



**T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ,
HASEKİ SAĞLIK UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ KLİNİĞİ**

**TİBİA ÇİVİLEMEDE MEDİAL OBLİK KİLİTLEME
VİDASININ PERONEAL SİNİRLE İLİŞKİSİNİN
RADYOLOJİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr. ONUR ÖZEL

(TIPTA UZMANLIK TEZİ)

İSTANBUL
Ocak, 2024



**T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ,
HASEKİ SAĞLIK UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ KLİNİĞİ**

**TİBİA ÇİVİLEMEDE MEDİAL OBLİK KİLİTLEME
VİDASININ PERONEAL SİNİRLE İLİŞKİSİNİN
RADYOLOJİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr. Onur ÖZEL

Tez Danışmanı: Prof.Dr.Murat YILMAZ

Yardımcı Tez Danışmanı: Op.Dr. Mahmud AYDIN

(TIPTA UZMANLIK TEZİ)

**İSTANBUL
Ocak, 2024**

TEŞEKKÜRLER

İletişimi, karakteri ve adanmışlığıyla bizlere hekimlik mesleğinin kutsallığını öğreten ve bu mesleği sevdiren, hayatını bilime adanmış ve bu uğurda hayatını kaybetmiş Merhum Prof. Dr. Cemil TAŞÇIOĞLU'na

Uzmanlık eğitimim boyunca bizlerden bilgi ve birikimlerini esirgemeyen, mesleğine ve bilime olan fedakar sevgisiyle bizlere örnek olan tez danışmanım ve hocam Prof.Dr. Murat YILMAZ'a

Asistanlık sürecinde pratik ve teorik olarak gelişmemiz için engin tecrübelerinden faydalandığımız, beraber çalışmaktan onur duyduğum saygıdeğer hocalarım Prof.Dr. Doğan ATLIHAN'a, Prof.Dr. Mesut SÖNMEZ'e

Asistanlık sürecinin ilk gününden itibaren yanımda olan bilgisi, üstün disiplini, yardımseverliği ile bizlere örnek olan ve bu tezin hazırlanmasında desteğini esirgemeyen abim, tez danışmanım Op.Dr. Mahmud AYDIN'a

Bu mesleği öğrenmemde katkılarını esirgemeyen, kendilerinden çok şey öğrendiğim Op.Dr. Ahmet Kamil ERTÜRK, Op.Dr. Mustafa Onur ALKAŞ, Op.Dr. İbrahim Sungur, Doç.Dr. Mehmet EKİNCİ, Op.Dr. Osman Burak KAPLAN, Op.Dr. Mehmet ERSİN, Op.Dr. Mehmet YÜNLÜ, Op.Dr. Hasan KUMRU, Op.Dr. Serkan Önder SIRMA, Op.Dr. Emre KOCAZEYBEK, Op.Dr. Mesut OK'a

Yola birlikte başladığım, desteğini hep yanımda hissettiğim, dostum Dr. Şahan DAĞLAR'a

Uzun yıllar beraber çalışma fırsatı bulduğum asistan hekim olan abi ve kardeşlerime

Servis, acil, poliklinik ve ameliyathanede birlikte çalıştığım, bizlere aile sıcaklığını yaşatan sevgili hemşire, personel, tekniker çalışma arkadaşlarıma

Kendileri okumadığı halde tüm çocuklarının okuması için çeşitli fedakarlıklar yapan annem Ayşan ÖZEL'e, babam Mehmet ÖZEL'e ve tüm aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜRLER	i
İÇİNDEKİLER	ii
KISALTMALAR	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
1.ÖZET	vii
2.ABSTRACT	viii
3.GİRİŞ VE AMAÇ	1
4.GENEL BİLGİLER	2
4.1 TARİHÇE	2
4.2 ANATOMİ.....	3
4.2.1. Tibia Kemik Anatomisi	3
4.2.3 Bacağın Kompartmanları	7
4.2.4 Bacağın Dolaşımı	8
4.2.5 Common Peroneal Sinir	10
4.3 TİBİA CİSİM KIRIKLARI	11
4.3.1 Etiyoloji	11
4.3.2 Kırığın Belirlenmesi	11
4.3.3 Klinik İnceleme ve Bulgular	11
4.3.4 Radyoloji	12
4.3.5 Kırık Sınıflandırması	13
4.3.6 Kırıkta İyileşme.....	15

4.4 Tedavi Metodları	16
4.4.1 Konservatif Tedavi	16
4.4.2 Cerrahi Tedavi Metodları	18
4.4.2.1 Eksternal Fiksator ile Tespit	18
4.4.2.2 Açık Redüksiyon-İnternal Fiksasyon	18
4.4.2.3 İntramedüller Çivi ile Tedavi	19
4.4.2.3.1 İntramedüller Çivi Çeşitleri	19
1.Fleksibl İntramedüller Çiviler	19
2.Kilitsiz İntramedüller Çivileme	20
3.Kilitli İntramedüller Çivileme	20
4.5 Tibia Cisim Kırıklarında Komplikasyonlar	21
5.MATERYAL VE METOD	22
5.1 Çalışma Dizaynı	22
5.2 Ölçüm Yöntemi	22
5.3 İstatistiksel Analiz	23
6.BULGULAR	24
7.TARTIŞMA	26
8.SONUÇLAR	29
9.KAYNAKLAR	30

KISALTMALAR

AÇB: Arka Çapraz Bağ

AP: Antero Posterior (ön arka)

AO: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen

BT: Bilgisayarlı Tomografi

CPN: Common Peroneal Nerve (kommon peroneal sinir)

EDL: Ekstansör Digitorum Longus

EHL: Ekstansör Hallucis Longus

FDL: Fleksör Digitorum Longus

FHL: Fleksör Hallucis Longus

IMN: IntraMedullar Nail (intramedüller çivileme)

LAT: Lateral (yan)

MRG: Manyetik Rezonans Görüntüleme

PACS: Picture Archiving and Communication System

PTD: Patellar Tendon Destekli

ÖÇB: Ön Çapraz Bağ

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil-4.1 Tibia ve fibula AP görünümü (Kaynak: Netter Anatomi Atlası 4.Baskı)

Şekil-4.2 Tibia üstten görünümü (Kaynak: Netter)

Şekil-4.3 Tibia ve fibula alttan görünümü (Kaynak: Netter)

Şekil-4.4 Bacağın ap bakıda yüzeyel kasları (Kaynak: Netter)

Şekil-4.5 Bacak kaslarının dışardan ve içerden görünümü (Kaynak: Netter)

Şekil-4.6 Bacak kaslarının ön dış ve önden görünümü (Kaynak: Netter)

Şekil-4.7 Derin bacak kaslarının arkadan görünümü (Kaynak: Netter)

Şekil-4.8 Bacaktaki kompartmanların görünümü (Kaynak: Netter)

Şekil-4.9 Bacağın damarları önden görünüm (Kaynak: Netter)

Şekil-4.10 Bacağın damarları arkadan görünüm (Kaynak: Netter)

Şekil-4.11 Common peroneal sinirin gösterimi (Kaynak: Netter)

Şekil-4.12 Tibia kırıklarında uzun bacak açılama (Kaynak: 71)

Şekil-4.13 Patellar tendon destekli (PTD) alçı (Kaynak: 29)

Şekil-4.14 Tibia çivisinin proksimal ve distal kilitli vidalar ile gösterimi (Kaynak: AO, www.aofoundation.org)

Şekil-5.1 MRG aksiyel kesitinde tahmini tibia çivisi üzerinden ölçümlerin tarif edilmesi ve görselleştirilmesi.

TABLO LİSTESİ

Tablo-4.1 Tibia cisim kırıklarının AO sınıflaması (Kaynak: AO, www.aofoundation.org)

Tablo-4.2 Tibia cisim kırıklarının AO sınıflaması (Kaynak: AO, www.aofoundation.org)

Tablo-6.1 Tahmini dril mesafesi

Tablo-6.2 Proksimal medial kilitleme vidasının tahmini uzunluğu

Tablo-6.3 Cilt ve peroneal sinir arası mesafe

TİBİA ÇİVİLEMEDE MEDİAL OBLİK KİLİTLEME VİDASININ PERONEAL SİNİRLE OLAN İLİŞKİSİNİN RADYOLOJİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

1.ÖZET

Amaç

Intramedüller çivileme, tibia şaft kırıklarında altın standart tedavi yöntemidir. Çalışmanın amacı tibia kırıklarının cerrahi tedavisinde kullanılan intramedüller çivilemede, anteromedialden posterolateral yöne yerleştirilen oblik proksimal kilitleme vidasının, peroneal sinire olan uzaklığının çivinin tibia içinde gömülme miktarına göre nasıl değiştiğini radyolojik ölçümler ile ortaya koymaktır. Ayrıca kullanılacak vida uzunluğunun çivinin gömülme miktarına göre tahmin edilebilirliğini araştırmaktır.

Metod

2018-2023 yıllarında hastanemizde herhangi bir sebeple çekilmiş kruris manyetik rezonans görüntülemesi yapılan hastaları belirledik. Bu çalışmaya 60 hasta dahil edildi. Tüm görüntülemeler, deneyimli kas iskelet radyoloğu tarafından common peroneal sinirin görünürlüğü ve işaretlenmesi açısından doğrulandı.

Bulgular

Tibianın medyan uzunluğu 346.18 ± 23.20 cm idi (aralık 296.50-419.30). Proksimal tibia içinde uygulanacak olan çivinin penetrasyon miktarına bağlı olarak, proksimal medial oblik kilitleme vidası için tahmini delme uzunluğu ve tahmini vida uzunlukları gruplar arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir. ($p < 0.001$)

Sonuç

Anteromedialden posterolateral yöne oblik proksimal kilitleme vida yerleştirilmesi sırasında, çivinin tibia içindeki gömülme miktarı arttıkça peroneal sinire olan yakınlık artmaktadır. Ayrıca kullanılacak vida uzunluğu azalmaktadır.

Anahtar kelimeler: Komplikasyon, manyetik rezonans görüntüleme, peroneal sinir, proksimal oblik vida, tibia intramedüller çivileme.

2.ABSTRACT

Aim

Intramedullary nailing is considered the gold standard treatment for tibial shaft fractures. The aim of this study is to demonstrate, through radiological measurements, how the distance of the oblique proximal locking screw placed from anteromedial to posterolateral in intramedullary nailing for the surgical treatment of tibial fractures changes in relation to the amount of depth of the nail within the tibia. Additionally, the research aims to investigate the predictability of the screw length based on the amount of depth of the nail.

Material and Method

We identified patients who underwent cruris magnetic resonance imagination at our hospital for any reason between 2018 and 2023. A total of 60 patients were included in this study. All scans were verified by an experienced musculoskeletal radiologist for the visibility and marking of the common peroneal nerve.

Results

The median length of the tibia was 346.18 ± 23.20 cm (range 296.50-419.30). Depending on the amount of nail penetration within the proximal tibia, the estimated drilling length and estimated screw lengths for the proximal medial oblique locking screw significantly differed among groups ($p < 0.001$). The mean of Group A (25 mm) is significantly higher than Group B (35 mm) and C (50 mm), and the mean of Group B (35 mm) is also significantly higher than Group C (50 mm).

Conclusion

As the depth of embedding of the nail within the tibia increases during the placement of the oblique proximal locking screw from anteromedial to posterolateral, the proximity to the peroneal nerve also increases. Additionally, the length of the screw decreases.

Keywords: Complication, magnetic resonance imaging, peroneal nerve, proximal oblique screw, tibia intramedullary nailing.

3.GİRİŞ VE AMAÇ

Tibia kırıkları en sık görülen alt ekstremitte uzun kemik kırıklarıdır. (1-3) Tibia kırıkları; erkeklerde genellikle genç yaşlarda yüksek enerjili travma sonrası oluşurken, kadınlarda yaşın ilerlemesiyle beraber görülen osteoporoza bağlı, basit düşme gibi düşük enerjili yaralanmalarla ortaya çıkabilir. (4) Parçalı, deplase, stabil olmayan ve açık kırıklarda cerrahi tedavi ön plandadır. (5) Cerrahi tedaviyi seçerken; hastanın klinik durumu, kırığın şekli, yumuşak dokuların durumu değerlendirilir ve sonrasında uygunluk durumuna göre intramedüller çivi, plak-vida ile tespit veya eksternal fiksatör seçilebilir. (6)

Intramedüller implantların kapalı uygulanabilmesi, kırık hematomunun korunması sayesinde kırığın erken kaynaması, düşük enfeksiyon oranlarının görülmesi ve yumuşak doku diseksiyonunun daha az olması en önemli özelliklerindedir. (7) Ayrıca; biyomekanik olarak aksiyel yük paylaşımı intramedüller çivilemede erken yük verilmesine imkan verir. (8) Bütün bu üstünlüklerine rağmen intramedüller çivi ile osteosentez uygulamalarında, plak ve vida ile osteosenteze göre daha fazla dizilim problemleri görülür. (9) Günümüzde intramedüller çivileme (IMN), tibia shaft kırığında en sık tercih edilen cerrahi metottur. (10, 11) Literatürde; düşük komplikasyon oranları ve iyi sonuçlar bildirilmiştir. Teknolojinin gelişmesiyle beraber üretilen yeni tibia çivi tasarımları, biyomekanik açıdan oldukça avantajlı seçenekler sunmaktadır. (12, 13)

Tibia kırıklarında intramedüller çivileme sonrası çevresel nörovasküler yapılarda iyatrojenik yaralanma gibi birtakım komplikasyonlar görülmektedir. (14) Peroneal sinir hasarı bu komplikasyonlardan biridir. (15) Peroneal sinir hasarı traksiyon, intraoperatif pozisyonlama veya kompartman sendromu sonrası görülebilir. (16) Proksimal kilitleme vidasına bağlı doğrudan peroneal sinir hasarı sık karşılaşılan bir durum değildir fakat gerçekleşmesi halinde olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. (17-19) Peroneal sinir yaralanması sonrası gelişen düşük ayak kliniği, etiyolojiye bağlı olarak ani veya günler içinde haftalar içinde gelişebilir. Ayrıca bacağıın yanı, ayak dorsali ve/veya birinci parmak aralığı boyunca eşlik eden uyuşma veya parestezi de görülebilir. (20)

Çalışmamızın amacı tibia kırığı için uygulanan çivilemede anteromedialden posterolaterale yerleştirilen oblik proksimal kilitleme vidasının, çivinin gömülme

miktarına göre common peroneal sinire olan mesafesini değerlendirmektir. Ayrıca çivinin gömülme miktarına göre kullanılacak vida uzunluğunun ve drill mesafesinin tahmin edilebilirliğini araştırmaktır. Hipotezimiz tibia çivilemede; çivinin gömülme miktarı arttıkça, peroneal sinir yaralanması açısından daha yüksek riske sahip olabileceği yönündeydi.

