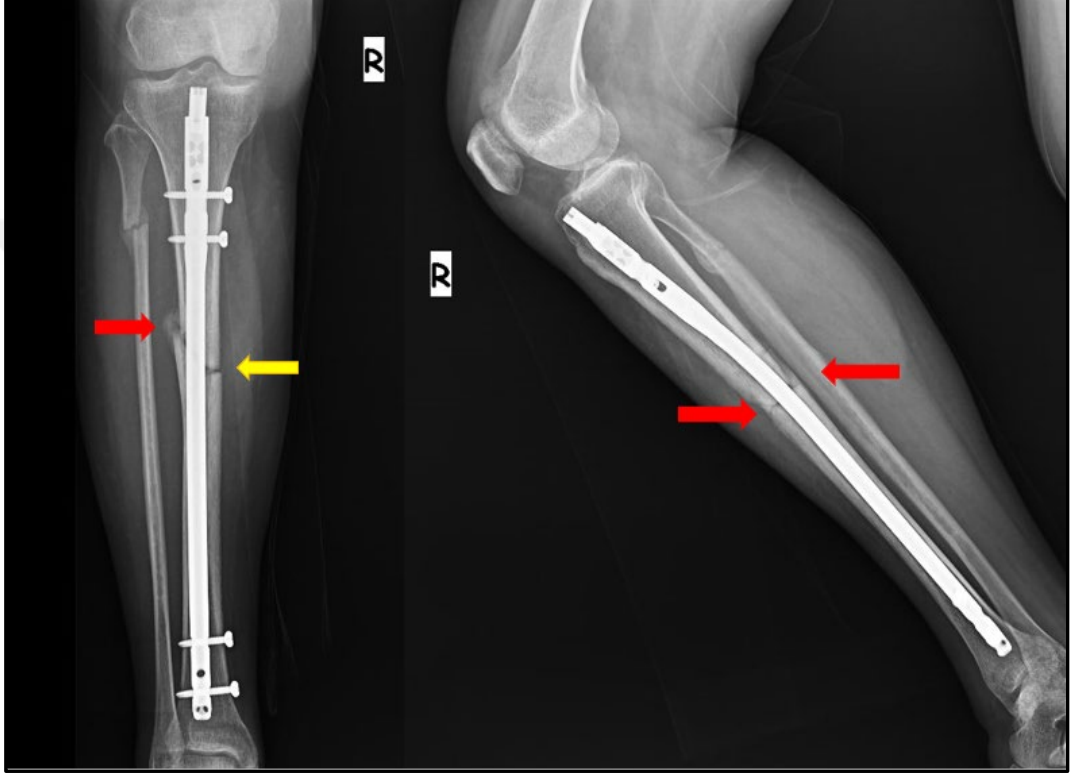
Tablo 4.5. Cerrahi sonrası yapılan ölçümler

Ölçüm	Ortalama	S.S.
İsthmus Çapı	12,66	1,54
Çivi Çapı/ İsthmus Çapı Oranı	0,88	0,06
3. Ay RUST Skoru	6,48	1,93
6. Ay RUST Skoru	8,34	2,16
9. Ay RUST Skoru	9,75	2,12
12. Ay RUST Skoru	10,95	1,67
Ex-Fix. Kaç Gün Sonra Çivi Uygulanmış (Gün)	132,65	148,57
Fragman Deplasmanı (Mm)	4,86	3,87



Şekil 4.1. Çalışmaya dahil edilen tibia cisim kırıklı bir hastada isthmus yerinin belirlenmesi. Mavi çizgi tibia uzunluğunu gösterirken kırmızı çizgi ise bu uzunluğun %60'ına denk gelmektedir. Tibia diyafizi, proksimal, orta ve distal 3 ayrı segment olarak düşünülürse 1/3 orta ve distal diyafizer segment arasında yer alan, koni şeklindeki intramedüller en dar kısım tibianın isthmusunu oluşturur.

Çalışmada RUST skorunun 7 ve üzerinde olması ‘kaynama’ olarak belirlenmiştir. Buna göre 3. ayda, %44,3, 6. ayda %68,9, 9. ayda %82,1 ve 12. ayda %93,4 oranında kaynama görüldüğü tespit edilmiştir. Sonuç olarak, hastaların yarısından fazlasında kaynamanın görüldüğü dönem 6. aydır. 9. ve 12. ayda da kırık iyileşmenin artarak devam ettiği tespit edilmiştir (Tablo 4.6).



Şekil 4.2. Çalışmaya dahil edilen tibia cisim kırıklı bir hastada, intramedüller çivi ile tespit sonrası 6. ay iki yönlü radyografi üzerinden RUST puanlamasının hesaplanması (Kırmızı ok işaretleri ile gösterilen anterior, posterior ve lateral korteks üzerinde kallus formasyonu olmasına rağmen kırık hattı belli olmaktadır. Sarı ok işareti ise henüz kallus formasyonunun izlenmediği ve kırık hattının net seçilebildiği medial korteksi göstermektedir. Kallus oluşumu görülmesine rağmen kırık hattının seçilebildiği üç korteks için 2 puan, henüz kaynamanın gözlenmediği ve kırık hattının net seçildiği medial korteks için 1 puan olarak verilerek toplam RUST skoru 7 olarak hesaplanmıştır.)

Tablo 4.6. RUST skoruna göre kırık iyileşmesinin aylara göre belirlenmesi

Kategori		Sayı (n)	Yüzde (%)
3. Ay Kaynama Durumu	Kaynama Var	47	44,3
	Kaynama Yok	59	55,7
6. Ay Kaynama Durumu	Kaynama Var	73	68,9
	Kaynama Yok	33	31,1
9. Ay Kaynama Durumu	Kaynama Var	87	82,1
	Kaynama Yok	19	17,9
12. Ay Kaynama Durumu	Kaynama Var	99	93,4
	Kaynama Yok	7	6,6

4.5. Aylara Göre Kaynamaya Etki Eden Değişkenlerin İncelenmesi

Hastaların genel özelliklerinin, 3-6-9-12. aylarda kaynama üzerine etkisini araştırmak için ki-kare testi uygulanmıştır. 3-6-9-12. aylarda kaynamayı etkileyen bağımsız risk faktörlerini araştırmak için, etki eden hasta özellikleri lojistik regresyon modeline dahil edilmiştir.

i. 3. Ayda Kırık İyileşmesi Üzerine Etki Eden Hasta Özellikleri

Tablo 4.7. 3. ayda kırık iyileşmesi üzerine etki eden hasta özellikleri

Hasta Özellikleri		3. Ay Kaynama Durumu				p
		<u>Kaynama Var</u>		<u>Kaynama Yok</u>		
		Sayı (n)	Yüzde (%)	Sayı (n)	Yüzde (%)	
Cinsiyet	Erkek	38	80,9	43	72,9	0,23
	Kadın	9	19,1	16	27,1	
Taraf	Sağ	28	59,6	28	47,5	0,04*
	Sol	19	40,4	31	52,5	
Politravma	Var	14	29,8	17	28,8	0,59
	Yok	33	70,2	42	71,2	
Kafa Travması	Var	3	6,4	8	13,6	0,11
	Yok	44	93,6	51	86,4	
Kırığın Diyafizer Yerleşimi	Proksimal	4	8,5	7	11,9	0,04*
	Orta	31	66,0	23	39,0	
	Distal	11	23,4	17	28,8	
	Segmente	1	2,1	12	20,3	
AO/OTA Sınıflaması	A1	7	14,9	4	6,8	0,06
	A2	5	10,6	3	5,1	
	A3	8	17,0	8	13,6	
	B2	8	17,0	11	18,6	
	B3	16	34,0	14	23,7	
	C2	2	4,3	6	10,2	
	C3	1	2,1	13	22,0	

Tablo 4.7 (Devam). 3. ayda kırık iyileşmesi üzerine etki eden hasta özellikleri

Hasta Özellikleri		3. Ay Kaynama Durumu				p
		Kaynama Var		Kaynama Yok		
		Sayı (n)	Yüzde (%)	Sayı (n)	Yüzde (%)	
Açık /Kapalı Kırık	Açık	9	19,1	15	25,4	0,09
	Kapalı	38	80,9	44	74,6	
Fibula Fraktürü	Var	39	83,0	55	93,2	0,18
	Yok	8	17,0	4	6,8	
Birincil Tedavi Eks. Fiksator Uygulaması	Evet	8	17,0	15	25,4	0,16
	Hayır	39	83,0	44	74,6	
Sigara	Evet	15	31,9	30	50,8	0,01*
	Hayır	32	68,1	29	49,2	
Alkol	Evet	8	17,0	22	37,3	0,01*
	Hayır	39	83,0	37	62,7	
Diyabet	Evet	4	8,5	5	8,5	0,99
	Hayır	43	91,5	54	91,5	
Açık Kırık; Debridman ve Flep	Evet	45	95,7	58	98,3	0,56
	Hayır	2	4,3	1	1,7	
Enfeksiyon Gelişimi ve Antibiyoterapi	Evet	44	93,6	54	91,5	0,91
	Hayır	3	6,4	5	8,5	

Hastaların cinsiyetlerinin 3. ayda kırık iyileşmesi üzerine anlamlı etkisinin olmadığı görülmüştür (p=0,23).

Hastaların kırık sonrası intramedüller çivi uygulanan taraflarının iyileşme üzerinde etkili olduğu tespit edilmiş, sağ tibia cisim kırığı olan ve intramedüller çivi ile tespit yapılan hastaların 3. ayda iyileşme oranlarının daha yüksek olduğu görülmüştür (p=0,04).

Politravma varlığının, tibia cisim kırıklı hastalarda 3. ayda kırık iyileşmesi üzerine anlamlı etki etmediği görülmüştür (p=0,59). Aynı şekilde tibia cisim kırıklı hastalarda, kafa travması olmasının 3. ayda kırık iyileşmesi durumuna istatistiksel olarak anlamlı etki etmediği görülmüştür (p=0,11).

Hastaların kırık bölgelerine göre 3. ayda ki kırık iyileşmesinin farklı olduğu; tibia proksimal cisim kırıklı hastalarda iyileşme oranlarının diğer bölge ve segmente tibia cisim kırıklı hastalara göre daha düşük düzeylerde olduğu tespit edilmiştir (p=0,04).

Hastaların AO/OTA tibia cisim kırık sınıflamasına göre 3. ayda kırık iyileşmesinin farklı olmadığı görülmüştür (p=0,06).

Hastaların açık kırık veya kapalı kırık durumlarının 3. ayda kırık iyileşmesi üzerine istatistiksel olarak anlamlı etki etkisinin olmadığı görülmüştür (p=0,09).

Hastaların aynı taraflı fibula fraktürü olma durumlarının 3. ayda kırık iyileşmesi üzerine etki etmediği görülmüştür ($p=0,18$).

Hastaların sigara ve alkol kullanma durumlarının 3. ayda kırık iyileşmesi üzerine olumsuz yönde etki ettiği; sigara ve alkol kullanan hastalarda 3. ayda daha az sayıda kırık iyileşmesi gösterdiği tespit edilmiştir ($p=0,01$).

Hastaların diyabet olma durumlarının 3. ayda kaynama üzerine anlamlı etkisinin olmadığı görülmüştür ($p=0,99$).

Açık tibia cisim kırığı nedeniyle debridman sonrası flep uygulanan hastalarda ve ayrı olarak enfeksiyon gelişimi üzerine antibiyoterapisi düzenlenmesinin, hastalarda 3. ay kırık iyileşmesi üzerine anlamlı etki oluşturmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).

Hastaların genel özelliklerinin, 3. ayda kaynama üzerine etkisini araştırmak için ki-kare testi uygulanmıştır. 3. ay kaynamayı etkileyen bağımsız risk faktörlerini araştırmak için, etki eden hasta özellikleri lojistik regresyon modeline dahil edilmiştir (Tablo 4.8.).

Öncelikli olarak lojistik modele dahil edilecek bağımsız değişkenler, tek değişkenli lojistik regresyon analiziyle belirlenmiştir. Ardından belirlenen bağımsız değişkenler, çok değişkenli lojistik modele dahil edilmiş ve böylece final model elde edilmiştir. Etki eden değişkenlerin tekli düzeydeki etkisinin, çoklu düzeyde de olduğu görülmüştür.

Lojistik regresyon modeline göre, sigara ve alkol kullanımının 3. ay kırık iyileşmesini etkileyen bağımsız risk faktörleri olduğu tespit edilmiştir. Anlamlı çıkan bu değişkenler yorumlanacak olursa; sigara içme durumu, kaynama olasılığını 2,55 (%95 GA 1,18-3,42) kat, alkol ise 2,30 kat (1,20-3,44) azaltmaktadır.

Tablo 4.8. 3. ay kırık iyileşmesine etki eden faktörlerin belirlenmesi (GA= Güven Aralığı)

3. Ay Kaynama	W	p	Odds Ratio (O.R.)	95% G.A. ODDS RATIO (O.R.)	
				Alt	Üst
Sigara	6,55	0,01*	2,25	1,18	3,42
Alkol	5,26	0,02*	2,30	1,20	3,44

ii. 6. Ayda Kırık İyileşmesi Üzerine Etki Eden Hasta Özellikleri

Tablo 4.9. 6. ayda kırık iyileşmesi üzerine etki eden hasta özellikleri

Hasta Özellikleri		6. Ay Kaynama Durumu				p
		Kaynama Var		Kaynama Yok		
		Sayı (n)	Yüzde (%)	Sayı (n)	Yüzde (%)	
Cinsiyet	Erkek	58	79,5	23	69,7	0,03*
	Kadın	15	20,5	10	30,3	
Taraf	Sağ	40	54,8	16	48,5	0,04*
	Sol	33	45,2	17	51,5	
Politravma	Var	19	26,0	12	36,4	0,11
	Yok	54	74,0	21	63,6	
Kafa Travması	Var	7	9,6	4	12,1	0,35
	Yok	66	90,4	29	87,9	
Kırığın Diyafizer Yerleşimi	Proksimal	7	9,6	4	12,1	0,04*
	Orta	46	63,0	8	24,2	
	Distal	16	21,9	12	36,4	
	Segmente	4	5,5	9	27,3	
AO/OTA Sınıflaması	A1	10	13,7	1	3,0	0,05
	A2	6	8,2	2	6,1	
	A3	11	15,1	5	15,2	
	B2	14	19,2	5	15,2	
	B3	24	32,9	6	18,2	
	C2	4	5,5	4	12,1	
	C3	4	5,5	10	30,3	
Açık /Kapalı Kırık	Açık	13	17,8	11	33,3	0,02*
	Kapalı	60	82,2	22	66,7	
Fibula Fraktürü	Var	63	86,3	31	93,9	0,07
	Yok	10	13,7	2	6,1	
Birincil Tedavi Eks. Fiksator Uygulaması	Evet	12	16,4	11	33,3	0,01*
	Hayır	61	83,6	22	66,7	
Sigara	Evet	29	39,7	16	48,5	0,01*
	Hayır	44	60,3	17	51,5	
Alkol	Evet	19	26,0	11	33,3	0,03*
	Hayır	54	74,0	22	66,7	
Diyabet	Evet	6	8,2	3	9,1	0,58
	Hayır	67	91,8	30	90,9	
Açık Kırık; Debridman ve Flep	Evet	70	95,9	33	100,0	0,26
	Hayır	3	4,1	0	0,0	
Enfeksiyon Gelişimi ve Antibiyoterapi	Evet	69	94,5	29	87,9	0,13
	Hayır	4	5,5	4	12,1	

Hasta cinsiyetinin 6. ayda kırık iyileşmesi üzerine anlamlı etkisinin olduğu; kadın tibia cisim kırıklı hastalarda kırık iyileşme oranlarının erkeklere göre daha az düzeyde olduğu görülmüştür ($p=0,03$).

Hastaların kırık sonrası intramedüller çivi uygulanan taraflarının iyileşme üzerinde etkili olduğu görülmüş olup sağ tibia cisim kırığı olan ve intramedüller çivi ile tespit yapılan hastaların 6. ayda iyileşme oranlarının daha yüksek olduğu izlenmiştir ($p=0,04$).

Politravma varlığının, tibia cisim kırıklı hastalarda 6. ayda kırık iyileşmesi üzerine anlamlı etki etmediği görülmüştür ($p=0,11$). Aynı şekilde tibia cisim kırıklı hastalarda, kafa travması olmasının 6. ayda kırık iyileşmesi durumuna istatistiksel olarak anlamlı etki etmediği görülmüştür ($p=0,35$).

Hastaların kırık bölgelerine göre 6. ayda ki kırık iyileşmesinin farklı olduğu; tibia proksimal cisim kırıklı hastalarda iyileşme oranlarının diğer bölge ve segmente tibia cisim kırıklı hastalara göre daha düşük düzeylerde olduğu tespit edilmiştir ($p=0,04$).

Hastaların AO/OTA tibia cisim kırık sınıflamasına göre 6. ayda kırık iyileşmesinin farklı olmadığı görülmüştür ($p=0,05$). Hastaların açık kırık veya kapalı kırık durumlarının 6. ayda iyileşme durumlarına etki ettiği ve açık tip kırığı olan hastalarda iyileşmenin daha az olduğu görülmüştür ($p=0,02$).

Hastaların aynı taraflı fibula fraktürü olma durumlarının 6. ayda kırık iyileşmesi üzerine etki etmediği görülmüştür ($p=0,07$).

Hastaların sigara ve alkol kullanma durumlarının 6. ayda kırık iyileşmesi üzerine olumsuz yönde etki ettiği; sigara ($p=0,01$) ve alkol ($p=0,03$) kullanan hastalarda 6. ayda daha az sayıda kırık iyileşmesi gösterdiği tespit edilmiştir.

Birincil tedavi yöntemi olarak eksternal fiksator uygulanan ve sonrasında IM çivi ile tespit yöntemi tercih edilen hastalarda; intramedüller çivi tespiti sonrası 6. ayda kırık iyileşmesinin anlamlı olarak daha düşük oranlarda olduğu görülmüştür ($p=0,01$).

Diyabet varlığında, açık tibia cisim kırığı nedeniyle debridman sonrası flep uygulanan hastalarda, yüzeysel enfeksiyon varlığı ile antibiyotik kullanımı olan hastalarda; 6. ay kırık iyileşmesi üzerine anlamlı farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).

Hastaların genel özelliklerinin, 6. ayda kaynama üzerine etkisini araştırmak için ki-kare testi uygulanmıştır. 6. ay kaynamayı etkileyen bağımsız risk faktörlerini araştırmak için, etki eden hasta özellikleri lojistik regresyon modeline dahil edilmiştir (Tablo 4.10). Lojistik regresyon modeline göre, sigara kullanımı, alkol kullanımı, birincil tedavi yöntemi olarak eksternal fiksasyon uygulaması yapılan ve sonrasında IM çivi ile tespit edilen hastalarda eksternal fiksasyonun 6. ay kaynamayı etkileyen bağımsız risk faktörleri olduğu tespit edilmiştir. Anlamlı çıkan bu değişkenler yorumlanacak olursa, sigara içme durumu kaynama olasılığını 2,29 (%95 GA 1,11-3,35) kat, eksternal fiksasyon uygulaması kaynama olasılığını 1,90 (%95 GA 0,90-2,90) kat, alkol ise kaynama olasılığını 1,30 kat (%95 GA 0,75-1,85) azaltmaktadır.

Tablo 4.10. 6. ay kırık iyileşmesine etki eden faktörlerin belirlenmesi (GA= Güven Aralığı)

6. Ay Kaynama	W	p	Odds Ratio (O.R.)	95% G.A. ODDS RATIO (O.R.)	
				Alt	Üst
Sigara	6,51	0,01*	2,29	1,11	3,35
Birincil Tedavi Eks. Fiksasyon Uygulaması	5,13,	0,02*	1,90	0,90	2,90
Alkol	4,31	0,04*	1,30	0,75	1,85

iii. 9. Ayda Kırık İyileşmesi Üzerine Etki Eden Hasta Özellikleri

Tablo 4.11. 9. ayda kırık iyileşmesi üzerine etki eden hasta özellikleri

Hasta Özellikleri		9. Ay Kaynama Durumu				p
		Kaynama Var		Kaynama Yok		
		Sayı (n)	Yüzde (%)	Sayı (n)	Yüzde (%)	
Cinsiyet	Erkek	69	79,3	12	63,2	0,09
	Kadın	18	20,7	7	36,8	
Taraf	Sağ	49	56,3	7	36,8	0,01*
	Sol	38	43,7	12	63,2	
Politravma	Var	20	23,0	11	57,9	0,01*
	Yok	67	77,0	8	42,1	
Kafa Travması	Var	9	10,3	2	10,5	0,61
	Yok	78	89,7	17	89,5	
Kırığın Diyafizer Yerleşimi	Proksimal	9	10,3	2	10,5	0,01*
	Orta	49	56,3	5	26,3	
	Distal	21	24,1	7	36,8	
	Segmente	8	9,2	5	26,3	
AO/OTA Sınıflaması	A1	10	11,5	1	5,3	0,36
	A2	7	8,0	1	5,3	
	A3	13	14,9	3	15,8	
	B2	17	19,5	2	10,5	
	B3	26	29,9	4	21,1	
	C2	7	8,0	1	5,3	
	C3	7	8,0	7	36,8	
Açık /Kapalı Kırık	Açık	16	18,4	8	42,1	0,01*
	Kapalı	71	81,6	11	57,9	
Fibula Fraktörü	Var	77	88,5	17	89,5	0,51
	Yok	10	11,5	2	10,5	
Birincil Tedavi Eks. Fiksator Uygulaması	Evet	15	17,2	8	42,1	0,01*
	Hayır	72	82,8	11	57,9	
Sigara	Evet	34	39,1	11	57,9	0,01*
	Hayır	53	60,9	8	42,1	
Alkol	Evet	22	25,3	8	42,1	0,01*
	Hayır	65	74,7	11	57,9	
Diyabet	Evet	6	6,9	3	15,8	0,08
	Hayır	81	93,1	16	84,2	
Açık Kırık; Debridman ve Flep	Evet	84	96,6	19	100,0	0,56
	Hayır	3	3,4	0	0,0	
Enfeksiyon Gelişimi ve Antibiyoterapi	Evet	82	94,3	16	84,2	0,34
	Hayır	5	5,7	3	15,8	

Hastaların cinsiyetlerinin 9. ayda kırık iyileşmesi üzerine anlamlı etkisinin olmadığı görülmüştür ($p=0,09$).

