

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL
ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ
ANABİLİM DALI

Tez Yöneticisi
Doç. Dr. Mehmet Ümit ÇETİN

HALLUKS VALGUS CERRAHİSİNDE YENİ
TANIMLANAN DİSTAL OSTEOTOMİNİN DİSTAL
CHEVRON OSTEOTOMİSİ İLE BİOMEKANİK
OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI

(Uzmanlık Tezi)

Arş. Gör. Dr. Alper DÜNKİ

TEKİRDAĞ – 2024

TEŞEKKÜR

Ortopedi ve Travmatoloji uzmanlık eğitimimde bilgi ve tecrübeleriyle eğitimime katkıda bulunan Anabilim Dalı Başkanı sayın Prof. Dr. Nurettin HEYBELİ'ye,

Cerrahi tecrübelerinin yanı sıra bana hayat tecrübelerini aktaran hocam, abim, tez yöneticim Doç. Dr. M. Ümit ÇETİN'e, üzerimdeki büyük emeklerinden dolayı kliniğimizdeki Doç. Dr. Abdülkadir SARI, Doç. Dr. Y. Mahsut DİNÇEL ve yakın zamanda kliniğimizden ayrılan Doç. Dr. Burak GÜNAYDIN hocalarıma, iki aylık rotasyonumda el cerrahisi tecrübelerinden faydalandığım Prof. Dr. İsmail Bülent ÖZÇELİK hocama, birlikte çalışmaktan büyük keyif aldığım asistan arkadaşlarıma, klinik ve ameliyathanede beraber çalıştığım hemşire, sekreter, personel arkadaşlarıma yardım ve desteklerinden dolayı tüm NKÜ Ortopedi aileme en içten teşekkürümü sunarım.

Ayrıca bana her zaman destek olan ve bugünlere gelmemde büyük pay sahibi olan biricik anneme, babama, ablalarım, abilerime ve varlığıyla hayatımı güzelleştiren sevgili eşim Dr. Merve YAYLAGÜL DÜNKİ' ye sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGE ve KISALTMALAR.....	v
TABLO DİZİNİ.....	vi
ŞEKİL DİZİNİ.....	vii
GİRİŞ.....	1
GENEL BİLGİLER.....	3
HALLUKS VALGUS.....	3
AYAK ANATOMİSİ.....	12
HALLUKS VALGUS MUAYENESİ.....	31
HALLUKS VALGUS RADYOLOJİK DEĞERLENDİRMESİ.....	39
GEREÇ ve YÖNTEM.....	46
ARAŞTIRMA TİPİ, YAPILDIĞI YER VE TARİH.....	46
ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI VE GRUPLANDIRMA.....	46
CERRAHİ TEKNİK	46
BİYOMEKANİK ÇALIŞMA.....	54
İSTATİSTİKSEL ANALİZ.....	57
BULGULAR.....	59
RİJİDİTENİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	59
DORSAL ANGULASYONUN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	62
DEFORME EDİCİ KUVVETİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	65
TARTIŞMA.....	68
SONUÇ.....	73

ÖZET.....	74
SUMMARY.....	75
KAYNAKLAR.....	77
EKLER.....	83



KISALTMALAR

AAOS: Academy of American Orthopaedic Surgeons

AP: Anteroposterior

BMD: Kemik mineral yoğunluğu

BT: Bilgisayarlı tomografi

Dk: Dakika

FDAL: Flexor Digioireum Accessorius Longus

HV: Halluks valgus

HVA: Halluks valgus açısı

Hz: Hertz

İMA: İntermetatarsal açı

Kg: Kilogram

Mm: Milimetre

MTF: Metatarsofalangeal

N: Newton

n: Örneklem sayısı

Ort: Ortalama

Örn: Örneğin

POPS: Ağrılı Os Peroneum Sendromunu

PVC: Polivinil klorür

Sn: Saniye

SS: Standart sapma

TME: Tarsometatarsal Eklem

° : Derece

TABLO DİZİNİ

Tablo 1. HV etiyolojik faktörleri

Tablo 2. Chevron ve Parmaksızoğlu osteotomisi gurplarının rijidite değerleri

Tablo 3. Chevron grubu ortalama rijidite değerlerinin siklus aralıklarındaki değişimi

Tablo 4. Parmaksızoğlu grubu ortalama rijidite değerlerinin siklus aralıklarındaki değişimi

Tablo 5. Grupların rijidite yönünden istatistiksel olarak karşılaştırılması

Tablo 6. Chevron ve Parmaksızoğlu osteotomisi gruplarının dorsal angulasyon değerleri

Tablo 7. Chevron grubu ortalama dorsal angulasyon değerlerinin siklus aralıklarındaki değişimi

Tablo 8. Parmaksızoğlu grubu ortalama dorsal angulasyon değerlerinin siklus aralıklarındaki değişimi

Tablo 9. Grupların dorsal angulasyon yönünden istatistiksel olarak karşılaştırılması

Tablo 10. Chevron ve Parmaksızoğlu osteotomisi gruplarının deforme edici kuvvet değerleri

Tablo 11. Chevron ve Parmaksızoğlu osteotomisi gruplarının deforme edici kuvvet ortalamaları

Tablo 12. Grupların deforme edici kuvvet yönünden istatistiksel olarak karşılaştırılması

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1. HV patofizyolojisi (lateral ve AP görünüm)

Şekil 2. HV patofizyolojisi (aksiyel görünüm)

Şekil 3. Keller tekniği

Şekil 4. McBride prosedürü

Şekil 5. Proksimal metatarsal osteotomi

Şekil 6. Scarf osteotomisi

Şekil 7. Chevron osteotomisi

Şekil 8. Akin osteotomisi

Şekil 9. TME artrodezi

Şekil 10. Tibiotalar eklem

Şekil 11. Deltoid ligaman kompleksi

Şekil 12. Ayak kemiklerinin dorsal ve plantar görünümü

Şekil 13. ‘‘Turf toe’’ oluşum mekanizması

Şekil 14. Yürüyüş fazları

Şekil 15. Ayak arterleri

Şekil 16. Ayağın arteryel plantar dalları

Şekil 17. Peroneal sinir ve dalları

Şekil 18. Medial ve lateral plantar sinir

Şekil 19. Sural sinir

Şekil 20. Ayak 1. katman kasları

Şekil 21. Ayak 2. katman kasları

Şekil 22. Ayak 3. katman kasları

Şekil 23. Ayak 4. katman kasları

Şekil 24. Os trigonum radyolojik görüntüsü

Şekil 25. Os intermetatarsium radyolojik görüntüsü

Şekil 26. Lisfrank eklem yaralanması fleck (benek) bulgusu radyolojik görüntüsü

Şekil 27. FDAL kadavra görüntüsü

Şekil 28. Talokalkaneal koalisyon grafi ve BT görüntüsü

Şekil 29. Talonaviküler koalisyon grafi görüntüsü

Şekil 30. Kronik 1. MTF eklem bursiti

Şekil 31. HV rotasyon dereceleri; A: rotasyon yok, B: 25°'den az, C: 25°'den büyük 45°'den küçük rotasyon, D: 45°'den büyük rotasyon

Şekil 32. 1. MTF eklem maksimum dorsifleksiyonunun değerlendirilmesi

Şekil 33. 1. MTF eklem maksimum plantarfleksiyonunun değerlendirilmesi

Şekil 34. AP ayak grafisinde normal kabul edilen açılar

Şekil 35. AP ayak grafisinde sesamoid kemiklerin pozisyonu

Şekil 36. Birinci ve ikinci metatarsların göreceli uzunluklarının değerlendirilmesi

Şekil 37. 1. MTF eklem değerlendirilmesi

Şekil 38. 1. Metatars başının şeklinin değerlendirilmesi

Şekil 39. 1. Metatars-medial küneiform eklem değerlendirilmesi

Şekil 40. Medial eminensia ve eklem dejenerasyonunun değerlendirilmesi

Şekil 41. İleri derece HV ayak AP grafi görüntüsü

Şekil 42. 1. metatars başının merkezinin belirlenmesi

Şekil 43. Chevron osteotomisi için K tellerinin yerleştirilmesi

Şekil 44. Chevron osteotomisi kesi kılavuzu

Şekil 45. Chevron osteotomisi yapılan modelin geçici tespiti

Şekil 46. Chevron osteotomisi yapılan modelin vida ile tespiti

Şekil 47. Chevron osteotomisi yapılan modelin tespitinin AP skopi görüntüsü

Şekil 48. Chevron osteotomisi yapılan modelin tespitinin lateral skopi görüntüsü

Şekil 49. Parmaksızoğlu osteotomisi yapılan modelin 1. kılavuz teli skopi görüntüsü

Şekil 50. Parmaksızoğlu osteotomisi yapılan modelin 2. kılavuz teli skopi görüntüsü

Şekil 51. Parmaksızoğlu osteotomisi yapılan modelin 3. kılavuz teli skopi görüntüsü

Şekil 52. Parmaksızoğlu osteotomisi yapılan modelin K telleri

Şekil 53. Parmaksızoğlu osteotomisi yapılan modelin K telleri

Şekil 54. Parmaksızoğlu osteotomisi yapılan modelin osteotomi hattı

Şekil 55. Parmaksızoğlu osteotomisi yapılan modelin tespitinin görünümü

Şekil 56. Parmaksızoğlu osteotomisi yapılan modelin tespitinin AP skopi görüntüsü

Şekil 57. Parmaksızoğlu osteotomisi yapılan modelin tespitinin lateral skopi görüntüsü

Şekil 58. Chevron osteotomi modeli MTS 858 Mini Bionix II cihazındaki görüntüsü

Şekil 59. Parmaksızoğlu osteotomi modeli MTS 858 Mini Bionix II cihazındaki görüntüsü

GİRİŞ

Halluks Valgus (HV), en sık görülen ön ayak deformitelerinden biridir. HV, proksimal falanksın laterale doğru sapması ile birinci metatars başının mediale sapması sonucu metatarsus primus varus adı verilen birinci metatarsusun adduksiyonu nedeniyle ortaya çıkar (1). 18 - 65 yaş arası yetişkinlerin yaklaşık %23'ünde, 65 yaş üstü yetişkinlerin ise %36'sında görülür. Erişkin dişilerde bakıldığında %30'a varan oranda HV deformitesi ortaya çıkar (3). Ayakkabı veya topuklu ayakkabı giyenlerde çıplak ayakla karşılaştırıldığında görülme sıklığı daha yüksektir.

HV deformitesi cerrahi tedavisinde yüzden fazla osteotomi türü tanımlanmıştır. Mann&Coughlin sınıflamasına göre hafif ve orta dereceli deformitelerde en sık kullanılan osteotomilerden biri distal Chevron osteotomisidir. Bu osteotominin de kaynamama, osteolizis ve redüksiyon kaybı gibi komplikasyonları mevcuttur.

HV cerrahi tedavisi için tanımlanan Çetin ve ark. tarafından tanımlanan ve 2010-2014 yılları arasında İstanbul Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği'nde uygulanan Parmaksızoğlu osteotomisi için AOFAS skoru ve osteotomi hattı temas yüzeyi açısından olumlu sonuçlar bildirilmiştir.

Biz de çalışmamızda bu tanımlanmış iki tekniği; aynı kemik model, standardize edilmiş kesi blokları, aynı kalınlıktaki başsız kompresyon vidaları ile modelleyip biyomekanik olarak rijidite, dorsal angulasyon ve deforme edici kuvvet yönünden karşılaştırdık.

Çalışmamızın amacı; literatürde aynı osteotomi türlerine uygulanan tespit yöntem farklılıkları karşılaştırılmıştır. Fakat; HV osteotomi türlerinin karşılaştırıldığı biyomekanik çalışmaların az olması sebebiyle biyomekanik olarak en uygun osteotomiye bulmaya yardımcı olmak amacıyla literatüre katkıda bulunmaktır.



GENEL BİLGİLER

HALLUKS VALGUS

Halluks Valgusun Tanımı

HV, en sık görülen ön ayak deformitelerinden biridir. HV, proksimal falanksın laterale doğru sapması ve birinci metatars başının mediale sapması ve metatarsus primus varus adı verilen birinci metatarsusun adduksiyonu nedeniyle ortaya çıkar. Ancak kesin etiyojisi tam olarak anlaşılamamıştır. HV, kadınlarda erkeklerden daha sık görülme eğilimindedir; bir çalışmada bu oran 15:1 kadar yüksektir. Dar ayakkabı veya topuklu ayakkabı giyenlerde daha sık görülür (1).

Halluks valgus deformitesi genellikle fizik muayene ile teşhis edilebilir ve görüntüleme, birinci metatarsofalangeal (MTF) eklemden hasar olup olmadığını değerlendirebildiği için önemlidir. Tedavi; daha geniş ayakkabılar, ortez kullanımı ve gece splintleme gibi cerrahi olmayan yaklaşımların ilk kez denenmesine dayanır. Konservatif tedavinin etkisiz olduğunda önerilen bir sonraki eylem şekli cerrahi tedavidir. Hastalar ameliyatı iyi tolere eder ve kemik kaynaması genellikle ameliyat sonrası 6 ila 7 hafta civarında gerçekleşir (1).

HV Etiyolojisi

Kesin etiyojisi tam olarak anlaşılamamıştır ancak önerilen birçok teori vardır. HV deformitesi büyük olasılıkla genetik, kısa birinci metatars, dorsifleksiyonu artmış birinci metatars, esnek veya sert ön ayak varusu, sert veya esnek pes planovalgus, anormal ayak mekaniği ve eklem hiper mobilitesi dahil olmak üzere birçok faktörün bir sonucudur. Gut artriti, psoriatik artriti ve romatoid artritin hastaları HV deformitesine yatkın hale getirdiği gösterilmektedir. Ayrıca HV deformitesi, Down sendromunun yanı sıra Marfan sendromu ve Ehlers-Danlos sendromu gibi bağ dokusu bozukluklarında da daha sık görülmektedir. (2)

İnme, serebral palsi veya miyelomeningosel gibi durumlar nedeniyle ayaktaki herhangi bir kas dengesizliği de HV deformitesine neden olabilir.

HV deformitesi, sık sık dar ayakkabı ve topuklu ayakkabı giyen kişilerde sık görülür ve bu da sıklıkla bunun nedeni olarak gösterilir. Bununla birlikte, geniş tabanlı rahat ayakkabı giyen erkeklerde sıklıkla belirgin HV deformitesi görülürken, ayaklarını önemli ölçüde sıkıştıran ayakkabı giyen kadınlarda herhangi bir deformite görülmez. Bu durum, ayakkabıların birincil neden olmak yerine, altta yatan kemik patolojisiyi şiddetlendirdiği düşüncesinin ortaya çıkmasına neden olmuştur.

HV Epidemiyolojisi

HV deformitesi yaygın bir durumdur. 18 ila 65 yaş arası yetişkinlerin yaklaşık %23'ünde, 65 yaş üstü yetişkinlerin ise %36'sında görülür. Erişkin dişilerde bakıldığında %30'a varan oranda HV deformitesi görülür (3). Ayakkabı veya topuklu ayakkabı giyenlerde çıplak ayakla karşılaştırıldığında görülme sıklığı daha yüksektir. İlginç bir şekilde, çıplak ayaklı gezen popülasyondaki kadın ve erkekleri karşılaştırırken kadınlarda HV deformitesine iki kat daha sık rastlandığı bulunmuştur.

HV Etiyolojisi

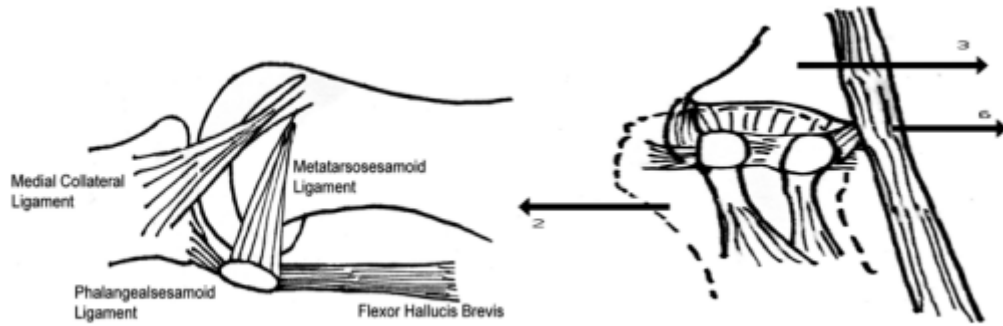
İntrinsik ve ekstrinsik faktörler olarak 2 grupta incelenebilir.

Tablo 1. HV etiyolojik faktörleri (4)

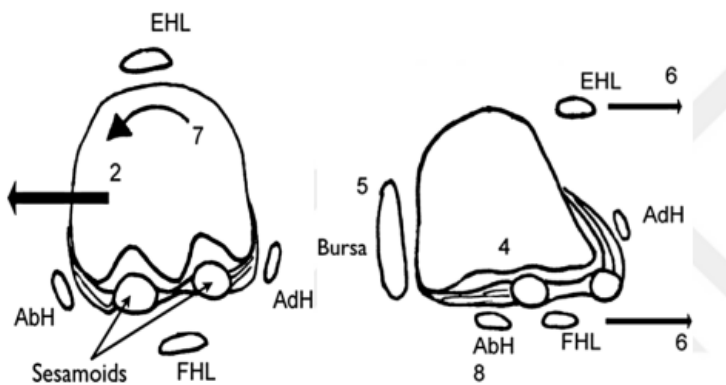
İntrinsik Faktörler	Ekstrinsik Faktörler
Genetik	Yüksek Topuklu Dar Ayakkabılar
Ligamentöz Laksite	Metatarsa Aşırı Yük Binmesi
Metatarsus Primus Varus	
Pes Planus	
Fonksiyonel Halluks Limitus	
Seksüel Dimorfizm	
Yaş	
Metatarsal Morfoloji	
Metatarsal Hatta Hipermobile	
Sert Aşil Tendonu	

HV Patofizyolojisi

HV'nin patofizyolojisi karmaşıktır, ancak genel varsayım, ayağın derin ve yüzeysel kasları arasında, bağların da tutulumuyla birlikte bir dengesizliğin mevcut olduğu yönündedir. 1. metatars aksının korunması, m. adductor hallucis' in lateralde ve m. abductor hallucis kasının medialde yarattığı gerilimle sağlanır. Kollateral bağlar, 1. MTF ekleminde enine düzlem boyunca hareketi engeller. M. abductor hallucis zamanla zayıflar ve birinci metatars başında artan basınç, metatarsın dorsomedial yönde hareket ettirir. Bu kuvvet, halluks açısını artırır ve yürüme sırasında kas stabilizasyonu da kötüleşir. Bu kuvvetler birinci metatarsı mediale ve falanksı laterale doğru ittiğinde, medial kollateral ligaman ve medial kapsül gerilir ve sonunda yırtılır (5).



Şekil 1. HV patofizyolojisi (lateral ve AP görünüm) (6)



Şekil 2. HV Patofizyolojisi (aksiyel görünüm) (7)

HV Tarihçesi

Cerrahi tekniğin ilk tanımlandığı 1871 yılından bu HV deformitesine yönelik birçok cerrahi tedavi önerilmiştir. 1965 yılına gelindiğinde Kelikian (7), çalışmasında altmışa yakın varyantı da içeren 100'ün üzerinde farklı prosedür tanımlamıştır. Tüm bu tekniklerde ön ayağın mimarisini mümkün olduğunca normale yakın hale getirmek getirmesi amaçlanır. MTF eklem subluksasyonunu düzeltmek için yapılan bazı prosedürler tüm bu tekniklerde ortaktır, diğerleri ise doğuştan veya edinilmiş bozuklukların düzeltilmesine izin verir. İlk önce birinci MTF eklemi eksize eden radikal prosedürleri ve ardından konservatif prosedürler tanımlanmaktadır. Sadece yumuşak kısımları içerenler ile birinci metatarsal aks osteotomisini içerenleri ayıracak şekilde geliştirilmiştir.

Rezeksiyon artroplastisi: Bu prosedürlerin tümü medialden gerçekleştirilir. Amaçları metatarsofalangeal artrozis sağlamak, sesamoid bağ kompleksini serbest bırakmak, yeniden odaklamak ve medial yapıların yeniden gerginliğini sağlamaktır. Tip ve rezeksiyon yeri bakımından farklılık gösterirler; Mayo tekniğinde proksimal (8) ve Keller tekniğinde distaldir (9). Keller tekniğinin prensibi, birinci falanksın proksimal yarısının rezeksiyonu ile sesamoid bağ kompleksinin lateral serbestleştirilmesine ve ardından medial kapsül güçlendirme plastisinin uygulanmasına dayanır. Bu artroplasti rezeksiyonları, birinci metatarsın aşırı kısalması nedeniyle hastayı birinci metatars aksının yetersizliği sendromuna maruz bırakması veya ağırlı metatarsofalangeal sertliğe bağlı olarak yüksek oranda komplikasyon içeren başarısızlıklar içermektedir. Bazı cerrahlar için, fonksiyonel olarak zorlayıcı olmayan veya ilerlemiş dejeneratif hastalığı olan yaşlı hastalarda hala faydalı olabilirler.



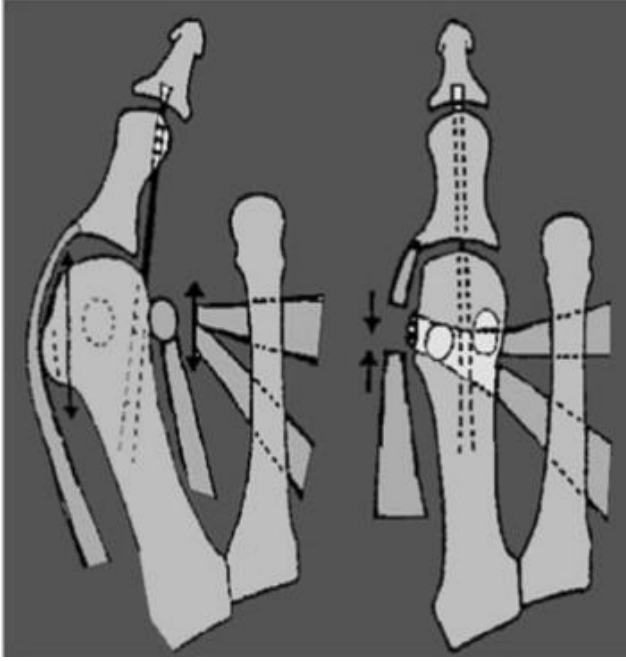
Şekil 3. Keller tekniği (13)

Metatarsofalangeal artrodez: Bu teknik esas olarak osteoartritli ileri halluks valgus için endikedir. Prosedürün amacı ağırlı ve sıklıkla sert olan bir eklemi kaynaşmış, ağrısız ve stabil bir ekleme dönüştürmektir. Etkili bir artrodez işlemi şu kriterlerde erkeklerde 10° 15° valgus ve 15°–20° dorsifleksiyon, kadınlarda 20°–25° dorsifleksiyon uygun görülmüştür. Bu MTF artrodez çok iyi fonksiyonel sonuçlar verir. Artrodez tek başına veya metatarsus varus düzeltme osteotomisiyle birlikte yapılabilir. Literatürde şiddetli halluks valgus, osteoartrit, romatoid artrit gibi birçok durumun tedavisi ve kurtarma işlemi olarak önerilmektedir.

Metatarsofalangeal artroplasti: 1979 yılında Swanson, el cerrahisinde kullanılan ve başarılı bulunan silastikten yapılan bir protez geliştirmiştir (10). İki eksenli çubuğa tespit edilerek stabilizasyon, metalik yapılar ve iki veya üç bileşenle geliştirilmiştir. Bu protezler mekanik komplikasyon ve kemik kaybı nedeniyle çok az kullanılmaktadır. Artroplasti, yüzey yenileme veya interpozisyonlu implantların geliştirilmesiyle birlikte araştırılan bir alan olmaya devam etmektedir. Osteoartrit temelindeki halluks rijidus için kullanıldığında metatarsal düzeltici osteotomi de beraberinde gereklidir.

Yumuşak doku prosedürleri: Yumuşak doku prosedürlerinin gelişimi iki aşamada incelenebilir. İlk aşama, medial kapsüler plasti ile lateral artrolizdir. İkinci aşama, MTF anomalinin düzeltilmesidir. Bu ikinci aşama ya Mc Bride ya da Petersen'in tanımladığı gibi tendinöz plastikleri ya da çeşitleri çok fazla olan ve düzeltilmesi gereken deformasyonun tipine ve ciddiyetine bağlı olan osteotomileri içerir.

McBride Prosedürü: Silver'ın çalışmasından ilham alan bu yöntem, Meary (11) tarafından lateral sesamoidektominin baskılanmasıyla birkaç kez değiştirilmiştir. Bu ameliyatın özgünlüğü, metatarsus varusta redüksiyona ve 1. metatars başının kısaltılmamasına olanak tanıyan, 1. metatarsın medial tarafındaki eklem tendonunun eğik bir transvers tünel yoluyla transfer edilmesine dayanmaktadır.