4.GENEL BİLGİLER

4.1 TARİHÇE

Tarihte kayıtlara geçmiş ilk internal kemik tespiti 16.yy'da yapılmıştır. Reçineli ağaç parçaları ile intramedüller tespit gerçekleştirmişlerdir. (21) Pirinç tel, fildişi çubuklar ise tespit etmede kullanılan diğer aletlerdir. (22)

1.Dünya Savaşında (1915 senesi) yaralı askerlerin tedavisinde kullanılan intramedüller metal çubuklar, enfeksiyon oranlarının fazlalığı sebebiyle terkedilmiştir. (23) 1931 senesinde V şeklinde paslanmaz çelik çiviler geliştirilmiştir. (14) 1938'de Wilson'un Textbook'unda, tibia iskelet traksiyonu ile %80 kaynama oranı bildirilmiştir. (24) 1942 yılında Fisher, intramedüller çivilemede oyma işleminin çivikemik temas yüzeyini arttırarak stabilizasyonu arttırdığını deklare ettikten sonra Küntscher de bu uygulamayı geliştirip kullanmıştır. (14)

1950'li yıllardan önce tibia kırıklarında konvratif tedavi metodu ağır basmaktayken, 50li yıllardan itibaren yerini giderek cerrahi tedaviye bırakmıştır. (25) Ardından yükselen komplikasyon oranlarıyla beraber tekrar konservatif tedaviye dönmüştür. (25) Üretilen çivilerin gelişimi zamanla devam etmiştir fakat rotasyonel stabilite sorun yaratmıştır, Küntscher, Herzog ve diğer cerrahlar kilitleme vidaları ile stabilite sorununu aşmaya çalışmışlardır. (26)

İlizarov'un eksternal fiksator yöntemi ile zorlu kırıklar, kaynamama problemi ve deformateler yüksek başarı oranıyla tedavi edilebilmiştir. Bu sebeple de açık kırık tedavisinde, eksternal fiksatorler öncelikli tedavi yöntemi olmuştur. (27-29)

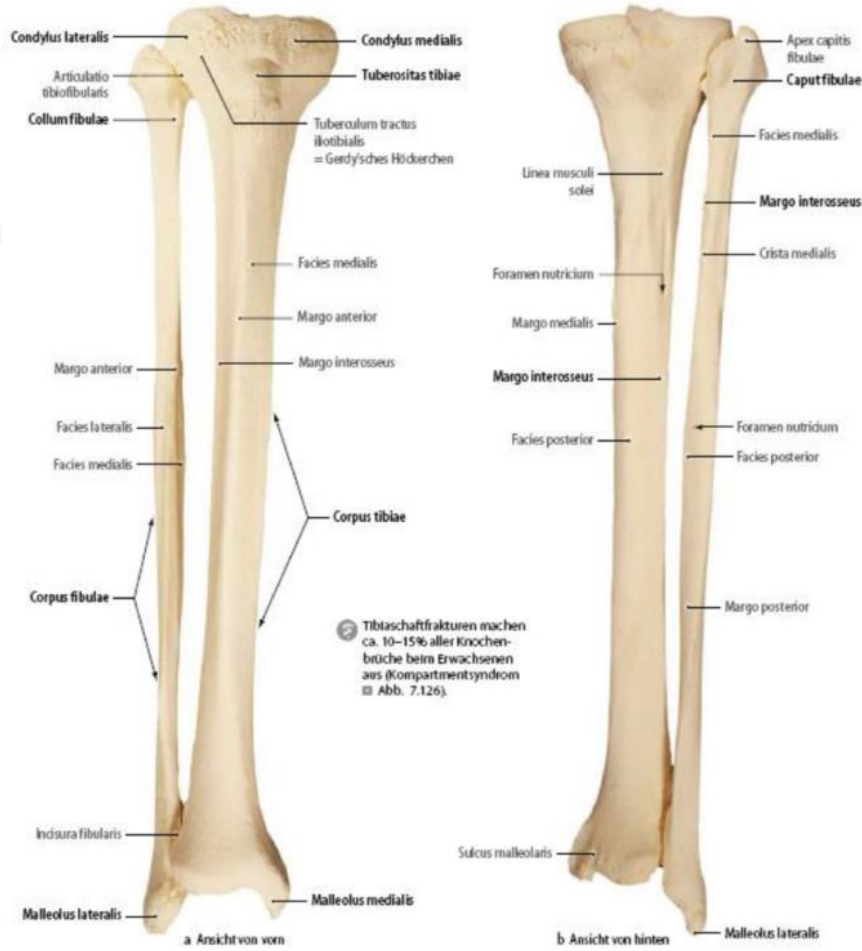
Günümüzde ise arayışlar halen devam etmekle beraber, intramedüller çivileme en sık tercih edilen cerrahi metottur. (25) Eskiden kabul gören anatomik redüksiyon ve rijit fiksasyon, günümüzde yerini biyolojik fiksasyona bırakmıştır. (26, 30, 31)

4.2 ANATOMİ

4.2.1. Tibia Kemik Anatomisi

Tibia, femurdan sonraki en uzun ve sağlam kemik olup bacak iskeletinin bir parçasını oluşturur. Proksimalde diz eklemine, distalde ise ayak bilek eklemine katkı sağlar(34).

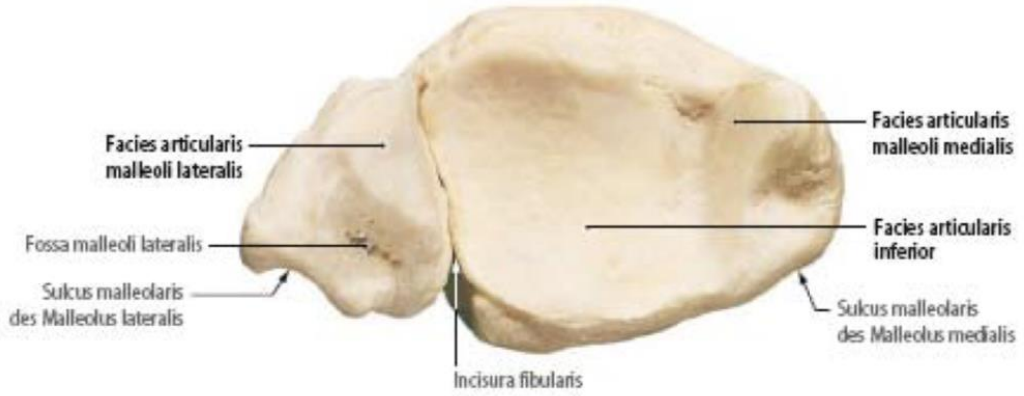
Tibianın üst ucunda medial ve lateral kondiller ve tibial tüberosite bulunmaktadır. Bu kondiller ile beraber femur ile eklem oluşturulur. Medial kondil lateral kondilden daha büyüktür. Kondiller arkaya uzanır aralarında çıkıntılı interkondiler bölge vardır. (Şekil-4.1) Bu bölgenin önüne ÖÇB ve menisküslerin ön kısmı, arka kısmına AÇB ve menisküslerin arka kısımları yapışır. Bu eklem yüzünün ön kısmında, lateral kondilin anterolateralinde iliotal bantın yapışma yeri ve burada oluşan kabarıklık bulunmaktadır. Bu kabarıklığa Gerdy Tübükülü adı verilmiştir. (Şekil-4.2) (32-35)



Şekil-4.1 Tibia ve fibula AP görünümü (Kaynak: Netter)



Şekil-4.2 Tibia üstten görünümü (Kaynak: Netter)

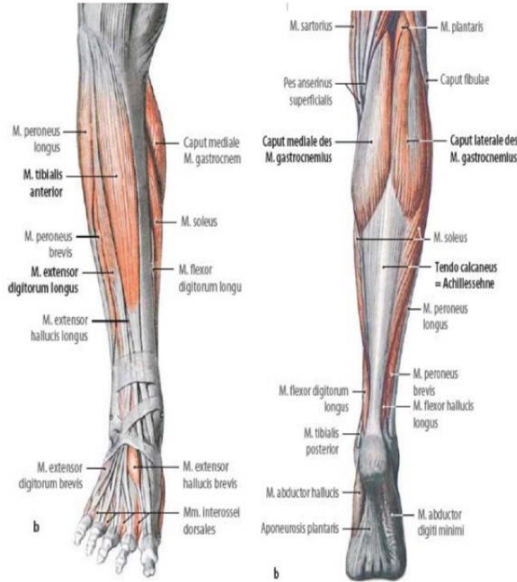


Şekil-4.3 Tibia ve fibula alttan görünümü (Kaynak: Netter)

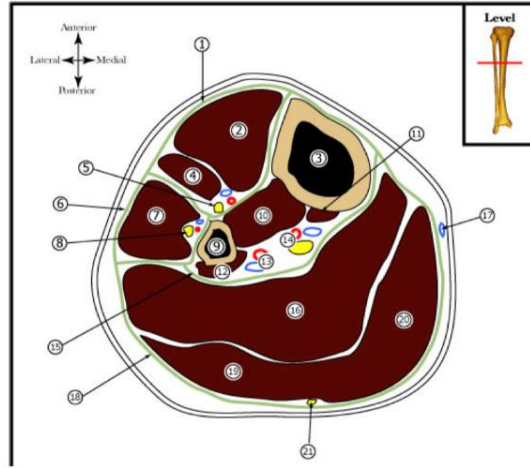
Fibula, tibianın lateralindedir. Çapı tibiadan küçüktür. Fibula ve tibia proksimalde 1 distalde 1 adet olmak üzere 2 adet eklem oluştururlar. Fibula proksimalde diz eklemine oluşturan yapılardan değildir. Proksimal ucuna caput fibula denmektedir. Distalde ayak bileğinin lateral kısmıdır. Fibulanın distal alt kısmına lateral malleol denir. Lateral malleolun arkasında sulcus malleoli fibula vardır. Bu oluktan peroneal kasların tendonları geçer. (Şekil-4.1) (36)

4.2.2 Bacak Kaslarının Anatomisi

Bacağın ekstansiyonunu quadriceps femoris yapar. Bu kas iç vastus, dış vastus, orta vastus ve rektus femoris kaslarından oluşur. Biceps femoris, semitendinosus, semimembranosus, sartorius, gracilis, kuadriseps kasları ve iliotalibial band uyluktan bacağına geçen kaslardır.(24, 37) Bacak bölgesi kasları; ön, arka, lateral olmak üzere 3 gruba ayrılır. Bacak ön yüzde; tibialis anterior, extensor hallucis longus, extensor digitorum longus ve peroneus tertius kasları bulunur. Bu kasları peroneal sinir uyarır. Bacağın yan kasları peroneus longus ve peroneus brevisdir. Süperfisyal peroneal sinir tarafından uyarılan bu kaslar ayağın en güçlü evertör kaslarıdır. Bacak arka yüzde; gastrocnemius, popliteus, FHL, FDL ve tibialis posterior kasları bulunmaktadır. M.popliteus femura yaptırdığı dış rotasyonla diz ekleminde eklem kilitlenmesini çözer. Tibialis posterior kası bacak arkasında olan kastır. Tibialis anterior kası ile birlikte ayağa güçlü inversiyon yaptırırlar. M.plantaris %7 oranında bazı insanlarda bulunmayabilir. Ayağı plantar fleksiyona getiren kaslardandır. (Şekil-4.4, 4.5 , 4.6 , 4.7) (32, 34, 35)



Şekil-4.4 Bacağın AP görünümünde yüzeysel kaslar (Kaynak: Netter)