Hastaların kırık sonrası intramedüller çivi uygulanan taraflarının iyileşme üzerinde etkili olduğu görülmüş olup sağ tibia cisim kırığı olan ve intramedüller çivi ile tespit yapılan hastaların 9. ayda iyileşme oranlarının daha yüksek olduğu izlenmiştir ($p=0,01$).

Tibia cisim kırığı ile özgeçmişinde politravma mevcudiyeti olan hastaların 9. ayda kaynama oranlarının farklı olduğu; bu hasta grubunda kırık iyileşme oranlarının daha az düzeyde olduğu tespit edilmiştir ($p=0,01$). Ancak özgeçmişinde tibia cisim kırığı ile birlikte kafa travması olmasının 9. ayda kırık iyileşmesi üzerine istatistiksel olarak anlamlı etki etmediği görülmüştür ($p=0,61$).

Hastaların aynı taraflı fibula fraktürü olma durumlarının 9. ayda kırık iyileşmesi üzerine etki etmediği görülmüştür ($p=0,51$).

Hastaların kırık bölgelerine göre 9. ayda ki kırık iyileşmesinin farklı olduğu; tibia proksimal cisim kırıklı hastalarda iyileşme oranlarının diğer bölge ve segmente tibia cisim kırıklı hastalara göre daha düşük düzeylerde olduğu tespit edilmiştir ($p=0,04$). Hastaların AO/OTA tibia cisim kırık sınıflamasına göre 9. ayda kırık iyileşmesinin farklı olmadığı görülmüştür ($p=0,36$). Açık kırığı olan hastaların kırık iyileşme oranlarının 9. ayda anlamlı olarak daha düşük düzeyde olduğu tespit edilmiştir ($p=0,01$).

Hastaların sigara ve alkol kullanma durumlarının 9. ayda kırık iyileşmesi üzerine olumsuz yönde etki ettiği; sigara ve alkol kullanan hastalarda 9. ayda kaynama oranlarının daha düşük düzeylerde olduğu tespit edilmiştir ($p=0,01$).

Birincil tedavi yöntemi olarak eksternal fiksator uygulanan ve sonrasında IM çivi ile tespit yöntemi tercih edilen hastalarda; intramedüller çivi tespiti sonrası 9. ayda kırık iyileşmesinin anlamlı olarak daha düşük oranlarda olduğu görülmüştür ($p=0,01$).

Diyabet varlığında, açık tibia cisim kırığı nedeniyle debridman sonrası flep uygulanan hastalarda, yüzeysel enfeksiyon varlığı ile antibiyotik kullanımı olan hastalarda; 9. ay kırık iyileşmesi üzerine anlamlı farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).

Hastaların genel özelliklerinin, 9. ayda kaynama üzerine etkisini araştırmak için ki-kare testi uygulanmıştır. 9. ay kaynamayı etkileyen bağımsız risk faktörlerini araştırmak için, etki eden hasta özellikleri lojistik regresyon modeline dahil edilmiştir (Tablo 4.12). Bu sonuçlara göre; sigara kullanımı, alkol kullanımı, açık kırık, politravma, taraf, birincil tedavi yöntemi olarak eksternal fiksasyon tercihi, 9. ay iyileşmeyi etkileyen bağımsız risk faktörleri olarak bulunmuştur.

Anlamalı çıkan bu değişkenler yorumlanacak olursa, politravma özgeçmiş olan hastalarda, kırık kaynama oranının 3,25 (%95 GA 1,18-5,42) kat daha düşük olacağı, sigara içme durumunun kırık iyileşme olasılığını 3,20 (%95 GA 1,20-5,44) kat, birincil tedavi eksternal fiksator uygulanan hastalarda 9. ayda kaynama olasılığının 1,90 (%95 GA 0,90-2,15) kat, alkol kullanımının ise 1,55 kat (%95 GA 0,90-2,15) kaynama ihtimalini azaltacağı şeklinde yorumlanır. Açık kırıklı hastalarda, 1,66 (%95 GA 1,50-1,89) kat, sol taraflı tibia cisim kırıklı hastalarda ise 1,55 (%95 GA 0,78-2,18) kat 9. ay iyileşme olasılıklarının azaldığı görülmüştür.

Tablo 4.12. 9. ay kırık iyileşmesine etki eden faktörlerin belirlenmesi (GA= Güven Aralığı)

6. Ay İyileşme	W	p	Odds Ratio (O.R.)	95% G.A. ODDS RATIO (O.R.)	
				Alt	Üst
Politravma	6,55	0,01*	3,25	1,18	5,42
Sigara	5,26	0,01*	3,20	1,20	5,44
Birincil Tedavi Eks. Fiksator Uygulaması	5,26	0,01*	1,75	1,50	1,90
Alkol	4,92	0,01*	1,55	0,90	2,15
Açık Kırık	4,82	0,01*	1,66	1,50	1,89
Taraf sol (±)	4,75	0,02*	1,53	0,78	2,18

iv. 12. Ayda Kırık İyileşmesi Üzerine Etki Eden Hasta Özellikleri

Tablo 4.13. 12. ayda kırık iyileşmesi üzerine etki eden hasta özellikleri

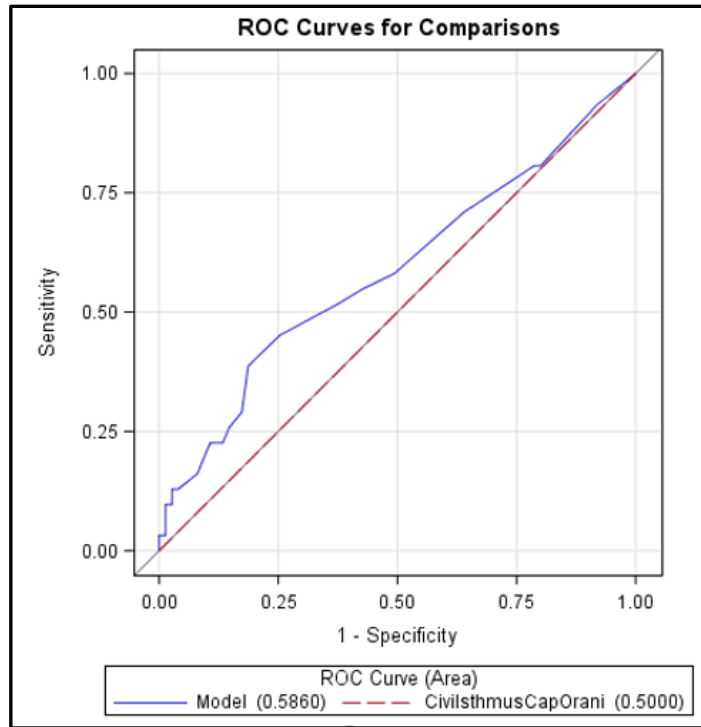
Hasta Özellikleri		12. Ay Kaynama Durumu				p
		<u>Kaynama Var</u>		<u>Kaynama Yok</u>		
		Sayı (n)	Yüzde (%)	Sayı (n)	Yüzde (%)	
Cinsiyet	Erkek	77	77,8	4	57,1	0,08
	Kadın	22	22,2	3	42,9	
Taraf	Sağ	53	53,5	3	42,9	0,12
	Sol	46	46,5	4	57,1	
Politravma	Var	27	27,3	4	57,1	0,09
	Yok	72	72,7	3	42,9	
Kafa Travması	Var	10	10,1	1	14,3	0,21
	Yok	89	89,9	6	85,7	
Kırığın Diyafizer Yerleşimi	Proksimal	11	11,1	0	0,0	0,06
	Orta	51	51,5	3	42,9	
	Distal	26	26,3	2	28,6	
	Segmente	11	11,1	2	28,6	
AO/OTA Sınıflaması	A1	11	11,1	0	0,0	0,32
	A2	7	7,1	1	14,3	
	A3	15	15,2	1	14,3	
	B2	19	19,2	0	0,0	
	B3	28	28,3	2	28,6	
	C2	8	8,1	0	0,0	
	C3	11	11,1	3	42,9	
Açık /Kapalı Kırık	Açık	20	20,2	4	57,1	0,08
	Kapalı	79	79,8	3	42,9	
Fibula Fraktürü	Var	87	87,9	7	100,0	0,05
	Yok	12	12,1	0	0,0	
Birincil Tedavi Eks. Fiksator Uygulaması	Evet	19	19,2	4	57,1	0,08
	Hayır	80	80,8	3	42,9	
Sigara	Evet	42	42,4	3	42,9	0,63
	Hayır	57	57,6	4	57,1	
Alkol	Evet	28	28,3	2	28,6	0,52
	Hayır	71	71,7	5	71,4	
Diyabet	Evet	7	7,1	2	28,6	0,04*
	Hayır	92	92,9	5	71,4	
Açık Kırık; Debridman ve Flep	Evet	96	97,0	7	100,0	0,37
	Hayır	3	3,0	0	0,0	
Enfeksiyon Gelişimi ve Antibiyoterapi	Evet	93	93,9	5	71,4	0,09
	Hayır	6	6,1	2	28,6	

12. aydaki kaynama oranlarına göre cinsiyet, taraf, politravma varlığı, kırığın diyafizer yerleşimi, AO/OTA tibia cisim kırık sınıflamasına göre kırık tipi, kafa travması olması, açık kırık, ipsilateral fibula fraktörü eşlik etmesi, sigara ve/veya alkol kullanımı, yumuşak doku rekonstrüksiyon için flep uygulaması, enfeksiyon gelişimi üzerine antibiyotik kullanımının kırık iyileşmesi üzerine anlamlı etkisinin olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). 12. ayda diyabet varlığı olan hastalarda kaynama oranlarının daha az düzeyde olduğu görülmüştür ($p=0,04$).

Kaynama izlenen hasta sayısının çok ve kaynama olmayan hasta sayısının az olması nedeniyle 12. ayda lojistik regresyon analizi yapılmamıştır. Çoklu risk faktörü yoktur şeklinde de yorumlanabilir.

4.6. Çivi Çapı/İsthmus Çapı Oranının Kaynama Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi

Çivi çapı/isthmus çapı oranının kaynamaya etkisini araştırmak için 6. ayda radyolojik olarak kaynama kriterlerine uyan kırıklar üzerinden ROC (Receiver-Operating Characteristic) analizi yapılmıştır (Grafik 4.6).



Grafik 4.6. Çivi çapı/İsthmus çapı kesim noktası ROC analiz eğrisi

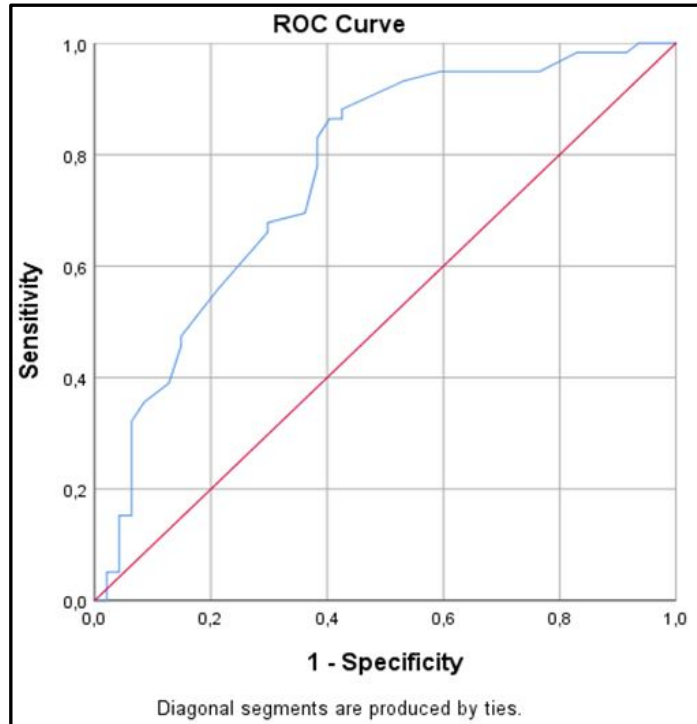
Tablo 4.14. 6. ayda radyolojik olarak kaynama görülen hastalarda çivi çapı/isthmus çapı kesim noktası

Kesim Noktası (Cut Off)	Sensitivity	Specificity	Diagnostic Accuray
Çivi / İsthmus Çapı Oranı (0,85)	98%	79%	%69 (p=0,03)

ROC analizi ile 6. ayda kaynama sağlanan hastalardaki çivi çapı/isthmus çapı oranı istatistiksel kesim noktası hesaplanması sonucunda, çivi çapı/isthmus çapı oranının 0,85 sınır düzeyinde %69 tutarlılık seviyesinde olduğu ve bu düzeyin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür (p=0,03). Hassaslık düzeyi %98, özgüllük düzeyi de %79 olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.14).

4.7. Fragman Deplasman Miktarının Kaynama Üzerine Etkinliğinin Değerlendirilmesi

Fragman deplasman miktarının kaynamaya etkisini araştırmak için 6. ayda radyolojik olarak kaynama kriterlerine uyan kırıklar üzerinden ROC (Receiver-Operating Characteristic) analizi yapılmıştır (Grafik 4.7).



Grafik 4.7. 6. ay fragman deplasman (mm) kesim noktası ROC analiz eğrisi

Tablo 4.15. 6. ayda radyolojik olarak kaynama görülen hastalarda fragman deplasman miktarı kesim noktası

Kesim Noktası (Cut Off)	Sensitivity	Specificity	Diagnostic Accuruy
Fragman Deplasmanı (Mm) 1,75	80%	72%	%80 (p=0,01)

Tablo 4.16. 6. ayda radyolojik olarak kaynama görülen hastalarda fragman deplasman miktarının kaynama üzerine etkisinin değerlendirilmesi

Kaynama Durumu		Fragman deplasmanı				p
		<u>Düşük</u>		<u>Yüksek</u>		
		Sayı (n)	Yüzde (%)	Sayı (n)	Yüzde (%)	
6. Ay Kaynama	Var	20	100,0	53	61,6	0,02*
	Yok	0	0,0	33	38,4	

ROC analizi ile 6. ayda kaynama sağlanan hastalardaki fragman deplasmanı (mm) ölçümü için istatistiksel olarak kesim noktası hesaplanması sonucunda, fragman deplasmanı ölçümlerinin kesim noktası düzeyinin 1,75 mm sınır düzeyinde %80 tutarlılık seviyesinde olduğu ve bu düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür (p=0,01). Hassaslık düzeyi %80, özgüllük düzeyi de %72 civarında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.15).

ROC analizi sonucunda 6. ayda fragman deplasmanı kesim noktasına göre (1,75 mm) düşük veya yüksek olan hastalarda iyileşme durumunun 6. ayda farklı oranlarda olduğu görülmüştür. Fragman deplasman grubu düşük olan hastalarda iyileşme oranlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (p=0,02) (Tablo 4.16).

4.8. Kaynama Üzerine Etkili Parametrelerin Bağımsız Örneklem T-Testi ile Değerlendirilmesi

3-6-9-12. aylarda, RUST skoru 7 ve üzeri ‘kaynama’ olarak tanımlanan hastalar ile henüz yeterli düzeyde kırık iyileşmesi olmayan hastalar iki farklı bağımsız grup olarak tanımlanmış ve kaynama üzerine etkili parametrelerin değerlendirilmesi için bağımsız örneklem T-testi uygulanmıştır.

3-6-9-12. aylarda hastalara ait RUST skorları bağımlı değişkenleri oluştururken, kaynama üzerine etkisi araştırılan parametreler ise bağımsız değişkenleri oluşturmaktadır. İki bağımsız grup arasında ortalamalara bakılarak istatistiksel olarak anlamlı fark olup olmadığını araştırılmıştır.

3. ayda kaynama izlenen hastalarda 3-6-9. aylardaki RUST skorunun daha yüksek seviyelerde ve kaynama olmayan grupla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p=0,01$). Birincil tedavi olarak eksternal fiksator uygulanan hastalarda, geç dönem çivi uygulanmış grubun 3. aydaki kaynama oranlarının anlamlı düzeyde olduğu tespit edilmiştir ($p=0,01$). 3. ayda kaynama izlenen hastalarda, fragman deplasmanı (mm) düzeyi ne kadar az ise kaynama oranlarının daha iyi olduğu izlenmiştir ($p=0,01$) (Tablo 4.17).

Tablo 4.17. 3. ayda kaynama düzeyleri ve ölçümlerin incelenmesi

Ölçüm	3. Ay Kaynama Durumu		p
	Kaynama Var	Kaynama Yok	
	X $\pm$ S.S.	X $\pm$ S.S.	
Çivi/İsthmus çap oranı	0,90 $\pm$ 0,05	0,88 $\pm$ 0,07	0,21
3. ay RUST skoru	8,34 $\pm$ 0,67	5,00 $\pm$ 1,17	0,01*
6. ay RUST skoru	10,19 $\pm$ 1,24	6,86 $\pm$ 1,50	0,01*
9. ay RUST skoru	11,34 $\pm$ 0,81	8,49 $\pm$ 1,99	0,01*
12. ay RUST skoru	11,91 $\pm$ 0,35	10,19 $\pm$ 1,9	0,13
Birincil tedavi eks. fiks.	175,25 $\pm$ 154,56	109,93 $\pm$ 145,43	0,01*
Frag. deplasmanı (Mm)	3,39 $\pm$ 3,52	6,03 $\pm$ 3,75	0,01*

6. ayda kaynama izlenen hastalarda 3-6-9. aylardaki RUST skorunun daha yüksek seviyelerde ve kaynama olmayan grupla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p=0,01$). Birincil tedavi olarak eksternal fiksator uygulanan hastalarda geç dönem çivi uygulanmış grubun 6. aydaki kaynama oranlarının anlamlı düzeyde olduğu tespit edilmiştir ($p=0,01$). 6. ayda kaynama izlenen hastalarda, fragman deplasmanı (mm) düzeyi ne kadar az ise kaynama oranlarının daha iyi olduğu izlenmiştir ($p=0,01$) (Tablo 4.18).

Tablo 4.18. 6. ayda kaynama düzeyleri ve ölçümlerin incelenmesi

Ölçüm	6. Ay Kaynama Durumu		p
	<u>Kaynama Var</u>	<u>Kaynama Yok</u>	
	X ± S.S.	X ± S.S.	
Çivi/İsthmus çap oranı	0,90±0,05	0,86±0,08	0,26
3. ay RUST skoru	7,51±1,39	4,21±0,48	0,01*
6. ay RUST skoru	9,53±1,4	5,7±0,73	0,01*
9. ay RUST skoru	10,97±1,07	7,06±1,14	0,01*
12. ay RUST skoru	11,73±0,67	9,24±1,94	0,08
Birincil tedavi eks. fiks.	159,83±161,28	103±134,5	0,01*
Frag. deplasmanı (Mm)	4,04±3,59	6,68±3,89	0,01*

9. ayda çivi/isthmus çapı oranının, kaynama izlenen hastalarda, kaynama izlenmeyen hastalarla karşılaştırıldığında anlamlı olarak daha yüksek düzeylerde olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

9. ayda kaynama izlenen hastalarda 3-6-9. aylardaki RUST skorunun daha yüksek seviyelerde ve kaynama olmayan grupla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p=0,01$). Birincil tedavi olarak eksternal fiksator uygulanan hastalarda geç dönem çivi uygulanmış grubun 9. aydaki kaynama oranlarının anlamlı düzeyde olduğu tespit edilmiştir ($p=0,03$).

9. ayda kaynama izlenen hastalarda, fragman deplasmanı (mm) düzeyi ne kadar az ise kaynama oranlarının daha iyi olduğu izlenmiştir ($p=0,01$) (Tablo 4.19).

Tablo 4.19. 9. ayda kaynama düzeyleri ve ölçümlerin incelenmesi

Ölçüm	9. Ay Kaynama Durumu		p
	<u>Kaynama Var</u>	<u>Kaynama Yok</u>	
	X ± S.S.	X ± S.S.	
Çivi/İsthmus çap oranı	0,91±0,05	0,82±0,09	0,04*
3. ay RUST skoru	6,99±1,76	4,16±0,37	0,01*
6. ay RUST skoru	8,98±1,82	5,42±0,77	0,01*
9. ay RUST skoru	10,54±1,4	6,16±0,37	0,01*
12. ay RUST skoru	11,56±0,84	8,16±1,68	0,06
Birincil tedavi eks. fiks.	145,13±154,58	109,25±143,59	0,03*
Frag. deplasmanı (Mm)	4,30±3,49	7,41±4,56	0,01*

12. ayda kaynama izlenen grubun yaş ortalamasının daha düşük olduğu görülmüştür (p=0,01).

12. ayda çivi/isthmus çapı oranının, kaynama izlenen hastalarda, kaynama izlenmeyen hastalarla karşılaştırıldığında anlamlı olarak daha yüksek düzeylerde olduğu görülmüştür (p=0,04).

12. ayda kaynama izlenen hastalarda 3-6-9-12. aylardaki RUST skorunun daha yüksek seviyelerde ve kaynama olmayan grupla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür (p=0,01).

Birincil tedavi olarak eksternal fiksator uygulanan hastalarda geç dönem çivi uygulanmış grubun 9. aydaki kaynama oranlarının anlamlı düzeyde olduğu tespit edilmiştir (p=0,01).

12. ayda kaynama izlenen hastaların ASA skorlarının ve VKİ düzeylerinin daha düşük olduğu görülmüştür (p<0,05).

12. ayda kaynama izlenen hastalarda, fragman deplasmanı (mm) düzeyi ne kadar az ise kaynama oranlarının daha iyi olduğu izlenmiştir (p=0,01) (Tablo 4.20).