Şekil 4. McBride prosedürü (13)

McBride tekniği 1990'lara kadar tercih edilen teknikti, ancak halluks valgus veya iyatrojenik HV riskinin olması nedeniyle planlanması zor bir teknik olup bu risk genellikle ayak başparmağının deformasyonu ile kompresyon geriliminin aşırı olduğu durumlarda ortaya çıkmaktadır.

Smith Petersen prosedürü: 1888 yılında tanımlanan bu teknik; McBride tekniğine benzer şekilde, kapsülün serbestleşmesini içerir, ancak metatarsus varustaki azalma bu kez ilk iki MTF eklem arasındaki kapsüller arası bir noktaya emanet edilir.

Lateral sesamoidi koruyan Lelievre (12) tarafından değiştirildi. Stabilizasyon, 1. metatars başının medial yüzündeki bir noktaya sabitlenen adduktör tendonun tenodezi ile sağlanır. Bu teknikle komplikasyon olarak halluks varus gelişme riski oldukça yaygın olarak literatüre yansımaktadır.

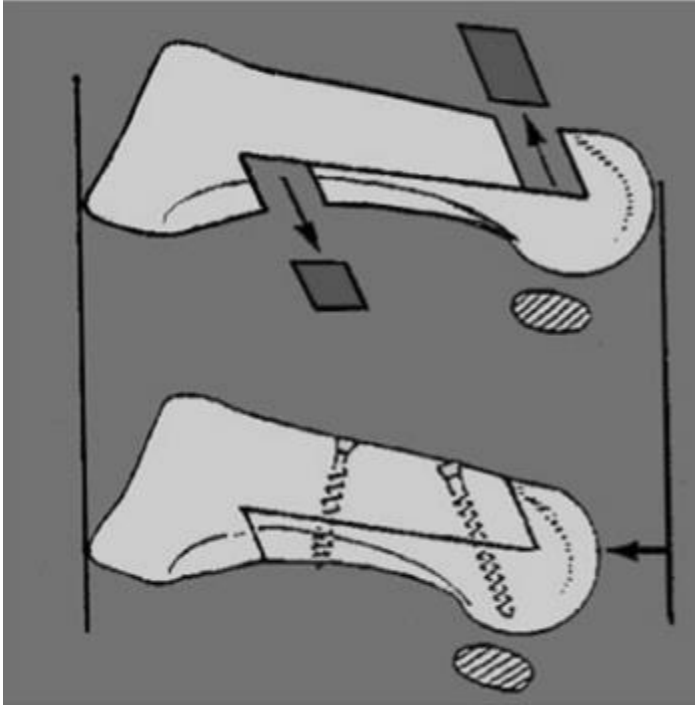
Metatarsal osteotomiler: Konvansiyonel osteotomiler; lateral gevşetme, sesamoidlerin yeniden orta hatta yerleştirilmesi ve medial kapsüloplasti ile birlikte kullanılır. Çeşitli deformasyon türlerine göre uyarlanan ve yeniden emilebilen veya bir osteo-sütür ile metalik bir osteosentez ile stabilize edilen bir düzeltmeye izin verirler.

Proksimal osteotomiler: Proksimal osteotomiler; metatarsus varusun düzeltilmesinde çok etkilidir, ancak asıl riski birinci metatarsın distal eklem yüzeyinin dışa doğru yönlendirilmesidir. Tarih boyunca; proksimal açık kama veya kapalı kama osteotomileri (13), Kotzenberg chevron osteotomileri (14), Mann'ın arkiform osteotomileri (15), ve düzlem eğik osteotomiler (16), metatars proksimalinden tanımlanmış osteotomilerdir. Dezavantajları ise tespitinin zor olması, metatarsus elevatus riski ve DMAA açısının artma riskidir.



Şekil 5. Proksimal metatarsal osteotomi (13)

Diyafizel osteotomiler: Tarihsel olarak, ilk diyafiz osteotomisi Ludloff'un (1918) (17) uzun oblik plan osteotomisinden oluşan ve 1926'da Mau (18) tarafından modifiye edilen osteotomisiydi. Bu osteotomiler, Scarf osteotomisiyle gerçek bir patlama yaşadı (19) 1990'larda Weil ve daha sonra Barouk tarafından popülerleştirildi. Uzunlamasına bir osteotomiyi iki kısa ön osteotomi ile birleştirir. "Le feature de Jupiter des charpentiers" teriminin İngilizce çevirisi, marangozlar tarafından ahşap kirişleri uzunlamasına birleştirerek girişin boyutunu artırmak için kullanılan bir tekniktir. Osteotominin şekli ve uzunluğu iyi bir stabilite sağlar ve iki vidayla sabitleme gerektirir. İntermetatarsal açığı azaltmak için osteotomize metatarsın lateralizasyonuna izin verir, eklem uyumunu ve dolayısıyla ilk MTF eklemine hareketini korur ve metatars başının elevasyonuna veya plantarizasyonuna, uzamasına veya kışalmasına ve artan distal metatarsal eklemi düzeltmek için transvers düzlemde rotasyona izin verir.



Şekil 6. Scarf osteotomisi (13)

Distal osteotomiler: Çok sayıda distal osteotomi tanımlanmıştır ve hepsi birinci metatarsın distal eklem yüzeyini yeniden yönlendirerek DMAA'yı düzeltmeyi amaçlamaktadır. Eklem dışı iç kapatma osteotomisinden oluşan Baker osteotomisinden, Baker'inkini kopyalayan Reverdin osteotomisinden (20), ancak ekzostosektomide sefalik seviyeden bahsedilebilir. Değişiklikler arasında Hohmann'ın (21) eklem dışı pozisyonda osteotomi prosedürünü dikkate almaktadır. 1945'te Mitchell (22), lateral yer değiştirmenin kapanmasına izin veren bir açılardırma eklenmiştir.



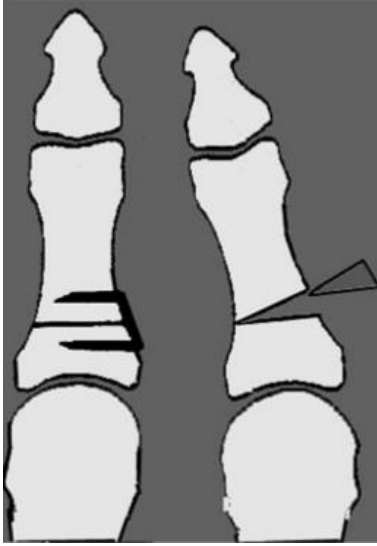
Şekil 7. Chevron osteotomisi (13)

Austin (23) 1962'de artroz ve falanks kılcalmasını da içeren bir chevron osteotomisini önerdi. Ön ayağı daraltmak için metatars başı yana doğru kaydırılır ve chevron osteotomisi doğası gereği stabil olmasına rağmen, bir vidayla iç sabitleme, yanlış kaynama veya kaynamamanın önlenmesine yardımcı olur. Anormal bir DMAA, ilave olarak medialden kapalı kama osteotomisi ile giderilebilir.

2007 yılında Academy of American Orthopaedic Surgeons (AAOS) tarafından HV cerrahi tedavisinde chevron osteotomisi altın standart olarak kabul edildi.

Bifokal osteotomiler: Bifokal osteotomiler; Baker tipi medial kapalı kama osteotomisini, distal osteotomiden alınan bir grefti implante ederek medial açık kama osteotomisi ile birleştirir. Bunlar Fransa'da Schnepf osteotomisi adı altında bilinmektedir (24). Perkütan tekniklerin ortaya çıkışından bu yana bu osteotomilere yeniden ilgi duyulmuştur.

Falanks osteotomileri: İlk kez 1925'te minimal fiksasyonla proksimal falanks medial kapalı kama osteotomisi olarak tanımlandı. Günümüzde sütür, tel, vida ve zımba tespitini içeren çoklu tespit teknikleri rapor edilmiştir. Birçok kez değiştirilen ve değişen derecelerde varyasyon, kısılma ve supinasyonla birleştirilen çeşitli osteotomilerle sonuçlanan Akin varizasyon osteotomisidir (25). Halluks valgusun düzeltilmesi için tek başına yeterli görülememekle birlikte; McBride prosedürü veya metatarsal osteotomilerle birlikte güncellenmiştir.



Şekil 8. Akin osteotomisi (13)

Tarsometatarsal eklem artrodezi: Lapidus'un (26) tanımladığı bu yöntem Amerika ve Almanya'da da yaygın olarak kullanılmaktadır. Amerika'da Myerson tarafından tanıtılan bu ürünün Fransa'da kullanımını daha sınırlıdır. Tarsometatarsal eklem (TME) belirgin osteoartriti veya bazal eklem hipermobilitésinin görüldüğü metatarsus varusta kullanılır. Lapidus ilk olarak halluks valgus deformitesi olan hastalarda metatarsus primus varusu düzeltmek için birinci ve ikinci metatars tabanı ile ilk TME arasında bir füzyon tanımladı. Modifiye Lapidus prosedürü

tipik olarak birinci TME'nin izole bir füzyonu ile medial kuneiformun lateral ve plantar kapalı kama osteotomisinden oluşur.



Şekil 9. TME artrodezi (13)

AYAK ANATOMİSİ

Ayak, karmaşık koordineli yürüyüş hareketlerinden ve dik durma yeteneğimizden sorumlu çok sayıda kemik, eklem, bağ, kas ve tendondan oluşan karmaşık bir anatomik yapıdır (27). Tanım olarak ayak, ayak bileği eklemının distalindeki alt ekstremitedir. Ayak bileği eklemi (tibiotalar eklem), talus ile distal tibia ve fibula tarafından oluşturulan girintinin birleşiminin sonucudur. Ayakta, arka ayak, orta ayak ve ön ayak olarak adlandırılan gruplara ayrılan 26 kemik (tarsal, metatarsal ve falanks) bulunur. Kemiklerin eklem yüzeyleri eklem kıkırdağıyla kaplıdır. Eklemler, eklemlere stabilite kazandıran eklem kapsülleri ve bağlarla çevrilidir. Ayrıca ayak ve ayak bileğindeki kemik yapıların hareketinden sorumlu 29 kas vardır. Kaslar kemik yapılarla tendonlar aracılığıyla bağlanır. Başlıca arteriyel yapılar anterior tibial, posterior tibial ve peroneal veya fibular arterleri içerir.

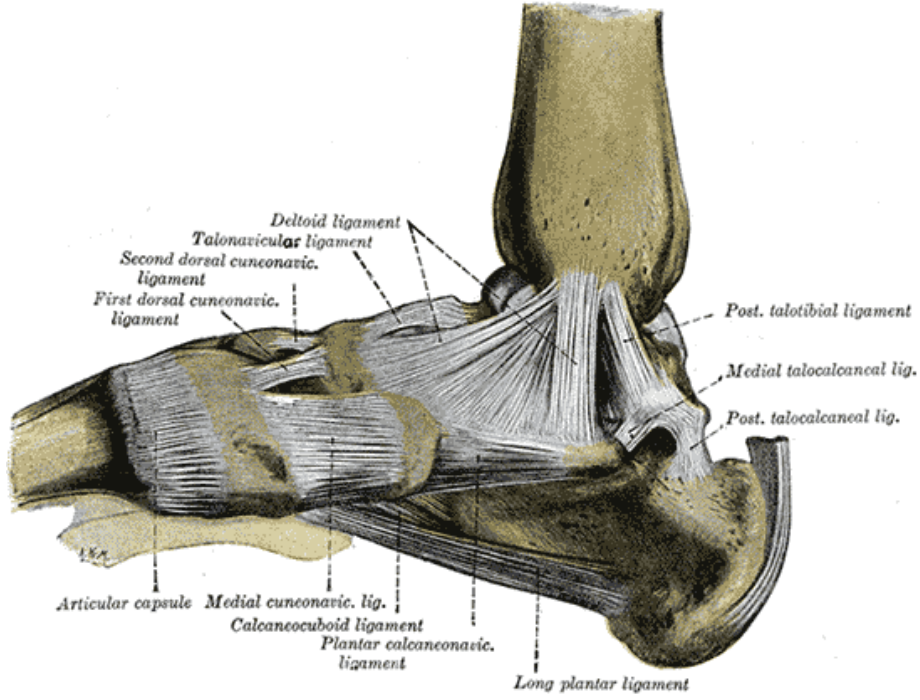
Ayağı ve ayak bileğini innerve eden ana sinirler, her biri çok sayıda dala sahip olan tibial, derin peroneal ve sural sinirleri içerir. Son olarak ayak ve ayak bileğinin anatomik bileşenlerini tamamlayan deri altı yağ dokusu, fasya ve deri bulunur. Akut yaralanma, kronik tekrarlayan yaralanma ve dejeneratif veya inflamatuvar artropatinin, acil servislere veya birinci basamak sağlık hizmeti sağlayıcılarına başvurunun yaygın nedenlerindedir. Uygun şekilde tedavi edilmezse bu rahatsızlıklar kronik sakatlığa neden olabilir.



Şekil 10. Tibiotalar Eklem (30)

Ayak bileği veya tibiotalar eklem, alt bacak ile ayağın birleşimini oluşturur. Ayak bileği eklemının kemik bileşenleri arasında distal tibia, distal fibula ve talus bulunur. Distal tibia ve fibula birlikte talus için bir girinti oluşturur. Distal tibianın eklem yüzeyi, medial malleol ve distal tibial eklem yüzeyinin yatay kısmı olan tibial plafond tarafından oluşturulur. Fibulanın distal kısmına lateral malleol denir. Talus kubbesi, distal tibia ve fibula tarafından oluşturulan girintinin içinde yer alan talusun proksimal eklem yüzeyidir. Bağ yapıları ve eklem kapsülleri eklemlere stabilite kazandırır.

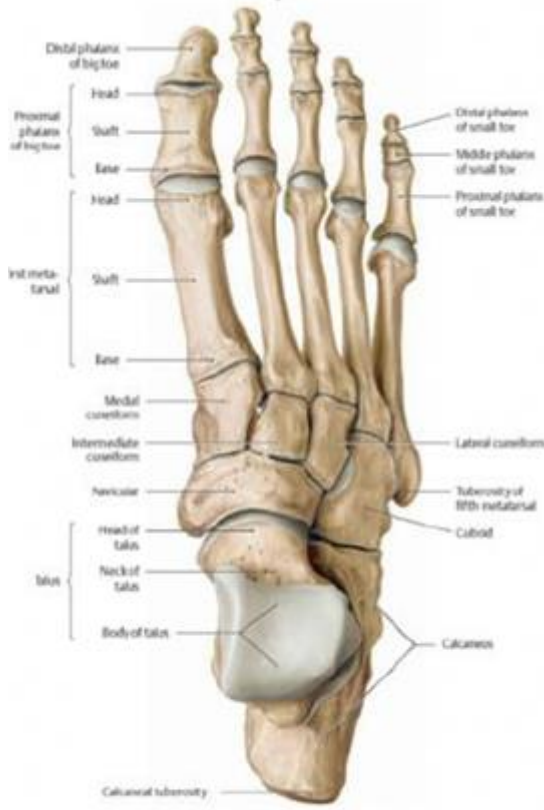
Medial ligamanlar ortak olarak deltoid ligaman kompleksi olarak anılırlar. Eklem içi ve yüzeysel katmanlardan (tibionaviküler, tibiospring, tibiokalkaneal ve yüzeysel posterior tibiotalar) oluşan derin bir katmandan (ön ve arka tibiotalar bağlar) oluşur. Ayak bileğinin yan tarafında, "yüksek" ayak bileği burkulmalarında rol oynayan bağlar olan sindesmotik bağlar (ön alt tibiofibular, arka alt tibiofibular ve interosseöz) ve alt yan bağlar (ön talofibular, arka talofibular ve kalkaneofibular) bulunur.



Şekil 11. Deltoid ligaman kompleksi (30)

Alt bağlar, özellikle anterior talofibular ve kalkaneofibular olmak üzere daha sık yaralanır. "Yüksek" ayak bileği burkulmalarında rol oynayan bağlar olan posterior alt tibiofibular, interosseöz, ön talofibular, arka talofibular ve kalkaneofibular bağlardır (28). Alt bağlar, özellikle anterior talofibular ve kalkaneofibular olmak üzere daha sık yaralanır. Alt bağlar, özellikle anterior talofibular ve kalkaneofibular olmak üzere daha sık yaralanır (27,29).

Ayak bileği eklemının altındaki anatomik yapılar 26 kemikten oluşan ayağı oluşturur; 7 adet tarsal, 5 adet metatarsal ve 14 adet de falankslardır. Ayak arka ayak, orta ayak ve ön ayak olarak alt bölümlere ayrılır.



The bones of the right foot
Dorsal view.

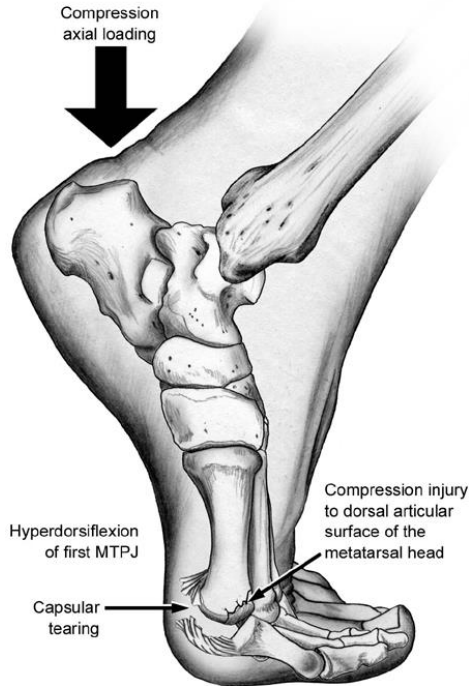
Şekil 12. Ayak kemiklerinin dorsal ve plantar görünümü (30)

Ayağın en arka kısmı olan arka ayak, yedi tarsal kemikten ikisi olan talus ve kalkaneustan oluşur. Talus ve kalkaneusun eklemlenmesi, talus ve kalkaneusun her birinde üç faset bulunan subtalar eklem olarak adlandırılır. Posterior subtalar eklem, subtalar eklemin en büyük bileşenini oluşturur. Subtalar eklem, ayak bileği ve arka ayağın inversiyonuna ve eversiyonuna izin verir (28).

Orta ayak, yedi tarsal kemikten beşinden oluşur; naviküler, küboid ve medial, orta ve lateral kuneiformlar. Talonaviküler ve kalkaneoküboid eklemleri içeren arka ve orta ayak arasındaki bağlantıya Chopart eklemi adı verilir. Naviküler kemik aynı zamanda distalde medial, orta ve lateral kuneiform kemiklerle de eklem yapar. Küboid ayakların lateral kolonunun tabanını oluşturur ve distalde dördüncü ve beşinci metatarsal kemiklerin tabanı ile eklemler. Kalkaneonaviküler bağlar, posterior tibialis tendonuyla birlikte orta ayak ve ayak kemerinin stabilitesine katkıda bulunur (28,31).

Ön ayak, ayağın en ön kısmıdır ve metatarsları, falanksları ayak parmakları ve sesamoid kemikleri içerir. Yalnızca iki falanks içeren ayak başparmağı dışında her parmakta bir metatars ve üç falanks bulunur. Orta ayak ve ön ayağın eklemelenmesi Lisfrank eklemine oluşturur. Üç küneiform kemik 1., 2. ve 3. metatarsal kemiklerin tabanıyla eklemelenirken, küboid 4. ve 5. metatarsal kemiklerin tabanıyla eklemelenir. Orta küneiform, ikinci metatarsın Lisfrank eklemine birbirine kenetlenmesine olanak tanır ve stabiliteye katkıda bulunur. Lisfrank ligamanının ikinci metatars tabanını medial küneiforma bağlayan üç bileşeni (dorsal, interosseöz ve plantar) vardır. Lisfrank bağlarının yaralanması orta ayak instabilitesine yol açabilir ve tedavi edilmezse kronik deformite nöropatik eklemeler ilerleyebilir. Lisfrank bağlarına ek olarak orta ve ön ayağın stabilitesine katkıda bulunan intertarsal ve intermetatarsal bağlar da vardır.

Ön ayak ayrıca medial ve lateral sütunlara ayrılır. Her sütun, bir metatars ve onunla ilişkili falankslardan oluşur. Birden üçe kadar olan hatlar orta sütunu, dördüncü ve beşinci metatarsal hat ise yan sütunu oluşturur. Birinci ve ikinci metatarsal hat ön ayağın ana ağırlık taşıyan bileşenleridir. Birinci ve ikinci MTF eklemleri, ön ayağın denge, ağırlık taşıma ve yürüyüşte kritik rol oynayan temel bileşenleridir. MTF eklemlerinin karmaşık kapsüller ve ligaman anatomisine genellikle plantar plaklar denir. 1. MTF eklem kapsüloligamentöz yapılarının yaralanmasına "turf toe" adı verilir (32).

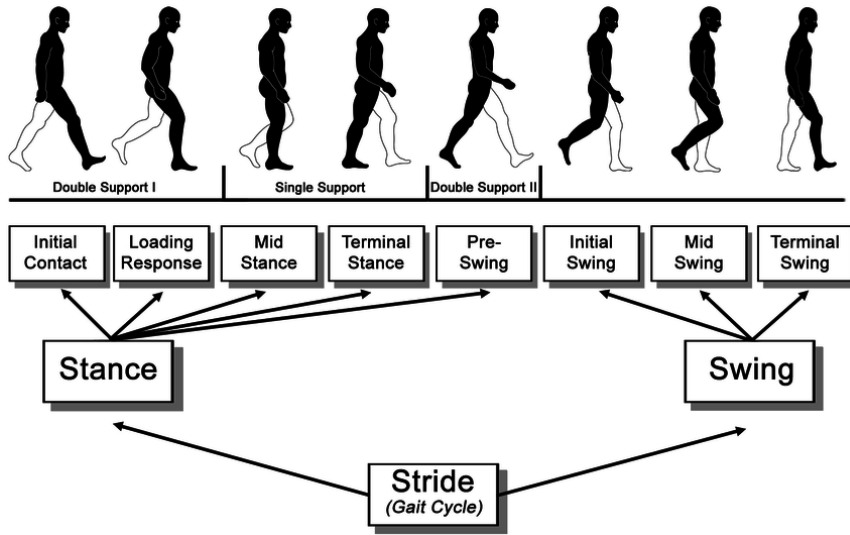


Şekil 13. "Turf toe" oluşum mekanizması (32)

Kaslar ve tendonlar, ayak ve ayak bileğindeki kemik yapıların koordineli hareketlerinden ağırlıklı olarak sorumludur, ancak aynı zamanda kemik ve bağ anatomisine stabilite kazandırmak için ikincil bir işlev de görürler.

Ayağın ve ayak bileğinin bu karmaşık anatomisi, alt ekstremitenin geri kalanıyla birlikte vücut ağırlığını verimli bir şekilde destekleme ve hareket etme işlevi görür. Ayak özellikle duruş için bir platform, yürüyüş sırasındaki darbe için bir amortisör ve adım atma sırasında vücudu ileri iten bir kaldıraç görevi görür (33).

Yürüyüş, ayak yerdeyken duruş fazının (ayak vuruşu, orta duruş ve terminal duruş) ve ayak havadayken sallanma fazının tekrarlayan döngülerinden oluşur. Koşarken ek bir aşama daha vardır: Her iki ayağın da yerden kalktığı süzülme aşaması (34).

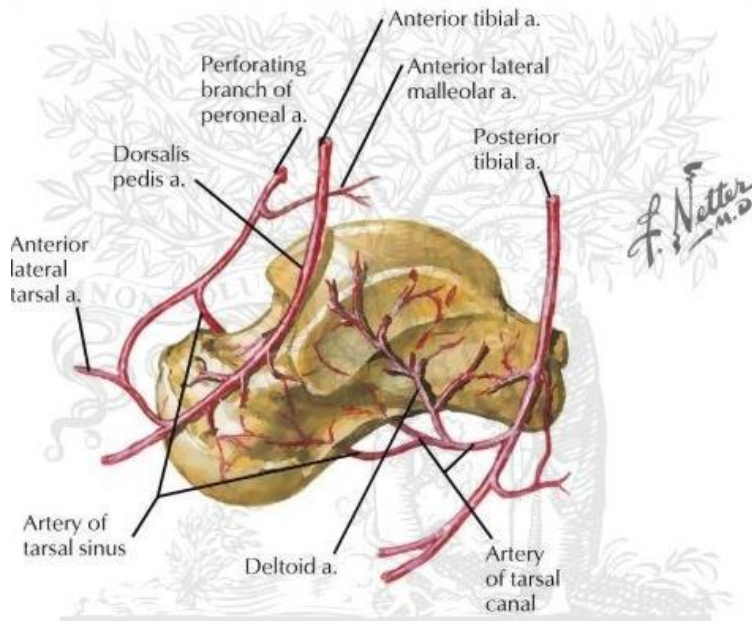


Şekil 14. Yürüyüş fazları (34)

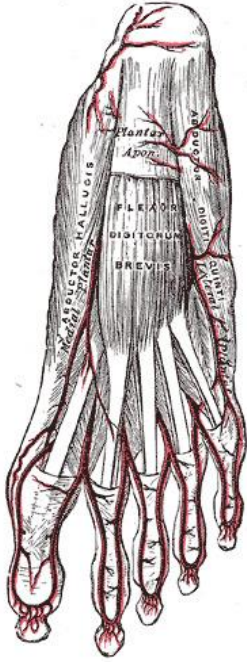
Yürüme fazlarında ayak vuruşu sırasında ayak supinasyona uğrar ve Chopart eklemi kilitlenir, böylece topuk ilk yere indiğinde ayağın sertleşmesi sağlanır. Ayak, duruşun ortasında yüzeyle tam temas halinde pronasyon ve düzleşme gösterir. Terminal duruşu daha sonra topuk kaldırma ve ayak parmağı kaldırma yoluyla itme ile karakterize edilir. Lisfrank eklemi hafif dorsifleksiyon ve plantarfleksiyona izin verir. Daha sonra adım atmanın parmak ucu kaldırma aşamasında kuvvet ön ayağın orta kolonuna aktarılır ve ön ayak supinasyona uğrar. Yan sütun, adım atarken itmenin son aşamasında hareket ederek öncelikle duyuşal girdi sağlar. Beşinci metatarsın tabanı tek başına önemli miktarda kuvvet ve ağırlığı absorbe eder. Sabit orta ayak, hafif esnek Lisfrank eklemi ve esnek metatarsofalangeal eklemlerin kombinasyonu, yürüyüş sırasında itme için bir kaldıraç oluşturur (33).

