

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

**MEDİAL MALLEOL KIRIKLARININ TEDAVİSİNDE
KULLANILAN ÜÇ FARKLI YÖNTEMİN BİYOMEKANİK
OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI**

**UZMANLIK TEZİ
Dr. Gökhan YURUL**

**TEZ DANIŞMANI
Dr. Öğretim Üyesi Murat GÜRGER**

**ELAZIĞ
2020**

DEKANLIK ONAYI

Prof. Dr. Ahmet KAZEZ

DEKAN

Bu tez tıpta uzmanlık tezi standartlarına uygun bulunmuştur.

Prof. Dr. Erhan YILMAZ

Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Başkanı

Tez tarafımızdan okunmuş, kapsam ve kalite yönünden Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğretim Üyesi Murat GÜRGER

.....

Danışman

Uzmanlık Sınavı Jüri Üyeleri

.....

.....

.....

.....

.....

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca mesleki anlamda bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen, sadece mesleki anlamda birer eğitici olmakla yetinmeyip aynı zamanda fikirleriyle yol gösterici olan kıymetli hocalarım Prof. Dr. Erhan YILMAZ'a, Prof. Dr. Lokman KARAKURT'a, Prof. Dr. Oktay BELHAN'a, Dr. Öğretim Üyesi Murat GÜRGER'e, Dr. Öğretim Üyesi Şükrü DEMİR'e,

Tez yazma sürecimde ayrıca yardımlarını ve desteklerini gördüğüm tez danışmanı hocam Dr. Öğretim Üyesi Murat GÜRGER'e,

Asistanlık süresi boyunca birlikte çalışma fırsatı bulduğum tüm asistan arkadaşlarım, hemşire, personel ve sekreterlerimize,

Bugünlere gelmemde büyük emekleri olan değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Dr. Gökhan YURUL

ÖZET

İskelet sistemine ait tüm kırıklar içerisinde %10 gibi bir oranla nispeten sık görülen ayak bileği kırıkları kalça kırıklarından sonra alt ekstremitenin en sık görülen ikinci kırık türüdür. Bu kırıkların önemli bir kısmı izole malleol kırığıdır. Stabil ve deplase olmamış kırıklar konservatif tedavi edilebilirken stabil olmayan kırıklar için cerrahi tedavi gerekebilir. Ayak bileği kırıklarının cerrahi tedavisinde kullanılan yöntemler zamanla değişime uğramaktadır. Cerrahi zamanlama açısından farklı görüşler olmakla birlikte erken dönemde yapılan cerrahiyle hastalar erken mobilize olabilmektedir. Ayak bileğinin cerrahi tedavi gerektirebilen kırıklarından biri de medial malleol transvers kırıklarıdır. Bu kırık tipi için günümüzde farklı tespit yöntemleri mevcuttur. Bu çalışmada, medial malleolün transvers kırıklarında medial malleol plağı, hazır gergi bandı, malleol vidası yöntemlerinin biyomekanik olarak karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Kasaptan temin edilen tüketim amaçlı kesilmiş ineklerin tibiaları yumuşak dokularından arındırılarak 42 adet inek tibiası elde edildi. Bu tibialar tibia plafondun 15 cm proksimalinden kesilerek proksimal kısımlar çalışma dışında bırakıldı. Çalışma kapsamına alınan kemiklerin medial malleollerine kesici motor yardımıyla transvers kırıklar oluşturuldu ve her biri 14 kemikten oluşan 3 gruba ayrıldı. Bu 3 gruptaki oluşturulmuş olan medial malleol kırıkları hazır gergi bandı, malleol vidası, medial malleol plağı kullanılarak usulüne uygun tespit edildi. Daha sonra bu örnekler Fırat Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği laboratuvarında çekme kuvveti ve transvers kuvvet uygulayan test cihazında, kemiklerin cihaza tutturulması için özel olarak hazırlanmış aparatlar yardımıyla biyomekanik analize tabi tutuldu. Cihazdan alınan veriler kuvvet-deplasman eğrilerine dönüştürülerek yorumlandı.

Çekme kuvvetinde medial malleol plağı yöntemi, 2 mm deplasman kuvveti ve katastrofik hasar kuvveti açısından diğer yöntemlere göre daha yüksek kuvvetlere dayanırken, dayanıklılık açısından hazır gergi bandı yöntemiyle arasında fark bulunamamıştır. Medial malleol plağı yönteminin çekme kuvvetinde malleol vidası yöntemine göre daha dayanıklı olduğu görülmüştür. Transvers kuvvet uygulanan gruplarda 2 mm deplasman kuvvetinde medial malleol plağı yöntemi, hazır gergi bandı ve malleol vidası yöntemlerine göre daha yüksek kuvvetlere

dayanabilmiştir. Transvers kuvvetlerde medial malleol plağı yöntemi, hazır gergi bandı ve malleol vidası yöntemlerine göre daha dayanıklı bulunmuştur. Transvers kuvvet grubunda katastrofik hasar oluşturma kuvvetleri açısından medial malleol plağı yöntemi ile hazır gergi bandı yöntemi arasında anlamlı fark bulunamamıştır.

Anahtar Kelimeler: Medial malleol, medial malleol plağı, hazır gergi bandı, malleol vidası



ABSTRACT

BIOMECHANICAL COMPARISON OF THREE DIFFERENT METHODS USED IN THE TREATMENT OF MEDIAL MALLEOLAR FRACTURES

Among all fractures of the skeletal system, ankle fractures with a rate of %10, the most common type of fractures of the lower extremity after hip fractures. An important part of these fractures is isolated malleolar fracture. While stable and nondisplaced fractures can be treated conservatively, surgical treatment may be required for unstable fractures. The methods used in the surgical treatment of ankle fractures are changing over time. Although there are different opinions in terms of surgical timing, patients can be mobilized sooner with early surgery. One of the fractures of the ankle that may require surgical treatment is medial malleolus transverse fractures. Different fixation methods are available for this type of fracture. In this study, we aimed to biomechanically compare the medial malleolar plate, sled fixation system and malleolar screw methods in transverse fractures of the medial malleolus.

The tibias of the cows obtained from the butcher was purified from soft tissues and 42 cow tibias were obtained. These tibias were cut 15 cm proximal to the tibial plafond and the proximal parts were excluded. Transverse fractures were formed in the medial malleolus of the bones included in the study and were divided into 3 groups, each consisting of 14 bones. The medial malleolar fractures formed in these 3 groups were fixed by using sled device, malleolar screw and medial malleolar plate. Afterwards, these samples were subjected to biomechanical analysis in the Engineering Laboratory of Firat University by means of specially prepared apparatus for attaching the bones to the tensile and transverse force tester device. The data obtained from the device were converted to force-displacement curves and interpreted.

When tensile force was applied, the medial malleolar plate method was resistant to higher forces than other methods in terms of 2 mm displacement force and catastrophic failure force, no difference was found between the medial malleolar plate method and sled device method in terms of stiffness. The medial malleolar plate method was found to be more durable in tensile strength than malleolar screw method. The medial malleolar plate method with 2 mm

displacement force was able to withstand higher forces in the transverse force groups compared to sled device and malleolar screw methods. In transverse forces, the medial malleolar plate method was found to be more durable than sled device and malleolar screw methods. In the transverse force group, no significant difference was found between the medial malleolar plate method and sled device method in terms of catastrophic failure forces.

Keywords: Medial malleolus, medial malleolar plate, sled device, malleolar screw



İÇİNDEKİLER

BAŞLIK SAYFASI	i
DEKANLIK ONAYI	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLO LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Ayak Bileğinin Anatomisi	3
2.1.1. Distal Fibula	3
2.1.2. Distal Tibia.....	4
2.1.3. Talus	4
2.1.4. Eklem Kapsülü	5
2.1.5. Ayak Bileği Bağları.....	5
2.1.6. Ayak Bileği Çevresindeki Yapılar	8
2.2. Ayak Bileği Eklemi Biyomekaniği.....	11
2.3. Ayak Bileği Kırıklarının Etiyolojisi ve Yaralanma Mekanizması.....	13
2.4. Ayak Bileği Kırıklarının Sınıflandırılması	16
2.4.1. Danis-Weber Sınıflandırması	17
2.4.2. Lauge-Hansen Sınıflandırması	18
2.5. Ayak Bileği Kırıklarında Klinik Değerlendirme	22
2.5.1. Hikaye	22
2.5.2. İnspeksiyon	22
2.5.3. Palpasyon	23
2.5.4. Özel Tanı Testleri.....	23
2.6. Ayak Bileği Kırıklarının Radyolojik Değerlendirilmesi	23
2.6.1. Ayak Bileğinde Dizilim ve Stabilitenin Radyografik Ölçümleri	27
2.6.2. Bilgisayarlı Tomografi (BT)	29
2.6.3. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)	29

2.7 Medial Malleol Kırıklarının Tedavisi	29
2.7.1. Konservatif Tedavi.....	30
2.7.2. Cerrahi Tedavi.....	30
2.8. Medial Malleol Kırıklarının Komplikasyonları	31
3. GEREÇ ve YÖNTEM	32
3.1. İstatistiksel Analiz	37
4. BULGULAR.....	38
5.TARTIŞMA.....	47
KAYNAKLAR	53



TABLO LİSTESİ

Tablo 1. AO/OTA ve Lauge-Hansen sınıflamaları	16
Tablo 2. Transvers kuvvette yöntemlerin 2 mm deplasman kuvveti, katastrofik hasar kuvveti ve dayanıklılık arasındaki ilişkisi	39
Tablo 3. Transvers uygulanan kuvvette 2mm deplasman kuvveti açısından medial malleol plağının diğer yöntemlerle karşılaştırması.....	39
Tablo 4. Transvers uygulanan kuvvette katastrofik hasar kuvveti açısından medial malleol plağının diğer yöntemlerle karşılaştırması.....	40
Tablo 5. Transvers uygulanan kuvvette dayanıklılık açısından medial malleol plağının diğer yöntemlerle karşılaştırması.....	41
Tablo 6. Çekme kuvvetinde yöntemlerin 2 mm deplasman kuvveti, katastrofik hasar kuvveti ve dayanıklılık arasındaki ilişkisi	43
Tablo 7. Çekme kuvvetinde 2 mm deplasman kuvveti açısından medial malleol plağının diğer yöntemlerle karşılaştırması.....	43
Tablo 8. Çekme kuvvetinde katastrofik hasar kuvveti açısından medial malleol plağının diğer yöntemlerle karşılaştırması.....	44
Tablo 9. Çekme kuvvetinde dayanıklılık açısından medial malleol plağının diğer yöntemlerle karşılaştırması	45

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Distal fibulanın medial ve lateralden görünümü	3
Şekil 2. Distal tibiyanın anterior, lateral ve posteriordan görünümü	4
Şekil 3. Ayak bileğinin önden ve arkadan görünümü	4
Şekil 4. Talusun üstten ve alttan görünümü	5
Şekil 5. Sindezmotik bağ kompleksi	6
Şekil 6. Lateral kollateral bağ kompleksi	7
Şekil 7. Medial kollateral bağ kompleksi	8
Şekil 8. Ayak bileği ve ayak önden görünüm	9
Şekil 9. Ayak bileği lateralden görünümü	10
Şekil 10. Ayak bileği medialden görünümü	11
Şekil 11. Ayak bileği posteriordan görünümü	11
Şekil 12. Talokrural açı	12
Şekil 13. Inman'ın tarif ettiği kesik koni modeli	13
Şekil 14. AO / OTA ayak bileği kırık sınıflaması	16
Şekil 15. Danis-Weber Sınıflandırması	17
Şekil 16. Supinasyon-eksternal rotasyon yaralanması	19
Şekil 17. Supinasyon-adduksiyon yaralanması	20
Şekil 18. Pronasyon-eksternal rotasyon yaralanması	21
Şekil 19. Pronasyon-abduksiyon yaralanması	22
Şekil 20. Ayak bileğinin AP görüntülenmesi (sol), Radyografik görüntüsü (sağ)	25
Şekil 21. Ayak bileğinin lateral görüntülenmesi (sol), Radyografik görüntüsü (sağ)	25
Şekil 22. Ayak bileğinin oblik radyografik görüntüsü	26
Şekil 23. Ayak bileği mortis grafi	26

Şekil 24. Tibiofibular hat	27
Şekil 25. Talar Tilt	27
Şekil 26. Medial aralık	28
Şekil 27. Tibiofibular aralık (sol), Tibiofibular örtüşme(sağ)	29
Şekil 28. Kırık tespitinde kullanılan implantlar (soldan sağa; malleol vidası, malleol plağı, hazır gergi bandı).....	33
Şekil 29. Tespit edilmiş kırıklar (soldan sağa; hazır gergi bandı, malleol plağı, malleol vidası)	33
Şekil 30. Çekme kuvvetinin uygulanması	34
Şekil 31. Malleol vidası yöntemine transvers kuvvetin uygulanması.....	34
Şekil 32. Hazır gergi bandı yöntemine transvers kuvvetin uygulanması.....	35
Şekil 33 Malleol plağı yöntemine transvers kuvvetin uygulanması	35
Şekil 34. Transvers kuvvetlerde katastrofik hasar anları	36
Şekil 35. Çekme kuvvetlerinde katastrofik hasar anları	36
Şekil 36. Transvers kuvvet-deplasman eğrileri.....	38
Şekil 37. Çekme kuvveti-deplasman eğrileri	38
Şekil 38. Transvers kuvvette yöntemlerin 2 mm deplasman kuvveti ilişkisi	40
Şekil 39. Transvers kuvvette yöntemlerin katastrofik hasar kuvveti ilişkisi	41
Şekil 40. Transvers kuvvette yöntemlerin dayanıklılık ilişkisi.....	42
Şekil 41. Çekme kuvvetinde yöntemlerin 2 mm deplasman kuvveti ilişkisi.....	44
Şekil 42. Çekme kuvvetinde yöntemlerin katastrofik hasar kuvveti ilişkisi.....	45
Şekil 43. Çekme kuvvetinde yöntemlerin dayanıklılık ilişkisi	46

KISALTMALAR

AP	: Anterior-posterior
AO	: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
OTA	: Orthopaedic Trauma Association
AR-İF	: Açık redüksiyon-internal fiksasyon
ROM	: Range of motion (eklem hareket açıklığı)
AİTFL	: Anterior inferior tibiofibular ligament
PİTFL	: Posterior inferior tibiofibular ligament
İOL	: İnterosseöz ligament
İTL	: İnförior transvers ligament
KFL	: Kalkaneofibular ligament
ATFL	: Anterior talofibular ligament
PTFL	: Posterior talofibular ligament
SER	: Supinasyon-Eksternal rotasyon
SAD	: Supinasyon-Adduksiyon
PER	: Pronasyon-Eksternal rotasyon
PAB	: Pronasyon-Abduksiyon
BT	: Bilgisayarlı tomografi
MR	: Manyetik rezonans
USG	: Ultrasonografi
N	: Newton
VAS	: Vizüel analog skala
AOFAS	: American Orthopaedic Foot and Ankle Society
MP	: Medial malleol plağı
GB	: Hazır gergi bandı
MV	: Malleol vidası

1. GİRİŞ

Kırıklar, özellikle osteoporozla sekonder olanlar, son yıllarda artan öneme sahip bir sağlık sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. İskelet sistemine ait tüm kırıklar içerisinde %10 gibi bir oranla nispeten sık görülen ayak bileği kırıkları kalça kırıklarından sonra alt ekstremitenin en sık görülen ikinci kırık türüdür (1). Kadın ve erkek cinsiyet arasında ayak bileği kırığı insidansı benzer olmakla birlikte erkeklerde genç yaşlarda, kadınlarda daha ileri yaşlarda görülme sıklığı yüksektir. En sık travma mekanizmaları burkulma, basit düşme ve spor yaralanmalarıdır (2).

Ayak bileği biyomekaniğinin daha iyi anlaşılmasına sekonder olarak fiksasyon yöntemlerinde gelişmeler ve yapılan çalışmaların sonuçları ayak bileği kırıklarının tedavisinde uygulanan stratejilerde zamanla değişikliğe neden olmuştur. Tedavinin nihai hedefi kaynamış bir kırık ile kırık öncesi ağrısız ve fonksiyonel ayak bileği hareketlerine ulaşmaktır. Farklı tiplerdeki ayak bileği kırıklarında bu hedefe ulaşmak için uygulanan tedavi stratejisi operatif veya non-operatif yollarla olabilir. Cerrahi tedavi eklemde anatomik bütünlüğünün kapalı yöntemlerle korunamadığı durumlarda endikedir. Anatomik redüksiyonla fonksiyonel sonucun daha iyi olduğu yapılan çalışmalarla gösterilmiştir. Anatomik olmayan redüksiyon eklemde posttravmatik ağrıya, kısıtlı eklem hareket açıklığına (ROM) ve osteoartrite neden olabilir (3, 4).

Ayak bileği kırıklarının önemli bir kısmı izole malleol kırığı olarak karşımıza çıkar. Medial malleol kırığı tüm ayak bileği kırıklarının %50 sinde görülür, izole kırık olabileceği gibi ayak bileğinin diğer kırıklarına da (bimalleolar, trimalleolar) eşlik edebilir (1, 5). Medial malleol kırıklarının %57 si transvers, %26 sı oblik, %6 sı vertikal kırık paterninden oluşur (6). Stabil ve nondeplase kırıklar konservatif tedavi edilebilirken stabil olmayan ve deplase medial malleol kırıkları için açık redüksiyon- internal fiksasyon (AR-İF) standart tedavi olarak kabul edilir (3, 7-9). Cerrahi zamanlaması ile ilgili fikir birliği olmamakla beraber erken dönemde yapılan cerrahi hastaların erken mobilizasyonuna katkı sunmaktadır (10).

Konservatif tedavi ile ilgili primer risk; redüksiyonun devamlılığını sağlamakta yaşanan problemler ve buna bağlı ayak bileği biyomekaniğinin yetersiz

restorasyonu iken cerrahi tedavi ile bu risk minimize edilmektedir. Buna karşılık cerrahi tedavinin de damar-sinir yaralanması, yara problemleri, postop ağrı, skar oluşumu, implant çıkarılmasına gerek duyulması gibi bazı dezavantajları olabilmektedir (3).

Medial malleol kırıklarının cerrahi tedavisinde bugün birçok farklı tespit yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada medial malleolün transvers kırıklarında hazır gergi bandı sistemi, malleol plağı ve malleol vidası olmak üzere 3 farklı tespit yöntemi biyomekanik olarak karşılaştırılmıştır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1.Ayak Bileğinin Anatomisi

Talokrural veya ayak bileği eklemi tibia, talus ve fibulanın oluşturduğu ginglymus tipte sinovyal bir eklemdir. Eklem primer olarak tibianın konkav distal artiküler faseti (plafond) ile talusun konveks superior artiküler yüzeyi (trochlea) arasındadır. Tibianın uzantısı olan medial malleol (iç malleol) trochleanın medial yüzeyi ile eklem yaparken, fibulaya ait olan lateral malleol (dış malleol) trochleanın lateral yüzeyi ile eklem yapar. Eklem ana yük taşıyan kısmı tibiotalar yüzeydir (11, 12).

