

T.C.
SAĞLIK BAKANLIĞI
TÜRKİYE KAMU HASTANELERİ KURUMU
İZMİR KAMU HASTANELERİ BİRLİĞİ
KUZEY GENEL SEKRETERLİĞİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
TEPECİK EĞİTİM VE ARAŞTIRMA HASTANESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ KLİNİĞİ

Eğitim Sorumlusu
Prof. Dr. Haluk AĞUŞ

DİL TİPİ KALKANEUS KIRIKLARININ TESPİTİNDE
VİDA KONFIGÜRASYONUNUN
STABİLİTE ÜZERİNE ETKİSİ
(BİYOMEKANİK ÇALIŞMA)

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Cemal KAZIMOĞLU

UZMANLIK TEZİ
Dr. Tayfun BACAKSIZ

İZMİR-2017

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca aktardığı bilgi ve tecrübeleriyle bizlere yol gösteren, yetişmemde büyük emeği olan, dürüstlüğü, saygıyı ve disiplini öğreten, eğitim sorumlumuz değerli hocam Prof. Dr. Haluk AĞUŞ' a;

İhtisasım boyunca ve tez çalışmalarım süresince bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, gelişmemde büyük katkısı olan, tez danışmanım Doç.Dr.Cemal KAZIMOĞLU' na;

Eğitimim sırasında her türlü desteği veren, bilgi ve becerilerine imrendiğim, birçok yönleriyle örnek aldığım Doç. Dr. Önder KALENDERER, Op. Dr. Hasan ÖZTÜRK ve Op. Dr. Ali TURGUT' a;

Her birinden sonsuz bilgi ve tecrübe kazandığım, birlikte çalışmaktan gurur duyduğum, başta Op.Dr. Mert KUMBARACI, Op.Dr. Ali REİSOĞLU ve Op.Dr.Fatih SÜRENKÖK olmak üzere tüm uzman ağabeylerime;

Asistanlığım süresince birlikte çalıştığımız,uzmanlığını alan ağabeylerime ve hala beraber çalışmakta olduğumuz, daima yanımda olan, bir sürü anıyı paylaştığımız ve her birini kardeşim olarak gördüğüm tüm asistan arkadaşlarıma;

Ameliyathane, servis ve poliklinikte beraber çalıştığımız tüm hemşire ve personel arkadaşlara; hiçbir zaman dinmeyecek minnetimle sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Gençliğimin ve üniversite hayatımın en güzel ve özel anlarını paylaştığım Mustafa YAŞAN, Mehmet ÇOPUR, İlker YAYIKÇI, Abdulaziz TEMİZ, Tolgahan SEVİMLİ, Reyhan ÜSTÜNDAĞ, Tuğba GÖDE, Ayşe KARALAR BARAN, Belgin KILIÇ SEVİMLİ, Pınar ÖZASLAN ÖZBUDAK, Çiğdem ALGAN UZUN, Kader ZEYBEK AYDOĞAN ve Gizem ÖZTORUL' a hayatımdaki varlıklarından dolayı çok teşekkür ederim.

Beni büyüten ve bugünlere getiren, evlatları olmaktan gurur duyduğum, canımdan çok sevdiğim anneme, yeri hiçbir zaman dolmayacak olan rahmetli babama, her zaman yanımda olan desteğini eksik etmeyen ağabeyime;

Her zaman bana yoldaş olan, yorulduğumda omuz veren, varlığıyla motive eden, sevgisini ve desteğini hiç esirgemeyen, can yoldaşım, hayat arkadaşım, çocuğumun annesi, eşim Yasemin BACAKSIZ' a ve ikinci ailem olan ailesine sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

ÖZET

Kalkaneusun dil tipi olarak da adlandırılan tip IIC kırıkları, minimal invaziv teknikler (perkütan vida fiksasyonu) kullanılarak başarılı bir şekilde tedavi edilebilir. Bu çalışmanın amacı, dil tipi kalkaneus kırıklarının tespitinde kullanılan dört farklı vida konfigürasyonunu biyomekanik olarak değerlendirmektir.

Sentetik kalkanus modellerinde, testere yardımıyla standart bir şekilde tip IIC dil tipi kırığa uygun kesi uygulandı. Numuneler, her grupta toplam 7 adet olacak şekilde randomize bir şekilde dört farklı tespit grubundan birine yerleştirildi.

Grup 1; iki paralel vida, Grup 2; iki diverjan vida, Grup 3; iki paralel + bir sustentakulum tali vidası, Grup 4; üç paralel vida ile tespit olacak şekilde dört farklı çalışma grubu oluşturuldu. Tüm materyaller Aşil tendon traksiyonunu taklit eden aksiyel yük altında biyomekanik olarak değerlendirildi. Kırık hattında sırasıyla 2mm, 4mm ve 5mm ayrışma sağlayan kuvvet değerleri belirlendi.

Kırık hattındaki 2mm, 4mm ve 5mm ayrışmalarda, üç paralel vida ile tespit yapılan gruptaki ortalama kuvvet değerleri diğer gruplara göre anlamlı derecede yüksek bulundu.

Dil tip kalkaneus kırıklarının tedavisinde, 3 paralel vida konfigürasyonunun kullanılmasının daha fazla denge sağladığı görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Kalkaneus kırıkları, dil tipi, fiksasyon, biyomekanik

ABSTRACT

Tongue-type fractures of calcaneus (type IIC) can be successfully treated using a minimally-invasive technique (percutaneous screw fixation). The aim of this study was to assess biomechanically four different screw configurations used for the fixation of tongue type IIC calcaneus fractures.

Identical osteotomies for type IIC calcaneus fracture were created in synthetic calcaneus specimens using a saw. The specimens were randomly assigned to one of the four fixation groups (n = 7 per group)

Group I; two parallel screws, Group II; two divergent screws, Group III; two parallel plus one axially oriented screw towards sustentaculum tali screws, Group IV; three-parallel screws for fixation. Biomechanical load test which imitates Achilles tendon traction was performed on all the groups and values were determined at the fracture line to provide 2mm, 4mm and 5mm disintegration, respectively.

Mean force values for three parallel screw construct at 2 mm, 4 mm and 5 mm fracture displacements were found to be significantly higher when compared with other groups.

The use of a three parallel screw construct appears to provide more stability in the treatment of Tongue IIC fractures.

Key Words : Calcaneus fracture, Tongue type, fixation, biomechanical

İÇİNDEKİLER**Sayfa**

Teşekkür.....	iii
Özet.....	iv
Abstract.....	v
Simge ve Kısaltmalar.....	vii
Şekiller Dizini.....	viii
Tablolar Dizini.....	x
1- Giriş ve Amaç.....	1
2- Genel Bilgiler.....	2
2.1. Yaralanma Mekanizması.....	3
2.2. Klinik Değerlendirme.....	5
2.3. Radyolojik Değerlendirme.....	7
2.3.1. Direkt Radyografi.....	7
2.3.2. Bilgisayarlı Tomografi.....	11
2.4. Sınıflama.....	12
2.4.1. Direkt Radyografiye Dayalı Sınıflamalar.....	12
2.4.2. Bilgisayarlı Tomografiye Dayalı Sınıflamalar.....	14
2.5. Tedavi Seçenekleri.....	16
2.5.1. Konservatif Tedavi.....	16
2.5.2. Cerrahi Tedavi.....	17
2.6. Komplikasyonlar.....	23
3- Gereç ve Yöntem.....	27
4- Bulgular.....	38
5- Tartışma.....	44
6- Sonuç.....	51
7- Kaynaklar.....	52

SİMGE VE KISALTMALAR

AP	:	Anteroposterior
BT	:	Bilgisayarlı Tomografi
dk	:	Dakika
K-teli	:	Kirschner-teli
kN	:	Kilonewton
mm	:	Milimetre
mm/dk	:	Milimetre / dakika
N	:	Newton
SPSS	:	Statistical Packages for the Social Scienses

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1.1 : A. Kalkaneusun primer kırık hattı; B. Sekonder kırık hattı ile eklem depresyon tipi kırık oluşumu; C. Sekonder kırık hattı ile dil tipi kırık oluşumu	5
Şekil 2.2.1 : Bilateral kalkaneus kırıklı hastada cilt görünümü	6
Şekil 2.2.2 : Kırışıklık Testi. Plantar fleksiyonda iken normal turgora sahip olan cildin, dorsifleksiyon ile kırışıklık kazanması.	7
Şekil 2.3.1.1 : Lateral grafide Böhler açısının ölçümü.	8
Şekil 2.3.1.2 : Lateral grafide Gissane açısının ölçümü.	8
Şekil 2.3.1.3 : Lateral grafide çift gölgelenme (double density) görüntüsü.	9
Şekil 2.3.1.4 : Postoperatif çekilmiş Harris grafisi	10
Şekil 2.3.1.5 : Broden grafisinin çekim şeması	11
Şekil 2.3.2.1 : Bilgisayarlı Tomografi; koronal, sagittal ve aksiyel kesit örnekleri	12
Şekil 2.3.2.2 : Bilgisayarlı Tomografi 3 boyutlu kesit örnekleri	12
Şekil 2.4.2.1 : Bilgisayarlı Tomografi kesitleri ile Sanders Sınıflaması	15
Şekil 2.4.2.2 : Dil tipi kırıkların Sanders Sınıflaması ile sınıflandırılması	16
Şekil 2.5.2.1 : Lateral insizyon ile parçalı kalkaneus kırığı redüksiyonu ve fiksasyonu	19
Şekil 2.5.2.2 : Lateral insizyon ile parçalı kalkaneus kırığı preop ve postop grafileri	19
Şekil 2.5.2.3 : Essex-Lopresti yöntemi ile perkütan tespit	20
Şekil 2.5.2.4 : Tornetta'nın yöntemi ile perkütan tespit	21
Şekil 2.5.2.5 : Dil tip kalkaneus kırığı sonrası bası nekrozu	22
Şekil 2.5.2.6 : Kliniğimizde yapılan Dil tip kalkaneus kırığı örneği	22

Şekil 2.5.2.7 : Kliniğimizde yapılan Dil tip kalkaneus kırığı peruktan redüksiyon ve tespit örneği	23
Şekil 2.6.1.1 : Yara dudaklarında nekroz; 5. gün ve 2. ay görüntüsü	24
Şekil 3.1 : Standart kemik modeli ve kullanılan yardımcı aparatlar	28
Şekil 3.2 : Tıp IIC kırık modeli	28
Şekil 3.3 : Kırık hattının vida ile tespitinde uygulanan basamaklar	30
Şekil 3.4 : Kırık hattının vida ile tespitinin skopi ile kontrolü	30
Şekil 3.5 : Grup I uygulama ve skopi kontrolü görüntüleri	31
Şekil 3.6 : Grup II uygulama ve skopi kontrolü görüntüleri	32
Şekil 3.7 : Grup III uygulama ve skopi kontrolü görüntüleri	32
Şekil 3.8 : Grup IV uygulama ve skopi kontrolü görüntüleri	33
Şekil 3.9 : Test düzeneği (Cihazın ve model sabitleme aparatlarının kurulumu)	35
Şekil 3.10 : Ön yükleme sonrası sistemdeki kuvvet göstergesi ve milimetrenin ayarlandığı, test sürecindeki verilerin izlenebildiği kumanda	36
Şekil 3.11 : Kırık hattındaki ayrışma ve kuvvet ölçüm esnasındaki model örneği	36
Şekil 3.12 : Uygulanan vidaların fiksasyon özelliğini yitirdiği ve aparatların model üzerinde kaymaya başladığı maksimum nokta örnekleri	37
Şekil 4.1 : 2 Paralel Vida numunesi, uygulanan güç / deplasman çizelgesi	38
Şekil 4.2 : 2 Diverjan Vida numunesi, uygulanan güç / deplasman çizelgesi	39
Şekil 4.3 : 2 Paralel Vida + 1 Sustentakulum vidası numunesi, uygulanan güç / deplasman çizelgesi örneği	39
Şekil 4.4 : 3 Paralel Vida numunesi, uygulanan güç / deplasman çizelgesi	39
Şekil 4.5 : 2 mm ayrışmadaki kuvvetlere göre numune dağılımları	43
Şekil 4.6 : 4 mm ayrışmadaki kuvvetlere göre numune dağılımları	43
Şekil 4.7 : 5 mm ayrışmadaki kuvvetlere göre numune dağılımları	43

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 4.1 : 2 Paralel vida grubu kuvvet / deplasman tablosu	40
Tablo 4.2 : 2 Diverjan vida grubu kuvvet / deplasman tablosu	40
Tablo 4.3 : 2 Paralel+1 Sus.vidası kuvvet / deplasman tablosu	40
Tablo 4.4 : 3 Paralel vida grubu kuvvet / deplasman tablosu	40
Tablo 4.5 : Kruskal Wallis Testi sonuç tablosu	41
Tablo 4.6 : 2 mm Deplasman P Değerleri (Mann Whitney U Testi)	42
Tablo 4.7 : 4 mm Deplasman P Değerleri (Mann Whitney U Testi)	42
Tablo 4.8 : 5 mm Deplasman P Değerleri (Mann Whitney U Testi)	42

1.GİRİŞ VE AMAÇ

İlk olarak 1843 yılında Malgaigne tarafından tanımlanan kalkaneus kırıkları tüm kırıkların %2' sini oluşturur (1). Kalkanues kırıkları %90 oranında 25-45 yaşları arasındaki erkeklerde endüstriyel yaralanmalar sonucu meydana gelmektedir ve %60-75 kadarı eklem içi kırıklardır (1-6).

Kalkaneus kırıklarının tedavi edilmesinde amaç, anatomik bütünlüğü oluşturarak hastaya erken dönemde fonksiyonlarını geri kazandırmaktır. Geçmiş yıllarda konservatif tedavi en çok kabul gören tedavi yöntemi idi. Bunun başlıca nedenleri cerrahi olarak tedavi edilenlerde, komplikasyon oranının; yetersiz görüntüleme, yetersiz tespit ve yetersiz enfeksiyon ile mücadele sebebiyle kabul edilemeyecek oranda yüksek olmasıdır. Literatürü incelediğimizde sınıflama, tedavi şekli, cerrahi yaklaşım tekniği ve cerrahi sonrası yaklaşım konusunda farklı yöntemlerin çokça tartışıldığı karşımıza çıkmaktadır. Ancak son yıllarda yayınlanan kaynak kitap ve literatür verileri doğru zamanlama, doğru teknik ve doğru olgu seçimi yapıldığında, cerrahi yaklaşım ile başarılı radyolojik ve klinik sonuçlar elde edilebileceğini desteklemektedir (7,8).

Kalkaneus kırıklarında Bilgisayarlı Tomografi (BT) görüntüleme yönteminin kullanılması; kırıkların daha iyi anlaşılması, sınıflandırılması, tedavi yaklaşımı ve zamanlamasının planlanmasında büyük katkı sağlamıştır (9-15). Günümüzde Sanders tarafından geliştirilen BT taramasına bağlı sınıflama yaygın olarak kullanılmaktadır (16).

Çalışmamızda; direk grafi taramasına bağlı olan Essex-Lopresti sınıflamasında ve BT taramasına bağlı olan Sanders sınıflamasında tariflenen "dil tipi kalkaneus kırığı" ele alınmıştır (3,17).

Dil tipi kalkaneus kırıkları, kalkaneal çıkıntıyı ve posterior subtalar eklem yüzünün bir kısmını içeren uzunlamasına kırıklardır. Kırık parçanın deplasmanına sebep olan belirleyici kuvvet, kalkaneal çıkıntıya yapışan gastro-soleus kompleksinin oluşturduğu aşil tendonunun çekmesine bağlı oluşan kuvvettir (18-23). Gerçek dil tipi kırıklar arka subtalar eklem yüzünün

tamamının sağlam olduğu ya da küçük bir kısmının kırık parçayla beraber olduğu Sanders tip IIC kırıklardır. Bununla beraber, kırık hattının eklem e uzanmasıyla IIA ya da IIB tipi kırıklar izlenmektedir (3,24).

Kalkaneus kırıklarının tedavisinde modern cerrahi yöntemler, eklemde olan çökme ya da ayrışmalara göre belirlenmiş olduğundan dil tipi kırıkların cerrahi tedavi prensipleri için ortak bir görüş yoktur. Perkütan tespit, özellikle Sanders tip IIC dil tipi kırıklarında kalkaneal yüksekliğin, Gissane açısının, arka subtalar eklem restorasyonunu ve anatomik redüksiyonun sağlanması amacıyla önerilmektedir (3,25). Minimal invaziv perkütan tel tespiti özellikle tip IIC kırıklarının tedavisinde öne çıkmış olup bu yöntemle evrensel olarak iyi sonuçlar bildirilmiştir (18-23). Ayrıca deplase dil tipi kırıklarda, kırık parçanın basısına bağlı oluşabilen cilt sorunları görülebilmekte ve nekroza sebep olabilmektedir. Bu sebeple tedavinin geciktirilmeden kapalı redüksiyon ve perkütan tespit yöntemleri kullanılarak yapılması önerilmektedir (26).

Perkütan tespit yöntemlerinin popüler olmasına rağmen; bilgimize göre, bu amaçla kullanılan vida yapılarının ya da konfigürasyonlarının gücü ve özelliklerini araştıran biyomekanik bir çalışma bulunmamaktadır. Çalışmamızdaki amacımız Sanders tip IIC dil tipi kırıklarda kullanılan farklı vida konfigürasyonlarının biyomekanik özelliklerini değerlendirmektir.

2.GENEL BİLGİLER

KALKANEUS KIRIKLARI

Kalkaneus kırıkları, geçmişten günümüze ortopedik cerrahinin çözüm getirmek için uğraştığı ve hala bu konuda sorunların ve bu sorunları aşmak için ortaya çıkan gelişmelerin devam ettiği konulardan birisidir. Tüm kırıkların yaklaşık %2'sini oluşturur ve bunların %60-75' i deplase eklem içi kırıklardır. Ayrıca, kalkaneus kırığı tanısı alan hastaların %10' unda omurga, %26' sında diğer ekstremitelere yaralanmaları izlenmektedir (4,27). Kırıkların çoğu genç-orta nüfusta ve %90' ı 25-40 yaş aralığında oluşmaktadır. Bunun yanında hastaların büyük çoğunluğunun erkek olması ve endüstride çalışmaları

nedeniyle, kalkaneus kırıkları ülke ekonomisi açısından ayrı bir öneme sahiptir. Bazı çalışmalarda da belirtildiği gibi kırık sonrası süreçte 3 yıla yakın tam, 5 yıla yakın da kısmi işgücü kaybı görülebilmektedir (2-5).

Klasik kalkaneus kırık tanımlaması her ne kadar 1843 de Malgaigne tarafından yapılsa da radyografinin geliştiği 1890'lı yıllara kadar dil tipi kırık ve eklem çökmesi tipi kırıklar gibi ana ayrımlar bile yapılamamıştır (1,28-30). Geçmişte her ne kadar kalkaneus kırıkları tedavisinin; sadece konserve edilmiş ya da en iyi tedavinin üçlü artrodez olduğunu savunan yayınlar olsa da 1920'li yıllarda internal tespit gerekliliği gündeme gelmiştir (31-33). Geçmişten günümüze, eşlik eden yumuşak doku problemleri sebebiyle, minimal yumuşak doku hasarlı perkütan tespit yöntemlerinin arayışı içinde olunmuştur. İlk perkütan yöntem, dil tip kırıkta kullanılmış olup Westhues tarafından çivi ile uygulanmıştır (34).