Ayağın Vasküler Yapısı

Ön tibial ve arka tibial arterler ayağın ana kan akımını sağlar. Anterior tibial arter, ayağın dorsumunu beslemek için dorsalis pedis arterine (dorsal ve medial) ve lateral tarsal artere (lateral) ayrılır. Bunlar distalde birleşerek enine uzanan kavisli arterle bir halka oluşturur. Arkuat arterin dalları dorsal hatları besler (35). Ayağın plantar tarafında, posterior tibial arter medial plantar arter ve lateral plantar artere ayrılır. Bu iki arter distalde birleşerek enine uzanan derin plantar ark ile bir halka oluşturur. Derin plantar arkın dalları plantar ışınları besler. Anterior ve posterior tibial arterlerin gidişleri transvers düzlemde birbirini yansıtır. Fibular (peroneal) arter, arka yan ayak bileği ve arka ayak boyunca uzanır. Fibular ve posterior tibial arterleri birbirine bağlayan iletişim kuran bir dal vardır. Fibular arter, ayak bileği seviyesinde derin delici dallar ve distal sindesmozun yanı sıra lateral malleol dalı da verir. Kalkaneal dallar fibular arterin terminal damarlarıdır (36).



Şekil 15. Ayak arterleri (30)



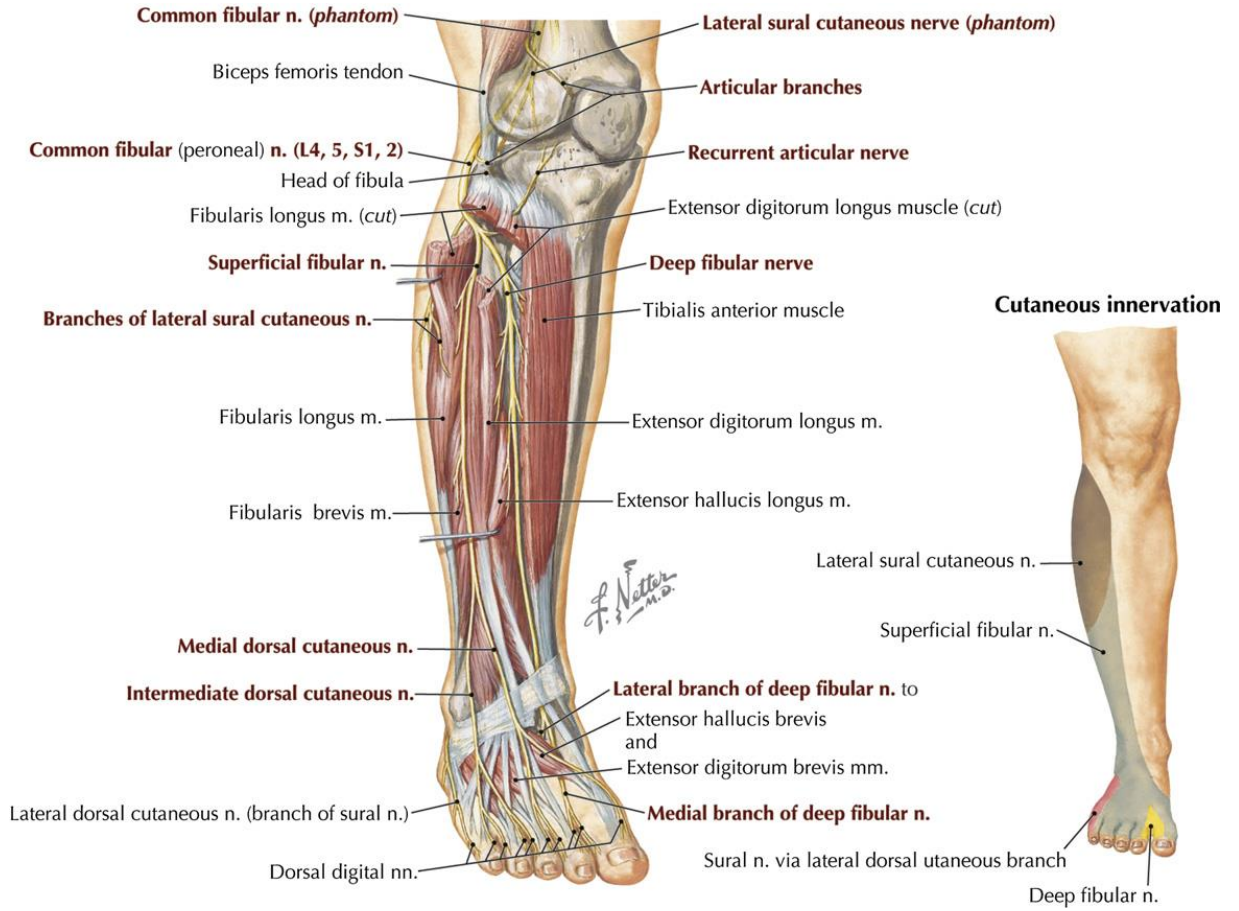
Şekil 16. Ayağın arteriyel plantar dalları (37)

Ayağın Sinir Yapısı

Ayağın ve ayak bileğinin sinirleri, safen, yüzeysel fibular, derin fibular, medial plantar, lateral plantar, sural ve kalkaneal dalları içerir.

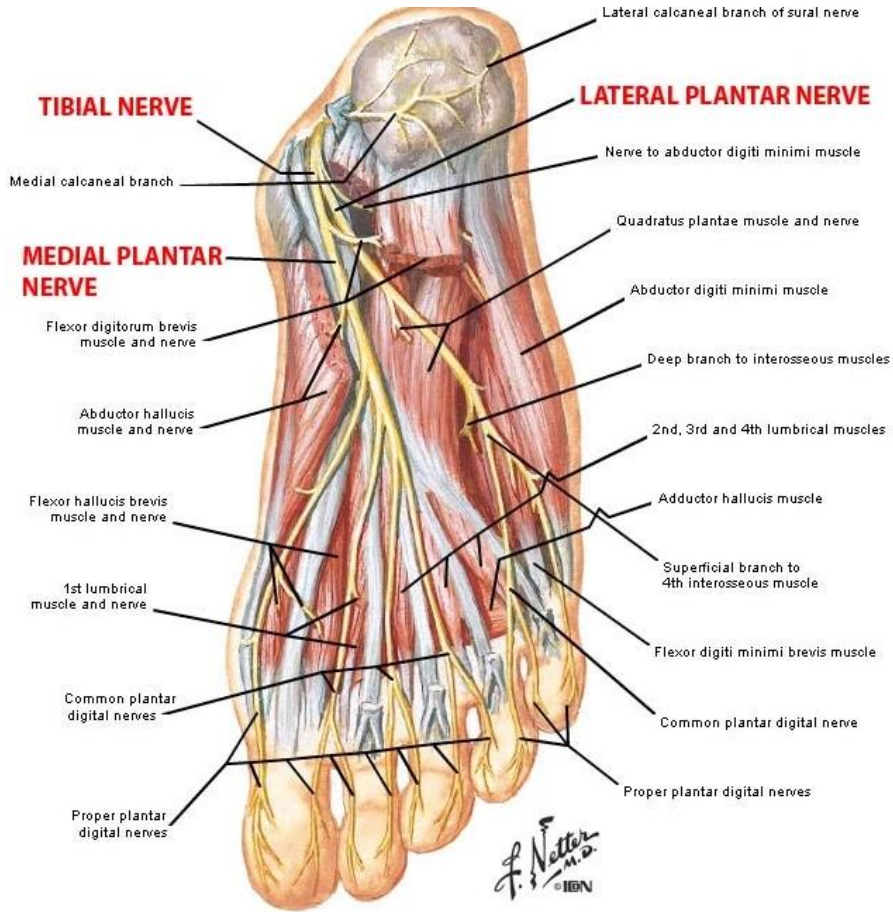
Safen sinir femoral sinirden dallanır. Ayak bileğinin medial derisini ve birinci metatarsın distal kısmının duyusunu alır.

Süperfisial ve derin fibular sinirler ortak fibular sinirden kaynaklanır. Süperfisial fibular sinir, dorsolateral birinci basamak, dorsomedial ikinci basamak ve lateral beşinci basamak dışındaki ayak dorsalinin ve parmakların duyusunu alır. Derin fibular sinir, ekstansör dijitorum brevis kasını ve dorsolateral birinci parmak ile dorsomedial ikinci parmağın duyusunu alır (38).



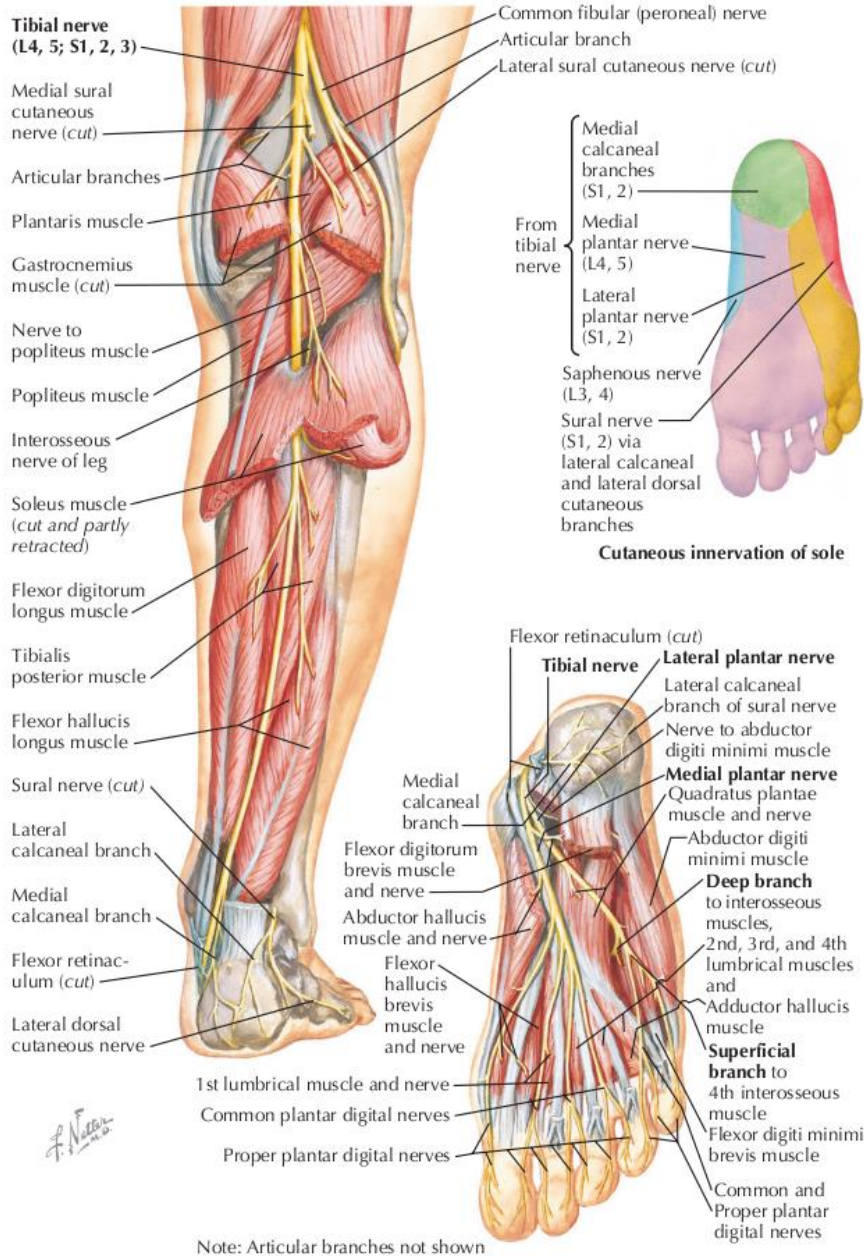
Şekil 17. Peroneal sinir ve dalları (30)

Medial ve lateral plantar sinirler tibial sinirden kaynaklanır. Bölünme tarsal tünel içinde ayak bileği seviyesinde meydana gelir. Medial plantar sinir, abduktör hallusis kasının derinliklerine doğru ilerler. Birinci ve dördüncü parmakların ortak plantar ve uygun plantar dijital sinirlerine dallanacaktır. Medial plantar sinir ve terminal dalları, fleksör dijitorum brevis, birinci lumbrical, abduktör hallusis ve fleksör hallusis brevis kaslarını innerve eder. Ek olarak, ilk üç parmağın, orta dördüncü parmağın ve ayağın orta kısmının plantar yüzeyinin cildine duyuşal innervasyon sağlar. Lateral plantar sinir, plantar ayağın lateral tarafı boyunca, fleksör dijitorum brevis ve quadratus plantae arasında eğik olarak uzanır. Flexor digiti minimi brevis, abduktör digiti minimi, quadratus plantae, adduktor hallusis, lateral üç lumbrical ve plantar/dorsal interossei kaslarını innerve eder. Lateral plantar aynı zamanda beşinci ve lateral dördüncü parmağın ve ayağın lateralinin lateral plantar yüzeyinin cildinin duyuşal innervasyonundan da sorumludur.



Şekil 18. Medial ve lateral plantar sinir (30)

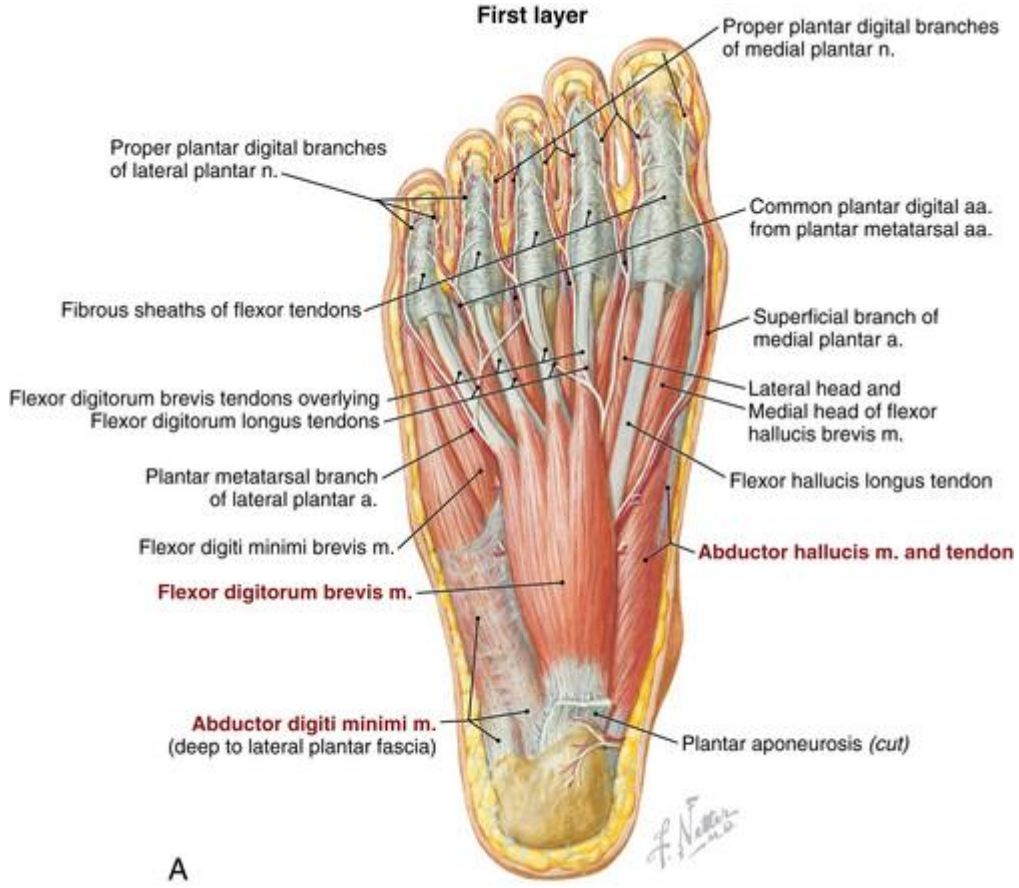
Sural sinir, hem ortak fibular sinirin hem de tibial sinirin dallarından kaynaklanır. Yan arka ve orta ayağı besler. Kalkaneal dallar, tibial ve sural sinirlerden ve topuk derisinin duyuşal innervasyonundan kaynaklanır (39).



Şekil 19. Sural sinir (30)

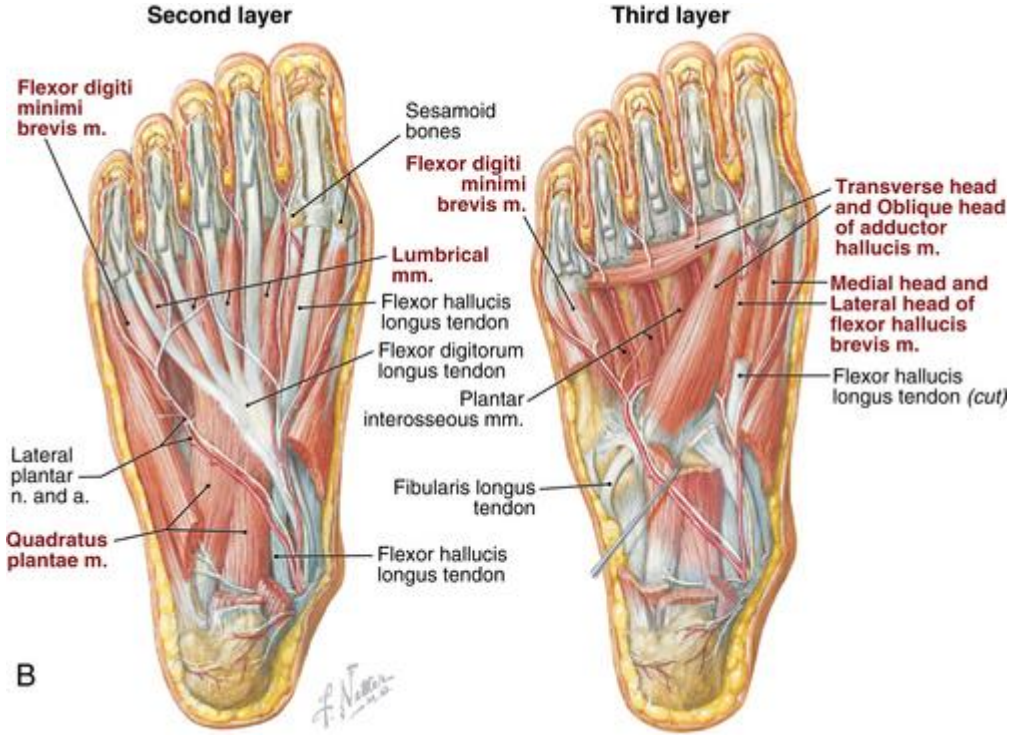
Ayak Kasları

Ayağa etki eden kaslar, dışsal ve içsel kaslar olarak sınıflandırılabilir (toplam 29; 10 süperfisial ve 19 derin). Dış kaslar ayağın dışından kaynaklanır, ancak ayağa destek sağlarken, derin kaslar içeriden kaynaklanır ve tamamen ayağın içinde yer alır ve ince motor hareketi sağlar.



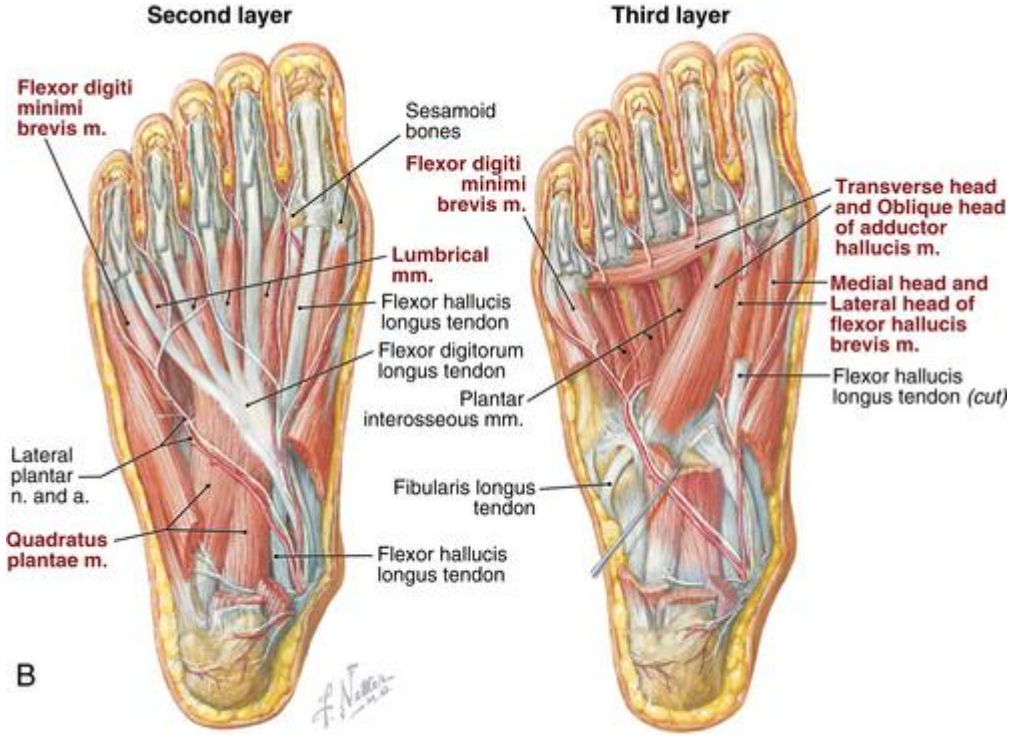
Şekil 20. Ayak 1. katman kasları (30)

Yüzeyel kaslar bölmelere göre organize edilebilir. Ön bacak ayak dorsifleksörleri tibialis anterior, ekstansör digitorum longus ve ekstansör hallucis longus'u içerir. Ayak bileğinin arka yan bölmesinde ayağın plantar fleksiyonunda rol oynayan peroneus longus ve peroneus brevis kasları bulunur. Ayak bileğinin arka medial bölümünde, fleksör retinakulumun derininde, plantar fleksiyonda da rol oynayan tibialis posterior, fleksör digitorum longus ve fleksör hallucis longus kasları bulunur. Son olarak, arka ayak bileği ve arka ayağın içinde fleksör retinakulumun yüzeysel kısmında soleus kası ve Aşil tendonunu oluşturan gastrocnemius kaslarının birleşik tendonu bulunur. Aşil tendonunun bitişiğinde, her ikisi de arka kalkaneusa bağlanan ve ayağın plantar fleksiyonunda rol oynayan plantar tendon vardır (40).