Tablo 4.20. 12. ayda kaynama düzeyleri ve ölçümlerin incelenmesi

Ölçüm	12. Ay Kaynama Durumu		p
	Kaynama Var	Kaynama Yok	
	X ± S.S.	X ± S.S.	
Yaş	36,28±13,69	43,14±11,55	0,01*
Çivi/İsthmus çap oranı	0,93±0,06	0,80±0,03	0,04*
3. ay RUST skoru	6,66±1,88	4,00±0,00	0,01*
6. ay RUST skoru	8,58±2,03	5,00±0,82	0,01*
9. ay RUST skoru	10,02±1,93	4,00±0,00	0,01*
12. ay RUST skoru	11,28±1,14	6,29±0,49	0,01*
Birincil tedavi eks. fiks.	144,95±160,04	74,25±51,69	0,01*
ASA	1,14±0,35	1,43±0,79	0,04*
VKİ	25,13±3,61	27,84±7,62	0,03*
Frag. deplasmanı (Mm)	4,39±3,39	11,47±4,42	0,01*

5. TARTIŞMA

Tibia cisim kırıkları, en sık görülen uzun kemik kırığıdır ve tüm alt ekstremité kırıklarının %17'sini oluşturur (47). Tibia cisim kırıkları, diğer uzun kemik kırıklarından daha fazla komplikasyonla ilişkilidir (61). Tibia cisim kırıklı hastalarda başarılı sonuç alabilmek için amaçlanması gereken hedef; uygun redüksiyon ile yapısal stabiliteyi sağlamak, mekanik aksı korumak, rotasyon, uzunluk ve pozisyon kusurlarını kabul edilebilir kriterler içinde tutmak, deformitesiz tam fonksiyon gösteren bir ekstremité elde etmektir (84). Tibia cisim kırıklarında, intramedüller çivi uygulaması ile osteosentez sonrası %4-48 oranında gecikmiş kaynama ve %1-5 oranında kaynamama sorunları ile karşılaşılabilir (189).

Tibia cisim kırıkları sonrası kaynama, geç kaynama ve kaynamamayı ayırt eden kesin zaman aralığı mevcut olmayıp kemik iyileşmesinin değerlendirilmesi için radyolojik ve klinik bulgular kullanılmaktadır.

Kaynama için genel kabul gören klinik bulgu palpasyonla kırık üzerinde ağrı olmaması ve desteksiz üzerine ağırlık vererek yürüyebilmesi iken radyolojik kriter olarak en az 3 kortekste kallus oluşumu görülmesidir (190).

Literatürde gecikmiş kaynama, 6-12 ay arasında iki ardışık klinik değerlendirmede radyografik progresyonun olmaması veya kaynamanın tam olmaması (191); 6 ay içinde klinik ve radyolojik iyileşmenin izlenmemesi (192); postoperatif ilk 6 ayda art arda 2 ay arayla çekilen radyografilerde kallus izlenmemesi ve/veya ikincil bir girişim gerekliliği olarak tanımlanmaktadır (189).

Literatürde kaynamama (nonunion) farklı şekillerde tanımlanmıştır. 2-9 aylık izlem sonrası kaynamanın izlenmemesi (193); postoperatif 8. ayda kaynamanın izlenmemesi, 6 aydan uzun süre takip edilen kırıkta son 3 ayda iyileşmenin progresyon göstermemesi (194); tedavi eden cerrahın ilave müdahalesi olmadan kaynamanın olmaması (195); önceden ek müdahale planlanmamış bir kırıkta yara kapandıktan 12 ay sonra kaynamanın olmaması (191); postoperatif 9. ayda kaynamanın olmaması veya 6 aydan sonra, 2 ay arayla art arda çekilen 2 radyografide kallus progresyonunun eksik olması ve/veya cerrahi revizyon gerekliliği (189) gibi farklı şekillerde tanımlanmaktadır.

SPRINT (Study to Prospectively Evaluate Reamed Intramedullary Nails in Patients with Tibial Fractures) çalışmaları, postoperatif ilk 6 ayda tibia cisim kırıklarına herhangi bir müdahale edilmemesini önermektedir (132). Bu görüş, aynı zamanda kaynamama riski olan kırıklara erken müdahalenin gereksiz yere geciktirilmesi riskini de beraberinde getirmektedir (193, 194).

Bu nedenle, kaynama sürecinde sorunlarla karşılaşacak bir kırığın daha tedaviye başlarken bilinmesi ile tedavi seçeneğinin belirlenmesi ve takip sırasında komplikasyonun erken teşhis edilmesi ile ek tedavi girişimlerinin zamanında uygulanması, kırık iyileşmesinde etkili olan faktörlerin belirlenmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.

Tibia cisim kırıklarının tedavisinde mevcut olan diğer bir sorun ise radyolojik kaynamanın değerlendirilmesi için ‘altın standart’ bir sistemin henüz mevcut olmamasıdır (196). 2010 yılında Whelan tarafınca ileri sürülen ‘Radiographic union score for tibia -RUST-’ puanlama sistemi bu konuda umut verici olmuştur. Bazı kısıtlamaların mevcut olmasına, klinik iyileşme ile bu puanlama sisteminin korelasyonunu açıklayan çalışmaların yetersiz olmasına rağmen, son yıllarda yapılan çalışmalar RUST puanlama sisteminin radyolojik kaynamayı belirlemek açısından güvenilirliğini desteklemektedir (185, 196-200).

2014-2019 tarihleri arasında, intramedüller çivi ile tespit edilen ve çalışma kriterlerine uyan 106 tibia cisim kırığı bu çalışmayı oluşturmaktadır (Bkz; Bölüm 3. Hastalar ve Yöntem). Bu çalışmada da radyolojik kaynamanın değerlendirilmesi için RUST puanlaması kullanılmış olup en az 3 kortekte kallus formasyonunun izlendiği hastalar ‘kaynama’ şeklinde yorumlanmıştır. İki yönlü radyografilerde anterior, posterior, medial ve lateral korteks değerlendirilmiş olup kallus formasyonunun izlendiği 3 korteks ve kaynamanın izlenmediği tek korteks; toplamda en az 7 puan olarak skorlanmıştır. İntramedüller çivi tespiti sonrası 6. ay RUST skoru 7 ve üzeri olan hastalar ‘kaynama’, 6. ay RUST puanı 7’den daha az olan ve 9. ay ile 12. ay RUST puanı 7 ve üzeri olan hastalar ‘kaynama gecikmesi’ olarak değerlendirilmiştir. Buna göre; 3. ay 47 olguda kaynama, 59 olguda kaynamama, 6. ay 73 olguda kaynama, 33 olguda kaynamama, ilk 6 ayda kaynama izlenmeyen ancak takiplerinde 9. ayda 14 olgu ve 12. ayda 12 olguda kaynama izlenmiştir. 1 yıllık takibin sonunda 99 olguda kaynama izlenmiş olup

literatürle uyumlu şekilde %6,6 olguda (7 vaka) kaynama izlenmemiştir. 26 olguda (%24,5 oranında) kaynama gecikmesi görülmüştür.

6. ay RUST skoruna göre kaynama ve 9-12. ay gecikmiş kaynama olarak kabul edilen hastalarda, çalışmanın birincil sonuç değişkeni olarak çivi çapının isthmus çapına oranı ile kaynamaya etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. İkincil sonuç değişkeni olarak kaynama üzerine etkisi olabilecek faktörlerin değerlendirilmesi planlanmış; hangi etiyolojik faktör veya faktörlerin kaynama zamanına ne kadar etkili veya prognostik olduğunu belirlemeyi amaçlamıştır.

İntramedüller tibia çivileri diz ve ayak bilek eklemine 4 cm yakınına kadar olan kırıklarda, segmenter ve çok parçalı kırıklarda, kaynama gecikmesinde, psödoartrozlarda ve patolojik kırıklarda güvenle kullanılabilir. Kapalı olarak uygulanmasının, diğer cerrahi tedavi yöntemlerine karşı belirgin avantajları vardır. Kırık hematomunun korunması, yumuşak doku ve periosteal kan dolaşımına zarar verilmemesi, daha kolay ve hızlı uygulanabilen bir yöntem olması ile önemli avantajları vardır. Tibia cisim kırıklarında intramedüller çivi ile tespitinin mümkün olduğu kadar erken yapılması önerilir; ameliyat ne kadar gecikirse kırığın manipülasyonu ve çivi ile tespitinin kapalı olarak uygulanması zorlaşır. Bu çalışmada, hastaneye yatış ile ameliyat arasında geçen sürede yaşanan gecikmeler daha çok hastaya bağlı nedenlerle (ek yaralanmalar, sistemik hastalıklar vb.) meydana gelmiştir.

İntramedüller çivilerin, dinamik yüklenme sonucu kırık hattına uygulanan kontrollü hareket ve kompresyon ile belirli ölçüde eğilme ve mikro harekete izin verebilen özellikleri vardır. Yükün, öncelikli olarak tibia tarafından taşınması, periosteal kallus oluşumuna neden olarak, kırık kaynamasını arttırdığı gibi osteoporozu da önler. İntramedüller çivi sonrası uygulanan erken parsiyel yük, hastanın iyileşme süresini kısaltır. Plak vida ile yapılan osteosentez sonrası yük uygulaması ile metal yorgunluğuna ve buna bağlı implant yetmezliklerine neden olabilir. Ayrıca plak uçlarındaki vidalar stres artırıcı odaklar meydana getirerek yeni kırık oluşumuna sebep olabilir. Bu nedenle plak ve vidalarla yapılan internal fiksasyonda, kırık kaynamaya kadar ekstremiteye yük verilmemektedir. Açık redüksiyon sonrası plak-vida ile uygulanan internal fiksasyonda, kırık

çevresindeki kas, tendon ve diğer yumuşak dokulara verilen hasar, rehabilitasyonu da güçleştirmektedir.

Titanyum çivilerin biyouyumluluğu konusunda, Kraft ve ark. (201), titanyum ve paslanmaz çelik implant artıklarına verilen mikrovasküler cevabı karşılaştırdıkları çalışmalarında, paslanmaz çelik implant ve artıklarının, endotel geçirgenliğinde artış ve aktive olmuş lökosit sızmasıyla güçlü bir inflamatuvar yanıtı neden olduklarını ve bunun sonucu olarak oluşan aşırı inflamasyon reaksiyonunun mikrodolaşımı bozduğunu bildirmişlerdir. Titanyum implant ve artıklarının ise, makrovasküler sızma yaratmaksızın sadece inflamatuvar yanıtta geçici bir artış oluşturduklarını göstermişlerdir. Bir başka çalışmada Reimer ve ark. (202), titanyum intramedüller tibia çivilerinin paslanmaz çelik çivilere göre daha az oranda implant yetmezliği geliştiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmadaki bütün hastalar için medüller oyma işlemi sonrası kitleme vidası kullanılan 3 ayrı firmaya ait, kanüllü, tübüler intramedüller çivi kullanılarak cerrahi tespit uygulanmıştır. Depuy-Synthes Expert Tibia çivi, titanyum, %6 alüminyum, %7 niyobyum alaşımdan oluşur (TAN). Smith & Nephew Trigen Meta-Nail çivi, titanyum-alüminyum-vanadyumdan oluşan bir alaşımdan üretilir. Hipokrat C75 tibia kilitli çivilerde ise hem titanyum hem de paslanmaz çelikten üretilen iki tip implant mevcuttur. Titanyumdan üretilen Hipokrat C75 tibia çivileri longitudinal eğime sahiptir. Çalışmaya dahil olan ve Hipokrat C75 tip intramedüller tibia çivi tercih edilen hastalarda da longitudinal eğime sahip titanyumdan üretilmiş kilitli çiviler kullanılmıştır.

Intramedüller çivileme tekniği üzerine yapılan tartışma ve araştırmaların çoğu, oymalı mı yoksa oymasız mı yapılması gerektiği konusunda yoğunlaşmıştır. Oyma işlemi sırasında başlangıçta medüller kanalın hasar görmesi sonucu, endosteal kan akımı bozulur. Endosteal kan akımındaki azalma, kaynama süresinin uzamasına sebep olabilir. Ancak, oyma işlemi sırasında salgılanan sistemik faktörler, osteojenik hücrelerin mitozunu arttırıp yeni kemik oluşumunu uyarır. Oyma işlemi, çivi ile kanal arasında daha fazla temas alanı sağlayarak kırık bölgesinde yük dağılımını arttırır. Çivi ile korteks arasındaki temas alanının artması ise kırık fragmanlarının repozisyonunun sağlanması ve devamlılığının korunmasını sağlar (156, 203, 204).

Reichard ve ark. (205), çalışmalarında oyma işleminin, sağlam koyun tibiasında kortikal kan akımı üzerinde belirgin bir değişikliğe neden olmadığını, ancak periostal kan akımını yaklaşık 6 kat arttırdığını bildirmişlerdir. Böylece, oyma işlemi ile oluşan intramedüller vasküler hasarın, bu yolla kompanse edildiği sonucuna ulaşmışlardır. Klein ve ark. (206) ise, köpek tibiası üzerinde yaptıkları çalışmalarında, oyularak intramedüller çivi uygulamasında kortikal kan akımının %70 oranında azaldığını, oyulmadan yapılanlarda ise %30 azaldığını bildirmişlerdir. Schemitsch ve ark. (136), koyun tibialarında kortikal revaskülarizasyonun, oyma işlemi yapılanlarda 6 haftada, medüller oyma uygulanmayanlarda ise 12 haftada gerçekleştiğini tespit etmişlerdir. Forster ve ark. (207), 148'inde oyularak 132'sinde ise oyulmadan intramedüller çivileme uyguladıkları 280 tibia kırıklı hasta ile yaptıkları çalışmada; oyma işlemi uygulanmayan olgularda kaynamama ve vida kırılmasının daha çok görüldüğünü, ancak diğer komplikasyonlar açısından (enfeksiyon vb.) anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir. Blachut ve ark. (208), 73'üne oyularak, 63'üne ise oyulmadan intramedüller çivi uyguladıkları 136 tibia kırıklı hasta ile yaptıkları çalışmalarında; oyma işlemi yapılanlarda %96, oyma yapılmayanlarda ise %89 oranda kaynama elde etmişlerdir. Oyulmadan yapılan çivilemenin kanlanmayı daha az bozmasına rağmen, daha kötü kaynama sonuçları olduğunu göstermişlerdir. Larsen ve ark. (209), 45 tibia kırıklı hasta ile yaptıkları çalışmalarında, oyularak intramedüller çivi uygulanan hastalarda ortalama kaynama süresinin 16,7 hafta, oyulmadan intramedüller çivi uygulanan hastalarda ise 25,7 hafta olduğunu bildirmişlerdir. Bu nedenle tibia kırıklarında oyularak yapılan intramedüller çivilemenin tercih edilmesi gerektiğini tavsiye etmişlerdir. Tip 1 ve 2 açık kırıklarda oymasız uygulanan intramedüller çivilemenin güvenilir olduğunu, fakat tip III açık kırıklarda oymasız intramedüller çivilemenin kronik osteomyelit başta olmak üzere gelişebilecek diğer komplikasyonları arttırdığını bildirmişlerdir.

Kakar ve ark. (210), açık kırıklarda oyma işlemini, endosteal kan akımını bozması ve enfeksiyon oranını arttırması nedeniyle önermemektedir. Açık kırıklarda enfeksiyon riskini arttırıyor olması, bozulan periosteal kan akımına ek olarak endosteal kan akımının da bozulacak olması ve bu sebeple kırığın

kaynamama ihtimalini arttırması, intramedüller oyma işleminin olası dezavantajlarıdır. Court- Brown, intramedüller çivi uygulanan kapalı tibia kırıklarında; oyma işleminin yapıldığı olgularda kaynamama, yanlış kaynama ve enfeksiyon oranlarını %0, kompartman sendromunu %8 olarak bildirirken, oyma işlemi uygulanmayan olgularda, enfeksiyon oranını %0, kaynamama oranını %20, yanlış kaynama oranını %16 ve kompartman sendromunu %12 olarak bildirmiştir (211).

Bu çalışmada, hiçbir hastada oymasız uygulanan solid intramedüller çiviler kullanılmamıştır. Çalışma grubumuzdaki tüm olgularımıza, oymalı intramedüller çivi uyguladık.

Intramedüller çivileme, kilitli ya da kilitsiz olarak yapılabilir. Günümüzde intramedüller çivileme sonrasında gelişen rotasyon, stabilite ve migrasyon sorunları olmaması için kilitli intramedüller çivi ile tespit yapılmaktadır. Franklin ve ark., 167 tibia kırıklı hastada yaptıkları bir çalışmada, oymasız kilitsiz intramedüller çivi ise fiksasyon ve ardından 2 hafta diz üstü alçı uygulamışlar; ortalama 16 haftada kaynama elde ettiklerini, 2 hastada kısalık, 2 hastada açısal deformite, 1 hastada kaynamama ve 11 hastada çivi migrasyonu görüldüğünü bildirilmişlerdir (212).

Intramedüller çivilemede, çivinin dinamik ya da statik kilitlemesi bir diğer tartışma konusudur. Dinamik kilitleme ile kırığın proksimal ve distal fragmanlarının daha fazla temas etmesi sağlanarak, daha güçlü ve stabil bir kallus dokusu oluşması sağlanır. Ancak dinamik kilitleme, aksiyel kısalmayı ve rotasyonel deformiteyi tam olarak engelleyemez. Statik kilitleme, segmente ve parçalı kırıklarda, kemiğin uzunluğunu sağlamak ve kısalığı önlemek amacıyla yapılır. Statik kilitleme, rotasyonel aksiyel ve bükülme kuvvetlerine karşı direnç gösterir. Statik kilitleme uygulanan olgularda kaynama gecikmesi varsa, kırığa en uzak yöndeki statik vida çıkarılıp, kırık hattında aksiyel yönde mikro hareketlere izin verilir. Böylece kaynamanın hızlanması sağlanmış olur.

Drosos ve ark., yaptıkları çalışmada, dinamik kilitleme sonrası rotasyonel açıdan en stabil kırıkların distal tibianın oblik kırıkları olduğunu, bunu transvers ve spiral kırıkların takip ettiğini bildirmişlerdir (213).

Statik kilitleme yapılan vakalarda, kaynama gecikmesi durumlarında çivin dinamize edilip edilmemesi, edilecekse hangi vidaların çıkarılacağı, dinamizasyonun kırık kaynaması ve kallusun kalitesi üzerine etkisi olup olmadığı konusu tartışmalıdır. Kırık uçları arasında interfragmanterik hareket, yürüme sırasında sinüzoidaldir. Dinamizasyon ile kırık uçları arasında her yönde hareket sağlanır. Erken dinamizasyon sonucu kırık uçlarında oluşan makro hareketler, ilerleyen dönemlerde artan gerilim ve strese bağlı olarak, kallus dokusunda hasar meydana getirebilir. Dinamizasyon, kırık hattında siklik mikro hareketleri organize etmeli ve kallus dokusunda sürekli kompresyon sağlayarak, kırık uçları arasında köprüleşmeyi sağlamalıdır (214).

Whittle ve ark., stabil olmayan tibia cisim kırıklarında, kaynamada gecikmeyi önlemek için, aksiyel planda dinamizasyon önermişlerdir (215). Richardson, erken yük verilip siklik hareketlerin ortaya çıkmasının kallus oluşumunu uyardığı ve en etkili zamanın, ameliyat sonrası 6. hafta olduğunu bildirmiştir (214). Türктаş ve Yalçın, 75 hasta ile yaptıkları bir çalışmada, dinamizasyonu rutin olarak yapmadıklarını, sadece kaynama gecikmesi görülen 12 olguya yapıldığını bildirmişlerdir (216). Üzümcügil ve ark. (217) ise, statik kilitleme uyguladıkları 51 olgudan kaynama gecikmesi görülen 14'üne, ameliyattan ortalama 4,71 ay sonra dinamizasyon uygulandığını bildiren bir çalışma yayınlamışlardır. Burç ve ark. (218), tibia kırığı nedeniyle intramedüller çivi ile tespit tercih ettikleri 73 hastadan 4'üne kaynama gecikmesi nedeniyle 18. hafta sonunda dinamizasyon uyguladıklarını, bu hastalardan birinde geçici duyu kaybı geliştiğini bildirmişlerdir. Ürgüden ve ark. (219) oymasız titanyum intramedüller çivi uygulaması ile 38 tibia kırığından; 6 kırığın dinamizasyon, 1 kırığın ise dinamizasyon ve greftleme ile kaynadığını, 1 kırığın ise dinamizasyona rağmen kaynamadığı için oymalı intramedüller tedaviye geçildiğini bildiren bir çalışma yayınlamışlardır. Demirtaş ve ark. (220) ise yaptıkları çalışmada, 38 hastadan kaynama gecikmesi görülen 3 olguya dinamizasyon yapıldığını ve tümünde kaynama elde edildiğini bildirmişlerdir.

Çalışma olgularımızın tümünde hem proksimal hem de distal kilitleme en az iki vida ile yapılmıştır. Çalışma hastalarımızın tümünde, aksiyel ve rotasyonel stabilizeyi korumak için statik kilitleme uygulanmıştır. Hastalarımızda kaynama

gecikmesi görülen olgularda rutin olarak dinamizasyon yapılmamıştır. Hiçbir hastada da implant kırılması ya da yetmezliği görülmemiştir.

Tibia cisim kırıklarının tedavisinde, hastanın düzgün redüksiyon ve uygun dizilimli bir ekstremiteye sahip olması gerekir. Johner ve Wruhs değerlendirme kriterlerine göre, 10 dereceden fazla valgus ve varus, 20 dereceden fazla fleksiyon ve rekurvatum, 20 dereceden fazla iç ve dış rotasyon ile 20 mm'den fazla kısalığı olan kırıklar kötü sonuç olarak değerlendirilmektedir (70). Henley ve ark. bildirdiği kabul edilebilir redüksiyon ölçütleri ise; 10 mm'den az kısalık, 10 dereceden az ön veya arka açılanma ile 10 dereceden az varus veya valgustur (147).

Çalışmamızda AP direkt grafilere kırık hattı proksimal ve distali arasındaki varus/valgus açısı ölçülerek koronal plandaki dizilim değerlendirilmiştir. Bu açının 5 dereceden fazla olması dizilim bozukluğu olarak kabul edilmiştir. Lateral direkt grafide kırık hattı proksimal ve distali arasındaki rekurvatum/prokurvatum açısı ölçülerek sagittal plandaki dizilim değerlendirilmiştir. Bu açının 10 dereceden fazla olması dizilim bozukluğu olarak kabul edilmiştir. 12. ay sonunda yapılan kontrollerde kaynama olmayan 7 hastadan 1 tanesinde varus dizilim bozukluğu mevcut olup kaynama üzerine istatistiksel olarak anlamlı etkisi bulunamamıştır.