Günümüzde gelişmiş radyografi ve bilgisayarlı tomografi (BT) sayesinde kırık mekanizması ve konfigürasyonu, ameliyat öncesi daha iyi anlaşılabilir. Uygun sınıflama, tedavi, cerrahi teknik ve ameliyat sonrası bakım planlanabilmektedir.

2.1. Yaralanma Mekanizması

Düşük enerjili yaralanmalar ayrılmamış ya da minimal ayrılmış kırıklara sebebiyet verirken, yüksek enerjili yaralanmalar ise kendini daha çok parçalı eklem içi kırıklar olarak gösterirler. Bu kırıklar aksiyel ve kompresif kuvvetlerin sonucu ortaya çıkar. Ancak kırık hatlarının şekli ve parçalanma miktarı; ayağın pozisyonuna, kemiğin kalitesine, kırık parçaya etki eden deplase edici kuvvetlerin büyüklüğü ve yönüne ve kırığı oluşturan enerjinin miktarına göre değişir.

Yaralanmanın gerçek mekanizması tartışılıyor olsa da literatürde ortak kabul edilen mekanizma Essex-Lopresti' nin tarif ettiği gibidir. Buna göre esas olarak makaslama yapan primer kırık hattı, posterolateral kenara paralel olarak oluşur. Böylece, primer kırık hattı kalkaneusu başlıca iki parçaya ayırır. Bu parçalar posterolateral, yani tuberositası içeren parça ile anteromedial, sustentakulumu içeren parçalardır. Primer kırık hattı kalkaneal sulusta

posterior fasetin lateralinde olabileceği gibi, sıklıkla interosseöz ligamentin posteriorundadır. Bu pozisyon anteromedial parçayı talusa yapışık halde tutar ki redüksiyon ve tespit aşamasında bu durum oldukça önemlidir (35). Anteromedial parçanın ayırık ve parçalı olduğu nadirken, posterolateral parça ise tek ve nondeplase olabileceği gibi, çoğunlukla parçalı, süperior ve mediale deplase durumdadır. Kırık hattının tam pozisyonu ve yönelimi, ayağın yaralanma esnasındaki durumuna bağlıdır. Ayak valgus pozisyonunda ise kırık daha lateralde ortaya çıkarken, varus impaksiyon sonrası kırık hattı medialde oluşur (36).

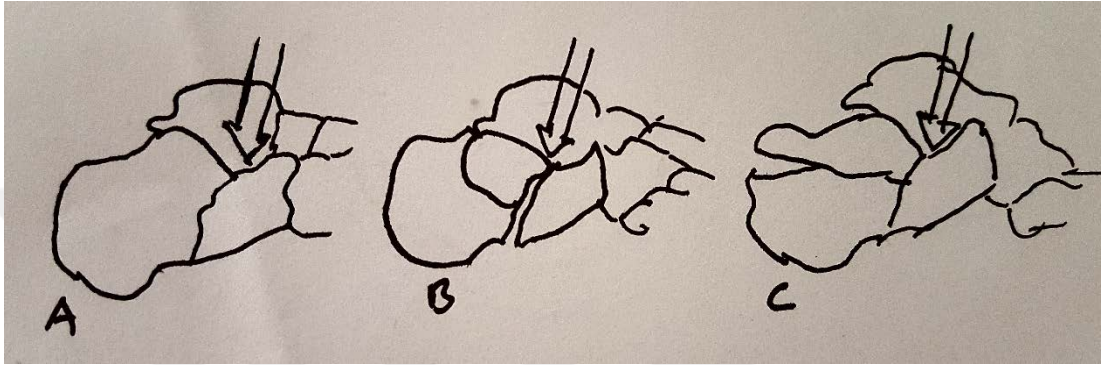
Sekonder kırık hattı ise talusun; anterolateral parçaya aksiyel etkisi sonucu ortaya çıkar. Ortaya çıkan kompresif kuvvet sıklıkla Gissane açısından başlar ve mediale doğru ilerler. Posterior fasetin bu çökmüş parçasını talamik parça oluşturur. Bu parçanın boyu, sekonder kırık çizgisinin posterior çıkış noktasına ve aksiyel yükün horizontal veya vertikal olmasına bağlıdır. Kırık çizgisi horizontal yönde tubere doğru ilerlerse dil tip kırık, vertikal yönde ilerlerse çökmüş eklem tipi kırık ortaya çıkar (36).**(Şekil 2.1.1)**

Şiddetli eklem içi kırıklarda, talus, talamik parçayı kansellöz kemik içine doğru iter ve lateral kalkaneal duvarda patlama tipi kırığa neden olur. Buna bağlı olarak fibulo-kalkaneal aralıkta daralma ve peroneal tendon sıkışması ortaya çıkar (59).

Kalkaneus, kırık sonrası kasların çekme etkisine bağlı olarak uzunluk kaybına uğrar ve kısalır. Cisim anteriordan serbestleştikten sonra yapısını kaybeder, varus pozisyonuna gelir ve aşil tendonu tarafından proksimale çekilir. Dil tip kırıklarda aşilin bu çekme etkisi, deplase edici yönde kuvvet olarak karşımıza çıkar (3,14).

Travmanın etkisi ile kalkaneal kırığın yanısıra yumuşak doku yaralanmaları da ortaya çıkabilir. Gerilme ve makaslama tipi yaralanmalar genellikle medialde, kompresif yaralanmalar ise sıklıkla plantar yüzde oluşur. Lateral yumuşak dokular göreceli olarak korunmuştur. Kırığa ait büller daha çok medialde oluşur. Hemoraji ise plantar yüzde daha sık gözlenir (59). Dil

tipi kırıklar da ciddi ayrılma durumunda posteriorda cilde basınç oluşması sonrası nekroza izlenebilmektedir. Gardner ve arkadaşları çalışmalarında 137 hastalık dil tipi kırık serisinde 21 hastada posteriorda cilt nekrozu bildirmişlerdir. Yazarlar bu sebeple dil tip kırıkların acil olarak perkütan redüksiyon ve fiksasyonunu önermektedirler (26).



Şekil 2.1.1: A. Kalkaneusun primer kırık hattı; B. Sekonder kırık hattı ile eklem çökme tipi kırık oluşumu; C. Sekonder kırık hattı ile dil tipi kırık oluşumu

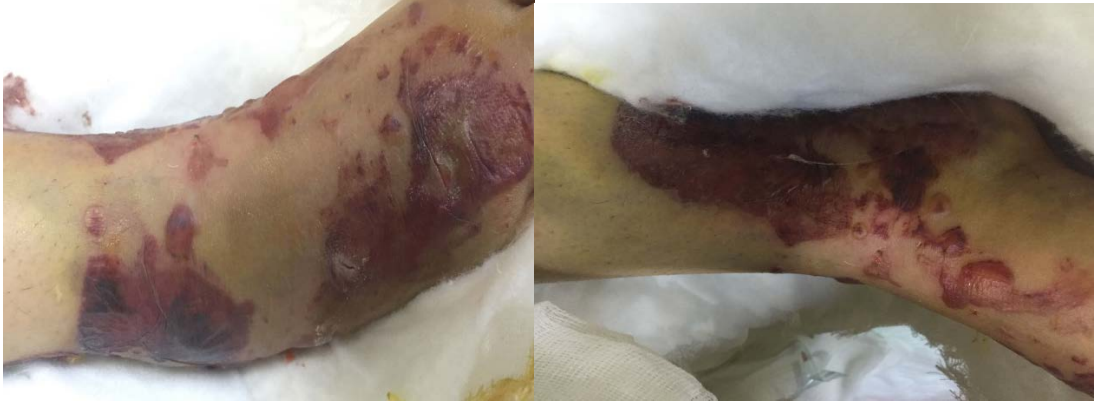
2.2. Klinik Değerlendirme

Kalkaneus kırıkları genellikle direkt olarak talus'un aksiyel yüklenmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, küçük bir kısmı bükücü kuvvetler sonucunda meydana gelebilmektedir. Çoğu vakada sebep yüksekten düşme olsa da araç içi trafik kazaları da artan bir sebep olarak göze çarpmaktadır.

Kırığı düşündürülen en önemli semptom topuk bölgesindeki ağrı ve yük verememedir.

En sık gözlenen bulgular hassasiyet, şişlik ve ekimozdur (**Şekil 2.2.1**). Her ne kadar patognomonik olmasa da plantar ekimoz bu kırık için oldukça spesifik bir bulgudur (60).

Yüksek enerjili yaralanmalarda ciltte bül oluşumu genellikle kazadan sonraki ilk 36 saat içinde izlenmektedir (61).



Şekil 2.2.1: Bilateral kalkaneus kırıklı hastada cilt görünümü

Kalkaneus kırığının oluşması için genellikle yüksek enerjili travmalar gerekmesi nedeniyle, bu kırıklar sıklıkla diğer bölge kırıkları ile birlikte görülür. Bunlar içinde de en sık ekstremiteler kırıkları eşlik etmektedir. Ayrıca, hastaların %10'unda omurga yaralanmaları gözlenmektedir. Omurgada en sık olarak lomber bölge etkilenmektedir (37). Bu nedenle kalkaneus kırığı olan hastaların ilk muayeneleri sırasında eşlik edebilecek diğer kırıklar açısından uyanık olunmalı ve ayrıntılı bir sistemik muayene yapılmalıdır.

Hastaların yaklaşık %10'unda ise kompartman sendromu görülmektedir. Kompartmana giden hastaların yaklaşık %50'sinde küçük parmaklarda pençeleşme ve sertlik, nörovasküler disfonksiyon gibi ayak deformiteleri izlenmektedir (38). Medial, lateral ve yüzeysel kompartmanlar tüm ayak uzunluğu boyunca mevcutken, diğer 6 kompartman (1 kalkaneal; 4 interosseöz; 1 addüktör) ayak önü ve arkasında yerleşmiştir. Bu karmaşık anatomi, kompartman sendromu tanısını güçleştirmekte ve fasyotomiye zahmetli hale getirmektedir. Klinik olarak çok fazla ödem ve şiddetli ağrı, kompartman sendromu tanısını akla getirmelidir.

İlk değerlendirmede şişliği azaltmak ve bül oluşumunu önlemek için ayak Jones bandajına alınmalı veya posterior atel uygulanmalıdır. Bül mevcudiyetinde veya çok aşırı şişlik olması durumunda yaralar epitelize olana ve kırışıklık testi (wrinkle test) pozitifleşene kadar cerrahi müdahale ertelenmelidir (**Şekil 2.2.2**). Cerrahi uygulanabilmesi için ayak dorsifleksiyon ve eversiyonda iken topuğun lateral yüzünde normal deri kıvrımları boyunca

cilt kırışabilmelidir. Genellikle ödemin azalması ve kırışıklık testinin pozitifleşmesi için 1 hafta geçmektedir. Bazı hastalarda ise 2-3 hafta sürebilmektedir. Pnömatik kompresyon cihazlarının kullanılması cerrahiye kadar geçen süreyi kısaltabilmektedir (43).



Şekil 2.2.2: Kırışıklık Testi. Plantar fleksiyonda iken normal turgora sahip olan cildin, dorsifleksiyon ile kırışıklık kazanması.

Açık kırıklarda en kısa sürede yıkama ve debritleme şarttır. Kompartman sendromu şüphesinde acil fasyotomi yapılmalıdır. Açık kırığa ilk müdahaleden sonra yerleştirilen eksternal fiksasyonlar sıklıkla kalkaneusun yükseklik, genişlik ve uzunluğunu yeniden restore etmektedir. Ancak, çoğu zaman eklem redüksiyonu sağlanamamaktadır. Yumuşak doku hasarının derecesine bağlı olarak kademeli açık redüksiyon planlanabilir.

2.3. Radyolojik Değerlendirme

2.3.1. Direkt Radyografi

Kalkaneus kırığı bulunan hastalarda öncelikle konvansiyonel radyografik görüntülemeler yapılmalıdır. Temel olarak ayak bileğine yönelik beş görüntüleme şekli kullanılmaktadır. Bunlar lateral, anteroposterior (AP), Harris aksiyel, Broden görüntüleme ve oblik görüntülerdir. İlk üçü standart olarak çekilmesi gerekirken, oblik grafi kırık hattının kalkaneokuboid eklem ve anterior çıkıntıya uzanımını değerlendirebilmek için ihtiyaç duyulduğunda

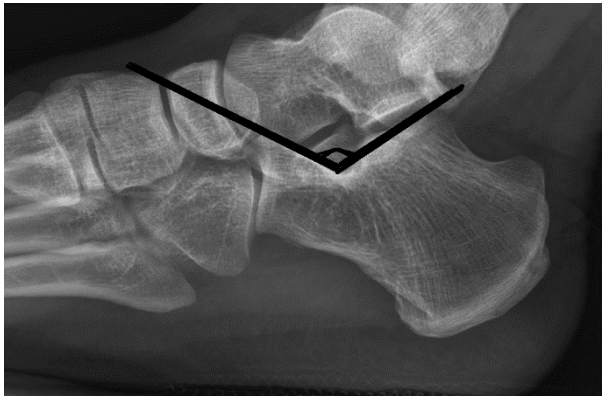
kullanılır. Broden grafisi ise genel olarak cerrahi sırasında floroskopi ile alınan bir görüntüdür (39-42).

Lateral ayak bileği grafisi ilk çekilen grafidir. Tek başına kalkaneus kırığı tespit etmeye yeterli olabilir. Bu grafide posterior fasetteki çökme ve rotasyon miktarı, Böhler ve Gissane açıları, kalkaneus yüksekliğindeki azalma değerlendirilir. Dil tipi ve eklem çökme tipi kırıklar ayırt edilir (39-43).

Böhler açısı; kalkaneusun anterior çıkıntısındaki en yüksek noktadan posterior eklem en yüksek noktasına çizilen bir çizgi ile tüberositasın üst yüzeyine teğet çekilen çizgi arasındaki açıdır (1). Normalde 20 ile 40 derece arasındadır. (**Şekil 2.3.1.1**) Gissane açısı; Arka fasetin lateral kenarı boyunca uzanan diğeri kalkaneus üst ucunun anteriorundan geçen iki kortikal çizginin arasında oluşan açıdır. Normalde 95-105 derece arasındadır (3,44). (**Şekil 2.3.1.2**)



Şekil 2.3.1.1: Lateral grafide Böhler açısının ölçümü.



Şekil 2.3.1.2: Lateral grafide Gissane açısının ölçümü.

Genelde eklem içi kalkaneus kırığında Böhler açısında azalma, Gissane açısında ise artma beklenir. Ancak bazı kırıklarda kalkaneus posterior fasetinin sadece lateral kenarında çökme oluşur, bu durumda lateral grafide “double density” (çift gölgelenme) denen tipik görüntü elde edilir. (**Şekil 2.3.1.3**) Bu durumda açısal değişiklik olmayabilir (43). McLaughlin eklem içi kırık olmamasına rağmen dil tipi kırık ya da gaga tipi kalkaneal çıkıntı kırıklarında böhler açısının değiştiğini, bu sebeple güvenilirliğinin ve kullanımının kısıtlı olduğunu savunmuştur (45-46). Grafinin net değerlendirilebilmesi için standart şekilde çekilmesi gerekir. Hastanın lateral malleolü kasete tam değerken, ışın medial malleole tam dik gelecek şekilde ayarlanmalıdır (47).



Şekil 2.3.1.3: Lateral grafide çift gölgelenme (double density) görüntüsü.

AP ayak bileği grafisinde özellikle kırığın anterolateral parçası ve kırık hattının kalkaneokuboid ekleme uzanımı incelenir. Ayrıca eşlik eden kırıklı çıkıklarda lateral talar tilt ya da kalkaneofibular ilişkiyi göstermeye yarar (40,42,43,48). Hasta supin pozisyonda uzanırken ayak nötral pozisyonda, topuk kaset üzerinde, ayak tabanı kasete ve bacağa dik olacak şekilde, ışın malleoller arası mesafenin ortasına gelecek şekilde çekilir (47).

Harris aksiyel görüntüleme, kalkaneusta yükseklik kaybı, gövde genişliğinde artma ve tuber kalkaneide varus açılanmasının değerlendirilebildiği özel bir grafidir. Acil şartlarda ağrı sebebiyle çekimi zor

olsa da kırık hakkında önemli bilgi verdiği için çekilmesi önerilir (40,42,43,49).Ayrıca postop kontrol grafi olarak çekilerek varustaki düzelmenin ve süstantakulum taliye atılan vidanın yerinin gösterilmesinde kullanılabilir.(**Şekil 2.3.1.4**)

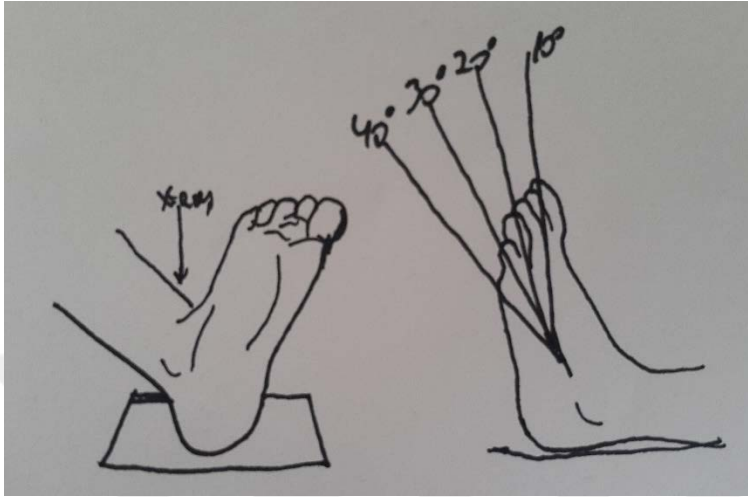


Şekil 2.3.1.4: Postoperatif çekilmiş Harris grafisi

Bunlar dışında standart olarak çekilmese de gerek görülmesi halinde, oblik grafiler ile oluşan kırık hatlarının uzanımı, orta ayak ve kalkaneus anterior kısmındaki patolojiler gösterilebilir (40,42,43,49).

Broden grafisi ise, genellikle ameliyat sırasında redüksiyonun değerlendirilmesi için çekilen bir grafidir. Bu sebeple kalkaneus kırığına cerrahi planlandığında, ameliyat öncesi hazırlıkta, intraoperatif Broden grafisinin kullanılması gerekebileceği düşünülerek pozisyonlama ve skopi kontrolü yapılması önerilmektedir. Broden grafisi çekilirken, hastanın ayağı nötral pozisyonda, bacak 30-40° iç rotasyonda, ışın lateral malleole gelecek şekilde seri olarak çekilir. Işın, hastanın başı yönüne 10°, 20°, 30° ve 40° açıldırılarak görüntüler alınır. (**Şekil 2.3.1.5**) Bu grafi ile posterior faset

durumu ve redüksiyonu hakkında bilgi alınır. 10° ile çekilen grafide posterior fasetin posterior kısmı, 40° ile çekilen grafide ise posterior fasetin anterior kısmı daha net görülür (43,47,48).