Şekil 21. Ayak 2. katman kasları (30)

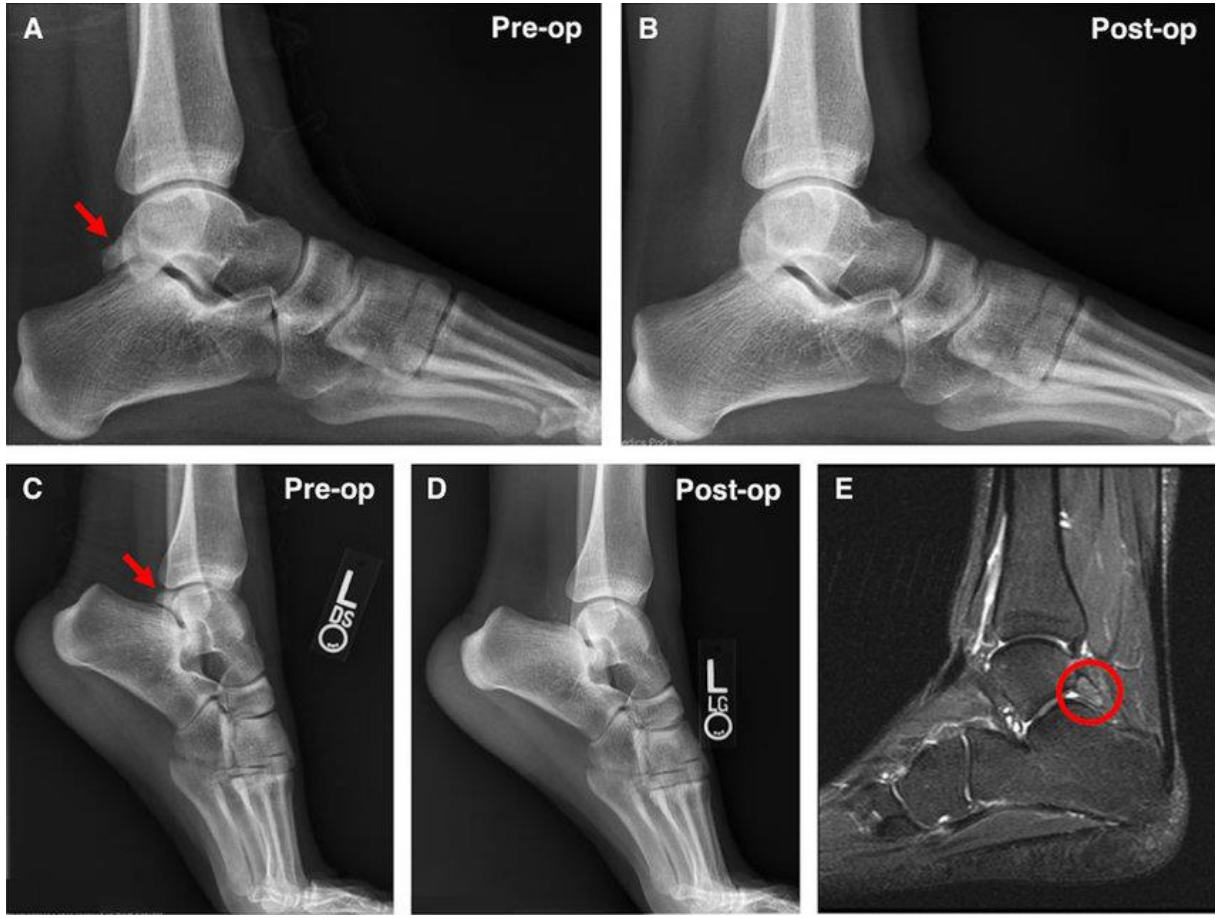
Ayak başparmağının kasları arasında abduktor hallusis, fleksör hallusis brevis ve adduktor hallusis kasları bulunur. Abduktor hallusis, kalkaneal tüberoziteden kaynaklanır ve ilk parmağın proksimal falanksına eklenir. Ayak kemerinin korunmasına yardımcı olmak için başparmağı kaçıtır. Birinci parmağın fleksiyonunda rol oynayan fleksör hallusis brevis, lateral kuneiform ve küboidden kaynaklanır ve ayrıca birinci parmağın proksimal falanksına da yapışır. Adduktor hallusis'in iki başı vardır. Bir kafa orta ayağın proksimal ikiden dörde kadar metatarsal kısmından eğik bir şekilde çıkar, diğeri ise üçten beşe kadar MTF ligamanlardan kaynaklanır. Birinci proksimal falanksa girerler. Bu kas ayak başparmağının adduksiyonunu yapar (41).



Şekil 22. Ayak 3. katman kasları (30)

Merkezi ayak parmaklarının kasları arasında dört lumbrikal kas, quadratus plantae, flexor digitorum brevis ve dorsal ve plantar interossei bulunur. Lumbrikaller fleksör digitorum longus tendonundan kaynaklanır ve ekstansör digitorum longus tendonuna yapışır. Bu kas, interfalangeal eklemleri uzatmak ve metatarsofalangeal eklemleri esnetmek için hareket eder. Quadratus plantae, plantar kalkaneustan kaynaklanır ve fleksör dijitorum longus tendonuna yapışır, böylece distal falanksları esnetir. Flexor digitorum brevis, kalkaneal tüberoziteden kaynaklanır ve ikinci ila beşinci parmakların fleksiyonuna yardımcı olan orta üç falankslara eklenir. Parmakları birbirine bağlayan interosseöz kaslar, üç ila beş arasındaki metatarslardan kaynaklanır ve ayrıca ortadaki üç parmak kemiğine de yapışır (40,42).

ve semptomatik olabilir. Konservatif tedavinin başarısız olduğu ağır vakalarda kemik eksizyona tabi tutulabilir (44).

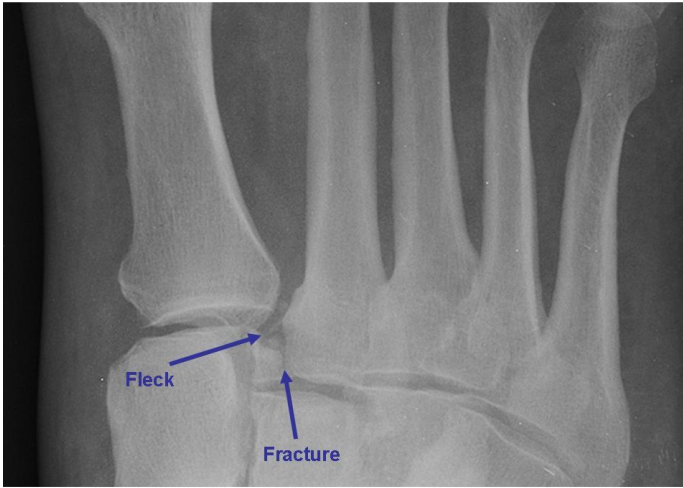


Şekil 24. Os trigonum radyolojik görüntüsü (44)

Os Peroneum ve Os İntermetatarsum: Os peroneumun, ağrılı os peroneum sendromunun (POPS) yanı sıra peroneal longus tendon patolojisiyle (tendinoz veya yırtıklar) da ilişkili olduğu gösterilmiştir. Os intermetatarsum'un bir Lisfrank yaralanmasında benek işareti (Fleck bulgusu) olarak yorumlanması veya os supranaviculare'nin dorsal navikulanın kapsüler kırığı ile karıştırılması gibi patolojilerle karıştırılabilir (45,46).



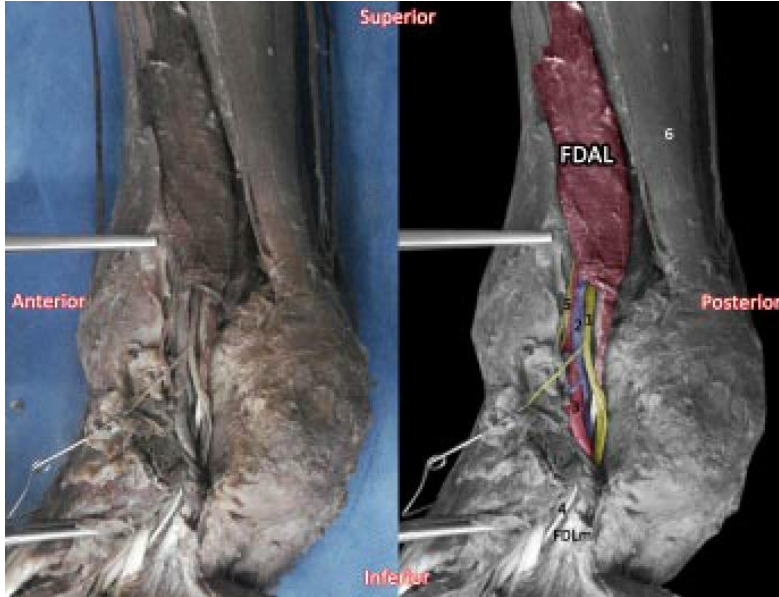
Şekil 25. Os intermetatarsium radyolojik görüntüsü (45)



Şekil 26. Lisfrank eklem yaralanması fleck (benek) bulgusu radyolojik görüntüsü (46)

Sesamoidler yapısal olarak aksesuar kemiklere çok benzer. En yaygın sesamoidler, birinci metatarsofalangeal eklemlerle ilişkili medial ve lateral halluks sesamoidlerdir. Halluks sesamoidler neredeyse evrensel olarak bulunurken, daha küçük metatarsofalangeal eklemlerle ilişkili sesamoidler daha az yaygındır. Halluks sesamoidler, klinisyenlerin avasküler nekrozla ilişkili sesamoid kırığı veya parçalanmasından ayırt etmesi gereken normal anatomik varyantlar olarak iki parçalı veya çok parçalı olabilir (47).

Fleksor digitorum accessorius longus (FDAL): Ayak ve ayak bileğinin en sık görülen yardımcı kasları ayak bileğinde görülür. Bunlar arasında peroneus tertius, peroneus quartus, aksesuar soleus ve fleksor digitorum accessorius longus (FDAL) bulunur. Peroneus tertius anterior kompartmanın lateralinde yer alır ve nadiren klinik öneme sahiptir. Peroneus quartus, peroneus longus tendonunun posteromedial sınırı boyunca posterolateral kompartmanda yer alır. Ayrıca genellikle asemptomatik olmasına rağmen peroneus brevis veya longus tendonlarındaki yırtıklarla karıştırılabilir. Ayrıca kalabalıklaşma ve kitle etkisi nedeniyle longus ve brevis yırtıklarına da neden olduğu ileri sürülmektedir. Fleksör retinakulumun altındaki posteromedial kompartmanda, diğer aksesuar kaslar gibi genellikle asemptomatik olan ancak tarsal tünel sendromunun bir nedeni olabilen FDAL bulunur (48).



Şekil 27. FDAL kadavra görüntüsü (48)

Tarsal koalisyonlar: Tarsal koalisyonlarda en sık görülenleri talokalkaneal ve kalkaneonavikülerdir. Koalisyonlar yalnızca yumuşak doku veya kemik ile ilişkili olabilir. Yumuşak doku ile oluşan koalisyonlar sahte eklemlenmelere benzer ve semptomatik olabilir. Kemik koalisyonları diğer kemik yapılarının yanlış hizalanmasına neden olabilir ve ağırlık taşımanın değişmesine neden olabilir; bu da semptomatik olabilir veya erken osteoartritle sonuçlanabilir. Kemik yapılarının normal örtüşmesi nedeniyle radyografilerde koalisyonların değerlendirilmesi zor olabilir. Sürekli "C" işareti talokalkaneal koalisyondan kaynaklanan radyografik görünümü ifade eder. Bu işaret posterior subtalar eklemin füzyonu olduğunda ortaya çıkar. Fibröz veya kıkırdak koalisyonların bu radyografik işareti vermeyebileceği ve BT

ile de değerlendirmek faydalıdır. Kalkaneonaviküler koalisyon, navikula ile birleşen veya yalancı eklem oluşturan uzun bir ön çıkıntının sonucudur (49).



Şekil 28. Talokalkaneal koalisyon grafi ve BT görüntüsü (49)

Kalkaneonaviküler koalisyonla tanımlanan radyografik bulgu, karıncayıyen belirtisidir; bu en çok ayağın yan veya eğik görünümünde görülür. İki parçalı kemikler, kemikleşme merkezlerinin konjenital eksik füzyonundan kaynaklanır. Böyle bir örnek, iki parçalı medial küneiformdur. Bunlar genellikle tesadüfen saptanır (50).



Şekil 29. Talonaviküler koalisyon grafi görüntüsü (50)

HALLUKS VALGUS MUAYENESİ

Hasta Hikayesi

Hastanın tıbbi öyküsünün alınması, herhangi bir hastanın değerlendirilmesinde önemli bir husustur, ancak HV ile başvuran hastada özellikle önemlidir. Pek çok klinisyen, tanıların % 95'inin dikkatli bir hasta öyküsü alınarak konulabileceğine inanmaktadır (51). Hasta öyküsünden elde edilen bilgiler, hastanın semptomlarının kapsamı ve hastalığın gelişimi ile ilgili karar vermede kullanılacak değerli veriler sağlayacaktır. Akılcı bir tedavi planının oluşturulması ve gerektiğinde hastanın cerrahi girişime gereksiniminin değerlendirilmesinde kullanılır.

Anamnez, mevcut hastalığın geçmişine vurgu yaparak, ana şikayetin olduğu alanlara odaklanmalıdır. Semptomların başlangıcı, semptomların ilerlemesi ve ağırlaştırıcı faktörlerin yanı sıra lokal semptomların giderilmesini sağlayan unsurlar hakkında bir kayıt yapılmalıdır. Ağrının türü, ağrı semptomlarının yeri ve süresi, şişlik veya duyuşsal değişikliklerle ilgili önemli değişikliklerin yanı sıra not edilmeli ve belgelenmelidir. Hastanın yaşadığı, yürüme, ayakkabı giyme, aktivite kısıtlılığı gibi sorunlar mevcut hastalığın geçmişinin önemli bir parçası olduğu unutulmamalıdır.

HV ve bunyon şikayetlerinde önceki tedavi şekline ilişkin önemli bilgilerin elde edilmesi açısından geçmiş tıbbi öykü önemlidir. Daha önce cerrahi tedavi uygulanmışsa bu özellikle önemlidir. Cerrahi sonuçlar ve hastanın bu tedaviye ilişkin algısı ortaya çıkarılmalı ve belgelenmelidir. Daha önce cerrahi müdahale yapılmışsa, kullanılan anestezi tipinin, hastanın anesteziye reaksiyonunun ve hastanın ameliyat sonrası iyileşme dönemine ilişkin geçmişinin kaydedilmesi önemlidir.

HV tedavisinde daha önce konservatif bir tedavi yaklaşımı kullanılmışsa, etkili veya etkisiz olan tedavi planları ve hastanın semptomlarının alevlenmesine neden olabilecek planlar hakkında önemli bilgiler elde edilebilir. Yalnızca hastanın mevcut problemine ve geçmiş tıbbi geçmişine kapsamlı bir yaklaşımla, hekime hastanın yaşadığı deformite ve sakatlığın boyutunu değerlendirmede yardımcı olacak ve gerekli içgörüyü sağlayacak doğru bir resim elde edilebilir.

İyi bir tıbbi öykünün alınması her türlü değerlendirmenin önemli bir parçasıdır, ancak cerrahi tedavi planının düşünüleceği hasta için de son derece önemlidir. Halluks abduktus valguslu birçok hastanın cerrahi müdahale gerektirdiği gerçeğinin ışığında, herhangi bir tedaviyi önermeden veya tedaviye başlamadan önce tüm potansiyel risklerin tartışılması için

öykünün ameliyat öncesi değerlendirmede gerekli olabilecek bilgileri içermesi mantıklı görünmektedir.

Geçmiş tıbbi geçmiş, hastanın yakın zamanda kullandığı mevcut ilaçlar veya ilaçlar hakkında bilgi edinmek için özellikle hayati öneme sahiptir. Reçetesiz satılan ilaçlar (örneğin, steroid olmayan antiinflatuar ilaçlar, aspirin, antiasitler, soğuk algınlığı preparatları), keyif verici ilaçlar, kafein, nikotin ve alkol kullanımı göz ardı edilmemelidir.

Alerjiler özel bir öneme sahiptir. Spesifik alerji (örn. gıda, ilaç, metaller) ve alerjik yanıtın doğası (örn. senkop, solunum, dermatolojik) ayrıntılı bir şekilde belgelenmelidir. Doğru ve güvenilir bilgi elde etmek için önceki tıbbi kayıtların incelenmesi veya hastanın tıp doktoruyla iletişim kurulması gerekli olabilir.

Hastanın geçmiş cerrahi geçmişine göre durumu araştırılmalıdır. Hastanın küçük veya ayakta tedavi girişimlerini gerçek cerrahi deneyimler olarak görmeyebileceği ve bu algının öykü alma sürecinde özellikle ortaya çıkarılması gerekebileceği akılda tutulmalıdır. Yine geçmiş cerrahi prosedürlerin geçmişiyle ilişkili olarak, daha önce kullanılan anesteziyle ilgili bilgiler ve özellikle de hastanın anestezi maddeye verdiği yanıt bulunmalıdır.

Sistemlerin gözden geçirilmesi muhtemelen geçmiş tıbbi öykünün en önemli yönüdür. Geçmiş tıbbi öykünün bu kısmı, her organ sisteminin organize bir şekilde derinlemesine incelenmesini içerir. Sorular, daha önce ortaya çıkarılmamış olabilecek ve hastanın cerrahi girişim açısından riskini belirlemede bir faktör olarak ortaya çıkabilecek olası geçmiş verileri ortaya çıkaracak şekilde tasarlanmalıdır. Çocuk doğurma çağındaki kadın hastalara ilaç tedavisi, ameliyat veya anestezi tedavinin bir parçasıysa hamilelik olasılığının sorulması özellikle önemlidir (51).

Gerekli tarihsel bilgilerin son alanı, hastanın aile geçmişi ve sosyal geçmişine ilişkin bilgilerdir. Göz önünde bulundurulması gereken önemli hususlar, hastanın mevcut sorunu veya ameliyat sonrası iyileşmesi üzerinde etkisi olabilecek veya morbidite ve mortalite riski taşıyabilecek bariz hastalıklar olacaktır.

Sosyal geçmiş veya hasta profili, bazen de ifade edildiği gibi, hastanın mevcut çalışma durumu, ailesi veya destek sistemi, coğrafi yaşam durumu ve muhtemelen aktivite düzeyi ve ilgi alanları hakkında değerli bilgiler sunacaktır. Bu bilgi, olası cerrahi tedaviyle ilgili olarak hastayla iletişim kurmanın yanı sıra, hekime hastanın beklentileri, tedavi gereklilikleri ve

önerilen tedavi planını başarılı bir şekilde yürütme becerisi hakkında bilgi sağlamada çok değerli olabilir.

Fizik Muayene

Kapsamlı bir klinik öykü alındığında, iyi yapılmış ve iyi belgelenmiş bir fizik muayene tamamlanmalıdır. Cerrahi tedavi önerilen veya konservatif tedaviyi bile zorlaştırabilecek tıbbi öykü faktörlerine (örn. diyabet, nöropati, damar hastalığı) sahip olan tüm hastaların kapsamlı ve ayrıntılı bir tıbbi fizik muayeneden geçmesi gerekir. Bu muayenede yaşamsal bulgular, kranial sinirler, kardiyopulmoner sistem, gastrointestinal ve genitoüriner sistem, dermatolojik ve nörolojik sistemlerin yanı sıra kas-iskelet sistemi de değerlendirilmelidir. Yakın zamanda tam bir tıbbi muayene veya tıbbi değerlendirme yapılmamış olan hastanın da HV tedavisi önerilmeden önce tam bir tıbbi muayeneden geçmesi gerekir.

HV podiyatrik bileşenlerinin değerlendirilmesi, HV ve ilgili durumları olan hastalarda karar verme süreci açısından birinci derecede önem taşımaktadır. Doğru ve geçerli bilgilerin elde edilebilmesi için podiyatrik tıbbi muayenenin kapsamlı ve eksiksiz olması gerekir.

Podiyatrik vasküler muayene: Hastanın vasküler durumunun değerlendirilmesi her zaman önemlidir ve özellikle halluks valgus tedavisinde cerrahi değerlendirmeler de dahil edilebileceğinden, herhangi bir tedaviye başlamadan önce bu değerlendirmeye erişilmelidir.

Muayene edenin en önemli becerilerinden biri, ayak ve bacağın periferik arterlerindeki nabızların durumunu belirleme yeteneğidir. Genellikle değerlendirilen primer periferik arterler dorsalis pedis, posterior tibial ve muhtemelen femoral ve popliteal arterlerdir. Yararlı bir uygulama, arteriyel nabızları 0'dan 4'e kadar derecelendirmektir; 0, nabızların tamamen yokluğunu gösterir; 1, arteriyel nabızlarda belirgin bozulma; 2, orta derecede bozulma; 3, hafif bozulma ve 4, normal nabız sayısıdır (52).

Dolaşımın incelenmesinin ardından bacaklardaki kıl şekli ve özellikle bacaklarda ısı farkı olup olmadığı ve bu farkın hangi düzeyde olabileceği not edilir. Ayağın ve alt bacağın rengi, sıcaklığı ve hissi değerlendirilir ve bir ayak diğeriyle karşılaştırılır. Kapiller dolum, parmağın ayağın parmaklarının distal kısmına sıkıca bastırılması ve basıncın kaldırılmasından sonra normal rengin geri dönmesi için gereken sürenin gözlemlenmesiyle değerlendirilir. 3-5 saniyeden uzun bir süre bulgusu damar hastalığına işaret edebilir.

Bacaklar yükseltmeli, ayaklardaki aşırı solgunluk fark edilmeli ve venöz veya kapiller dolum süresindeki herhangi bir gecikmeyi değerlendirmek için bacaklar hasta oturma

pozisyonundayken muayene masasının kenarından sarkmalıdır. Bu pozisyonda reaktif hiperemi gösteren bağımlı rubor bulgusu kapiller iskemi belirtisi olabilir (53).

Podiatrik nörolojik muayene: Derin tendon reflekslerinin değerlendirilmesi patellar ve aşıl reflekslerinin yanı sıra ayak bileği klonusu ve patolojik reflekslerin incelenmesini de içermelidir. Her iki alt ekstremitte, hastanın keskin ve donuk uyarıcıları, propriyoseptif uyarıcıları ve titreşim testini ayırt etme yeteneğini de içeren duyuşal bulgular açısından incelenmelidir. Alt ekstremitenin ana kas gruplarının kas testi, bir ekstremitenin diğeriyle karşılaştırılarak iki taraflı olarak yapılmalıdır. Kas testi, değerlendirilen kasların kuvveti ve hacmine ilişkin değerlendirme ve belgelemeyi içermelidir.

Podiatrik dermatolojik muayene: Her iki ayak da herhangi bir cilt lezyonu, tümör veya ülserasyon açısından incelenmelidir. Cildin dokusu ve turgoru gözlemlenmeli ve kaydedilmelidir. HV ile başvuran hastada önemli olan, ayağın plantar yüzeyinde veya halluks bölgelerinde herhangi bir hiperkeratotik lezyonun varlığı ve yeridir. Bu lezyonların tipi, büyüklüğü, yerleşimi ve lezyonların semptomatik olup olmadığı not edilmelidir.

Hiperkeratotik lezyonların konumu ve kapsamı, eğer mevcutsa, ayağın fonksiyonunun ve buna bağılı halluks deformitesinin değerlendirilmesinde değerli olabilir. Bu hiperkeratotik lezyonlar, HV tedavisini önermeden ve tedaviye başlamadan önce her hastada biyomekanik değerlendirmenin bulgularıyla yakından ilişkilendirilmelidir.

Podiatrik HV muayenesi: HV hastasının semptomlarının olağan şikayeti, ayağın birinci metatars başı bölgesinin medial bölgesindeki ağrıdır. Lokal deformite incelemesinin ilk aşamasında ele gelen hassasiyet alanının kapsamlı bir değerlendirmesi yapılmalıdır. Bölgedeki bir bursadan kaynaklanan şişlik veya enflamasyon not edilmeli ve belgelenmelidir. Bazen sesamoid-metatarsal artikülasyondaki dejeneratif değişikliklerin bir sonucu olarak metatarsal falangeal eklem bölgesinin plantar tarafında ağrı ortaya çıkabilir. Semptomatik parestezi oluşturan bölgede duyu siniri üzerindeki baskıya bağılı olarak halluksun medial tarafında da uyuşuklukla karşılaşılabilir (54).



Şekil 30. Kronik 1. MTF eklem bursiti (54)

Halluks valgus deformitesinin değerlendirilmesi hasta hem yük taşıyan hem de yük vermeyen durumdayken yapılmalıdır. Genellikle halluks valgus deformitesi hasta ayakta dururken ve ayağa ağırlık verirken daha da belirginleşir. Bu muayene için aynı derecede önemli olan, ağırlık verme sırasında mevcut olan ilgili deformitelerin (örn. çekiç parmaklar, dijital subluksasyon, hiperkeratotik lezyonlar) değerlendirilmesidir.

Ayak başparmağının laterale doğru sapması, MTF eklem içindeki luksasyonun bir sonucu olabilir veya halluksun kendi yapısal bir sorunu olabilir. Laterale kaçır MTF eklem içindeki yapısal değişikliklerden kaynaklanabilir. Bu sapma aynı zamanda proksimal falanksın yapısal şekil bozukluğundan da kaynaklanabilir (55). Uygun düzeltici prosedür veya prosedürlerin seçilebilmesi için bu lateral sapmanın düzeyini ve etiyolojisini klinik olarak ayırt etmek önemlidir.

Birinci MTF eklemin genel olarak kabul edilen normal hareket aralığı yaklaşık 70°-90° dorsifleksiyon ve yaklaşık 30° plantar fleksiyondur. Dorsifleksiyon veya plantar fleksiyondaki herhangi bir sınırlama not edilmeli ve karşı ekstremiteninkiyle karşılaştırılmalıdır. Sınırlama,

osteofitik kayma ile eklem içi dejenerasyonun bir göstergesi veya birinci metatarsal falangeal eklem periartiküler yapılarının kontraktürlerinin bir sonucu olabilir.