Audigé ve ark. (190), 416 tibia kırığını incelemiş; gecikmiş kaynama ve kaynamama olguları arası iki grubunda yaş ortalaması arasında anlamlı istatistiksel fark saptamamıştır. Ayrıca cerrahın kıdemini, gecikmiş iyileşme veya kaynamama oluşumu ile önemli ölçüde ilişkili olmadığını belirtmiştir. O'Halloran ve ark. yapmış olduğu çalışmada tibia cisim kırıklarının bimodal yaş dağılıma uyduğunu, daha sık genç nüfusta ve ağırlıklı olarak yüksek enerjili grupta görüldüğünü, bu nedenle kaynama üzerine etkili faktörlerin, yaşlı ve düşük enerjili travma yaşayan nüfus için de geçerli olmayabileceğini belirtmiştir (221). Tay ve ark. (222) çalışma hastalarını, 65 yaş üstü ve altı olarak gruplandırmışlar ve her iki grup arasında anlamlı fark tanımlamamışlardır. Moghaddam ve ark. (223) da çalışmalarında 85 hastayı incelemiş ve yaşa bağlı olarak kırık iyileşmesinde anlamlı farklılık saptamamışlardır. Drosos ve ark. (213) ise çalışmalarında 20-39 yaş aralığında ortalama kaynama süresini 29,1 hafta (204

gün) olarak bulmuşlar; diğer gruplardan anlamlı olarak daha uzun olduğunu göstermiş ve bu durumu, 20-39 yaş grubundaki bireylerin daha sık yüksek enerjili travmalara maruz kalmasına bağladılar.

Araştırmamıza dahil olan 103 hastanın 59'u 20-39 yaş aralığındadır. 3-6-9. ay takiplerinde kaynama üzerine 'yaş' anlamlı etki göstermez iken 12. ay iyileşme düzeyleri ve ölçüm incelenmesine göre kaynama görülen grubun yaş ortalaması $36,28 \pm 13,69$, kaynama olmayan grubun ise yaş ortalaması $43,14 \pm 11,55$ 'tir. Geç dönem kaynama üzerine 'yaş' istatistiksel olarak anlamlı etki etmektedir. Bir başka deyişle, kaynama gecikmesi olan ve takiplerin kaynama izlenen hastaların daha genç bireylerden oluştuğu görülmüştür.

Tay ve ark. (222), çalışmalarında femur ve tibia kırıklarında erkek ve kadınların kaynamama oranlarını incelemiş ve istatistiksel olarak anlamlı fark saptamamışlardır. Drosos ve ark. (213), ortalama kaynama süresini erkeklerde 27,2 hafta, kadınlarda 21,6 hafta olarak bildirmişler, fakat iki grup arasında istatistiksel anlamlılık tanımlamamışlardır. Grutter ve ark. (224) göre, erkeklerde kadın cinsiyete göre iki kat daha fazla tibia kırıklarına rastlanmaktadır. Metsemakers ve ark. (192), yapmış olduğu çalışmada erkeklerde, kadın cinsiyete göre 1,8 kat artmış kaynamama riski gösterilmiştir.

Bu çalışmada ise dahil olan 103 hastanın 78'i (%75,73) erkek, 25'i (%24,27) kadın olduğu görülmektedir. Araştırmamızda, cinsiyet farklılığının 6. aydaki iyileşme durumlarına etki ettiği görülmüştür. Kadın hastalarda kaynama oranlarının erkeklere göre daha düşük düzeylerde olduğu görülmüştür ($p=0,03$). Literatür ile uyumlu olarak erkek tibia cisim kırıklarına daha fazla rastlanmaktadır. 60 yaş ve üzerinde ise tibia cisim kırığı görülen kadın sayısı erkek sayısından fazladır.

Travma şekli ile yaralanma mekanizması ve kırık etiolojisinde travmanın şiddeti bağımlı değişkenler olarak kabul edilebilir. 523 tibia kırığının incelendiği bir çalışmada, yaralanma mekanizmaları; kendi seviyesinden düşme (%17,8), merdivenden düşme (%2,5), yüksekten düşme (%6,2), spor yaralanması (%30,9), darbe/saldırı (%4,5) ve trafik kazaları (%37,5) oluşturmaktadır (48). Yüksekten düşme, ateşli silah yaralanması ve trafik kazaları yüksek enerjili travmalardır. Metsemakers ve ark. (192), IM çivi uygulanan 480 hastanın 127'sini politravma

hastaları oluşturmakta olup bu olgularda kaynamama görülme insidansının 3,9 kat daha fazla olduğunu belirtmiştir. Audige ve ark. (190) trafik kazası sonrası 133 hastadan 30'unda, diğer nedenlerde tibia cisim kırığı olan 231 hastadan 22'sinde gecikmiş kaynama ve kaynamama ile istatistiksel olarak anlamlı ilişki tespit etmişlerdir. Karladani ve ark. (225) yüksek enerjili travma sonrası gelişen tibia kırıklarında, kaynamama olasılığının 2,9 kat arttığı sonucuna varmıştır. Drosos ve ark. (213), trafik kazası sonrası gelişen tibia kırıklarının kaynama süresini diğer travma etkenlerine (düşme, spor vb.) göre anlamlı olarak daha uzun bulmuş; ortalama 24 haftada bu olguların kaynadığı görülmüştür. Tay ve ark. (222) 138 kaynamama ve gecikmiş kaynama olgularından 119 hasta için etiyolojide trafik kazalarının ilk sırada olduğunu bildirmişler ve diğer etiyolojik nedenlere göre anlamlı derecede istatistiksel farklılık saptamışlardır. SPRING araştırmacıları bir başka çalışmada yüksek enerji sonrası açık kırık ve/veya segmente tibia kırık ile birlikte re-operasyon insidansının da arttığını göstermiştir (132).

Araştırmamızda, hastaların yaralanma mekanizmaları %75,4 ile trafik kazaları nedeniyledir. %50 ile motosiklet kazası, %15,1 yayaya araç çarpması, %12,3 ile araç içi trafik kazası şeklindedir. Bu 3 farklı trafik kazası dışından diğer nedenler kendi seviyesinden düşme, yüksekten düşme, endüstriyel yaralanma, spor yaralanması, tarım makinesi ile yaralanma ve ateşli silah yaralanması şeklinde olup trafik kazaları dışında az sayıda örneklem olması nedeniyle kaynama açısından istatistiksel olarak anlamlı etkisi olup olmadığı tespit edilememiştir.

Vakaların 75 tanesi (70,8%) politravma geçirmemiş olup 31 tanesi (29,2%) politravma ile birlikte tibia cisim kırığı içermektedir. 3. ve 6. ay politravma mevcudiyetinin iyileşme üzerine etki etmediği görülmüştür. Devam eden takiplerinde politravma durumuna göre hastaların 9. ayda iyileşme oranlarının farklı olduğu görülmüştür. Politravma geçiren hastaların iyileşme oranlarının daha düşük oranlarda olduğu tespit edilmiştir ($p=0,01$). 9. ay iyileşmeye etkileyen bağımsız risk faktörleri lojistik regresyon modeline göre politravma mevcudiyeti olan hastaların iyileşme oranı 3,25 (%95 GA 1,18-5,42) kat daha düşük olacağı şeklindedir.

Kafa travması ve uzun kemik kırığı olan hastalarda kırık iyileşme hızı artar ve bol kallus gelişir. Bunun altında yatan mekanizma belirsizdir. Artan dolaşımdaki büyüme faktörlerinin veya büyüme faktörlerinin lokal salınımını uyaran dolaşımdaki faktörlerin, artan osteogeneze aracılık etme olasılığını araştırmak için 32 hasta ile yapılan bir çalışmada hücre mitojenik aktivite, kafa travması meydana geldikten yaklaşık 37 gün sonra zirveye ulaştığı görülmüştür (226). Travmatik beyin hasarı ile kırık iyileşmesi arasında, revaskülarizasyon ve osteogenezis üzerinde olumlu etkiler olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur. Zhang ve ark. (227), travmatik beyin hasarı sonrası lokal ve sistemik yollarla nöropeptid ve hormonal değişikliklerin, kaynama üzerine olumlu etkileri olabileceğini belirtmiştir. Kırık iyileşmesini ölçmek için Spencer tarafından, uzuv kırığı ve ayrıca ciddi kafa yaralanması olan 53 hasta ile ekstremitte kırığı olan ancak kafa travması olmayan 30 hasta karşılaştırılmış, kafa travması olanların daha büyük bir iyileşme tepkisine sahip olduğu ve daha hızlı kaynadığı gösterilmiştir. Radyolojik ve histolojik analizler, bu hastalarda iyileşme yanıtını tanımlamak için "miyozitis ossifikans" ve "heterotopik kemik" terimlerinin 'kırık kallus' yerine daha uygun olabileceğini ifade etmiştir (228). Bir başka çalışmada, eşlik eden kafa yaralanması olan hastalarda kombine bir nörohormonal mekanizmanın dahil olduğu gösterilmiştir (229).

Çalışmamızda 11 vaka (%10,4) kafa travması mevcudiyeti olup 95 vakada (%89,6) kafa travması ile birlikteliği bulunmamaktadır. 3-6-9-12. aylardaki değerlendirmelerde hastaların kafa travmalarının olmasının kaynama üzerine istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmemiştir.

Bu araştırmada mevcut tibia cisim kırıklarını yerleşimine göre proksimal, orta, distal ve segmenter kırık şeklinde basit bir sınıflamada bulunduk. Diyafizer yerleşim sıklığına göre en sık %50,9 ile orta diyafizer kırıklar ve bunu da sırasıyla %26,4 ile distal diyafizer, %12,3 segmente kırıklar, %10,4 ile proksimal diyafizer kırıkların izlediği görülmüştür. 3-6-9. ay kontrollerinde, kaynamanın proksimal diyafizer kırıklarda daha düşük olduğu görülmüştür. Drosos ve ark. (213), segmenter kırıkların yapısal olarak yüksek enerjili travmanın bir göstergesi olduğunu savunmuştur; 40,2 hafta ile en uzun kaynama süresine sahip olduğunu çalışmasında göstermiştir. Audige ve ark. (190) ise çalışmalarında proksimal

cisim kırıklarının, orta cisim kırıklarından 3,3 kat, distal cisim kırıklarında ise 1,6 kat artmış kaynamama ve gecikmiş kaynama süresi olduğunu gözlemlemiştir.

AO/OTA Sınıflamasına göre çalışma hastalarını ve kırık tiplerini 42A1, 42A2, 42A3, 42B2, 42B3, 42C2 ve 42C3 olarak sınıflandırdık ki 2018 yılındaki revize edilmiş hali ile bu sınıflamada B ve C alt 1. grubu mevcut değildir.

Çalışmamızda AO/OTA sınıflamasına göre %28,3 ile en sık 42B3 tibia cisim kırıkları görülmüş olup 3-6-9-12. ay takiplerinde kaynama açısından anlamlı istatistiksel ilişki bulunamamıştır.

Yapılan çalışmalarda AO tipinin uzamış kaynama süresi, nonunion (230) veya sadece gecikmiş kaynama (189) ile anlamlı şekilde ilişkisi bulunan çalışmalar mevcut olup, AO tipi karmaşıktıkça kaynama zamanının uzadığı (213), fakat gecikmiş kaynama ve kaynamama ile anlamlı ilişkinin bulunmadığı çalışmalar da mevcuttur (132, 213, 221). Bu çalışmalardan 2 tanesi 2019 yılında yayınlansa da kırık sınıflaması AO sınıflamasının 2018'deki revizyonu ile değerlendirilmemiş (189, 230), aynı zamanda bir çalışmaya sadece açık tibia kırığı olan hastalar dahil edilmiştir (230). Audige ve ark. (190) C2 ve C3 grubundaki 24 tibia cisim kırığının 7'sinde kaynamama ve gecikmiş kaynama gözlemişler ve diğer gruplara göre yüksek derecede anlamlılık saptamışlardır. Drosos ve ark. (213) AO sınıflamasına göre kaynama üzerine alt gruplar arasında istatistiksel anlamlılık tespit edilemediğini bildirmişlerdir.

Bhandari ve ark. (137) Tip 3 açık kırıklarda, kapalı kırıklara göre 10,25 kat artmış re-operasyon riski olduğunu bildirdiler. Tay ve ark. (222) tibia ve femur kırıklarında kaynama, kaynamama ve gecikmiş kaynama gruplarında risk faktörlerini incelemişler ve 47 tane G.A. Tip 3 açık kırıklı olgunun 30 (%63)'unda kaynamama ve gecikmiş kaynama saptamış; diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı bulmuşlardır.

Araştırmamızda 106 tibia cisim kırığının 24'ü (%22,6) açık, 82'si (%77,4) kapalı tip kırık olduğu görülmüştür. 24 açık tibia cisim kırığı, Gustilo Anderson sınıflamasına göre 9 kırık Tip 1, 7 kırık Tip 2, 4 kırık Tip 3A, 3 kırık Tip 3B ve 1 açık kırık da Tip 3C sınıflamasına girmektedir. Hastaların açık kırık veya kapalı kırık durumlarının 6. ayda iyileşme durumlarına etki ettiği ve açık tip kırığı olan hastalarda iyileşmenin daha az olduğu görülmüştür ($p=0,02$). 9. ayda bu oranın

daha düşük olduğu tespit edilmiştir ($p=0,01$). 9. ay iyileşmeye etkileyen bağımsız risk faktörlerini araştırmak için uygulanan lojistik regresyon modeline göre açık kırıklarda 1,66 kat (%95 GA 1,50-1,89) iyileşme olasılıklarının azaldığı görülmüştür.

Tscherne sınıflaması ile kırık kaynaması veya nonunion arasında anlamlı ilişki varlığını ortaya koyan Gaston ve ark. (74) tarafından yapılan 100 olguyu içeren bir çalışmada, Tscherne sınıflamasının kırığın iyileşme zamanı ve klinik sonuçlarını tahmin etmede AO/OTA sınıflaması, Winkvist-Hansen sınıflaması, Gustilo Anderson sınıflaması ve deplasman gibi değişkenlerden daha değerli olduğunu ortaya koymuştur. Retrospektif bu araştırmada ise yaralanmaya dair yeterli bilgi bulunmadığı için Tscherne sınıflaması değerlendirme parametreleri içinde yer almamaktadır.

Eşlik eden ipsilateral fibula kırığının kaynama üzerindeki etkisinin olumlu ya da etkisiz olduğunu bahseden çalışmalar mevcuttur. Audige ve ark. (190) çalışmalarında aynı seviyede fibula kırığı olan 245 hastanın 40'ında kaynamama ve gecikmiş kaynama gözlemişler ve fibulası intak olanlara göre istatistiksel olarak anlamlı fark saptamışlardır. Hoaglund ve States (231) intak fibulası bulunan tibia kırıklı olgularda 1,5 aydan daha kısa süreli alçı uygulamasıyla kaynama sağladıklarını tespit etmişlerdir. Drosos ve ark. (213) ortalama kaynama süresini fibulası kırık hastalarda 26,1 hafta olarak, fibulası intak hastalarda 18,1 hafta olarak tanımlamışlar fakat gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulamamışlardır. Horn ve ark. (232) tibial osteotomi uyguladıkları 40 farenin 20'sinde fibulayı intak bırakmışlar; fibulası intak tibia kırıklarında kaynama süresinin daha kısa olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışmada hastaların %88,7'sinde ipsilateral fibula kırığının da eşlik ettiği görülmüştür. 3-6-9-12. aylarda fibula fraktörü olan hastalarda kaynama üzerine anlamlı bir ilişki saptanamamıştır. Mevcut tibia cisim kırıkları dağılımı %52,8 sağ ve %47,2 sol taraflıdır. 3-6-9. ay sağ taraflı tibia cisim kırığı nedeniyle intramedüller çivi uygulanan hastalarda kaynama oranlarının daha yüksek olduğu görülmüştür. Kırığın sol tarafta olması 9. ay iyileşmeye etkileyen bağımsız risk faktörü olarak anlamlı olup 1,55 kat (%95 GA 0,78-2,18) iyileşme olasılıklarının azaldığı görülmüştür.

Sigara veya tütün kullanımı ve hatta solunmasının kemik iyileşmesi üzerinde olumsuz etkileri olduğuna dair günümüzde kanıtlanmış birçok çalışma mevcuttur. Nikotin, tütünün ana maddesidir, kolinerjik aktivasyon ile anti-inflamatuar yolda TNF-alfa salgılanmasını sağlar. Düşük doz uyarıcı olsa da yüksek dozu osteoblastlar için doğrudan toksiktir. Karbonmonoksit (CO), hemoglobine bağlanabilir ve oksijen taşıma kapasitesini azaltır. Periferik dokuda hipoksi sonrası bozulmuş kemik iyileşmesine yol açabilir. Ayrıca nikotin, doku perfüzyon değişikliğine yol açan vazokonstriksiyona neden olur ve bunun sonucunda hipoksi ve iskemi gelişir. Kemik ve doku iyileşmesinin gecikmesi sonucunda kaynamama, kaynama gecikmesi, açık kırıklar için flep yetmezliği, enfeksiyon ve osteomyelit gelişimi için kanıtlanmış risk faktörüdür (233-240).

Chakkalakal ve ark. (241), 2005 yılında alkolün iskelet ve kırık onarımı üzerine etkilerini incelediler. Alkol kullanımına bağlı düşme insidansında artış, artan kemik rezorpsiyonundan ziyade kemik oluşumundaki azalma sonrası gelişen osteopeni ve kırık iyileşmesindeki gecikmeler incelenmiştir. Alkolün etkilerine ilişkin hayvan ve hücre kültürü çalışmalarında doza bağlı osteoblast aktivitesi üzerine toksik bir etkiye sahiptir. Muhtemelen hücre çoğalmasının inhibisyonu ve mezenkimal hücrelerin kötü farklılaşması nedeniyle kemikleşebilir bir matrisin sentezini bastırmaktır. Düşük mineral içeriği sonrası azalmış mukavemet ile karakterize kemik dokusu gelişimi ile sonuçlanır. Hayvan modellerinde kırık iyileşmesinin inhibisyonunu interlökin-1 (IL-1) ve tümör nekroz faktör α (TNF- α) antagonistleri kullanarak tersine çevirmek mümkündür. Kırık ile gelen bir hastada daha ilk günden sigara ve alkol kullanımı bırakılması tavsiye edilmelidir (241, 242, 243).

Çalışma hastalarının %42,5 sigara, %28,3 hastanın alkol kullandığı görülmüştür. Hastaların sigara ve alkol kullanma durumlarının 3. ayda iyileşme durumlarına etki ettiği görülmüş ($p=0,01$); daha az iyileşme gösterdiği tespit edilmiştir. 3. ay iyileşmeye etkileyen bağımsız risk faktörlerini araştırmak için lojistik regresyon modeli sonuçlara göre; sigara ve alkol kullanımı, 3. ay iyileşmeyi etkileyen bağımsız risk faktörleri olarak bulunmuştur. Anlamli çıkan değişkenler yorumlanacak olursa, sigara içme durumu, iyileşme olasılığını 2,55 (%95 GA 1,18-3,42) kat, alkol ise 2,30 kat (1,20-3,44) azaltmaktadır.

Sigara kullanan hastalarda 6. ayda iyileşme durumunun daha az olduğu görülmüştür ($p=0,01$). Alkol kullanan hastalarda 6. ayda iyileşme durumunun daha az olduğu saptanmıştır ($p=0,03$). Her ikisi de 6. ay iyileşmeye etkileyen bağımsız risk faktörleri olarak bulunmuştur. Anlamlı çıkan değişkenler yorumlanacak olursa, sigara içme durumu, iyileşme olasılığını 2,29 (%95 GA 1,11-3,35) kat, alkol ise 1,30 kat (%95 GA 0,75-1,85) azaltmaktadır. 6. ay iyileşme olasılıklarının azaldığı tespit edilmiştir.

Sigara ve alkol kullanan hastalarda 9. ayda iyileşme oranlarının daha düşük düzeylerde olduğu tespit edilmiştir ($p=0,01$). 9. ay iyileşmeye etkileyen bağımsız risk faktörleri olarak anlamlı çıkan değişkenler yorumlanacak olursa, sigara içme durumunun iyileşme olasılığını 3,20 (%95 GA 1,20-5,44) kat, alkol ise 1,55 kat (%95 GA 0,90-2,15) azaltmaktadır. 12. aydaki iyileşme oranlarına göre sigara ve alkol kullanımının iyileşme üzerine etkisinin olmadığı görülmüştür ($p>0,05$).

Diyabetin, kırık onarımı üzerindeki etkilerinden bazıları, büyüme faktörlerinin inhibisyonu ile ilgilidir ve altında yatan mekanizma büyük ölçüde bilinmemektedir (244, 245). Diyabette, iyileşme ve proliferasyon safhasında hücre sayısının azaldığı varsayılmıştır. Büyüme faktörlerinin (insülin benzeri büyüme faktörü-1 (IGF-1), vasküler endotelyal büyüme faktörü (VEGF), dönüştürücü büyüme faktörü-beta (TEGF- β)) diyabet varlığında önemli ölçüde azaldığı gösterilmiştir (246). Streptozotosin kaynaklı diyabet oluşturulan denek hayvanlarından oluşan bir çalışmada, iki haftalık iyileşmeden sonra kallusun kırıldığı, mukavemet ve sertlikte %50 azalma olduğu gözlenmiştir (247). Başka bir çalışma; iyileşmenin 4. ve 11. günleri arasında, kollajen içeriğinde %50 ile %55'lik bir azalma, kallus ve DNA içeriğinde %40 azalma meydana geldiği saptanmıştır (248). Diyabetik hayvanlarla yapılan başka bir kohort çalışmasında insülin ile tedavi edildikten sonra kallusun gücü ve sertliğinin kontrollerle aynı seviyeye geldiği izlenmiştir (249). Trombositten zengin plazmanın verilmesi ile erken evrelerde normal hücre proliferasyonunu ve kondrojenезi restore ettiği ve daha sonraki evrelerde kısmen iyileştirilmiş mekanik mukavemetin sağlandığı görülmüştür (250).

Araştırmamızda, hastaların %8,5'i diyabetes mellitus tanısı olduğu bilinmektedir. Hastaların diyabet olma durumlarının 3-6-9. ayda iyileşme

durumlarına etki etmediği görülmüştür ancak; 12. ayda diyabet varlığı olan hastalarda iyileşme oranlarının daha düşük düzeylerde olduğu görülmüştür ($p=0,04$). Diyabetin geç dönem iyileşme üzerine olumsuz yönde etkili olabileceği sonucu çıkartılabilir.

ASA skoru, hastanın genel preoperatif durumunun beş puanlık bir skalada puanıdır ve yüksek puanlar kötü bir fizyolojik duruma karşılık gelir. Ding ve arkadaşları (251), humeral diyafizer aseptik kaynamama nedenlerini araştırırken ileri yaş, sigara ve ASA skorunun aseptik kaynamama için risk faktörlerini ve aralarındaki ilişkiyi incelemiştir. ASA skoru 3 üzeri olan hastaların kötü fizyolojik özellikleri ile kaynamama olasılığını arttırdığı belirlenmiştir. Benzer düşünceler muhtemelen ileri yaşla birlikte kaynamama olasılığının artmasını açıklamaktadır.