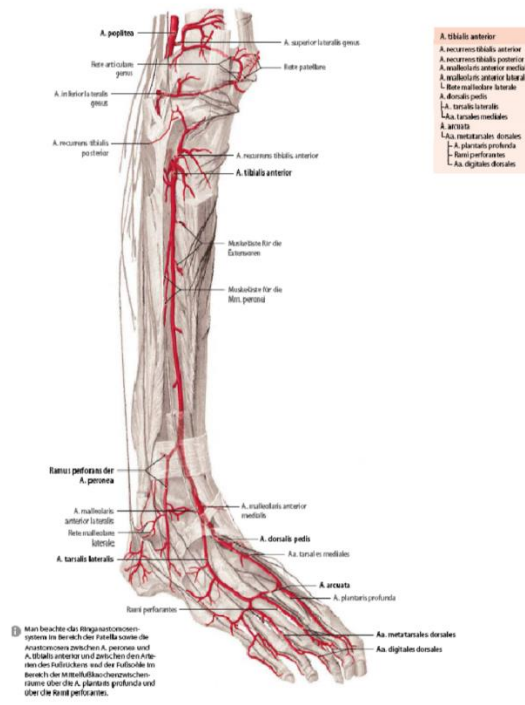
1. Anterior Kompartman (Tibialis anterior, EHL, EDL, Peroneus tertius, derin peroneal sinir ve anterior tibial damarlar)	12. Fleksör hallucis longus
2. Tibialis anterior	13. Peroneal damarlar
3. Tibia	14. Tibial sinir ve posterior tibial damarlar
4. Ekstensor digitorum longus	15. Derin Posterior Kompartman (Popliteus, FHL, FDL, Tibialis posterior Tibial sinir ve posterior tibial damarlar)
5. Derin peroneal sinir ve anterior tibial damarlar	16. Soleus
6. Lateral Kompartman (Peroneus longus, Peroneus brevis ve superficial peroneal sinir)	17. Uzun safen ven
7. Peroneus longus	18. Yüzeysel Posterior Kompartman (Gastrocnemius, Soleus, Plantaris ve Sural sinir)
8. Superficial peroneal sinir	19. Gastrocnemiusun lateral başı
9. Fibula	20. Gastrocnemiusun medial başı
10. Tibialis posterior	21. Sural sinir ve safen ven
11. Fleksör digitorum longus (FDL)	

Şekil-4.8 Bacaktaki kompartmanların görünümü (Kaynak: Netter)

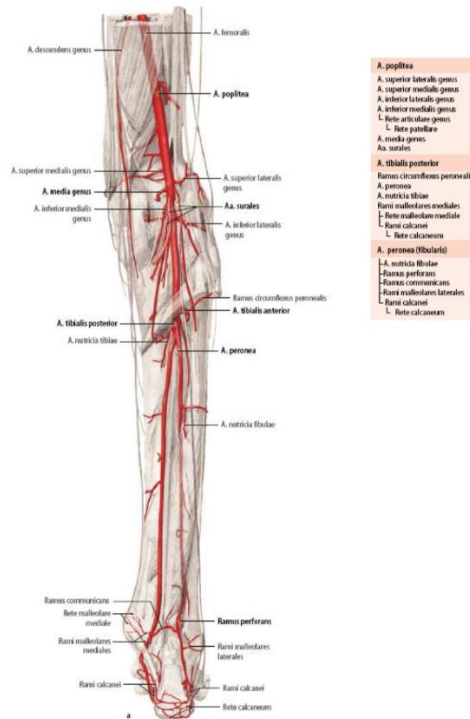
4.2.4 Bacağın Dolaşımı

Popliteal arter, anterior tibial arter ve posterior tibial arter olmak üzere iki dala ayrılır. (40) Anterior tibial arter, derin peroneal sinirle ile komşudur. Ayak bileğinde ise a.dorsalis pedis adını alır. Proksimalde tibialis anterior ve EDL arasındayken, distalde tibialis anterior ve EHL arasındadır. (32) (Şekil-4.9) Popliteal arterin devamı olarak ilerleyen posterior popliteal arter, iç malleolun posterioruna doğru ilerler. Peroneal arterin posterior tibial arterden ayrılma yeri, popliteusun 2.5 cm distalidir. Peroneal arter, derin posterior kompartmanda, fleksör hallucis longus arasında ilerler. (32) (Şekil-4.10)

Kemiğin dolaşımı, kırığın kaynaması ve çivi uygulamasının başarılı olabilmesi için çok önemlidir. (41) Tibiayı nutrisyonel arter ve periostal arterioller besler. Periosteal arterler kemiğin dış 1/3'ünü kanlandırır. Nutrisyen arter, poplitealin dalı olan posterior tibial arterin uzantısıdır. (42) A.tibialis anteriorun dalı olan periosteal arterlerin kırık iyileşmesi üzerine katkısı daha sınırlıdır. (32) Bacakta 5 adet ven sistemi bulunur. (33)



Şekil-4.9 Bacağın damarları önden görünüm (Kaynak: Netter)



Şekil-4.10 Bacağın damarları arkadan görünüm (Kaynak: Netter)

4.2.5 Common Peroneal Sinir

Common peroneal sinir, alt ekstremiteleri innerve eden önemli bir sinirdir. L4 ile S2 arasındaki posterior bölümlerden köken alır. Özellikle, siyatik sinirden köken alıp popliteal fossa'nın proksimalinde ondan ayrılır, biceps femoris'in uzun başının derinlerinden ve popliteal fossa'nın içinden geçerek proksimal fibular başının arkasından geçer. Biceps femorisin kısa başına sadece eklem seviyesine kadar motor dallar verir. (43) Fibular başının altında ve lateralinde, fibula boynunda iki sinire ayrılır; yüzeysel ve derin peroneal sinir. (Şekil-4.11) Yüzeysel peroneal sinir, lateral bölüm içinde peroneus longus kası ve extensor digitorum longus kası arasında anterolateral bir yol izler. Distale ilerledikçe, ayak bileği ve ayak bölgesine ulaşmadan lateral bölümde sonlanır. Derin peroneal sinir anteriora ilerler ve ekstansor digitorum longus kası ile tibialis anterior kası arasındaki anterior tibial arterin yanında ilerler. Derin peroneal sinir distal yönde ilerledikçe, bacağın anterior bölümünde iki kas arasında ilerler. Bu kaslar, extensor hallucis longus kası ve tibialis anterior kasıdır. Sinir ayak bileği önünde talusun hemen anteriorunda ilerledikçe, medial ve lateral dallara ayrılır. Medial dal, dorsalis pedis arteri ile birlikte ilerler ve ilk iki metatars arasında sonlanır. Lateral dal, lateral tarsal arter ile birlikte ilerler ve beşinci metatarsal yakınında sonlanır. (44)

Derin peroneal sinir felcinde, bireylerde düşük ayak ve 1. web aralığında his kusuru gelişir. Ayağın evertör ve plantar fleksörlerinin imbalansı sonucunda, ekin ve valgus deformitesi gelişir. Yüzeysel peroneal sinir felci sonrası ayak invertörlerinin baskın olmasından kaynaklı, ayakta varus deformitesi oluşur ve ayak üst ve baldır yan kısmında his kusuru gelişir. (45) Peroneal sinir, tibial sinire göre damarlarla beslenme açısından zayıftır. Sunderland yaptığı çalışmada peroneal sinirin bir besleyici arterinin olduğunu buldu. (46)



Şekil-4.11 Common peroneal sinirin gösterimi (Kaynak: Netter)

4.3 TİBİA CİSİM KIRIKLARI

4.3.1 Etiyoloji

Dışsal veya içsel etkiyen kuvvetlerin kemik dokunun anatomik bütünlüğünü ve devamlılığını bozmasına 'kırık' denmektedir. Etki eden kuvvetin şiddeti ve kemiğin bu enerjiyi emebilmesine göre minimal bir çatlaktan bir veya çoklu kemik kırılmasına, bazen de kırıklı çıkık gelişmesine kadar çeşitli durumlar gelişebilir. Kemiğin uzun aksına uygulanan tensil stres ile kemiğin kırılmasının kolaylığı ters orantılıdır. (32, 33, 47) Tibia cisim kırıkları, yük taşıma kaybı yaratan yaralanmalardır. Bu kırıklar, kemikte zayıflıkla oluşan stres kırıkları, düşük enerjili travmalarla oluşmuş stabil, az ayrışmış olan kapalı kırıklar şeklinde görülebilir. Yüksek enerjili yumuşak doku kaybı, nörovasküler yaralanmanın görüldüğü, kemik kaybının oluşabildiği açık kırıklar olarakta gelişebilir. Eşlik eden fibula kırığı travmanın şiddeti hakkında bilgi verir. (32, 34, 48)

Trafik kazaları ile yaralanma, yüksek enerjili yaralanmalardır. Bu yaralanmaların %15'inde tibia kırığı gelişir ve bu gelişen yaralanmaların önemli bir kısmı açık kırıklardır. Sanayii tipi yaralanmalarda ve yüksek hızlı ateşli silah yaralanmalarında da yüksek enerjili, geniş yumuşak doku hasarının geliştiği açık tibia kırıkları görülür. (48, 49)

4.3.2 Kırığın Belirlenmesi

İlk olarak kliniğe ve radyolojik bulgulara bakılıp değerlendirme yapılır. Klinik değerlendirmede ilk olarak, yumuşak dokuya ve nörovasküler yapılara bakılır. Kırığın yeri anatomik olarak lokalize edildikten sonra yapısı belirlenir. Kırık anatomik olarak üst, orta ve alt 1/3 şeklinde olabilir. Kırık yapısal olarak transvers, oblik, spiral, kelebek fragman, segmenter veya çok parçalı olabilir. (32, 48)

4.3.3 Klinik İnceleme ve Bulgular

Tibia kırıklarının tanı ve tedavisinde hasta anamnezi, diğer hastalıklarda olduğu gibi oldukça önemlidir. Kırığın nasıl meydana geldiği, kırığı oluşturan enerjinin şiddeti eşlik eden diğer kırık ve yumuşak doku yaralanmalarının belirlenmesinde önemlidir. Örneğin tibia alt uçta oluşan spiral oblik kırık, ayak bilek eklemine uzanabilir. Yüksek

enerjili yaralanmalarda daha fazla yumuşak doku hasarı gelişir ve bunun da kompartman sendromu riskini arttırdığı unutulmamalıdır. (34, 50)

Tibia kırığı olan hastaların birer travma hastası olduğu unutulmamalıdır. Bu yüzden sistemik muayene yapılmalıdır. Çoğunlukla yüksek enerjili yaralanmalarla gelişen tibia kırıklarında kranial, abdominal, torakal organ yaralanmaları olabileceği ek kırıkların görülebileceği akla getirilmelidir. %15 oranında başka kemiklerde kırıklar, %8 oranında torakal yaralanma, %5 oranında ise kranyal yaralanmalar, tibia kırığıyla eş zamanlı olarak görülebilir. Görülen diğer yaralanmalar ve kırıklar kırığın tedavi sürecini değiştirebilir. (32, 34, 50) Tibia kırığı olan hastalarda, bilinç açık ise en önde gelen şikayet kırık hattında yoğunlaşmış şiddetli ağrıdır ve fragmanların hareketi ile artan bu ağrı; breys, alçı, atel gibi uygulamalarla azaltılabilir. (34)

Tibia kırıklarında en belirgin bulgu deformitedir ve fibulanın kırılmadığı hastalarda deformite daha azdır. Kırığa bağlı fonksiyonlarda bozulma, patolojik hareketler, hematoma, ekimoz, krepitasyon görülebilir. (34) Nörovasküler muayene mutlaka yapılmalı ve yazılı bir şekilde dökümanite edilmelidir. A.tibialis posterior ve a.dorsalis pedis palpasyon ile kontrol edilmelidir. Lüzum halinde Doppler Ultrasonografi ve BT anjiyografi çekilmelidir. (32)

4.3.4 Radyoloji

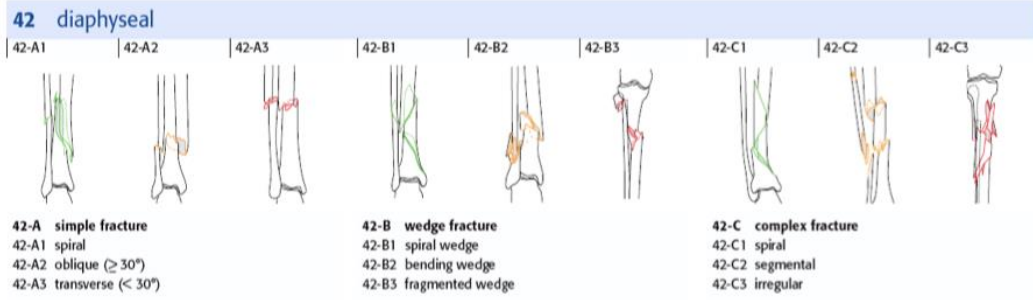
Tibianın radyolojik görüntülemesinde kullanılan başlıca grafiler ön arka ve yan grafilerdir. Yukarıda diz ve aşağıda ayak bilek eklemleri görülecek şekilde kasete 1 metre mesafeden çekimler gerçekleştirilir. Preoperatif planlama grafiler üzerinden yapılır. Çok deplase, parçalı kırıklarda bazen bu mümkün olmadığından sağlam tibia üzerinden çivi boyu ve çap analizi yapılır. (3, 34, 35) Varus-valgus stres grafileri, oblik grafiler kaynamayı belirlemek için çekilebilir. İntramedüller çivileme, rölatif yani göreceli tespit sağladığı için grafilerde kal dokusu oluşumu görülmektedir. (3, 34, 35)