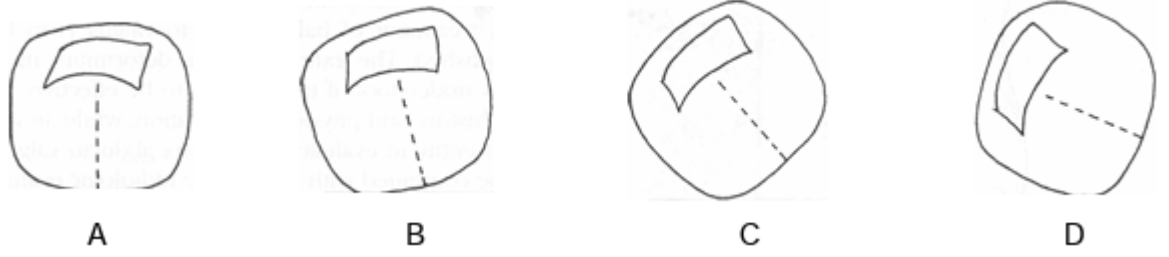
Birinci MTF eklem hareket açıklığının kalitesi değerlendirilmelidir. Normal harekette sagittal düzlemden medial veya lateral sapma yoktur. 1. parmak tüm hareket açıklığında hareket ettirildiğinde hareket ağrıya neden olmaz. Hareket kısıtlılığı, hareket sırasında ağrı veya krepitasyon eklem eklem yüzeylerinde bozulma veya dejenerasyona işaret edebilir.

Birinci MTF eklem hareket açıklığı, eklem doğal veya deviasyon pozisyonunda ve düzeltilmiş veya rektus pozisyonunda, 1. metatars adduksiyonunun sagittal düzlem deformitesini azaltarak ve proksimal falanks tabanını tam bir hareket aralığı boyunca hareket ettirerek değerlendirilmelidir. Fibular sesamoidin lateral lüksasyonu ve buna bağlı olarak plantar lateral yapıların kontraktürü olduğunda bu hareket aralığının düzeltilmelidir. Bu sapmanın derecesi, kontraktürün boyutu ve birinci metatarsfalangeal eklem plantar lateral yapılarında mevcut olan deforme edici kuvvetler hakkında değerli bilgiler sağlayacaktır.

Bazı durumlarda, halluksun düzeltilmiş veya nötral pozisyonda tutulduğunda hiçbir dorsifleksiyon aralığına sahip olmadığı ve doğal veya deviasyon pozisyonunda değerlendirildiğinde olağan dorsifleksiyon aralığına sahip olduğu gözlemlenecektir. Bu, pek çok klinisyen tarafından iz sürme veya eklem takibi olarak tanımlanır. Birinci metatars başının eklem yüzeyinde lateral deviasyona neden olan eklemdeki adaptif değişikliklerin bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Eğer mevcutsa, uygun düzeltmeyi sağlamak ve deformitenin tekrarlama olasılığını en aza indirmek amacıyla bu lateral eklem yüzeyi sapsmasını azaltmak için bir osteotominin endike olup olmayacağını belirlemek amacıyla dikkatli radyografik ve klinik intraoperatif değerlendirme gereklidir.

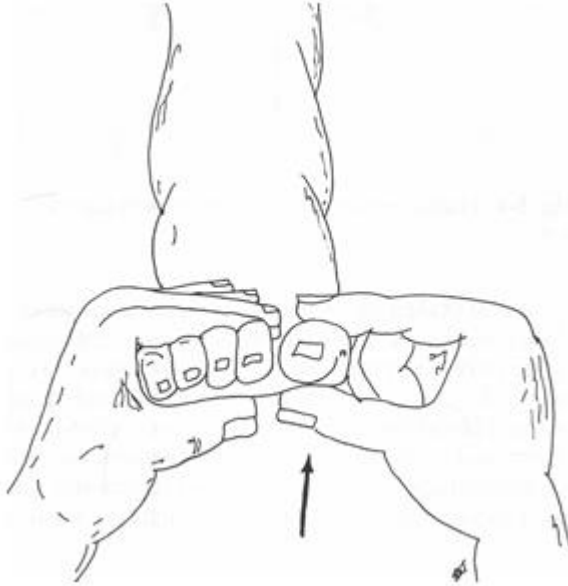
HV deformitesinin transvers düzlem yönünü değerlendirmek için çok çaba harcansa da, minimum çaba ve deformitenin valgus bileşeninin frontal düzleminin belgelenmesi genellikle kuraldır. Halluksun valgus pozisyonunun değerlendirilmesi ve belgelenmesine yönelik bir girişim önerilmiştir ve garantili görünmektedir.

Deformitenin bu valgus bileşenini tanımlamak için kullanılan önerilen sınıflandırma aşağıdaki gibidir; rotasyon yok, derece 0; dönüş 25°'den az, derece 1; 25°'den büyük dönüş, derece 2; ve rotasyon 45°'den büyük, derece 3. Değerlendirme hasta ayakta iken yapılır. 45° noktası dik açının yarısı olarak temsil edilir; 25° noktası dik açının dörtte birinin yaklaşık değeridir (56).



Şekil 31. HV rotasyon dereceleri; A: Rotasyon yok, B: 25°'den az, C: 25°'den büyük 45°'den küçük rotasyon, D: 45°'den büyük rotasyon (56)

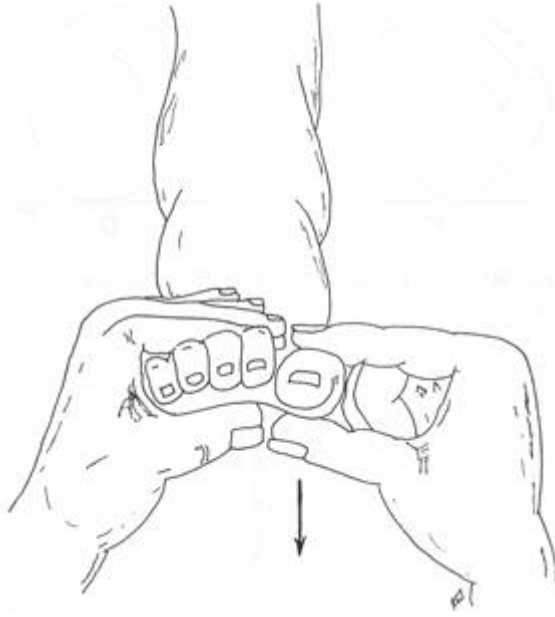
Ayağın 1. metatarsal aksının ve hareket aralığının değerlendirilmesi, HV'nin uygun tedavisinin seçilmesinde esastır ve potansiyel cerrahi prosedürlerin değerlendirilmesinde özellikle önemlidir. Birinci MTF eklem dorsifleksiyonu ve plantar fleksiyon subtalar eklem ve midtarsal eklem nötr pozisyonlarındayken değerlendirilmelidir. Bir elin başparmağı ve işaret parmağı birinci metatars başının dorsal ve plantarında olacak şekilde, diğer elin başparmağı ve işaret parmağı da benzer şekilde ikinci metatars başının yaklaşık bölgesi üzerine dorsal ve plantar olarak yerleştirilmelidir. Bu nötr pozisyonda her iki elin başparmakları ve işaret parmaklarının ilişkisine dikkat edilmelidir.



Şekil 32. 1. MTF eklem maksimum dorsifleksiyonunun değerlendirilmesi (57)

Birinci MTF eklem hareket aralığının sonuna kadar dorsifleksiyona getirilmeli ve her iki elin başparmak veya işaret parmakları arasındaki mesafe not edilmeli, ölçülmeli ve kaydedilmelidir. Benzer şekilde, birinci ışın plantar-fleksiyonel hareket aralığının sonuna kadar

plantar fleksiyonda olmalı ve her iki elin başparmağı ile işaret parmağı arasındaki mesafe veya aralık tekrar not edilmelidir.



Şekil 33. 1. MTF eklemin maksimum plantarfleksiyonunun değerlendirilmesi (57)

Dorsifleksiyon mesafesi plantar fleksiyon mesafesini aştığında bulgu dorsifleksiyondaki birinci metatars veya plantar fleksiyon mesafesi dorsifleksiyon mesafesini aştığında birinci metatarsal hat hiper mobil olarak değerlendirilir. Bu bulgular, hiper mobil birinci hatla ilişkili tedavi hususlarında ve birinci metatarsın osteotomilerini içeren cerrahi prosedürlerin düşünülmesinde önemlidir (57).

HV'nin klinik değerlendirmesi her zaman alt ekstremitenin tam biyomekanik muayenesini içermelidir. Halluks abdüktö valgusun birçok klinisyen tarafından altta yatan biyomekanik anormalliklerin bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, halluks abdüktö valgusun başarılı bir şekilde tedavi edilmesi durumunda ayak bileği, metatarsus adduktus, pes planus koşulları, hiper mobil birinci MTF eklem, ön ayak varus ve kalkaneal valgus gibi ilgili durumlar açıkça tanımlanmalı ve dikkate alınmalıdır. Tedavinin etkili olması için bu deformitelerin kapsamı tam olarak anlaşılmalıdır.

HV'nin değerlendirilmesinde öykü ve fizik muayene önemli bir unsur olmakla birlikte, deformitenin tam radyolojik değerlendirmesi ile birleştirilmelidir. Bu unsurlar, birinci MTF eklemin biyomekaniği ve fonksiyonunun tam olarak anlaşılmasıyla birlikte, HV ile ilişkili semptomların hafifletilmesi için uygun ve iyi tasarlanmış bir tedavi planının formüle edilmesine ve oluşturulmasına yardımcı olacaktır.

HALLUKS VALGUS RADYOLOJİK DEĞERLENDİRMESİ

Halluks valgus deformitesinde mevcut olan patolojik durumların tam olarak bilinmesi ve anlaşılması, radyografilerdeki normal ölçümleri anormal ölçümlerden daha iyi ayırt etmek için gereklidir. Halluks valgus deformitesi, tematatars başındaki proksimal falanksın laterale deviasyonu ile birlikte birinci metatarsın medial deviasyonundan oluşur. Deformite ilerledikçe, birinci metatars başı, transvers metatarsal ligaman tarafından ikinci metatarsala sabitlenen sesamoidlerden mediale doğru kayar. Birinci metatars başının medial kemik çıkıntısında genişleme ve medial kapsüler dokularda zayıflama meydana gelir. Birinci metatars başının üzerinde yer alan bursal kalınlaşma veya inflamatuvar bursit, bu medial üstünlüğü vurgulayabilir. Ayak başparmağının ikinci parmağa uyguladığı basınç, ikinci metatarsofalangeal eklemin anormal hizalanmasına, subluksasyonuna veya dislokasyonuna yol açabilir (58).

Halluks valgustaki bu patolojik gelişmeler göz önüne alındığında, ağırlık taşıyan ayağın radyografilerinde yapılan kesin ölçümler, uygun cerrahi düzeltme için gereklidir. Bunlar halluks interfalangeus açısı, HV açısı, metatarsus primus varus açısı ve birinci intermetatarsal açıyı içerir. Diğer önemli ölçümler tibial sesamoid pozisyonu ve birinci ve ikinci metatarsların göreceli uzunluklarıdır. Ek kriterler, birinci MTF eklemin uyumu, birinci metatars başının şekli, birinci metatars-kunaiform eklemin yönelimi, lateral fasetin varlığı, medial eminensin boyutu, dejeneratif eklem hastalığının derecesi, halluksun pronasyon derecesi ile diğer MTF eklemlerin subluksasyonu veya çıkığı ve çapraz ikinci ayak parmağı deformitesinin varlığı ile ilgilidir (59-60).



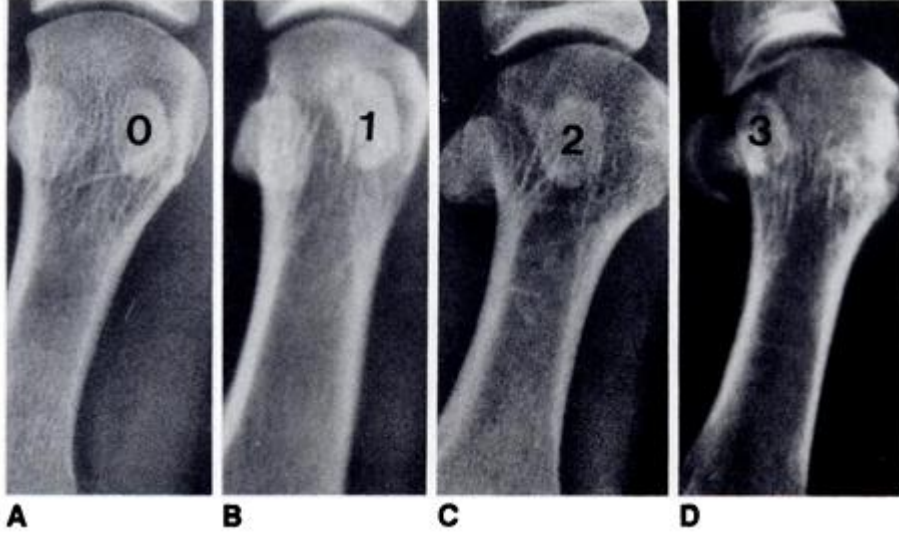
Şekil 34. AP ayak grafisinde normal kabul edilen açılar (61)

Halluks interfalangeus açısı(Şekil 34'te 1 numara) : Birinci proksimal falanksın uzun eksenleri ile birinci distal falanksın uzun eksenleri arasındaki açıdır. ($N < 8$)

Halluks valgus açısı (HVA)(Şekil 34'te 2 numara): Birinci proksimal falanksın uzun eksenleri ile birinci metatars arasındaki açı ($N < 15$). Halluks valgus hafif (16-25), orta (26-35) veya şiddetli (>35) olabilir.

Metatarsus primus varus açısı (Şekil 34'te 3 numara): Medial kuneiformun uzun eksenleri ile birinci metatars arasındaki açıdır. ($N < 25$).

Birinci intermetatarsal açı (İMA)(Şekil 34'te 4 numara): Birinci ve ikinci metatarsların uzun eksenleri arasındaki açıdır. ($N < 10$)



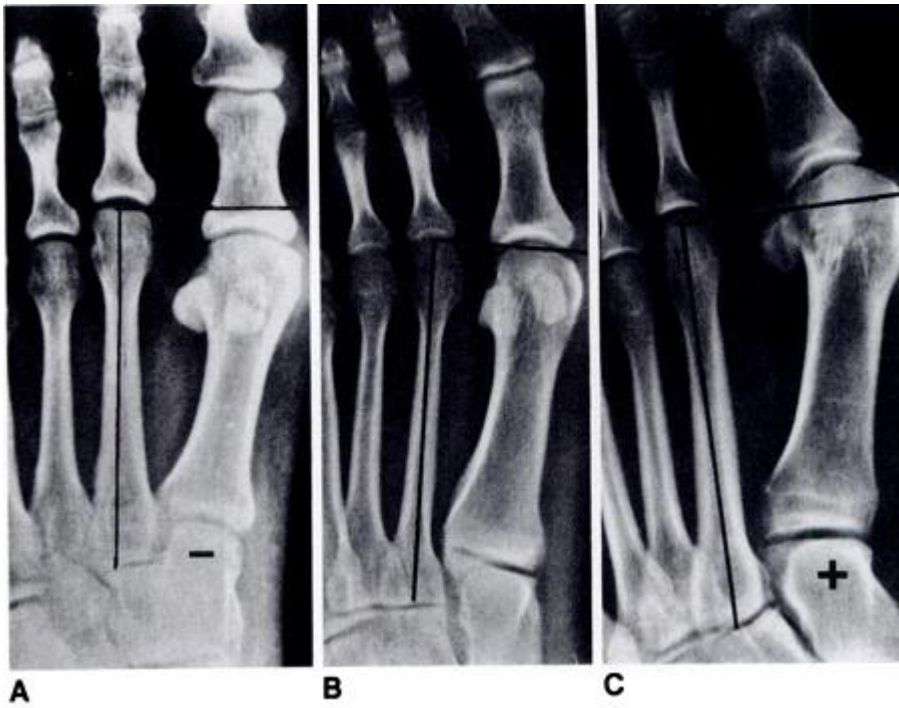
Şekil 35. AP ayak grafisinde sesamoid kemiklerin pozisyonu (61)

Evre 0 (Şekil 35-A): Birinci metatars gövdesinin uzun eksenini ikiye bölen referans çizgisine göre sesamoidin yer değiştirmesi yok.

Evre 1 (Şekil 35-B): Sesamoid referans çizgisinin %50'sinden daha az örtüşmesi.

Evre 2 (Şekil 35-C): Sesamoid referans çizgisinin %50'sinden daha fazla örtüşmesi.

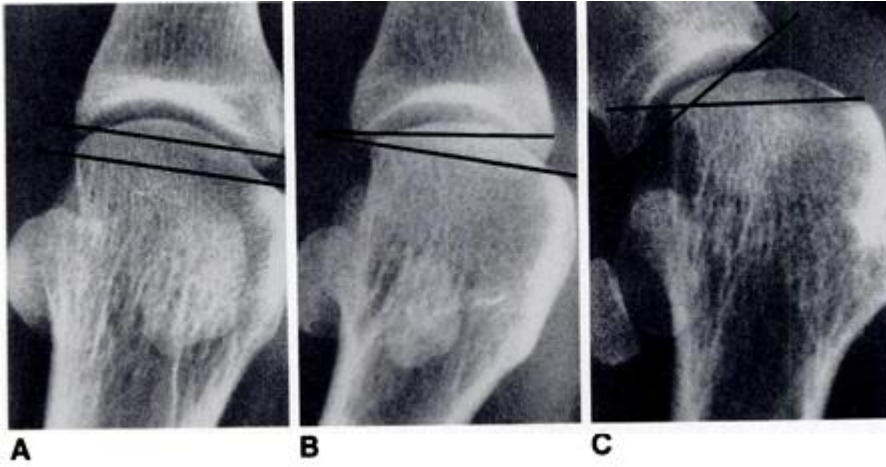
Evre 3 (Şekil 35-D): Tibial sesamoidin referans çizgisinin lateraline tamamen yer değiştirmesi.



Şekil 36. Birinci ve ikinci metatarsların göreceli uzunluklarının değerlendirilmesi (61)

Birinci ve ikinci metatarsların göreceli uzunlukları: ikinci metatars mekanik aksında dikey çizgi çizilir ve ikinci metatars başından birinci metatars başına çizilen dikey yatay çizgiye bağlanır.

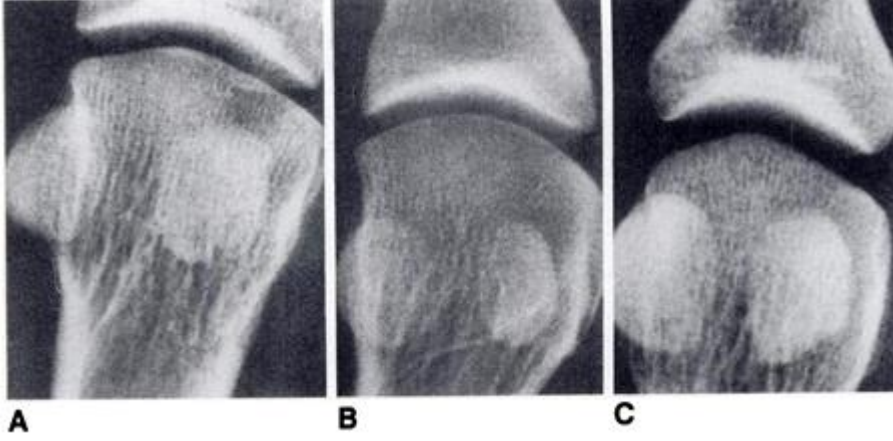
Kısa birinci metatars (eksi derece)(Şekil 36-A): yatay çizgi distalden (>2 mm) metatars başına kadar uzanır. Eşit metatars uzunlukları (Şekil 36-B): horizontal çizgi ilk metatars başını 2 mm içinde keser. Uzun birinci metatars (artı derece) (Şekil 36-C): yatay çizgi proksimalden (> 2 mm) birinci metatars başına kadar uzanır.



Şekil 37. 1. MTF eklemin değerlendirilmesi (61)

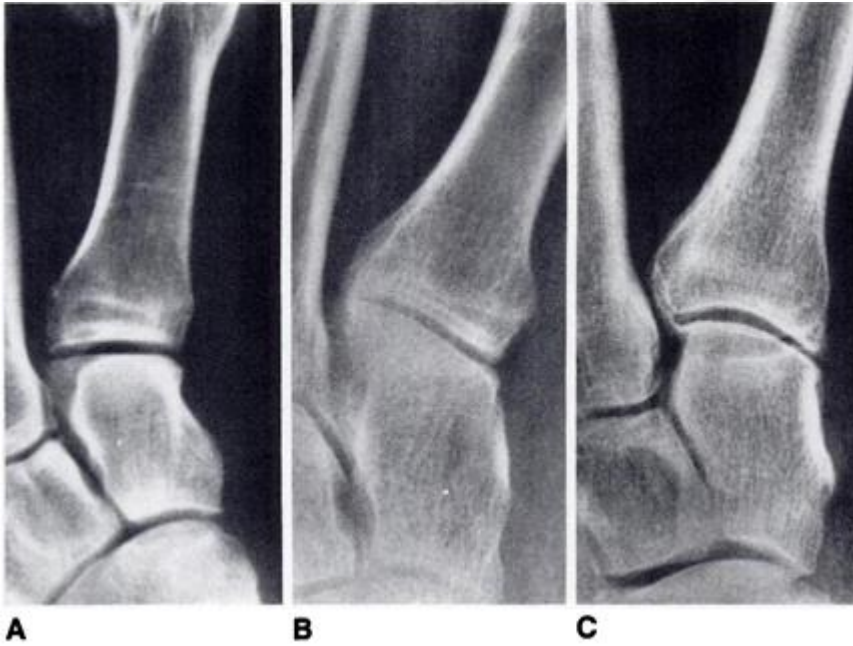
Birinci metatarsofalangeal eklemin uyumu: birinci metatars başının etkili eklem yüzeyini ve birinci proksimal falanksın tabanındaki etkili eklem kıkırdağını temsil eden iki düz çizgi çizilir.

Uyumlu eklem (Şekil 37-A): yakın ve uzak eklem yüzeyleri hizalanmıştır (paralel çizgiler). Deviye eklem (Şekil 37-B): distal eklem yüzeyi proksimal eklem yüzeyinin lateralinden sapmış, proksimal yüzeyin medial sınırı açıkta bırakılmıştır (çizgiler eklemin dışında birleşir). Sublukse eklem (Şekil 37-C): Proksimal falanksın tabanı metatars başına göre lateral olarak sublüksedir (eklem içinde çizgiler kesişir). Uyumsuz bir eklemden, daha sonraki metatarsofalangeal dekompanasyon için önemli bir riski ortadan kaldırıyor gibi görünür.



Şekil 38. 1. metatars başının şeklinin değerlendirilmesi (61)

Düz metatars başı (Şekil 38-A): HV deformitesine karşı daha dayanıklıdır. Yuvarlak metatars başı (Şekil 38-B): HV deformitesine zemin hazırlar. Kubbe şeklindeki metatars başı (Şekil 38-C): ameliyat sonrası stabilite gösterir.



Şekil 39. 1. Metatars-medial küneiform ekleminin değerlendirilmesi (61)

Horizontal eklem çizgisi (Şekil 39-A) İMA'nın artmasını önleyicidir. Eğik eklem çizgisi (Şekil 39-B) daha az stabildir ve deformasyona yatkındır. Yuvarlak eklem çizgisi (Şekil 39-C): Eklem hareketliliğini ve metatarsın medial sapmasını artırır.



Şekil 40. Medial eminensia ve eklem dejenerasyonunun değerlendirilmesi (61)

Büyük medial çıkıntı: Birinci metatars başının medial tarafındaki bu kemik çıkıntının boyutu, genişliği 1 mm'den 5 mm'ye kadar değişebilir. HV derecesi mutlaka bu medial çıkıntının büyüklüğü ile ilişkili değildir. Birinci MTF ekleminde dejeneratif eklem hastalığı; eklem aralığı daralmasının derecesi, osteofitik çıkıntılar ve sertlik, cerrahi düzeltici prosedürü belirleyebilir. HV ve ciddi dejeneratif eklem hastalığı olan hastalar artrodez ile tedavi edilebilir.



Şekil 41. İleri derece HV ayak AP grafi görüntüsü (61)

İkinci ve üçüncü metatarsofalangeal eklemlerin pronasyonlu halluks ve çıkıklarıyla birlikte şiddetli HV; valgusun artmasıyla, başparmağın pronasyonunun yanı sıra küçük ayak parmaklarının da yana kayması meydana gelir. Bu, özellikle ikinci olmak üzere bitişik MTF eklemlerin subluksasyonuna veya çıkıklarına neden olabilir. Çapraz ikinci ayak parmağı deformitesi; şiddetli HV olgularında, ikinci ayak parmağı başparmağın üzerine binebilir ve bu da yeni bir deformiteye neden olabilir.