Medial ve lateral malleollerle birlikte tibiotalar eklem yüzü, ayak bileği mortisini oluşturur.

2.1.1.Distal Fibula

Fibula distalde genişler ve lateral malleol (dış malleol) olarak isimlendirilir, tibia ve talusla eklem yapar. Distal tibiofibular eklem sindezmotik bir eklemdir ve eklem kıkırdağı içermez, az da olsa hareketli bir eklemdir. Lateral malleolun uç noktası medial malleole göre 2 cm posteriorda, 1 cm distaldedir. Distal fibulanın posteriorunda peroneal tendonların geçtiği bir oluk bulunur. Anterior ve posterior tibiofibular bağların yapışma yerleri olan tüberküller tibia eklem yüzünün hemen distalindedir. (13-15)

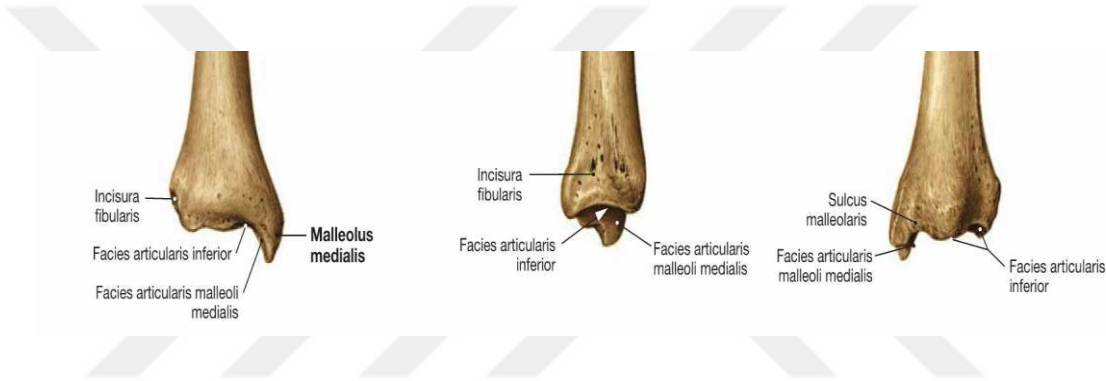


Şekil 1. Distal fibulanın medial ve lateralden görünümü (16)

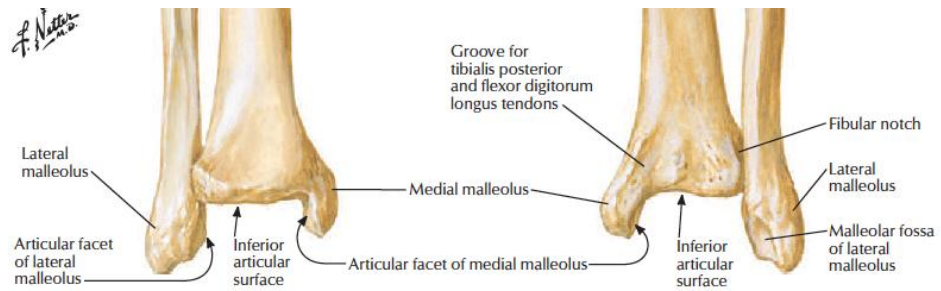
2.1.2. Distal Tibia

Enine kesitlerde üçgen şeklinde olan tibia distale doğru genişleyerek dikdörtgen şeklini alır. Distal metafızda bu genişlemiş spongioz bölgeye pilon denir. Tibianın ayak bileği eklemi oluşturarak artiküler yüzeyi ise plafdond olarak adlandırılır. Tibia distal, medialde piramidal bir çıkıntı yaparak medial malleolü oluşturur. Arka kısımda aşağı doğru olan uzantı ise posterior malleolü oluşturur.

Medial malleolün posteriorunda sulcus malleolaris denen tibialis posterior ve fleksör digitorum longus tendonlarının geçtiği oluk bulunur. Tibia distalin anterolateralinde Tillaux-Chaput, posterolateralinde Volkman tüberküleri bulunur. (15, 17)



Şekil 2. Distal tibianın anterior, lateral ve posteriordan görünümü (16)

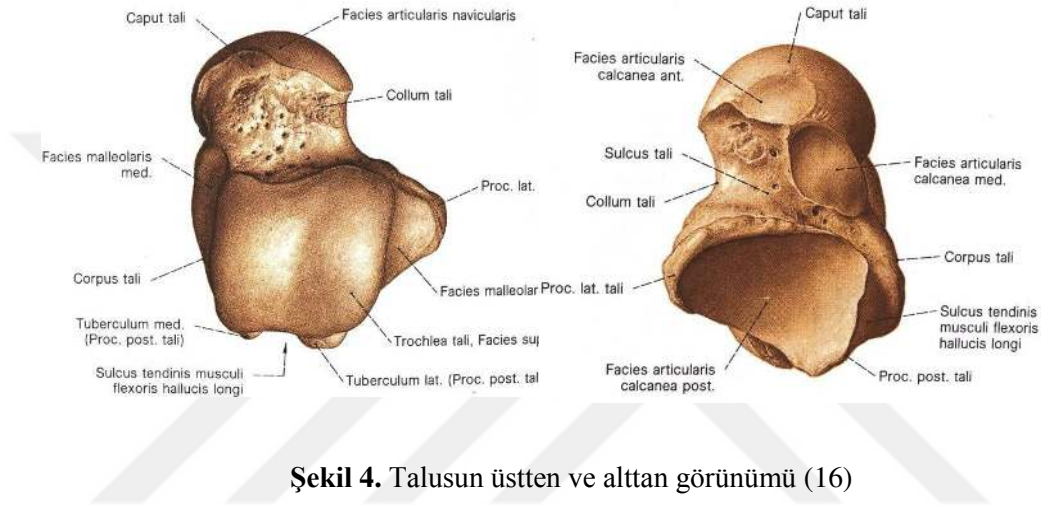


Şekil 3. Ayak bileğinin önden ve arkadan görünümü (18)

2.1.3. Talus

Ana olarak 3 kısımdan meydana gelir; caput, collum ve corpus. Alt kısımda kalkaneusla eklem yaparken, önde navikula ile eklemleşir. Trochlea olarak adlandırılan üst yüzeyi silindiriktir, ayak bileğinin dorsifleksiyon ve plantar

fleksiyon hareketlerine olanak verir. Anteriorda posteriora göre daha geniştir, dorsifleksiyonda ayak bileğinin en stabil pozisyonda olmasını sağlar. Talus yüzeyinin büyük bir kısmı kıkırdak ile kaplıdır. Boyun (collum) kısmında kıkırdak yüzey bulunmaz ve talusu besleyen damarların giriş bölgesidir. Arka yüzeyde fleksör hallusis longus tendonunun geçtiği bir oluk bulunur. Ayak bileğini stabilize eden bağların bir kısmı talusa yapışırken tendinöz bir yapışma yeri bulunmaz. (15, 19, 20)



Şekil 4. Talusun üstten ve alttan görünümü (16)

2.1.4. Eklem Kapsülü

Eklem kapsülü anteriorda tibia plafondunun 1-1,5 cm yukarısında başlayıp talus boynuna yapışır. Medial ve lateral malleoller eklem kapsülünün sınırları olup kapsül malleollerin üzerini kapatmaz. Posteriora doğru ilerledikçe incelik ve kapsülün iç yüzeyi sinovyal membran ile örtülüdür. (21)

2.1.5. Ayak Bileği Bağları

Ayak bileğinin stabilizasyonundan kemik yapılarla beraber 3 bağ kompleksi sorumludur. Bunlar; sindezmotik, medial ve lateral bağ kompleksleridir.

a) Sindezmotik Bağ Kompleksi

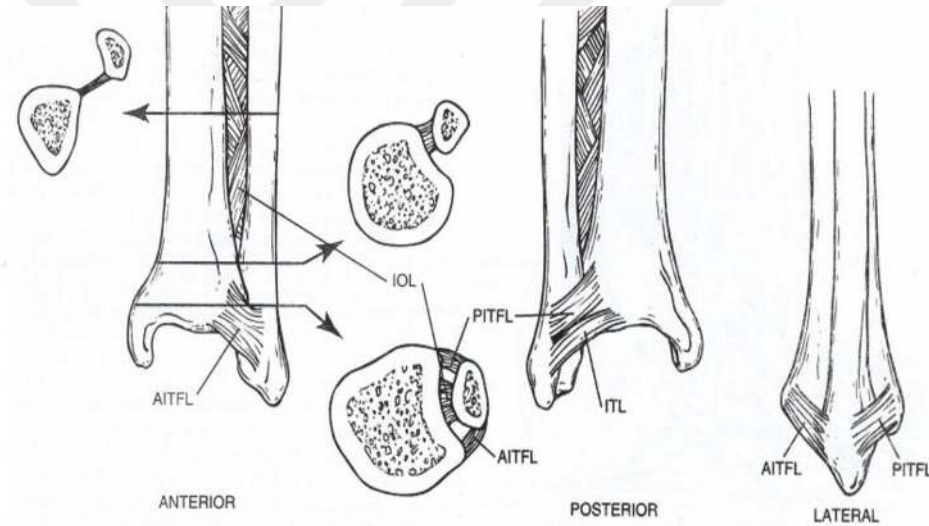
Ayak bileğinin maruz kaldığı kuvvetlere karşı distal tibiofibular uyumu koruyarak mortisin bütünlüğünü sağlar. Bu kompleks dört bağdan oluşur.

Anterior inferior tibiofibular ligament: tibia distal anterolateralinden (Chaput tüberkülü) lateral malleolün ön kısmına (Wagstaffe tüberkülü) oblik olarak uzanır. (17, 22)

Posterior inferior tibiofibular ligament: tibia distal posteriordan lateral malleolün posterioruna yapışır. Posterior inferior tibiofibular ligament anterior inferior tibiofibular ligamente kıyasla daha kısa ve kalındır. Bu nedenle rotasyonel ve translasyonel kuvvetlerde PİTFL sağlam kalırken yapıştığı yerde avülsiyon fraktürü görülebilir ve AİTFL, PİTFL ye göre daha sık yırtılır. (22, 23)

İnterosseöz ligament: Tibia ve fibula arasında interosseöz bağın devamı olan fibröz bir banttır.

Inferior transvers ligament: Distal tibia ve fibulada posterior yerleşimlidir, PİTFL kompleksine ait olduğu düşünülür.



Şekil 5. Sindezmotik bağ kompleksi (24)

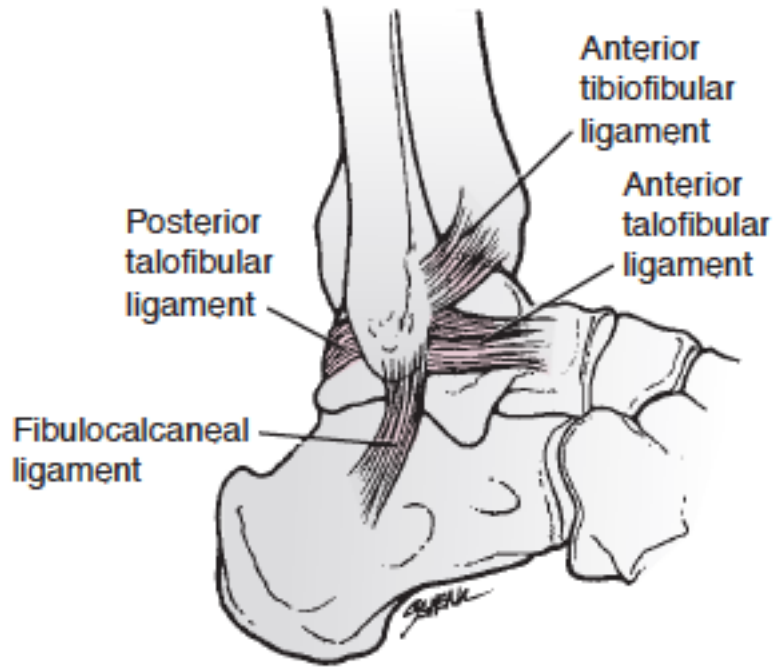
b)Lateral Kollateral Bağ Kompleksi

Üç kısımdan oluşur:

Anterior talofibular ligament: Üç bağın en kısa ve en az dayanıklı olanıdır. Ayak bileği kapsülünün anterolateralinden başlar, talus korpusunun lateral malleol eklem yüzünün ön bölümüne yapışır. Ayak bileği plantarfleksiyon pozisyonundayken talusun anteriora sublukse olmasına engel olur. (21, 24)

Kalkaneofibular ligament: Dış yan bağların en uzunudur. Lateral malleol alt ucundan başlayarak peroneal tendonların derininden ilerler ve kalkaneus lateral-posterioruna yapışır. Ayak bileğinin dorsifleksiyonda inversiyonunu engeller ve hem ayak bileği eklemine hem de subtalar eklemi stabilize eder. (21, 24)

Posterior talofibular ligament: Lateral malleol posteromedialinden talus posterioruna yapışır. Horizontal olarak seyreder. Üç bağın en dayanıklı ve en derinde olanıdır. Talusun posterior ve rotasyonel subluksasyonunu önler. (21, 24)



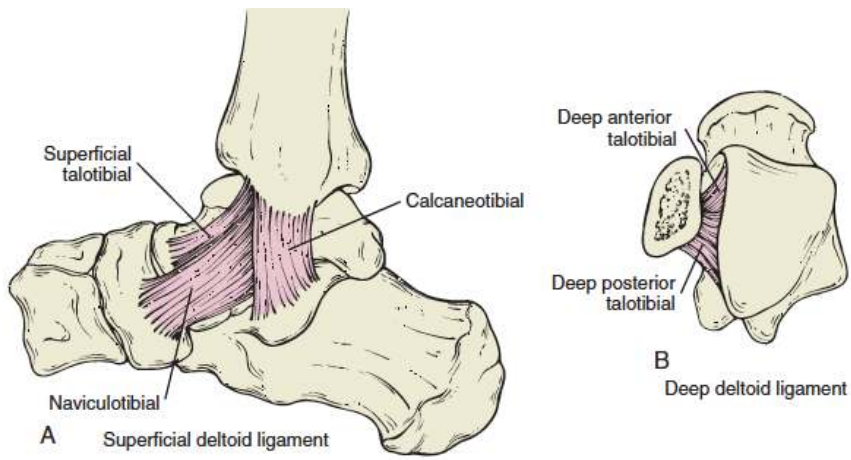
Şekil 6. Lateral kollateral bağ kompleksi (24)

c) Medial Kollateral Bağ Kompleksi

Ayak bileğinin medial bağ desteğini oluşturur. Deltoid ligament olarak da bilinen medial kollateral bağ kompleksi yüzeysel ve derin olmak üzere iki katmandan oluşur.

Yüzeyel deltoid ligament: Tibionavikular, tibiokalkaneal ve superficial tibiotalar kısımlar olmak üzere 3 demetten oluşur. Tibiokalkaneal ligament yüzeyel tabakanın en güçlü elemanıdır ve kalkaneusun eversiyonunu engeller.

Derin deltoid ligament: Ayak bileğinin ana medial stabilizatörüdür. Medial malleolün tepesi ile talusun iç kısmının ön bölümü arasında kısa ve kalın liflerden oluşur. Artiküler yüzeyde olan bu bağın tamiri için medial malleole osteotomi yapmak gerekir (22, 23).

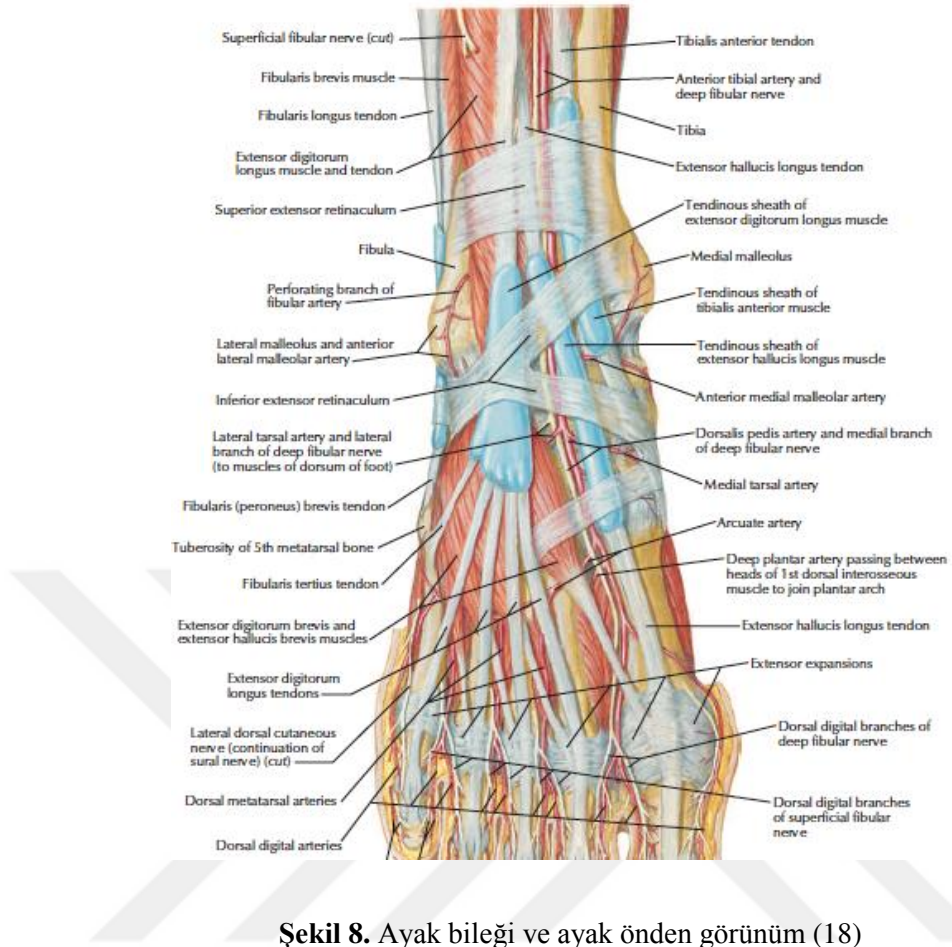


Şekil 7. Medial kollateral bağ kompleksi (22)