Yapılan bu çalışmada ise hastaların ASA skoru ortalaması $1,16 \pm 0,39$ olduğu görülmüştür. 12. ayda kaynama düzeyleri ve ölçümlerin incelenmesi sonrasında kaynama gösteren hastaların ASA skorlarının daha düşük olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Jacop C. ve ark. (252), tarafından obezitenin kırık iyileşmesi üzerine etkilerini inceledikleri bir çalışmada, vücut kitle indeksi ≥ 40 kg/m² olan morbid obezlerle 20-25 arasında olan hastalar arası karşılaştırmalı analizde bir ilişki tespit edememiş olup doğrulamak için daha kapsamlı araştırmalar yapılması gerektiği fikrine varmışlardır. Fawaz F ve ark. (253), tibia cisim kırıkları sonrası intramedüller çivi ile tespit sonrasında VKİ yüksek olan obez sınıfına giren hastaların kemik iyileşmesi ve aktif fonksiyonel hayata dönüşü açısından belirgin fark izlenmediğini tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada hastaların VKİ ortalaması $25,30 \pm 3,99$ olduğu görülmüştür. 12. ayda iyileşme düzeyleri ve ölçümlerin incelenmesi sonrasında iyileşen hastaların VKİ düzeylerinin daha düşük olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Hem ASA skoru hem de VKİ yüksek olması, geç dönem iyileşme üzerine olumsuz yönde etkili olabileceği gösterilmiştir.

Transvers planda ana parça ile kırık fragman arası postoperatif diastazın kırık iyileşmesini etkileyen parametrelerden biri olduğunu düşünmekteyiz. Audige ve ark. (190) cerrahi sonrası kırık fragmanlar arası diastaz gözlenen olgularda 2 kat fazla kaynamama ve gecikmiş kaynama gözlemlemişlerdir. Bhandari ve ark.

(137) postoperatif diastaz gözlenen olgularda yeniden cerrahi ihtiyacın 8 kat arttığını bildirmişlerdir. Drosos ve ark. (213) İM çivi uyguladıkları hastalarda postoperatif diastaz miktarının 3 mm üstünde ise ortalama kaynama süresinin 38,9 hafta olduğunu belirtmişlerdir. Fong ve ark. (254) %25,2'den daha az kortikal devamlılık olan hastalarda yaklaşık 4,7 kat artmış kaynamama riski tespit etmişlerdir.

Araştırmamızda hastaların postoperatif radyografilerinde, ana kemik ile kırık arası fragman deplasmanı (mm) düzeyinin ortalama $4,86 \pm 3,87$ olduğu tespit edilmiştir. 6. ayda kaynama görülen hastalara göre fragman deplasmanı (mm) ölçümü için istatistiksel olarak kesim noktası hesaplanması incelenmesi ROC analizi sonucunda fragman deplasmanı (mm) ölçümlerinin kesim noktası düzeyinin 1,75 mm sınır düzeyinde %80 tutarlılık seviyesinde olduğu ve bu düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p=0,01$). Hassaslık düzeyi %80, özgüllük düzeyi de %72 civarında olduğu tespit edilmiştir. ROC analizi sonucunda 6. ayda fragman deplasmanı kesim noktasına göre (1,75 mm) düşük veya yüksek olan hastalarda iyileşme durumunun 6. ayda farklı oranlarda olduğu görülmüştür. Fragman deplasman grubu düşük olan hastalarda iyileşme oranlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p=0,02$).

3-6-9-12. ayda iyileşme düzeyleri ve ölçümlerin incelenmesi sonrasında fragman deplasmanı (mm) düzeyi ne kadar az ise kaynama oranlarının daha iyi olduğu görülmüştür ($p=0,01$).

Eksternal fiksatorler, geniş yumuşak doku yaralanması olan ve genellikle açık kırıklarda veya instabil ve çok parçalı kırıklarda tercih edilen bir yöntemdir. Yumuşak doku iyileşmesine izin vermesi ve hastanın mobilizasyonunu mümkün kılması yöntemin avantajlarıdır. Buna karşın, pin dibi enfeksiyonu ve redüksiyon kaybı gibi komplikasyonlar görülebilecek dezavantajlardır. Ciddi derecede yumuşak doku yaralanması olan 91 açık tibia kırığı mevcut hasta ile yapılan bir çalışmada, %95'inde her planda 10 derece altında açılanma görüldüğü bildirilmiştir (255). Eksternal fiksatorlerin en önemli komplikasyonu, pin dibi enfeksiyonudur ve yaklaşık %30 oranında görülmektedir (114). Bir diğer komplikasyon ise, yeniden kırık gelişmesidir. Yapılan bir çalışmada hastaların %8'inde yeniden kırık geliştiği bildirilmiştir (116).

Tabatabai ve ark. yaptıkları bir çalışmada, özellikle tip 3 tibia açık kırıklarının tedavisinde, 6–8 hafta eksternal fiksasyon sonrası internal fiksasyona geçişin, kaynama oranı, hareket açıklığı ve enfeksiyon açısından daha uygun ve güvenilir bir tedavi yöntemi olduğunu bildirmişlerdir (256). Whitelaw ve ark. yaptıkları karşılaştırmalı çalışmalarında, tip 1, tip 2 ve 3A ile 3B açık kırıklarda intramedüller çivileme ile tedavinin, eksternal fiksatörlerle tedaviye göre daha az komplikasyonla sonuçlandığını bildirmişlerdir (257). Tip I ve Tip II tibia açık kırıkların, oymalı veya oymasız intramedüller çivi ile tedavisi için başarılı sonuçlar bildirilmekle beraber, ileri derecede kontamine yaralarda genellikle önerilmemektedir. Siebenrock, 135 açık kırığa eksternal fiksatör uygulamış, hastaların 7'sinde tedaviye eksternal fiksatörle devam edilirken, 38'ine plak vida ve 24'üne ise intramedüller çivi uygulanmıştır. En kısa kaynama süresi intramedüller çivilemede tespit edilmiştir. Ayrıca en düşük enfeksiyon oranı ve kaynama yokluğu da intramedüller çivilemede görülmüştür (258). Rommens ve ark., eksternal fiksatörle tedavi edilen tibia cisim kırıklarının tedavi sürecini bildirdikleri çalışmalarında, kırıkların %15'inde plak ya da intramedüller tespite geçiş yaptıklarını, %21'inde ise kemik greftlemesine ihtiyaç duyulduğunu bildirmişlerdir. Yazarlar gecikmiş kaynama, kaynamama, çivi gevşemesi, pin dibi enfeksiyonu gibi komplikasyonlardan uzak kalmak için, yumuşak dokular ve tüm çivi dipleri iyileştikten sonra, ortalama 8-12. haftada internal tespite geçişi önermişlerdir (259).

İlizarov tipi eksternal fiksatörler, pek çok yöntemle göre daha etkili ve güvenli tedavi imkanı sağlar. İlizarov tipi eksternal fiksatörün, kemikte üç boyutlu olarak günde 1 mm hareket imkanı vermesi, diğer yöntemlere karşı önemli bir üstünlüktür (260). Böylece kemik defekti olan hastalar, kortikotomi ile distraksiyon osteogenezi yapılarak kısalığa yol açmadan ve greftlemeye gerek olmadan tek ameliyatla tedavi edilebilirler (261). İnan ve ark., Tip 3A açık kırıklarda, ilizarov tipi eksternal fiksatör ile oymasız çivilemeyi karşılaştırdıkları çalışmalarında; ilizarov tipi eksternal fiksatörün kısalığın ve kaynama gecikmesinin tedavisinde avantajlı, pin dibi enfeksiyonu ve eklem kontraktürleri gibi komplikasyonlar açısından dezavantajlı olduğunu bildirmişlerdir. Oymasız

çivilemede ise, posttravmatik osteomyelit ve kaynama gecikmesi için ek cerrahi girişim gerekliliği dezavantaj olarak bildirilmiştir (262).

Araştırmamızda bulunan hastaların %21,7'sinde birincil tedavi yöntemi olarak eksternal fiksator uygulandığı tespit edilmiştir. Açık kırık olan 24 hastanın 23 tanesine birincil tedavi eksternal fiksator uygulanmıştır. G.A. tip 1 açık fraktürü olan 1 hastanın izole ekstremitte travması olup yumuşak doku kondisyonu iyi olmasından dolayı primer tedavi olarak IMN uygulanmıştır. Diğer G.A. tip 1 açık fraktürü olan 8 hasta politravma mevcudiyeti sebebiyle EF uygulanmış olduğu bilinmektedir. Yumuşak doku kondisyonu sorunu olan ve multitravma mevcudiyeti olan G.A. tip 2 açık kırıklı 7 hastaya ve G.A. tip 3 açık kırıklı 8 hastaya EF uygulanmıştır. Birincil tedavi yöntemi olarak EF uygulanan hastalarda ortalama $132,65 \pm 148,57$ gün sonra intramedüller çivi ile tespiti yapılmıştır. Birincil tedavi eksternal fiksator uygulanan ve elektif olarak IM çivi ile fiksasyon uygulanan hasta grubunda 6. ayda kaynama oranının daha az olduğu görülmüştür ($p=0,01$). 6. ay kaynamaya etkileyen bağımsız risk faktörlerini araştırmak için uygulanan lojistik regresyon modelinde, eksternal fiksator uygulaması kaynama olasılığını 1,90 (%95 GA 0,90-2,90) kat azalttığı tespit edilmiştir.

Benzer durumun 9. ayda da geçerliliğini koruduğu; kaynama durumunun daha az olduğu görülmüştür ($p=0,01$). 9. ay kaynama üzerine etkileyen bağımsız risk faktörlerini araştırmak için uygulanan lojistik regresyon modelinde, eksternal fiksator uygulaması iyileşme olasılığının 1,90 (%95 GA 0,90-2,15) azalttığı görülmüştür. 3-6-9-12. aylarda kaynama düzeyleri ve ölçümlerin incelenmesi sonucunda; birincil tedavi yöntemi olarak eksternal fiksator uygulanan, ardından geç dönemde çivi ile tespit edilen hastalarda kemik iyileşmesinin anlamlı derecede daha iyi olduğu izlenmiştir.

Çalışmamızda, olguların %2,8'inde açık kırık sonrası debridman ve eksternal fiksator uygulandığı; ardından geç dönem yumuşak doku rekonstrüksiyonu için flep uygulandığı bilinmektedir. Tüm olgu grubunda %7,5 hastada enfeksiyon gelişimi sonrası enfeksiyon hastalıkları ve klinik mikrobiyoloji konsültan hekim görüşü alınarak antibiyoterapisi düzenlenmiş ve takiplerinde hiçbir hastada implant tahliyesi ve geniş debridman ihtiyacı oluşmadığı; mevcut enfeksiyonun yüzeysel ve yumuşak doku ile sınırlı olduğunu görülmüştür. Açık

kırık ve debridman sonrası flep uygulanan hastalar ile enfeksiyon gelişimi üzerine antibiyoterapi düzenlenen hastaların kaynama oranlarının tüm kontrol aylarında anlamlı etki oluşturmadığı görülmüştür ($p>0,05$).

Araştırmamızın birincil sonuç değişkeni olarak çivi çapının isthmus çapına oranı ile kaynamaya etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Donegan ve ark. (263), 2016 yılında, tibia cisim kırıkları sonrası intramedüller çivi ile tedavi edilen hastalarda optimum iyileşme sağlamak amacıyla uygun çivi çapını belirlemek için yaptıkları retrospektif çalışmalarında, 3-6-9-12. ay RUST skorlarını değerlendirmiş ve çivi çapı/isthmus çapı oranının 0,80-0,99 arasında olan hastalarda kaynamanın 4,4 kat daha hızlı sürede gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Çalışmamızda, çivi çapı/isthmus çapı oranının kaynamaya etkisini araştırmak için 6. ayda radyolojik olarak kaynama kriterine uyan kırıklar üzerinden ROC analizi yapılarak kesim noktası belirlenmiştir. 6. ayda iyileşen hastalara göre çivi/isthmus çapı oranı istatistiksel olarak kesim noktası hesaplanması incelenmesi ROC analizi sonucunda ölçümlerinin kesim noktası düzeyinin 0,85 mm sınır düzeyinde %69 tutarlılık seviyesinde olduğu ve bu düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p=0,03$). Hassaslık düzeyi %98, özgüllük düzeyi %79'dur.

İyileşme düzeyleri ve ölçümlerin değerlendirilmesi sonucunda 3. ve 6. ay kaynama ve kaynamama görülen hastalar karşılaştırıldığında çivi çapı/isthmus çapı oranının iyileşme üzerine istatistiksel olarak anlamlı etkisi bulunmamaktadır. 6. ay 'kaynama' izlenmeyen, ancak 9. ve 12. ay kaynama görülen hastalar 'kaynama gecikmesi' olarak kabul edilmiş ve bu aylarda kaynama gösteren hastalarda çivi çapı/isthmus çapı oranının iyileşme üzerine istatistiksel olarak anlamlı ilişkisi bulunmuştur.

SPRINT çalışmaları, postoperatif ilk 6 ayda tibia cisim kırıklarına herhangi bir müdahale edilmemesini önermektedir.

Bu araştırmada, ilk 6 ay içinde radyolojik kaynama kriterlerine uymayan; en az 3 kortekste kallus formasyonu izlenmeyen hastalarda, intramedüller tibia çivi çapı/isthmus çapı oranı ROC analizi sonucunda bulunan 0,85 değeri ve üzerinde ise ek cerrahi müdahale için erken olduğunu ve kırığın seri radyolojik incelemelerle takip edilebileceği göstermiştir. Eğer ki ilk 6 ay içinde kaynama

izlenmeyen hastalarda, uygulanan intramedüller çivi çapı/isthmus oranı 0,85 değerinden daha az ise kaynamama ihtimalinin daha yüksek olasılıkta olacağını unutmamak gerekir.

Araştırmamız göstermiştir ki tibia cisim kırıklı hastalarda, hastanın isthmus çapı ölçülerek uygun çivi çapı tercih edilmesi; kaynama gecikmesi görülen ve risk faktörleri içeren hastalar için olumlu etki edecek faktörlerden birisidir. Preoperatif planlama da bu hususun göz önünde bulundurulması, ileride oluşabilecek komplikasyonları azaltmak ve hastanın amaçlanan kırık kaynamasını desteklemesi açısından önem arz ettiğini düşünmekteyiz.



6. SONUÇLAR

Tibia cisim kırıkları özellikle erişkin yaşlarda sıklıkla karşılaşılan kırıklardandır. Tedavide ana amaç stabil bir fiksasyon, sorunsuz yumuşak doku iyileşmesi ve erken mobilizasyondur. Erişkin tibia cisim kırıklarında cerrahi tedavi, konservatif tedaviden daha sık tercih edilir hale gelmiştir. Özellikle kaynamama ve/veya gecikmiş kaynama gelişebilecek hastalarda primer tedavinin başarısı önemlidir. Genel hekimlik anlayışı doğrultusunda birincil amacımız hastaya zarar vermemek olmakla birlikte ikincil amacımız da etkin tedaviyi sağlamak olmalıdır.

Günümüzde tibia cisim kırıklarında, oluş mekanizmasına göre sıklıkla trafik kazaları sorumludur ve çoğunluğu yüksek enerjili travmalardır. Birden fazla sistemde yaralanması olan ve travma maruziyeti sonrasında ileri dönemde kırık iyileşmesi açısından politravma maruziyetinin kemik iyileşmesi üzerine negatif etkileri olduğu izlenmiştir. Bu araştırmada vakaların %10,4'ünde kafa travması mevcudiyeti olmasına rağmen 3-6-9-12. aylardaki değerlendirmelerde iyileşme durumuna istatistiksel olarak etki etmediği görülmüştür.

Tibia cisim kırıkları sonrası intramedüller çivi ile osteosentez uygulanan hastaların neredeyse yarısından fazlasını genç erişkin hastalar oluşturmakla birlikte radyolojik olarak kaynama insidansı bu yaş grubunda daha fazla görülmektedir. Ayrıca tibia cisim kırıkları insidansının erkek hastalarda daha fazla olduğu izlenmiş olup karşı cinse göre iyileşme oranları daha fazla bulunmuştur. Ancak tibia cisim kırıkları sonrası intramedüller çivi uygulanan ve radyolojik olarak iyileşme düzeylerinin farklı olduğu her iki cinsin karşılaştırılmasında erkek ve kadın hasta sayılarının eşit olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Intramedüller çivi ile fiksasyon yapılan tibia cisim kırıklı hastalarda en sık orta diyafizer kırıklar görülmekte, proksimal diyafizer kırıkların iyileşme oranları daha düşük izlenmektedir. AO/OTA sınıflamasına göre ise en sık 42B3 tip tibia cisim kırıklarına rastlanmakla birlikte kaynama açısından anlamlı fark gözlenmemiştir.

Tibia cisim kırıkları en sık karşılaşılan kırıklardan olup aynı zamanda açık kırık şeklinde de karşımıza gelebilmektedir. İntramedüller çivi ile tedavi edilen

kapalı tibia cisim kırıklarına göre açık kırıklar daha uzun dönemde radyolojik kaynama göstermiştir.

Araştırmamızda hastalarının %88,7'sinde ipsilateral fibula kırığının da eşlik ettiği tespit edilmiş ancak ipsilateral fibula kırığı mevcudiyetinin hastalarda kaynama üzerinde etkili olmadığı görülmüştür.

Mevcut tibia cisim kırıkları dağılımı neredeyse benzer oranlarda (%52,8 sağ ve %47,2 sol) eşit dağılıma sahip olup sağ taraflı olan kırıklarda kaynama oranlarının daha yüksek olduğu görülmüştür.

Sigara ve/veya alkol kullanımının, erken dönem ve geç dönem iyileşme üzerine olumsuz etkileri olduğu görülmüştür. Hastada diyabet varlığı, yüksek ASA skoru ve VKİ yüksek olması, geç dönem iyileşme üzerine olumsuz yönde etkili olabileceği gösterilmiştir.

Çalışmaya alınan hastaların %21,7'sinde birincil tedavi yöntemi olarak eksternal fiksator uygulandığı tespit edilmiştir. Birincil tedavi eksternal fiksator uygulanan hastalarda ortalama $132,65 \pm 148,57$ gün sonra çivi uygulanmıştır. Birincil tedavi eksternal fiksator uygulanan ve elektif olarak IM çivi ile fiksasyon uygulanan hasta grubunda postoperatif 6. ayda kaynama oranlarının daha az olduğu görülmüştür ($p=0,01$). Benzer durumun 9. ayda da geçerliliğini koruduğu; kaynama oranlarının daha az olduğu görülmüştür ($p=0,01$). 6. ve 9. ay kaynamaya etki eden bağımsız risk faktörlerini araştırmak için uygulanan lojistik regresyon çalışması, birincil tedavi seçeneği olarak eksternal fiksator uygulanan ve ardından elektif olarak IM çivi ile fiksasyon tercih edilen hastaların postoperatif kaynama oranlarının daha düşük olduğunu göstermiştir. 3-6-9-12. aylarda kaynama düzeyleri ve ölçümlerin incelenmesi sonucunda; birincil tedavi yöntemi olarak eksternal fiksator uygulanan, ardından geç dönemde çivi ile tespit edilen hastalarda kemik iyileşmesinin anlamlı derece daha iyi olduğu izlenmiştir.

Çalışmamızda, olguların %2,8'inde açık kırık nedeniyle debridman uygulandığı ve birincil tedavi yöntemi olarak eksternal fiksator tercih edildiğini; ardından geç dönem yumuşak doku rekonstrüksiyonu için flep uygulandığı bilinmektedir. Olguların %7,5'inde, hiçbirinde implant tahliyesi ile geniş debridman ihtiyacına gerek kalmayacak şekilde yumuşak doku enfeksiyonu olduğu ve enfeksiyon gelişimi sonrası antibiyoterapisi düzenlendiği bilinmektedir.

Her iki durumun, tüm kontrol aylarında kemik iyileşmesi üzerine anlamlı etki etmediği görülmüştür ($p>0,05$).

3-6-9-12. ayda, kaynama düzeyleri ve ölçümlerin incelenmesi sonrasında, fragman deplasmanı düzeyi ne kadar az ise kaynama oranlarının da daha iyi olduğu görülmüştür.

Çalışmanın asıl amacını oluşturan, birincil sonuç değişkeni olarak dikkate alınan intramedüller çivi çapı/isthmus çapı oranının kaynama üzerine etkisini araştırmak olmuştur. Bu oranın radyolojik olarak kaynama üzerine etkisini araştırmak üzere 6. ay kaynama izlenen hastalar üzerinden ROC analizi ile kesit düzeyi belirlenmiş ve 0,85 olarak %98 hassaslık ve %79 özgüllük düzeyinde bir değer elde edilmiştir. Bu düzeyin istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı olduğu görülmüştür. Ameliyat öncesinde planlama esnasında bu değer göz önüne alarak yapıldığında; tibia cisim kırıkları iyileşmesini optimize etmek için intramedüller çivi çapının kanal çapı oranının bu düzeye yakın ve üstünde olması kaynama üzerine ileri dönemde olumlu etkileri olacağını düşündürmektedir.

7. ÖZET

Tibia Cisim Kırıklarında İntramedüller Çivi Uygulaması Sonrası Kırık İyileşmesi Üzerine Etkili Faktörlerin Retrospektif Değerlendirilmesi

Tibia cisim kırıkları sonrası intramedüller çivi uygulaması, kırık iyileşmesi için uygun biyolojik ve mekanik olarak avantajlı bir ortam sağlar. Kırık hattında mikro harekete izin vermesinin yanı sıra aynı zamanda kırık hattı proksimali ve distali arasında kesintisiz bir iç bağlantı sağlayarak kırığı stabilize etmesi için hastanın kemik anatomisi ile implant arası optimum uyumu sağlamak son derece önemlidir. Bu retrospektif ve tek merkezli çalışma ile tibia cisim kırıklarında intramedüller çivi uygulaması sonrası kırık iyileşmesi üzerine etkili faktörlerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın birincil sonuç değişkenini ise tibia isthmus çapı ile intramedüller çivi çapı arasında kaynamayı olumlu yönde etkileyecek optimal bir boyut ilişkisinin belirlenmesi oluşturmaktadır.