HV için düzeltici prosedürün seçilmesinde temel karar verme sürecinde radyoloji uzmanlarının önemli bir rolü vardır. Cerrahi tedavi yedi kategoriye ayrılabilir: Anlamli valgus deformitesi olmayan geniş medial eminens için basit ekzizyonlar endikedir. Yumuşak doku onarımı, 35'ten küçük ve intermetatarsal açı 15'ten küçük olan hafif ila orta dereceli halluks valgus için endikedir. Proksimal birinci metatarsal osteotomi (Mann kresentik osteotomisi), orta ila şiddetli halluks valgus için, birinci metatarsın ikinci metatarsla intermetatarsal açının 15'ten büyük olduğu durumlarda endikedir. Orta derecede HV için, birinci metatarsalın ikinci metatarsaldan kısa olmadığı durumlarda distal birinci metatarsal osteotomi (Mitchell prosedürü) endikedir. Bu ameliyat kısa birinci metatarsalda yapılırsa ameliyat sonrası metatarsalji, özellikle ikinci metatarsalda gelişebilir. Rezeksiyon artroplastisi (Keller proksimal falanks rezeksiyonu), kapsamlı cerrahinin kontrendike olduğu veya halluks rijidusun çeilektomi, artrodez veya silastik implant ile tedaviye uygun olmadığı yaşlı hastalarda endikedir. Aynı zamanda başarısız bunyon cerrahisi için bir kurtarma prosedürü olarak da endikedir. Osteotomi (Akin prosedürü), HV interfalangeus ve uyumlu eklemli hafif-orta dereceli halluks valgus için endikedir. MTF eklem artrodezi, HV deformitesi ile birlikte ilerlemiş dejeneratif veya romatoid artrit için endikedir. Ayrıca başarısız implant durumunda veya tekrarlayan HV'ta kurtarma prosedürü olarak da endikedir (61).

GEREÇ VE YÖNTEMLER

ARAŞTIRMA TİPİ, YAPILDIĞI YER VE TARİH

Bu çalışma, HV tedavisinde kullanılan iki ayrı osteotominin karşılaştırıldığı biyomekanik bir çalışmadır. Çalışma, Eylül 2023 ve Kasım 2023 tarihleri arasında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı ile İstanbul Teknik Üniversitesi Mekanik Mühendisliği Anabilim Dalı araştırma laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI VE GRUPLANDIRMA

Çalışmamızda 14 adet biyomekanik testlere uygun 3. jenerasyon sol taraf ayak modeli kullanılmıştır (Selbones®, Kayseri, Türkiye). 14 adet 3.5mm çapındaki başsız vidalar (Trumed®, İstanbul, Türkiye) ile osteotomilerin tespiti yapılmıştır.

Ayak modelleri iki eşit gruba ayrılıp 1-7 arası numaralandırılmıştır. ‘‘C’’ olarak tanımlanan gruba geleneksel distal Chevron osteotomisi uygulanmış olup ‘‘P’’ olarak tanımlanan 2. gruba da Parmaksızoğlu osteotomisi uygulanmıştır.

CERRAHİ TEKNİK

Chevron Osteotomisinin Uygulanması

Ayak modelinin 1. Metatars başının medial tarafından başın merkezi tespit edilip bir adet K teli ile işaretlendi. Cetvelle 60° açıklığı proksimale bakan kama şeklinde osteotomi için 3'er adet K teli dorsal ve plantar yüzden gönderildi.

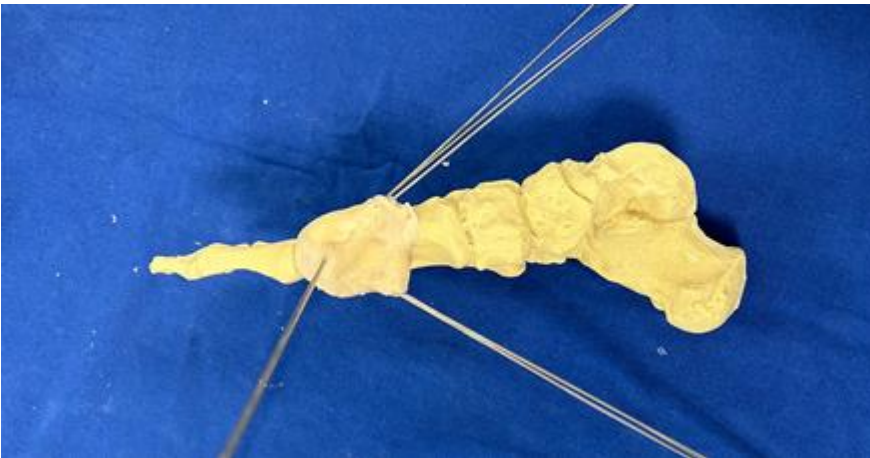


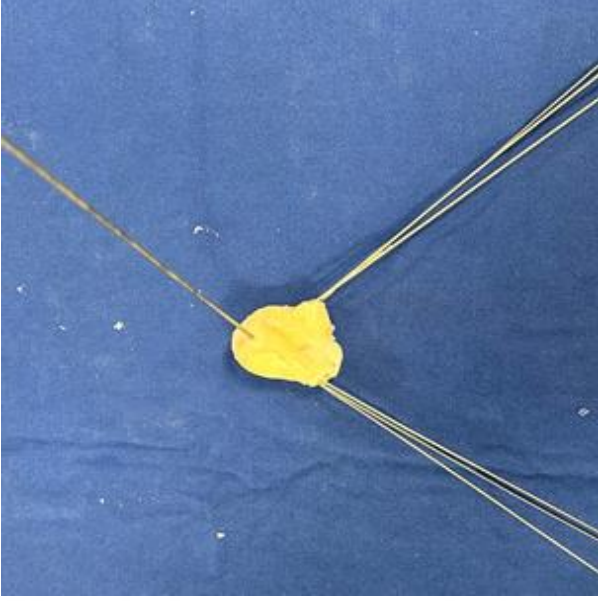
Şekil 42. 1. metatars başının merkezinin belirlenmesi



Şekil 43. Chevron osteotomisi için K tellerinin yerleştirilmesi

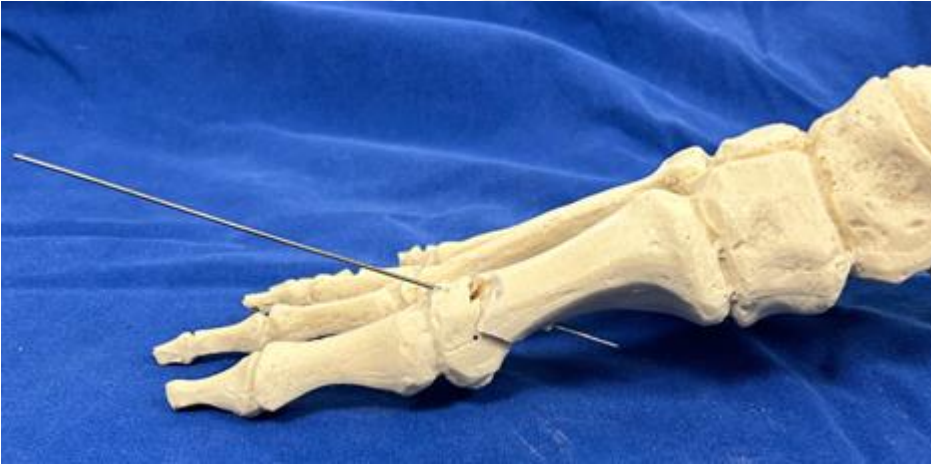
Skopide tellerin dizilim uygun bulundu. Kesi standardizasyonunun sağlanması için sement ile tellerin konfigürasyonu kalıba alındı.





Şekil 44. Chevron osteotomisi kesi kılavuzu

Oluşturulan kalıp ile standardizasyonu sağlanan K telleri üzerinden ince uçlu testere ile kesiler yapıldı.



Şekil 45. Chevron osteotomisi yapılan modelin geçici tespiti

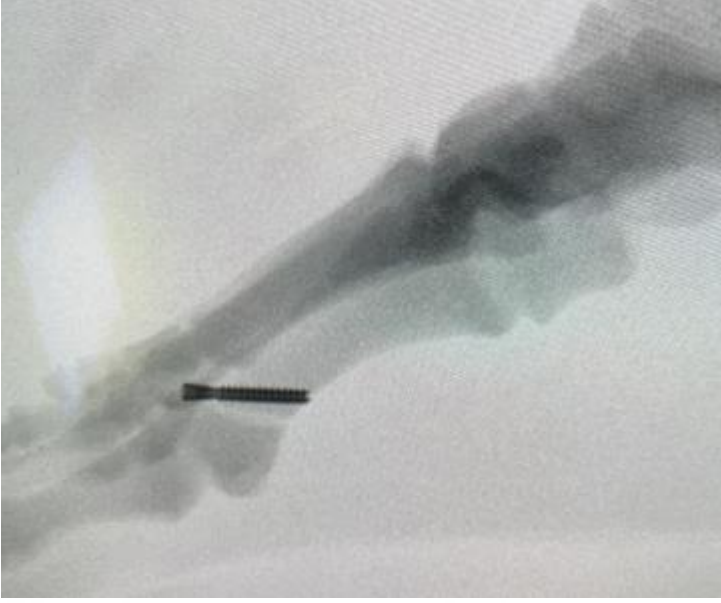


Şekil 46. Chevron osteotomisi yapılan modelin vida ile tespiti

1 adet K teli ile geçici tespit yapıp 2.7 mm genişliğindeki drill ile drilleme işlemi yapıldı ve 1 adet 22 mm uzunluğunda ve 3.5 mm kalınlığındaki başsız vida ile tespit yapıldı.



Şekil 47. Chevron osteotomisi yapılan modelin tespitinin AP skopi görüntüsü



Şekil 48. Chevron osteotomisi yapılan modelin tespitinin lateral skopi görüntüsü

Parmaksızoğlu Osteotomisinin Uygulanması

Ayak modelinin 1. metatars başının medial tarafından başın merkezi tespit edilip bir adet K teli ile işaretlendi. Skopi ile K telinin ekleme paralel olduğu kontrol edilip bir K teli ile 1. telin lateral kenarı hedeflenerek 45 derece açı ile 2. K teli yerleştirildi.

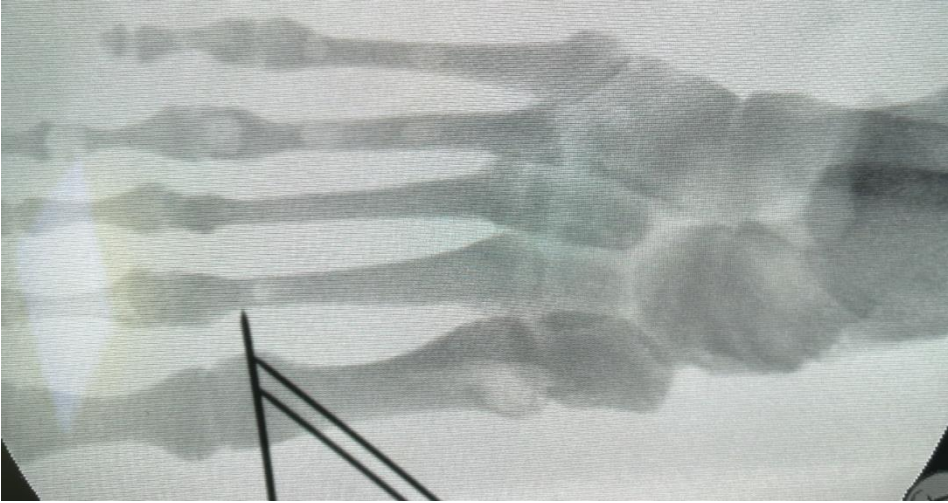


Şekil 49. Parmaksızoğlu osteotomisi yapılan modelin 1. kılavuz teli skopi görüntüsü



Şekil 50. Parmaksızoğlu osteotomisi yapılan modelin 2. kılavuz teli skopi görüntüsü

2. K teline paralel AP planda 1. K telinin orta hattı hedeflenerek 3. K teli ilerletildi. Skopi ile tellerin son pozisyonu kontrol edildi.



Şekil 51. Parmaksızoğlu osteotomisi yapılan modelin 3. kılavuz teli skopi görüntüsü

K tellerinin pozisyonu skopide uygun bulundu. Osteotominin standardizasyonu için sement ile K telleri üzerinden kesi kılavuzu oluşturuldu.

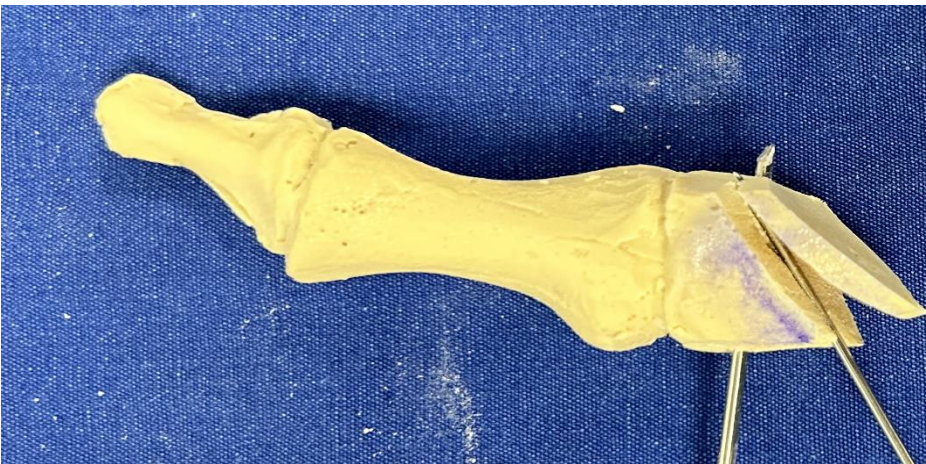


Şekil 52. Parmaksızoğlu osteotomisi yapılan modelin K telleri



Şekil 53. Parmaksızoğlu osteotomisi yapılan modelin K telleri

2. ve 3. K tellerinin arasında kalan kemik blok küçük uçlu mikrosalınımlı testere ile osteotomize edildi.



Şekil 54. Parmaksızoğlu osteotomisi yapılan modelin osteotomi hattı

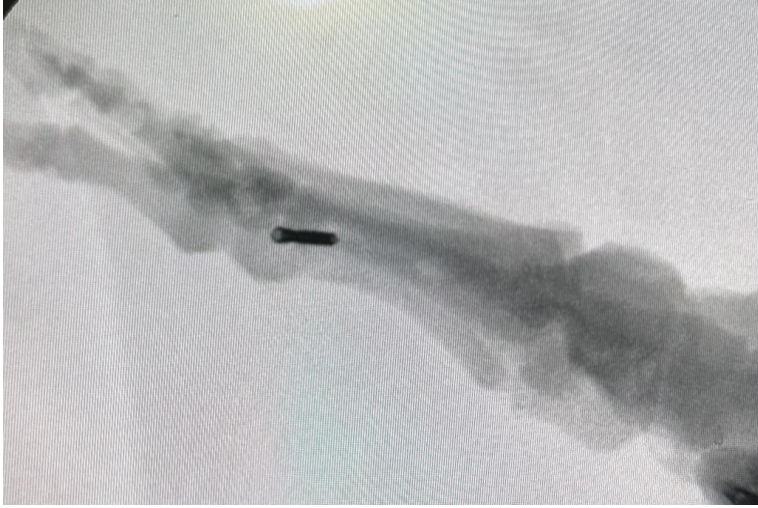
1 adet K teli ile geçici tespit yapıлып 2.7 mm genişliğindeki drill ile drilleme işlemi yapıldı ve 1 adet 22 mm uzunluğunda ve 3.5 mm kalınlığındaki başsız vida ile tespit yapıldı.



Şekil 55. Parmaksızoğlu osteotomisi yapılan modelin tespitinin görünümü



Şekil 56. Parmaksızoğlu osteotomisi yapılan modelin tespitinin AP skopi görüntüsü



Şekil 57. Parmaksızoğlu osteotomisi yapılan modelin tespitinin lateral skopi görüntüsü

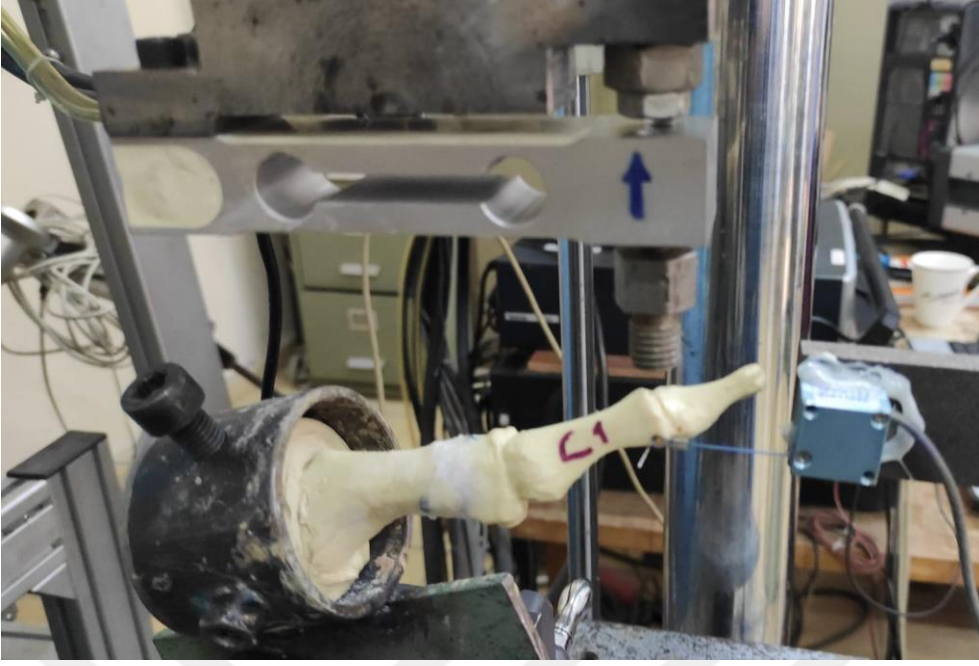
BİYOMEKANİK ÇALIŞMA

Biyomekanik Çalışma Planlaması

Numuneler bir ucundan PVC boru içerisine çelik macunu kullanılarak gömülürken diğer ucu ise açıkta bırakılmıştır. Açıkta kalan ucuna Ø10.60 mm çaplı metal bir uç vasıtasıyla eğilme kuvveti uygulanmıştır.

Cihaz (MTS 858 Mini Bionix II) üzerine takılan çelik malzemedan yapılmış bir mengene sistemi yardımıyla kemiğin doğal pozisyonu olan 15° açı oluşturulmuştur. Bu sistem üzerine numunelerin konumlandırılması için çelik bir pot yerleştirilmiş ve çelik potun içerisine ise hazırlanan numuneler PVC boru yardımıyla sabitlenmiştir.

Numunenin ucunun kuvvetin uygulandığı mutlak düşey ekseninde yaptığı şekil değişimi cihazın kendi LVDT sensörü (MTS LVDT Transducer) ile ölçülmüştür. Numunenin dorsal açılanması ise dijital kumpas (Mitutoyo Absolute Digital ABS AOS Caliper) ile her numunenin çelik macununa gömülü ucu ile kuvvetin uygulandığı ucu arasındaki mesafe ve LVDT sensörü (MTS LVDT Transducer) verilerinden elde edilen mutlak düşey eksenindeki yer değişimi kullanılarak hesaplanmıştır. Kemik üzerine uygulanan kuvvet ise yük hücresi (ESIT SPA 20 kg) ile ölçülmüştür.

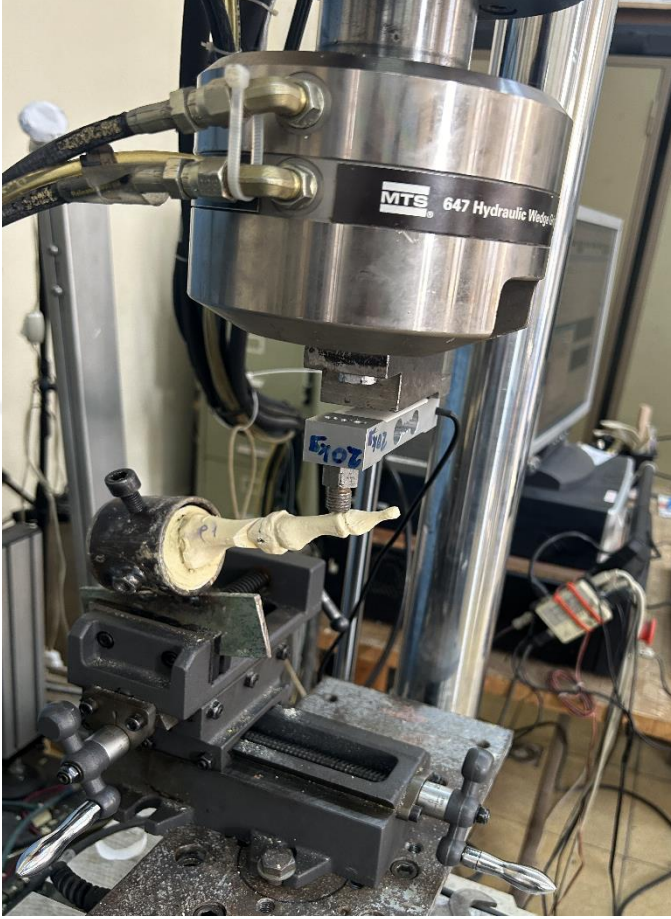


Şekil 58. Chevron osteotomi modeli MTS 858 Mini Bionix II cihazındaki görüntüsü

Numuneler cihaza bağlandıktan ve gerekli enstrümantasyon yapıldıktan sonra her numune için dorsal angulasyon hesaplanmasında kullanılmak üzere dijital kumpas (Mitutoyo Absolute Digital ABS AOS Caliper) ile ölçüm alınmıştır. Bu ölçüm kaydedildikten sonra testlere başlanmıştır. Her iki örnek grubundan da birer numune maksimum yüklenme ile test edilmiş yapılan testler sonucunda 10 N değerine kadar yüklenme gerçekleştirilmiştir. Testlerde kullanılan 12 numune için ayrı ayrı aşağıdaki prosedür takip edilmiştir.

- 1- İlk rijitlik hesaplanması için kuvvet kontrolü ile 2 N/sn eksenel hız ile 10 N değerine kadar yükleme gerçekleştirilmiştir. Eksenel deplasman ve kuvvet değerleri kaydedilerek rijitlik ve maksimum yükte dorsal angulasyon hesaplanmıştır.
- 2- Kuvvet kontrolü ile 2 Hz frekans ile 2-10 N arası 200 kez yükleme yapılmıştır. Bu yüklemelerin devamında kuvvet kontrolü ile 2 N/sn eksenel hız ile 10 N değerine kadar yükleme gerçekleştirilerek ilk ölçümde olduğu gibi rijitlik ve dorsal angulasyon değerleri kaydedilmiştir.
- 3- İkinci adımda gerçekleştirilen işlem 400, 600, 800 ve 1000 çevrim yükleme olmak üzere 4 defa daha tekrarlanmış ve değerler kaydedilmiştir.
- 4- Son aşama olarak deforme edici kuvvetin (load to failure) belirlenmesi için deplasman kontrolüne geçilerek 6 mm/dk eksenel hız ile hasar ortaya çıkana kadar kuvvet

uygulanmıştır. Deneyin sonlandırılması yük-deplasman eğrisinde ani düşüş görülmesi ve tekrar eğride yükselme olmaması ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 59. Parmaksızoğlu osteotomi modeli MTS 858 Mini Bionix II cihazındaki görüntüsü

Başlangıç ve 200, 400, 600, 800 ve 1000 çevrim için eğilme rijitliği ve maksimum dorsal angulasyon hesaplamaları MATLAB R2022b ile gerçekleştirilmiştir. Deforme edici kuvvetin (load to failure) tayini de aynı yazılım vasıtası ile gerçekleştirilmiştir.

Kullanılan Sensörler

Loadcell: ESIT 20 kg.

Brand : ESIT

Model : SPA 20 kg

Serial : 3047-C3

Output : 2.0 mv/V

Type: Full Bridge Load Cell, Strain Gage based

MTS LVDT Transducer

Transducer Type: 359/LVDT, Displacement

Serial Number: 10188729

Accuracy: better than % 0.4

MTS 858 Mini Bionix II

Model Number : 359.XX

Part Number : 100-146-714, Rev:A

Serial Number: 10189576

Force Capacity : 25 kN (5.5 kip)

Manufacture Date : 07.20.2005

Accuracy: % 0.19

MTS System Corporation

14000 Tecnology Drive

Eden Prairie, MN USA, 55344

Mitutoyo Absolute Digital ABS AOS Caliper

Model No: CD-15CPX

Code No: 500-181-20

Serial No: 05272618

Max. Permissible Error E MPE: $\pm 0,02$ mm

Max. Permissible Error S MPE: $\pm 0,04$ mm

Digital Step: 0.01 mm

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

İstatistiksel analizler SPSS (IBM SPSS Statistics 27) adlı paket program kullanılarak yapılmıştır. Bulguların yorumlanmasında tanımlayıcı istatistikler kullanılmıştır.