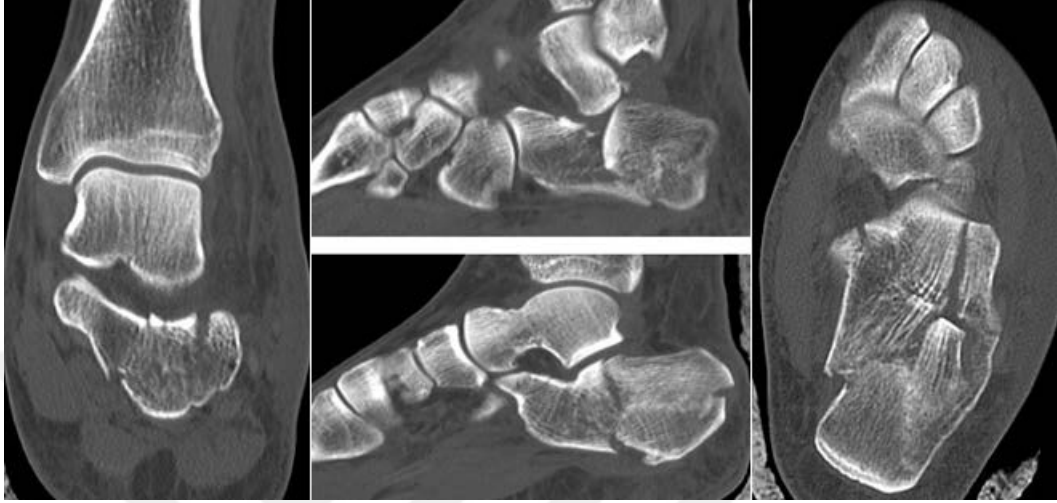
Şekil 2.3.1.5: Broden grafisinin çekim şeması

2.3.2. Bilgisayarlı Tomografi

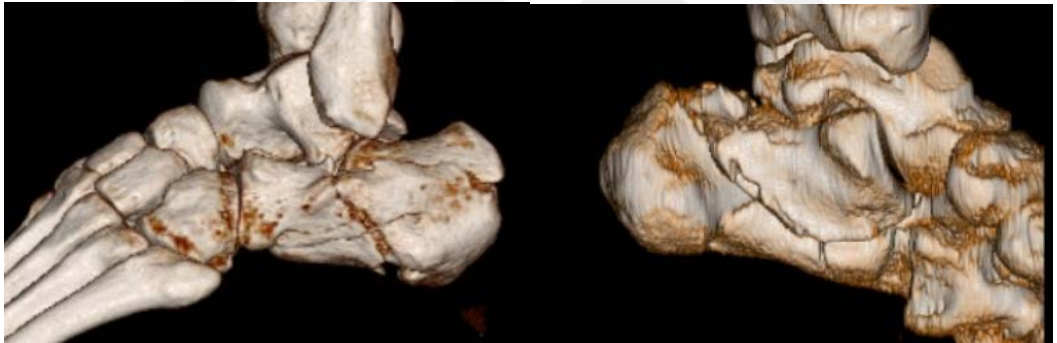
Konvansiyonel radyografi dışında günümüzde en sık kullanılan yöntem BT'dir. BT' nin kullanımı öncesinde kalkaneus kırıklarında tanı ve sınıflandırma amaçlı sadece direkt radyografik görüntülemeler kullanılmaktayken, 1980'li yıllardan sonra BT' nin yaygın olarak kullanılmaya başlanması bu kırıkların tanı, sınıflandırma ve tedavisinde yeni bir sayfa açmıştır (9-15).

Kalkaneusun eklem yüzeylerinin net olarak değerlendirilebilmesi için ayak altına destek koyarak görüntülerin horizontal planla 60° açı yapacak şekilde alınması gerekir, böylece ışın posterior faseti tam dik olarak keser (42,50,51). Ayrıntılı bir değerlendirme için mutlak suretle hem koronal hem aksiyel (transvers) hem de sagittal düzlemde, 2- 3 mm kesit aralığında görüntüler elde edilmelidir (40-43,48,51). Koronal düzlem görüntülerinde; posterior faset, sustentakulum, topuğun durumu, kalkaneal çıkıntındaki açılanma, kalkaneus gövdesindeki genişleme ve kısılma, lateral kalkaneal duvar incelenir. Aksiyel kesitlerde ise kalkaneokuboid eklem, posterior faset

anteroinferior kısmı, sustentakulum incelenir (40,43). Sagittal kesitler de posterior faset, kalkaneal çıkıntı ve anterior çıkıntı hakkında bilgi verir. (**Şekil 2.3.2.1**) Günümüzde 3 boyutlu BT kesitleri de alınabilmekte, bu görüntüler kırık hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. (**Şekil 2.3.2.2**)



Şekil 2.3.2.1: Bilgisayarlı Tomografi koronal, sagittal ve aksiyel kesit örnekleri



Şekil 2.3.2.2: Bilgisayarlı Tomografi 3 boyutlu kesit örnekleri

2.4. Sınıflama

Kalkaneus kırıklarındaki sınıflamalar teknoloji ile birlikte gelişme göstermiş olup değişik görüntüleme tekniklerine göre tariflenmiştir. Buna göre sınıflamaları iki başlık altında toplayabiliriz.

2.4.1. Direkt Radyografiye Dayanan Sınıflamalar

- A. Essex Lopresti sınıflandırması (1952)
- B. Rowe sınıflandırması (1963)
- C. Soeur ve Remy sınıflandırması (1975)

İlk olarak 1851 de Malgaigne tarafından bir sınıflama yapılırsa da geniş anlamda kabul görmüş ilk sınıflama 1952 yılında Essex-Lopresti tarafından tanımlanmıştır (3,30). Buna göre kırıklar subtalar eklemi içeren ve içermeyen kırıklar olarak iki sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflama kırık lokalizasyonunu gösteren ancak ayrılmış fragman sayısı hakkında bilgi vermeyen bir sınıflamadır.

Essex-Lopresti Sınıflaması(3)

I. Subtalar eklemi içermeyen

A.Tuberasitas kırıkları

- 1.Gaga tipi
- 2.Medial kenar kopma kırığı
- 3.Vertikal
- 4.Horizontal

B. Kalkaneoküboid eklemi içeren kırıklar

- 1.Papağan gagası tipi
- 2.Değişik tiplerde

II. Subtalar eklemi içeren

- 1.Dil tipi (deplase)
- 2.Santro-lateral eklem çökmesi
- 3.Sustentakulumun tek başına kırığı
- 4.Eklem ve hemen altında parçalı kırık
- 5.Subtalar ekleme dislokasyon

Rowe Sınıflandırması (27)

Tip 1: Kalkaneal çıkıntı, sustentakulum ya da anterior çıkıntı kırığı (%21)

Tip 2a: Gaga (beak) kırığı

Tip 2b: Aşil tendon avülsiyon kırığı (%3,8)

Tip 3: Subtalar eklemde uzanmayan oblik kırık (%19,5)

Tip 4: Subtalar eklemi içeren kırık (%24,7)

Tip 5: Subtalar eklemde santral çökme ya da çok parçalı kırık (%31)

Soeur ve Remy Sınıflandırması (52)

A.Talamik bölgeyi içermeyen (eklem dışı) kırık

B.Talamik bölge (eklem içi) kırığı

- I. Vertikal kompresyon kırığı
- II. Makaslama veya makaslama ve kompresyon kombinasyon kırıkları
 - 1. Derece: Basit makaslama
 - 2. Derece: Makaslama ve kompresyon kırıkları
 - 3. Derece: Çok parçalı kırıklar

2.4.2. Bilgisayarlı Tomografi Taramalarına Dayanan Sınıflamalar

- A. Crosby ve Fitzgibbons sınıflandırması (1990)
- B. Sanders sınıflandırması (1993)

BT'nin kullanılmaya başlanması ile birlikte yeni sınıflama sistemleri ortaya atılmaya başlandı. Crosby ve Fitzgibbons eklem içi kalkaneus kırıklarını BT kullanarak arka fasetin ayrılma miktarına göre üçe ayırarak sınıflamışlardır (53). Tip 1 kırıkta iki mm' den az arka faset ayrılması olduğundan, tip 2' de iki mm' den daha fazla ayrılma ve parçalı kırık yapısından, tip 3 kırıkta ise ileri derecede ayrılmış ve parçalı kırıktan bahsetmişlerdir. Crosby ve Fitzgibbons bu sınıflamanın prognoz tahmini açısından faydalı olduğunu savunmuşlardır. Buna göre, tip 3 'ün prognozu oldukça kötüdür.

Sanders ve arkadaşları (54) koronal ve aksiyel tomografi kesitlerini kullanarak yeni bir sınıflama yöntemi geliştirmişlerdir (**Şekil 2.4.2.1**). Sınıflandırmada, koronal düzlemde, posterior fasetin en geniş olduğu yerden alınan kesitte talus 3 eşit parçaya ayrılır. Bu parçaların kalkaneustaki izdüşümü ile lateral, santral ve medial parçalar oluşur. Sustentaküler kısım ile birlikte kalkaneus toplam 4 parçaya ayrılır. Tüm nondeplase kırıklar, kaç kırık hattı olursa olsun tip 1 olarak sınıflandırılır. Tip 2 kırıklarda arka faset ikiye ayrılmıştır ve primer kırık hattına göre A, B ve C olarak alt gruplara ayrılırlar. Tip 3' te 3 kırık parça vardır ve genellikle çökme de eşlik eder. Tip 4 kırıklar çok parçalı kırıklardır.

Sanders'ın BT sınıflaması ayrılmış parça sayısı ve subtalar eklem durumu hakkında ayrıntılı bilgi vermektedir. Bunun klinik açıdan önemi prognoz hakkında bilgi veriyor olmasıdır. Kırık parça sayısı attıkça prognoz kötüleşmektedir.

Sanders Sınıflaması (54)

Tip 1: Kırık parça sayısından bağımsız olarak, deplase olmayan bütün kırıklar

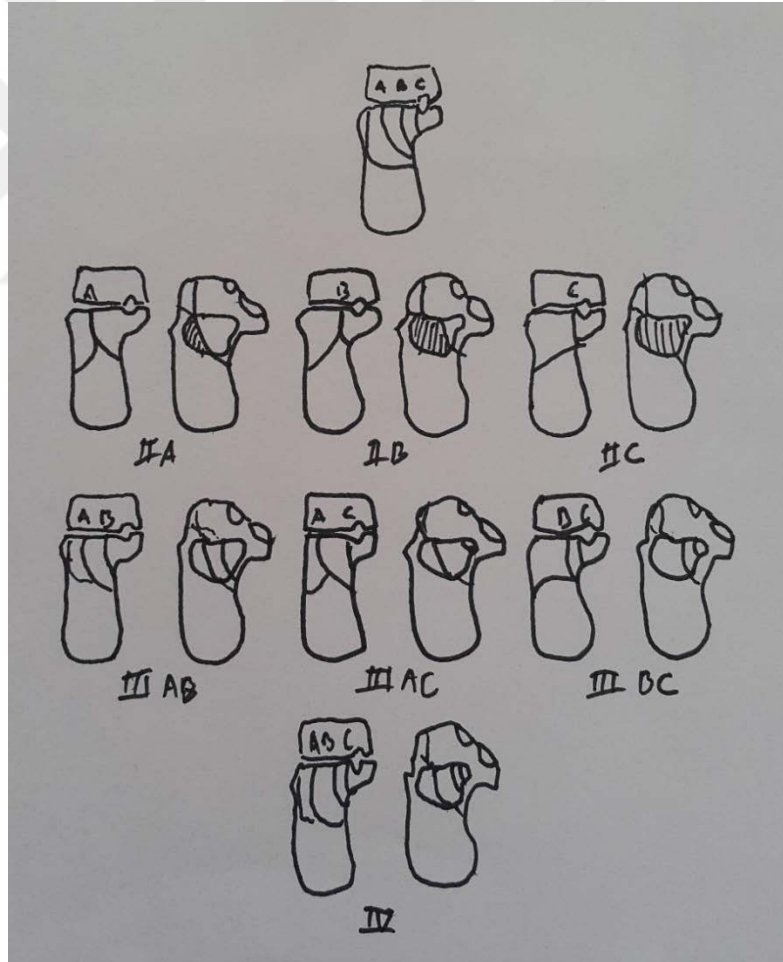
Tip 2: iki parçalı kırıklardır. Tek kırık hattı vardır ve ona göre isimlendirilir

Tip 2A / Tip 2B / Tip 2C

Tip 3: üç parçalı kırıklardır, ortada çökmüş bir parça bulunur. İki kırık hattı vardır ve ona göre isimlendirilir.

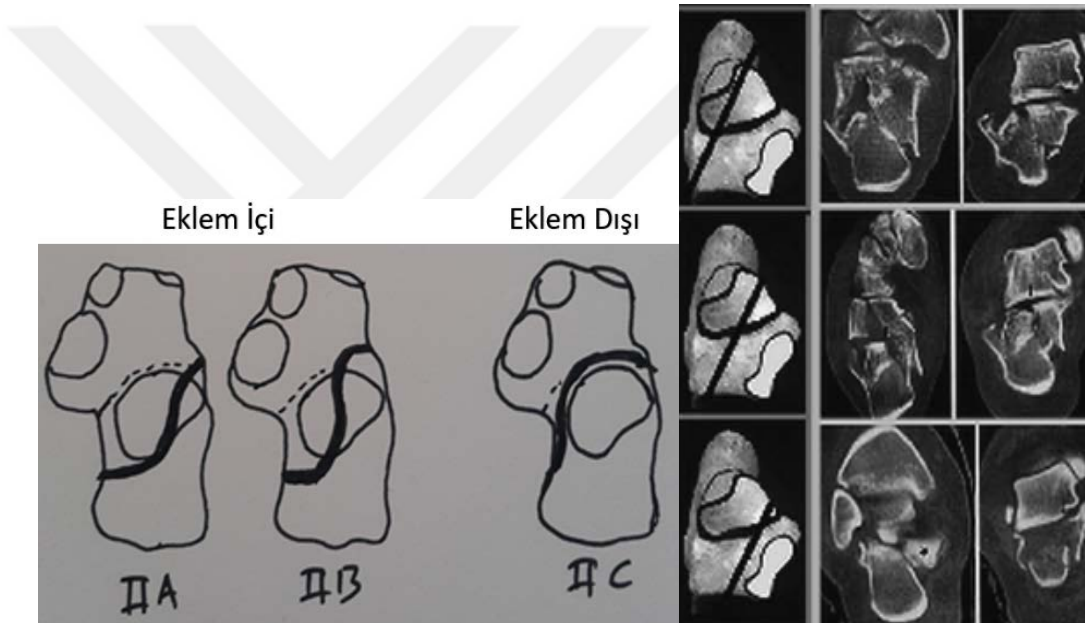
Tip 3AB / Tip 3AC / Tip 3BC

Tip 4 : 4 parçalı kırıklardır, çok parçalı olurlar



Şekil 2.4.2.1: Bilgisayarlı Tomografi kesitleri ile Sanders Sınıflaması

Sanders sınıflaması eklem çökme tipi kırıklar için hazırlanmış ve kategorize edilmiştir. Ancak, lateral direk grafi de ilave edilerek eklem çökme tipi mi yoksa dil tipi kırık mı ayrımının yapılmasıyla, dil tip kırıklar da bu sistem kullanılarak sınıflandırılabilir. Gerçek dil tip kırıklar tip IIC kırıklardır ve eklem yüzeyinin tamamı ya da tamamına yakın bir kısmı kırık parçayla beraber ayrılmıştır ama bütünlüğünün çoğunluğu korunmaktadır. Kırık hattının eklem uzanması durumunda kırık tipik olarak IIB olur. Bu tip kırıkların belirlenmesi ve sınıflanması, eklemi ilgilendirip ilgilendirmemesi sebebiyle, tedavi metodunu ve cerrahi yaklaşımı değiştireceğinden önemlidir. (Şekil 2.4.2.2)



Şekil 2.4.2.2: Dil tipi kırıkların Sanders Sınıflaması ile sınıflandırılması

2.5. Tedavi Seçenekleri

Kalkaneus kırıklı hastalarda tedavi planını etkileyen önemli faktörler mevcuttur. Hastanın yaşı, genel sağlık durumu, kırık şekli, ek yumuşak doku yaralanması, eşlik eden sistemik bir hastalığının varlığı, sigara içme alışkanlığı ve cerrahın tecrübesi bunlardan başlıcalarıdır.

2.5.1. Konservatif Tedavi

Ameliyatsız tedavi, yaklaşık 3 ay yük vermeden ancak olabildiğince erken harekete başlanması şeklindedir. Ayak alçı-atel içinde nötral

pozisyonda tutularak ekin deformitesi gelişmemesi sağlanmaya çalışılır. Ayrıca, kompresyon çoraplarının kullanımı da mevcut ödemi azaltmada faydalı olabilir. Erken dönemde subtalar eklem ve ayak bileği eklemi hareket açıklığını korumak için önce pasif sonra kademeli olarak aktif olacak şekilde egzersizler başlatılır. Ancak radyolojik olarak kaynama görülünceye kadar yük vermekten kaçınılması önerilir. Radyolojik olarak kaynama görülmesini takiben kademeli yük vermeye başlanabilir.

Konservatif tedavi ile özellikle ayrılmamış tip I kırıklarda başarılı olunabilmektedir (17,53). Eklem içi ayrılması olan hastalardaki temel problem, bu yöntemle eklem yüzünde redüksiyonun tam olarak hiçbir zaman elde edilememesidir. Topuk kısalır ve genişler. Ayak bileği mortisinde, talus dorsifleksiyonda kalır ve lateral duvarda meydana gelen daralmayla beraber peroneal tendonlar da üst üste geçer. Cerrahi tedavinin planlanmadığı tip IV kırıklarda da konservatif tedavi hem başlıca tedavi şekli hem de ileride yapılması planlanan subtalar artrodez öncesi birinci basamak tedavi olarak düşünülebilir. Konservatif tedavi için endikasyonlar; ayrılmamış kırıklar, kalkaneokuboid eklemde %25' inden azını ilgilendiren anterior çıkıntı kırıkları, hayati tehlike yaratacak ek yaralanmaların mevcudiyeti, cerrahi tedaviyi engelleyen yumuşak doku problemlerinin olması, şiddetli periferik vasküler hastalık veya insülin bağımlı diabet hastalığının eşlik etmesi ve cerrahi tedaviyi ya da yapılacak anesteziyi tolere edemeyecek genel durum bozukluğu varlığı olarak sayılabilir. Sigara, alkol kullanımı, ileri yaş ise rölatif endikasyonlardır.

2.5.2. Cerrahi Tedavi

Tüm kalkaneus kırıklarında cerrahi tedavinin hedefi, ağrısız, işlevsel, düzgün morfolojiye sahip ve yere tam basabilen bir ayak elde etmektir. Cerrahi tedavi gerektiren durumlar olarak; arka faseti ilgilendiren çökme tipi eklem içi ayrılmış kırıklar, kalkaneokuboid eklemde %25' inden fazlasını ilgilendiren anterior çıkıntı kırıkları, deplase kalkaneal gaga ve dil tipi kırıkları, kalkaneusun kırıklı çıkıkları ve seçilmiş kalkaneal açık kırıklar olarak sayılabilir.