BT tanıdan daha çok eklem uzanan kırıkların ve kaynamanın analizi için gerekebilir. Keza MRG tibia kırıklarının tespitinde öncelikli bir metod değildir. MRG, stres kırıklarının tespiti ve yumuşak doku analizinde değerlidir. Kemik sintigrafisi, stres kırıklarının ve kompleks bölgesel ağrı sendromunun tespitinde kullanışlı olabilir. (3, 34, 35)

4.3.5 Kırık Sınıflandırması

Tibia kırıklarının tanımlayıcı birçok sınıflama yöntemi bulunur. Bu sınıflamalar cerrahi tedavi planlanacaksa, cerrahi öncesi planlama yapma ve implant seçimi hakkında fikir verir. Bu sınıflamalardaki en önemli değişkenler; kırığın anatomik pozisyonu ve deplasman derecesi, kırık fragmanlarının sayısı, şekli ve pozisyonu, kırık hatlarının düzeni, eşlik eden fibula kırığıdır. (51-53) Müller kırık sınıflamasının, kemik lezyonunun şiddetini göstermesi ve tedavi sonrası prognozu öngörmesinin, kullanışlı olacağını belirtmiştir. (48) Ellis 1958 yılında yaptığı çalışmada tibia kırıkları ve eş zamanlı gelişen yumuşak doku yaralanmalarını incelemiştir. Deplase olmamış ve yumuşak doku yaralanması gelişmemiş olan kırıklara ‘minör kırıklar’ demiştir. Az parçalanmış, deplase ve minimal yaraların olduğu kırıklara ‘orta kırıklar’ demiştir. Son olarak, çok parçalı ve ciddi yumuşak yaralanması olan kırıklara ise ‘majör kırıklar’ diyerek tibia kırıklarını 3 grup altında sınıflandırmıştır. (54) Nicoll ise 1964 yılında yaptığı sınıflamada, prognoz en iyi göstergelerinin; başlangıç deplasmanı, kırığın ayrışma derecesi ve yumuşak dokunun durumu olduğunu belirtmiştir. (55)

Tibia kırıkları için birçok sınıflama sistemi tanımlansa da günümüzde; AO grubu tarafından 1991 yılında yapılan sınıflama, en güncel ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Yıllar içerisinde varolan eksiklikler giderilerek 2017 yılında son hali yayınlanmıştır. AO grubu prognoz açısından kırığı; hafif ve iyiden, kötü ve ağıra doğru sınıflamıştır. AO’ya göre uzun kemiklere numara verilmiştir. Humerus 1, radius-ulna 2, femur 3 ve tibia-fibula 4 numaradır. Proksimal bölge kırıkları 1, diyafizer bölge kırıkları 2, distal bölge kırıkları 3 numaradır. Tibia cismi 42 rakamına tekabül eder. Tüm kırıklar A, B, C olarak 3 tipe, ardından her tip 1, 2, 3 olarak üç gruba, her grupta üç alt gruba ayrılmıştır. (Tablo-4.1). A, B, C ayrımı kırık morfolojisine göre yapılmıştır. Basit kırıklara A, kelebek fragmanı içeren kırıklara B, segmenter kırıklara C denilmiştir. (Tablo-4.2)(48, 56, 57)



Tablo-4.1 Tibia cisim kırıklarının AO sınıflaması (Kaynak: AO)

Tibia Cisim Kırıklarında AO/ASIF Sınıflama Kriterleri		
A. Basit Kırıklar		
A1. Basit kırık, spiral	A2. Basit kırık, oblik (>30 derece)	A3. Basit kırık, transvers (<30 derece)
1. Fibula sağlam	1. Fibula sağlam	1. Fibula sağlam
2. Fibula başka yerden kırık	2. Fibula başka yerden kırık	2. Fibula başka yerden kırık
3. Fibula aynı yerden kırık	3. Fibula aynı yerden kırık	3. Fibula aynı yerden kırık
B. Wedge Kırıklar		
B1. Spiral wedge	B2. Bending wedge	B3. Parçalı wedge
1. Fibula sağlam	1. Fibula sağlam	1. Fibula sağlam
2. Fibula başka yerden kırık	2. Fibula başka yerden kırık	2. Fibula başka yerden kırık
3. Fibula aynı yerden kırık	3. Fibula aynı yerden kırık	3. Fibula aynı yerden kırık
C. Kompleks kırıklar		
C1. Kompleks kırık, spiral	C2. Kompleks kırık, segmenter	C3. Kompleks kırık, düzensiz
1. İki ara fragman	1. Bir ara segmenter fragman	1. İki veya üç ara fragman
2. Üç ara fragman	2. Bir ara segmenter fragman ve ilave wedge fragmanlar	2. Sınırlı parçalanma (< 4 cm)
3. Üçten fazla ara fragman	3. İki ara segmenter fragman	3. Yaygın parçalanma (> 4 cm)

Tablo-4.1 Tibia cisim kırıklarının AO sınıflaması (Kaynak: AO)

Tscherne 1984 yılında, tibia kırıklarıyla birlikte görülen yumuşak doku hasarı sınıflamasını yayınladı. Bu sistemle kırıkları 4'e ayırdılar;

0: Yumuşak doku hasarı az veya yok, basit kırık var.

1: Yüzeysel cilt abrazyonu, orta şiddetli kırıklar var.

2: Yüzeysel veya derin cilt kontüzyonu ile birlikte derin enfeksiyon, ağır şiddetli kırıklar

3: Ağır yumuşak doku hasarı veya kas kaybı, yüksek şiddetli kırıklar .(58)

Cilt bütünlüğünün bozularak, kırık hematomunun dış ortam ile temas ettiği kırıklara 'açık kırık' denir. Açık kırıklar için birbirinden farklı sınıflandırmalar yapılmıştır. Günümüzde en rağbet gören Gustillo-Anderson (1981-1987 yılında) sınıflamasıdır. Gustillo-Anderson sınıflamasına göre açık kırıklar 3 gruba ayrılır, tip3 grubu da kendi içinde 3 alt gruba ayrılır;

-Tip 1 açık kırıklar: Travma şekli, düşük enerji ile gelişen kırıklardır. Yara 1 cm'den küçüktür. Kırığın kontamine olması yoktur. Kırık basittir.

-Tip 2 açık kırıklar: Enerji miktarı daha çok olan travmalarla oluşur. Yara 1 ila 10 cm arasındadır. Periosteal sıyrılmaya bulunmamaktadır.

-Tip 3 açık kırıklar: Yüksek enerjili travmalarda görülür. Yara 10 cm'den büyük olmakla beraber periosteal sıyrılmaya ve ciddi yumuşak doku hasarı görülür. Çok parçalı, stabil olmayan kırıklar görülür. Kontamine tarım yaralanmaları, ateşli silah yaralanmaları, travmatik amputasyonlar etiyojiler arasındadır. Tip 3 kırıklar 3 alt gruba ayrılır;

Tip3a: Şiddetli yumuşak doku hasarı vardır fakat kemik doku örtülebilir.

Tip3b: Periosteal sıyrılmaya vardır, yumuşak doku hasarının büyüklüğü sebebiyle kemik doku örtülemez. Ek cerrahi işlemler gerekir.

Tip3c: Müdahale gerektiren vasküler yaralanma söz konusudur. Mevcut yumuşak doku yarayı örtemez, rekonstruktif işlemler gerektirir. (59)

Açık kırık olan hastaların tedavisinde dikkatli olmak gerekir. Erken antibiyotik ve debridman enfeksiyonu en fazla azaltan faktördür. Cerrahi debridman yapılmalı, enfekte ve ölü dokular temizlenmelidir. Açık kırık sınıflaması debridman sonrası kalan sağlıklı dokuya göre yapılır. Tip 1 ve tip 2 açık kırıklarda 1. Kuşak sefalosporin verilirken, tip 3 açık kırıklarda ek olarak gentamisin verilir. Çiftlik yaralanması mevcutsa penisilin verilir. (60)

4.3.6 Kırıkta İyileşme

1.Primer İyileşme: Mutlak stabilite sağlayan yapılarda görülür. Kemik yüzeylerin fikse edilmesi, düşük gerilimli ortam yaratır ve kemik doğrudan kortikal remodellinge iyileşir. (61)

2.Sekonder İyileşme: Rölatif stabilite sağlayan yapılarda görülür. Periosteal iyileşme mevcut olup kırık fragmanları arasında minimal hareket vardır. Endokondral ve intramembranöz olmak üzere iki tip sekonder iyileşme vardır. (62)

Kırık iyileşmesi üç aşamalıdır;

1.Enflamasyon (erken aşama): Hematom oluşumu ve enflamasyon kemik onarımının erken evrelerinde gelişir. Hematomun kırık iyileşmesinde rolü büyüktür. Hematomun basıncı kırık uçlarının bir araya gelmesine destek sağlar. Enflamasyon fazı yaklaşık 1-4 gündür. (61,62,63)

2.Onarım fazı (orta faz): Kırık iyileşmesinde en önemli süreçtir. Endokondral ossifikasyon sırasında kondrositler tarafından oluşturulan hiyalin kırıkta, fragmanları köprüler. Kalsifiye edilen kırıkta, yumuşak kallusa dönüşür. Ardından mineralize sert kallus oluşturulur. Kallus oluşumu ile kaynamanın oluştuğu dile getirilebilir. Sadece kaynamanın tamamlandığı söylenemez. Onarım fazı 2-40 gündür. (61,62,63)

3.Remodelling: Rezorpsiyon ve formasyon eş zamanlıdır ve Wolf Kanunu'ndan etkilenir. Yani kemiğin işlevsel durumundaki değişiklik, dokuda yapısal değişiklikler yapar. Kırığın konkav yüzünde kemikleşme, konveks yüzünde geri emilim gerçekleşir. İyileşme, kırık aralığını köprüleyen endokondral ossifikasyon ve kırığa subperiosteal bitişik intramembranöz olarak gelişir. En uzun süren evredir. Aylarca hatta yıllarca sürebilir. (61, 63)

4.4 Tedavi Metodları

Tibia kırıklarında birbirinden farklı tedavi metodları bulunur, esas gaye uygun bir dizilim ve olası minimal deformite ile iyileşme sonrası hastanın gündelik yaşam fonksiyonlarını yerine getirebildiği tedavi şeklidir. (32, 57) Tibia kırıklarının konservatif tedavisinde, kapalı redüksiyon sonrası kullanılan breys veya alçı tercihi ile kırık sabitlenir. Cerrahi tedavi yöntemleri plak ile tespit, eksternal fiksator ve intramedüller çividir. Ağır hasarlı açık tibia kırıklarında ampütasyon tartışmalı tedavi seçeneklerinden biridir. Her yöntemin kendine göre avantaj ve dezavantajları bulunur. 1980lerden itibaren çivi teknolojisinin ilerlemesiyle beraber cerrahi, tedavide ağırlık kazanmıştır. (3, 24, 33, 64)

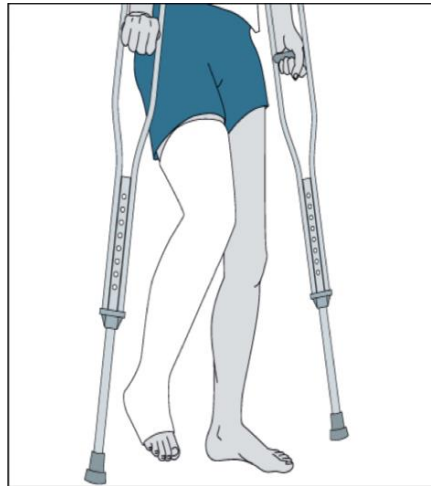
4.4.1 Konservatif Tedavi

Kapalı redüksiyon ve alçılama, kabul edilebilir dizilimi olan kapalı, düşük enerjili kırıklarda endikedir. Bunlar arasında;

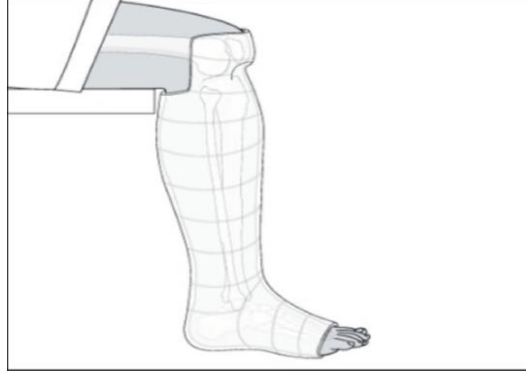
- 5 dereceden küçük varus-valgus açılanması
- 10 dereceden küçük ön-arka açılanma
- %50'den fazla kortikal appozisyon
- 1 cm'den az kısalma
- 10 dereceden küçük rotasyonel dizilim bozukluğu yer alır. (65-67)

Ayrıca yürüyemeyen (örneğin felçli) veya cerrahiye uygun olmayan hastalarda bu tedavi seçeneği kullanılabilir. (65-67)