2.1.6. Ayak Bileği Çevresindeki Yapılar

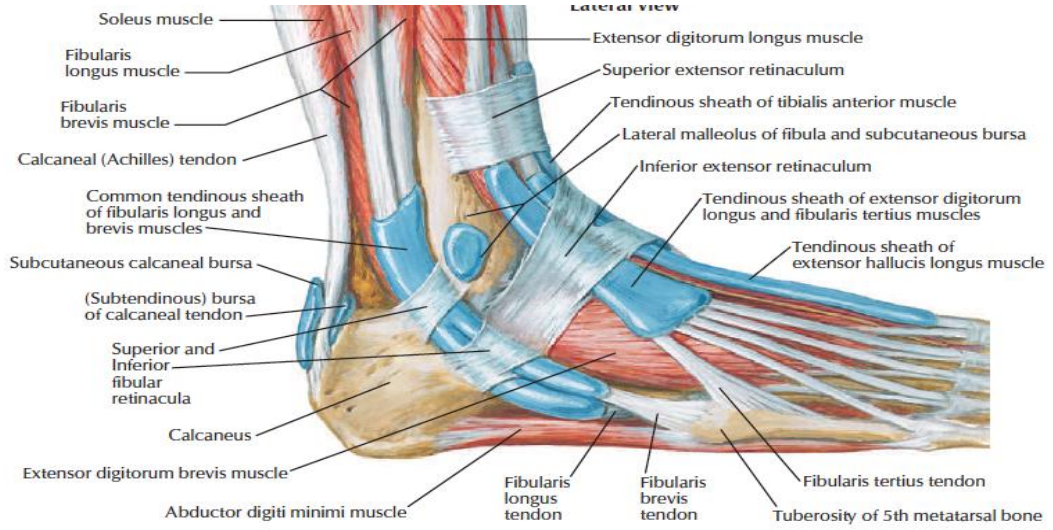
Beş sinir, iki majör arter ve ven ile on üç tendon ayak bileği eklemine geçer. Bu tendonlar posterior, anterior, medial ve lateral olmak üzere dört gruba ayrılır. (24)

- 1. Anterior grup:** Ekstansör retinakulum, ekstansör tendonlar, anterior tibial damarlar ve derin peroneal sinirden oluşur. Tibalis anterior, ekstansör hallusis longus, ekstansör digitorum longus ve peroneus tertius tendonları mevcuttur ve bu kaslar derin peroneal sinir tarafından innerve edilir. (25)



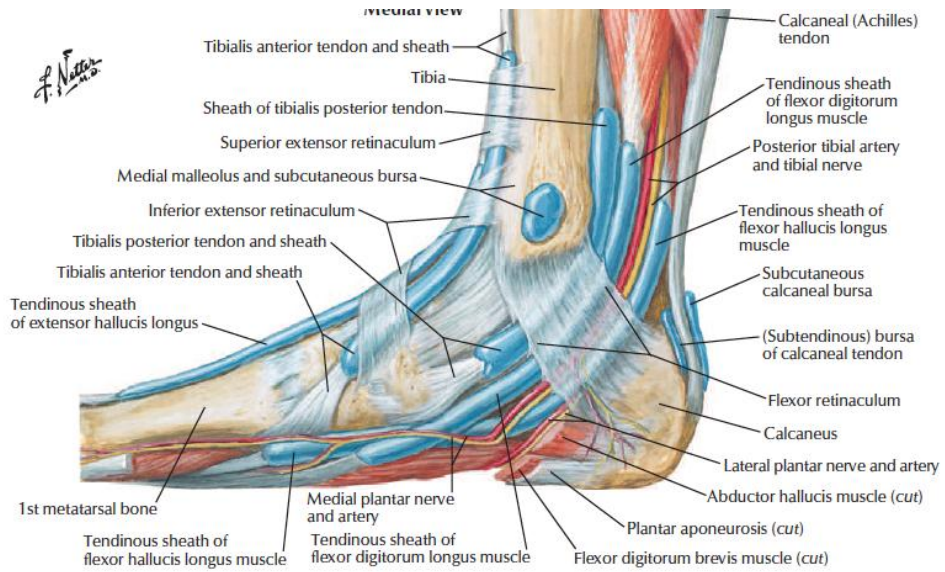
Şekil 8. Ayak bileği ve ayak önden görünüm (18)

- 2. Lateral grup:** Ayak bileğinin lateralinden peroneus longus ve peroneus brevis kaslarının tendonları geçer. Peroneus longus tendonu peroneus brevis tendonunun arkasındadır. Bu iki kas yüzeyel peroneal sinir tarafından uyarılır. Bu tendonlar superior peroneal retinakulum tarafından sarılmışlardır (25).



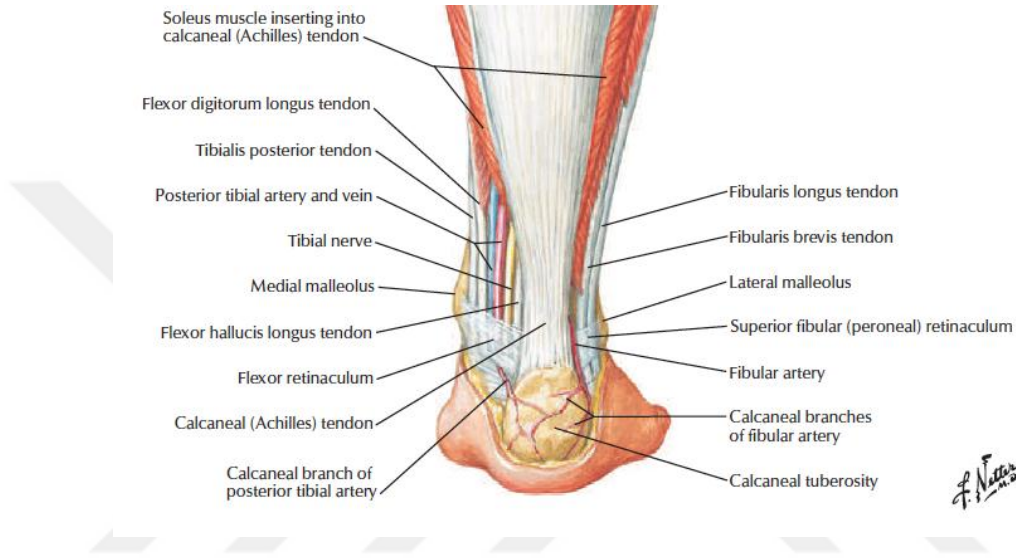
Şekil 9. Ayak bileği lateralden görünümü (18)

- 3. Medial grup:** Medial malleolün hemen arkasında anteriordan posteriora doğru sırasıyla şu yapılar bulunmaktadır; tibialis posterior tendonu, fleksör digitorum longus tendonu, tibialis posterior arter ve ven, tibial sinir, fleksör hallusis longus tendonu. Bu yapılar medial malleolden kalkaneusa uzanan fleksör retinakulumun altından geçer. Medial malleolün anteriorundan safen ven ve safen sinir geçer (25).



Şekil 10. Ayak bileği medialden görünümü (18)

- 4. Posterior grup:** Posterioriorda vücudun en kalın ve kuvvetli tendonu olan aşıl tendonu ve aşıl tendonunun medial sınırı boyunca uzanan ince plantaris tendonu bulunur. Aşıl tendonunun hemen lateralinde seyreden sural sinir topuk ve ayak lateralinin duyusunu alır (25).



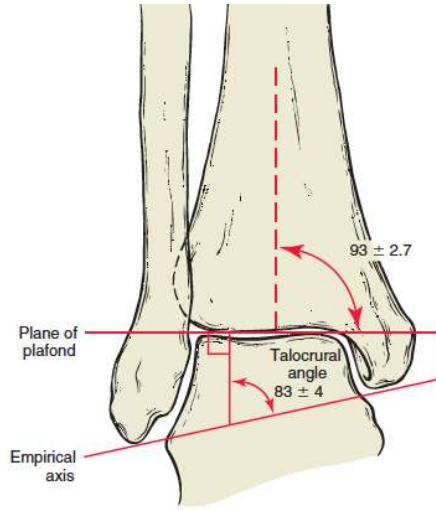
Şekil 11. Ayak bileği posteriordan görünümü (18)

2.2. Ayak Bileği Eklemi Biyomekaniği

Ayak vücudun çevre ile bağlantısını sağlar ve yürüme açısından alt ekstremitenin en önemli kısmıdır. Ayak bileği eklemi ise alt ekstremitenin uç kısmında gelen yükü ayağa transfer eden menteşeli bir eklemdir. Ayak bileği eklemi hareketi temel olarak sagittal planda olur ve plantarfleksiyon (fleksiyon) ve dorsifleksiyon (ekstansiyon) olarak adlandırılır. Bu hareketlere ek olarak subtalar ekleminde rol oynadığı transvers plandaki abduksiyon, addüksiyon ve frontal planda inversiyon, eversiyon hareketleri mevcuttur. Bu hareketlerin kombinasyonu sonucu 3 boyutlu planda supinasyon ve pronasyon hareketleri oluşur (22, 26, 27).

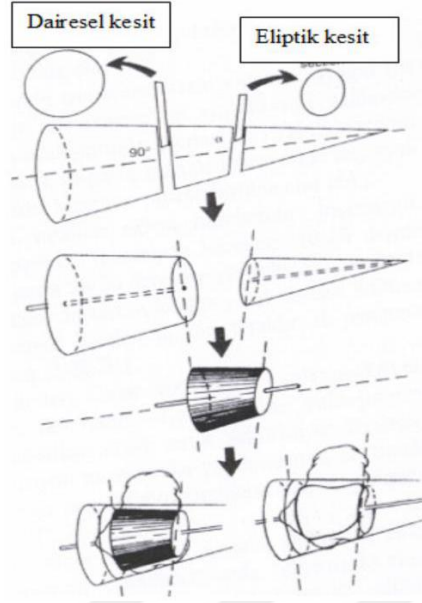
Ayak bileğinin mekanik eksenı medial ve lateral malleollerin uç noktalarından geçen çizgidir. Tibianın longitudinal aksı ile ayak bileği eksenı

arasında koronal düzlemde ortalama 80° açılanma mevcuttur. Ayak bileği eksenini tibia kondillerine göre ortalama 22° dış rotasyondadır. Tibia plafond ile ayak bileği eksenini arasındaki açı (Talokrural açı) koronal planda $83 \pm 4^\circ$ dir. Ayak bileği eksenini dış oblik pozisyonda olduğundan hareketleri sırasında ayakta iç rotasyon gözlenir. Yürümenin ilk 1/3 kısmında bacak iç rotasyon yaparken son 2/3 kısmında dış rotasyon yapar. Rotasyon miktarı dorsifleksiyon derecesi ve eksenin eğimine bağlıdır. Rotasyonun ortalaması yaklaşık 19° , tibiotalar eklem hareket açıklığı ise ortalama 24° dir. Tibia eksenini tibial plafondun 3° daha valgusunda kalır (28-32).



Şekil 12. Talokrural açı (22)

Inman, ayak bileğinin deneysel ekseninin medial malleolün uç kısmının 5 mm distali, lateral malleolün 3 mm distal ve 8 mm anteriorundan geçtiğini belirtmiştir. Ayak bileği anatomisini ve işlevini tek planda düşünerek eklemi, tepesi mediale tabanı laterale bakan kesik koni olarak tariflemiştir. Koninin eksenini mekanik eksene denk gelmektedir (33).



Şekil 13. Inman'ın tarif ettiği kesik koni modeli (22)

Talusun kubbesi 140-150° lik bir daire kesitine uymaktadır. Tibia distal ucu konveksitesi ise 70° lik bir daire kesitine benzer. Bunlardan dolayı ayak bileği sagittal planda 70-80° lik bir hareket açıklığına sahiptir. Bunun 30-50° kadarı plantar fleksiyon, 20-30° kadarı dorsifleksiyona aittir. Normal yürüme için en az 10° dorsifleksiyon, 20° plantar fleksiyon gereklidir (29-32, 34).

Ayak bileği yatay planda değişken bir hareket eksenine sahiptir. Normal ayak bileklerinde anlık rotasyon merkezleri talustadır. Ayak bileğinin tam eklem hareket açıklığında, eksen 4-7 mm yer değiştirir. Talusun laterale çok az derecede yer değiştirmesi, talus ile tibia arasındaki temas alanında önemli ölçüde azalmaya yol açar. Ramsey, talusun 1 mm' lik lateral deplasmanı sonrası ayak bileği eklem temas alanında %42 oranında azalmaya neden olduğunu göstermiştir (35).

2.3. Ayak Bileği Kırıklarının Etiyolojisi ve Yaralanma Mekanizması

Ayak bileği kırıkları tüm kırıkların %10 unu oluşturur. Ayak bileği kırıkları çoğunlukla basit düşme, burkulmalar sonrası oluşur ve bu gruptaki kırıkların prognozu genellikle iyidir. Yüksek enerjili travmalar sonrası oluşan ayak bileği kırıklarında yumuşak doku problemleri, bağ instabiliteleri, çok parçalı kırık

görölme sıklığı yüksektir ve ilerleyen zamanlarda sekel bırakma ihtimali daha fazladır (1, 36-38).

Ayak bileği kırıkları için yaş, kemik kalitesi, geçirilmiş ayak bileği kırığı öyküsü başlıca risk faktörlerini oluşturur. En yüksek kırık insidansı yaşlı kadınlardadır. Yaralanma derecesi ve kırığın şekli hastanın yaşı, kemik kalitesi, yaralanma anında ayağın pozisyonu, ayağa gelen kuvvetin yönü ve büyüklüğü gibi birçok faktöre bağılıdır (24, 37, 38).

Ayak bileği kırıkları direkt, indirekt ve kompresyon kuvvetleriyle oluşabilir. Bunlar arasında en sık görülen indirekt mekanizmayla oluşan kırıklardır. Lateral malleol kırıkları adduksiyon ve inversiyon kuvvetlerinin eklemi mediale deplase etmesi sonucu oluşurken, medial malleol kırıkları abduksiyon ve eversiyon kuvvetlerinin eklemi laterale deplase etmesi sonucu oluşur. Plantar fleksiyon, ayak bileği stabilitesinin en düşük olduğu pozisyonudur. Bu nedenle ayak bileği yaralanmalarının önemli bir kısmı plantar fleksiyondaki ayak inversiyon kuvvetlerine maruz kaldığında meydana gelmektedir. Bu yaralanma sonrasında hasar göreceğ ilk bağ ATFL'dir. ATFL lateral bağlar içerisinde en zayıf ve kısa olan ve bu nedenle en fazla yırtılan veya hasarlanan bağıdır. Bu yaralanmalarda belirtilen konumdaki ayak üzerine düşme sonucu meydana gelmektedir. Temel mekanizmalar spor sırasında sıçrama sonrası bir diğğr sporcunun ayağı üstüne ya da çukur kenarına basma, ülkemizde muhtemelen daha sık rastlanan şekliyle düzgün olmayan zemin üzerinde koşma ve yürüme sırasında meydana gelen burkulmalar biçimindedir. Ayak bileği yaralanmalarının büyük kısmı izole ATFL bağ kopmalarıdır ve %60-70 oranlarında görülürler (26, 39, 40).

Dorsifleksiyondaki ayak bileğinin inversiyon kuvvetlerine maruziyeti sonrası KFL lezyonu oluşur. Dorsifleksiyon-internal rotasyon kombinasyonu ise PITFL lezyonu oluşturur. Dorsifleksiyon ve eksternal rotasyon kuvvetlerinde ise AITFL yaralanır. Deltoid ve sindezmoz lezyonları ayak bileğinin eksternal rotasyon ve eversiyon kuvvetlerine maruziyeti sonrası görülür. Deltoid bağ anteriorunda kısmi yırtıklar tam yırtıklara göre daha sık meydana gelir (24, 27, 32).

Lauge-Hansen 1942 yılında yaralanma sırasında ayağın pozisyonu ve etki eden kuvveti dikkate alarak bir sınıflandırma oluşturmuşlardır. Ayak bileğindeki

deforme edici kuvvetleri abduksiyon, adduksiyon, dış rotasyon ve vertikal yüklenme olarak belirlemişlerdir. Coonrad, malleollerin tüm kırıklarında talusun anormal hareketi olduğunu bildirmiş, çekme kuvvetinin malleollerde transvers kırık, itme kuvvetinin oblik kırık, rotasyonel kuvvetin spiral kırık oluşturduğunu tespit etmiştir (26, 41).

Ayağın supinasyonu lateral yapılara uygulanan kuvveti artırır. Supinasyondaki ayağa adduksiyon kuvveti eklenirse fibula distali yapışma yerinden kopabilir veya lateral kollateral bağlar yırtılabilir. Bunun haricinde distal fibula kopabilir veya sindezmotik bağ seviyesi distalinde transvers kırık oluşabilir. Mediale doğru talusa uygulanacak adduksiyon kuvvetinin devamlılığı, medial malleolde vertikal kırık ve talus artiküler yüzünde osteokondral kırığa neden olabilir (22, 24).

Abduksiyonda uygulanan aşırı kuvvetler ya bağın kemiğe yapışma yerinde avülsiyona ya da sindezmotik bağ yırtıklarına neden olurlar. Pronasyondaki ayakta ilkönce medial yapılar gerilir ve hasarlanır. Medial malleolde avülsiyon kırığı veya deltoid bağda yırtık oluşur. Talustan laterale doğru olan abduksiyon kuvvetlerinin devamı durumunda sindezmoz düzeyinde ya da daha proksimalde fibula kırıkları, kırık seviyesinin üstünde interosseöz membran hasarı meydana gelir. Fibulada oluşan kırık oblik veya kelebek tarzda parçalanma şeklindedir. Bu kırıkların bazılarında ek bir medial yaralanma görülebileceği unutulmamalıdır (22, 24).

Pronasyon-eksternal rotasyon yaralanmalarında ilk olarak ayak bileği mediali hasarlanır. Eksternal rotasyon kuvvetleriyle önce anterior tibiofibular bağ yaralanır veya bağın çekmesine bağlı avülsiyon kırıkları olur. Kuvvetin devamı halinde ise sindezmoz düzeyinde veya daha yukarısında, çizgisi anterosuperiordan posteroinferiora devam eden ve proksimaldeki interosseöz membran yırtığının eşlik ettiği spiral bir fibula kırığı meydana gelir. Rotasyon kuvvetinin devamı durumunda arka sindezmozda hasarlanma veya posterolateral tibiada avülsiyon kırığı oluşur. Supinasyon-eksternal rotasyon veya pronasyon-eksternal rotasyon tipi yaralanmalarda, fibulada farklı kırık tipleri gözlenebilir (22, 42).