Normal dağılıma uygun ölçüm değerleri için parametrik yöntemler kullanılmıştır. Parametrik olmayan uygun şekilde, iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Independent Sample-t” test (t-tablo değeri) yöntemi kullanılmıştır.

Normal dağılıma uygun olmayan ölçüm değerleri için parametrik olmayan yöntemler kullanılmıştır. Parametrik olmayan yöntemlere uygun şekilde, iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Mann-Whitney U” test (Z-tablo değeri) yöntemi kullanılmıştır. Anlamlılık değeri $p < 0.05$ olarak alınmıştır.

BULGULAR

Çalışmada 14 kemik model iki gruba ayrılıp Chevron ve Parmaksızoğlu osteotomileri uygulanmıştır. İki gruptan da birer numune, yorgunluk testinde uygulanacak kuvvetin değerlendirilebilmesi için kullanılmıştır. Kalan numuneler ile biyomekanik olarak iki osteotomi rijidite, dorsal angulasyon ve deforme edici kuvvet yönünden değerlendirilmiş sonuçlar belirtilmiştir.

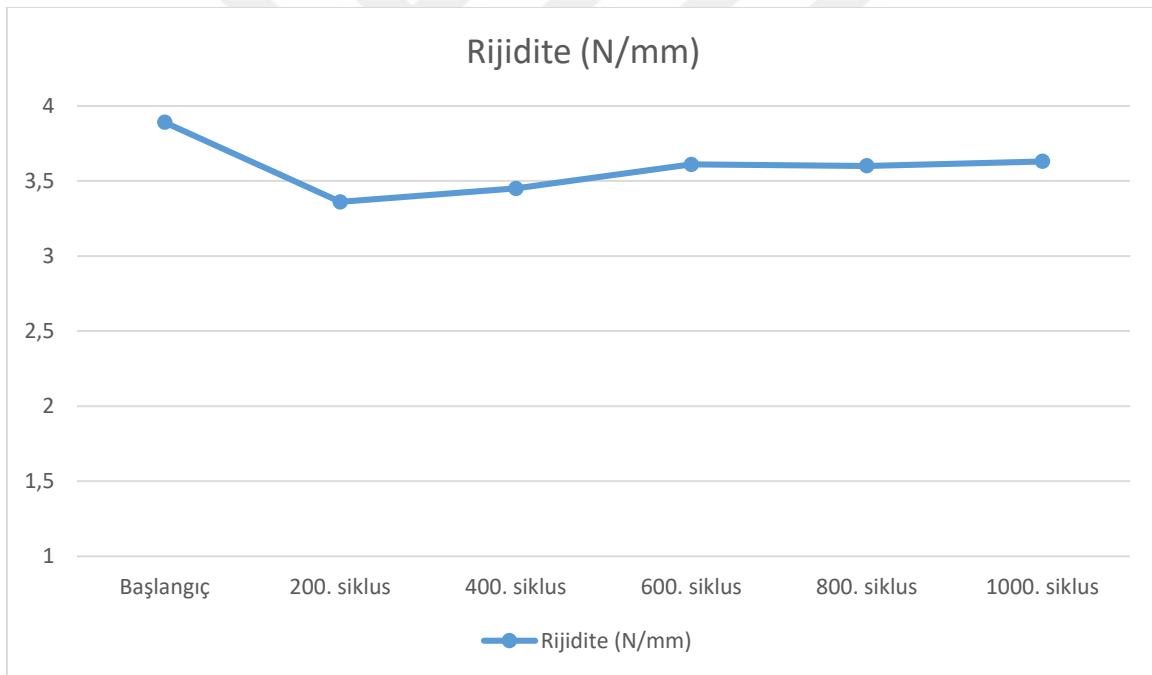
RİJİDİTENİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tablo 2. Chevron ve Parmaksızoğlu osteotomisi gurplarının rijidite değerleri

	Başlangıç	200. siklus	400. siklus	600. siklus	800. siklus	1000. siklus
Chevron-01	8,58	8,64	8,89	9,25	9,37	9,41
Chevron-02	2,61	2,18	2,08	2,24	2,18	2,26
Chevron-03	6,89	4,72	4,96	5,37	5,34	5,39
Chevron-04	2,11	1,57	1,55	1,59	1,52	1,51
Chevron-05	1,67	1,58	1,73	1,73	1,75	1,74
Chevron-06	1,50	1,48	1,49	1,45	1,44	1,49
Chevron Ort.	3,89	3,36	3,45	3,61	3,60	3,63
Chevron SS	3,05	2,87	2,97	3,13	3,18	3,19

Parmaksızoğlu-01	3,76	2,50	2,34	2,36	2,74	2,20
Parmaksızoğlu-02	1,81	1,21	1,03	1,12	1,10	1,08
Parmaksızoğlu-03	1,79	1,83	2,05	2,01	2,20	2,22
Parmaksızoğlu-04	1,74	3,26	3,47	3,32	3,53	2,96
Parmaksızoğlu-05	3,43	3,31	2,97	3,08	3,31	3,19
Parmaksızoğlu-06	1,82	2,62	2,34	2,29	2,30	2,02
Parmaksızoğlu Ort.	2,39	2,46	2,37	2,36	2,53	2,28
Parmaksızoğlu SS	0,94	0,82	0,83	0,79	0,88	0,75

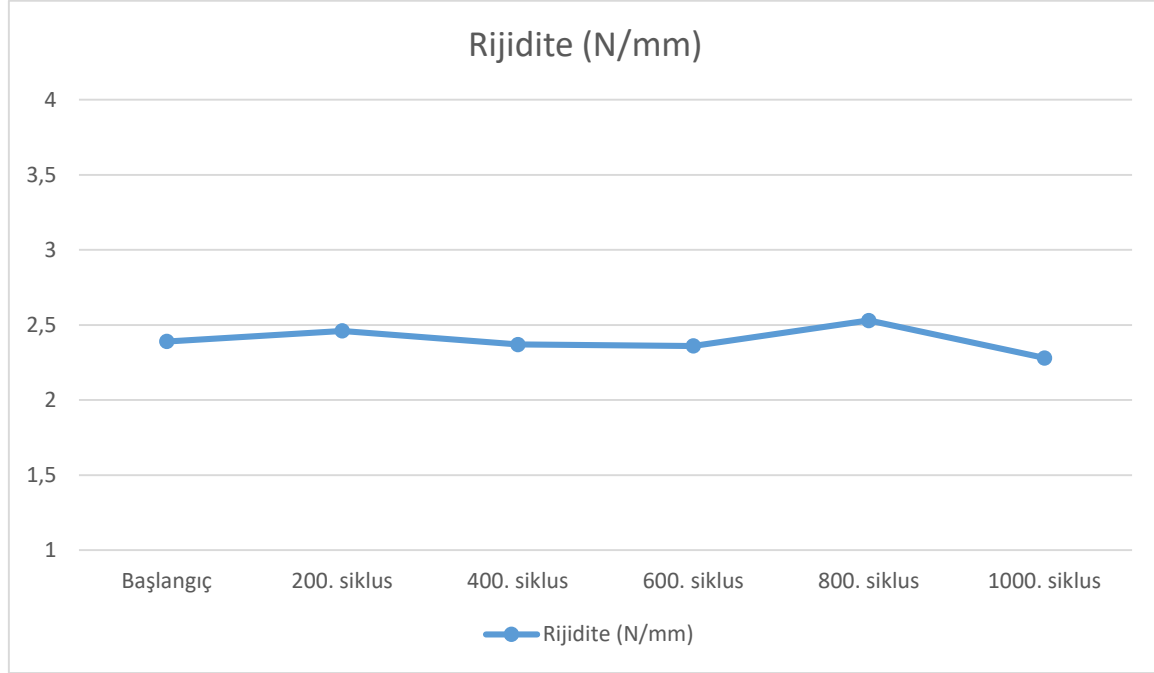
Tablo 3. Chevron grubu ortalama rijidite değerlerinin siklus aralıklarındaki değişimi



N: Newton, **mm:** Milimetre

Chevron ostetomisi yapılan grupta ortalama başlangıç rijidite değeri 3,89 N/mm (SS:3,05), 200. siklus 3,36 N/mm (SS:2,87), 400. siklus 3,45 N/mm (SS:2,97), 600. siklus 3,61 N/mm (SS:3,13), 800. siklus 3,60 N/mm (SS:3,18) bulunmuş olup 1000. siklusta bu değer 3,63 N/mm (SS:3,19) olarak ölçülmüştür.

Tablo 4. Parmaksızoğlu grubu ortalama rijidite değerlerinin siklus aralıklarındaki değişimi



N: Newton, **mm:** Milimetre

Parmaksızoğlu ostetomisi yapılan grupta ortalama başlangıç rijidite değeri 2,39 N/mm (SS:0,94), 200. siklus 2,46 N/mm (SS:0,82), 400. siklus 2,37 N/mm (SS:0,83), 600. siklus 2,36 N/mm (SS:0,79), 800. siklus 2,53 N/mm (SS:0,88) bulunmuş olup 1000. siklusta bu değer 2,28 N/mm (SS:0,75) olarak ölçülmüştür.

Tablo 5. Grupların rijidite yönünden istatistiksel olarak karşılaştırılması

Rijidite	Chevron (n=6)		Parmaksızoğlu (n=6)		İstatistiksel analiz* Olasılık
	$\bar{X} \pm S. S.$	Medyan [Min-Max]	$\bar{X} \pm S. S.$	Medyan [Min-Max]	
Başlangıç	3,89±3,04	2,36 [1,5-8,6]	2,39±0,93	1,81 [1,7-3,8]	Z=-0,320 p=0,749
200. siklus	3,36±2,86	1,88 [1,5-8,6]	2,46±0,81	2,56 [1,2-3,3]	Z=-0,160 p=0,873
400. siklus	3,45±2,97	1,91 [1,5-8,9]	2,36±0,83	2,34 [1,0-3,5]	Z=-0,160 p=0,873
600. siklus	3,61±3,13	1,99 [1,5-9,3]	2,36±0,78	2,32 [1,1-3,3]	Z=-0,160 p=0,873
800. siklus	3,60±3,19	1,97 [1,4-9,4]	2,53±0,88	2,52 [1,1-3,5]	Z=-0,320 p=0,749
1000. siklus	3,63±3,19	2,00	2,28±0,75	2,21	Z=-0,160

[1,5-9,4]

[1,1-3,2]

p=0,873

*Normal dağılıma sahip olmayan verilerde iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında “Mann-Whitney U” test (Z-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır.

n:örneklem sayısı , **SS:** standart sapma

Chevron ve Parmaksızoğlu osteotomilerinin rijidite yönünden karşılaştırılmasında başlangıç, 200, 400, 600, 800 ve 1000 siklus değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur ($p>0,05$). Gruplar belirtilen özellikler açısından benzer olduğu belirlenmiştir.

DORSAL ANGULASYONUN DEĞERLENDİRİLMESİ

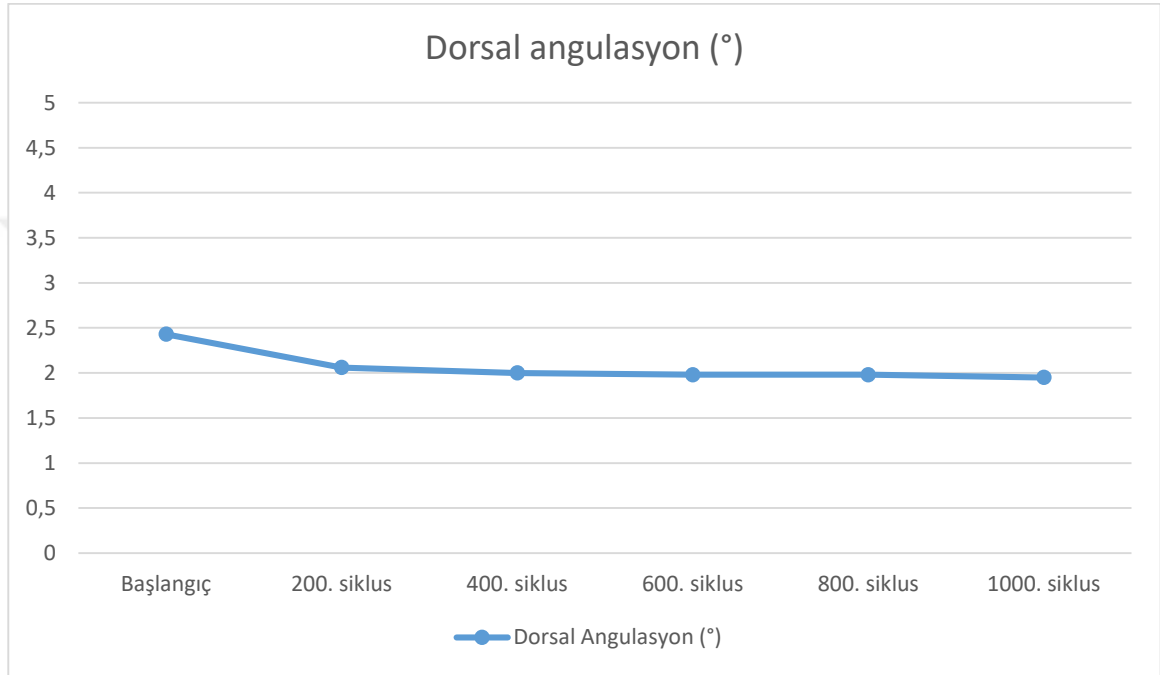
Çalışmada osteotomize edilen Parmaksızoğlu ve Chevron osteotomisi gruplarının dorsal angulasyon yönünden değerlendirilmesi içeren sonuçlar verilmiştir.

Tablo 6. Chevron ve Parmaksızoğlu osteotomisi gruplarının dorsal angulasyon değerleri

	Başlangıç	200. siklus	400. siklus	600. siklus	800. siklus	1000. siklus
Chevron-01	0,62	0,56	0,54	0,53	0,53	0,53
Chevron-02	2,23	2,09	2,02	1,99	1,99	1,95
Chevron-03	0,82	0,76	0,75	0,76	0,76	0,73
Chevron-04	2,88	2,47	2,47	2,41	2,41	2,43
Chevron-05	3,67	2,91	2,72	2,68	2,68	2,61
Chevron-06	4,38	3,57	3,53	3,50	3,50	3,46
Chevron Ort.	2,43	2,06	2,00	1,98	1,98	1,95
Chevron SS	1,51	1,19	1,17	1,15	1,15	1,14
Parmaksızoğlu-01	2,19	1,25	1,24	1,20	1,20	1,19
Parmaksızoğlu-02	4,75	2,83	2,71	2,72	2,72	2,73
Parmaksızoğlu-03	7,23	1,89	1,75	1,73	1,73	1,69
Parmaksızoğlu-04	4,93	1,37	1,37	1,38	1,38	1,37
Parmaksızoğlu-05	2,27	1,44	1,43	1,41	1,41	1,42
Parmaksızoğlu-06	6,47	4,15	4,72	4,42	4,42	4,31

Parmaksızoğlu Ort.	4,64	2,15	2,20	2,14	2,14	2,12
Parmaksızoğlu SS	2,09	1,14	1,34	1,24	1,24	1,21

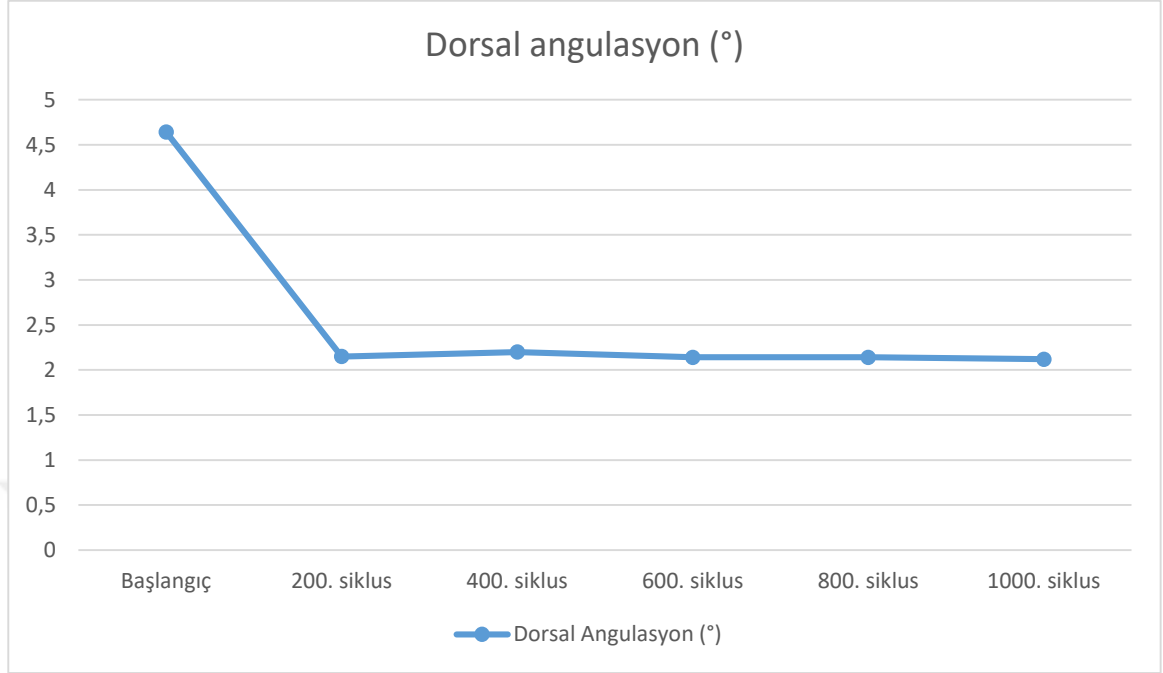
Tablo 7. Chevron grubu ortalama dorsal angulasyon değerlerinin siklus aralıklarındaki değişimi



°: Derece

Chevron ostetomisi yapılan grupta ortalama başlangıç dorsal angulasyon değeri 2,43° (SS:1,51), 200. siklus 2,06° (SS:1,19), 400. siklus 2,00° (SS:1,17), 600. siklus 1,98° (SS:1,15), 800. siklus 1,98° (SS:1,15) bulunmuş olup 1000. siklusta bu değer 1,95° (SS:1,14) olarak ölçülmüştür.

Tablo 8. Parmaksızoğlu grubu ortalama dorsal angulasyon değerlerinin siklus aralıklarındaki değişimi



°: Derece

Parmaksızoğlu ostetomisi yapılan grupta ortalama başlangıç dorsal angulasyon değeri 4,64° (SS:2,09), 200. siklus 2,15° (SS:1,14), 400. siklus 2,20° (SS:1,34), 600. siklus 2,14° (SS:1,24), 800. siklus 2,14° (SS:1,24) bulunmuş olup 1000. siklusta bu değer 2,12° (SS:1,21) olarak ölçülmüştür.

Tablo 9. Grupların dorsal angulasyon yönünden istatistiksel olarak karşılaştırılması

Dorsal Angulasyon	Chevron (n=6)		Parmaksızoğlu (n=6)		İstatistiksel analiz* Olasılık
	$\bar{X} \pm S. S.$	Medyan [Min-Max]	$\bar{X} \pm S. S.$	Medyan [Min-Max]	
Başlangıç	2,43±1,51	2,55 [0,6-4,4]	2,45±2,08	4,84 [2,2-7,2]	t=-2,097 p=0,062
200. siklus	2,06±1,19	2,28 [0,6-3,6]	2,16±1,14	1,67 [1,3-4,2]	t=-0,141 p=0,890
400. siklus	2,01±1,16	2,24 [0,5-3,5]	2,20±1,34	1,59 [1,2-4,7]	t=-0,273 p=0,790
600. siklus	1,98±1,14	2,20 [0,5-3,5]	2,14±1,24	1,57 [1,2-4,4]	t=-0,239 p=0,816
800. siklus	1,98±1,15	2,20	2,14±1,24	1,57	t=-0,239

1000. siklus	1,95±1,13	[0,5-3,5] 2,19	2,12±1,20	[1,2-4,4] 1,56	p=0,816 t=-0,246
		[0,5-3,5]		[1,2-4,3]	p=0,810

*Normal dağılıma sahip olan verilerde iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında "Independent Sample-t" test (t-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır.

n:örneklem sayısı , **SS:** standart sapma

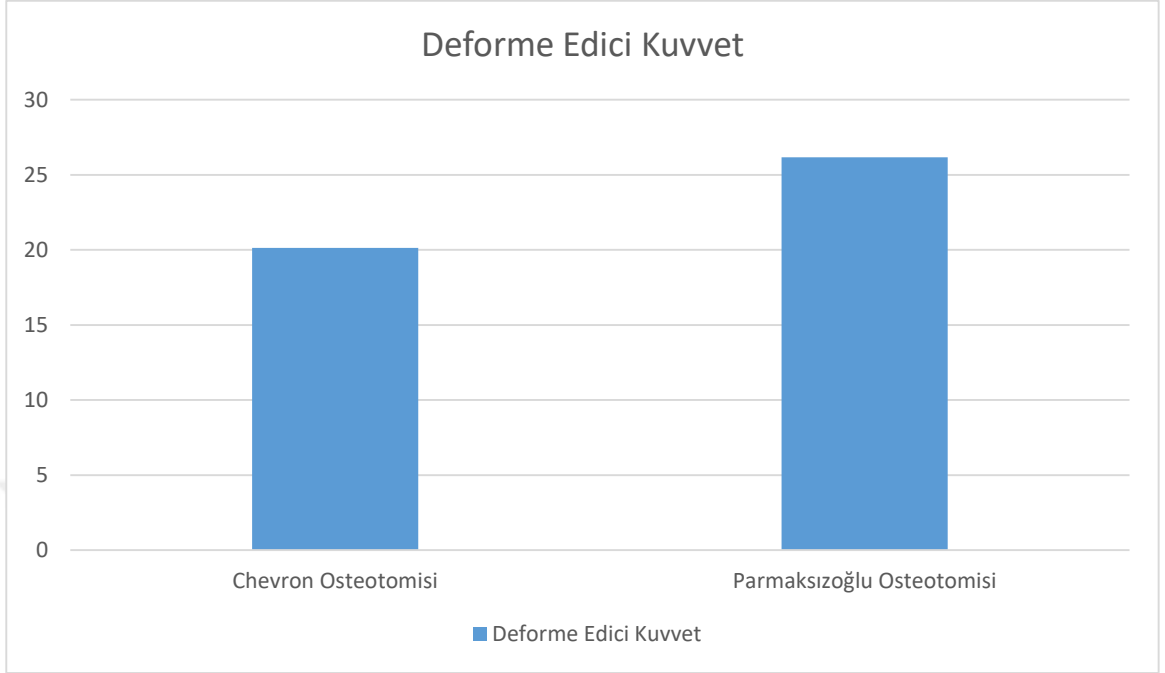
Chevron ve Parmaksızoğlu osteotomisi grupları arasında dorsal angulasyon açısından başlangıç, 200, 400, 600, 800 ve 1000 siklus değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur ($p>0,05$).

DEFORME EDİCİ KUVVETİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tablo 10. Chevron ve Parmaksızoğlu osteotomisi gruplarının deforme edici kuvvet değerleri

	Deforme Edici Kuvvet [N]
Chevron-01	27,44
Chevron-02	32,04
Chevron-03	29,17
Chevron-04	14,66
Chevron-05	9,43
Chevron-06	8,10
Chevron Ort.	20,14
Chevron SS	10,64
Parmaksızoğlu-01	60,22
Parmaksızoğlu-02	20,91
Parmaksızoğlu-03	10,12
Parmaksızoğlu-04	22,04
Parmaksızoğlu-05	35,04
Parmaksızoğlu-06	11,97
Parmaksızoğlu Ort.	26,72
Parmaksızoğlu SS	18,66

Tablo 11. Chevron ve Parmaksızoğlu osteotomisi gruplarının deforme edici kuvvet ortalamaları



Parmaksızoğlu ve Chevron osteotomileri deforme edici kuvvetler yönünden karşılaştırılmış ve grup ortalamalarına bakıldığında Chevron grubu için ortalama deforme edici kuvvet 20,14 N (SS:10,64) ölçülmüş olup Parmaksızoğlu osteotomisi grubunda bu değer 26,72 N (SS:18,66) olarak ölçülmüştür.

Tablo 12. Grupların deforme edici kuvvet yönünden istatistiksel olarak karşılaştırılması

Deforme Kuvvet	Edici	Chevron (n=6)		Parmaksızoğlu (n=6)		İstatistiksel analiz* Olasılık
		$\bar{X} \pm S. S.$	Medyan [Min-Max]	$\bar{X} \pm S. S.$	Medyan [Min-Max]	
		20,14±10,64	21,0 [8,1-32,0]	26,71±18,65	21,5 [10,1-60,2]	t=-0,750 p=0,470

*Normal dağılıma sahip olan verilerde iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında "Independent Sample-t" test (t-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır.