Açık Redüksiyon

Açık redüksiyonda amaç; arka faset devamlılığının sağlanması, Böhler ve Gisanne açılarının düzeltilmesi, tuberositasın valgus pozisyonunda düzenliliğinin sağlanması ve varsa kalkaneoküboid eklem kırığının redüksiyonudur (3,6,55,56). Cerrahi tedavi kararı alındığı zaman, kırık konsolidasyonu olmadan ilk 3 hafta içinde ameliyat yapılmalıdır. Aksi takdirde kırık parçaların uygun redüksiyonu gerçekleştirilemeyebilir (57).

Eğer ayak ödemli ise ödem gerileyene ve kırışıklık testi pozitifleşene kadar ameliyat ertelenmelidir (58). Ödemin tam olarak geçmesi bir yada iki haftayı bulabilir. Bu sebeple çeşitli yöntemlerle ödem azaltılmalıdır. Kırışıklık testi dorsifleksiyon ve eversiyonda normal turgor basıncına dönmüş olan ciltte pozitif olur.

Bilgisayarlı tomografi, cerrahi tedaviye karar vermede ve kırığın sınıflandırılmasında en önemli görüntüleme aracıdır. Sanders sınıflamasına göre tip 2 ve 3 kırıklar cerrahi olarak tedavi edilmelidir. Tip 1 kırıklarda posterior faset devamlılığı bozulmadığı için, tip 4 kırıklarda ise anatomik redüksiyon yapılamayacağı için konservatif tedavi tercih edilmelidir. Açık redüksiyonda medial yaklaşım (Mc Reynolds-Bordeaux) (62), kombine medial ve lateral yaklaşım (Stephanson) (63) veya lateral yaklaşım (Sangeorzan, Sanders) (17,35) kullanılabilir. Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, topuk bölgesinin dolaşımının iyi olmadığı ve mümkün olduğu kadar keskin diseksiyon yapılması gerektiği unutulmamalıdır (57).

Son zamanlarda kalkaneus kırıklarının açık cerrahisi için, parçalanma miktarından bağımsız olarak kalkaneal uzunluğun yüksekliğin ve genişliğin sağlanabildiği tek başına lateral insizyonun kullanımı popüler olmuştur. Literatürde de bu yöntemle iyi sonuçlar alındığını belirten büyük seriler göze çarpmaktadır (17,35). Kliniğimizde de genellikle bu yaklaşım kullanılmakta olup posterior faset için çektirme vidası, kalkaneal gövde için kilitli plak ile tespit uygulanmaktadır. (**Şekil 2.5.2.1-2**)



Şekil 2.5.2.1: Lateral insizyon ile parçalı kalkaneus kırığı redüksiyonu ve tespiti



Şekil 2.5.2.2: Lateral insizyon ile cerrahi tedavi uygulanan parçalı kalkaneus kırığı preop ve postop grafileri

Perkütan tespit

Perkütan tespit ilk olarak 1935'te Westhues tarafından tariflenen tekniğin bir modifikasyonudur (34). Gissane' nin redüksiyonu gerçekleştirmek için geliştirdiği özel alet daha sonra Essex-Lopresti tarafından popularize edilmiş ve onların adıyla anılmaya başlanmıştır (3,30). Essex-Lopresti yönteminde (aksiyel tespit) prone pozisyonunda yatmakta olan hastaya Aşilin yapışma yerinin hemen dış yanından yapılan küçük kesiden, bir adet Steinman çivisi tuberositasa uzunlamasına dışa açılanmış pozisyondayken

gönderilir. Akabinde skopi eşliğinde kırık parça redükte edilmeye çalışılır. Diz fleksiyonu düzeltilir ve çivi yardımıyla diz yerden ayrılana kadar yukarı kaldırma işlemine devam ettirilir. Ayak önü tarsal eklemler hizasında tutulur ve diğer elle ayak hiperfleksiyona getirilir. Böylece, kırık parça yukarı doğru kaldırılır. Redüksiyonun elde edilmesinden sonra kısa bacak sirküler alçı uygulanır

(Şekil 2.5.2.3).

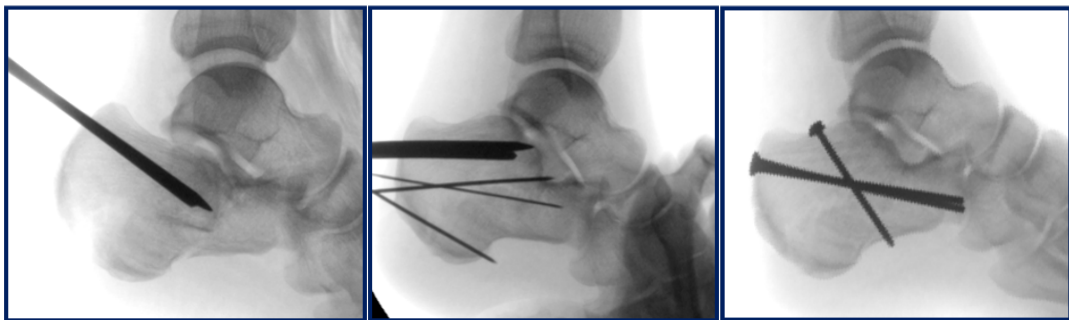
Perkütan yöntemi uygulayabilmek için eklem yüzü parçası net ortaya çıkarılmadan da yönlendirilebilir olmalıdır. Kırık hattının temizlenmesi mümkün olmadığı için erken dönemde uygulanmalı ya da intraartiküler yüzeylerin temizlenmesi ya da debirmanına gerek olmayan tipte bir kırık olmalıdır. Bu yöntem için ideal aday dil tipi Sanders Tip IIC kırıklardır ki, bu kırıklarda arka fasetin tüberositas ile devamlılığı mevcuttur ve sustentakulumdan ayrılmıştır. Ancak faseti enine geçen veya impakte eden bir kırık çizgisi içermemektedir.



Şekil 2.5.2.3: Essex-Lopresti yöntemi ile perkütan tespit

Sonraki yıllarda bu teknik kanüle vidaların yardımıyla daha başarılı şekilde uygulanabilmektedir. Tornetta 46 hastadan 41'inde redüksiyonda başarı elde etmiştir (24). Bu yöntemde, intraoperatif skopi eşliğinde, redüksiyon değerlendirilmelidir. Redüksiyon elde edilirken üç milimetre (mm) kirschner-teli (K-teli) posterior kalkaneusun süperiorundan, Aşil tendonunun yanından (medial ya da lateral) gönderilir. Telin yönü ayrılmış arka fasetin ön kısmının inferiorundan çıkacak şekilde hizalanmalıdır. Ancak tel, eklemden daha ileri geçmemelidir. Tip IIC kırıklarda ikinci bir K-teli birinci tele göre daha mediale yerleştirilir. İki tel birbirine paralel olmalıdır. Teller uygun şekilde yerleştirildikten sonra birinci tel ile redüksiyon gerçekleştirilir. Sonrasında ikinci tel üzerinden kanüle vida gönderilir. Ek olarak başka bir vida veya tel yerleştirilebilir (**Şekil 2.5.2.4**). Sangeorzan ve Ringer de dil tipi kırıkları minimal invaziv redüksiyon ve fiksasyon ile tedavi etmiştir. Kırık fragman dizilimini klasik yöntemle yapıp tespit için iki adet aksiyel ve bir adet lateral yüzeyden sustentakulumla doğru olacak şekilde üç vida kullanmışlardır (64).

Son yıllarda bazı yazarlar minimal invaziv yöntem olarak sinüs tarsi insizyonunu kullanarak mini plak ya da vidalarla fiksasyonda başarılı sonuçlar bildirmişlerdir. Nosewicz, sanders tip II ve tip III kırıklarda uyguladığı sinüs tarsi insizyonu ile 1 yıllık takip sonucunda iyi sonuçlar bildirmiştir (65).



Şekil 2.5.2.4: Tornetta'nın yöntemi ile perkutan tespit

Gardner ve arkadaşları deplase dil tipi kırıklara eşlik edebilecek Aşil tendon posteriorundaki cilt lezyonlarına dikkat çekmişler ve bu kırıklarda acil operasyonun, perkutan redüksiyon ve tespit öneminde bahsetmişlerdir

(26). Acil opere edilmeyen hastaların Aşil tendon posteriorunda tam kat nekroza ulaşabilecek cilt lezyonları görülebilmektedir. (**Şekil 2.5.2.5**)

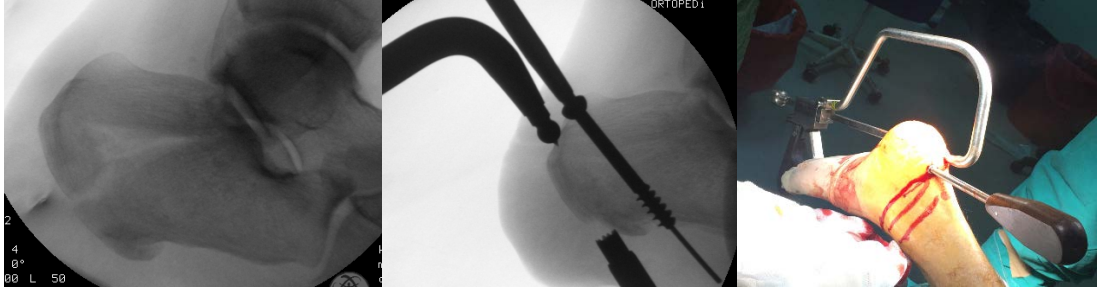


Şekil 2.5.2.5: Dil tip kalkaneus kırığı sonrası bası nekrozu

Kliniğimizde de özellikle deplase dil tip kırıkları acil şartlarda, ameliyathaneye alınabilecek en erken zamanda opere edilmeye çalışılmakta, redüksiyon için perkütan yöntemler kombine şekilde uygulanarak genellikle iki adet aksiyel vida ile tespit sağlanmaktadır. (**Şekil 2.5.2.6-7**)



Şekil 2.5.2.6: Kliniğimizde yapılan Dil tip kalkaneus kırığı örneği



Şekil 2.5.2.7: Kliniğimizde yapılan Dil tip kırık perkutan redüksiyon ve tespit örneği

Subtalar artrodez

Günümüzde primer füzyon sadece Sanders tip 4 kırık tipine uyan kırıklarda uygulanmaktadır (54,58). Bu vakalarda kalkaneus cisminin restorasyonu sağlanıp eklem yüzlerindeki kırıkdağın temizlenmesini takiben otojen spongioz kemik greftleri ile artrodez gerçekleştirilir. Genellikle 6,5-8,0 mm' lik kanüle spongioz çektirme vidaları posterior tuberositastan talus domuna gönderilerek füzyon gerçekleştirilir. Hastalar üç ay boyunca yük vermeden, pasif ve aktif eklem hareket açıklığı sağlanacak şekilde mobilize edilirler.

Subtalar artrodez çok parçalı kırıklarda uygun rekonstrüksiyonun yapılamadığı zamanlarda primer tedavi yöntemi olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda bu yöntem, tedavisi zor olan kırıklarda açık redüksiyon ve internal tespit ile kombine edilerek efektif olarak uygulanmaktadır (58,66).

2.6. Komplikasyonlar

2.6.1. Yara problemleri ve kalkaneal osteomyelit

Kalkaneus kırıklarına uygulanan cerrahi işlemler sonrası en sık karşılaşılan sorunlar yara yeri problemleridir (58). (**Şekil 2.6.1.1**) Eğer operasyon sonrası yara yeri kapatılması gerçekleştirilemiyorsa, birkaç gün sonra gecikmiş primer kapama denenmelidir. Ancak, operasyon bölgesindeki insizyon köşe açısına bağlı olarak bir aya kadar tam kapanma gecikebilir. Daha fazla açılmaları önlemek için tüm hareketler kısıtlanır. Hasta, günlük pansuman ile takip edilmeli ve bu sürede oral antibiyotik tedavisi uygulanmalıdır. Tam kat olmayan kalınlıktaki nekrozlarda da bu tedavi

yöntemi ile başarı elde edilebilir. Eğer başarısız olunursa fasio-kutanöz flep'e ihtiyaç duyulabilir.

Pürülan, kokulu akıntı varlığında tekrarlayan yıkama ve debridmanlar yapılmalıdır. Çoğu hastada osteomyelit gelişmesi beklenmez. Eğer, osteomyelit olduğu düşünülürse tüm implantlar, nekrotik doku ve enfekte kemik parçaları çıkarılır. Tekrarlayan debridman ve 6 hafta kültürde üretilen mikroorganizmaya uygun antibiyotik tedavisi, füzyon veya amputasyon tedavilerinden en uygunu seçilmelidir. Geniş serilerde yüzeysel yara nekrozu %10-13 oranında, derin yara enfeksiyonu ise %1,3-2,5 oranında bildirilmiştir (54).



Şekil 2.6.1.1: Yara dudaklarında nekroz; 5. gün ve 2. ay görüntüsü

2.6.2. Nörolojik komplikasyonlar

Sinir Sıkışması: Sıklıkla konservatif tedavi yöntemleri ile tedavi edilen hastalarda ortaya çıkar. Posterior tibial sinir sıkışması yanlış ya da uygun olmayan pozisyonda kaynamış kırıklara bağlı oluşur (67). Ağrı genellikle geceleri, ayakta veya yürürken ortaya çıkar. Hastalar iç topuk ağrısı ve posterior tibial sinirin uzandığı sahada duyu kusurundan, hissizlikten şikayet eder. Teşhis tarsal tünele lokal anestezi enjeksiyonu ile doğrulanabilir. Eğer, halen şüphe varsa elektrodiagnostik yöntemler kullanılabilir. Cerrahi dekompresyon sıklıkla tedavi edici olur ve sonuçları memnun edicidir.

Sudeck atrofisi: Çoğunlukla dikkatsiz ve özensizce seçilen tedavi metodları sonrası ortaya çıkar. Bir kez oluştuğunda hastada uzun süreli fonksiyonel yetersizliğe sebep olur. Klinik olarak kırıkla ya da yapılan tedavi yöntemi ile orantısız ağrı, soğuk ve nemli cilt, dokunma ile aşırı hassasiyet ve

ayakkabı giymede güçlük çekme gibi problemler izlenir. Alternatif olarak lomber bölgeden uygulanan sempatik blokaj, termogram ve kemik sintigrafisi ile tanı konabilir. Bu hastalarda kırık iyileşirken yapılan fizik tedavi sırasında, masaj ve yük verme esnasında semptomların giderek azalmak yerine artması uyarıcı olmalıdır. Sudeck atrofisi gelişen hastalara sıcak-soğuk su banyoları verilir. Ağırılık vermesi önerilir. Kalsitonin preparatları eş zamanlı kullanılabilir.

Kutanöz Sinir Yaralanması: Lateral yaklaşım esnasında sural sinirde yaralanma gözlenebilir. Medial yaklaşımda ise posterior tibial sinirin kalkaneal dalı yaralanabilir. Yaralanma sonrası nöroma ve duyu kusuru yaratabilecek lezyonlar ortaya çıkabilir. Konservatif yöntemlerle tedavi tercih edilir. Eğer ağrılı nöroma oluşur ise cerrahi tedavi seçilerek eksize etmek gerekebilir.

2.6.3. Artroz

Subtalar Artroz: Cerrahi tedavide internal tespitin amacı posterior fasette anatomik redüksiyonun sağlanmasıdır. Yetersiz redüksiyon durumunda, vidanın ekleme protrude olduğu durumlarda veya yaralanma esnasında geniş eklem hasarının olduğu vakalarda hızlı bir bozulma söz konusudur. Klinik olarak şiddetli ağrı ve eklem hareketlerinde yetersizlik izlenmektedir. Tam anatomik redüksiyon gerçekleştirilse bile eklem hasarı olduğu için subtalar artroz gelişme ihtimali mevcuttur (58). Eğer klinik ve radyolojik olarak artroz gelişmiş ise, bunun ağrının nedeni olup olmadığını ortaya koymak için eklem aralığına lokal anestezi madde enjeksiyonu yapılarak ağrıdaki değişiklik gözlenebilir. Eğer ağrı azalırsa konservatif tedavilerle, örneğin ayakkabı modifikasyonu, ortez kullanımı, ambulatuar yardımcılar ve nonsteroid antiinflamatuvar ajanlarla sonuca gidilebilir. Ağrıda herhangi bir değişiklik olmaması durumunda implantlar çıkarılır ve kemik grefti ile geniş kanüle çektirme vidalarıyla subtalar füzyon gerçekleştirilir.

Kalkaneoküboid Artroz: Kalkaneoküboid eklemden artroz sıklıkla anterolateral parçanın iyi şekilde redükte edilemediği vakalarda cerrahi

işlemin bir sekeli olarak karşımıza çıkar. Bu bölgede belirecek ağrıyı tanımlayabilmek amacıyla eklem içine lokal, anestezi madde verilmelidir. Böylece, peroneal tendonlardan kaynaklanan ağrıdan ayırt edilebilir. Aynı şekilde eklem içine verilen madde ağrıyı gideremiyorsa füzyon düşünülmelidir.

2.6.4. Yanlış kaynama

Tuberositasın yanlış kaynaması: Cerrahi sonrası gelişebileceği gibi konservatif yöntemlerle tedavi sonrası da ortaya çıkabilir. En sık karşılaşılan sorun tam olmayan redüksiyonundan kaynaklanan ayak arkası varus pozisyonudur (7). Hastaların topuklarındaki lateral kenarın bozuk olması kendini klinik olarak ayakkabının dış kenarındaki erken oluşan yıpranma ile kendini gösterir. Topuk fibular çıkıntısının arkasında belirgin şekilde varus deformitesi gösterir. Ancak bazen hasta parmakları üstüne bastığında belirgin hale gelir. Ayakkabıya uygulanan kama şeklindeki materyallerle sonuç alınamazsa düzeltici osteotomi düşünülebilir (48).

Süperolateral parçanın yanlış kaynaması: Süperolateral parçanın varus deformitesi varlığında, kalkaneus varusta olmamasına rağmen subtalar eklem eversiyon yapamaz. Ameliyat sırasında dikkatli davranmak gerekir. Deformite genelde konservatif tedavi ile düzeltilemez ve subtalar artrodez yapılması gerekebilir.

2.6.5. Peroneal problemler

Peroneal Tendinit: Ameliyat esnasında peroneal kılıfın kesilmesi ile oluşabileceği gibi daha çok konservatif tedaviler sonrasında ortaya çıkmaktadır. Lateral geniş kesi bu problemi büyük ölçüde ortadan kaldırmaktadır. Yine de fibula etrafında çalışırken tendonu sublukse ya da disloke etmemeye özen gösterilmelidir. Ameliyat sonrası, cerrahi kesiye ya da kullanılan materyallere bağlı tendonda yapışıklık ortaya çıkabilmektedir. Tanı konulduğu anda cerrahi düşünülebilir. Bu amaçla çevre dokudan gevşetme ve materyallerin çıkarılması uygunur. Konservatif olarak masaj ve germe egzersizleri faydalı olabilmektedir.