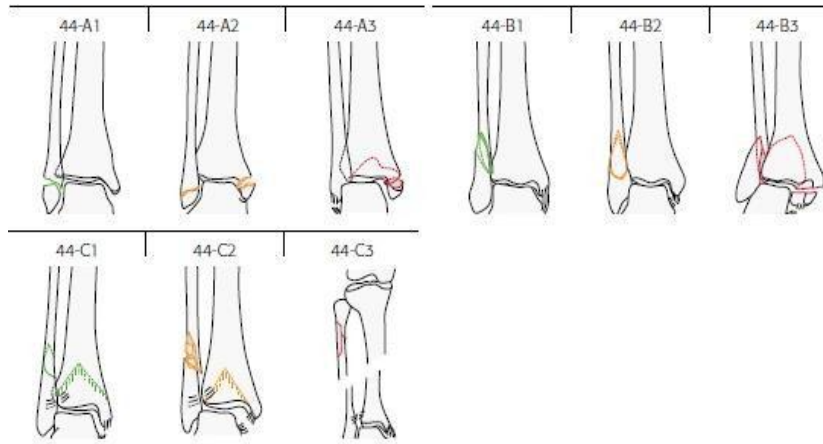
Ayak bileğinin vertikal yüklenmesi, talustan tibia distal medialine doğrudur. Yaralanma şekli ayağın pozisyonu ve yüklenme kuvveti ile belirlenir. Neticede

distal tibianın eklem içi fraktürlerinden ön veya arka tibial kenarın izole fraktürlerine kadar farklı kırık şekilleri oluşabilir (26, 42).

2.4. Ayak Bileği Kırıklarının Sınıflandırılması

Ayak bileği kırıklarında birçok sınıflandırma tarif edilmiştir. İdeal bir sınıflandırmanın tanı ve tedaviyi yönlendirmesi, kolay uygulanabilir olması beklenmektedir (22, 43).

İlk ayak bileği kırık sınıflandırması Pott tarafından yapılmış, kırılan malleol sayısına göre unimalleolar, bimalleolar ve trimalleolar şeklinde sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma günümüz pratiğinde de sıklıkla kullanılmaktadır. Lauge-Hansen kırık şekillerini yaralanma mekanizmasıyla açıklayan bir sınıflandırma yapmışlardır. Weber, Danis'in ortaya koyduğu sınıflandırmayı modifiye ederek distal fibulanın yaralanma seviyesine göre radyolojik bir sınıflandırma yapmıştır. 1979 yılında hem lokalizasyon hem de yaralanma mekanizmasını içeren bir sınıflama olarak AO/ OTA sınıflaması geliştirilmiştir. Bu sınıflamada tibia 4 numara ile, tibia distal kısımdaki malleolar bölge 44 numalara ile sınıflandırılmaktadır. Tip 44 kendi içinde A,B,C olarak alt tiplere ayrılmaktadır. Aslında bu sınıflama Danis-Weber ve Lauge-Hansen sınıflandırmasının AO' ya uyarlanmış halidir (24, 26, 44).



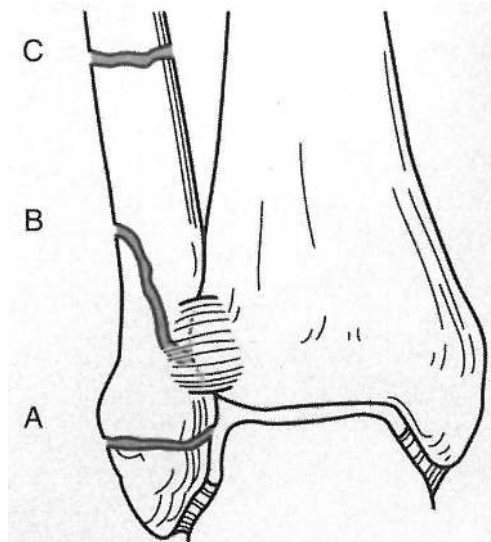
Şekil 14. AO / OTA ayak bileği kırık sınıflaması (17)

Tablo 1: AO/OTA ve Lauge-Hansen sınıflamaları (24)

Kırık Karakteristiği	AO/OTA	Lauge-Hansen	Eşlik Edenler
Transvers distal fibula sindezmoz altında	Tip A	Supinasyon addüksiyon	Vertikal medial malleol
Vertikal medial malleol	Tip A	Supinasyon addüksiyon	Eklem impaksiyonu ve transvers fibula
Sindezmoz boyunca kısa oblik	Tip B	Supinasyon dış rotasyon	Medial malleol veya deltoidin instabil yaralanması
Transvers veya lateral parçalı fibula	Tip B veya C	Pronasyon addüksiyon	Lateral eklem impaksiyonu veya deltoid instabil yaralanması
Sindezmoz üzerinde yüksek fibula	Tip C	Pronasyon dış rotasyon; ancak supinasyon dış rotasyon veya pronasyon addüksiyon da mümkün	Medial malleol veya deltoidin instabil yaralanması; diğer karakteristikler tedaviyi belirler
Küçük posterior malleol (<%20)	Tip B veya C	Süpinasyon addüksiyon dışında herhangi biri	Diğer karakteristikler tedaviyi belirler
Büyük posterior malleol (>%20)	Tip B veya C	Süpinasyon addüksiyon dışında herhangi biri	Rotasyonel ayak bileği kırıklarının çoğundan daha kötü prognoz

2.4.1. Danis-Weber Sınıflandırması

Danis tarafından geliştirilip Weber tarafından modifiye edilen bu sınıflama lateral malleol kırığının lokalizasyonuna göre yapılır. Sindezmoz seviyesi baz alınarak bu seviyenin altında, sindezmoz seviyesinde ve sindezmoz seviyesinin üstünde olmak üzere A, B, C olarak sınıflandırılır. Uygulama kolaylığı nedeniyle günümüzde de popüler olan bir sınıflamadır. Bu sınıflandırmaya göre kırık proksimale yaklaştıkça sindezmozdaki hasar ve instabilite artar.



Şekil 15. Danis-Weber Sınıflandırması (24)

Tip A: Ayak bileği iç rotasyonu ve adduksiyonu sonrası gelişir. Lateral malleolde tibia plafonu veya daha alt seviyesinde transvers kırık oluşur. Sindezmoz sağlamdır. Lauge-Hansen supinasyon-adduksiyon kırıklarına benzer.

Tip B: Dış rotasyon sonrası lateral malleolde sindezmoz seviyesinde spiral veya oblik kırık vardır. Sindezmoz kısmi hasarlanmıştır. Bu kırıkların %50 sinde AİTFL kopmuş veya kısmi yırtılmıştır. PİTFL sağlamdır. Lauge-Hansen supinasyon-dış rotasyon ve pronasyon-abduksiyon yaralanmalarına denk düşer.

Tip C: Sindezmozun proksimalinde oluşan fibula kırığıdır (Pott, Dupuytren). Sindezmoz hasarıyla beraber medial malleolde avülsiyon kırığı ya da deltoid ligamentte hasar vardır. Maisonneuve yaralanmaları bu gruptadır. Lauge-Hansen pronasyon-dış rotasyon yaralanmasına uyar.

Bu sınıflama cerrahi tedavi planlamasında faydalı bir sınıflamadır. Tip A ve B kırıklarda cerrahi endikasyon kırığın stabilitesi ve deplasman miktarı ile ayak bileği medial taraf yaralanmasının mevcut olup olmamasına bağlı iken; Weber tip C kırıklar çoğunlukla stabil değildir ve birlikte sindezmoz hasarı ile medial kısımda yaralanma da vardır (14, 22, 24).

2.4.2. Lauge-Hansen Sınıflandırması

Travma mekanizmasına göre oluşturulan bu sınıflamada iki temel kriter vardır. Bunlardan ilki yaralanma sırasında ayağın pozisyonu, ikincisi ise bu esnada ayağa gelen kuvvetin yönünü belirtir. Bu iki kriter göz önüne alınarak 4 alt grup tanımlanmıştır. Bunlar;

1. Supinasyon-eksternal rotasyon (SER)
2. Supinasyon-adduksiyon (SAD)
3. Pronasyon-eksternal rotasyon (PER)
4. Pronasyon-abduksiyon (PAB).

Daha sonraları bu alt gruplara aksiyel yüklenme ile oluşan pronasyon-dorsifleksiyon tipi beşinci grup eklenmiştir. Nispeten karmaşık bir sınıflama olması ve bazı kırıkların ayrımının güç olması bu sınıflandırmanın dezavantajlarındandır.

Özellikle klinik pratikte pronasyon-eksternal rotasyon hasarı ile pronasyon-abduksiyon hasarının ayırımında güçlük olduğu belirtilmiştir (45-47).

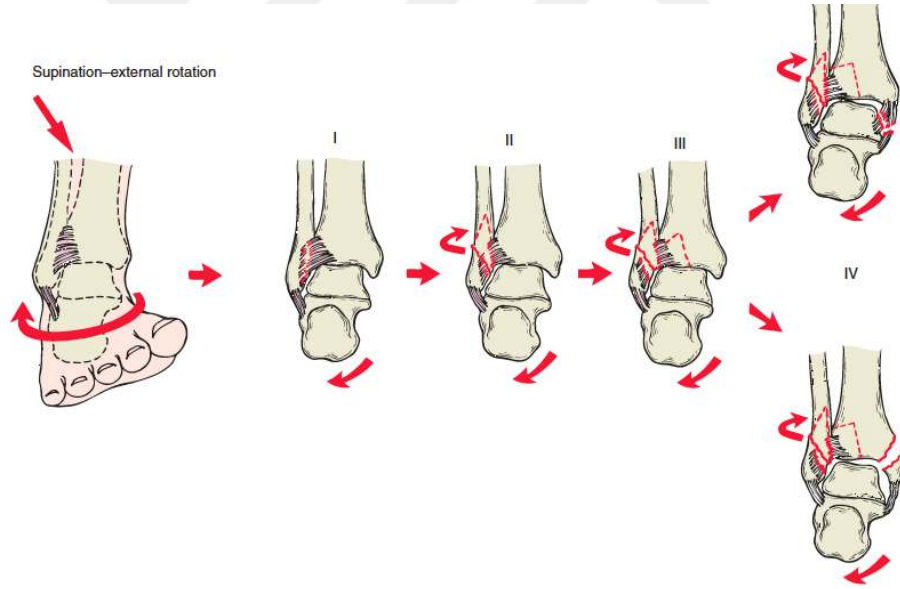
1) Supinasyon-Eksternal Rotasyon (SER) Kırıkları: En sık görülen yaralanma tipidir (%60). Supinasyondaki ayağa dış rotasyon uygulanması lateral yapıları stres altında bırakır, kuvvetin devamı halinde medial yapılarda risk altına girer. 4 evresi vardır:

SER 1; AİTFL yaralanması.

SER 2; distal fibulanın spiral oblik kırığı.

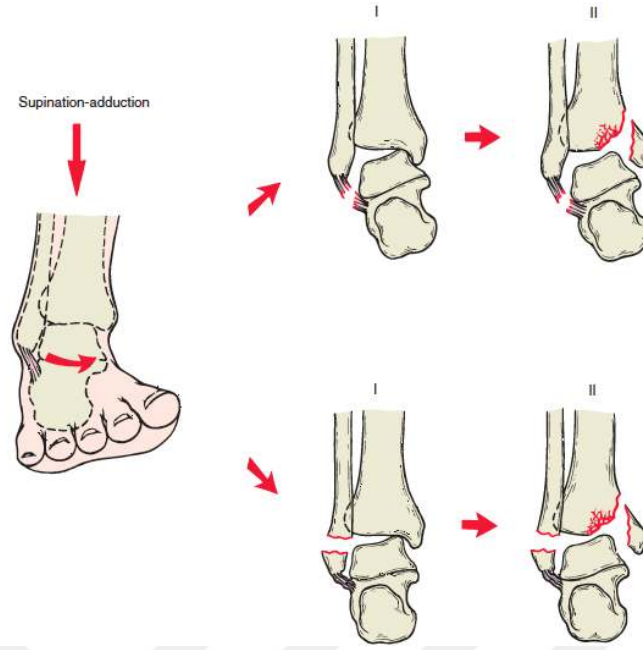
SER 3; distal fibulanın spiral oblik kırığı ile PİTFL yaralanması veya arka malleol kırığı.

SER 4; distal fibulanın kısa oblik kırığı ile birlikte medial malleol kırığı veya deltoid bağ yaralanması (45-48).



Şekil 16. Supinasyon-eksternal rotasyon yaralanması (22)

2)Supinasyon-Adduksiyon (SAD) Kırıkları: Ayak bileği medialinde kompresyon, lateralinde traksiyon oluşturan bu yaralanma ile lateral malleolün transvers, medial malleolün vertikal kırığı meydana gelir. İki aşamalı bir yaralanmadır. Danis-Weber tip A yaralanmaya benzer (45-47).



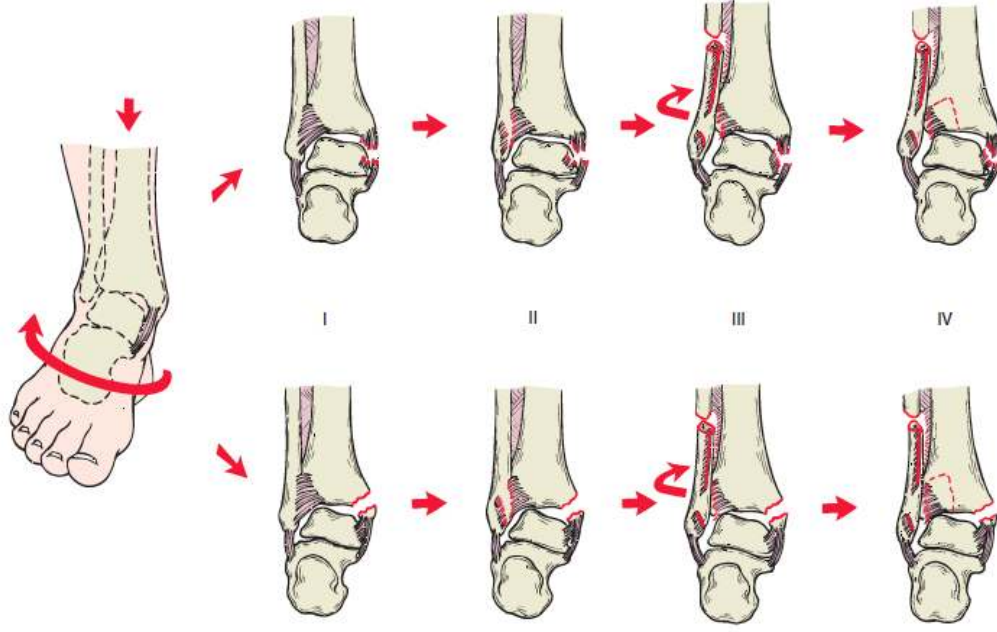
Şekil 17. Supinasyon-adduksiyon yaralanması (22)

3)Pronasyon-Eksternal Rotasyon (PER) Kırıkları: Pronasyondaki ayakta önce medial yapılar gerilir ve zarar görür. Bu pozisyondaki ayağa dış rotasyon kuvveti uygulanırsa lateral ve posterior yapılarda yaralanır. 4 aşamalı bir yaralanmadır; PER1: medial malleolün transvers kırığı veya deltoid bağ yaralanması

PER2: AİTFL yaralanması

PER3: distal fibulanın eklem seviyesi üzerinde kısa oblik kırığı

PER4: PİTFL yaralanması veya posterolateral tibianın avülsiyon kırığı (22, 24)



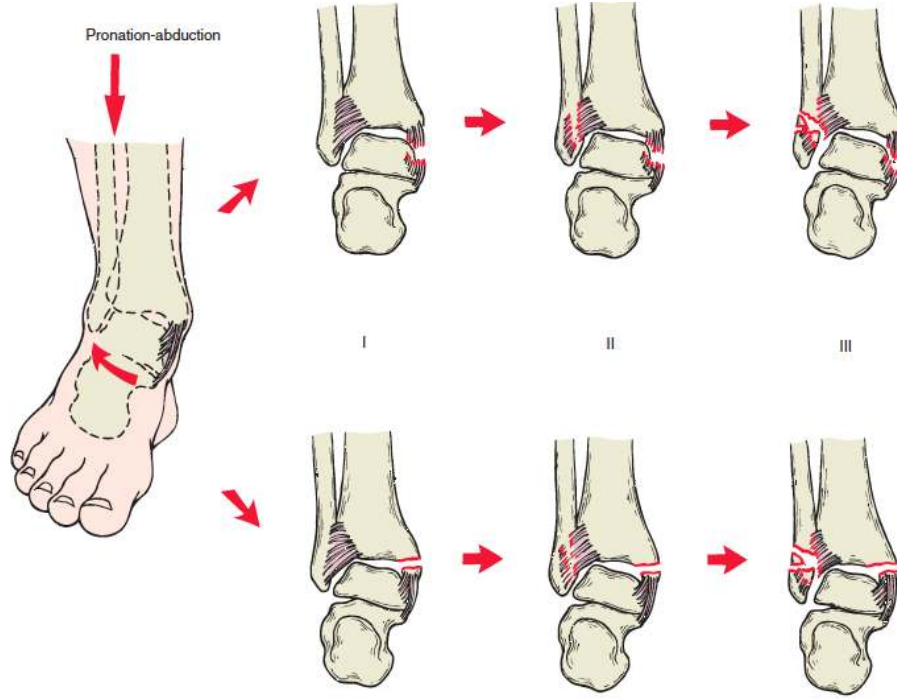
Şekil 18. Pronasyon-eksternal rotasyon yaralanması (22)

4)Pronasyon-Abduksiyon (PAB) Kırıkları: Pronasyon ve abduksiyondaki ayakta talus, medialdeki yapıları gerer. Stres devam ettiğinde lateral ve posterior malleollerde yaralanma olur. 3 aşamalıdır;

PAB1: medial malleol transvers kırığı veya deltoid bağ yaralanması

PAB2: sindezmotik bağ yırtığı veya insersiyolarının avülsiyon kırıkları

PAB3: lateral malleolün eklem seviyesi üzerindeki kırığı (22, 24)



Şekil 19. Pronasyon-abduksiyon yaralanması (22)

2.5.Ayak Bileği Kırıklarında Klinik Değerlendirme

2.5.1. Hikaye

Hasta değerlendirmesi anamnezle başlar. Hastaya travma mekanizması sorulmalı, daha önce benzer bir travma öyküsü olup olmadığı öğrenilmelidir. Geçirilmiş benzer travma öyküsü olan hastalarda radyolojik incelemede dikkatli olunmalı, sekellerin akut yaralanmayla karıştırılma ihtimali göz önünde tutulmalıdır. Hastanın özgeçmişi sorgulanmalı, bazı kronik hastalıkların tedaviyi yönlendirebileceği akılda tutulmalıdır (14, 15, 24).

2.5.2.İnspeksiyon

İnspeksiyonla deformite varlığı, yaralanmanın tipi (açık kırık, kapalı kırık), yumuşak dokunun durumu (şişlik, abrazyon, ekimoz) değerlendirilir. İnstabil yaralanmalarda ayakbileğindeki deforme görünüm belirgindir (14, 15).

2.5.3. Palpasyon

Palpasyonla ayak bileğindeki hassasiyet değerlendirilir. Kırık bölgede krepitasyon saptanabilir. Periferik nabızlar, cilt ısısı, kapiller dolum muayene edilir (14, 15).