Sarmiento 1967 yılında yayınladığı çalışmada tibia kırıklarında konservatif tedavinin başarısını vurgulamıştır. Konservatif tedavi uygulanırken ekstremiteyi dikkatli değerlendirmek önemlidir, ekstremitenin aşırı ödemli olduğu durumlarda ilk olarak atele alıp, şişlik indikten sonra alçılama uygulanmalıdır. Aksi takdirde dolaşım problemleri gelişebilir ve ödem gerileyince alçı bollaşıp redüksiyonda yetersizlik oluşabilir. Alçı öncesi ciltte yara var ise yara bakımı yapılmalı ve alçı yapıldıktan sonra bu yaranın takibine devam edilmelidir. (65-67) Alçı, uyluk proksimalinden metatarsfalangeal ekleme kadar uzanır. Diz eklemi yaklaşık 20-30 derece fleksiyona, ayak bilek eklemi 90 derece fleksiyona alınır. (32) (Şekil-4.12) Sirküler alçıdan 4-6 hafta sonra Sarmiento'nun önerdiği şekilde patellar tendona yaslanan alçıyla (PTD) veya breysle değiştirilir. (Şekil-4.13) Sarmiento'ya göre PTD alçı kırığa binen yükü azaltır ve mobilizasyonu daha güvenli hale getirir. (68, 69) Kırık redüksiyonunun takibi için haftalık radyografi kontrolü yapılır. Grafilerde kallus tespit edilince stabilite kısmi güvence altına alındığından, hasta 2-3 haftalık aralarla kontrol edilir. (28) Birçok alçılama ile tedavi serisinde, uzun süren immobilizasyona bağlı ayak bilekte eklem sertliği gelişmiştir. Ayrıca çok parçalı, deplase kırıklarda sıklıkla redüksiyon kaybı gelişir. Kısalık, kaynama yokluğu, açılmal ve rotasyonel deformiteler alçılamanın diğer komplikasyonlarıdır. (28, 70)



Şekil-4.12 Tibia kırıklarında uzun bacak alçılama (71)



Şekil-4.13 Patellar tendon destekli (PTD) alçı (28)

4.4.2 Cerrahi Tedavi Metodları

4.4.2.1 Eksternal Fiksator ile Tespit

Eksternal fiksatorler; politravma hastalarında hasar kontrol cerrahisinde, yumuşak dokuda ağır defekt veya kontaminasyon olan açık kırıklarda, proksimal ve distal metafizer tibia kırıklarında uygulanabilir. Yumuşak doku bakımına izin verir. (72, 73) Uniplanar, sirküler, hibrit sistemler bulunur. İdeal olarak 7-21 gün içerisinde intramedüller çivilemeye geçilmesi önerilir. (74) Tıp 3 açık tibia kırıklarında, IM çivileme ile kıyaslandığında eksternal fiksasyonda kaynama için daha uzun süre gereklidir ve daha kötü fonksiyonel sonuçlara yol açtığı gözlemlenmiştir. IM çivilemeye göre daha yüksek oranda dizilim bozukluğu görülür. Ayrıca eklem içine yerleştirme riski nedeniyle septik artrit riski bulunur. Pin dibi enfeksiyonları görülebilir. (75)

4.4.2.2 Açık Redüksiyon-İnternal Fiksasyon

Teknolojinin gelişmesiyle beraber üretilen kilitli plak ve dinamik kompresyon plakları, yumuşak dokuya çok hasar verdiği için tibia kırıklarında kullanımı sınırlıdır. Bilhassa diz ve ayak bileğine eklemine ulaşan kırıklarda stabil tespit ve erken hareket sağlar. (9, 56, 76)

Plak ile osteosentezin tibia cisim kırıklarında endikasyonları şunlardır;

- IM çivileme yapılan proksimal tibia kırıklarında yetersiz fiksasyon
- IM çivileme yapılan distal tibia kırıklarında yetersiz fiksasyon

-Önceden geçirilmiş ameliyatlara bağlı var olan implant (total diz protezi gibi). (9, 56, 76)

Çivi ile kıyaslanınca, plakta cilt insizyonu daha büyüktür, kan akımını ve periosteal bütünlüğü daha fazla bozar. İmplant irritasyonu, vaka sırasında radyasyon dozu, yara yeri problemleri, implantı geri çıkarmada zorluk daha fazladır. Olası anguler deformite daha azdır. Kapalı kırıklarda kaynama oranları benzerdir. (77)

4.4.2.3 İntramedüller Çivi ile Tedavi

İntramedüller çivileme tibia kırıklarında en sık kullanılan cerrahi tedavi şeklidir. (10,11) Diğer yöntemlerden daha fazla kullanılmasının sebepleri; stabil tespit imkanı sunması, yumuşak dokuya daha saygılı olması, yük paylaşımı sebebiyle erken yük verilebilmesi, enfeksiyonun daha az görülmesidir. (78) Dezavantajları arasında rotasyonel dizilim bozukluğu, redüksiyon problemleri, belirli bir deneyim gerektirmesi, radyasyon maruziyeti, kilit vidaların kırılması, diz ön ağrısı gelişmesi bulunur. (14, 79)

4.4.2.3.1 İntramedüller Çivi Çeşitleri

Tibia intramedüller çivilemede problemlerin çoğu çivinin uygulanması ve giriş yeri üzerinedir. (80) Proksimal tibia eklem yüzeyi düzdür. Bu yüzden çiviler posterior korteksi delebirlirler. Ayrıca uygulama hatasına bağlı patellar tendonda irritasyon gelişebilir. (81) Bu problemleri aşmak için, Lottes giriş noktasını iç kısma daha fazla almıştır, Herzog ise Küntscher çivisine üst kısımda eğri vermiştir. Fleksibl, kilitsiz ve kilitli olmak üzere intramedüller çiviler 3'e ayrılır. (82, 83)

1.Fleksibl İntramedüller Çiviler

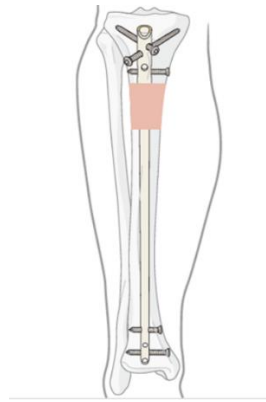
1990'lı yıllardan önce sık kullanılmıştır. Teorik avantajı, medüller dolaşıma saygılı olmasıdır. (84) Kimi otörler bu tekniğin 1/3 orta tibia cisim kırıklarında, korteks temasının %25ten fazla olduğu durumlarda kullanımını önermişlerdir. (84, 85) En fazla kullanılan fleksibil çivi Ender çivisidir. (86) (85) Rotasyonel stabilite sağlamaması bu çivinin dezavantajıdır. (85)

2.Kilitsiz İntramedüller Çivileme

Kilitsiz çivileme; stabil, kısa oblik veya transvers kırıklarda iyi sonuçlar verir. (87) (88) Küntscher, fleksibl çivilerin medüller kanalı tam doldurmadıklarını, bu yüzden dizilim, translasyon ve rotasyonu korumada kilitsiz çiviler kadar başarılı olamadıklarını bildirmiştir. (88) Rotasyonel kontrol fleksibl çivilerden iyi olsa da yeterli değildir. Genellikle ameliyat sonrası uzun bacak alçı yapılır. (88, 89)

3.Kilitli İntramedüller Çivileme

Gelişen teknolojiyle beraber, üretilen kilitli çiviler komplikasyon oranlarını düşürmüş ve ve giderek kullanımı artmıştır. (Şekil-4.14) (32, 90) Oymalı ve oymasız şekilde yapılabilir. (91) Oymasız kilitli çivilerde daha az kan kaybı, ameliyat süresi kısılması gibi avantajları olmasına rağmen, medullar kanalı tam dolduramaz, biyomekanik instabilite olasılığının daha fazla olması dezavantajıdır. (14, 91) İntramedüller çiviler kemikte internal alçı işlemi görür. (8) Bükülme kuvvetlerine karşı koyarlar, kilitleme işlemi kısılma ve rotasyonel kuvvetlere karşı mukavemet sağlar. (5) Kesit şekli keskin kenarlı olan çiviler daha yüksek torsiyonel stabiliteye sahiptir. (92) Daha geniş çaplı çiviler daha sert ve rijittir. (92) Çoğu intramedüller çivi paslanmaz çelikten yapılmıştır. Bir kısmı da titanyumdan yapılmıştır. Paslanmaz çelik daha elastiktir fakat titanyum çelikten daha 1,6 kat daha güçlüdür. (93) IMN'de statik vidalar, çivinin medullada hareket etmesini bloklar, bu sayede kırık iyileşmesine katkıda bulunur. Dinamik kilitleme yapılmış IMN'lerde, çivi medulla içerisinde kayar. (94)



Şekil-4.14 Tibia çivisinin proksimal ve distal kilitli vidalar ile gösterimi (AO)

4.5 Tibia Cisim Kırıklarında Komplikasyonlar

Tibia kırıklarında komplikasyonlar erken-geç dönem, intraoperatif-postoperatif, bölgesel-sistemik şeklinde ayrılır. (95) Bölgesel komplikasyon şunlardır; anterior diz ağrısı, yanlış kaynama, kaynama gecikmesi veya yokluğu, kompartman sendromu, damar yaralanması, enfeksiyon, sinir yaralanması. (95) Ön diz ağrısı, intramedüller çivileme sonrası yüksek oranda görülür. (>%30-50) İnfrapatellar çivileme, patellar tendonu bölme ve paratendon yaklaşımı risk faktörleridir. Suprapatellar çivileme daha az görülür. (96, 97)

Yanlış kaynama, tibia shaft kırıklarının tamamında %8-10 oranında görülür. Proksimal 1/3 tibia kırıklarında daha fazla görülür. Valgus/procurvatum deformitesi gelişebilir. Distal 1/3 tibia kırıklarında, IMN'de valgus gelişme riski plağa göre daha yüksektir. En sık yanlış kaynama şekli konservatif tedavide görülen varus dizilimdir. IMN'de aşırı medial giriş noktası, zayıf intraoperatif redüksiyon yanlış kaynama için risk faktörleridir. (98, 99) **Kaynamama**, %2-10 arasında görülür. Çeşitli sebeplere bağlı kallus oluşumunda yetersizlik sonrası, kırık iyileşmesinin 9 ay geçmesine rağmen olmamasıdır. Açık kırık, kortikal temasın %50'den az olması, transvers kırık paterni risk faktörleridir. Enfeksiyonu dışlamak gerekir. (100-102) **Kompartman sendromu**, %1-9 arasında görülür. Açık, kapalı tibia kırıklarının tümünde görülebilir. Yüksek enerjili yaralanmalar ve ciddi yumuşak doku yaralanmaları ile beraber olan kırıklarda gelişme riski fazladır. Dört kompartman fasyotomi yapılmalıdır. (56, 103) **Damar yaralanması**; ayrılmış ve parçalı kırıklarda dorsalis pedis ve posterior tibial arter nabızlarına bakılmalıdır. Nabızların alınmasına rağmen arter yaralanması olabileceği unutmamak gerekir çünkü iki arter arasında kollateraller bulunur. (104, 105) **Enfeksiyon**; %5 oranında görülür. Açık kırıklar, definitif yumuşak doku örtünmesi için uzun süre geçen kırıklar ve ciddi yumuşak doku hasarı olan kirli kırıklar risk altındadır. (106, 107) **Sinir yaralanması**; gerçek insidans bilinmemektedir. LISS plak uygulanırken, distal vida tespiti yerleştirilirken superfisyal peroneal sinir yaralanabilir. Keza kilitli vida yerleştirilirken safen sinir yaralanabilir. IMN işleminde peroneal sinir hasarı görülebilir (16, 108, 109)

Sistemik komplikasyonlar ise şunlardır: Hipovolemi, yağ embolisi sendromu, dissemine intravasküler koagülasyon, sistemik enfeksiyon. (95)

5.MATERYAL VE METOD

5.1 Çalışma Dizaynı

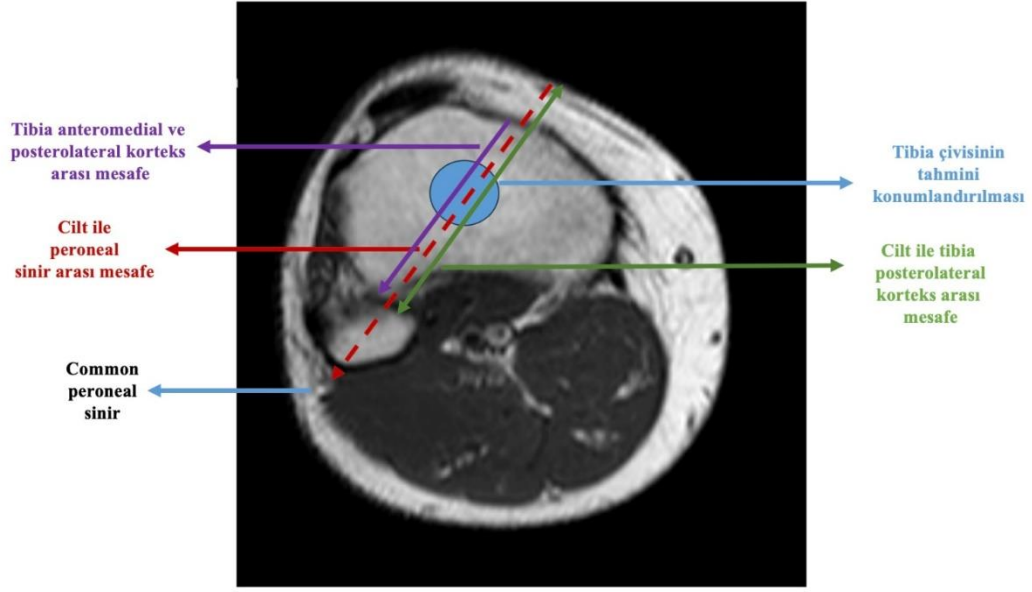
Çalışma 2013 yılında revize edilen ve sağlık kuruluşumuzun etik kurulu tarafından onaylanan Helsinki bildirgesine uygun olarak yapıldı (Karar numarası:225/2023). 2018-2023 yılları arasında herhangi bir sebeple cruris manyetik rezonans görüntülemesi (MRG) yapılan 18-60 yaş arası 156 hasta çalışmaya dahil edildi. İleri derecede deformitesi olan, kruris ve diz operasyon öyküsü bulunan, diz eklemine komşu yumuşak veya kemik dokuda kitle bulunan, diz ve ayak bilek eklemine görülmediği, eksik veya uygunsuz kesitli hastalar hariç tutuldu. Dahil etme ve hariç tutma kriterleri uygulandıktan sonra geri kalan toplam 60 hasta ile çalışma yürütüldü.