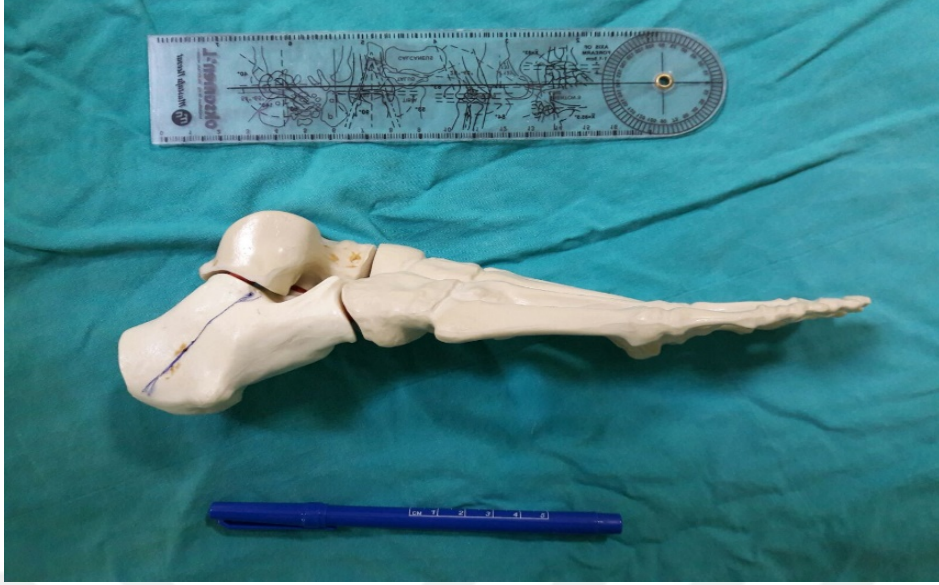
Peroneal Tendon Dislokasyonu: Tanıya palpasyonla gidilebilir. Lateral duvar desteğinin oluşturulmasından sonra sıklıkla redükte olmaktadır. Ancak bazı durumlarda subtalar eklem redüksiyon ve tespitini takiben tendon disloke olmaya devam edebilir. Böyle hallerde tendon yumuşak doku ile sarılarak yerine yerleştirilmelidir.

2.6.7. Topuk ağrısı

Kronik topuk ağrısı yaralanma sonrası topuğun yapısının bozulması sonucu ortaya çıkabilir. Sallick ve Blum 1948 yılında bu olayın sensoriyal denervasyonun bir sonucu olduğunu düşünmüşlerdir ancak ağrının ayırıcı tanısında yetersiz kaldıkları için gelişi güzel prosedürler uygulamışlardır. Barnard ve Odegard topuk hasarına sekonder plantar ağrının cerrahi yöntemlerle çözülemeyeceğini bildirmişlerdir. Günümüze kadar da etkin cerrahi tedavi bulunamamıştır (69).

3.GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamızda, toplamda 28 adet standart büyüklükte ve normal anatomiye sahip sağ ayak modeli kullanıldı (Solid Foam, Sawbones, Malmö, İsveç). Kırık oluşturulurken önceden belirlenen dışlanma kriterleri içine giren ve testlerde kullanılmayan materyaller bu sayının dışında bırakıldı. Ayak modelinde talokalkaneal, talonavikuler ve kakaneokuboid eklemler anatomik olarak, fizyolojik güç aktarımı ve hareket kabiliyeti sağlanabilmesi için hareketliken, diğer eklemler hareketsizdi. Tüm modellere aynı cerrah tarafından standart bir osteotomi uygulanarak dil tipi Tip II C kırık oluşturuldu. Bu işlem sırasında uygun açı ve ölçümler gonyometre ile belirlenerek kılavuz çizgiler yardımıyla gerçekleştirildi (**Şekil 3.1**)



Şekil 3.1: Standart kemik modeli ve kullanılan yardımcı cihazlar

Cerrahi Yöntem

Dil tipi kırık modeli oluşturulması standardize edilerek, osteotomiye posteriorde kalkaneal yüksekliğin tam ortasından başlandı. Ardından osteotomi hattı anteriora doğru horizontal ve oblik olarak uzatılarak lateralde arka subtalar eklemin hemen önünde, medialde ise sustentakulum talinin posterosüperiorunda olacak şekilde sonlandırıldı. Böylece Sanders sınıflamasına göre tariflenen tip IIC kırık modeli oluşturuldu. (**Şekil3.2**)



Şekil 3.2: Tip IIC kırık modeli

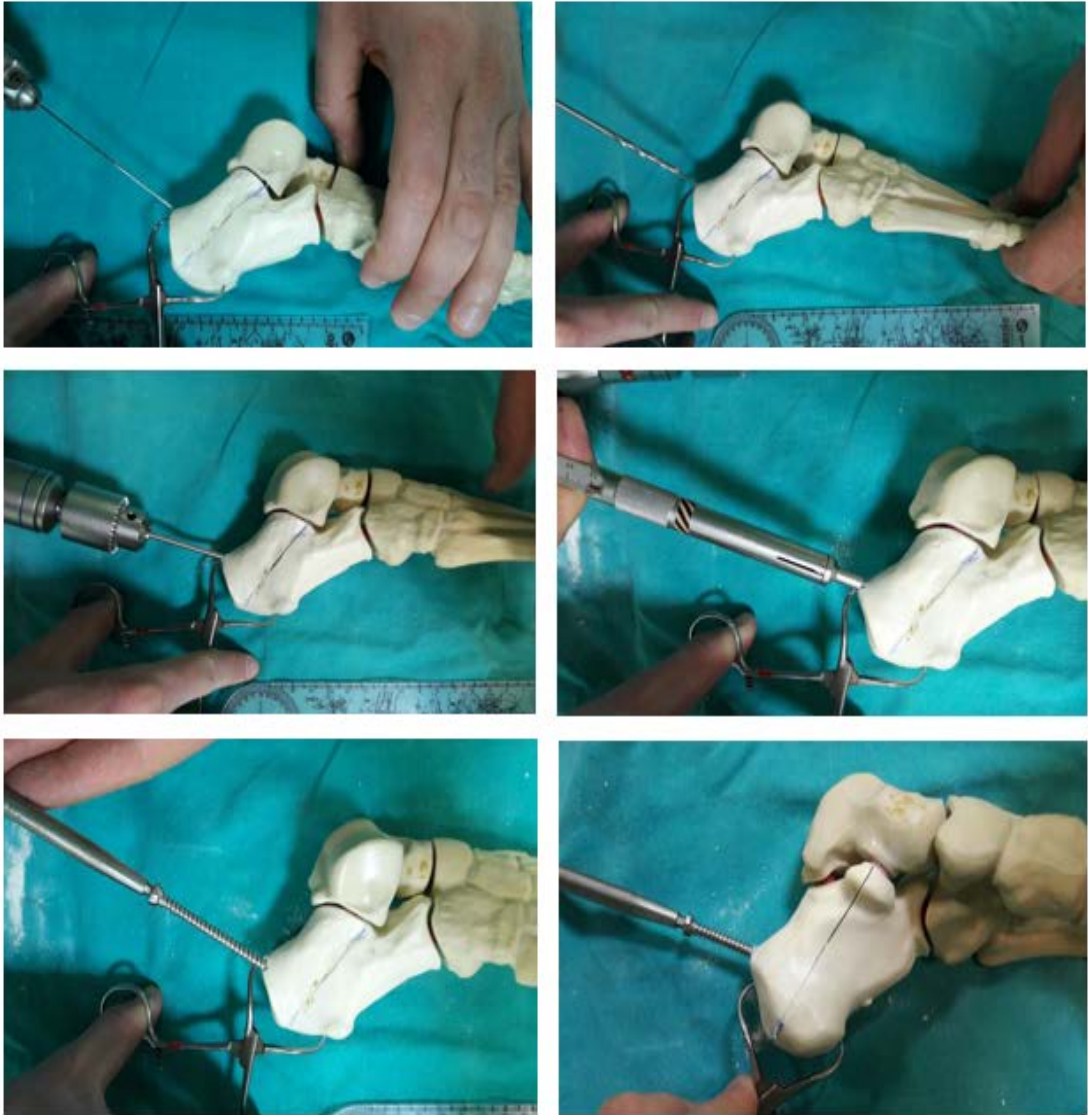
Standart tıp IIC kırık modeli oluşturulan materyaller, her grupta yedi adet olacak şekilde dört gruba rastgele ayrıldı. Her bir gruptaki modellerin osteotomi sonrası oluşturulan kırık hatları, anatomik olarak redükte edildi ve redüksiyon klemp yardımıyla sabit tutularak kompresyon sağlandı. Takiben, belirlenen konfigürasyonlara uygun yerlerden gonyometre ile ölçülerek kılavuz teller gönderildi. Bu kılavuz teller üzerinden kanüllü 3.2' lik driller ile çift korteks delinerek vida yerleri hazırlandı ve boy ölçer yardımıyla uzunluk ölçümü yapıldı. Uygun ebatta ve yöntemde tepleme sonrası tam yivli 4,5 luk kortikal vidalar kullanılarak dört farklı konfigürasyon ile kırıklar tespit edildi.

(Şekil 3.3)

Her tespit işlemi ameliyathanede bulunan skopi cihazı ile kontrol edildi.

(Şekil 3.4) Uygun osteotomi yapılamayan, anatomik kırık redüksiyonu elde edilemeyen, tespit sırasında standart basamaklar uygulanırken hata yapılan ya da komplikasyon gelişen, istenen konfigürasyona uygun olmayan materyaller çalışma dışı bırakıldı.

Gruplarda kullanılan vida konfigürasyonları; Grup I : 2 paralel vida ile tespit, Grup II: 2 diverjan vida ile tespit, Grup III: 2 paralel vida ve bir adet lateralden mediale sustentakulum taliye atılan vida ile tespit, ve Grup IV: 3 paralel vida ile tespit olacak şekilde belirlendi.



Şekil 3.3: Kırık hattının vida ile tespitinde uygulanan basamaklar



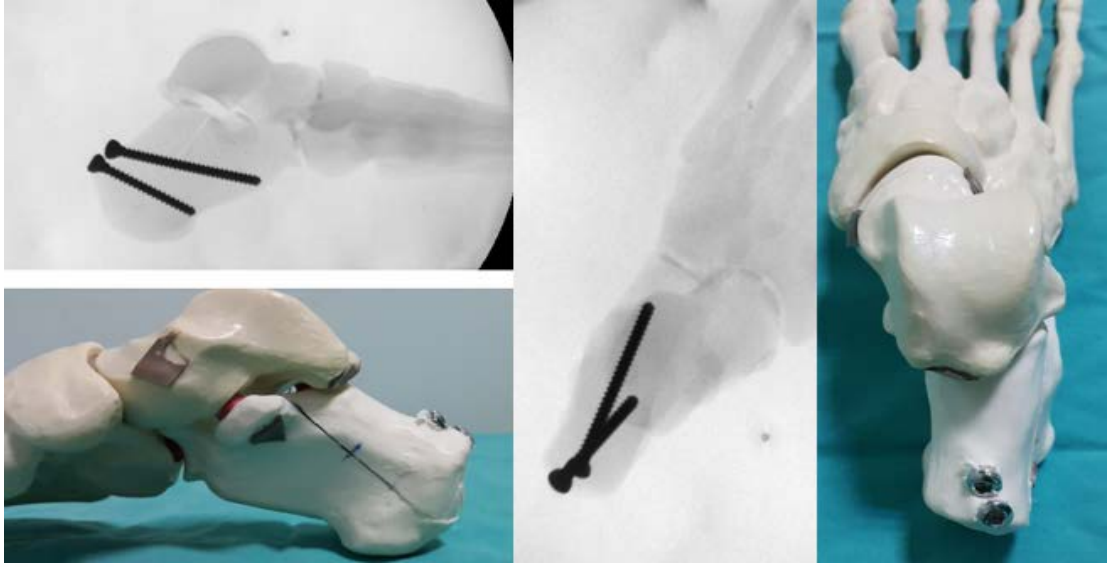
Şekil 3.4: Kırık hattının vida ile tespitinin skopi ile kontrolü

Grup I: İki paralel tam yivli 4.5' luk kortikal vida ile tespit. Kırık hattı lateralden üçe bölünerek, her vida kırık hattına dik olarak ve aksiyel planda tam ortada olacak şekilde çift korteks olarak uygulandı. Skopi ile lateral ve Harris grafileri çekilerek kontrol sağlandı. (**Şekil 3.5**)



Şekil 3.5: Grup I uygulama ve skopi kontrolü görüntüleri

Grup II: İki diverjan tam yivli 4.5' luk kortikal vida ile tespit. Kırık hattı lateralden üçe bölünerek her iki vida da aksiyel planda tam ortada olacak şekilde Aşil yapışma yerinin hemen anteriorundan çift korteks olarak uygulandı. Skopi ile lateral ve Harris grafileri çekilerek kontrol sağlandı. (**Şekil 3.6**)



Şekil 3.6: Grup II uygulama ve skopi kontrolü görüntüleri

Grup III: Tam yivli 4.5' luk 2 paralel + 1 adet sustentakulum vidası ile tespit. Kırık hattı lateralden üçe bölünerek her vida kırık hattına dik olarak ve aksiyel planda tam ortada olacak şekilde çift korteks olarak uygulandı. Sustentakulum vidası lateralden horizontal planda yere paralel olarak medialde sustentakulum taliyi tutacak şekilde çift korteks olarak uygulandı. Skopi ile Lateral ve harris grafileri ile kontrol sağlandı. (**Şekil 3.7**)



Şekil 3.7: Grup III uygulama ve skopi kontrolü görüntüleri

Grup IV: 3 Paralel tam yivli 4.5' luk kortikal vida ile tespit. Kırık hattı lateralden tam dörde bölünerek her vida kırık hattına dik olarak aksiyel planda tam ortada olacak şekilde çift korteks olarak uygulandı. Skopi ile lateral ve Harris grafileri çekilerek kontrol sağlandı. **(Şekil 3.8)**



Şekil 3.8: Grup IV uygulama ve skopi kontrolü görüntüleri

Biyomekanik Testler

Çalışmamızın test aşaması Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyomekanik Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Testler aksiyel düzlemde kompresyon ve distraksiyon uygulayabilen biyomekanik test cihazı (AG-I 5kN, Shimadzu, Japonya) kullanılarak uygulanmıştır. **(Şekil 3.9)**

Test düzeneği, bu tip kırıklarda ayrılma ve tespit kaybına yol açan asıl kuvvet olan Aşil tendonunun, kalkaneal çıkıntıya yapışma yeri aracılığıyla uyguladığı distraksiyon kuvvetini taklit etme üzerine kuruldu.

Modelleri cihaza sabitlemek amaçlı, paslanmaz çelikten, üzerinde çeşitli yerlerde vida deliği bulunan plaka ve bu plaka aracılığıyla modeli sabitleyecek dikdörtgen şekilli, yüzeyi pürüzlendirilmiş aparatlar dizayn edildi. Plakadaki bu deliklerden uygun olana cihazın taban vidası geçirilerek plaka cihaza yerleştirildi.

Modeli plakaya sabitlemek amaçlı plakanın arka kısmına, yanlarda dik uzanan iki adet kulakçık eklenerek, bu kulakçılara da yere paralel şekilde üçer adet delik açıldı. Bu delikler yardımıyla modeli sabit tutacak aparatlar plakaya sabitlendi. Plakanın ortasında bulunan delik yivli olup kompresyon amacıyla, yanlardaki delikler yivsiz olup rotasyon önleme amacıyla kullanıldı.

Modeli plakaya sabitleyen aynı aparatlardan iki tane de biyomekanik test cihazının traksiyon uygulayacak kısmındaki C şeklindeki çenenin uçlarına takıldı.

Hazırlanan kemik model, plaka üzerine yerleştirildi. Kulakçıklar aracılığıyla plaka üzerinde yere paralel hareket edebilen sabitleme aparatları, iki taraflı kullanılarak, kırık hattının inferior ve anterior kısmından modeli sıkıştırıp tespit sağlandı. Tespit sonrası arka ve orta ayak stabilizasyonu kontrol edildi. Plaka üzerindeki yere temas noktalarının fizyolojik ve anatomik temasa, lateral plandan bakıldığında nötral açılara uygun olduğu teyit edildi.

Takiben cihazın traksiyon kısmındaki çeneye bağlı sabitleme aparatları, kırık hattının üst kısmında olacak şekilde ve aşil tendonunun yapışma yeri olan kalkaneal çıkıntıya tutunacak şekilde iki taraflı olarak uygulandı. Bu iki aparat arasında sıkıştırılarak sabitlenen dil tipi kırık fragmanı distraksiyon kuvveti uygulamak için hazır hale getirildi. **(Şekil 3.9)**

Model ve sabitleme aparatının hazırlanması sonrası tüm sistem ve sistemin bağlı olduğu bilgisayarın donanımsal kontrolü yapıldı.



Şekil 3.9: Test düzeneği (Cihazın ve model sabitleme aparatlarının kurulumu)

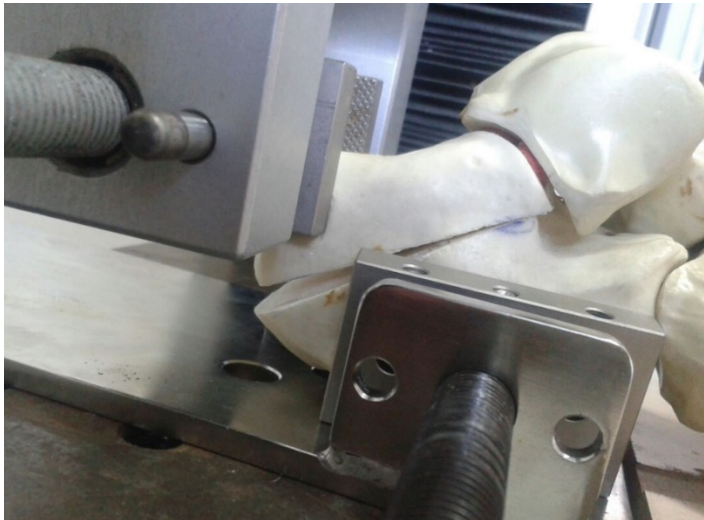
Test cihazına ait çene kısmının bağlı olduğu bölümün uygulayacağı kuvvet yere dik olacak şekilde ayarlandı. Çene kısmının çektiği her milimetre, Aşil tendonunun yapışma yerindeki çekmeyi taklit edilmesiyle kırık hattının posteriorundaki açılmaya ve deplasmana eşit kabul edildi.