Bu amaçla, Ocak 2014 ile Ocak 2019 tarihleri arasında Akdeniz Üniversitesi Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniğinde tedavi edilen kayıtlı 323 tibia kırıklı hasta belirlenmiştir. 156 tibia cisim kırıklı hasta için intramedüller çivi ile osteosentez uygulandığı tespit edilmiştir. 21 hasta, çalışma kriterlerine uymadığı için dışlanmış, geriye kalan 138 tibia cisim kırığı olan 135 hastadan 32 tanesi takiplerinin düzensiz olması nedeniyle çalışmadan çıkartılmıştır. Son olarak 106 tibia cisim kırığı olan 103 hasta ile çalışma grubu oluşturulmuştur.

Tüm olgular için çivi çapı/isthmus oranı belirlenmiştir. 2 farklı gözlemci tarafından hastaların 3-6-9-12. aylarda iki yönlü grafipleri ayrı ayrı incelenmiş, RUST skorlaması yapılarak ortalama puan alınmış ve kırık kaynaması değerlendirilmiştir. Kaynama üzerine etkili olabilecek diğer faktörleri (hastalara ait demografik, klinik, cerrahi sonrası radyolojik ölçümler) belirlemek için tek değişkenli ve çok değişkenli istatistiksel analizler yapılmıştır.

Çivi çapı/isthmus çapı oranının kaynamaya etkisini araştırmak için 6. ayda radyolojik kaynama kriterine uyan kırıklar üzerinden ROC analizi sonucunda ölçümlerinin kesim noktası 0,85 değeri sınır düzeyinde %69 tutarlılık seviyesinde, hassaslık düzeyi %98, özgüllük düzeyi %79 civarında ve kaynama üzerine istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. İlk 6 ay içinde kaynama

üzerine anlamlı olmadığı ancak 6. aydan sonra 9. ve 12. aylarda kaynama tespit edilen hastalar değerlendirildiğinde çivi/isthmus çapı oranı 0,85 değeri üzerinde olduğu ve kaynama üzerine anlamlı etki gösterdiği tespit edilmiştir. Tibia isthmus çapı ile intramedüller çivi çapı arasında kaynamayı olumlu yönde etkileyecek bir oran ilişkisi belirlenmiş olup tibia cisim kırıkları iyileşmesini optimize etmek için intramedüller çivi/kanal çapı oranının bu düzeye yakın ve üstünde olması kaynama üzerine ileri dönemde önemli etkisinin olacağını göstermektedir.

Kaynama üzerine etkili olabilecek diğer parametreler incelendiğinde; proksimal diyafizer kırıkların kaynama oranları daha düşük izlenmiştir. İntamedüller çivi ile tedavi edilen kapalı tibia cisim kırıklarına göre açık kırıklar daha uzun dönemde radyolojik kaynama göstermiştir. Sigara ve/veya alkol kullanımının, erken dönem ve geç dönem iyileşme üzerine olumsuz etkileri olduğu görülmüştür. Hastada diyabet varlığı, yüksek ASA skoru ve VKİ yüksek olması, geç dönem iyileşme üzerine olumsuz yönde etkili olabileceği gösterilmiştir. Birincil tedavi seçeneği olarak eksternal fiksator uygulanan ve ardından elektif olarak IM çivi ile fiksasyon tercih edilen hastaların postoperatif kaynama oranlarının daha düşük olduğunu göstermiştir. Birincil tedavi eksternal fiksator uygulanan ve elektif olarak IM çivi ile fiksasyon uygulanan hasta grubunda postoperatif 6. ayda kaynama oranlarının daha az olduğu görülmüştür. Benzer durumun 9. ayda da geçerliliğini koruduğu; kaynama oranlarının daha az olduğu görülmüştür. Postoperatif diastazın düşük miktarlarda olması kaynama üzerine olumlu yönde etki etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tibia cisim kırığı, intramedüller çivi çapı, (3 ADET DAHA)

7. ABSTRACT

Retrospective Evaluation of Effective Factors on Fracture Healing After Intramedullary Nailing of Tibial Shaft Fractures

Intramedullary nailing after tibial shaft fractures provides a suitable biologically and mechanically advantageous environment for fracture healing. It is extremely important to ensure optimum compatibility between the patient's bone anatomy and the implant in order to stabilize the fracture by providing an uninterrupted internal connection between the proximal and distal fracture line as well as allowing micro-movement at the fracture line. In this retrospective and monocenter study, it was aimed to evaluate the factors affecting fracture healing after intramedullary nailing in tibial shaft fractures. The primary outcome variable of the study is the determination of an optimal size relationship between the diameter of the tibia isthmus and the size of the intramedullary nail that will positively affect the union.

For this purpose, 323 patients with tibial fractures who were treated in Akdeniz University Orthopedics and Traumatology Clinic between January 2014 and January 2019 were identified. It was determined that osteosynthesis was performed with intramedullary nailing for 156 patients with tibial shaft fractures. 21 patients were excluded because they did not meet the study criteria, and 32 of the remaining 138 patients with tibial shaft fractures were excluded due to irregular follow-up. Finally, a study group was formed with 103 patients with 106 tibial shaft fractures.

Nail diameter/isthmus ratio was determined for all cases. Two-way radiographs of the patients at 3-6-9-12 months were evaluated separately by 2 different observers, the mean score was obtained by RUST scoring, and fracture union was evaluated. Monthly bilateral radiographs were evaluated separately, mean score was obtained by RUST scoring, and fracture union was evaluated. Univariate and multivariate statistical analyzes were performed to determine other factors (patient demographic, clinical, postoperative radiological measurements) that may have an effect on union.

In order to investigate the effect of nail diameter/isthmus ratio on union, the cut-off point of the measurements was 0.85 at the limit level, at the consistency level of 69%, the sensitivity level of 98%, the specificity level of 79%, and the statistical significance on union was determined as a result of ROC analysis. It was found that it was not significant on union in the first 6 months, but when the patients who were found to have union at the 9th and 12th months after the 6th month were evaluated, the nail/isthmus diameter ratio was above 0.85 and had a significant effect on the union. A ratio relationship was determined between the diameter of the tibia isthmus and the diameter of the intramedullary nail, which will positively affect the union, and the fact that the ratio of intramedullary nail/canal diameter is close to or above this level in order to optimize the healing of tibial shaft fractures shows that it will have a significant effect on union in the future.

When other parameters that may be effective on union are examined; union rates of proximal diaphyseal fractures were lower. Compared to closed tibial shaft fractures treated with an intramedullary nail, open fractures showed radiological union in a longer period. It has been observed that smoking and/or alcohol use have negative effects on early and late recovery. It has been shown that the presence of diabetes, high ASA score and high BMI in the patient may have a negative effect on late recovery. It has been shown that postoperative union rates are lower in patients who were applied external fixation as the primary treatment option and then electively preferred fixation with IM nails. It was observed that the rate of union was lower at the postoperative 6th month in the patient group in which the primary treatment external fixator was applied and the fixation with IM nail was applied electively. The similar situation is still valid in the 9th month; union rates were found to be lower. It was determined that the lower the postoperative diastase level, the better the union rate.

Key Words: Tibia shaft fracture, intramedullary nail diameter, (3 adet daha)

9. KAYNAKLAR

1. Colton C. Orthopaedic challenges in Ancient Egypt. *Bone&Joint* 2013; 360(2): 2–7. <https://doi.org/10.1302/2048-0105.22.360124>
2. Guerra F. Aztec Medicine. *Med Hist* 1966; 10(4): 315–38. DOI: 10.1017/s0025727300011455
3. Knothe U, Tate MKK, Perren S. 300 years of intramedullary fixation – from Aztec practice to standard treatment modality. *Eur J Trauma* 2000; 26: 217-25 <https://doi.org/10.1007/PL00002445>.
4. Senn N. I. A new method of direct fixation of the fragments in compound and ununited fractures. *Ann Surg* 1893; 18(2): 125–51. PMID: 17859953
5. Bircher H. Eine neue methode unmittelbarer retention bei fracturen der rohrenknochen. *Arch Klin Chir* 1886; 34: 410–9.
6. Gluck T. Autoplastik-transplantation-implantation von Fremdkörpern. *Klin Wschr* 1890; 27: 421–7.
7. Groves EWH. Ununited fractures, with special reference to gunshot injuries and the use of bone grafting. *BJS (Br J Surg)* 1918; 6: 203–47.
8. Bong MR, Koval KJ, Egol KA. The history of intramedullary nailing. *Bull NYU Hosp Jt Dis* 2006; 64(3-4): 94-7. PMID: 17155917
9. Smith-Petersen MN, Cave EF, Vangorder GW. Intracapsular fractures of the neck of femur: Treatment by internal fixation. *Arch Surg* 1931; 23: 715–59. <https://doi.org/10.1001/archsurg.1931.01160110002001>
10. Key JA. Insertion of Smith-Petersen nail for intracapsular fractures of neck of femur. *Am J Surg* 1937; 36: 466–71. [https://doi.org/10.1016/S0002-9610\(37\)90753-0](https://doi.org/10.1016/S0002-9610(37)90753-0)
11. Fischer AW, Maatz R. Weitere erfahrungen mit der marknagelung nach Küntscher. *Arch Klin Chir* 1942; 203: 531.
12. Salvi AE. Kuntscher nail: the rod who fled from Germany inside the legs of America. *Emerg Med* 2012; 2: 3. doi: 10.4172/2165-7548.1000e112
13. Rehnberg SV. Treatment of fractures and pseudarthroses with marrow nailing. *Ann Chir Gynaec Fenn* 1947; 36: 2.
14. Hawk AJ. ArtiFacts: Gerhard Küntscher's Marrow Nail. *Clin Orthop Relat Res* 2019; 477(6): 1296–8. doi: 10.1097/CORR.0000000000000792

15. Marí R, Valverde Vilamala D, León García A, Guirro P, Marqués López F. A technical note for extracting an incarcerated femoral Kuntscher nail. *J Orthop Case Rep* 2016; 6(3): 10–2. doi: 10.13107/jocr.2250-0685.476
16. Kuntscher GB. The Kuntscher's method of intramedullary fixation. *J. Bone Joint Surg* 1958; 40-A(1): 17–26. PMID: 13491605
17. Smith J, Greaves I, Porter K. *Oxford Desk Reference-major trauma*. Oxford University Press, 2010.
18. Browner B, Jupiter J, Krettek C, Anderson P. *Skeletal Trauma: Basic Science, Management, and Reconstruction (Volume 2)*. Philadelphia, PA: Saunders Elsevier; 2008. eBook ISBN: 9780323611152
19. Seligson D. History of intramedullary nailing. In: Rommens P, Hessmann M, eds. *Intramedullary Nailing*. London Springer 2015; 3–12.
20. Dagrenat D, Kempf I. Biomechanics of locked intramedullary fixation of fractures. In: Kempf I, Leung KS, eds. *Practice of Intramedullary Locked Nails*. Springer-Verlag Berlin 2002; 43–9.
21. Thakur AJ. *Elements of fracture fixation*, 3rd edn. Elsevier Health Sciences, New Delhi, India 2015.
22. Rosa N, Marta M, Vaz M, Tavares SMO, Simoes R, Magalhaes FD, et al. Intramedullary nailing biomechanics: evolution and challenges. *Proc Inst Mech Eng H* 2019; 233(3): 295–308. doi: 10.1177/0954411919827044
23. Born CT, Pidgeon T, Taglang G. 75 years of contemporary intramedullary nailing. *J Orthop Trauma* 2014; 28(Suppl 8): S1–S2. doi: 10.1097/BOT.0000000000000163
24. Gimeno MS, Albareda JA, Vernet JC, Gallego JF, Fernandez JJ, Inigo FS. Biomechanical study of the Grosse-Kempf femoral nail. *Int Orthop (SICOT)* 1997; 21: 115–8.
25. Russell TA. Intramedullary nailing: evolutions of femoral intramedullary nailing: first to fourth generations. *J Orthop Trauma* 2011; 25(Suppl 3): 135–8. doi: 10.1097/BOT.0b013e318237b2eb
26. DeCoster T. A brief history of medullary nailing, New Mexico perspective. *UNM Orthop Res J* 2012; 1: 46-54. https://digitalrepository.unm.edu/unm_jor/vol1/iss1/16
27. Brumback RJ, Uwagie-Ero S, Lakatos RP, Poka A, Bathon GH, Burgess AR, et al. Intramedullary nailing of femoral shaft fracture. Part II: Fracture healing with

- static interlocking fixations. *J Bone Joint Surg Am* 1988; 70(10): 1453–62. PMID: 3198669
28. Lee DB, Pohrelyuk I, Yaskiv O, Lee JC. Gas nitriding and subsequent oxidation of Ti-6Al-4V alloys. *Nanoscale Res Lett* 2012; 7(1): 21. doi: 10.1186/1556-276X-7-21
 29. Wall EJ, Jain V, Vora V, Mehlman CT, Crawford AH. Complications of titanium and stainless steel elastic nail fixation of pediatric femoral fractures. *JBJS* 2008; 90(6): 1305–13. doi: 10.2106/JBJS.G.00328
 30. Morawska-Chochól A, Chlopek J, Szaraniec B, Domalik-Pyzik P, Balacha E, Bogun M, et al. Influence of the intramedullary nail preparation method on nail's mechanical properties and degradation rate. *Mater Sci Eng C* 2015; 51: 99–106. doi: 10.1016/j.msec.2015.02.043
 31. Vécsei V, Hajdu S, Negrin LL. Intramedullary nailing in fracture treatment: history, science and Küntscher's revolutionary influence in Vienna, Austria. *Injury* 2011; 42(Suppl 4): S1–5. doi: 10.1016/S0020-1383(11)00419-0
 32. Samiezadeh S, Avval PT, Fawaz Z, Bougherara H. Biomechanical assessment of composite versus metallic intramedullary nailing system in femoral shaft fractures: a finite element study. *Clin Biomech* 2014; 29(7): 803–10. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2014.05.010
 33. Kojic N, Rangger C, Özgün C, Lojzur C, Mueller J, Folman Y, et al. Carbon-Fibre- Reinforced PEEK radiolucent intramedullary nail for humeral shaft fracture fixation: technical features and a pilot clinical study. *Injury* 2017; 48(Suppl 5): S8–11. doi: 10.1016/S0020-1383(17)30731-3
 34. Li G, Zhang L, Wang L, Yuan G, Dai K, Pei J, et al. Dual modulation of bone formation and resorption with zoledronic acid-loaded biodegradable magnesium alloy implants improves osteoporotic fracture healing: an in vitro and in vivo study. *Acta Biomater* 2018; 65: 486–500. doi: 10.1016/j.actbio.2017.10.033
 35. Martini F. "Osseous Tissue and Skeletal Structure," in *Fundamentals of Anatomy & Physiology*, 5 ed Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall 2001; 168-81.
 36. Bokariya P, Sontakke B, Waghmare JE, Tarnekar A, Tirpude BH, Shende MR. The Anthropometric Measurements of Tibia. *J Indian Acad Forensic Med* 2012; 34(4): 322-3. ISSN 0971-0973

37. Browner B, Levine, Jupiter J, Trafton, Krettek (Eds). *Skeletal Trauma: Basic Science, Management, and Reconstruction*, 2-Volume Set. 5th Edition Chapter 64 Tibial Shaft Fractures
38. Mast J, Jakob R, Ganz R. *Planning and reduction technique in fracture surgery*, Berlin and New York, Springer-Verlag 1989.
39. Buehler KC, Green J, Woll TS, Duwelius PJ. A technique for intramedullary nailing of proximal third tibia fractures. *J Orthop Trauma* 1997; 11(3): 218–23. doi: 10.1097/00005131-199704000-00014
40. Rhinelander FW. Tibial blood supply in relation to fracture healing. *Clin Orthop Relat Res* 1974; 105: 34–81. PMID: 4609655
41. Rhinelander FW, Browner BD, Edwards CC. The vascular response of bone to internal fixation. In: *The science and practice of intramedullary nailing*, Philadelphia, Lea and Febiger 1987; 25–9.
42. Thomas KA, Harris MB, Willis MC, Lu Y, MacEwen GD. The effects of the interosseous membrane and partial fibulectomy on loading of the tibia: a biomechanical study. *Orthopedics* 1995; 18(4): 373–83. PMID: 7603921
43. Sarmiento A, Sharpe FE, Ebramzadeh E, Normand P, Shankwiler J. Factors influencing the outcome of closed tibial fractures treated with functional bracing. *Clin Orthop Relat Res* 1995; 315: 8-24. PMID: 7634690
44. Kelly P. "Anatomy, Physiology, and Pathology of the Blood Supply of Bones". *J Bone and J Surg Am* 1968; 50-A: 766-83.
45. Trueta J. "Blood supply and the rate of healing of tibial fractures". *Clin Orthop Rel Res* 1974; 105: 11-26.
46. "Medical Mnemonics". Medial malleolus: order of tendons, artery, nerve behind it. Archived from the original on 2009-08-04. Retrieved 2008-01-17.
47. Boulton C, O'Toole R. "Tibia and Fibula Shaft Fractures". In: *Rockwood & Green's Fractures in Adults* vol. 2, 7 ed: Lippincott Williams & Wilkins 2010; 2415-72.
48. Court-Brown CM, McBirnie J. The epidemiology of tibial fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1995; 77(3): 417-21. PMID: 7744927
49. Volgas DA, Stannard JP, Alonso JE. Current orthopaedic treatment of ballistic injuries. *Injury* 2005; 36(3): 380–86. doi: 10.1016/j.injury.2004.08.038.

50. Shaw AD, Gustilo T, Court-Brown CM. Epidemiology and outcome of tibial diaphyseal fractures in footballers. *Injury* 1997; 28(5–6): 365–7. doi: 10.1016/s0020-1383(97)00021-1
51. Levy AS, Bromberg J, Jasper D. Tibia fractures produced from the impact of a baseball bat. *J Orthop Trauma* 1994; 8(2): 154–8. doi: 10.1097/00005131-199404000-00013
52. Schatzker J. Principles of stable internal fixation. In *The rationale of operative fracture care*, ed 1, Berlin, Springer-Verlag 2005.
53. Schmitz MA, Finnegan M, Natarajan R, Champine J. Effect of smoking on tibial shaft fracture healing. *Clin Orthop Relat Res* 1999; 365: 184–200. doi: 10.1097/00003086-199908000-00024
54. Adams CI, Keating JF, Court-Brown CM. Cigarette smoking and open tibial fractures. *Injury* 2001; 32(1): 61–5. doi: 10.1016/s0020-1383(00)00121-2
55. Croce M, Livingston D, Luchette F, Mackersie R (Eds). *American Association for the Surgery of Trauma 75th Anniversary 1938-2013. The American Association for the Surgery of Trauma 2013*; 164. ISBN 978-0989892803. Retrieved 2 September 2020.
56. Tscherne H, Gotzen L. *Fractures with soft tissue injuries*, ed 1, Berlin, 1984, Springer-Verlag.
57. McQueen MM, Christie J, Court-Brown CM. Acute compartment syndrome in tibial diaphyseal fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1996; 78(1): 95–8. PMID: 8898136
58. Shuler FD, Dietz MJ. Physicians' ability to manually detect isolated elevations in leg intracompartmental pressure. *J Bone Joint Surg Am* 2010; 92(2): 361–7. doi: 10.2106/JBJS.I.00411.
59. Elliott K, Johnstone AJ. Diagnosing acute compartment syndrome. *J Bone Joint Surg Br* 2003; 85(5): 625–32. PMID: 12892179
60. Duckworth AD, McQueen MM. Intramuscular pressure monitoring in acute compartment syndrome. *Tech Orthop* 2012; 27(1): 8–14. doi: 10.1097/BTO.0b013e3182488217.
61. Bauer GC, Edwards P, Widmark PH. Shaft fractures of the tibia. Etiology of poor results in a consecutive series of 173 fractures. *Acta Chir Scand* 1962; 124: 386–95. PMID: 13966919

62. Böstman OM. Spiral fractures of the shaft of the tibia. Initial displacement and stability of reduction. *J Bone Joint Surg Br* 1986; 68(3): 462–6. doi: 10.1302/0301-620X.68B3.3733815
63. Ellis H. Disabilities after tibial shaft fractures; with special reference to Volkmann's ischaemic contracture. *J Bone Joint Surg Br* 1958; 40(2): 190–7. doi: 10.1302/0301-620X.40B2.190
64. Ellis H. The speed of healing after fracture of the tibial shaft. *J Bone Joint Surg Br* 1958; 40(1): 42–6. doi: 10.1302/0301-620X.40B1.42
65. O'Dwyer KJ, Chakravarty RD, Esler CN. Intramedullary nailing technique and its effect on union rates of tibial shaft fractures. *Injury* 1994; 25(7): 461–4. doi: 10.1016/0020-1383(94)90273-9
66. Johner R, Wruhs O. Classification of tibial shaft fractures and correlation with results after rigid internal fixation. *Clin Orthop Relat Res* 1983; 178: 7–25. PMID: 6883870
67. Orthopaedic Trauma Association Committee for Coding and Classification: Fracture and dislocation compendium. *J Orthop Trauma* 10(Suppl 1: v–ix):1–154, 2007. Available at: <ota.org/research/fracture-and-dislocationcompendium>. Accessed January 1, 1996.
68. Müller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J. The Comprehensive Classification of Fractures of Long Bones/AO Classification of Fractures. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 1990. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-61261-9>
69. Swiontkowski MF, Agel J, McAndrew MP, Burgess AR, MacKenzie EJ. Outcome validation of the AO/OTA fracture classification system. *J Orthop Trauma* 2000; 14(8): 534–41. doi: 10.1097/00005131-200011000-00003
70. Gaston P, Will E, Elton RA, McQueen MM, Court-Brown CM, et al. Fractures of the tibia. Can their outcome be predicted? *J Bone Joint Surg Br* 1999; 81(1): 71–6. doi: 10.1302/0301-620x.81b1.8958
71. Edwards P. Fracture of the shaft of the tibia: 492 consecutive cases in adults. Importance of soft tissue injury. *Acta Orthop Scand* 1965; 76 (Suppl 76): 1–82. doi: 10.3109/ort.1965.36.suppl-76.01
72. Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and

- prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am* 1976; 58(4): 453–8. PMID: 773941
73. Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN. Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J Trauma* 1984; 24(8): 742-6. doi: 10.1097/00005373-198408000-00009
 74. Brumback RJ, Jones AL. Interobserver agreement in the classification of open fractures of the tibia. The results of a survey of two hundred and forty-five orthopaedic surgeons. *J Bone Joint Surg Am* 1994; 76(8): 1162-6. doi: 10.2106/00004623-199408000-00006
 75. Watson-Jones R, Coltart WD. The classic. Slow union of fractures with a study of 804 fractures of the shafts of the tibia and femur, by R. Watson-Jones and W. D. Coltart. *Clin Orthop Relat Res* 1982; 168: 2-16. PMID: 7049483
 76. Reimer BL, Butterfield SL. Comparison of reamed and nonreamed solid core nailing of tibial diaphysis after external fixation. *J Orthop Trauma* 1993; 7(3): 279-85. doi: 10.1097/00005131-199306000-00014
 77. Samuelson MA, McPherson EJ, Noris L. Anatomic assessment of the proper insertion site for a tibial intramedullary nail. *J Orthop Trauma* 2002; 16(1): 23-5. doi: 10.1097/00005131-200201000-00005
 78. Paré A. The classic. Compound fracture of leg, Paré's personal care (MII, 328). *Clin Orthop Relat Res* 1983; 178: 3–6.
 79. Brinker MR, Bailey Jr DE. Fracture healing in tibia fractures with an associated vascular injury. *J Trauma* 1997; 42(1): 11–9. doi: 10.1097/00005373-199701000-00004
 80. Brinker MR, Caines MA, Kerstein MD, Elliott MN. Tibial shaft fractures with an associated infrapopliteal arterial injury: a survey of vascular surgeons' opinions on the need for vascular repair. *J Orthop Trauma* 2000; 14(3): 194–8. doi: 10.1097/00005131-200003000-00008
 81. Howard PW, Makin GS. Lower limb fractures with associated vascular injury. *J Bone Joint Surg Br* 1990; 72(1): 116–20. doi: 10.1302/0301-620X.72B1.2298768
 82. Sarmiento A. Functional bracing of tibial and femoral shaft fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1972; 82: 2-13. PMID: 4551697

83. Perren S. Biomechanics of intramedullary nailing. In the Science and practise of Intramedullary Nailing. Ed. By Browner B; Edwards CC. Philadelphia, Lee and Freiberg 1st ed. 1987; 67-75.
84. Heckman JD, McQueen MM, Ricci WM, Tornetta P, McKee MD. Rockwood and Green's fractures in adults: Wolters Kluwer Health 2015; 1-100.
85. Buchler CK, Green J, Woll ST, Duwelius JP. Technical Tricks a Technique for Intramedullary Nailing of Proximal Third Tibia Fractures. J Orthop Trauma. Lippincott Raven Publishers 1997; 11-3: 218-223.
86. Lang GJ, Cohen BE, Bosse MJ, Kellam JF. Proximal Third Tibial Shaft Fractures. Clin Orthop Lippincott Co., 1995; 315: 64-74.
87. Russell TA, Fractures of the Tibia and Fibula: Rockwood and Green's fractures in adults. Fourth edition 1996; 2127-200.
88. Bhandari M, Guyatt GH, Swiontkowski MF, Tornetta 3rd P, Hanson B, Weaver B, et al. Surgeons' preferences for the operative treatment of fractures of the tibial shaft: an international survey. J Bone Joint Surg Am 2001; 83(11): 1746–52. doi: 10.2106/00004623-200111000-00020
89. Nicoll EA. Fractures of the tibial shaft. A survey of 705 cases. J Bone Joint Surg Br 1964; 46: 373-87. PMID: 14216447
90. Merchant TC, Dietz FR. Long-term follow-up after fractures of the tibial and fibular shafts. J Bone Joint Surg Am 1989; 71(4): 599–606. PMID: 2703519
91. Littenberg B, Weinstein LP, McCarran M, Mead T, Swiontkowski MF, Rudicel SA, et al. Closed fractures of the tibial shaft. A meta-analysis of three methods of treatment. J Bone Joint Surg Am 1998; 80(2): 174–83. doi: 10.2106/00004623-199802000-00004
92. van der Linden W, Larsson K. Plate fixation versus conservative treatment of tibial shaft fractures. A randomized trial. J Bone Joint Surg Am 1979; 61(6A): 873–8. PMID: 383719
93. Toivanen JA, Kyrö A, Heiskanen T, Koivisto AM, Mattila P, Jarvinen MJ. Which displaced spiral tibial shaft fractures can be managed conservatively? Int Orthop 2000; 24(3): 151-4. doi: 10.1007/s002640000132
94. Kyrö A, Tunturi T, Soukka A. Conservative treatment of tibial fractures. Results in a series of 163 patients. Ann Chir Gynaecol 1991; 80(3): 294–300. PMID: 1759800

95. Hooper GJ, Keddell RG, Penny ID. Conservative management or closed nailing for tibial shaft fractures. A randomised prospective trial. *J Bone Joint Surg Br* 1991; 73(1): 83–5. doi: 10.1302/0301-620X.73B1.1991783
96. Bone LB, Sucato D, Stegemann PM, Rohrbacher BJ. Displaced isolated fractures of the tibial shaft treated with either a cast or intramedullary nailing. An outcome analysis of matched pairs of patients. *J Bone Joint Surg Am* 1997; 79(9): 1336–41. doi: 10.2106/00004623-199709000-00007
97. Karladani AH, Granhed H, Edshage B, et al. Displaced tibial shaft fractures: a prospective randomized study of closed intramedullary nailing versus cast treatment in 53 patients. *Acta Orthop Scand* 2000; 71(2): 160–7. doi: 10.1080/000164700317413139.
98. Busse JW, Bhandari M, Sprague S, et al. An economic analysis of management strategies for closed and open grade I tibial shaft fractures. *Acta Orthop* 2005; 76(5): 705–12. doi: 10.1080/174536705 10041808
99. Canale ST, Crenshaw AH, Taylor CJ. *Campbell Operative Orthopedics*. Mosby-Jear Book Inc. Ed.:8 vol.:2 chapter 23: 800-826 1991.
100. Dehne E, Metz CW, Deffer PA, Hall RM. Nonoperative Treatment of the Fractures Tibia by Immediate Weight Bearing. *J Trauma* 1961; 1: 514-33. PMID: 13721274
101. Hughston JC, Whatley GS, Bearden JM. Tibia Fractures. *South Med J* 1949; 62: 931-40.
102. Martinez A, Sarmiento A, Latta LL. Closed fractures of the proximal tibia treated with a functional brace. *Clin Orthop* 2003; 417: 293-302. doi: 10.1097/01.blo.0000093012.90435.e3
103. Sarmiento A. On the behavior of closed tibial fractures: clinical/radiological correlations. *J Orthop Trauma* 2000; 14(3): 199-205. doi: 10.1097/00005131-200003000-00010
104. Sarmiento A, Latta LL. *Closed functional treatment of fractures*. Springer-Verlag, Berlin 1981.
105. Sarmiento A, Gersten LM, Sobol PA, Shankwiler JA, Vangness CT. Tibial Shaft Fractures Treated with Functional Braces. *J Bone Joint Surg* 1989; 71(4): 602-9. doi: 10.1302/0301-620X.71B4.2768307
106. Schmidt AH, Finkemeier CG, Tornetta 3rd P. Treatment of closed tibial fractures. *Instr Course Lect* 2003; 52: 607–22. PMID: 12690886

107. Pape H-C, Tornetta 3RD P, Tarkin I, Tzioupis C, Sabeson V, Olson SA. Timing of fracture fixation in multitrauma patients: the role of early total care and damage control surgery. *J Am Acad Orthop Surg* 2009; 17(9): 541–9. doi: 10.5435/00124635-200909000-00001
108. Moehring HD, Voigtlander JP. Compartment pressure monitoring during intramedullary fixation of tibial fractures. *Orthopedics* 1995; 18(7): 631–5, discussion 635–6. PMID: 7479401
109. McQueen MM, Christie J, Court-Brown CM. Compartment pressures after intramedullary nailing of the tibia. *J Bone Joint Surg Br* 1990; 72(3): 395–7. doi: 10.1302/0301-620X.72B3.2341435
110. Tornetta 3rd P, French BG. Compartment pressures during nonreamed tibial nailing without traction. *J Orthop Trauma* 1997; 11(1): 24–7. doi: 10.1097/00005131-199701000-00006
111. Başal Ö. Principles of External Fixator Applications. *Orthopaedics and Sports Medicine Guide for Researchers* 2015; 155-68.
112. Ilizarov GA. The historical background of transosseous osteosynthesis. *Transosseous Osteosynthesis*: Springer 1992; 3-62.
113. Charnley JC. Positive pressure in arthrodesis of the knee joint. *J Bone Joint Surg Br* 1948; 30(3): 478-86. PMID: 18877983
114. Arıtamur A. Tibia Kırıkları Tedavisinde Eksternal Fiksasyon Metodu. 165-172. Available from: <https://docplayer.biz.tr/52999158-Tibia-kiriklar-tedavisinde-eksternal.html>.
115. Hull P. The management of open tibial fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2008; 18(6): 441-7. DOI:10.1007/s00590-008-0328-3
116. Behrens F, Searls K. External fixation of the tibia. Basic concepts and prospective evaluation. *J Bone Joint Surg Br* 1986; 68(2): 246-54. PMID: 3514629.
117. Burwell HN. Plate fixation of tibial shaft fractures. A survey of 181 injuries. *J Bone Joint Surg Br* 1971; 53(2): 258–71. PMID: 5578222
118. Rüedi T, Webb JK, Allgöwer M. Experience with the dynamic compression plate (DCP) in 418 recent fractures of the tibial shaft. *Injury* 1976; 7(4): 252–7. doi: 10.1016/s0020-1383(75)80002-7
119. Farouk O, Krettek C, Miclau T, Schandelmaier P, Guy P, Tscherne H. Minimally invasive plate osteosynthesis: does percutaneous plating disrupt

- femoral blood supply less than the traditional technique? *J Orthop Trauma* 1999; 13(6): 401–6. doi: 10.1097/00005131-199908000-00002
120. Krettek C. Foreword: concepts of minimally invasive plate osteosynthesis. *Injury* 1997; 28(Suppl 1): A1–2. doi: 10.1016/s0020-1383(97)90108-x
 121. Collinge CA, Sanders RW. Percutaneous plating in the lower extremity. *J Am Acad Orthop Surg* 2000; 8(4): 211–6. doi: 10.5435/00124635-200007000-00001
 122. Miclau T, Martin RE. The evolution of modern plate osteosynthesis. *Injury* 1997; 28(Suppl 1): A3–6. doi: 10.1016/s0020-1383(97)90109-1
 123. Schemitsch EH, Bhandari M, Guyatt G, et al. Prognostic factors for predicting outcomes after intramedullary nailing of the tibia. *J Bone Joint Surg* 2012; 94(19): 1786–93. doi: 10.2106/JBJS.J.01418.
 124. Study to Prospectively Evaluate Reamed Intramedullary Nails in Patients with Tibial Fractures Investigators, Bhandari M, Guyatt G, Tornetta 3rd P, Schemitsch EH, et al. Randomized trial of reamed and unreamed intramedullary nailing of tibial shaft fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2008; 90(12): 2567–78. doi: 10.2106/JBJS.G.01694
 125. Brinker MR, Cook SD, Dunlap JN, Christakis P, Elliott MN. Early changes in nutrient artery blood flow following tibial nailing with and without reaming: a preliminary study. *J Orthop Trauma* 1999; 13(2): 129–33. doi: 10.1097/00005131-199902000-00010
 126. Schandelmaier P, Krettek C, Rudolf J, Kohl A, Katz BE, Tscherne H. Superior results of tibial rodding versus external fixation in grade 3B fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1997; 342: 164–72. PMID: 9308539
 127. Schemitsch EH, Turchin DC, Kowalski MJ, Swiontkowski MF. Quantitative assessment of bone injury and repair after reamed and unreamed locked intramedullary nailing. *J Trauma* 1998; 45(2): 250–5. doi: 10.1097/00005373-199808000-00008
 128. Bhandari M, Tornetta P, Sprague S, Nejibi S, Petrisor B, Griffith L, et al. Predictors of reoperation following operative management of fractures of the tibial shaft. *J Orthop Trauma* 2003; 17(5): 353–61. doi: 10.1097/00005131-200305000-00006
 129. Bhandari M, Guyatt GH, Tong D, Adili A, Shaughnessy SG. Reamed versus nonreamed intramedullary nailing of lower extremity long bone fractures: a

- systematic overview and meta-analysis. *J Orthop Trauma* 2000; 14(1): 2–9. doi: 10.1097/00005131-200001000-00002
130. Uhlin B, Hammer R. Attempted unreamed nailing in tibial fractures: a prospective consecutive series of 55 patients. *Acta Orthop Scand* 1998; 69(3): 301–5. doi: 10.3109/17453679809000935
 131. Nassif JM, Gorczyca JT, Cole JK, Pugh KJ, Pienkowski D. Effect of acute reamed versus unreamed intramedullary nailing on compartment pressure when treating closed tibial shaft fractures: a randomized prospective study. *J Orthop Trauma* 2000; 14(8): 554–8. doi: 10.1097/00005131-200011000-00006
 132. Helttula I, Karanko M, Gullichsen E. Central hemodynamics during reamed intramedullary nailing of unilateral tibial fractures. *J Trauma* 2000; 48(4): 704–10. doi: 10.1097/00005373-200004000-00019
 133. Freedman EL, Johnson EE. Radiographic analysis of tibial fracture malalignment following intramedullary nailing. *Clin Orthop Relat Res* 1995; 315: 25–33. PMID: 7634677
 134. Vidyadhara S, Sharath KR. Prospective study of the clinico-radiological outcome of interlocked nailing in proximal third tibial shaft fractures. *Injury* 2006; 37(6): 536–42. doi: 10.1016/j.injury.2006.01.042
 135. Ricci WM, O’Boyle M, Borrelli J, et al. Fractures of the proximal third of the tibial shaft treated with intramedullary nails and blocking screws. *J Orthop Trauma* 2001; 15(4): 264–70. doi: 10.1097/TA.0b013e3181724754.
 136. Tytherleigh-Strong GM, Keating JF, Court-Brown CM. Extra-articular fractures of the proximal tibial diaphysis: their epidemiology, management and outcome. *J R Coll Surg Edinb* 1997; 42(5): 334–8. PMID: 9354069
 137. Wysocki RW, Kapotas JS, Virkus WW. Intramedullary nailing of proximal and distal one-third tibial shaft fractures with intraoperative two-pin external fixation. *J Trauma* 2009; 66(4): 1135–9. doi: 10.1097/TA.0b013e3181724754
 138. Henley MB, Meier M, Tencer AF. Influences of some design parameters on the biomechanics of the unreamed tibial intramedullary nail. *J Orthop Trauma* 1993; 7(4): 311–9. doi: 10.1097/00005131-199308000-00003
 139. Kubiak EN, Widmer BJ, Horwitz DS. Extra-articular technique for semiextended tibial nailing. *J Orthop Trauma* 2010; 24(11): 704–8. doi: 10.1097/BOT.0b013e3181d5d9f4

140. Rothberg DL, Holt DC, Horwitz DS, Kubiak EN. Tibial Nailing with the Knee Semi-Extended: Review of Techniques and Indications: AAOS Exhibit Selection. *J Bone Joint Surg Am* 2013; 95(16): e1161–8. doi: 10.2106/JBJS.L.01223
141. Bong MR, Kummer FJ, Koval KJ, Egol KA. Intramedullary nailing of the lower extremity: biomechanics and biology. *J Am Acad Orthop Surg* 2007; 15(2): 97–106. doi: 10.5435/00124635-200702000-00004
142. Krettek C, Miclau T, Schandelmaier P, Stephan C, Möhlmann U, Tscherne H. The mechanical effect of blocking screws (“Poller screws”) in stabilizing tibia fractures with short proximal or distal fragments after insertion of small-diameter intramedullary nails. *J Orthop Trauma* 1999; 13(8): 550-3. doi: 10.1097/00005131-199911000-00006
143. Krettek C, Stephan C, Schandelmaier P, Richter M, Pape HC, Miclau T. The use of Poller screws as blocking screws in stabilising tibial fractures treated with small diameter intramedullary nails. *J Bone Joint Surg Br* 1999; 81(6): 963–8. doi: 10.1302/0301-620x.81b6.10000
144. Egol KA, Weisz R, Hiebert R, et al. Does fibular plating improve alignment after intramedullary nailing of distal metaphyseal tibia fractures? *J Orthop Trauma* 2006; 20(2): 94–103. doi: 10.1097/01.bot.0000199118.61229.70
145. Kumar A, Charlebois SJ, Cain EL, Smith RA, Daniels AU, Crates JM, et al. Effect of fibular plate fixation on rotational stability of simulated distal tibial fractures treated with intramedullary nailing. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85(4): 604–8. doi: 10.2106/00004623-200304000-00003
146. Strauss EJ, Alfonso D, Kummer FJ, Egol KA, Tejwani NC. The effect of concurrent fibular fracture on the fixation of distal tibia fractures: a laboratory comparison of intramedullary nails with locked plates. *J Orthop Trauma* 2007; 21(3): 172–7. doi: 10.1097/BOT.0b013e3180332dd2
147. Tornetta P, DeMarco C. Intramedullary nailing after external fixation of the tibia. *Bull Hosp Jt Dis* 1995; 54(1): 5–13. PMID: 8541783
148. Antich-Adrover P, Martí-Garin D, Murias-Alvarez J, Puento-Alonso C. External fixation and secondary intramedullary nailing of open tibial fractures. A randomised, prospective trial. *J Bone Joint Surg Br* 1997; 79(3): 433–7. PMID: 9180323

149. Johnson EE, Simpson LA, Helfet DL. Delayed intramedullary nailing after failed external fixation of the tibia. *Clin Orthop Relat Res* 1990; 253: 251– 7. PMID: 2317981
150. Bechtold JE, Kyle RF, Peren SM. Biomechanics of Intramedullary Nailing. In: Browner BD (Ed). *The Science and the Practice of Intramedullary Nailing*. 2nd ed. Connecticut: Williams&Wilkins 1996; 89 101.
151. Çullu E, Özkan ŞÖ, Şavk SO, Alparslan B. Tibial Eğim. *Clin Res* 1999; 10(2): 174–8.
152. Rockwood CA, Green DP. Fractures of the Tibia and Fibula. Bucholz RW, Heckman JD (eds). *Rockwood and Green's Fractures in Adults*. 5. edition, Philadelphia, Lippincott Williams and Wilkins 2001; 2: 1939-2000.
153. Whittle AP. Fractures of Lower Extremity. In: Canale ST (Ed). *Campbell's Operative Orthopaedics*. Vol3, 9th ed. St. Louis: Mosby-Year Book Inc., 1998; 2042-179.
154. Klemm KW, Borner M. Interlocking Nailing of Complex Fractures of the Femur and Tibia. *Clin Orthop* 1986; 212: 89-100.
155. Georgiadis GM. Tibial Shaft Fractures Complicated by Compartment Syndrome Treatment with Immediate Fasciotomy and Locked Unreamed Nailing. *J Trauma* 1995; 38(3): 448-52. doi: 10.1097/00005373-199503000-00030
156. Levin PE, Schoen RW, Browner BD. Radiation Exposure to the Surgeon During Closed Interlocking Intramedullar Nailing. *J Bone Joint Surg Am* 1987; 69(5): 761-6. PMID: 3597477
157. Turen CH, Burges AR, Vanco B. Skeletal stabilization for Tibial Fractures Associated with Acute Compartment Syndrome. *Clin Orthop* 1995; 315: 163-8. PMID: 7634664
158. Miclau T, Schmidt AH, Wenke JC, Webb LX, Harro JM, Prabhakara R, et al. Infection. *J Orthop Trauma* 2010; 24(9): 583–6. doi: 10.1097/BOT.0b013e3181eebf12
159. Petrisor B, Anderson S, Court-Brown CM. Infection after reamed intramedullary nailing of the tibia: a case series review. *J Orthop Trauma* 2005; 19(7): 437–41. doi: 10.1097/01.bot.0000161542.93624.8d
160. Harley BJ, Beaupre LA, Jones CA, Dulai S, Weber DW. The effect of time to definitive treatment on the rate of nonunion and infection in open fractures J

- Orthop Trauma 2002; 16(7): 484–90. DOI:10.1097/00005131-200208000-00006
161. Yokoyama K, Uchino M, Nakamura K, Ohtsuka H, Suzuki T, Boku T, et al. Risk factors for deep infection in secondary intramedullary nailing after external fixation for open tibial fractures. *Injury* 2006; 37(6): 554–60. doi: 10.1016/j.injury.2005.08.026
 162. Sharma L, Kumar V, Malhotra R. Does open reduction increase the chance of infection during intramedullary nailing of closed tibial shaft fractures? *J Orthop Trauma* 2006; 20(10): 745, author reply 745. doi: 10.1097/01.bot.0000247074.79430.49
 163. Richards JE, Kauffmann RM, Obrebsky WT, May AK. Stress-induced hyperglycemia as a risk factor for surgical-site infection in nondiabetic orthopedic trauma patients admitted to the intensive care unit. *J Orthop Trauma* 2013; 27(1): 16–21. doi: 10.1097/BOT.0b013e31825d60e5
 164. Jeffcoach DR, Sams VG, Lawson CM, et al. Nonsteroidal antiinflammatory drugs' impact on nonunion and infection rates in longbone fractures. *J Trauma Acute Care Surg* 2014; 76(3): 779–83. doi: 10.1097/TA.0b013e3182aafe0d
 165. Large TM, Alton TB, Patton DJ, Beingessner D. Does perioperative systemic infection or fever increase surgical infection risks after internal fixation of femur and tibia fractures in an intensive care polytrauma unit? *J Trauma Acute Care Surg* 2013; 75(4): 664–8. doi: 10.1097/TA.0b013e31829a0a94
 166. Prokuski L. Treatment of acute infection. *J Am Acad Orthop Surg* 2006; 14(10 Spec No.): 101–4.
 167. Court-Brown CM, Keating JF, McQueen MM. Infection after intramedullary nailing of the tibia. Incidence and protocol for management. *J Bone Joint Surg Br* 1992; 74(5): 770–4. doi: 10.1302/0301-620X.74B5.1527132
 168. Zych GA, Hutson JJ. Diagnosis and management of infection after tibial intramedullary nailing. *Clin Orthop Relat Res* 1995; 315: 153–62. PMID: 7634663
 169. Leduc S, Ricci WM. Treatment of infection after fracture fixation. Opinion: two-stage protocol: treatment of nonunion after treatment of infection. *J Orthop Trauma* 2007; 21(7): 505–6. doi: 10.1097/01.bot.0000247080.48042.47