5.2 Ölçüm Yöntemi

Ölçümler 1.5 Tesla şiddetinde MRG’de (GE Optima MR450W), PACS (Synapse Picture Archiving and Communication System) sistemi kullanılarak yapıldı. Tüm ölçümler, kas iskelet sistemi görüntülemesinde uzman bir radyolog tarafından yapıldı. Ölçümler sırasında sagittal, koronal ve aksiyel kesitler kullanıldı.

Aksiyel kesitlerde tibia proksimalinde çivinin giriş noktasıyla uyumlu olacak şekilde lateral eminensin mediali işaretlendi. Sagittal kesitlerle aksiyel kesitler arasında korelasyon sağlandıktan sonra tahmini olarak kullanılacak çivinin gömülme miktarı hesaplanarak aksiyel kesitten medial oblik vidanın izleyeceği yol belirlendi ve ölçümler yapıldı. Eklem aralığından 25mm, 35mm ve 50 mm distalinde olmak üzere aksiyel düzlemde 3 farklı kesit elde edildi. Elde edilen bu kesitler üzerinde belirlenen cilt, peroneal sinir, tibia anteromedial korteks ve tibia posterolateral korteksi olmak üzere 4 farklı referans noktası kullanılarak ölçümler gerçekleştirildi (Şekil 1).

1. Cilt ile tibia posterolateral korteksi arası mesafe (Tahmini drilleme mesafesi)
2. Tibianın anteromedial korteksi ile posterolateral korteksi arası mesafe (Tahmini vida boyu)
3. Cilt ile peroneal sinir arası mesafe (Peroneal sinir hasarı için riskli mesafe)



Şekil-5.1 MRG aksiyel kesitinde tahmini tibia çivisi üzerinden ölçümlerin tarif edilmesi ve görselleştirilmesi.

Tibia çivisinin en proksimali optimum seviyede iken proksimal kilitleme vidası ile tibia proksimali arasındaki mesafe 25 mm'dir. Standart bir tibia çivisi baz alınarak tibia çivisinin optimal miktarda gömüldüğü durum Grup A, 10 mm fazla gömüldüğü durum Grup B, 25 mm gömüldüğü durum ise Grup C olarak adlandırıldı. Ölçümler 3 farklı grup için de uygulandı. Ayrıca coronal kesitlerde, medial malleol tipinden dizin medial eklemine kadar olan mesafe hesaplandı ve tibia uzunluğu ölçüldü.

5.3 İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz için SPSS ver. 22.0 (IBM Corp, 2011, Armonk, New York) kullanıldı. Değişkenler, ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri ile ifade edildi. Ölçümlerin gruplara göre ortalamaları ve bu ortalamalar arasındaki farkın anlamlılığı, tek yönlü varyans analizi ile incelendi. İstatistiksel anlamlılık, $p < 0,05$ olarak belirlendi.

6.BULGULAR

Bu çalışmaya dahil edilen hastaların yaş ortalaması 39.32 ± 12.79 (aralık: 18-61) yılıdır. 60 hastadan, 35'i (%58,30) kadın ve 25'i (%41,70) erkektir. Hastaların ortalama tibia uzunluğu $346.18 \pm 23,20$ cm idi (aralık 296.50-419.30). Bulgularımıza göre çivinin giriş noktasından 25 mm distale gidildikçe tahmini dril mesafesi 56.91 mm, 35 mm distale gidildikçe 48.80 mm, 50 mm distale gidildikçe 41.79 mm idi. (Tablo-6.1) Proksimal tibia içinde çivinin penetrasyon miktarına bağlı olarak, proksimal medial oblik kilitleme vida için tahmini dril uzunluğu gruplar arasında anlamlı şekilde farklılık gösterir. ($p < 0.001$)

Tablo-6.1 Proksimal tibia içinde çivinin penetrasyon miktarına bağlı olarak, proksimal medial oblik kilitleme vidası için tahmini dril uzunluğunun karşılaştırılması.

		Kişi	Ortalama	Std. Sapma	p
Tahmini dril mesafesi	Grup A	60	56,91	7,38	<0,001
	Grup B	60	48,80	6,67	
	Grup C	60	41,79	6,19	
	Total	180	49,16	9,15	

Bulgularımıza göre çivinin giriş noktasından 25 mm distale gidildikçe beklenen ortalama vida uzunluğu 39.77mm, 35 mm distale gidildikçe 30.42mm, 50 mm distale gidildikçe 24.12 mm idi. Proksimal tibia içinde çivinin penetrasyon miktarına bağlı olarak, proksimal medial oblik kilitleme vida tahmini uzunluğu gruplar arasında anlamlı şekilde farklılık gösterir($p < 0.001$). (Tablo-6.2)

Tablo-6.2 Proksimal tibia içinde çivinin penetrasyon miktarına bağlı olarak, proksimal medial oblik kilitleme vidasının tahmini uzunluğunun karşılaştırılması

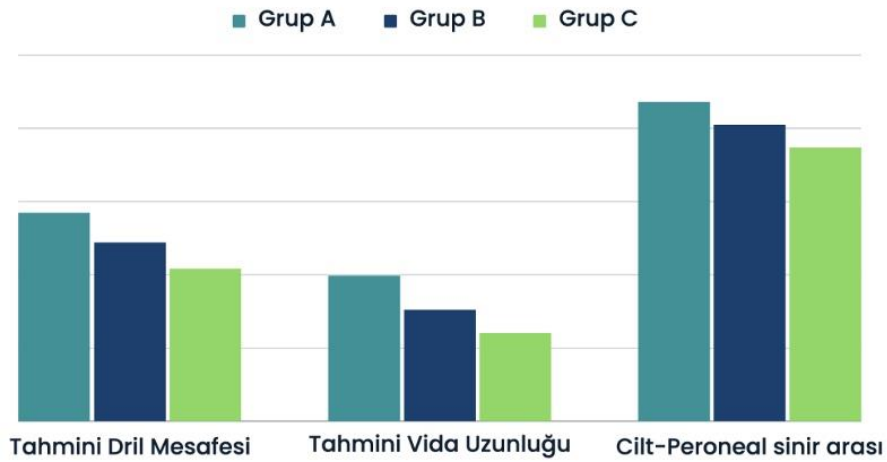
		Kişi	Ortalama	Std. Sapma	p
Proksimal medial kilitleme vidasının tahmini uzunluğu	Grup A	60	39,77	8,17	<0,001
	Grup B	60	30,42	5,50	
	Grup C	60	24,12	3,80	
	Total	180	31,44	8,85	

Bulgularımıza göre çivinin giriş noktasından 25 mm distale gidildikçe cilt peroneal sinir arası mesafe 87.31mm, 35 mm distale gidildikçe 81.03 mm, 50 mm distale gidildikçe 74.70 mm idi. (Tablo-6.3) Proksimal tibia içinde çivinin penetrasyon miktarına bağlı olarak, proksimal medial oblik kilitleme vida için cilt ile peroneal sinir arasındaki mesafe gruplar arasında anlamlı şekilde farklılık gösterir($p<0.001$)

Tablo-6.3 Proksimal tibia içinde çivinin penetrasyon miktarına bağlı olarak, proksimal medial oblik kilitleme vida için cilt ile peroneal sinir arasındaki mesafenin karşılaştırılması.

		Kişi	Ortalama	Std. Sapma	p
Cilt ve peroneal sinir arası mesafe	Grup A	60	87,31	9,81	<0,001
	Grup B	60	81,03	8,95	
	Grup C	60	74,70	7,90	
	Total	180	81,01	10,27	

Tablo-6.4 Gruplara göre ölçüm sonuçlarının karşılaştırılmasının grafik yöntemi ile analizi. Bu tabloda dril mesafesinin, vida uzunluğunun ve cilt-peroneal sinir arası mesafenin gruplara göre azalışı çubuk grafikler ile gösterilmiştir.



Çivinin proksimalde tibia içine gömülme miktarına göre tahmini vida uzunlukları değerlendirildiğinde, Grup A da ortalama 40mm, Grup B de 30mm, Grup C de ise 25 mm uzunluğunda vida tercih edilmesi gerektiği tespit edildi. Ayrıca çivinin proksimalde tibia içine gömülme miktarına göre dril mesafesi analiz edildiğinde Grup A da ortalama 59mm, Grup B de 49mm, Grup C de ise 42 mm uzunluğunda olduğu ve bu uzunluklar dikkate alınarak stoplu dril kullanılabileceği tespit edildi.

7.TARTIŞMA

Tibia intramedüller çivilemede iyatrojenik olarak çevre nörovasküler yapılarda yaralanma riski vardır. (15, 110) Peroneal sinir bu yapılardan biridir. (16, 110) Peroneal sinir yaralanması ortopedik cerrahinin en ciddi komplikasyonlarından biridir. (111) Yakın zamanda üretilen yeni implantlarla beraber olası iyatrojenik yaralanma endişeleri, sinirin varyasyonlarını da içeren ileri anatomik çalışmaların önünü açmıştır ve implant yerleştirme için güvenli bölgeler tanımlanmaya devam edilmektedir. (111, 112) Bugüne kadar, farklı kırık tipleri için kaç adet proksimal ve distal kilitleme vida gerektiği konusunda güçlü öneriler sunan klinik yönergeler bulunmamaktadır. Bu alandaki çoğu literatür, biyomekanik araştırmalarla sınırlıdır ve yayınlanmış klinik sonuç verileri sınırlıdır. İnsan kadavra modelinde yapılan ve proksimal tibia kırıklarının intramedüller çivileme ile tedavi edildiği bir simülasyon çalışmasında, Laflamme ve arkadaşları, iki transvers proksimal kilitleme vidasının yapı stabilitesinin, iki oblik proksimal kilitleme vidasının eklenmesiyle önemli ölçüde artabileceğini belirtmiştir. (13) Ekstraartiküler proksimal tibia kırıklarının intramedüller çivileme ile simülasyonunu içeren farklı bir insan kadavra modelinde, Hansen ve arkadaşları iki ile üç proksimal kilitleme vidasının biyomekanik stabilitesini karşılaştırmıştır. Bu yazarlar, üç proksimal kilitleme vidası ile önemli ölçüde daha fazla stabilite bildirmişlerdir. (113) Ayrıca, son çalışmalar, açılı stabil kilitleme vidalarının, geleneksel kilitleme vidalarına göre daha fazla stabilite sağlayabileceğini, bu da daha az sayıda kilitleme vida ile aynı yapı stabilitesine ulaşma olasılığı sunabileceğini öne sürmüştür. (114) Literatürdeki çalışmaların aksine bu çalışma tibia çivisinde kullanılan proksimal medial oblik kilitleme vidasının common peroneal sinir ile ilişkisini ortaya koymayı amaçlamıştır.