2.5.4.Özel Tanı Testleri

a) Ön Çekmece Testi

Hekim bir eliyle hastanın kruris distalini tutarken diğer eliyle topuktan tutarak ayak bileğine itme-çekme hareketi uygular. Kollateral ligamentler ve ATFL hasarını göstermede değerli bir testtir.

b) İnversiyon Stres Testi

ATFL ve KFL nin değerlendirildiği testtir. Ayak bileği plantar fleksiyonda iken inversiyona zorlandığında ATFL, nötral pozisyonda veya dorsifleksiyonda inversiyon yapıldığında ise KFL değerlendirilir.

c) Eversiyon Stres Testi

İnversiyon stres testinin tersidir. Deltoid ligamenti değerlendirmek amaçlı kullanılır.

d) Dış Rotasyon Testi

Sindezmoz hasarını değerlendirmede kullanılır. Diz 90° fleksiyondayken ayak bileği dış rotasyona zorlandığında sindezmoz üzerinde ağrı olması sindezmoz hasarını gösterir. Aynı amaçla kullanılan bir diğer testte baldır kompresyon testidir.

Kruris orta kısımda yanlardan elle sıkıldığında sindezmozda ağrı olması yaralanmayı gösterir (27, 49).

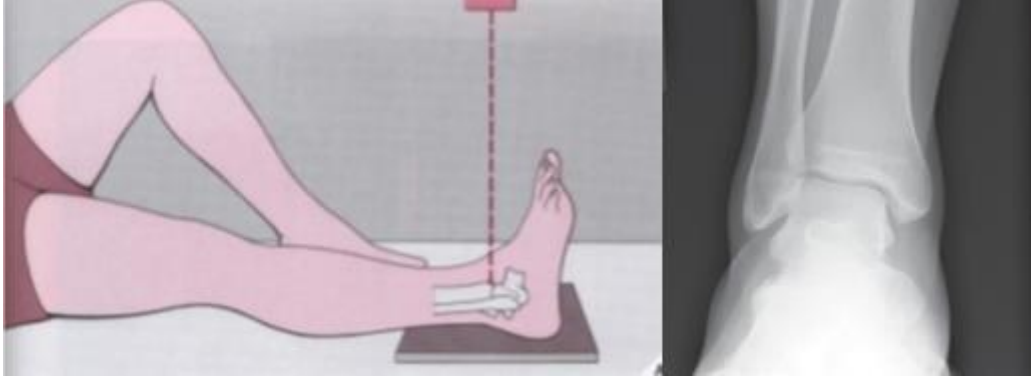
2.6. Ayak Bileği Kırıklarının Radyolojik Değerlendirilmesi

Ayak bileğinin standart radyolojik görüntülemeleri AP, lateral, mortis direkt grafilidir. Ayrıca bir üst ve bir alt eklemlerinde görüntülenmesi eşlik eden yaralanmaları tespit etmek açısından önemlidir (Maisonneuve kırığı). Akut değerlendirme genelde direkt grafiyle yapılırken ayak bileğinin ayrıntılı değerlendirmesi için BT, MR ve USG gibi tetkiklere başvurulabilmektedir. Direkt grafi hem kırığın tanımlanmasında hem de tedavi sonrası takiplerde kullanılır. AP ve mortis grafiğinde kullanılan kriterler hem instabilitenin ortaya konulmasını sağlar hem de tedavi planlamasına yardımcı olur (24, 26, 50).

Ayak bileği burkulması ile acil servislere başvuran hastaların önemli bir kısmında yapılan radyografik tetkikler sonrası kırık saptanmamaktadır. Bundan dolayı kırık ihtimalini atlamadan radyolojik görüntüleme ihtiyacını en aza indirmeyi amaçlayan Ottawa Ayak Bileği Kriterleri tanımlanmıştır. Ayak bileği bölgesinde ağrı şikayeti ile başvuran hastada bu kriterler; ağırlı ayak bileğine dört adım kadar yük verememe, tibia distal posteriorun 6 cm boyunca kenarı veya medial malleol ucunda hassasiyet, fibula distal posteriorun 6 cm boyunca kenarı veya lateral malleol ucunda hassasiyet, 5. metatars proksimali veya navikulada hassasiyet olmasıdır. Bu kriterlerden en az birinin varlığına göre radyolojik görüntüleme istenmesi gereksiz tetkiklerin önemli ölçüde azalmasını sağlamaktadır (51-54).

a) AP Görüntüleme

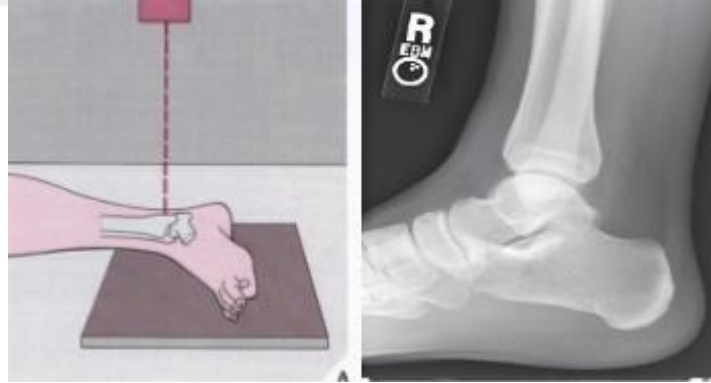
Hasta sırtüstü yatarken, topuk kaset üzerinde, ayak nötralde ya da bir miktar fleksiyonda, ayak tabanı kasete dik, ayak başparmağı hafif içe dönükken ayağın uzun eksenini boyunca bir görüntü alınır. AP görüntüde medial ve lateral malleol, tibial plafond, talus superioru, korpus ya da lateral proçes ve kalkaneus kırıkları değerlendirilebilir. Tibiotalar eklem bütünlüğü, talar tilt ve sindezmozun durumu da değerlendirilebilir (24, 50).



Şekil 20. Ayak bileğinin AP görüntülenmesi (sol), Radyografik görüntüsü (sağ) (55)

b) Lateral Görüntüleme

Yan yatar pozisyonundaki hastada lateral malleol kaset üzerinde ve ayak bileği yana dönderilerek görüntü alınır. Lateral grafide anterior ve posterior tibial kenar, posterior talar proçes, talus boynu, kalkaneus fraktürlerini ve talusun yer değiştirmesini gösterir. Ayak bileği instabilitesi hakkında fikir verir (24, 27, 40).



Şekil 21. Ayak bileğinin lateral görüntülenmesi (sol), Radyografik görüntüsü (sağ) (55)

c) Oblik Görüntüleme

Supin pozisyonundaki hastada ayak 30-35° iç rotasyonda iken görüntü alınır. İç oblik çekimde sindezmoz ve tibiofibuler eklem, dış oblik çekimde anterior tibial tüberkül ve lateral malleol değerlendirilir (24, 27, 40).



Şekil 22. Ayak bileğinin oblik radyografik görüntüsü (55)

d) Mortis Görüntüleme

Supin pozisyonundaki hastada ayak bileği 15° iç rotasyondayken alınır, talus superioru ve mortis arasındaki artiküler yüzey değerlendirilir (24, 27, 40).



Şekil 23. Ayak bileği mortis grafi (55)

2.6.1. Ayak Bileğinde Dizilim ve Stabilitenin Radyografik Ölçümleri

a) Tibiofibular Hat

Ayak bileğinin mortis grafisinde talus etrafında distal tibianın subkondral yüzeyi ile fibulanın medial görüntüsü bir hat şeklinde izlenir. Bu hattın bozulması fibular kısalık, rotasyon veya deplasmana işaret eder (7, 14).



Şekil 24. Tibiofibular hat (22)

b) Talar Tilt

Mortis veya AP grafide değerlendirilebilir. Normal ayak bileği grafisinde tibiofibular hat ile talusun eklem yüzeyi her noktada birbirine paraleldir.

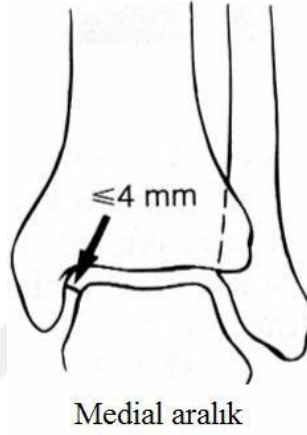
Rutinde en sık uygulama AP görüntülemeye eklemin lateral ve medial kenarlarındaki mesafelerin farklarının ölçümü şeklindedir. Bu değer 2 mm' nin altında olmalıdır (24, 27).



Şekil 25. Talar Tilt (22)

c) Medial Aralık (Clear Space)

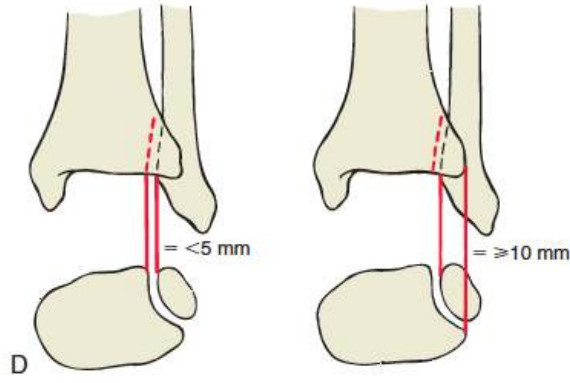
Mortis grafide iç malleolün lateral sınırı ile talusun medial sınırı arasındaki mesafedir. Normal değeri 4 mm'dir. Bunun artması talusun laterale yer değiştirdiğini ve deltoid bağ rüptürünü düşündürür (22, 24, 27).



Şekil 26. Medial aralık (22)

d) Sindezmozik bütünlük

Normal ayak bileği AP görüntüde tibianın anterolateral bölümü ile fibula üst üstedir. Anterior tibial prominensin lateral sınırı ile fibulanın medial sınırı arasında tibiofibular örtüşme olarak adlandırılan mesafenin 10 mm'den az olması sindezmoz hasarını düşündürür. Posterior malleolün lateral sınırı ile fibula mediali arasındaki mesafe tibiofibular aralık olarak isimlendirilir ve normal değeri 5 mm'dir. Bu değerden fazla olması sindezmoz hasarını düşündürür (22, 24, 27).



Şekil 27. Tibiofibular aralık (sol), Tibiofibular örtüşme(sağ) (22)

2.6.2 Bilgisayarlı Tomografi (BT)

Eklem yüzeyini ilgilendiren kompleks kırıkların değerlendirilmesinde kullanılır. Direkt grafi ile tespit edilemeyen kırıkları belirlemek için mükemmel bir yöntemdir. 3 boyutlu görüntüleme sağlayarak cerrahi planı kolaylaştırabilir. Daha yüksek radyasyon maruziyeti bu yöntemin dezavantajıdır (24, 55).

2.6.3 Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)

MRG yumuşak dokuya ait patolojiler ve kemik lezyonlarının tanımlanmasında çok değerli görüntülemedir. Stres fraktüründe direkt grafide henüz değişiklik olmadan tanı konmasına yardımcı olur. Acil olarak uygulanan bir yöntem olmasa da direkt grafi, BT ve USG ile tanı konamayan durumların tespitinde önemli bir tetkiktir. Pahalı bir yöntem olması ve uzun çekim süreleri dezavantajlarıdır (24, 55).

2.7 Medial Malleol Kırıklarının Tedavisi

Medial malleol kırıklarının tedavisindeki amaç, anatomik redüksiyonu sağlamak, kırık iyileşinceye kadar bu redüksiyonu devam ettirmek ve ağrısız bir ayak bileği ile yaralanma öncesi dönemdeki normal fonksiyona ulaşmaktır. Anatomik redüksiyonla prognozun daha iyi olduğu yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (3, 4, 7-9).

2.7.1. Konservatif Tedavi

Deplase olmamış, stabil medial malleol kırıkları bu şekilde tedavi edilebilir. Ayak bileği nötral pozisyonda yapılan diz altı alçıda 4-6 haftalık bir süreyle takip edilir. Bu süre içerisinde düzenli aralıklarla x-ray grafi kontrolü yapıp kırıkta kayma olup olmadığı değerlendirilmelidir. Alçı süresince hasta ağırlık vermeden mobilize olabilir. Konservatif tedavi pahalı olmayan, ağrısız ve cerrahi kaynaklı skar dokusunun olmadığı bir tedavi yöntemidir. Ancak kırık redüksiyonunun korunamadığı durumlarda cerrahi müdahale kararı göz önünde bulundurulmalıdır (22, 24, 27).

2.7.2. Cerrahi Tedavi

Ayak bileği eklem yüzeyindeki milimetrik deplasmanlar ileride eklemdede degeneratif değişikliklere yol açabilir. Cerrahi tedavinin amacı tam anatomik redüksiyon sağlanması ve bu redüksiyonun devam ettirilmesidir. Bu yüzden deplase olmuş medial malleol kırıklarında kapalı redüksiyonun başarısız olduğu vakalarda veya konservatif tedavi başlanıp daha sonra deplase olan kırıklarda cerrahi tedavi seçilmelidir. Cerrahi uygunluk kararında yaş, aktivite düzeyi, osteoporotik kemik yapısı ve diyabet gibi eşlik eden hastalıklar dikkate alınmalıdır.

Cerrahide medial veya anteromedial insizyonlar kullanılabilir. Safen ven ve sinir bulunup korunmalıdır. Kırık hattı ortaya konduktan sonra anteriordan eklem yüzeyi de değerlendirilerek redüksiyon tamamlanır ve fiksasyon materyali uygulanır. Medial malleol kırıklarının tedavisinde farklı fiksasyon yöntemleri tercih edilebilmektedir. Kırık tespitinde sıklıkla 2 adet malleol vidası kullanılmakla birlikte vidayla tespit edilemeyecek küçüklükte veya parçalı kırıklar için gergi bandı sistemleri kullanılabilmektedir. Büyük fragmanlı vertikal kırıkların tedavisinde plaklar tercih edilebilir. Medial malleol bölgesinde cilt altı yumuşak doku desteği az olduğundan bu bölgede mümkün oldukça çok yer kaplayan implantlardan kaçınılmalıdır (22, 24, 27).

2.8. Medial Malleol Kırıklarının Komplikasyonları

Konservatif tedavinin en sık komplikasyonlarından biri redüksiyon kaybıdır. Uzun süreli immobilizasyona bağlı Sudeck atrofi, derin ven trombozu, nonunion, malunion, dejeneratif artrit, hareket kısıtlılığı gibi komplikasyonlar konservatif tedavi ile takip edilen hastalarda görülebilir.

Cerrahi tedavide cilt problemleri sık karşılaşılan sorunlardır. Gergin cilt, turnike altında müdahale, yumuşak doku cerrahisinin titiz olmayışı, sigara ve diyabet cilt sorunu riskini artırır ve buna bağlı olarak enfeksiyon riski de artar. Yetersiz redüksiyon veya yaralanma sırasında oluşan kırıkta hasarına bağlı posttravmatik artroz görülebilir. Kaynama bozuklukları, osteomyelit, implant yetmezliği, tromboflebit, nekroz, hematoma gibi komplikasyonlar cerrahi tedavi sonrası görülebilen komplikasyonlardır (22, 24, 27).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi tarafından maddi olarak desteklenen çalışma kapsamında; 28 adet malleol vidası, 14 adet hazır gergi bandı implantı, 14 adet medial malleol plağı, 84 adet vida kullanılmıştır. Kasaptan temin edilen tüketim amaçlı kesilmiş ineklerin tibiaları yumuşak dokularından arındırılarak 42 adet inek tibiası elde edildi. Bu tibialar tibia plafondun 15 cm proksimalinden kesilerek proksimal kısımlar çalışma dışında bırakıldı. Çalışma kapsamına alınan kemiklerin medial malleollerine kesici motor yardımıyla transvers kırıklar oluşturuldu ve her biri 14 kemikten oluşan 3 gruba ayrıldı. Bu 3 gruptaki oluşturulmuş olan medial malleol kırıkları hazır gergi bandı, malleol vidası, medial malleol plağı kullanılarak usulüne uygun tespit edildi. Daha sonra bu örnekler Fırat Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği laboratuvarında çekme kuvveti ve transvers kuvvet uygulayan test cihazında (Shimadzu AG-X 50kN), kemiklerin cihaza tutturulması ve eksenal yüklemeyi sağlayacak şekilde özel olarak hazırlanmış aparatlar yardımıyla biyomekanik analize tabi tutuldu. Çekme testleri 1 mm/dk, transvers kuvvet testleri 5 mm/dk hızlarında yapılmış olup transvers kuvvet testlerinde 20 Newton ön yükleme yapılmıştır. Cihazdan alınan veriler Trapezium X yazılımı yardımıyla kuvvet-deplasman eğrilerine dönüştürülerek yorumlandı.