170. Dunbar RP. Treatment of infection after fracture fixation. Opinion: retain stable implant and suppress infection until union. *J Orthop Trauma* 2007; 21(7): 503–5. doi: 10.1097/BOT.0b013e3180a5bf55.
171. Zalavras CG, Patzakis MJ, Holtom P. Local antibiotic therapy in the treatment of open fractures and osteomyelitis. *Clin Orthop Relat Res* 2004; 427: 86–93. doi: 10.1097/01.blo.0000143571.18892.8d
172. Gitelis S, Brebach GT. The treatment of chronic osteomyelitis with a biodegradable antibiotic-impregnated implant. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2002; 10(1): 53–60. doi: 10.1177/230949900201000110
173. Paley D, Herzenberg JE. Intramedullary infections treated with antibiotic cement rods: preliminary results in nine cases. *J Orthop Trauma* 2002; 16(10): 723–9. doi: 10.1097/00005131-200211000-00007
174. Qiang Z, Jun PZ, Jie XJ, Hang L, Bing LJ, Cai LF. Use of antibiotic cement rod to treat intramedullary infection after nailing: preliminary study in 19 patients. *Arch Orthop Trauma Surg* 2007; 127(10): 945–51. doi: 10.1007/s00402-007-0315-x
175. Riel RU, Gladden PB. A simple method for fashioning an antibiotic cement-coated interlocking intramedullary nail. *Am J Orthop* 2010; 39(1): 18–21. PMID: 20305835
176. Whelan DB, Bhandari M, Stephen D, Kreder H, McKee MD, Zdero R, et al. Development of the radiographic union score for tibial fractures for the assessment of tibial fracture healing after intramedullary fixation. *J Trauma* 2010; 68(3): 629–32. doi: 10.1097/TA.0b013e3181a7c16d
177. Kooistra BW, Dijkman BG, Busse JW, Sprague S, Schemitsch EH, Bhandari M. The radiographic union scale in tibial fractures: reliability and validity. *J Orthop Trauma* 2010; 24: 81–6.
178. Tosun N, Aydinlioğlu A, Akpinar F, Doğan A, Islam C. Anatomical characteristics of the tibial medullary canal and their implications for intramedullary fixation *J Int Med Res* 2003; 31(6): 557–60. doi: 10.1177/147323000303100612
179. Böstman O, Vainionpää S, Saikku K. Infra-isthmal longitudinal fractures of the tibial diaphysis: results of treatment using closed intramedullary compression nailing *J Trauma* 1984; 24(11): 964–9. doi: 10.1097/00005373-198411000-00007

180. Manon J, Detrembleur C, Van de Veyver S, Tribak K, Cornu O, Putineanu D. Predictors of mechanical complications after intramedullary nailing of tibial fractures. *Orthop Traumatol Surg Res* 2019; 105(3): 523-7. doi: 10.1016/j.otsr.2019.01.015
181. Audige L, Griffin D, Bhandari M, Kellam J, Ruedi TP. Path analysis of factors for delayed healing and nonunion in 416 operatively treated tibial shaft fractures. *Clin Orthop Relat Res* 2005; 438: 221-32. doi: 10.1097/01.blo.0000163836.66906.74
182. Westgeest J, Weber D, Dulai SK, Bergman JW, Buckley R, Beaupre LA. Factors associated with development of nonunion or delayed healing after an open long bone fracture: a prospective cohort study of 736 subjects. *J Orthop Trauma* 2016; 30(3): 149-55. doi: 10.1097/BOT.0000000000000488
183. Metsemakers WJ, Handojo K, Reynders P, Sermon A, Vanderschot P, Nijs S. Individual risk factors for deep infection and compromised fracture healing after intramedullary nailing of tibial shaft fractures: a single centre experience of 480 patients. *Injury* 2015; 46(4): 740-5. doi: 10.1016/j.injury.2014.12.018
184. Lack WD, Starman JS, Seymour R, Bosse M, Karunakar M, Sims S, et al. Any Cortical Bridging Predicts Healing of Tibial Shaft Fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2014; 96(13): 1066-72. doi: 10.2106/JBJS.M.00385
185. DiSilvio Jr F, Foyil S, Schiffman B, Bernstein M, Summers H, Lack WD. Long Bone Union Accurately Predicted by Cortical Bridging within 4 Months. *JB JS Open Access* 2018; 3(4): e0012. doi: 10.2106/JBJS.OA.18.00012
186. Ekegren CL, Edwards ER, de Steiger R, Gabbe BJ. Incidence, Costs and Predictors of Non-Union, Delayed Union and Mal-Union Following Long Bone Fracture. *Int J Environ Res Public Health* 2018; 15(12): 2845. doi: 10.3390/ijerph15122845
187. Dailey HL, Schwarzenberg P, Daly CJ, Boran SAM, Maher MM, Harty JA. Virtual Mechanical Testing Based on Low-Dose Computed Tomography Scans for Tibial Fracture: A Pilot Study of Prediction of Time to Union and Comparison with Subjective Outcomes Scoring. *J Bone Joint Surg Am* 2019; 101(13): 1193-202. doi: 10.2106/JBJS.18.01139
188. Litrenta J, Tornetta III P, Mehta S, Jones C, O'Toole RV, Bhandari M, et al. Determination of radiographic healing: an assessment of consistency using

- RUST and modified RUST in metadiaphyseal fractures. *J Orthop Trauma* 2015; 29(11): 516-20. doi: 10.1097/BOT.0000000000000390
189. de Azevedo Filho FAS, Cotias RB, Azi ML, de Almeida Teixeira AA. Reliability of the radiographic union scale in tibial fractures (RUST). *Rev Bras Ortop* 2017; 52(1): 35-9. doi: 10.1016/j.rboe.2016.05.006
 190. Fiset S, Godbout C, Crookshank MC, Zdero R, Nauth A, Schemitsch EH. Experimental Validation of the Radiographic Union Score for Tibial Fractures (RUST) Using Micro-Computed Tomography Scanning and Biomechanical Testing in an in- Vivo Rat Model. *J Bone Joint Surg Am* 2018; 100(21): 1871-8. doi: 10.2106/JBJS.18.00035
 191. Cooke ME, Hussein AI, Lybrand KE, Wulff A, Simmons E, Choi JH, et al. Correlation between RUST assessments of fracture healing to structural and biomechanical properties. *J Orthop Res* 2018; 36(3): 945-53. doi: 10.1002/jor.23710
 192. Kraft CN, Diedrich O, Burian B, Schmitt O, Wimmer MA. Microvascular response of striated muscle to metal debris. A comparative in vivo study with titanium and stainless steel. *J Bone Joint Surg Br* 2003; 85(1): 133-41. doi: 10.1302/0301-620x.85b1.12749
 193. Reimer BL, DiChristina DG, Cooper A, Sagiv S, Butterfield SL, Burke CJ, et al. Nonreamed nailing of tibial diaphyseal fractures in blunt polytrauma patients. *J Orthop Trauma* 1995; 9(1): 66-75. doi: 10.1097/00005131-199502000-00011
 194. Wiss DA, Stetson W. Unstable Fractures of the Tibia Treated with a Reamed Intramedullary Interlocking Nail. *Clin Orthop Relat Res* 1995; 315: 56-63. PMID: 7634687
 195. Jones DH, Schmeling G. Tibial Fracture Durin Removal of a Tibial Intramedullary Nail. *J Orthop Trauma* 1999; 13(4): 271-3. doi: 10.1097/00005131-199905000-00008
 196. Reichert ILH, Mc Carthy ID, Hughes SPF. The Acute Vascular Response to; Intramedullary Reaming. *J. Bone Joint Surg* 1995; 77(3): 490-3. PMID: 7744943
 197. Klein MP, Rahn BA, Frigg R, Kessler S, Perren SM. Reaming versus non-reaming in medullary nailing: Interference with cortical circulation of the

- canine tibia. Arch Orthop Trauma Surg 1990; 109(6): 314-6. doi: 10.1007/BF00636168
198. Forster MC, Bruce ASW, Aster AS. Should the Tibia be Reamed When Nailing? Injury 2005; 36(3): 439–44. doi: 10.1016/j.injury.2004.09.030
199. Blachut PA, O'Brien PJ, Meek RN, Broekhuysen HM. Interlocking intramedullary nailing with and without reaming for the treatment of closed fractures of the tibial shaft. A prospective, randomized study. J Bone Joint Surg Am 1997; 79(5): 640-6. doi: 10.2106/00004623-199705000-00002
200. Larsen LB, Madsen JE, Høiness PR, Øvre S. Should insertion of intramedullary nails for tibial fractures be with or without reaming? A prospective, randomized study with 3.8 years' follow-up. J Orthop Trauma 2004; 18(3): 144-9. doi: 10.1097/00005131-200403000-00003
201. Kakar S, Tornetta 3rd P. Open Fracture of the Tibia Treated by immediate Intramedullary Tibial Nail Insertion without Reaming: A Prospective Study. J Orthop Trauma 2007; 21(3): 153–7. doi: 10.1097/BOT.0b013e3180336923
202. Court-Brown CM, Will E, Christie J, McQueen MM. Reamed or Unreamed Nailing for Closed Tibial Fractures. A Prospective Study in Tscherne C1 Fractures. J Bone Joint Surg 1996; 78(4): 580–3. PMID: 8682824
203. Freedman EL, Johnson EE. Radiographic Analysis of Tibial Fracture Malalignment Following Intramedullary Nailing. Clin Orthop 1995; 315: 25-33. PMID: 7634677
204. Drosos GI, Bishay M, Karnezis IA, Alegakis AK. Factors affecting fracture healing after intramedullary nailing of the tibial diaphysis for closed and grade I open fractures. J Bone Joint Surg Br 2006; 88(2): 227-31. PMID: 16434529.
205. Richardson JB, Gardner TN, Evans M, Kuiper JH, Kenwright J. Dynamisation of tibial fractures. J. Bone Joint Surg 1995; 77(3): 412-6. PMID: 7744926
206. Whittle AP, Wester W, Russel TA. Fatigue failure in small diameter tibial nails. Clin Orthop 1995; 315: 119-28. PMID: 7634660
207. Türktaş U, Yalçın MN. Erişkin Tibia Cisim Kırıklarında Kilitli İntramedüller Çivi Uygulamaları. Van Tıp Dergisi 2011; 18(1): 20-6.
208. Üzümcügil O, Doğan A, Yalçınkaya M, Dağtaş MZ, Azar N, Mumcuoğlu E, Kabukçuoğlu YS. Tibia diyafiz kırıklarının kilitli intramedüller çivileme ile tedavisinde orta dönem sonuçlarımız. EEAH Tıp Bülteni 2009; 43: 82-8.

209. Burç H, Dursun M, Orhun H, Gürkan V, Bayhan Ş. Tibia Diyafiz Kırıklarının Oymalı Kilitli İntramedüller Çivi ile Tedavisi. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2009; 43(1): 7-13. doi:10.3944/AOTT.2009.007
210. Ürgüden M, Özdemir H, Söyüncü Y, Oruç F, Özenci AM, Akyıldız FF. Tibia kırıklarının oymasız kilitli çivilerle tedavisi. *Joint Dis Rel Surg* 2005; 16(1): 49-54.
211. Demirtaş A, Durakbaşa MO, Azboy Ş, Polat A, Uçar BY, Coşar Y, Gümüşsuyu G. Tibia Cisim Kırıklarının Oymalı Kilitli İntramedüller Çiviler ile Tedavisi. *J Clin Experimental Invest* 2011; 2(2): 168-74.
212. O'Halloran K, Coale M, Costales T, Zerhusen Jr T, Castillo RC, Nascone JW, et al. Will My Tibial Fracture Heal? Predicting Nonunion at the Time of Definitive Fixation Based on Commonly Available Variables. *Clin Orthop Relat Res* 2016; 474(6): 1385-95. doi: 10.1007/s11999-016-4821-4
213. Tay WH, de Steiger R, Richardson M, Gruen R, Balogh ZJ. Health outcomes of delayed union and nonunion of femoral and tibial shaft fractures. *Injury* 2014; 45(10): 1653-8. PMID: 25062602
214. Moghaddam A, Zimmermann G, Hammer K, Bruckner T, Grutzner PA, von Recum J. Cigarette smoking influences the clinical and occupational outcome of patients with tibial shaft fractures. *Injury* 2011; 42(12): 1435-42. PMID: 21665205
215. Grutter R, Cordey J, Wahl D, Koller B, Regazzoni P. A biomechanical enigma: why are tibial fractures not more frequent in the elderly? *Injury* 2000; 31(Suppl 3): C72-7. PMID: 11052386
216. Karladani AH, Granhed H, Karrholm J, Styf J. The influence of fracture etiology and type on fracture healing: a review of 104 consecutive tibial shaft fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 2001; 121(6): 325-8. PubMed PMID: 11482464
217. Bidner SM, Rubins IM, Desjardins JV, Zukor DJ, Goltzman D. Evidence for a humoral mechanism for enhanced osteogenesis after head injury. *J Bone Joint Surg Am* 1990; 72(8): 1144-9. PMID: 2398084
218. Zhang C, Deng K, Guo Y, Wang Z, Yu G. Research progress of correlation between traumatic brain injury and fracture healing. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi* 2017; 31(7): 885-9. doi: 10.7507/1002-1892.201612048

219. Spencer RF. The effect of head injury on fracture healing. A quantitative assessment. *J Bone Joint Surg Br* 1987; 69(4): 525-8. doi: 10.1302/0301-620X.69B4.3611151
220. Khallaf FG, Kehinde EO, Hussein S. Bone Healing and Hormonal Bioassay in Patients with Long-Bone Fractures and Concomitant Head Injury. *Med Princ Pract* 2016; 25(4): 336-42. doi: 10.1159/000445250
221. Laigle M, Rony L, Pinet R, Lancigu R, Steiger V, Hubert L. Intramedullary nailing for adult open tibial shaft fracture. An 85-case series. *Orthop Traumatol Surg Res* 2019; 105(5): 1021-4. doi: 10.1016/j.otsr.2019.04.020
222. Hoaglund FT, States JD. Factors influencing the rate of healing in tibial shaft fractures. *Surg Gynecol Obstet* 1967; 124(1): 71-6. PMID: 6015797.
223. Horn J, Steen H, Reikerås O. Role of the fibula in lower leg fractures: an in vivo investigation in rats. *J Orthop Res* 2008; 26(7): 1027-31. doi: 10.1002/jor.20605
224. Copuroglu C, Calori GM, Giannoudis PV. Fracture non-union: who is at risk? *Injury* 2013; 44(11): 1379–82. doi: 10.1016/j.injury.2013.08.003
225. Gaston MS, Simpson AHRW. Inhibition of fracture healing. *J Bone Joint Surg Br* 2007; 89(12): 1553–60. doi: 10.1302/0301-620X.89B12.19671
226. Gullihorn L, Karpman R, Lippiello L. Differential effects of nicotine and smoke condensate on bone cell metabolic activity. *J Orthop Trauma* 2005; 19(1): 17-22. doi: 10.1097/00005131-200501000-00004
227. Skott M, Andreassen TT, Ulrich-Vinther M, Chen X, Keyler DE, LeSage MG, et al. Tobacco extract but not nicotine impairs the mechanical strength of fracture healing in rats. *J Orthop Res* 2006; 24(7): 1472-9. doi: 10.1002/jor.20187
228. Raikin SM, Landsman JC, Alexander VA, Froimson MI, Plaxton NA. Effect of nicotine on the rate and strength of long bone fracture healing. *Clin Orthop* 1998; 353: 231-7. doi: 10.1097/00003086-199808000-00027
229. Kyrö A, Usenius JP, Aarnio M, Kunnamo I, Avikainen V. Are smokers a risk group for delayed healing of tibial shaft fractures? *Ann Chir Gynaecol* 1993; 82(4): 254-62. PMID: 8122874
230. Castillo RC, Bosse MJ, MacKenzie EJ, Patterson BM, LEAP Study Group. Impact of smoking on fracture healing and risk of complications in limb-

- threatening open tibia fractures. *J Orthop Trauma* 2005; 19(3): 151-7. doi: 10.1097/00005131-200503000-00001
231. Adams CI, Keating JF, Court-Brown CM. Cigarette smoking and open tibial fractures. *Injury* 2001; 32(1): 61-5. doi: 10.1016/s0020-1383(00)00121-2
 232. Chakkalakal DA, Novak JR, Fritz ED, Mollner TJ, McVicker DL, Garvin KL, et al. Inhibition of bone repair in a rat model for chronic and excessive alcohol consumption. *Alcohol* 2005; 36(3): 201-14. doi: 10.1016/j.alcohol.2005.08.001
 233. Chakkalakal DA. Alcohol-induced bone loss and deficient bone repair. *Alcohol Clin Exp Res* 2005; 29(12): 2077-90. doi: 10.1097/01.alc.0000192039.21305.55
 234. Perrien DS, Wahl EC, Hogue WR, Feige U, Aronson J, Ronis MJJ, et al. IL-1 and TNF antagonists prevent inhibition of fracture healing by ethanol in rats. *Toxicol Sci* 2004; 82(2): 656-60. doi: 10.1093/toxsci/kfi002
 235. Cozen L. Does diabetes delay fracture healing? *Clin Orthop* 1972; 82: 134-40. PMID: 5011018
 236. Loder RT. The influence of diabetes mellitus on the healing of closed fractures. *Clin Orthop* 1988; 232: 210-6. PMID: 3289812
 237. Gandhi A, Doumas C, O'Connor JP, Parsons JR, Lin SS. The effects of local platelet rich plasma delivery on diabetic fracture healing. *Bone* 2006; 38(4): 540-6. doi: 10.1016/j.bone.2005.10.019
 238. Follak N, Klötting L, Wolfe E, Merk H. Delayed remodeling in the early period of fracture healing in spontaneously diabetic BB/OK rats depending on the diabetic metabolic state. *Histol Histopathol* 2004; 19(2): 473-86. doi: 10.14670/HH-19.473
 239. Macey LR, Kana SM, Jingushi S, Terek RM, Borretos J, Bolander ME. Defects of early fracture-healing in experimental diabetes. *J Bone Joint Surg Am* 1989; 71(5): 722-33. PMID: 2659600
 240. Funk JR, Hale JE, Carmines D, Gooch HL, Hurwitz SR. Biomechanical evaluation of early fracture healing in normal and diabetic rats. *J Orthop Res* 2000; 18(1): 126-32. doi: 10.1002/jor.1100180118
 241. Gooch HL, Hale JE, Fujioka H, Balian G, Hurwitz SR. Alterations of cartilage and collagen expression during fracture healing in experimental diabetes. *Connect Tissue Res* 2000; 41(2): 81-91. doi: 10.3109/030082000009067660

242. Ding L, He Z, Xiao H, Chai L, Xue F. Factors affecting incidence of aseptic nonunion after surgical fixation of humeral diaphyseal fracture. *J Orthop Sci* 2014; 19(6): 973–7. doi: 10.1007/s00776-014-0640-1
243. Jakob CT, Spencer M, Jennifer LT, Naohiro S, Yolanda MM, Daniel CJ. Effect of Obesity on Bone Healing After Foot and Ankle Long Bone Fractures *J Foot Ankle Surg* Mar-Apr 2017; 56(2): 258-262. doi: 10.1053/j.jfas.2016.11.010
244. Findakli F, Busse JW, Schemitsch EH, Lonn E, Farrokhyar F, Bhandari M, the TRUST Investigators Smoking, Obesity, and Disability Benefits or Litigation Are Not Associated with Clinically Important Reductions in Physical Functioning After Intramedullary Nailing of Tibial Shaft Fractures: A Retrospective Cohort Study. *Clin Orthop Relat Res* 2021; 479(4): 805-13. doi: 10.1097/CORR.0000000000001573
245. Fong K, Truong V, Foote CJ, Petrisor B, Williams D, Ristevski B, et al. Predictors of nonunion and reoperation in patients with fractures of the tibia: an observational study. *BMC musculoskeletal disorders*. 2013; 14: 103. doi: 10.1186/1471-2474-14-103
246. Marsh JL, Nepola JV, Wuest TK, Osteen D, Cox K, Oppenheim W. Unilateral external fixation until healing with the dynamic axial fixator for severe open tibial fractures. *J Orthop Trauma* 1991; 5(3): 341–8. doi: 10.1097/00005131-199109000-00014
247. Tabatabai S, Hosseini E. Treatment of open tibial fractures: converting or continuing external fixation. *Iran J Med Sci* 2008; 33: 1.
248. Whitelaw G.P., Wetzler M., Nelson A., Segal D., Fletcher J., Hadley N., Sawka M.: Ender Rods Versus External Fixation in the Treatment of Open Tibial Fractures. *Clin. Orthop*. 350: 90-96 1998.
249. Siebenrock KA, Schillig B, Jacob RP. Treatment of Complex Tibial Fractures. Arguments for early secondary intramedullary nailing. *Clin Orthop Relat Res* 1993; 290: 269-74. PMID: 8472458
250. Rommens P, Gielen J, Bross P, Gruwez J. Intrinsic problems with the external fixation device of Hoffman-Vidal-Andrey: A critical evaluation of 117 patients with complex tibial shaft fractures. *J Trauma* 1989; 29(5): 630-8. doi: 10.1097/00005373-198905000-00018
251. Morandi M, Zembo M. The Ilizarov compression-distraction osteosynthesis. A method for infected pseudoarthrosis and segmental bone defects. In:

D'Ambrossio RD, Mourier RL (Editors). Orthopaedic Infections. 1st Ed. New Jersey: Slack Inc., 1989; 163–90.

252. McKee MD, Yoo DJ, Zdero R, Dupere M, Wild L, Schemitsch EH, et al. Combined single-stage osseous and soft tissue reconstruction of the tibia with the Ilizarov method and tissue transfer. *J Orthop Trauma* 2008; 22(3): 183–9. doi: 10.1097/BOT.0b013e3181678a64
253. İnan M, Halıcı M, Ayan İ, Tuncel M, Karaoğlu S. Treatment of type IIIA open fractures of tibial shaft with Ilizarov external fixator versus unreamed tibial nailing. *Arch Orthop Trauma Surg* 2007; 127(8): 617-23. doi: 10.1007/s00402-007-0332-9
254. Donegan DJ, Akinleye S, Taylor RM, Baldwin K, Mehta S. Intramedullary Nailing of Tibial Shaft Fractures: Size Matters. *J Orthop Trauma* 2016; 30(7): 377-80. doi: 10.1097/BOT.0000000000000555