Çalışmanın yapılma sebebi, tibia çivilemede zorlayıcı adımlardan olan kısalık ve malrotasyonu önleyen kilitleme vidalarından biri olan proksimal medial oblik vidası yerleştirilirken, peroneal sinirin iyatrojenik olarak yaralanabileceğini radyolojik ölçümler ile gösterebilmektir. Literatürde medial oblik proksimal kilitleme vidası yerleştirilirken uzun vidaya ve fazla drillemeye bağlı peroneal sinir hasarının görüldüğü vakalar bulunmaktadır. (2, 16, 110) Bu çalışmada olası sinir hasarını önlemek amacıyla çivinin tibia içindeki gömülme miktarına göre tahmini vida

uzunluğu ve drilleme mesafesi ölçüldü. Bu çalışmada çivinin giriş noktasından 25 mm distale gidildikçe beklenen ortalama vida uzunluğu 39.77 mm, 35 mm distale gidildikçe 30.42 mm, 50 mm distale gidildikçe 24.12 mm olarak ölçüldü. Önerimiz çivinin gömülme miktarına ve hastanın anatomik yapısına göre değişmekle beraber 40 mm'den uzun vida kullanılmaması yönündedir. Literatürde tibia çivilemede proksimal kilitleme vidası için güvenilir seviye araştıran radyolojik çalışmalar sınırlıdır. Aydın ve arkadaşlarının bilgisayarlı tomografi ile yaptığı benzer bir çalışmaya göre, retrograd femur çivilemesinde proksimal kilitleme vidası için güvenilir seviye ve optimal vida uzunluğu belirlenmiştir, belirlenen bu uzunluğun daha güvenilir ve uygulanırlılığının daha kolay olduğu literatür tarafından doğrulanmıştır. (115) Asadollahi ve arkadaşlarının tibia çivileme yapılmış BT görüntüleri üzerinde yaptığı çalışmada peroneal sinir açısından riskler vurgulanmıştır. (116)

Yapılan çalışmalara göre drillemeyi etkileyen faktörler arasında künt dril kullanmak ve osteoporotik kemik yapısı vardır. (19, 117) Yine bu çalışmalardan birine göre drilleme yapılırken ortamın gürültülü olması cerrahın dikkatini dağıtmaktadır. (117) Literatürde yapılan bazı çalışmalara göre, dril ve veya drilleme aksı common peroneal sinirin arkasından geçtiğinden, çiviye internal rotasyona almak, drilleme aksını sinire daha yakın hale getirecektir. (118) Bu yüzden çivinin rotasyonuna dikkat edilmeli aşırı iç veya dış rotasyonundan kaçınılmalıdır. Özellikle drilleme yapılırken tibianın posterolateral korteksini geçme işlemi fibular boyuna yakınlık nedeniyle tehlikelidir. Proksimal oblik vida yerleştirilirken drilleme esnasında, lateral tibia korteksinin özellikle yumuşak olduğu durumlarda, lateral tibia lateral fibula ile karışabilir ve fibula boynunun hemen arkasında bulunan common peroneal sinire zarar verilebilir. (118) Bu çalışmada yapılan ölçümlere göre çivinin giriş noktasından 25 mm distale gidildikçe tahmini dril mesafesi 56.91 mm, 35 mm distale gidildikçe 48.80 mm, 50 mm distale gidildikçe 41.79 mm idi. Literatür bu ölçümlerle uyumludur. Jones 60 mmden fazla drilleme yapıldığında peroneal sinir açısından riskin arttığını belirtir. Tavsiye stoplu dril kullanılmasıdır. (118) Cerrah matkap ucuyla tibianın 2. korteksini hissederek geçtiğinden bu işlem sırasında ortamda, operatörün dikkatini dağıtacak ses olmaması ve skopi kullanımı tavsiye edilir.

Bu çalışmada kruris koronal MRG kesitlerinde, medial malleol tipinden dizin medial eklemine kadar olan mesafe hesaplanarak tibia uzunluğu ölçülmüştür. Hastaların

ortalama tibia uzunluğu 346.18±23,20 cm olarak ölçüldü. Venkateswaran'ın yaptığı çalışmada ise ayak bilek medial eklem hattı-diz medial eklem hattı arasındaki mesafe ölçüldü. Bu mesafeden 20 mm çıkarılarak ideal çivi uzunluğu saptandı. Ayrıca medial malleolden diz medial eklemine kadar olan mesafe ile de çivi uzunluğunun saptanabileceğini belirtmiştir. (119) Issac yaptığı antropometrik çalışmada ise medial malleol-diz medial eklem arası mesafeden 33 mm çıkararak %69 oranında tibia çivi uzunluğunu öngöreceğini saptadı. (120) Kılavuz tel veya radyografik cetvelle ölçüm gibi intraoperatif yöntemler Galbraith ve arkadaşlarına göre yüksek bir doğruluğa sahiptir fakat tel veya cetvel tibiaya paralel tutulmazsa skopi çekiminde hatalar yapılabilir.(121) İntraoperatif yöntemler, ameliyathane personelinin daha fazla skopiye maruz kalmasına ve ayrıca ameliyat süresinin artmasına neden olur. Bu yüzden önerimiz ameliyat öncesi ölçümle tibia uzunluğuna göre tahmini çivi uzunluğunun hesaplanmasıdır. Bu da radyasyon maruziyeti ve ameliyat süresini azaltır. Doğru uzunlukta çivi, çivinin uygun miktarda gömülmesine olanak sağlayarak olası peroneal sinir hasarının da önüne geçilmesinde yardımcı olur. Literatürdeki başka bir anatomik çalışmaya göre çivinin tepe noktasının, dizin eklem hattının 1 cm altına yerleştirilmesi durumunda peroneal sinir arazı riski artar. (118) Bu analiz çalışmamızın ölçümlerini doğrulamaktadır. Önerimiz doğru çivi uzunluğu belirlerken ve yerleştirme noktasını seçerken dikkatli olunmasıdır.

Çalışmanın güçlü yönleri, peroneal sinir arazı riskinin MRG'de değerlendirilmesi ve ölçümlerin kas iskelet görüntülemesinde uzmanlaşmış bir radyolog ile beraber yapılmasıdır. Çalışmanın en önemli kısıtlı yanı ise çivinin tahmini olarak tibia içine yerleştirilmesi ve ölçümlerin buna göre yapılmasıdır. Ayrıca hasta sayısının nispeten az olması, farklı çivi tasarımlarının göz ardı edilmesi çalışmanın diğer kısıtlı yanlarıdır.

8.SONUÇLAR

Sonuç olarak, çivinin proksimal tibia içinde gömülme miktarı arttıkça, peroneal sinire hasar verebilecek vida boyu ve dril uzunluğu mesafesinin azaldığı tespit edildi. Ayrıca tibia çivilemesinde proksimal kilitleme vidası kullanırken 60 mm'den daha uzun mesafenin drillenmemesinde ve 40 mm'den uzun vida yerleştirilmesinde dikkatli olunmalıdır.



9.KAYNAKLAR

1. Thompson JH, Koutsogiannis P, Jahangir A. Tibia fractures overview. 2018.
2. BV SS, Nandi SS, Kulkarni SR, Bagewadi R. Functional Outcomes of Tibia Fractures Treated With Intramedullary Interlocking Nails by Suprapatellar Approach: A Prospective Study. *Cureus*. 2023;15(6).
3. Bucholz RW. Rockwood and Green's Fractures in Adults: Two Volumes Plus Integrated Content Website (Rockwood, Green, and Wilkins' Fractures): Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
4. Kehr P, Robert W, Bucholz, Charles M, Court-Brown, James D, Heckman, Paul Tornetta III (Eds.), Margaret M, McQueen, William M, Ricci (Ass. Eds.): Rockwood and Green's fractures in adults, 7th edn. *European Journal of Orthopaedic Surgery and Traumatology*. 2012;22(7):631.
5. Hansen M, El Attal R, Blum J, Blauth M, Rommens PM. Intramedullary Nailing of the Tibia with the Expert Tibia Nail®. *Operative Orthopädie und Traumatologie*. 2009;21:620-35.
6. Nork SE, Schwartz AK, Agel J, Holt SK, Schrick JL, Winkquist RA. Intramedullary nailing of distal metaphyseal tibial fractures. *JBJS*. 2005;87(6):1213-21.
7. Yavuz U, Sökücü S, Demir B, Yıldırım T, Özcan Ç, Kabukçuoğlu YS. Comparison of intramedullary nail and plate fixation in distal tibia diaphyseal fractures close to the mortise. 2014.
8. Bong MR, Kummer FJ, Koval KJ, Egol KA. Intramedullary nailing of the lower extremity: biomechanics and biology. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2007;15(2):97-106.
9. Vallier HA, Cureton BA, Patterson BM. Randomized, prospective comparison of plate versus intramedullary nail fixation for distal tibia shaft fractures. *Journal of orthopaedic trauma*. 2011;25(12):736-41.
10. Zelle BA, Boni G, Hak DJ, Stahel PF. Advances in intramedullary nailing: suprapatellar nailing of tibial shaft fractures in the semiextended position. *Orthopedics*. 2015;38(12):751-5.
11. Alho A, Ekeland A, Stromsoe K, Folleras G, Thoresen BO. Locked intramedullary nailing for displaced tibial shaft fractures. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. 1990;72(5):805-9.
12. Ingman A. Retrograde intramedullary nailing of supracondylar femoral fractures: design and development of a new implant. *Injury*. 2002;33(8):707-12.
13. Laflamme G, Heimlich D, Stephen D, Kreder H, Whyne C. Proximal tibial fracture stability with intramedullary nail fixation using oblique interlocking screws. *Journal of orthopaedic trauma*. 2003;17(7):496-502.
14. Koval KJ, Clapper MF, Brumback RJ, Ellison Jr PS, Poka A, Bathon GH, et al. Complications of reamed intramedullary nailing of the tibia. *Journal of orthopaedic trauma*. 1991;5(2):184-9.
15. Williams J, Gibbons M, Trundle H, Murray D, Worlock P. Complications of nailing in closed tibial fractures. *Journal of orthopaedic trauma*. 1995;9(6):476-81.
16. Hems T, Jones B. Peroneal nerve damage associated with the proximal locking screws of the AIM tibial nail. *Injury*. 2005;36(5):651-4.
17. Asadollahi S, Bucknill A, Robertson PL. Oblique proximal locking screw in tibial fracture intramedullary nailing: a clinical imaging study of proximity to common peroneal nerve. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*. 2020;30:523-7.
18. Drosos GI, Stavropoulos NI, Kazakos KI. Peroneal nerve damage by oblique proximal locking screw in tibial fracture nailing: a new emerging complication? *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 2007;127:449-51.
19. Alajmo G, Schlegel U, Gueorguiev B, Matthys R, Gautier E. Plunging when drilling: effect of using blunt drill bits. *Journal of orthopaedic trauma*. 2012;26(8):482-7.
20. Marciniak C. Fibular (peroneal) neuropathy: electrodiagnostic features and clinical correlates. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics*. 2013;24(1):121-37.

21. Browner BD, Levine AM, Jupiter JB, Trafton PG, Krettek C. Skeletal Trauma E-Book: 2-Volume Set: Elsevier Health Sciences; 2008.
22. Bong MR, Koval KJ, Egol KA. The history of intramedullary nailing. Bulletin of the NYU hospital for joint diseases. 2006;64(3-4):94-.
23. Bartoniček J. Early history of operative treatment of fractures. Archives of orthopaedic and trauma surgery. 2010;130:1385-96.
24. Moroney M, Pun W, Astori I. Closed reduction of tibial shaft fractures using a sling. Injury. 1999;30(6):439-41.
25. Claudi B, Oedekoven G. " Biological osteosynthesis". Der Chirurg; Zeitschrift für Alle Gebiete der Operativen Medizin. 1991;62(5):367-77.
26. KÜNTSCHER G. Intramedullary surgical technique and its place in orthopaedic surgery: my present concept. JBJS. 1965;47(4):809-18.
27. Prince H, Webb J, Christodoulou A. Tibial fractures: primary AO plating or functional cast bracing. J Bone Joint Surg. 1989;71:340.
28. Sarmiento A. A functional below-the-knee cast for tibial fractures. JBJS. 1967;49(5):855-75.
29. Sarmiento A. Functional bracing of tibial and femoral shaft fractures. Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007). 1972;82:2-13.
30. Gerber C, Mast J, Ganz R. Biological internal fixation of fractures. Archives of orthopaedic and trauma surgery. 1990;109:295-303.
31. Hooper GJ, Keddell RG, Penny ID. Conservative management or closed nailing for tibial shaft fractures. A randomised prospective trial. The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume. 1991;73(1):83-5.
32. Heckman JD, McKee M, McQueen MM, Ricci W, Tornetta III P. Rockwood and Green's fractures in adults: Lippincott Williams & Wilkins; 2014.
33. Heckman JD. Campbell's operative orthopaedics. LWW; 2003.
34. Ege R. Travmatoloji; kırıklar, eklem ve diğer yaralanmalar. IV. Cilt S. 2004:3923-4093.
35. Guyton J. General Principles of Fractures of Lower Extremity. Campbell's Operative Orthopaedics. 2002;10.
36. Hansen JT. Netter's Clinical Anatomy-E-Book: Elsevier Health Sciences; 2021.
37. Checketts RG, Moran CG, Jennings AG. 134 tibial shaft fractures managed with the Dynamic Axial Fixator. Acta Orthopaedica. 1995;66(3):271-4.
38. Kiel J, Kaiser K. Tibial anterior compartment syndrome. 2018.
39. Lezak B, Summers S. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb: Leg Anterior Compartment. StatPearls [Internet]: StatPearls Publishing; 2022.
40. Zeren Z. Sistematik insan anatomisi: Sermet Arkadaş; 1971.
41. Rhinelanders FW. Tibial blood supply in relation to fracture healing. Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007). 1974;105:34-81.
42. Shaibah HS, Altaf FAM. THE SURGICAL IMPORTANCE OF THE BLOOD SUPPLY OF THE TIBIA. Wiley Online Library; 2012.
43. Katirji MB, Wilbourn AJ. Common peroneal mononeuropathy: a clinical and electrophysiologic study of 116 lesions. Neurology. 1988;38(11):1723-.
44. Chandwani D, Varacallo M. Exertional compartment syndrome. StatPearls [Internet]: StatPearls Publishing; 2023.
45. Stewart JD. Foot drop: where, why and what to do? Practical neurology. 2008;8(3):158.
46. Sunderland S. Blood supply of the sciatic nerve and its popliteal divisions in man. Archives of Neurology & Psychiatry. 1945;54(4):283-9.
47. Chapman MW, Mahoney M. The role of early internal fixation in the management of open fractures. Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007). 1979;138:120-31.
48. Müller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J. The comprehensive classification of fractures of long bones: Springer Science & Business Media; 2012.