Bu işlem esnada test düzeneğini oluşturan parçalar arasında, test sonuçlarını ya da distrakte edilen milimetreyi yanıltması olası olan boşluk bırakılmadı. Bunu teyit etmek ve kesinleştirmek için 10 Newton (N) ön yükleme uygulayarak çekme kuvvetindeki tüm yükün teste başlamadan kırık hattına binmesi sağlandı. Ardından sistemdeki mesafe ve kuvvet ölçüm yerleri sıfırlanarak teste hazır hale getirildi. (**Şekil 3.10**)



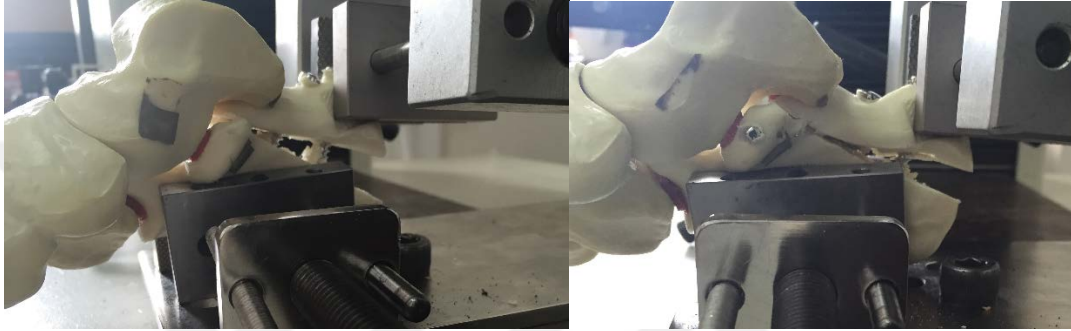
Şekil 3.10: Ön yükleme sonrası sistemdeki kuvvet göstergesi ve milimetrenin ayarlandığı, test sürecindeki verilerin izlenebildiği kumanda

Verilerin dökümanize edilmesi ve test cihazının kontrolü için TRAPEZIUM 2 bilgisayar programı kullanıldı. Uygulanan kuvvet 10 mm/dk olacak şekilde ayarlanarak sürekli ve kesintisiz distraksiyon uygulandı. Siklik yüklenme-distraksiyon ya da giderek artırılan kuvvet yöntemleri uygulanmadı. Kırık hattındaki ayrışmanın, test öncesi planlanan ve klinik değerlendirmede kullanılabileceği düşünülen, sırasıyla 2mm, 4mm ve 5mm' lik seviyelere geldiğindeki kuvvet miktarları, Newton cinsinden kaydedildi. (**Şekil 3.11**)



Şekil 3.11: Kırık hattındaki ayrışma ve kuvvet ölçüm esnasındaki model örneği

Test işlemine, tüm kırık modellerindeki ayrışmanın önceden belirlenen en yüksek seviye olan 5mm'yi geçmesi sonrasında, vidalar fiksasyon özelliklerini kaybedene kadar ya da modeli sabit tutan aparatların model üzerinden kaymaya başlamasına kadar devam edildi. Bu durumların oluşmasıyla distraksiyon için gerekli kuvvetin azalmaya başladığı değer 'maksimum noktayı' oluşturdu. (**Şekil 3.12**)



Şekil 3.12 : Uygulanan vidaların tespit özelliğinin yitirdiği ve aparatların model üzerinde kaymaya başladığı (maksimum noktanın belirlendiği) örnekler

Test sırasında uygulama hatası yapılan modeller, laboratuvarın fiziki şartları ya da bilgisayar sistemindeki aksaklıklar sebebiyle test esnasında duraksamanın olduğu modeller, tespit edilirken iyatrojenik olarak deforme edilen modeller çalışma dışı bırakıldı.

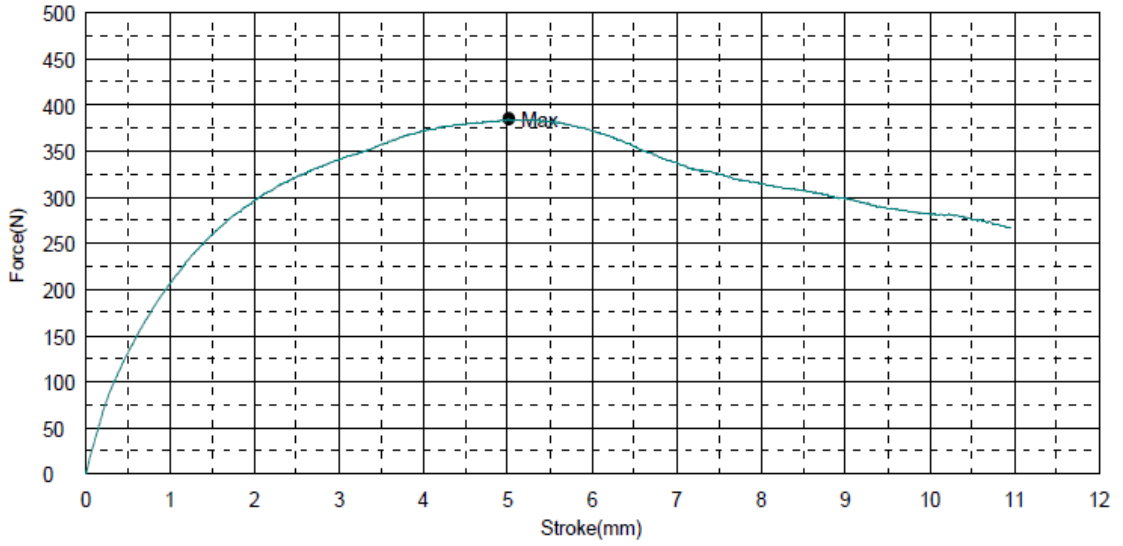
İstatistiksel Değerlendirme

Tüm istatistiksel değerlendirmeler SPSS (Statistical Packages for the Social Sciences) yazılımı kullanılarak yapıldı (sürüm 21.0; SPSS). Tüm grupların verileri toplanarak, deplasman miktarlarına göre uygulanan kuvvetler karşılaştırıldı. 4 grubu birden değerlendirmek için Kruskal Wallis nonparametrik Anova testi ve grupları birbirleriyle ikişerli karşılaştırmak için Mann Whitney U testi kullanıldı. 0.05'den düşük p değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Değişkenler için tanımlayıcı (ortalama + standart sapma) ve %95 güven aralığı değerleri hesaplandı.

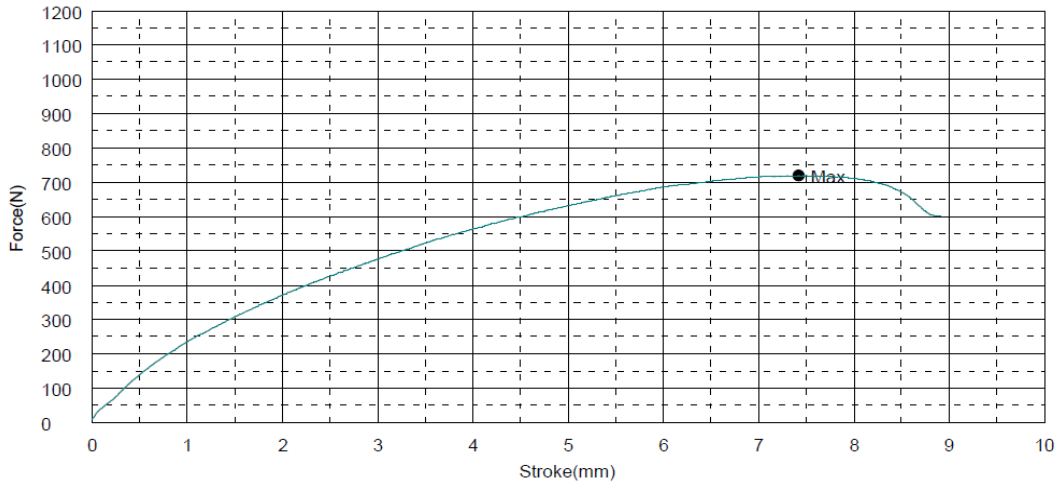
4.BULGULAR

Verilerin dökümanize edilmesi için de TRAPEZIUM 2 bilgisayar programı kullanıldı. Cihaz kontrolü, test yönetimi ve uygulanan kuvvetin monitörize edilmesi, bu program aracılığıyla gerçekleştirildi

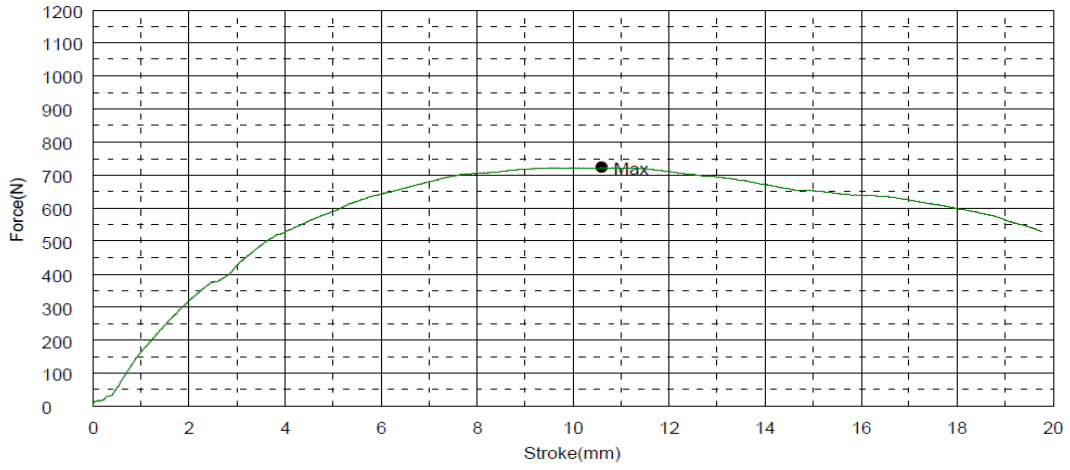
Çalışmamızda daha önceden de belirtildiği gibi her grupta yedi adet numune olmak üzere dört grup incelendi. Dört gruba ait örneklerin, kullanılan bilgisayar programı aracılığıyla grafiğe dökülen verileri **Şekil 4.1-4'** de gösterilmiştir. Aynı grafikler her numune için ayrı ayrı oluşturularak, grafik üzerinde koordinat belirleme sistemiyle nicel veriler her milimetre için hesaplanabildi.



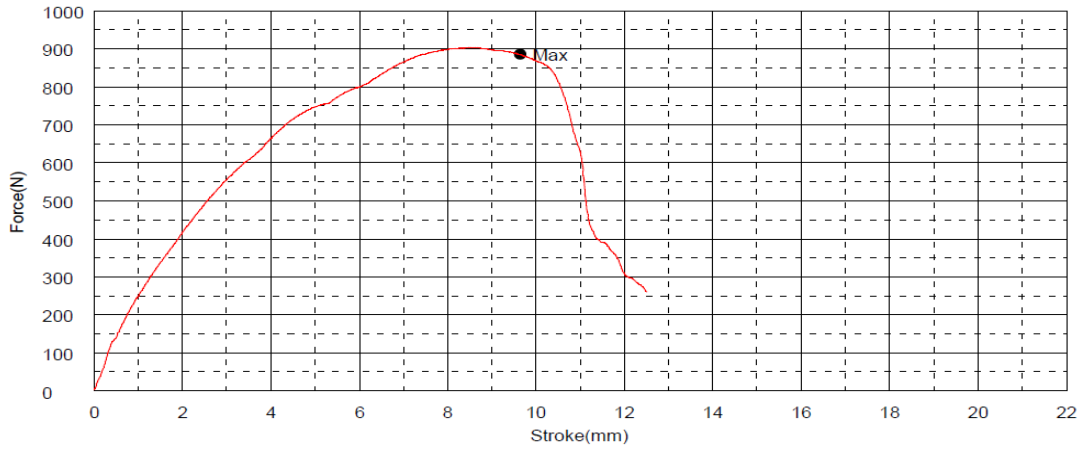
Şekil 4.1: 2 Paralel Vida numunesi, uygulanan güç / deplasman çizelgesi örneği



Şekil 4.2: 2 Diverjan Vida numunesi, uygulanan güç / deplasman çizelgesi örneği



Şekil 4.3: 2 Paralel Vida + 1 Sustentakulum vidası numunesi, uygulanan güç/deplasman çizelgesi örneği



Şekil 4.4: 3 Paralel Vida numunesi, uygulanan güç / deplasman çizelgesi örneği

Elde edilen veriler bilgisayar ortamında, mevcut çizelgelerdeki veriler kullanılarak koordinat şeklinde 2mm, 4mm, ve 5mm deplasmandaki uygulanan kuvvetler bulunarak kaydedildi. **(Tablo 4.1-4)**

Tablo 4.1; 2 Paralel vida grubu kuvvet / deplasman tablosu

2 Paralel Vida							
	Uygulanan Kuvvet (Newton-N)						
Deplasman (mm)	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4	Numune 5	Numune 6	Numune 7
2 mm	443	456	478	378	400	299	444
4 mm	632	544	657	444	575	372	628
5 mm	638	645	703	572	630	384	673

Tablo 4.2; 2 Diverjan vida grubu kuvvet / deplasman tablosu

2 Diverjan Vida							
	Uygulanan Kuvvet (Newton-N)						
Deplasman (mm)	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4	Numune 5	Numune 6	Numune 7
2 mm	302	343	349	373	420	611	355
4 mm	473	522	549	565	630	697	532
5 mm	522	602	597	632	694	762	592

Tablo 4.3; 2 Paralel+1 Sus. Vidası grubu kuvvet / deplasman tablosu

2 Paralel Vida + 1 Sustentakulum Vidası							
	Uygulanan Kuvvet (Newton-N)						
Deplasman (mm)	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4	Numune 5	Numune 6	Numune 7
2 mm	339	346	376	317	440	322	356
4 mm	531	537	537	481	623	526	684
5 mm	615	642	614	522	646	590	695

Tablo 4.4; 3 Paralel vida grubu kuvvet / deplasman tablosu

3 Paralel Vida							
	Uygulanan Kuvvet (Newton-N)						
Deplasman (mm)	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4	Numune 5	Numune 6	Numune 7
2 mm	557	418	390	523	680	533	653
4 mm	809	666	577	823	785	800	943
5 mm	879	748	659	890	822	882	1000

Buna göre 4 grup arasında Kruskal Wallis Testi sonucuyla 2 mm deplasmana, 4 mm deplasmana ve 5 mm deplasmana dayanma güçleri karşılaştırıldığında sırasıyla $P=0.009$, $P=0.008$ ve $P=0.005$ bulunmuştur ve istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. **(Tablo 4.5)**

4 grubun kendi aralarından karşılaştırılmasıyla yapılan istatistiksel incelemede (Mann Whitney U Testi);

2 mm deplasmana kadar olan dayanma güçleri karşılaştırıldığında 2 Paralel Vida, 2 Diverjan Vida ve 2 Paralel + 1 Sustentakulum Vidası gruplarının birbirlerine karşı üstünlüğü bulunmazken ($P>0.05$); 3 Paralel Vida konfigürasyonunun, 2 Diverjan Vida ve 2 Paralel + 1 Sustentakulum Vidası gruplarına karşı istatistiksel olarak anlamlı derecede ($P=0.02, P=0,002$) dayanıklı olduğu tespit edilmiştir. Bununla beraber 3 Paralel Vida konfigürasyonu ile 2 Paralel Vida konfigürasyonu arasından 2 mm deplasmana dayanma güçleri arasından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($P= 0.53$). **(Tablo 4.6)**

4 mm ve 5 mm deplasmana kadar olan dayanma güçleri karşılaştırıldığında 2 Paralel Vida, 2 Diverjan Vida ve 2 Paralel + 1 Sustentakulum Vidası gruplarının birbirlerine karşı üstünlüğü bulunmazken ($P>0.05$); 3 Paralel Vida konfigürasyonunun diğer vida konfigürasyon gruplarına karşı istatistiksel olarak anlamlı derecede ($P<0.05$) dayanıklı olduğu tespit edilmiştir. **(Tablo 4.7-8)**

Tablo 4.5: Kruskal Wallis Test sonuç tablosu

	2 parallel screws mean±std.dev (95% CI)	2 diverjan screws mean±std.dev (95% CI)	2 parallel and one sustentaculum screw mean±std.dev (95% CI)	3 parallel screws mean±std.dev (95% CI)	P value*
2 mm	414±60.9 (357.6-470.4)	393.3±102.3 (298.7-487.9)	356.6±41.9 (317.8-395.3)	536.3±108.2 (436.2-636.4)	0.009
4 mm	550.3±106.3 (451.9-648.6)	566.9±74.4 (497.9-635.7)	559.8±69.1 (495.9-623.7)	771.8±117.9 (662.8-880.9)	0.008
5 mm	606.42±106.1 (508.4-704.5)	628.7±77.9 (556.6-700.8)	617.7±53.7 (568.1-667.4)	840.0±110.2 (738.1-941.9)	0.005

Std.dev: standard deviation, CI: confidence interval, mm: millimeter

Tablo 4.6: 2 mm Deplasman P Değerleri (Mann Whitney U Testi)

	2 parallel	2 diverjan	2 parallel+sus	3 parallel
2 parallel	x	0.25	0.53	0.53
2 diverjan	0.25	X	0.62	0.02
2 parallel+sus	0.53	0.62	x	0.002
3 parallel	0.53	0.02	0.002	X

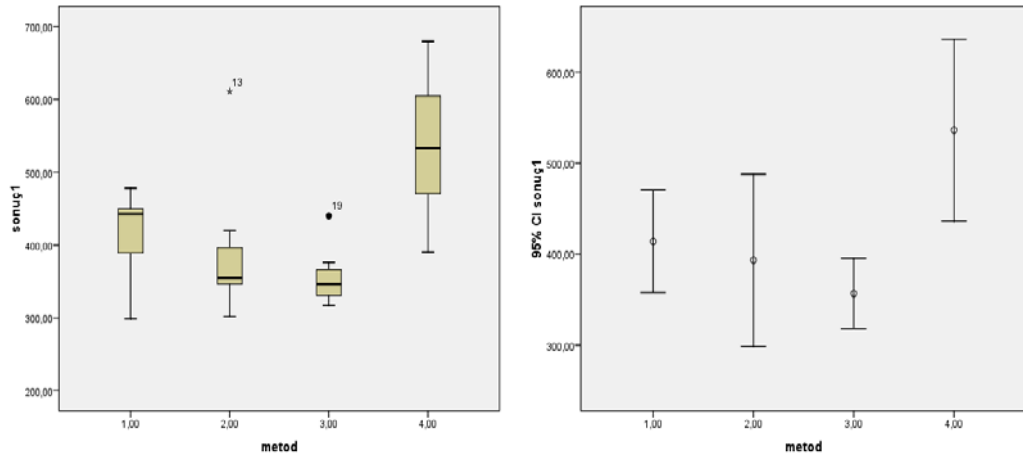
Tablo 4.7: 4 mm Deplasman P Değerleri (Mann Whitney U Testi)

	2 parallel	2 diverjan	2 parallel+sus	3 parallel
2 parallel	x	1.0	1.0	0.004
2 diverjan	1.0	X	0.805	0.004
2 parallel+sus	1.0	0.805	X	0.004
3 parallel	0.004	0.004	0.004	X

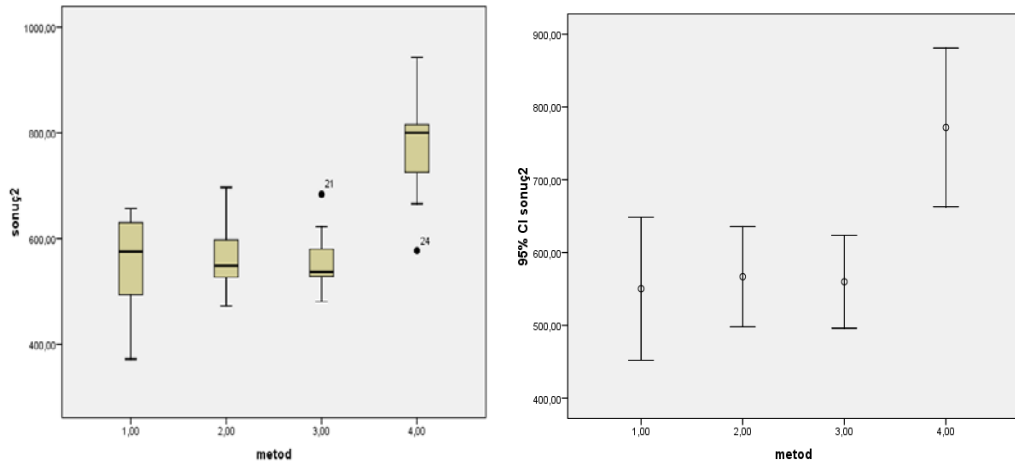
Tablo 4.8: 5 mm Deplasman P Değerleri (Mann Whitney U Testi)