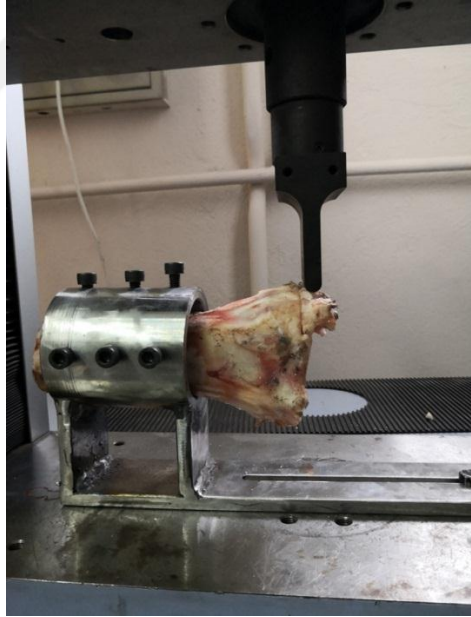
Şekil 28. Kırık tespitinde kullanılan implantlar (soldan sağa; malleol vidası, malleol plağı, hazır gergi bandı)



Şekil 29. Tespit edilmiş kırıklar (soldan sağa; hazır gergi bandı, malleol plağı, malleol vidası)



Şekil 30. Çekme kuvvetinin uygulanması



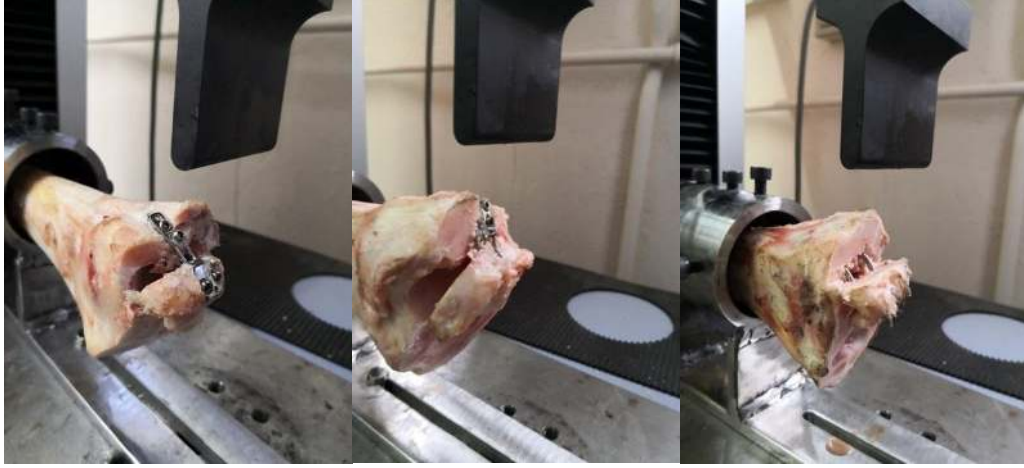
Şekil 31. Malleol vidası yöntemine transvers kuvvetin uygulanması



Şekil 32. Hazır gergi bandı yöntemine transvers kuvvetin uygulanması



Şekil 33 Malleol plağı yöntemine transvers kuvvetin uygulanması



Şekil 34. Transvers kuvvetlerde katastrofik hasar anları



Şekil 35. Çekme kuvvetlerinde katastrofik hasar anları

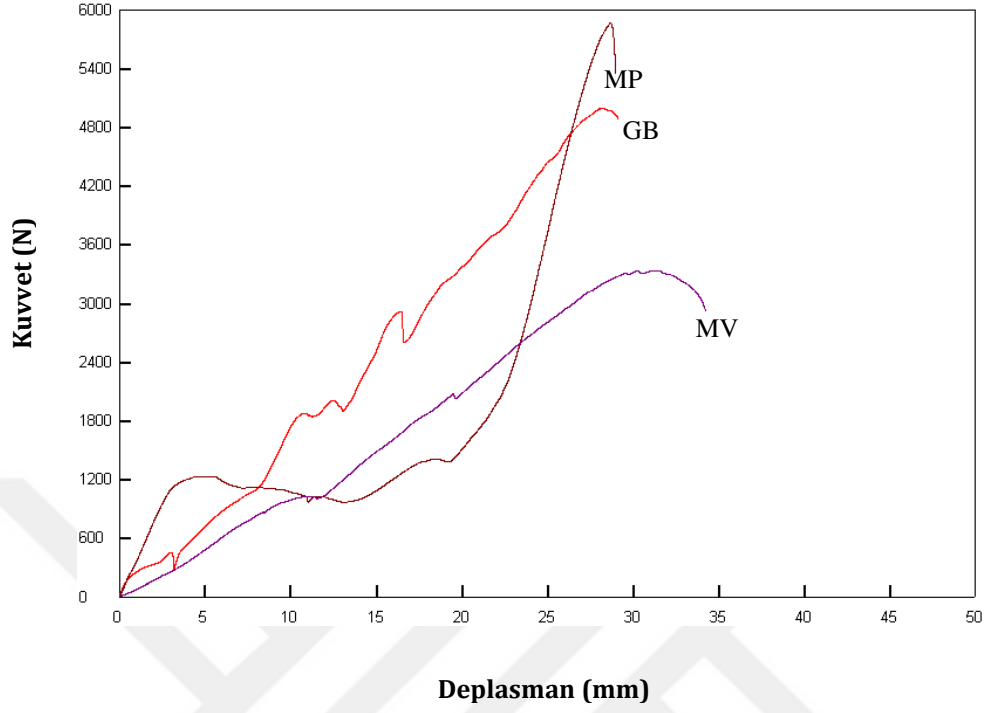
Katastrofik hasar kuvveti, dayanıklılık, 2 mm deplasman kuvveti analizde kullanılan parametreler olarak belirlenmiş olup katastrofik hasar kuvveti; geri dönüşümsüz hasar anındaki kuvvet, dayanıklılık; kuvvet-deplasman eğrisinin eğimi, 2 mm deplasman kuvveti; 2 mm deplasman anındaki kuvvet hesaplanarak elde edilmiştir.

3.1. İstatistiksel Analiz

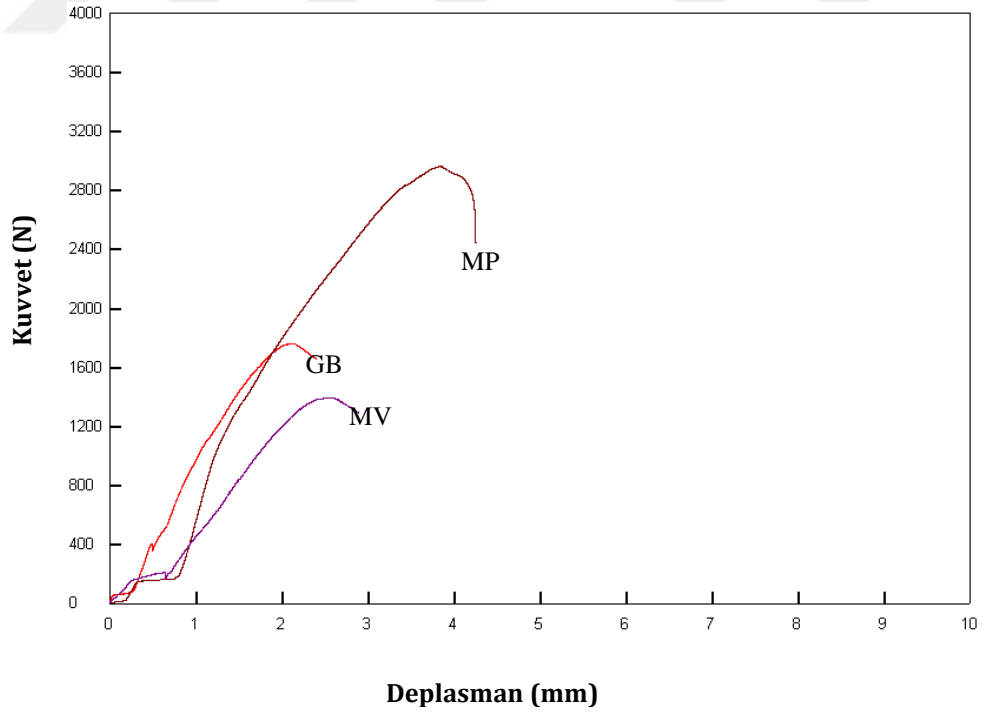
Verilerin istatistiksel analizinde IBM SPSS Statistics Versiyon 22.0 paket programı kullanıldı. Sürekli ölçümlerin normal dağılım varsayımını sağlayıp sağlamadığı Shapiro Wilk testi ile test edildi. Sürekli ölçümlerde ortalama ve standart sapma olarak özetlendi. İki'den fazla grubun sürekli ölçümlerinin genel karşılaştırılmasında Tek Yönlü Varyans Analizi kullanıldı. Grupların ikili karşılaştırılmalarında grup içi varyansların homojen olup olmamasına göre Tukey, Scheffe, Tamhane testleri kullanıldı. Tüm testlerde istatistiksel önem düzeyi 0.05 olarak alındı.



4. BULGULAR



Şekil 36. Transvers kuvvet-deplasman eğrileri



Şekil 37. Çekme kuvveti-deplasman eğrileri

Transvers uygulanan kuvvette malleol vidası, hazır gergi bandı, medial malleol plağı yöntemleri arasında 2 mm deplasman, katastrofik hasar kuvveti, dayanıklılık parametrelerinin her birinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. Bu farkların hangi yöntemden kaynaklandığını değerlendirmek için post-hoc analizler kullanılmıştır.

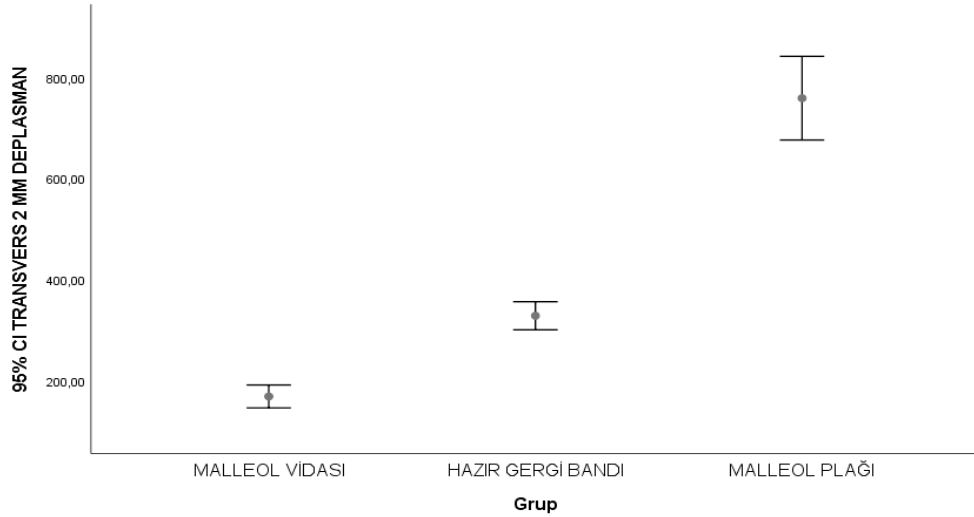
Tablo 2. Transvers kuvvette yöntemlerin 2 mm deplasman kuvveti, katastrofik hasar kuvveti ve dayanıklılık arasındaki ilişkisi

		Ortalama	S.D.	Minimum	Maximum	p
2 mm Deplasman, N	Malleol Vidası	168,542	24,496	132,90	199,40	<0,001
	Hazır gergi bandı	328,157	30,096	287,70	372,40	
	Malleol Plağı	758,628	89,497	616,40	860,00	
Katastrofik Hasar, N	Malleol Vidası	3186,200	438,212	2458,70	3852,10	<0,001
	Hazır gergi bandı	4705,985	713,471	3842,70	5651,80	
	Malleol Plağı	5574,757	724,822	4549,30	6457,80	
Dayanıklılık, N/mm	Malleol Vidası	103,057	12,524	87,40	122,20	<0,001
	Hazır gergi bandı	143,414	10,628	127,50	156,00	
	Malleol Plağı	457,071	40,346	387,40	512,10	

Transvers kuvvette malleol plağı yönteminde 2 mm deplasman oluşturmak için gereken kuvvetin malleol vidası yönteminden ortalama 590,085 N, hazır gergi bandı yönteminden ortalama 430,471 N daha fazla olduğu ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p<0,001$). Hazır gergi bandı yöntemi ile malleol vidası yöntemi 2 mm deplasman kuvveti açısından kıyaslandığında hazır gergi bandı yönteminde transvers uygulanan kuvvette 2 mm deplasman kuvvetinin anlamlı olarak daha yüksek olduğu değerlendirilmiştir ($p<0,001$).

Tablo 3. Transvers uygulanan kuvvette 2mm deplasman kuvveti açısından medial malleol plağının diğer yöntemlerle karşılaştırması

		Ortalama Farkı(N)	p
Malleol Plağı	Malleol Vidası	590,085	<0,001
	Hazır Gergi Bandı	430,471	<0,001

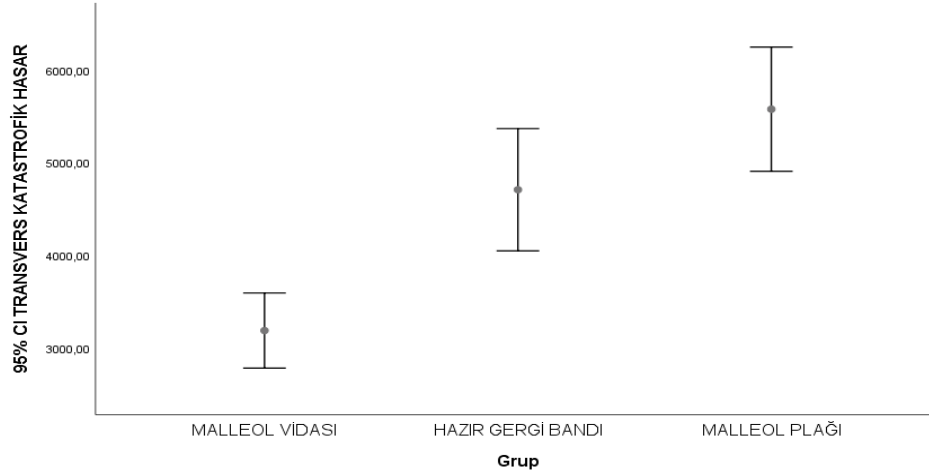


Şekil 38. Transvers kuvvette yöntemlerin 2 mm deplasman kuvveti ilişkisi

Medial malleol plağı yöntemini katastrofik hasara uğratmak için gereken kuvvet transvers uygulanan kuvvette malleol vidasından anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p<0,001$). Malleol plağı yöntemini geri dönüşümsüz hasara uğratmak için gereken kuvvet hazır gergi bandı yönteminden ortalama 868,7 N daha fazla olmasına rağmen bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p=0,051$). Aynı şartlarda hazır gergi bandı yöntemi malleol vidası yönteminden daha üstün bulunmuştur ($p=0,001$).

Tablo 4. Transvers uygulanan kuvvette katastrofik hasar kuvveti açısından medial malleol plağının diğer yöntemlerle karşılaştırması

		Ortalama Farkı (N)	p
	Malleol Vidası	2388,557	<0,001
Malleol Plağı	Hazır Gergi Bandı	868,771	0,051

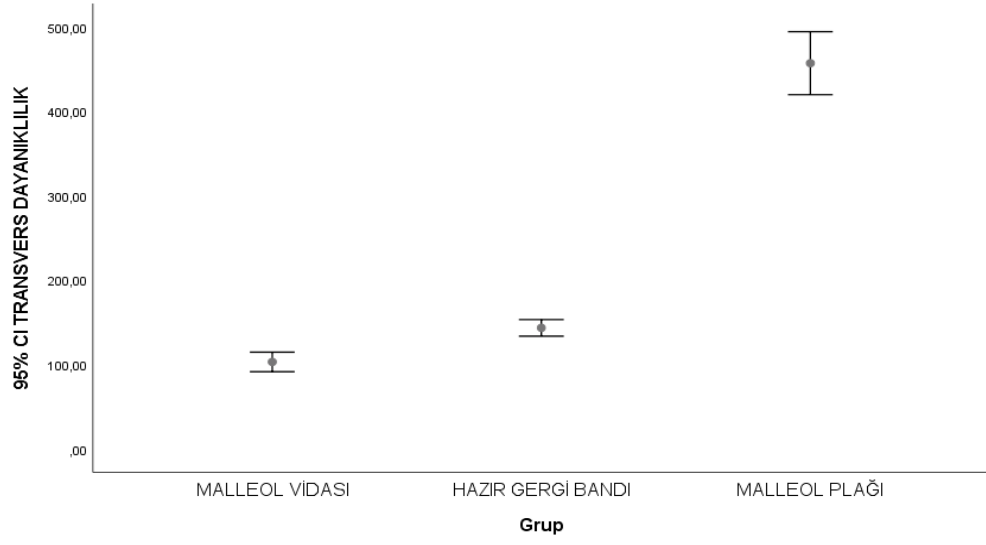


Şekil 39.Transvers kuvvette yöntemlerin katastrofik hasar kuvveti ilişkisi

Transvers kuvvette dayanıklılık değerlendirildiğinde; malleol plağı her iki yöneme göre anlamlı olarak daha dayanıklı ($p<0,001$), hazır gergi bandı yöntemi de malleol vidası yöntemine göre daha dayanıklı bulunmuştur ($p<0,02$).

Tablo 5. Transvers uygulanan kuvvette dayanıklılık açısından medial malleol plağının diğer yöntemlerle karşılaştırması

		Ortalama Farkı (N/mm)	p
	Malleol Vidası	354,014	<0,001
Malleol Plağı	Hazır Gergi Bandı	313,657	<0,001



Şekil 40. Transvers kuvvette yöntemlerin dayanıklılık ilişkisi

Çekme kuvvetinde de transvers kuvvette olduğu gibi yöntemler arasında bakılan parametreler açısından istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmüş ve bunların değerlendirmeleri post-hoc analizlerle yapılmıştır.

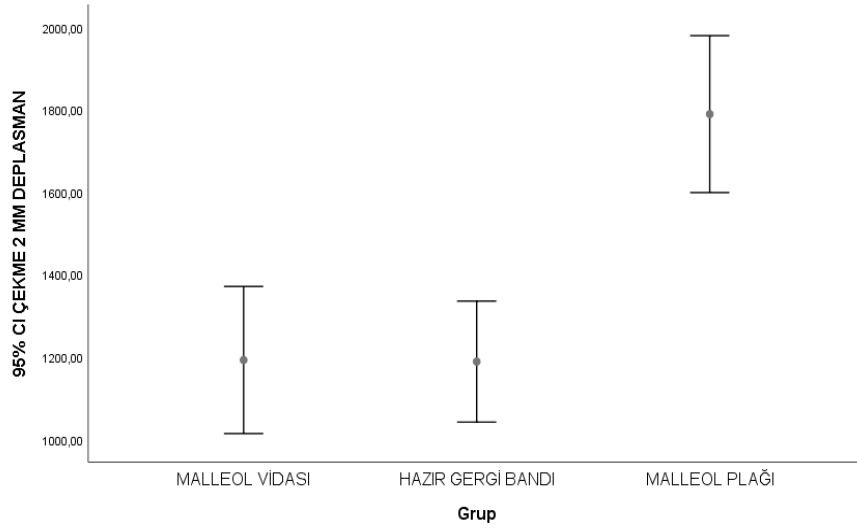
Tablo 6. Çekme kuvvetinde yöntemlerin 2 mm deplasman kuvveti, katastrofik hasar kuvveti ve dayanıklılık arasındaki ilişkisi

		Ortalama	S.D.	Minimum	Maximum	p
2 mm Deplasman, N	Malleol Vidası	1192,307	193,022	829,40	1392,00	<0,001
	Hazır gergi bandı	1188,571	158,774	916,60	1342,10	
	Malleol Plağı	1789,214	205,869	1481,90	2048,30	
Katastrofik Hasar, N	Malleol Vidası	1390,457	248,503	980,40	1620,90	<0,001
	Hazır gergi bandı	1726,642	223,046	1361,20	1983,20	
	Malleol Plağı	2958,385	222,162	2648,00	3285,40	
Dayanıklılık, N/mm	Malleol Vidası	582,142	65,558	473,40	654,70	0,001
	Hazır gergi bandı	694,771	135,242	509,20	847,00	
	Malleol Plağı	815,085	57,941	752,80	914,10	

2 mm deplasman kuvveti açısından medial malleol plağı ile malleol vidası yöntemi arasında ortalama 596,9 N, medial malleol plağı ile hazır gergi bandı yöntemi arasında ortalama 600,6 N fark mevcut olup bu fark her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı olarak değerlendirilmiştir ($p<0,001$). Hazır gergi bandı yöntemi ve malleol vidası yöntemi arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,999$).