49. Gülman B. Erişkin tibia diafiz kırıklarının incelenmesi. Ankara Hastanesi Dergisi. 1985;20:320-32.
50. Trafton P. Tibial shaft fractures. In skeletal Trauma. Ed. By Browner BD Et al. Philadelphia WB Saunders Comp. 1992;1:1171-869.
51. 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. JBJS. 2002;84(4):682.
52. Kojima KE, Ferreira RV. Tibial shaft fractures. Revista brasileira de ortopedia. 2011;46:130-5.
53. Melvin SJ, Dombroski DG, Torbert JT, Kovach SJ, Esterhai JL, Mehta S. Open tibial shaft fractures: I. Evaluation and initial wound management. JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. 2010;18(1):10-9.
54. Ellis H. The speed of healing after fracture of the tibial shaft. The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume. 1958;40(1):42-6.
55. Nicoll E. Fractures of the tibial shaft. The Journal of Bone and Joint Surgery British volume. 1964;46(3):373-87.
56. Bode G, Strohm P, Südkamp N, Hammer T. Tibial shaft fractures-management and treatment options. A review of the current literature. Acta Chir Orthop Traumatol Cech. 2012;79(6):499-505.
57. Johner R, Wruhs O. Classification of tibial shaft fractures and correlation with results after rigid internal fixation. Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007). 1983;178:7-25.
58. Oestern H-J, Tschernke H. Pathophysiology and classification of soft tissue injuries associated with fractures. Fractures with soft tissue injuries. 1984:1-9.
59. Kim PH, Leopold SS. Gustilo-Anderson classification. Springer; 2012.
60. Patzakis MJ, HARVEY JR JP, Ivler D. The role of antibiotics in the management of open fractures. JBJS. 1974;56(3):532-41.
61. Perren S. Fracture healing. Osteosynthesis in the Hand: Current Concepts: FESSH Instructional Course. 2008;2008:4-11.
62. Einhorn TA. Enhancement of fracture-healing. JBJS. 1995;77(6):940-56.
63. Lieberman JR. AAOS Comprehensive Orthopaedic Review 3: Lippincott Williams & Wilkins; 2019.
64. Georgiadis GM, Behrens FF, Joyce MJ, Earle AS, Simmons AL. Open tibial fractures with severe soft-tissue loss. Limb salvage compared with below-the-knee amputation. JBJS. 1993;75(10):1431-41.
65. Anderson LD, Hutchins WC, Wright PE, Disney JM. Fractures of the tibia and fibula treated by casts and transfixing pins. Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007). 1974;105:179-91.
66. TRAFTON PG. Closed unstable fractures of the tibia. Clinical Orthopaedics and Related Research®. 1988;230:58-67.
67. Sarmiento A, Gersten L, Sobol P, Shankwiler J, Vangsness CT. Tibial shaft fractures treated with functional braces. Experience with 780 fractures. The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume. 1989;71(4):602-9.
68. Sarmiento A, Latta L. The evolution of functional bracing of fractures. The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume. 2006;88(2):141-8.
69. Schmidt AH, Finkemeier CG, Tornetta PI. Treatment of Closed Tibial Fractures. JBJS. 2003;85(2):352-68.
70. Edwards P. Fracture of the shaft of the tibia, 492 Consecutive cases in Adults. Acta Orthopaedics Scandinavica. 1965;76:382.
71. DEHNE E, Metz C, DEFFER PA, HALL RM. Nonoperative treatment of the fractured tibia by immediate weight bearing. Journal of Trauma and Acute Care Surgery. 1961;1(5):514-35.
72. Tejwani N, Polonet D, Wolinsky PR. External fixation of tibial fractures. JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. 2015;23(2):126-30.

73. Weiner L, Kelley M, Yang E, Steuer J, Watnick N, Evans M, et al. The use of combination internal fixation and hybrid external fixation in severe proximal tibia fractures. *Journal of orthopaedic trauma*. 1995;9(3):244-56.
74. Paireon P, Ossendorf C, Kuhn S, Hofmann A, Rommens P. Intramedullary nailing after external fixation of the femur and tibia: a review of advantages and limits. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2015;41:25-38.
75. DeCoster TA, Crawford MK, Kraut MAS. Safe extracapsular placement of proximal tibia transfixation pins. *Journal of orthopaedic trauma*. 2004;18(8):S43-S7.
76. Jensen JS, Hansen FW, Johansen J. Tibial shaft fractures: a comparison of conservative treatment and internal fixation with conventional plates or AO compression plates. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 1977;48(2):204-12.
77. Im G-I, Tae S-K. Distal metaphyseal fractures of tibia: a prospective randomized trial of closed reduction and intramedullary nail versus open reduction and plate and screws fixation. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2005;59(5):1219-23.
78. Tarr RR, Wiss DA. The mechanics and biology of intramedullary fracture fixation. *Clin Orthop Relat Res*. 1986(212):10-7.
79. Mao Z, Wang G, Zhang L, Zhang L, Chen S, Du H, et al. Intramedullary nailing versus plating for distal tibia fractures without articular involvement: a meta-analysis. *Journal of orthopaedic surgery and research*. 2015;10(1):1-12.
80. Archdeacon MT. Nailing the entry point. *American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2006.
81. Christie J, McQueen M. Closed intramedullary tibial nailing. Its use in closed and type I open fractures. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. 1990;72(4):605-11.
82. Sedlin ED, Zitner DT. The Lottes nail in the closed treatment of tibia fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 1985;192:185-92.
83. Hiesterman TG, Shafiq BX, Cole PA. Intramedullary nailing of extraarticular proximal tibia fractures. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2011;19(11):690-700.
84. Xiangshen Z, Caijiang S, Lonyang L, Huogen L. Ender's nailing in the treatment of open tibia fractures. *Acta Orthop Scand*. 1992;63(Suppl 248):81.
85. Darder-Garcia A, Darder-Prats A, Gomar-Sancho F. Nonreamed flexible locked intramedullary nailing in tibial open fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*. 1998;350:97-104.
86. Abramowitz A, Wetzler M, Levy A, Whitelaw G. Treatment of open tibial fractures with Ender rods. *Clin Orthop Relat Res*. 1993(293):246-55.
87. Bechtol J, Kyle R, Peren S. Biomechanics of Intramedullary Nailing Browner BO. *The Science and Practice of Intramedullary Nailing*. Lippincott Williams and Wilkins. 1996;85:105.
88. BROWNER BD. Pitfalls, errors, and complications in the use of locking Kuntscher nails. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*. 1986;212:192-208.
89. Schandelmaier P, Krettek C, Tschern H. Biomechanical study of nine different tibia locking nails. *Journal of orthopaedic trauma*. 1996;10(1):37-44.
90. Bhandari M, Guyatt G, Walter SD, Tornetta III P, Schemitsch EH, Swiontkowski M, et al. Randomized trial of reamed and unreamed intramedullary nailing of tibial shaft fractures: by the Study to Prospectively Evaluate Reamed Intramedullary Nails in Patients with Tibial Fractures (SPRINT) Investigators. *JBJS*. 2008;90(12):2567-78.
91. Xia L, Zhou J, Zhang Y, Mei G, Jin D. A meta-analysis of reamed versus unreamed intramedullary nailing for the treatment of closed tibial fractures. *Orthopedics*. 2014;37(4):e332-e8.
92. Penzkofer R, Maier M, Nolte A, von Oldenburg G, Püschel K, Bühren V, et al. Influence of intramedullary nail diameter and locking mode on the stability of tibial shaft fracture fixation. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 2009;129:525-31.

93. Seyhan M, Guler O, Mahirogullari M, Donmez F, Gereli A, Mutlu S. Complications during removal of stainless steel versus titanium nails used for intramedullary nailing of diaphyseal fractures of the tibia. *Annals of medicine and surgery*. 2018;26:38-42.
94. Omerovic D, Lazovic F, Hadzimehmedagic A. Static or dynamic intramedullary nailing of femur and tibia. *Medical Archives*. 2015;69(2):110.
95. Waddell J, Reardon G. Complications of tibial shaft fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*. 1983;178:173-8.
96. Keating J, Orfaly R, O'Brien P. Knee pain after tibial nailing. *Journal of orthopaedic trauma*. 1997;11(1):10-3.
97. Toivanen JA, Väistö O, Kannus P, Latvala K, Honkonen SE, Järvinen MJ. Anterior knee pain after intramedullary nailing of fractures of the tibial shaft: a prospective, randomized study comparing two different nail-insertion techniques. *JBJS*. 2002;84(4):580-5.
98. Milner SA, Davis T, Muir K, Greenwood D, Doherty M. Long-term outcome after tibial shaft fracture: is malunion important? *JBJS*. 2002;84(6):971-80.
99. 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. *International journal of environmental research and public health*. 2018;15(12):2845.
100. Antonova E, Le TK, Burge R, Mershon J. Tibia shaft fractures: costly burden of nonunions. *BMC musculoskeletal disorders*. 2013;14(1):1-10.
101. SAKELLARIDES HT, FREEMAN PA, GRANT BD. Delayed union and non-union of tibial-shaft fractures: a review of 100 cases. *JBJS*. 1964;46(3):557-69.
102. Tay W-H, 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.
103. McMahon SE, Little ZE, Smith TO, Trompeter A, Hing CB. The management of segmental tibial shaft fractures: a systematic review. *Injury*. 2016;47(3):568-73.
104. Karlström G, Olerud S. Fractures of the tibial shaft a critical evaluation of treatment alternatives. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 1974;105:82-115.
105. Brinker MR, Bailey DE. Fracture healing in tibia fractures with an associated vascular injury. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 1997;42(1):11-9.
106. Metsemakers W-J, 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.
107. Matos MA, Catro-Filho RN, da Silva BVP. Risk factors associated with infection in tibial open fractures. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de Córdoba*. 2013;70(1):14-8.
108. Phisitkul P, Mckinley TO, Nepola JV, Marsh JL. Complications of locking plate fixation in complex proximal tibia injuries. *Journal of orthopaedic trauma*. 2007;21(2):83-91.
109. Mirza A, Moriarty AM, Probe RA, Ellis TJ. Percutaneous plating of the distal tibia and fibula: risk of injury to the saphenous and superficial peroneal nerves. *Journal of orthopaedic trauma*. 2010;24(8):495-8.
110. Robinson C, O'Donnell J, Will E, Keating J. Dropped hallux after the intramedullary nailing of tibial fractures. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. 1999;81(3):481-4.
111. Rubel IF, Schwarzbard I, Leonard A, Cece D. Anatomic location of the peroneal nerve at the level of the proximal aspect of the tibia: Gerdy's safe zone. *JBJS*. 2004;86(8):1625-8.
112. Stitgen SH, Cairns ER, Ebraheim NA, Niemann JM, Jackson WT. Anatomic considerations of pin placement in the proximal tibia and its relationship to the peroneal nerve. *Clin Orthop Relat Res*. 1992(278):134-7.
113. Hansen M, Blum J, Mehler D, Hessmann MH, Rommens PM. Double or triple interlocking when nailing proximal tibial fractures? A biomechanical investigation. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 2009;129:1715-9.

114. Horn J, Linke B, Höntzsch D, Gueorguiev B, Schwieger K. Angle stable interlocking screws improve construct stability of intramedullary nailing of distal tibia fractures: a biomechanical study. *Injury*. 2009;40(7):767-71.
115. Aydin M, Surucu S, Ersin M, Ekinci M, Yilmaz M. Determination of the safest level and screw length for the proximal locking screw in retrograde femoral nailing. *Joint Diseases and Related Surgery*. 2023;34(1):69.
116. Asadollahi S, Bucknill A, Robertson PL. Oblique proximal locking screw in tibial fracture intramedullary nailing: a clinical imaging study of proximity to common peroneal nerve. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2020;30(3):523-7.
117. Praamsma M, Carnahan H, Backstein D, Veillette CJ, Gonzalez D, Dubrowski A. Drilling sounds are used by surgeons and intermediate residents, but not novice orthopedic trainees, to guide drilling motions. *Canadian journal of surgery*. 2008;51(6):442.
118. Jones B, Mehin R, Young D. Anatomical study of the placement of proximal oblique locking screws in intramedullary tibial nailing. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. 2007;89(11):1495-7.
119. Venkateswaran B, Warner R, Hunt N, Shaw D, Tulwa N, Deacon P. An easy and accurate preoperative method for determining tibial nail lengths. *Injury*. 2003;34(10):752-5.
120. Issac RT, Gopalan H, Abraham M, John C, Issac SM, Jacob D. Preoperative determination of tibial nail length: An anthropometric study. *Chinese Journal of Traumatology*. 2016;19(03):151-5.
121. Galbraith J, O'Leary D, Dailey H, Kennedy T, Mitra A, Harty J. Preoperative estimation of tibial nail length—because size does matter. *Injury*. 2012;43(11):1962-8.