	2 parallel	2 diverjan	2 parallel+sus	3 parallel
2 parallel	x	0.90	0.80	0.002
2 diverjan	0.90	X	0.90	0.004
2 parallel+sus	0.80	0.90	x	0.001
3 parallel	0.002	0.004	0.001	X

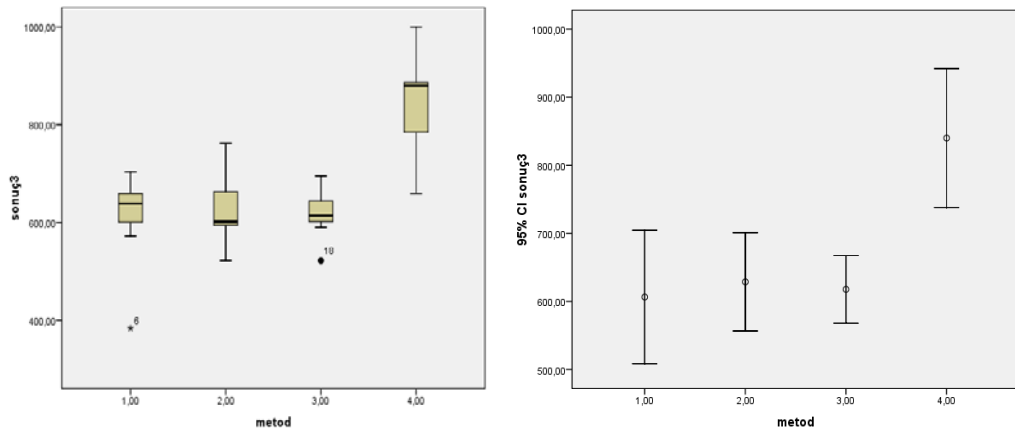
4 grubu birden değerlendirmek için kullanılan Kruskal Wallis Nonparametrik Anova testi sonuçları; numunelerin, kırık hattında ayrışma miktarlarındaki kuvvetlerine göre dağılımını gösteren grafikler haline getirildi. Bu grafikler ölçülen her deplasman mesafesi için ayrı ayrı dökümanize edildi. **(Şekil 4.5-7)**



Şekil 4.5: 2 mm ayrışmadaki kuvvetlere göre numune dağılımları. *



Şekil 4.6: 4 mm ayrışmadaki kuvvetlere göre numune dağılımları. *



Şekil 4.7: 5 mm ayrışmadaki kuvvetlere göre numune dağılımları. *

- (*) 1,00: Grup 1; 2 paralel vida ile tespit
 2,00: Grup 2; 2 diverjan vida ile tespit
 3,00: Grup 3; 2 paralel vida + 1 sustentakulum vidası ile tespit
 4,00: Grup 4; 3 paralel vida ile tespit

Test sonuçlarına göre dağılımın, ayrışma miktarı arttıkça daha büyük kuvvetler etrafında yoğunlaştığını gördük. Ayrıca her ayrışma miktarı için yapılan grafiklerin tümünde; grup 4 olan 3 paralel vida ile tespit edilen numunelerin diğer gruplara göre daha yüksek kuvvetlerde dağılım yaptığı sonucunu bulduk. Nicel olarak verilerin değerlendirilmesi sonucu ayrışma miktarlarına göre sırasıyla 2mm, 4mm ve 5 mm için $P=0.009$, $P=0.008$ ve $P=0.005$ bulundu ve istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Tablo 4.5' de belirtildi.

5.TARTIŞMA

Vida sayısı ve yapısının kırık tespitinin dengesi üzerine olan etkileri ortopedik cerrahide son yıllarda ilgi çeken konulardandır. Özellikle femur boyun kırığı gibi kaynama sağlanmasının sorunlu olduğu kırıkların tespitinde, uygun vida sayısının ve yapısının önemi yapılan biyomekanik çalışmalarla ortaya konmuştur (70). Benzer çalışmalar suprakondiller humerus kırıklarının tedavisinde de yapılmış ve perkütan tespit yöntemlerinin prensipleri belirlenmiştir (71). Modern cerrahi teknikler ve gelişen teknoloji sayesinde kalkaneus kırıklarının tedavisinde cerrahi tedavi yöntemlerin uygulanması giderek yaygınlaşmaktadır (5,18,72). Oluşabilecek yara yeri sorun ve komplikasyonlarını engelleyebilmek amacıyla kalkaneus kırıklarının cerrahi tedavisinde minimal invazif perkütan tespit yöntemleri son yıllarda popüler hale gelmiştir (24,73-75). Özellikle dil tipi kalkaneus kırıklarında; ciddi deplasman durumlarında, posterior ciltte bası oluşması ve nekroza varan sorunlara yol açması sebebi, acil ve olabildiğince minimal invaziv bir şekilde redüksiyon ve tespitin sağlanması önerilmektedir (26,64). Her ne kadar, yapılan klinik çalışmalarda perkütan yöntemlerle dil tipi kalkaneus kırıklarının tedavisinin etkinliği bildirilmişse de uygun vida sayısı, vida büyüklüğü ve yapısının nasıl olması gerektiği yönünde farklı görüşler mevcuttur (23).

Ulaşabildiğimiz bilgiler incelendiğinde tip 2C dil tipi kırıkların tespitinde kullanılacak vida sayısı ve yapısı hakkında yapılmış olan biyomekanik

çalışma olmadığı görülmektedir. Bu biyomekanik çalışmada dil tipi 2C kalkaneus kırıklarının tespitinde en güçlü tespit yönteminin üç paralel vida ile sağlandığı gösterilmiştir. Bunun yanında iki paralel vida ile tespitin ikinci güçlü yapı olduğu ve üç paralel vida ile kendi içinde karşılaştırıldıklarında aksiyel yüklenme altında benzer biyomekanik denge oluşturabildiğinin gösterilmesi çalışmanın en önemli sonuçlarından biridir.

Üç farklı seviyede kırık ayrılması için gerekli aksiyel yükün değerlendirilmesi ile çalışmamızın gücü artmıştır. Tüm örnekler sırasıyla 2mm, 4mm ve 5mmlik kırık ayrılmasına neden olan aksiyel yük açısından değerlendirilmiştir. Grupların kendi içerisindeki karşılaştırmasında her üç seviyedeki ayrılma direnci açısından 3 paralel vida yapısının belirgin olarak üstün olduğu gösterilmiştir. İlgili kaynakça incelendiğinde dil ve gaga tipi kırıkların cerrahi endikasyonlarının net olmadığı izlenmektedir (23,73-75). Genel olarak tüm faseti içine alan ayrılmış tip 2C dil tipi kırıklarda ve kırık ayrılmasına bağlı olarak cildin ciddi şekilde bası altında kaldığı veya kalma riski bulunduğu gaga tipi kırıklarda cerrahi tedavi yapılması kabul görmektedir (23). Dolayısıyla, eklem içi kırıklar olmayan bu kırık tiplerinde cerrahi endikasyonun göreceli olduğunu söylenebilir. Bunun yanında anatomik redüksiyon elde edildikten sonra kırık hattında ortaya çıkabilecek redüksiyon kaybının hangi seviyeden sonra klinik olarak sorunlu olabileceği de belli değildir. Bir başka deyişle, dil tipi kırıklarda ameliyat sonrası ortaya çıkabilecek 2mm ayrılmanın klinik önemini bilmemekteyiz.

Çalışmamızın üç farklı kırık ayrılması seviyesinde kurgulanmasının çok önemli olduğu kanaatindeyiz. Bu çalışmada üç paralel vida yapısının tüm kırık ayrılma seviyelerinde de en güçlü yapı olarak izlenmesi en çarpıcı sonuç olarak bulunmuştur. Her ne kadar, grupların kendi arasındaki karşılaştırmalarında üç paralel yapının tüm guruplardan daha üstün olduğu izlenmişse de bu farklılık üç paralel ve iki paralel yapının kendi aralarındaki karşılaştırmalarında elde edilememiştir. Örnek sayısının azlığı dikkate alındığında, tüm kırık ayrılma seviyelerinde üç paralel vida grubunda elde edilen aksiyel yük ortalamalarının istatistiksel olarak anlamlı olmasa da iki

paralel yapı gurubu ile mukayese edildiğinde daha yüksek olduğunu vurgulamakta yarar vardır.

Bu sonuçlar ışığında 2C dil tipi kırık tedavisinde sadece paralel vida yapısının tercih edilmesi ve yapıyı zayıflatmamak amacıyla diğer vida yapılarının kullanılmaması kanaatindeyiz. Paralel uygulanacak vida sayının kalkaneusun farklılık gösteren boyut, şekil ve kemik kalitesi gözetilerek belirlenmesini önermekteyiz. Şüphesiz ki bu noktada hastanın yaşı, cinsiyeti, kilosu ve aktivite düzeyi de dikkate alınması gereken diğer unsurlardır.

Kalkaneus kırıklarının tedavisinde kapalı redüksiyon ve perkütan tespit kullanımı Essex Lopresti tarafından ortaya konulmuş ve yaygın şekilde uygulanmıştır (3). Bu yöntemde redüksiyon k- telleri ile sağlanmaktadır. Her ne kadar yöntemle başarılı sonuçlar alındığı bildirilse de gelişen modern cerrahi yöntemler dikkate alındığında yöntemin eskisi kadar tercih edilmediğini düşünmekteyiz. Burada, k- telli kullanımı ile kırık tespiti sonrası oluşabilecek komplikasyonlar dikkate alınmalıdır. Perkütan k-telli uygulaması sonrası tellerin uçlarının cilt dışında bırakılması çivi dibi enfeksiyon riskini ortaya çıkarmaktadır. Düz tellerle tespit sonrası redüksiyonun korunamama riski ise bir diğer önemli husustur. Vida ile tespitin daha uygun olduğunu düşündüğümüzden, bu çalışmada sadece vida kullanılması tercih edilmiştir. Bunun yanında, karşılaştırılan tespit şekillerinin (paralel/ayrılan) ortaya koyduğu sonuçların k-telli tespiti uygulamasında da dikkate alınmasının uygun olduğunu düşünmekteyiz.

Tornetto tespitin güçlendirilmesi amacıyla dil tipi kalkaneus kırıklarının tespitinden sonra büyük (6.5mm-8mm) kanüle çekirme vidaları kullanılmasının uygun olduğunu bildirmiştir (24). Diğer yandan 3.5mm ve 4.5mm kortikal vidaların kırık hattına paralel olarak yerleştirilmesinin uygun tespit yöntemi olduğunu bildiren görüşler de mevcuttur (23). Daha küçük ve fazla sayıda vida kullanılmasının önerilmesinin nedenleri esasen çok bellidir. Kalkaneusun süngerimsi ve göreceli olarak küçük yapısı dikkate alındığında küçük vida boyunun tercih edilmesiyle daha fazla sayıda ve yapıda vida uygulanabilme olanağı ortaya çıkmaktadır. Böylece, kırık dengesinin büyük

vidalarla yapılan tespite oranla daha güçlü olacağı görüşünün doğru olduğuna biz de inanmaktayız. Bunun yanında, kalkaneusun morfolojik yapısı dikkate alındığında büyük vida kullanımının vida sıkışması gibi sorunların oluşabileceği ihtimali dikkate alınması gereken bir diğer önemli noktadır. Bu ayrıntılar gözetildiğinde kalkaneus dil tipi kırıkların tespitinde büyük boy vidaların tercih edilmemesi gerektiği görüşündeyiz. Dolayısıyla, bu çalışmada sadece 4.5mm kortikal vida kullanımı tercih edilmiştir.

Biyomekanik çalışmalarla güçlü ve uygun tespit yönteminin belirlenmeye çalışılmasının altındaki en önemli kaygı kırık tespiti sonrası oluşabilecek redüksiyon kayıplarının engellenmesidir. Daha öncede belirttiğimiz gibi kalkaneusun morfolojisi ve süngerimisi kemik yapısı dikkate alındığında bu riskin önemli olduğunu ortadadır. Ayrıca kırık bölgesi üzerindeki Aşil tendonunun yarattığı güçlü ayırma etkisi dikkate alınması gereken en önemli faktördür (76).

Birçok invaziv kırık tespit yöntemi göreceli olarak güçlü tespit sağlanamadığı ve tespit kaybı riskinin yüksek olduğu yöntemlerdir. Tespit sonrası aktif egzersizlerin ve kısmi yük vermenin ihtiyaç duyulduğu alt ekstremitte kırıklarında bu riskin daha yüksek olduğu açıktır. Kalkaneus kırıklarında, özellikle redüksiyon kaybı sonrası ortaya çıkan kalıcı kısalık ve varus pozisyonunda kaynama hastalarda ciddi sakatlık riskini beraberinde getirmektedir (23).

Alexander RM ve Vernon A'nın çalışmaları günlük yürüyüş sırasında Aşil tendonunun oluşturduğu yükün 1962N ve 2354N arasında olduğu gösterilmiştir (76). Gaga tipi kırıklarda dil tipi kırıklara oranla daha güçlü bir tespit yapılması gereklidir. Dolayısıyla kırık tespiti sonrası bu yüke direnebilecek vida yapısının önemi bu tip kırıklarda daha fazla önem kazanmaktadır. Ayrıca, vida tespitine ek olarak gergi bandı yöntemi gibi ek tespit yöntemleri kullanılması da önerilmektedir.

Bizim çalışmamızda 4-5mm kırık ayrılması için gerekli ortalama yük miktarı ise en güçlü vida yapısı olan 3 paralel vida gurubunda bile 1000N'un altındadır. Her ne kadar dil tipi kırıklar Aşil tendonun etkisi dikkate alındığında

gaga tipi kırıklara oranla çok daha dengeli bir yapıya sahipse de tespit gücünün artırılmasının önemi açısından bu değerlerin anlamlı olduğunu düşünmekteyiz.

Rammelt ve ark. perkütan tespit yöntemlerinin 2C dil tipi kırıklarının tespitinde uygun olduğunu ancak eklem bütünlüğünün bozulduğu 2B dil tipi kırıklarda artroskopik olarak eklem redüksiyonunun değerlendirilmesi gerektiğini bildirmişlerdir (74,75). Yazarlar 175 Sanders tip II kalkaneus kırığını değerlendirmiş ve toplamda redüksiyon kayıp oranını %4.5 olarak bildirmişlerdir (74). Bu çalışmada kırık tespiti için k- telleri kullanılmışsa da tip II kalkaneus kırıklarının tespiti sonrası redüksiyon kaybı riskinin azımsanmayacak düzeyde olduğunu söylemek çok da yanlış olmaz. Furgon ve ark. yapmış oldukları çalışmada bu görüşümüzü destekler niteliktedir. Yazarlar %4 oranında tespit sonrası redüksiyon kaybı ve %2 oranında ise teknik yetersizlik bildirmişlerdir (77).

Daha önce de söylediğimiz gibi, bu çalışmalarda kullanılan tespit materyali (tel/vida) ve tespit yapısı (paralel/ayrılan) homojen değildir. Ayrıca, çalışmalardaki kırık tipleri ve hasta demografik yapıları da önemli farklılıklar içermektedir. Dolayısıyla, dil tipi kalkaneus kırıklarının perkütan tespiti sonrası önemli bir redüksiyon kaybı riskinin olduğunu speküle etmek yanlış değildir ve bu anlamda redüksiyon kaybının engellenmesi için en uygun vida sayısının ve yapısının belirlenmesi önemlidir. Dil tipi kalkaneus kırıklarının tespiti sonrası ortaya çıkan redüksiyon riskini tespit etmek için iyi planlanmış klinik çalışmalara ihtiyaç olduğu gözlenmektedir.

Ayrılan tarzda vida yerleştirilmesinin klinik olarak bazı potansiyel avantajları söz konusudur. Yöntem, bir tek küçük kesiden birden fazla vida gönderebilme olanağı sunmaktadır. Bir başka deyişle, kemiğin küçük bir kısmından birden çok vida atılmasına olanak sağladığından yumuşak doku hasar riski azaltılmaktadır. Ayrıca, ayrılan tarzda vida yapısının belli kırık tiplerinde rotasyonel dengeyi artırdığı gösterilmiştir (70,71). Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlarda, aksiyel yüklenme altında ayrılan yapıda vida uygulamasının biyomekanik olarak daha zayıf bir yapı oluşturduğunu tespit

ettik. Her kırığın etki altında kaldığı fizyolojik yüklerin kendisine özgü olduğunu dikkate alırsak, bunun çalışmamız açısından çok anlamlı olduğu düşüncesindeyiz. Dahası, çalışmamızda sadece aksiyel yük altında değerlendirme yapılmış ve rotasyonel kuvvetler dikkate alınmamışsa da Aşil tendonunun ayrıcı etkisi dikkate alındığında dil tipi kırıkların tespitinde ayrılan tarza vida yapılarının kullanılmamasının ve paralel vida yapısının tercih edilmesinin bu çalışmanın en önemli sonuçlarından birisi olduğu kanaatindeyiz.

Dil tipi kırıklarının yapısını ortaya koyan faktörlerin başında sustenakulum tali parçasının kırığa eşlik edip etmediği gelmektedir. (17,23). Tip 2 B kırıklarda sustenakulum tali genellikle ayrı büyük bir kırık parçası olarak izlenmekte ve başarılı redüksiyonun elde edilmesi için bu parçanın uygun şekilde tespiti çok önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (23). Bunun sağlanabilmesi amacıyla aksiyel planda sustenakulumta doğru yönlendirilmiş ek bir vida ile tespitin güçlendirilmesi önerilmektedir (23). Tip 2C kırık yapısında ise sustenakulum ayrı bir parça olarak kırılmadığından aksiyel planda vida uygulamasının yapıyı güçlendirmeyeceği çalışmamız planlanırken öngördüğümüz bir sonuçtu. Nitekim elde ettiğimiz sonuçlar ek aksiyel yönlendirilen vidanın biyomekanik olarak tespiti güçlendirmekten ziyade belirgin olarak zayıflattığı yönündedir. Burada üzerinde durulması gereken önemli bir nokta ek vidanın neden tespiti zayıflattığıdır. Bazı örneklerimizde (3 adet numunede) kırık ayrılmasının belli bir noktasından sonra ek vidanın uygulandığı bu zayıf noktadan kırılma ortaya çıktığını gözlemledik.