Tablo 7. Çekme kuvvetinde 2 mm deplasman kuvveti açısından medial malleol plağının diğer yöntemlerle karşılaştırması

	Ortalama Farkı (N)	p
Malleol Vidası	596,907	<0,001
Malleol Plağı		
Hazır Gergi Bandı	600,642	<0,001

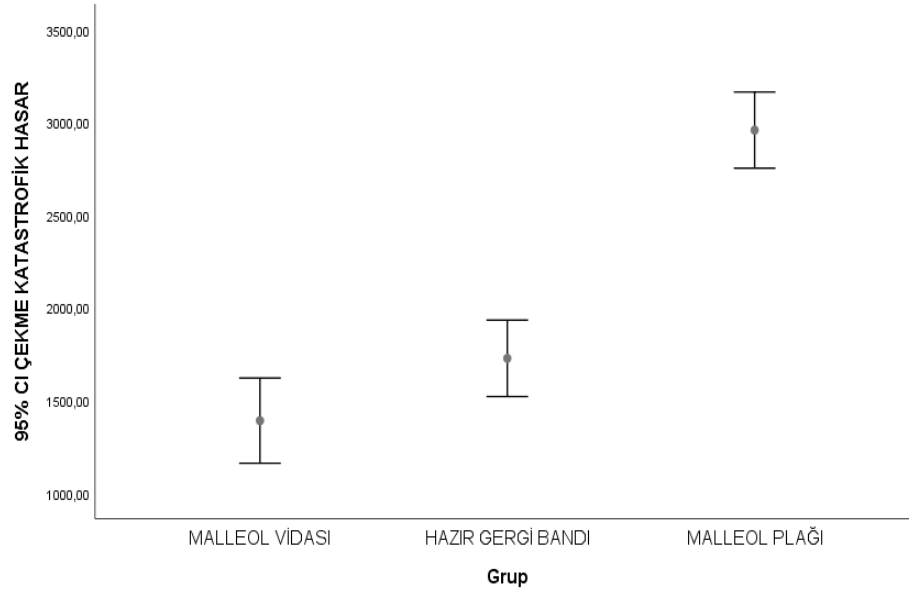


Şekil 41. Çekme kuvvetinde yöntemlerin 2 mm deplasman kuvveti ilişkisi

Çekme kuvvetinde medial malleol plağı yöntemini katastrofik hasara uğratmak için gereken kuvvet malleol vidası yöntemine göre ortalama 1567,9 N daha fazla iken, hazır gergi bandı yöntemine göre 1231,7 N daha fazladır. Oluşan bu farklar anlamlı bulunmuştur ($p<0,001$).

Tablo 8. Çekme kuvvetinde katastrofik hasar kuvveti açısından medial malleol plağının diğer yöntemlerle karşılaştırması

		Ortalama Farkı (N)	p
Malleol Plağı	Malleol Vidası	1567,928	<0,001
	Hazır Gergi Bandı	1231,742	<0,001

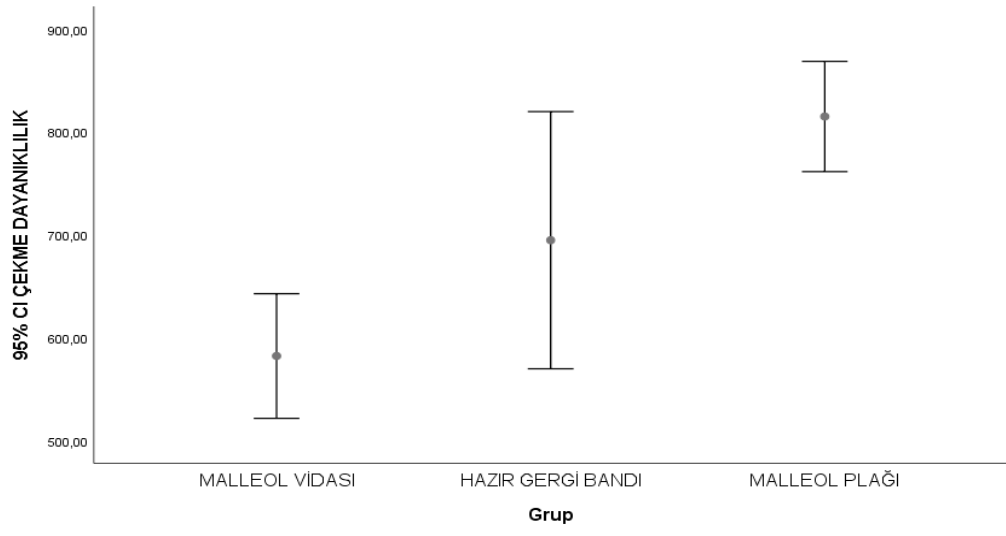


Şekil 42. Çekme kuvvetinde yöntemlerin katastrofik hasar kuvveti ilişkisi

Medial malleol plağı ve hazır gergi bandı yöntemleri arasında çekme kuvvetinde dayanıklılık açısından 120,3 N/mm ortalama fark olmasına rağmen oluşan bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p=0,065$). Buna karşılık medial malleol plağı malleol vidası yöntemine göre anlamlı olarak daha dayanıklı bulunmuştur ($p=0,001$).

Tablo 9. Çekme kuvvetinde dayanıklılık açısından medial malleol plağının diğer yöntemlerle karşılaştırması

		Ortalama Farkı (N/mm)	p
Malleol Plağı	Malleol Vidası	232,942	0,001
	Hazır Gergi Bandı	120,314	0,065



Şekil 43. Çekme kuvvetinde yöntemlerin dayanıklılık ilişkisi

5. TARTIŞMA

Medial malleol kırıklarının cerrahi tedavisinde birçok farklı fiksasyon yöntemi tanımlanmıştır. Kırık hattına dik olacak şekilde birbirine paralel olarak gönderilen 2 adet 4 mm'lik kısmi yivli kansellöz vida bu teknikler arasında en sık kullanılan yöntemlerdendir. Bununla birlikte, küçük fragmanlı kırıklarda vida ile tespit mümkün olamadığında gergi bandı yöntemi tercih edilebilmektedir. Medial malleolün vertikal kırıklarında kullanılan buttress plaklar transvers kırıklarda uygun bir implant seçeneği değildir (56, 57). Küçük fragmanlı vertikal olmayan kırıkların cerrahi tedavisinde mini fragman plakların kullanımı alternatif bir tedavi yöntemi olarak değerlendirilebilir (58).

Medial malleol kırıklarının bir kısmının yaralanma sırasında ayağın pozisyonu ve etki eden kuvvetin yönüyle alakalı olarak deltoid ligamentte tensil kuvvetin sonucu olduğu düşünüldüğünde bu yaralanmaları taklit edecek şekilde yapılan biyomekanik çalışmaların tedaviyi yönlendirmede önemli bir rehber olacağı düşünülebilir. Bu çalışmalarda parametre olarak kullanılan implant sertliği-dayanıklılığı daha iyi bir fiksasyon açısından önemli bir belirteç olarak belirtilse de bunun kaynamaya etkisi klinik olarak yeterince açık değildir (56, 57, 59). Kırık iyileşmesi için implantın optimal sertliği-dayanıklılığı son zamanlarda tartışılan bir kavram olup çoğunlukla sabit açılı, yük paylaşıcı kilitli plakların bunun için uygun implantlar olduğu düşünülmektedir (60-62).

Kilitli plak yöntemi medial malleol kırıklarında umut verici bir yöntem olabilir çünkü bu yöntem açısal stabilite, makaslama kuvvetlerini kompresyon kuvvetine dönüştürme gibi özelliklere sahiptir (63). Yapılan çalışmalarda medial malleolün vertikal kırıklarında destek plağı uygulamasının diğer yöntemlere üstünlüğü gösterilmiş olmakla beraber medial malleol kırıklarında kilitli plak kullanımı ile ilgili az sayıda çalışma vardır (56, 64, 65).

Amanatullah ve ark. (66) yaptıkları bir çalışmada kompozit sentetik kemik modeller (Sawbones) kullanılmış, bu modellerde medial malleol osteotomileri yapıp malleol vidası, klasik gergi bandı ve uygun kontür verilmiş mini fragman T başlı plaklar ile tespit sağlanmıştır. Malleol vidası grubu paralel ve diverjan gruplar

olarak iki farklı şekilde tespitin sağlandığı gruplar olarak ayrılmıştır. Daha sonra tüm bu tespit sağlanan gruplara çekme kuvveti uygulanıp dayanıklılık ve 2 mm deplasman kuvvetleri ölçülmüştür. Dayanıklılık ve 2 mm deplasman kuvvetleri açısından plakla tespit edilen grup diğer gruplara göre anlamlı olarak daha dayanıklı bulunmuştur. 2 mm deplasman ve dayanıklılık kuvvetleri açısından diğer gruplar arasında anlamlı fark bulunamamış. Çalışmamızda çekme kuvveti uygulanan gruplarda medial malleol plağı 2 mm deplasman kuvvetlerinde diğer yöntemlere göre anlamlı olarak daha üstün bulunmuştur, dayanıklılık açısından hazır gergi bandı ile kıyaslandığında aralarında fark olmasına rağmen bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildi. Medial malleol plağı malleol vidası yöntemine göre daha dayanıklı bulunmuştur.

Amanatullah ve ark. (66) çalışmalarında klasik gergi bandı ve kontüre edilmiş mini fragman T plağı kullanılmıştır. Bizim çalışmamızda hazır gergi bandı sistemi ve medial malleol plağı kullanıldı. Çalışmamızda kullandığımız plak medial malleolar bölgeye uyumlu olarak üretildiğinden sonradan kontür verilme ihtiyacı olmamaktadır. Amanatullah ve ark. kullandıkları plağın küçük olması ve medial malleolar bölgeye tam uyumlu olarak şekillendirilmesi nedeniyle cilt irritasyonuna neden olmayacağını düşünmüş olmalarına rağmen bunu destekleyecek klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.

Wegner ve ark. (67) Sawbones modeller üzerinde transvers medial malleol osteotomileri oluşturup yaptıkları çalışmada hazır gergi bandı ve malleol vidasına çekme kuvveti uygulamış ve bizim çalışmamıza benzer olarak dayanıklılık, 2 mm deplasman, katastrofik hasar kuvveti değerlendirilmiştir. Her üç parametrede de hazır gergi bandı sistemi malleol vidası sistemine göre anlamlı olarak üstün bulunmuş. Çekme kuvveti sonrası malleol vidası grubunda vidalar distal tibial bölgede kalırken malleolar bölge vidalardan sıyrılmış; hazır gergi bandı grubunda ise vidalar distal tibiadan kopmuş, malleolar bölge ise sistem üzerinde kalmıştır. Bizim çalışmamızda her iki grupta da vidalar sabit kalırken malleolar bölge sistemlerden ayrılmıştır.

Medial malleol kırıklarının cerrahi tedavisi sonrası implant irritasyonu bu bölgedeki yumuşak doku örtüsünün az olması nedeniyle nispeten sık karşılaşılan

bir sorundur (68, 69). Kırık tespitinde kullanılan materyalin stabiliteyi sağlaması kadar cilt problemlerine sebep olmaması da önemlidir. Jiang ve ark. (70) bu nedenle medial malleolar bölge için anatomik olacak şekilde, distal kısımda proksimale göre daha ince profile sahip (proksimal kalınlık 2 mm, distal kalınlık 1 mm) bir kilitli kompresyon plağı dizayn edip bu plak ile malleolar vidayı karşılaştıran biyomekanik bir çalışma yapmışlardır. Sentetik kemik üzerinde farklı açılarda kesiler yaparak transvers, oblik ve vertikal medial malleol kırıkları oluşturup bunları kendi tasarladıkları plak ve malleol vidası ile tespit etmişler, her gruba 300 N- 500 N-700 N adduksiyon kuvvetleri uyguladıklarında tüm kırık tiplerinde plağın malleol vidasına göre dayanıklılık açısından daha üstün olduğu sonucunu bulmuşlardır. Vertikal kırıkta bu üstünlüğün diğer kırık türlerine göre daha bariz olduğu görülmüş. Ayrıca yüklenme altında plak ve vidadaki stres noktalarını tespit etmişler ve plağın distaldeki ince kısmında stres yoğunluğunda artış olmadığını görmüşler, bunu da implant yetmezliği açısından olumlu bir sonuç olarak bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda kullandığımız plak medial malleolar eğimli kilitli kompresyon plağı olmakla birlikte plak kalınlığı proksimal ve distalde aynıydı (2 mm). Çalışmamızda transvers uygulanan kuvvetlerde Jiang ve ark. çalışmasına benzer olarak malleol plağı vidaya göre anlamlı olarak daha dayanıklı bulunmuştur. Jiang ve ark. sonuç olarak transvers kırıkların vidayla yeterli bir stabilizasyon sağlanarak tespit edilebileceğini, oblik ve vertikal kırıklarda plak kullanılmasını öngörmüş olsalarda çalışmalarında sadece adduksiyon kuvveti uygulamış olmaları bir kısıtlama olarak görülebilir.

İmplant irritasyonu, implant kaynaklı ağrı ve bunlara bağlı implant çıkarılmasını gerektiren sekonder bir cerrahi ihtiyacı araştırmacıları farklı implant modelleri üzerinde çalışmaya yöneltmiştir. Clyde ve ark. (71) düğümsüz gergi bandı modeli üzerinde yaptıkları biyomekanik çalışmada geliştirdikleri bu yöntem ile klasik gergi bandını karşılaştırmışlar, düğümsüz gergi bandının 2 mm deplasman, katastrofik hasar kuvveti, dayanıklılık gibi kriterlerde daha üstün olduğu sonucuna varmışlardır. Bir başka çalışmada Fowler ve ark. (72) kompozit Sawbones modeller üzerinde bikortikal vida, unikortikal vida, klasik gergi bandı ve fiber tel ile yapılan gergi bandı sistemlerini değerlendirmişlerdir. Vida gruplarına aksiyel, transvers ve çekme kuvvetleri uygulanırken gergi bandı gruplarına sadece

çekme kuvveti uygulanmış, bizim çalışmamıza benzer olarak 2 mm deplasman, katastrofik hasar kuvveti ve dayanıklılık parametreleri değerlendirilmiştir. Bikortikal ve unikortikal vida gruplarında transvers ve çekme kuvvetlerindeki 2 mm deplasman-katastrofik hasar kuvveti parametrelerinde bikortikal vida anlamlı olarak daha üstün bulunmuş. Gergi bandı gruplarında ise dayanıklılık-katastrofik hasar kuvvetleri açısından klasik gergi bandının anlamlı olarak daha üstün olduğu görülürken 2 mm deplasman kuvveti açısından iki grup arasında anlamlı fark bulunamamış. Tüm yöntemlerde çekme kuvvetinde dayanıklılık açısından değerlendirme yapıldığında bikortikal vida yönteminin en dayanıklı, unikortikal vida grubunun ise en az dayanıklı olduğu tespit edilmiş. Bizim çalışmamızda unikortikal vida ve hazır gergi bandı kullanılmış olmakla birlikte çekme kuvvetinde dayanıklılık açısından iki yöntem arasında anlamlı fark bulunamamıştır.

Osteoporotik kemik veya vidayla tespiti mümkün olmayan avulsiyon kırıklarında gergi bandı implantının daha uygun bir tedavi seçeneği olduğu bazı çalışmalarla desteklenmiştir (73-78). Buna rağmen klasik gergi bandı implantı uygulamasında cilt problemleri ve ağırlı implant gibi implant çıkarılmasını gerektiren durumlarla karşılaşılabilmesi nedeniyle Fowler ve Clyde bu durumlarda fiber telli gergi bandının kullanılabileceğini savunmakta, bu durumun komplikasyonları azaltılabileceğini öngörmektedirler. Çalışmamızda plakla tespit, bakılan parametrelerin büyük kısmına göre daha üstün bulunmakla beraber bu yöntemin komplikasyonları azaltacağına dair bir bulgumuz yoktur.

Restrospektif yapılan bir çalışmada Maniar ve ark. (79) hazır gergi bandı ve malleol vidasıyla tedavi edilmiş medial malleol kırıklarının sonuçlarını değerlendirmişler, 85 hastanın (64 malleol vidası, 21 gergi bandı) dahil edildiği çalışmada kaynama zamanı, radyolojik solid kaynama, implant yetmezliği, implant çıkarılması, VAS skoru gibi parametreler değerlendirilmiş ve bu parametreler açısından iki grup arasında anlamlı fark bulunamamış. Bu sonuca dayalı olarak maliyet, iyileşme oranları ve komplikasyonlar göz önünde bulundurulduğunda malleol vidasıyla tedavinin daha uygun olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Fakat çalışmalarında hasta sayısının az olmasını da kısıtlayıcı bir neden olarak göstermişler, daha geniş bir popülasyonda böyle bir çalışmanın gerekliliğini ifade etmişlerdir. Ülkemizde yapılan, 32 hastanın dahil edildiği retrospektif çalışmada

Bulut ve ark. (80) medial malleol kırıklı hastalarda gergi bandı, malleol vidası ve tam yivli başsız kompresyon vidası ile tedavi sonuçlarını değerlendirmişler. Medial hassasiyet, kaynama zamanı, VAS skoru, AOFAS skoru, implant çıkarılması gibi parametrelerin değerlendirildiği çalışmada kaynama zamanı ve AOFAS skorları açısından gruplar arasında anlamlı fark bulunamamış. İmplant irritasyonu nedeniyle başsız kanüle vida grubunda hiçbir hastanın implantı çıkarılmazken; malleol vidası grubunda iki hastanın, gergi bandı grubunda üç hastanın implantı çıkarılmış.

Medial malleol kırıklarının tespitinde bikortikal vida yönteminin değerlendirildiği bir çalışmada kırık kaynaması açısından risk faktörü olan hastalarda fiksasyonun önemine değinilmiş, kemik stabilizasyonu ile erken harekete başlanmanın amaçlanması vurgulanmıştır (81). İleri yaş, diyabet, böbrek yetmezliği, osteoporoz, periferik arter hastalığı gibi komorbid durumların cerrahinin sonuçlarını kötü etkilediği, revizyon cerrahisi oranlarında yükselmeye neden olduğu, immobilizasyon süresini uzattığı ve bunlara bağlı olarak tedavi masraflarında artışa neden olduğu bilinmektedir (82-89). Literatürde medial malleolar kırıkların tespitinde plak kullanılmasıyla ilgili sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Çalışmamızda plakla yapılan tespitin hazır gergi bandı ve malleol vidasıyla yapılan tespitlere biyomekanik olarak çoğu parametre açısından üstünlüğü gösterilmiş olsa da bu tespit yönteminin komorbid durumların eşlik ettiği ayak bileği kırıklarında kullanımında komplikasyonlar açısından klinik çalışmalara ihtiyaç olduğunu söyleyebiliriz.

Transvers kuvvette; medial malleol plağı 2mm deplasman ve dayanıklılık parametrelerinde malleol vidası ve hazır gergi bandı yöntemlerinden daha üstünken, katastrofik hasar kuvvetinde medial malleol plağı ile hazır gergi bandı arasında anlamlı bir fark oluşmamıştır. Medial malleol plağı katastrofik hasar kuvveti açısından malleol vidasından daha yüksek kuvvetlere dayanabilmiştir.