Çalışmamızın planlanma ve uygulanmasında bazı zayıflıkların olduğunun vurgulanmasının faydalı olacağı görüşündeyiz. Bu çalışmada kemik materyal olarak insan kadavra kemiği yerine saw-bone kullanılması tercih edilmiştir. Saw-bone materyal olarak insan kemik yapısını tam olarak temsil etmemektedir. Bir başka deyişle, insan kemiğinin biyomekanik özelliklerini birebir yansıtmamaktadır. Yapılan çalışmalar ışığında saw-bone örneklerinin insan kemiğinin visko-elastik özelliklerini taşımadığından dolayı biyomekanik olarak daha kırılğan bir yapıya sahip olduğu bilinmektedir

(78,79). Her ne kadar, klinik olarak farklılıklar göstereceği bilinse de saw-bone örnek kullanımı ile elde edilen değerlerin, biyomekanik çalışmalarda kırık dengesinin değerlendirilmesinde yeterli güvenliği sağladığı gösterilmiştir. Tüm kullanılan örneklerin benzer özelliklere sahip olduğunu göz önüne aldığımızda saw-bone örnek kullanımının çalışmamızın standardizasyonunu ve tekrarlanabilirliğini artırdığını düşünmekteyiz.

Saw-bone modellerinin kullanımı ile kadavra kemik modellerinde sıklıkla karşılaşılan doku kalitesi, kemik büyüklüğü, kemik şekli ve örneklerin farklı geometrik yapıda olması dışlanmış ve standardizasyon yükseltilmiştir (78,79).

Kadavra insan kemiği ile ortaya çıkabilecek olan standardizasyon sorunlarını ortadan kaldırdığı, aynı zamanda insan kemiğine benzer özellikler içeren örneklerin biyomekanik çalışmaların geçerliliğini artırdığı bilinmektedir. Sentetik bileşik (kompozit) modellerle yapılan biyomekanik çalışmalarda son yıllarda artan bir eğilim izlenmektedir. Sentetik bileşik modeller gerek insan kemiğine çok yakın biyomekanik özellikler içermesi, gerekse aynı yapıda örnek olanağını beraberinde sunması nedeniyle oldukça popüler hale gelmişlerdir (80,81). Maalesef biz çalışmamız için piyasa koşullarında satılan uygun sentetik bileşik örnek elde edemedik. Şüphesiz, sentetik bileşik örneklerle yapılmış olsa çalışmamızda elde ettiğimiz değerlerin güvenilirliği artırılmış olacaktı.

Çalışmamızın bir diğer zayıf noktası ise daha önce bahsettiğimiz üzere biyomekanik değerlendirmelerin sadece tek bir düzlemde aksiyel kuvvet uygulanarak yapılmış olmasıdır. Dahası, yükün uygulanışı da tekrarlayan yüklenmeler gibi farklı yöntemlerin kullanılması da önemlidir. Farklı kuvvetlerin etkisindeki karmaşık bir sistemi tek yönde kuvvet uygulayarak değerlendirmek tam manasıyla doğru değildir.

Ayrıca, çalışmamızda kırık fiksasyonu için standardizasyon amaçlı tek tip vida kullanılmıştır. Bu konuda iyi tasarlanmış, daha fazla numuneden oluşan ve daha fazla vida çeşit ve konfigürasyonunun karşılaştırılmasını içeren yeni çalışmaların planlanması gerekliliği vardır

6.SONUÇ

Çalışmamızda, biyomekanik olarak vida konfigürasyonlarının; dil tipi kırığında, Aşil tendonunun deplase edici gücüne karşı koymaları kıyaslanmış olup; 3 paralel vida konfigürasyonunun diğer gruplara karşı üstün olduğu gösterilmiştir.

Diğer gruplar arasında tüm deplasman seviyelerinde stabilite yönünden anlamlı bir fark bulunamamıştır. Hatta 2 paralel + sustentakulum vidası grubunda 3 vida kullanılmasına rağmen lateralden atılan sustentakulum vidasının giriş yerinde zayıflık olduğu gözlenmiştir.

3 paralel vida grubu diğerlerine göre anlamlı derecede üstün olmasına rağmen 2 paralel vida grubu ile aralarında erken deplasman (2 mm) seviyelerinde anlamlı bir fark bulunamamıştır. Yumuşak doku lezyonu geniş olan ya da kalkaneus hacmi küçük olan hastalarda 2 paralel vida kullanımı önerilebilir. Bu bağlamda paralel vida konfigürasyonunun ayrılan vida konfigürasyonuna karşı üstün olduğu kanaatine varmak yanlış değildir.

Bu tür bir çalışmanın geliştirilerek daha ileriye götürülmesi için; daha uygun materyalle ve daha fazla sayıda numune ile birden çok planda uygulanabilecek kuvvetlerin karşılaştırılmasını içeren, ayrıca bu deplasman derecelerinin klinik etkilerinin gösterilebileceği hem biyomekanik hem klinik ayağı olan kombine bir çalışma planlanması uygun olur.

7.KAYNAKLAR

- 1- **Böhler, L.** Diagnosis, pathology and treatment of fractures of the os calsis. J. Bone and Joint Surg., 13: 75-89, 1931.
- 2- **Aaron, A.D.:** Ankle fusion: a retrospective review. Orthopedics,13: 1990
- 3- **Essex-Lopresti P.:** The mechanism, reduction technique and result in fractures of the os calsis. Br.J.Surg. 39: 395-419, 1952.
- 4- **Lindsay, W.R.N.; Dewar, F.P.:** Fractures Of the os Calsis. Am. J. Surg., 95: 555-576, 1958.
- 5- **Parkes, J.C.:** The nonreductive treatment for fractures of the os calsis. Orthop. Clin. N. America, 4(1): 193-195, 1973.
- 6- **Widen, A.:** Fractures of the calcaneus. Acta Chir. Scand., suppl. 188:1954
- 7- **Giachino, A.A.;** Uhthoff H.K.: Intra-articular fractures of the calcaneus.J. Bone and Joint Surg. Am., 1989, 71-A(5):784-7
- 8- **Howard, J.L.; Buckley, R.; McCormack, R.; Pate, G.; Leighton. R.; Petrie, D.;** Galpin, R.: Complications following management of displaced intra-articular calcaneal fractures: a prospective randomized trial comparing open reduction internal fixation with nonoperative management. J. Orthop Trauma 2003,17(4):241-9.
- 9- **Gellman M.** Fractures of the anterior process of the calcaneus. J Bone Joint Surg 1951;33:382-386.
- 10- **Guyer BH, Levinsohn EM, Fredrickson BE, et al.** Computed tomography of calcaneal fractures: anatomy, pathology, dosimetry, and clinical relevance. Am J Roentgenol AJR 1985;145:911-919.
- 11- **Heger L, Wulff K, Seddiqi MSA.** Computed tomography of calcaneal fractures. Am J Roentgenol AJR 1985;145:131-137.
- 12- **Rosenberg ZS, Feldman F, Singson RD, et al.** Peroneal tendon injury associated with calcaneal fractures: CT Findings.Am J Roentgenol AJR 1987
- 13- **Smith RW, Staple TW.** Computerized tomography (CT) scanning technique for the hindfoot. Clin Orthop 1983;177:34-38.
- 14- **Solomon MA, Gilula LA, Oloff LM, et al.** CT scanning of the foot and ankle: 2. clinical applications and review of the literature. Am J Roentgenol AJR 1986;146:1204-1214.
- 15- **Solomon MA, Gilula LA, Oloff LM, et al.** CT scanning of the foot and ankle: 1. normal anatomy. Am J Roentgenol AJR 1986;146:1192-1203.

- 16- Randall DB, Ferretti AJ.** Lateral subtalar joint dislocation: a case with calcaneal fracture. *J Am Podiatr Med Assoc* 2004;94:65-69.
- 17- Sanders R, Fortin P, DiPasquale T, et al:** Operative treatment in 120 displaced intra-articular calcaneal fractures. Results using a prognostic computed tomography scan classification. *Clin Orthop*: 8, 1993
- 18- Potter MQ, Nunley J A:** Long-term functional outcomes after operative treatment for intra-articular fractures of the calcaneus. *J Bone J Surg* , 2009.
- 19- Kumar S, Krishna LG, Singh D, Kumar P, Arora S, Dhaka S:** Evaluation of functional outcome and complications of locking calcaneum plate for fracture calcaneum. *J Clin Orthop Trauma* 6(3): 147, 2015.
- 20- Lewis G:** Biomechanics as a basis for management of intra-articular fractures of the calcaneus. *JAPMA*: 89: 234, 1999.
- 21- Stoffel K, Booth G, Rohrl SM, et al:** A comparison of conventional versus locking plates in intra-articular calcaneus fractures: A biomechanical study in human cadavers. *Clin Biomech* 22: 100, 2007.
- 22- Walter JH, Rockett MS, Goss LR:** Complications of Intra-articular Fractures of the Calcaneus. *JAPMA*: 94, 382, 2004.
- 23- Clare MP Sanders RW:** "Calcaneus fractures" in Rockwood and Green's Fractures in adults, vol 1, edited by Court-Brown CM, p 2639, Wolters Kluwer, Philadelphia, 2015.
- 24- Tornetta P III:** The Essex-Lopresti reduction for calcaneal fractures revisited. *J Orthop Trauma* 12: 469,1998.
- 25- Tornetta P III:** Percutaneous treatment of calcaneal fractures: *Clin Orthop*: 91, 2000.
- 26- Gardner MJ, Nork SE, Barei DP, et al.** Secondary soft tissue compromise in tongue-type calcaneus fractures. *J Orthop Trauma* 2008
- 27- Rowe CR, Sakellarides H, Freeman P, et al.** Fractures of os calcis: a long term follow-up study of one hundred forty-six patients. *JAMA* 1963
- 28- Goff CW.** Fresh fracture of the os calcis. *Arch Surg* 1938;36:744-765.
- 29- Lenormant C, Wilmoth P.** Les fractures sous thalamiques du calcaneum. *J Chir* 1928;54:1353-1355.
- 30- Malgaigne J-F.** Operative Surgery, Based on Normal and Pathological Anatomy. Translated from French by Frederick Brittan. Philadelphia: Blanchard and Lea, 1851.
- 31- Conn HR.** The treatment of fractures of the os calcis. *J Bone Joint Surg*. 1935

- 32- Cotton FJ.** Old os calcis fractures. *Ann Surg* 1921;74:294-303.
- 33- Longino D, Buckley RE.** Bone graft in the operative treatment of displaced intraarticular calcaneal fractures: is it helpful? *J Orthop Trauma* 2001
- 34. Westhues H.** Eine neue Behandlungsmethode der Calcaneusfrakturen. *Arch Orthop Unfallchir* 1934;35:211.
- 35- Letournel E.** Open treatment of acute calcaneal fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1993; 290: 60-67
- 36- Carr, J.B.; Hansen, S.T.; Benirschke, S.K.:** Subtalar distraction bone block fusion for late complications of os calcis fractures. *Foot and Ankle*, 1988
- 37- Cave, E.F.:** Fractures of the os calcis - the problem in general. *Clin. Orthop.*, 30: 64-66, 1963.
- 38- Myerson, M., Manoli, A.:** Compartment syndromes of the foot after calcaneal fractures. *Clin. Orthop.*, 290: 142-150, 1993.
- 39- DiGiovanni CW, Benirschke SK, Hansen ST.** Foot injuries. In: Browner BD, Jupiter JB, Levine AM, Trafton PG (eds), *Skeletal Trauma: basic science, management and reconstruction* (3rd ed.), Saunders, Philadelphia 2003 ,
- 40- Clare MP.** Calcaneal fractures. In: Pinzur M.S (editor) , *Orthopedic Knowledge Update: Foot and Ankle 4*, American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2008, pp. 75-94
- 41- Thordarson DB.** Foot and ankle trauma. In: Thordarson D.B.(editor) , *Foot & Ankle (Orthopedic Surgery Essentials)* . Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2004, 288-319
- 42- Murphy GA.** Fractures and dislocations of foot. In: *Campbell's Operative Orthopaedics*, Volume Four, 10th edition. Mosby, Philadelphia, 2003, 4231-47
- 43- Sanders R.** Displaced intra-articular fractures of the calcaneus. *J Bone Joint Surg Am* 2000; 82A: 225-50
- 44. Sarrafian SK.** *Anatomy of the Foot and Ankle*. Philadelphia: JB Lippincott, 1983.
- 45. McLaughlin HL.** Treatment of late complications after os calcis fractures. *Clin Orthop* 1963;30:111-115.
- 46. Stephenson JR.** Displaced fractures of the os calcis involving the subtalar joint: the key role of the superomedial fragment. *Foot Ankle* 1983
- 47- Greenspan A.** *Orthopedic imaging: a practical approach* (4th edition) . Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2004
- 48- Rammelt S, Zwipp H.** Calcaneal fractures: facts, controversies and recent developments. *Injury* 2004; 35: 443- 61

- 49- Benirschke SK, Sangeorzan BJ.** Extensive intraarticular fractures of the foot. Surgical management of the calcaneal fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1993; 292: 128-134
- 50- Crosby F, Fitzgibbons T.** Computerized tomography scanning of acute intra-articular fractures of the calcaneus. A new classification system. *J Bone Joint Surg Am.*, 1990; 72 : 852 – 59
- 51- Kurozomi T, Jinno Y, Sato T et al.** Open reduction for intraarticular calcaneal fractures: evaluation using computed tomography. *Foot Ankle Int*, 2003; 24: 942-948
- 52- Soeur R, Remy R.** Fractures of the calcaneus with displacement of the thalamic portion. *J. Bone and Joint Surg.* 1975, 57-B(4): 413-21
- 53- Crosby, L.A.; Fitzgibbons, T.C.:** Intraarticular calcaneal fractures results of closed treatment. *Clin. Orthop.*, 290: 47-54, 1993.
- 54- Sanders, R.:** Radiological evaluation and CT classification of the calcaneal fractures. In *Disorders of the Foot and Ankle*, edited by M. Jahss. Vol. 3pp.2326-2354. Philadelphia, W.B. Saunders, 1990.
- 55. Mann RA.** Major surgical procedures for disorders of the ankle, tarsus and midtarsus. In Mann RA, ed. *Surgery of the Foot*. St. Louis: CV Mosby, 1986
- 56. Maxfield JE, McDermott FJ.** Experiences with the Palmer open reduction of fractures of the calcaneus. *J Bone Joint Surg Am* 1955
- 57- Helfet, D.L.;** Sanders, R.W.: Calcaneal Fractures. American Academy of Orthopaedic Surgeons 67th Annual Meeting, Instructional Course Lectures Handout: 1-22, 1999.
- 58- Sanders, R.:** Intraarticular fractures of the calcaneus: present state of the art. *J. Orthop. Trauma*, 6: 252-265, 1992.
- 59- Paley, D, Hall, H:** Calcaneal fracture controversies: can we put humpty dumpty together again? *Orthop. Clin. North. Am.*, 20: 665-677, 1989.
- 60- Richman, I.D.; Barre, P.S.:** The plantar ecchymosis sign in fractures of the calcaneus. *Clin Orthop.*, 207: 122-125, 1986.
- 61- Heckman, J.D.:** Fractures and dislocations of the foot. In *Fractures in Adults*, Rockwood CA Jr (Ed), Philadelphia, ID Lippincott, 1991, sayfa: 2325
- 62- Burdeaux B Jr.** Fractures of the calcaneus. In: Chapman M, Madison M, eds. *Operative Orthopedics*. St. Louis: Mosby, 1989:1723-1736.
- 63- Stephenson JR.** Displaced fractures of the os calcis involving the subtalar joint: the key role of the superomedial fragment. *Foot Ankle* 1983

- 64-Sangeorzan BJ, Ringler JR.** Minimally invasive reduction and small fragment fixation of tongue-type calcaneus fractures, OTA 17th Annual Meeting, poster # 46 [Orthopaedic Trauma Association web site] 2001. San Diego, CA, October 18-20, 2001.
- 65-Noswicz T, Knupp M, Barg A, et al.** Mini-open sinus tarsi approach with percutaneous screw fixation of displaced calcaneal fractures: A prospective computed tomography-based study. *Foot Ankle Int.* 2012;33:925–933.
- 66- Flemister, A.S.; Infante, A.F.; Sanders, R.W.; Walling, A.K.:** Subtalar arthrodesis for complications of intraarticular calcaneal fractures. *Foot and Ankle Int.*, 21(5): 392-399,2000.
- 67- Kitaoka, H.B.; Schaap, E.J.; Chao, E.Y.; An KN:** Displaced intra-articular fractures of the calcaneus treated nonoperatively. Clinical results and analysis of motion and ground reaction and temporal forces. *J. Bone Joint Surg. Am.* 76: 1531-1540, 1994.
- 68- Miller, W.E.:** Pain and impairment Considerations Following Treatment of Druptive Os Calsis Fractures. *Clin. Orthop.*, 177: 82-86, 1983.
- 69- Barnard, L.; and Odegard, J.K.:** Conservative approach in the treatment of fractures of the calcaneus. *J. Bone and Joint Surg.*37A(6): 1955.
- 70- Yang JJ, Lin LC, Chao KH et al:** Risk factors for nonunion in patients with 348 intracapsular femoral neck fractures treated with three cannulated screws placed in 349 either a triangle or an inverted triangle configuration. *J Bone Joint Surg (Am)* 95(1): 61, 350 2013.
- 71- Larson L, Firoozbakhsh K, Passarelli R, Bosch P.:** Biomechanical analysis of pinning techniques for pediatric supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop.* 2006;26(5):573–557.
- 72- Buckley RE, Tough S, McCormack R, et al.:** Operative compared with nonoperative treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures: A prospective, randomized, controlled multicenter trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84A:1733–1744.
- 73- Stulik J, Stehlik J, Rysavy M, et al:** Minimally invasive treatment of intra-articular fractures of the calcaneum. *J Bone Joint Surg* 88B:1634, 2006.
- 74- Rammelt, S, Amlang, M, Barthel, S, Gavlik, J M, Zwipp H:** Percutaneous treatment of 337 less severe intraarticular calcaneal fractures. *Clin Orthop Relat Res* 468: 983, 2010.
- 75- Rammelt S, Gavlik JM, Barthel S, et al:** The value of subtalar arthroscopy in 340 the manage- ment of intraarticular calcaneus fractures. *Foot Ankle Int* 23: 906, 2002.

76- Alexander RM, Vernon A: The dimensions of knee and ankle muscles and the forces 371 they exert J Hum Mov Stud: 1,115, 1975.

77- Forgon M.: Closed reduction and percutaneous osteosynthesis: technique and results 343 in 265 calcaneal fractures. In: Tscherne H, Schatzker J, eds. Major fractures of the pilon, 344 the talus and the calcaneus. Berlin: Springer Verlag, 1992:207-13.

78- Acevedo JI, Sammarco VJ, Boucher HR, Parks BG, Schon LC, Myerson MS: 353 Mechanical comparison of cyclic loading in five different first metatarsal shaft 354 osteotomies. Foot Ankle Int 23(8): 711, 2006.

79- Flahiff CM, Gober GA, Nicholas RW: Pullout strength of fixation screws from 357 polymethylmethacrylate bone cement. Biomaterials 16(7): 533, 1995

80- Heiner AD, Brown TD: Structural properties of a new design of composite replicate 361 femurs and tibias. J Biomech 34: 773, 2001.

81- Cristofolini L, Viceconti M: Mechanical validation of whole bone composite tibia 364 models. J Biomech 33: 279, 2000.