Çekme kuvvetinde; medial malleol plağı 2 mm deplasman ve katastrofik hasar kuvveti açısından malleol vidası ve hazır gergi bandı yöntemlerinden daha anlamlı olarak daha üstünken, dayanıklılık parametresinde plak ve hazır gergi bandı arasında anlamlı bir yoktur. Medial malleol plağı, malleol vidasından daha dayanıklı bulunmuştur.

Sonuç olarak; medial malleol plağı medial malleolün transvers kırıklarında uygulanabilecek bir yöntem olup bu yöntemin olası dezavantajları için yapılacak başka çalışmalara ihtiyaç olduğunu düşünmekteyiz. Çalışmamızın kısıtlılıklarından birisi in vivo yapılmamış olmasıdır, dolayısıyla komplikasyonlar değerlendirilememiştir. Bir diğer kısıtlama da çalışılan hayvan kemiklerinin değişkenlerinin (yaş, cinsiyet vb.) belirlenememiş olmasıdır.



KAYNAKLAR

- 1) Court-Brown CM, Caesar B: Epidemiology of adult fractures: a review. *Injury* 2006; 37:691–697.
- 2) Court-Brown CM, McBirnie J. Adult ankle fractures-an increasing problem? *Acta Orthop*.1998;69:43–47.
- 3) Vander Griend R, Michelson JD, Bone LB. Instructional course lecture: fractures of the ankle and the distal part of the tibia. *J Bone Joint Surgery*1996; 78: 1772-1783.
- 4) Carter, Timothy H et al. “Medial malleolar fractures: current treatment concepts.” *The Bone & Joint Journal* 2019; 101(5):512-521.
- 5) PJ Daly, RH Fitzgerald Jr, LJ Melton, DM Ilstrup Epidemiology of ankle fractures in Rochester, Minnesota *Acta Orthop Scand* 1987;58:539-544.
- 6) NA Ebraheim, JT Weston, T Ludwig, MZ Moral, T Carroll, J Liu The association between medial malleolar fracture geometry, injury mechanism, and syndesmotic disruption *Foot Ankle Surg*, 2014; 20:276-280.
- 7) Yablon IG, Heller FG, Shouse L. The key role of the lateral malleolus in displaced fractures of the ankle. *J Bone Joint Surg* 1977;59:169-173.
- 8) Bauer M, Bergström B, Hemborg A, Sandegård J. Malleolar fractures: nonoperative versus operative treatment. A controlled study. *Clin Orthop Relat Res*. 1985;199:17-27.
- 9) Herscovici D, Scaduto JM, Infante A. Conservative treatment of isolated fractures of the medial malleolus. *J Bone Joint Surg Br*. 2007;89(1):89-93.
- 10) Arazi M. Bimalleoler Ayak Bileği Kırıkları. *Türkiye Klinikleri Journal of Surgical Medical Sciences*. 2007;3(39):72-75
- 11) Calhoun JH, Li F, Ledbetter BR, Viegas SF. A comprehensive study of pressure distribution in the ankle joint with inversion and eversion. *Foot Ankle Int*. 1994; 15(3):125–133.
- 12) Standring S, Ellis H, Healy J, Johnson D, Williams A, Collins P, et al. *Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice* 2005;26(10):2603-2768.
- 13) Akdoğan M, Ateş Y, “Ayak bileği ve distal tibia anatomisi,” *TOTBID Dergisi*, 2016; 15:158-165.
- 14) Wood GW, Whittle AP. Fractures of Lower Extremity. In: Canale ST (Ed). *Campbell’s Operative Orthopedics*. 10th edition, Mosby, St. Louis, Vol.3, Chapter-51, 2003:2725-2872.
- 15) Ege R. Ayak bileği yaralanmaları. Ege R (Ed). *Ayak ve Ayak Bileği Sorunları*. 2. Baskı, Türk Hava Kurumu Basımevi, Ankara, 1999: 707–795.
- 16) Paulsen F, Waschke J. *Sobotta Atlas of Human Anatomy*, Vol.1, 15th ed., English/Latin. London: Urban & Fischer; 2013: 258-369.
- 17) Geisser W.B. Tsao A.K. Hughes J.L. Fractures and injuries of the ankle, *Fractures in Adults* Rockwood and Green’s 4th ed. Vol.2, Lippincott-Raven 1996: 2201–2242.

- 18) Netter, Frank H. Atlas of Human Anatomy. 7th ed. Philadelphia, PA: Saunders/Elsevier, 2018: 504-533.
- 19) Rammelt S, Zwipp H. Talar neck and body fractures. Injury 2009;40:120–135.
- 20) Kuner E.H., Lindenmaier H.L., Müntz P. Talus Fractures. In: Tscherne H., Schatzker J. (eds) Major Fractures of the Pilon, the Talus, and the Calcaneus. Springer, Berlin, Heidelberg 1993: 71-85.
- 21) Arıncı K, Elhan A. Anatomi 1. Cilt. 4th ed. Ankara: Güneş Kitabevi; 2006: 105-108.
- 22) Carr JB, Gebhard F. Malleolar fractures and soft tissue injuries of the ankle. In: Browner BD, Jupiter JB, Krettek C, Anderson PA, editors. Skeletal trauma. Vol 2. 5th ed. Philadelphia: W. B. Saunders; 2015: 2189–2250.
- 23) Ege R. Ayak ve ayak bileği anatomisi. Ege R (Ed). Ayak ve Ayak Bileği Sorunları. 2. baskı, Türk Hava Kurumu Basımevi, Ankara, 1999: 17–46.
- 24) Marsh JL, Saltzman CL. Ankle Fractures. In: Bucholz RW, Heckman JD, Court-Brown CM (Eds). Rockwood and Green's Fractures in Adults. 6th edition, Lippincott, Philadelphia, Vol.2, 2006:2148-2249.
- 25) Snell RS. Clinical anatomy by regions 9th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2012: 470-521.
- 26) Jahss MH. Examination. In: Jahss MH (Ed). Disorders of the Foot and Ankle. Medical and Surgical Management. 2nd edition, W.B. Saunders, Philadelphia, Vol.1, Chapter–2, 1992: 41–51.
- 27) Ege R. Ayak bileği malleolar bölge kırıkları, bağ ve eklem yaralanmaları. Ayak bileği anatomisi ve genel bilgiler. Ege R (Ed). Travmatoloji. 4. Cilt 5. baskı, Bizim Büro Basımevi, Ankara, 2003; 55: 4177–4188.
- 28) Coughlin MJ, Mann RA, Saltzman CL. Surgery of The Foot And Ankle, Vol 1, Philadelphia, Mosby Elsevier Inc. 2007; 4:1073–1085.
- 29) Nordin M, Frankel VH. Basic Biomechanics Of The Musculoskeletal System, 3 rd Edition, Philadelphia, Lippincott Williams& Wilkins, 2001: 223–255.
- 30) Mann R.A. Biomechanics of the foot. America Academy of Orthopaedic Surgeons: Atlas Of Orthop. 2nd ed. St. Louis: Mosby 1985: 112–125.
- 31) Kapandjy I.A. The Physiology of the joints. Vol.2, 2nd ed. Edinburg: Churchill Livingstone, 1970: 139–153.
- 32) Yablon I, Forman ES. In: Helal B, Rowley D, Gracchiolo A, Mayerson MS, editors. Ankle fractures in surgery of disorders of the foot and ankle. London: Martin Dunitz 1996: 679–696.
- 33) Inman VT. The joints of the ankle Baltimore: Williams & Wilkins, 1976: 1-50.
- 34) Lundberg A, Svensson O, Nemeth G, Selvik G. The axis of rotation of the ankle joint. Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume. 1989;71(1):94-99.
- 35) Ramsey PL, Hamilton W. Changes in tibiotalar area of contact caused by lateral talar shift. J Bone Joint Surgery 1976; 58(3):356-357.

- 36) Xu H, Liu L, Li X, Zhang D, Fu Z, Wang T, et al. Multicenter follow-up study of ankle fracture surgery. *Chinese medical journal*. 2012;125(4):574-578.
- 37) Waterman BR, Owens BD, Davey S, Zacchilli MA, Belmont PJ. The epidemiology of ankle sprains in the United States. *The Journal of Bone & Joint Surgery*. 2010;92(13):2279-2284.
- 38) Leach RE, Lower G. Ankle injuries in skiing. *Clin Orthop Relat Res*. 1985; 198:127-133.
- 39) M. Patrice Eiff, and Robert Hatch, *Fracture Management for Primary Care*, 3rd ed. W.B. Saunders, Philadelphia 2011; 13:258-275.
- 40) Leeds HC, Ehrlich MG. Instability of the distal tibiofibular syndesmosis after bimalleolar and trimalleolar ankle fractures. *J Bone and Joint Surgery* 1984; 66(4):490-503
- 41) Brodie IA, Denham RA. The treatment of unstable ankle fractures. *J Bone Joint Surgery* 1974; 56(2):256-262.
- 42) Michelson JD. Ankle fractures resulting from rotational injuries. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2003;11(6):403-412
- 43) Michelson JD, Magid D, McHale K, et al: Clinical utility of a stability-based ankle fracture classification system. *J Orthop Trauma* 2007; 21: 306-307.
- 44) Ünlü S, Ersan Ö. Ayak Bileği Kırıklarında Sınıflama, *Totbid Dergisi* 2016; 15:177-181.
- 45) Lindsjö U. Classification of ankle fractures: the Lauge-Hansen or AO system? *Clin Orthop* 1985; 199:12-16.
- 46) Michelson J, Solocoff D, Waldman B, Kendell K, Ahn U. Ankle fractures: the Lauge-Hansen classification revisited. *Clin Orthop Relat Res* 1997;(345):198-205.
- 47) Yde J. The Lauge Hansen classification of malleolar fractures. *Acta Orthop Scand* 1980;51(1):181-192.
- 48) Van den Bekerom MP, Mutsaerts EL, Van Dijk CN. Evaluation of the integrity of the deltoid ligament in supination external rotation ankle fractures: a systematic review of the literature. *Arch Orthop Trauma Surg* 2009;129(2):227-235.
- 49) Hopkinson WJ, Pierre PS, Ryan JB, Wheeler JH. Syndesmosis sprains of the ankle. *Foot & Ankle International*. 1990;10(6):325-330.
- 50) Ahl T, Dalen N, Selvik G. Ankle fractures. A clinical and roentgenographic stereophotogrammetric study. *Clin Orthop* 1989; 245:246-255.
- 51) Brand DA, Frazier WH, Kohlhepp WC, Shea KM, Hoefer AM, Ecker MD, Kornguth PJ, Pais MJ, Light TR. A protocol for selecting patients with injured extremities who need x-rays. *N Engl J Med* 1982;306:333-339.
- 52) Stiell IG, McDowell I, Nair RC, Aeta H, Greenberg G, McKnight RD, Ahuja J. Use of radiography in acute ankle injuries: physicians' attitudes and practice. *Can Med Assoc J* 1992;147:1671-1678.
- 53) Stiell IG, McKnight RD, Greenberg GH, McDowell I, Nair RC, Wells GA, Johns C, Worthington JR. Implementation of the Ottawa ankle rules. *Jama* 1994;271:827-832.
- 54) Brandser EA, Berbaum KS, Dorfman DD, Braksiek RJ, El-Khoury GY, Saltzman CL, Marsh

- JL, Clarck WA. Contribution of Individual Projections Alone and in Combination for Radiographic Detection of Ankle Fractures. *Am J Roentgenol* 2000;174:1691–1697.
- 55) Greenspan A, Chapman MW. Lower Limb 3: Ankle and Foot. In: Greenspan A, Chapman MW (Eds). *Orthopedic Imaging*. 4th edition, Lippincott Williams&Wilkins, Philadelphia, 2004:293-347.
 - 56) Dumigan RM, Bronson DG, Early JS. Analysis of fixation methods for vertical shear fractures of the medial malleolus. *J Orthop Trauma* 2006; 20:687– 691.
 - 57) Toolan BC, Koval KJ, Kummer FJ, Sanders R, Zuckerman JD. Vertical shear fractures of the medial malleolus: a biomechanical study of five internal fixation techniques. *Foot Ankle Int*. 1994;15:483– 489.
 - 58) Amanatullah DF, Wolinsky PR. An alternative fixation technique for small medial malleolus fractures. *Orthopedics*. 2010;33:888–889.
 - 59) Rovinsky D, Haskell A, Liu Q, Paiement GD, Robinovitch S. Evaluation of a new method of small fragment fixation in a medial malleolus fracture model. *J Orthop Trauma*. 2000;14:420–425.
 - 60) Bottlang M, Doornink J, Fitzpatrick DC, Madey SM. Far cortical locking can reduce stiffness of locked plating constructs while retaining construct strength. *J Bone Joint Surg Am*. 2009;91:1985–1994.
 - 61) Henderson CE, Bottlang M, Marsh JL, Fitzpatrick DC, Madey SM. Does locked plating of periprosthetic supracondylar femur fractures promote bone healing by callus formation? Two cases with opposite outcomes. *Iowa Orthop J*. 2008;28:73–76.
 - 62) Hak DJ, Toker S, Yi C, Toreson J. The influence of fracture fixation biomechanics on fracture healing. *Orthopedics*. 2010;33:752–755.
 - 63) Christoph Sommer. Locking plates. In: R€uedi TP, Murphy WM, eds. *AO Principles of Fracture Management*, 3rd ed., Stuttgart, Germany: Thieme, 2017:269–308
 - 64) Wegner AM, Wolinsky PR, Robbins MA, Garcia TC, Maitra S, Amanatullah DF. Antigliding plating of vertical medial malleolus fractures provides stiffer initial fixation than bicortical or unicortical screw fixation. *Clin Biomech* 2015; 31:29-32.
 - 65) Blake S, Yakubek G, Shaer J. Use of a locked fibular plate for fixation of a vertical shear medial malleolus fracture: a case report. *J Foot Ankle Surg* 2015;54:1202–1205.
 - 66) Amanatullah DF, McDonald E, Shellito A, Lafazan S, Cortes A, Curtiss S, Wolinsky PR. Effect of mini-fragment fixation on the stabilization of medial malleolus fractures. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 2012; 72(4): 948-953.
 - 67) Wegner AM, Wolinsky PR, Cheng RZ, Robbins MA, Garcia TC, Amanatullah DF. Sled fixation for horizontal medial malleolus fractures. *Clinical Biomechanics*, 2017; 42: 92-96.
 - 68) Minkowitz RB, Bhadsavle S, Walsh M, Egol KA. Removal of painful orthopaedic implants after fracture union. *J Bone Joint Surg* 2007; 89:1906-1912.
 - 69) Brown OL, Dirschl DR, Obremskey WT. Incidence of hardware-related pain and its effect on functional outcomes after open reduction and internal fixation of ankle fractures. *Journal*

- of Orthopaedic Trauma. 2001; 15 (4):271–274.
- 70) Jiang D, Zhan S, Wang Q, Ling M, Hu H, Jia, W. Biomechanical Comparison of Locking Plate and Cancellous Screw Techniques in Medial Malleolar Fractures: A Finite Element Analysis. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 2019; 58(6):1138-1144.
 - 71) Clyde J, Kosmopoulos V, Carpenter BA Biomechanical investigation of a knotless tension band in medial malleolar fracture models in composite Sawbones. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 2013;52(2):192-194.
 - 72) Fowler TT, Pugh KJ, Litsky AS, Taylor BC, French BG. Medial malleolar fractures: a biomechanical study of fixation techniques. *Orthopedics*, 2011; 34:349–355.
 - 73) Georgiadis GM, White DB. Modified tension band wiring of medial malleolar ankle fractures. *Foot Ankle Int*. 1995; 16(2):64-68.
 - 74) Johnson BA, Fallat LM. Comparison of tension band wire and cancellous bone screw fixation for medial malleolar fractures. *J Foot Ankle Surg*. 1997; 36(4):284-289.
 - 75) Kanakis TE, Papadakis E, Orfanos A, Andreadakis A, Xylouris E. Figure eight tension band in the treatment of fractures and pseudoarthroses of the medial malleolus. *Injury*. 1990; 21(6):393-397.
 - 76) Weber BG, Colton C. Malleolar fractures. In: Mueller ME, Allgower M, Schneider R, Willenegger H, eds. *Manual of Internal Fixation: Techniques Recommended by the AO-ASIF Group*. 3rd ed. New York, NY: Springer-Verlag, 1991:595-612.
 - 77) Cleak DK, Dawson MH, Phoenix OF. Tension band wiring of avulsion fractures of the medial malleolus: a modified technique minimizing soft tissue injury. *Injury*. 1982; 13(6):519-520.
 - 78) Ostrum RF, Litsky AS. Tension band fixation of medial malleolus fractures. *J Orthop Trauma*. 1992; (4):464-468.
 - 79) Maniar H, Kempegowda H, Tawari AA, Rutter MR, Borade A, Cush G, Horwitz DS. Medial malleoli fractures: clinical comparison between newly designed sled device and conventional screws. *Foot & ankle specialist*, 2017; 10(4): 296-301.
 - 80) Bulut T, Gursoy M. Isolated medial malleolus fractures: conventional techniques versus headless compression screw fixation. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 2018; 57(3): 552-556.
 - 81) King CM, Cobb M, Collman DR, Lagaay PM, Pollard JD. Bicortical fixation of medial malleolar fractures: a review of 23 cases at risk for complicated bone healing. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2012;51(1):39-44.
 - 82) Ali M, McLaren C, Rouholamin E, O'Connor B. Ankle fractures in the elderly: nonoperative or operative treatment. *Journal of orthopaedic trauma*. 1987;1(4):275-280.
 - 83) Strauss EJ, Egol KA. The management of ankle fractures in the elderly. *Injury*. 2007;38(3):2-9.
 - 84) Kannus P, Palvanen M, Niemi S, Parkkari J, Jrvinen M. Increasing number and incidence of low-trauma ankle fractures in elderly people: Finnish statistics during 1970–2000 and projections for the future. *Bone*. 2002;31(3):430-433.

- 85) Koval KJ, Zhou W, Sparks MJ, Cantu RV, Hecht P, Lurie J. Complications after ankle fracture in elderly patients. *Foot & ankle international*. 2007;28(12):1249-1255.
- 86) Valtola A, Honkanen R, Kröger H, Tuppurainen M, Saarikoski S, Alhava E. Lifestyle and other factors predict ankle fractures in perimenopausal women: a population-based prospective cohort study. *Bone*. 2002;30(1):238-242.
- 87) Anderson SA, Li X, Franklin P, Wixted JJ. Ankle fractures in the elderly: initial and long-term outcomes. *Foot & ankle international*. 2008;29(12):1184-1188.
- 88) Srinivasan C, Moran CG. Internal fixation of ankle fractures in the very elderly. *Injury*. 2001;32(7):559-563.
- 89) Beauchamp C, Clay N, Thexton P. Displaced ankle fractures in patients over 50 years of age. *Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume*. 1983;65(3):329-332.