SS: Standart sapma, **n:** Örneklem sayısı

Chevron osteotomisi ve Parmaksızoğlu osteotomisi grupları deforme edici kuvvet yönünden karşılaştırılmış olup p değeri 0,470 bulunmuştur. Hesaplanan p değeri 0.05' ten daha büyük olduğundan iki grup arasında deforme edici kuvvet yönünden istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.



TARTIŞMA

HV, en sık görülen ön ayak deformitelerinden biridir. HV, proksimal falanksın laterale doğru sapması ile birinci metatars başının mediale sapması sonucu metatarsus primus varus adı verilen birinci metatarsusun adduksiyonu nedeniyle ortaya çıkar (1). 18 - 65 yaş arası yetişkinlerin yaklaşık %23'ünde, 65 yaş üstü yetişkinlerin ise %36'sında görülür. Erişkin dişilerde bakıldığında %30'a varan oranda HV deformitesi ortaya çıkar (3). Ayakkabı veya topuklu ayakkabı giyenlerde çıplak ayakla karşılaştırıldığında görülme sıklığı daha yüksektir.

HV deformitesinin düzeltilmesi için deformitenin şiddetine, lokalizasyonuna, deformitenin ilerleyici özelliğine, klinik ve radyolojik bulgularına ve hasta beklentilerine göre uygun cerrahi yöntem seçilir. Bu kadar sık görülen ve kaynamama komplikasyonunun sık görüldüğü HV deformitesi için bir çok farklı yöntem tanımlanmıştır.

Biz çalışmamızda günümüzde yaygın olarak uygulanan fakat temas yüzeyi yetersizliği nedeniyle sürekli yeni farklı bir yöntem aranan Chevron osteotomisi ile Çetin ve ark. tarafından tanımlanan ve 2010-2014 yılları arasında İstanbul Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği'nde uygulanan Parmaksızoğlu osteotomisi tekniğinin rijidite, dorsal angulasyon ve deforme edici kuvvet yönünden birbirlerine biyomekanik üstünlüğünü karşılatırdık.

Çetin ve ark., Mann&Coughlin sınıflamasına göre hafif ve orta derecede HV tanısı almış 31 hasta ile yaptıkları çalışmada Parmaksızoğlu osteotomisini tanımlayıp preop ve postop 1 yıllık AOFAS skorlarını karşılaştırmış hastaların ortalama skorunun 66,04' ten 98,04' e yükseldiğini bildirmişlerdir. Ayrıca ortalama HVA' nın 28,00° den 11,38° ye, ortalama İMA' nın 13,13° den 7,79° ye ortalama DMMA' nın 15,25° den 9,50° ye gerilediğini belirtmişlerdir (62). Çetin ve ark., çalışmalarında biyomekanik olarak yeterliliğinin kanıtlanması

gerektiğini vurgulamışlardır. Biz de bu noktadan hareket ederek yaygın kullanılan Chevron osteotomisi ile bu çalışmada yeni tanımlanan Parmaksızoğlu osteotomisini karşılaştıracak bir çalışma yaptık.

Avecedo ve ark., kresentrik ve scarf osteotomilerini uygulamışlar ve K teli ile tespitini yapmışlar. Dorsal yanlış kaynama, pin irritasyonu ve yetersiz stabilite kaynaklı düzeltme kaybı nedeniyle deformite tekrarlanması gibi komplikasyonlar belirtmiştir (63). Biz çalışmamızda K Teli ile stabilite kaybının sık olacağını öngörüp 3.5 mm' lik başsız vida kullanmayı tercih ettik.

Schuh ve ark., 20 tane donör yaşları 64-90 arasında değişen 1. metatars kadavra materyalini BMD sonuçlarına göre çift kör olarak iki gruba ayırıp bir gruba 2.7 mm kalınlığında T artrodez plağı diğer gruba 1 adet 3.5 mm'lik başsız kompresyon vidası ile Ludloff osteotomisi uygulamışlar. Çalışmada örnekler polimetilmetakrilat ile yürüyüş açısına uygun 15° dorsal angulasyonda yerleştirilmiş her siklusta 7,75 N/s kuvvetle 4 sn boyunca toplam 31 N basınç ile 1-10-50-100-200-300-400-500-600-700-800-900-1000. siklulardaki rijidite, dorsal angulasyon ve deforme edici kuvvet değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda BMD sonuçlarının stabilite üzerine önemli bir etkisi görülmüş ve bu da çalışmanın zayıf yönü olarak gösterilmiştir. Deforme edici kuvvet yönünden yaptıkları değerlendirmede plak vida uygulanan yöntemde 16,7 N (SS:10,1), başsız vida uygulanan yöntemde 220,9 N (SS: 202,5) olarak değerlendirilmiş, başsız vidayı deforme etmek için gerekli kuvvetin çok daha büyük olması gerektiği istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (64).

Aynı çalışmada rijidite değerleri karşılaştırılmış başsız vida grubunda 2,1 N/mm (SS: 1.5), plak vida grubunda 33,0 N/mm (SS: 27,4) olarak hesaplanmış ve plak vida istatistiksel olarak anlamlı olarak daha rijit bir tespit olarak görülmüştür. Dorsal angulasyon için yapılan değerlendirmede plak vida uygulanan grubun daha az bir dorsal angulasyona sahip olduğu belirtilmiştir (64).

Biz çalışmamızda Schuh ve ark. kadavra modeli kullandığı ve BMD farklılığı nedeniyle ciddi standart sapma büyüklüğü ile karşılaşmış olup biz bu sorunu yaşamamak için her biri birbirinin aynı standartta kemik modeller kullandık. Ancak bizim çalışmamızda da siklusları kaç N kuvvetle yapılacağı ile ilgili belirsizlik mevcuttu. Bu sorunu çözmek için her bir deney grubundan birer örneği çalışmanın en başında sakrifiye ettik ve çözüm olarak her siklusta 2 N/s kuvvetle 5 saniye boyunca 10 N kuvvet uygulamaya karar verdik. Schuh ve ark. siklus sıklığını çok yakın tuttuğunu ve sikluslar arası anlamlı değişiklikler olmadığını görüp daha anlaşılır ve

yalın bir sonuç değerlendirilmesi açısından başlangıç-200-400-600-800-1000. siklus değerlerini değerlendirmeye aldık.

Kim ve ark., 30 adet sawbone kemik modeline aynı 90° açılı Chevron tipi proksimal metatarsal osteotomiyi uygulayıp K teli, 2 adet 3,0 mm'lik parsiyel yivli kanüle vida ve 2.5 mm'lik 4 delikli kilitli plak ile 3 farklı tespit yöntemi kullanarak fikse etmişlerdir. 31 N aksiyel yüklenme ile başlangıç-10-50-100-200-300-400-500-600-700-800-900-1000. siklulardaki gruplar arası dorsal angulasyon, rijidite ve deforme edici kuvvet değerlerini karşılaştırmıştır. Sonuçlarda deforme edici kuvvet en düşük değer 28,3 N ile kilitli plakta görülmüş olup kanüle vidada 47,2 N, K telinde 54,8 N olarak ölçülmüştür. Kilitli plaktaki bu istatistiksel olarak anlamlı düşüklüğün nedenini kompresyon tarafına uygulanan plakların destek görevinde başarısız olmasına, intramedüller tespitin plaklara göre daha iyi distal fiksasyon sağlamasına dayandırmaktalar. Yorgunluk testinde sikluslar arası anlamlı bir fark görülmemiş olup kanüle vida kullanılan grupta 1. siklustaki ortalama rijidite 25,95 N/mm, 1000. siklusta 24,84 N/mm ölçülmüştür. Plak vida kullanılan grupta ise 1. siklustaki ortalama rijidite değeri 17,19 N/mm, 1000. siklusta 20,49 N/mm olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak kanüle vida rijidite yönünden daha başarılı görülmüştür (65).

Aynı çalışmada dorsal angulasyon yönünden yapılan değerlendirmede sikluslar arası anlamlı bir fark görülmemiş olup başsız vida uygulanan grupta 1. siklusta 2,19°, 1000. siklusta 2,19° ölçülmüştür. Plak vida uygulanan grupta 1. siklusta 2,77°, 1000. siklusta 2,41° ölçülmüş olup iki grup arasında dorsal angulasyon yönünden anlamlı bir fark saptanmamıştır (65).

Yorgunluk testinde plak vida ve kanüle vida grupları K teli tespitine göre rijidite yönünden 7,7 kat, dorsal angulasyon yönünden 6,1 kat daha başarılı görülmüştür. Kanüle vidalar ile plak vidanın karşılaştırılmasında da kanüle vida %26,3 daha güçlü görülmüştür. Bu sonuçlar kanüle vidaların osteotomi hattına dik bir şekilde ve osteotomiye kompresyon ve gerilim bölgesi oluşturmadan eşit kompresyon yapmasına bağlanmıştır (65). Biz de çalışmamızda bu sonuçları da destekler şekilde kompresyon plağı kullanmayıp iki osteotomi yöntemini 3.5 mm'lik başsız vidalar ile osteosentez uygulayarak karşılaştırmayı uygun bulduk.

Varner ve ark., biyomekanik bir çalışma tasarlayarak proksimal kresentrik osteotomi ile tek kanüle vida fiksasyonunu karşılaştırmışlar ve aksiyel yüklenme uygulanan çalışmada plak uygulanan grubu vida kullanılan gruptan daha başarılı görülmüş ancak plak vida kullanılan 10 numunedan 4' ü, 10°' den fazla dorsal angulasyona uğrayıp 1000 siklusu tamamlayamadan başarısız görülmüştür (66). Scott ve ark., plak vida ile proksimal Chevron osteotomisi ile başsız

vida kullandıkları Ludloff osteotomisini karşılaştırmışlar ve plak kullanılan 10 numuneden 6'sı 1000 siklusu tamamlayamayıp çoğu 300. siklustan önce başarısız kabul edilmiştir (67).

Kuru ve ark., çalışmalarında 30 kemik modeline distal oblik osteotomi uygulamış ve tespit yöntemlerine göre 1.6 mm'lik K teli, 3 mm'lik başsız kompresyon vidası ve iki adet 2.5 mm'lik biyoemilebilir pin olmak üzere 3 gruba ayırmıştır. Her bir deney materyaline, 15°'lik dorsal angulasyon ile transvers ve aksiyel yüklenme uygulanmıştır. Aksiyel yüklenmede 5 N kuvvet uygulanmıştır. Maksimum yüklenme 300 N olarak planlanmış. Vertikal yüklenme ile uygulanan rijidite değerleri karşılaştırıldığında K teli 26,07 N/mm, biyoemilebilir pinde 14,15 N/mm ve kompresyon vidası uygulanan modelde 26,75 N/mm bulunmuştur. Kompresyon vidası ile K telinin sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiş olup bu iki grup da biyoemilebilir vidadan rijidite yönünden başarılı bulunmuştur.

Transvers aksiyel yüklenme ile de grupların ortalama rijidite değerleri hesaplanmış olup K teli uygulanan grupta 6,93 N/mm, kompresyon vidası kullanılan grupta 6,28 N/mm ve biyoemilebilir vida kullanılan grupta ise rijidite 2,70 N/mm ölçülmüştür (68). Bizim çalışmamızda da benzer olarak 3.5 mm'lik başsız kompresyon uyguladığımız Chevron osteotomisi grubunda yorgunluk testinde 1000. siklus ortalama rijiditesi 3,63 N/mm ölçülmüş olup Parmaksızoğlu osteotomisi grubunda 1000. siklus ortalama rijiditesi 2,28 N/mm olarak ölçülmüştür. Bu çalışma ile bizim çalışmamız arasındaki bu farkın Kuru ve ark. yüklenmelere 5 N gibi düşük bir yüklenme kullanmalarına bağlı yorgunluğun daha yavaş olacağından kaynaklandığını ve kullanılan kemik model yoğunluklarının farklı kemik yoğunluğunda olmasından kaynaklı olabileceğini düşünmekteyiz.

Kuru ve ark., vertikal ve transvers olarak aksiyel yüklenme uygulayıp vertikal aksiyel yüklenme beraberinde K teli uygulanan grupta ortalama maksimum deforme edici kuvvet 102,8 N, kompresyon vidası uygulanan grupta 113,34 N, biyoemilebilir grupta 26,8 N ortalama deforme edici kuvvet ölçülmüştür. Bu sonuçlarla biyoemilebilir vida için maksimum deforme edici kuvvet diğer iki gruptan anlamlı olarak daha az bulunmuştur (68). Transvers yüklenme ile yapılan maksimum deforme edici kuvvet ölçümlerinde biyoemilebilir vida 16,17 N, kompresyon vidası 92,8 N ve K teli için deforme edici kuvvet 74,6 N olarak ölçülmüştür (68).

Yürüyüş biyomekaniğinde ayak üzerine vertikal bir aksiyel yüklenme deforme edici kuvvet açısından çok yüksek olduğu ve literatürdeki benzer çalışmalarda da kullanılmadığından bizim çalışmamızda vertikal aksiyel yüklenmeye yer vermedik. Transvers uyguladığımız aksiyel yüklenme ile 3,5 mm'lik başsız kompresyon vidası uyguladığımız Chevron osteotomisi

grubunda ortalama deforme edici kuvvet 20,14 N, Parmaksızoğlu osteotomisinde 26,72 N olarak aonuçlandırdı. Kuru ve ark. alışmasında mevcut literatürden ve bizim çalışmamızdan farklı sonuçlar elde edilmiş olup bu farkın modellerin yoğunluk farkından, kullanılan osteotominin distal oblik türde olup literatürde bir benzeri olmadığından ve 5 N gibi bir kuvvetle yorgunluk testinin uygulanmasının neden olabileceğini öngörmekteyiz.

Trost ve ark., 2017 yılında yaptıkları çalışmalarında 16 kadavra modelini iki gruba ayırıp distal Chevron osteotomisi uyguladığı ve 1 adet 3,5 mm'lik kompresyon vidası ile 2 adet 1,6 mm'lik K teli yardımıyla tespit edilen iki gruba ayırdığı çalışmasında rölatif rijidite değerlerini karşılaştırmış olup kompresyon vidası uygulanan grupta %59 (SS:%27) ve K teli uygulanan grupta %68 (SS:%18) olarak değerlendirmiştir (69).

Aiyer ve ark., 2021 yılında 18 kadavra modeli ile yaptıkları açık Chevron osteotomisi ve minimal invaziv distal transvers metatarsal osteotomiyi rijidite ve deforme edici kuvvet yönünden karşılaştırmış ve 10 N aksiyal yüklenme uygulamışlar. Her iki osteotomi modelinde de rijidite ve deforme edici kuvvet yönünden istatiksels anlamlı bir fark bulunamamıştır (70). Bizim alışmamızda da benzer olarak 10 N aksiyal yüklenme uygulanmış olup bizim çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar literatürle uyumlu görölmüştür.

Çalışmamızın güçlü yönlerine bakacak olursak iki farklı osteotomi yönteminin kesme blokları ile standardize edilip sawbone kemik modelleri sayesinde eşit yoğunluğa sahip bir kemik model elde edilmiştir. Çalışma tamamıyla aynı ekip tarafından yapılmış olup aynı mikrotestre ve aynı kalınlıktaki başsız kompresyon vidası kullanılmış bu sayede tespit yönteminin çalışmada farklı sonuç verme ihtimalinin önüne geçilmiştir.

Çalışmamızın yetersiz yönlerine bakıldığında örneklem sayısının istatiksels analiz almak için küçük bir grup olduğu görölebilir. Sawbone kemik modeli ile yapılan bir çalışma oluşu nedeniyle klinik olarak sonuçları tam olarak yansıtamamaktadır.

Literatürde tespit modellerinin karşılaştırdığı bir çok çalışma olup osteotomi çeşitlerinin karşılaştırıldığı çalışmalar kısıtlı görölmüştür. Çalışmamızın bu açıdan literatüre yeni bir bakış açısı getirebileceğini öngörmekteyiz.

SONUÇ

HV, ayak deformiteleri arasında en sık görülen deformite olup kadınlarda daha sık gözlenmektedir. Deformitenin derecesine göre konservatif ya da cerrahi tedaviler değerlendirilebilir.

Distal osteotomilerde kaynamama, redüksiyon kaybı, metatarsalji ve osteolizis gibi komplikasyonların sıklığı nedeniyle yüzden farklı osteotomi ve tespit yöntemleri literatürde tanımlanmıştır.

Biz de çalışmamızda, 2010-2014 yılları arasında İstanbul Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği' nde uygulanan Parmaksızoğlu osteotomisi ile distal osteotomilerden sık kullanılan Chevron osteotomisini biyomekanik olarak karşılaştırdık.

Rijidite, dorsal angulasyon ve deforme edici kuvvet yönünden her iki osteotomi biyomekanik olarak karşılaştırıldı ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark bu 3 parametre yönünden de saptanmadı.

Mann&Coughlin sınıflamasına göre hafif ve orta derecede HV tanısı alan hastalarda, benzer biyomekanik özellikleri olan Parmaksızoğlu osteotomisi de Chevron osteotomisi de güvenli olarak uygulanabilir.

ÖZET

Halluks valgus ayakta görülen en sık deformitedir. Distal Chevron osteotomisi HV cerrahisinde yaygın olarak kullanılan ve kaynamama, redüksiyon kaybı, osteolizis gibi komplikasyonları nedeniyle literatürde bir çok farklı osteotomi yöntemi tanımlanmıştır. Bu çalışmada tanımlanan osteotomilerden Parmaksızoğlu osteotomisi ile distal Chevron osteotomisinin biyomekanik olarak karşılaştırması amaçlanmıştır.

Aynı mineral yoğunluğuna sahip birbirine eş 14 kemik model iki gruba ayrılıp skopi yardımı ile oluşturulan kesi kılavuzları ile Parmaksızoğlu ve distal Chevron osteotomisi uygulandı. Birer adet 3.5 mm' lik başsız kompresyon vidası ile tespit edildi. Çalışmada iki deney grubundan da birer numune siklik yüklenme kuvvetinin belirlenmesi için maksimum kuvvet ile sakriyife edildi. Kalan numuneler biyomekanik testler için MTS 858 Mini Bionix II cihazına çelik pota 15° açı ile yerleştirilerek numunelere 0-10 N' a kadar 1000 siklus aksiyel yüklenme ile yorgunluk testi yapıldı. Başlangıç-200-400-600-800-1000. siklus rijidite, dorsal angulasyon ve deforme edici kuvvet değerlerinin hesaplamaları MATLAB R2022b ile gerçekleştirildi.

Chevron osteotomisi grubunda 1000. siklus ortalama rijidite değeri 3,69 N/mm (SS:3,19), 1000. siklus ortalama dorsal angulasyon değeri 1,95°(SS:1,14), deforme edici kuvvet değeri ortalama 20,14 N (SS:10,64) olarak ölçülmüş; Parmaksızoğlu osteotomisi grubunda 1000. siklus ortalama rijidite değeri 2,28 N/mm (SS:0,75), 1000. siklus ortalama dorsal angulasyon değeri 2,12°(SS:1,21), deforme edici kuvvet değeri ortalama 26,72 N (SS: 18,66) olarak ölçülmüş ve bu iki grup arasında rijidite, dorsal angulasyon ve deforme edici kuvvet yönünden istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Çalışmada Parmaksızoğlu osteotomisi ile Chevron osteotomisi rijidite, dorsal angulasyon ve deforme edici kuvvet yönünden karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak bu iki tekniğin birbirine istatistiksel olarak anlamlı bir üstünlüğü görülmemiştir. Literatürde biyomekanik HV çalışmaları incelendiğinde osteotomi tekniğinin karşılaştırıldığı biyomekanik çalışmaların sayısı yetersiz görülmüştür. Aynı osteotomi üzerinde farklı fiksasyon tekniklerinin biyomekanik olarak karşılaştırıldığı çalışmalar literatürde daha çok görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Halluks valgus, Chevron, Parmaksızoğlu, Osteotomi, Biyomekanik

SUMMARY

BIOMECHANICAL COMPARISON OF THE NEWLY DEFINED DISTAL OSTEOTOMY AND DISTAL CHEVRON OSTEOTOMY IN HALLUX VALGUS SURGERY

Hallux valgus is the most common deformity seen in the foot. Distal Chevron osteotomy is widely used in HV surgery and many different osteotomy methods have been described in the literature due to its complications such as nonunion, loss of reduction, and osteolysis. The aim of this study is to biomechanically compare the Fingersızoğlu osteotomy and the distal Chevron osteotomy, which are among the osteotomies described in this study.

14 identical bone models with the same mineral density were divided into two groups and Parmaksızoğlu and distal Chevron osteotomy was performed with incision guides created with the help of fluoroscopy. They were fixed with a 3.5 mm sized headless compression screw. In the study, one sample from each of the two experimental groups was sacrificed with maximum force to determine the cyclic loading force. During biomechanical tests, the remaining samples were placed in the MTS 858 Mini Bionix II device with a steel crucible at a 15° angle and fatigue tests were performed on the samples with 1000 cycles of axial loading up to 0-10 N. Initial-200-400-600-800-1000. cycles rigidity, dorsal angulation and deforming force values calculation was performed with MATLAB R2022b.

In the Chevron osteotomy group, the 1000th cycle average rigidity value was 3.69 N/mm (SD: 3.19), the 1000th cycle average dorsal angulation value was 1.95° (SD: 1.14), and the average deforming force value was 20. It was measured as .14 N (SD: 10.64); In the Parmaksızoğlu osteotomy group, the 1000th cycle average rigidity value was 2.28 N/mm (SD: 0.75), the 1000th cycle average dorsal angulation value was 2.12° (SD: 1.21), and the average deforming force value was 26.72. It was measured as N (SD: 18.66) and no statistically significant difference was detected between these two groups in terms of rigidity, dorsal angulation and deforming force.

In the study, Parmaksızoğlu osteotomy and Chevron osteotomy were compared in terms of rigidity, dorsal angulation and deforming force, and no statistically significant superiority of these two techniques was observed over each other. When biomechanical HV studies were examined in the literature, the number of biomechanical studies comparing the osteotomy

technique was found to be insufficient. Studies comparing different fixation techniques biomechanically on the same osteotomy are more common in the literature.

Keywords: Hallux valgus, Chevron, Parmaksızoğlu, Osteotomy, Biomechanics



KAYNAKLAR

1. Piqué-Vidal C, Solé MT, Antich J. Hallux valgus inheritance: pedigree research in 350 patients with bunion deformity. *J Foot Ankle Surg.* 2007 May-Jun;46(3):149-54. [PubMed]
2. Coughlin MJ, Jones CP. Hallux valgus: demographics, etiology, and radiographic assessment. *Foot Ankle Int.* 2007 Jul;28(7):759-77. [PubMed]
3. Nix S, Smith M, Vicenzino B. Prevalence of hallux valgus in the general population: a systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Res.* 2010 Sep 27;3:21. [PMC free article] [PubMed]
4. A.M.Perera,FRCS(Orth),Lyndhon Mason,MRCS(Eng)And M.M. Stephens,FRCSI
The Pathogenesis of halluks valgus *JBJS* 2011 1650-1658
5. Glasoe WM, Nuckley DJ, Ludewig PM. Hallux valgus and the first metatarsal arch segment: a theoretical biomechanical perspective. *Phys Ther.* 2010 Jan;90(1):110-20. [PubMed]
6. A.M.Perera,FRCS(Orth),Lyndhon Mason,MRCS(Eng)And M.M. Stephens,FRCSI
The Pathogenesis of halluks valgus *JBJS* 2011 1650-1658
7. Kelikian H (1965) Hallux valgus, allied deformities of the forefoot and metatarsalgia. WB Sanders company, Philadelphia
8. Mayo CHXVIII (1908) The surgical treatment of bunion. *Ann Surg* 48(2):300–302
9. Keller WL (1904) The surgical treatment of bunions and hallux valgus. *NY Med J* 80:741–742
10. Swanson AB (1995) Silastic single-stem implants in the treatment of hallux rigidus. *Foot Ankle Int* 16(12):809
11. Meary R (1970) Traitement de l'hallux valgus. In: Conférence d'enseignement de la SOFCOT. Paris. Expansion Scientifique Française, pp 227–272
12. Roy-Camille R, Lelievre JF (1974) Cure of hallux valgus by Petersen's technic. *Nouv Presse Med* 3(6):299–300
13. Galois L, Mainard D, Valentin S (2007) La double ostéotomie métatarsienne et phalangienne du premier rayon dans le traitement de l'hallux valgus. *Med Chir Pied* 23:104–106

14. Sammarco GJ, Brainard BJ, Sammarco VJ (1993) Bunion correction using proximal Chevron osteotomy. *Foot Ankle* 14(1):8–14
15. Mann RA, Rudicel S, Graves SC (1992) Repair of hallux valgus with a distal soft-tissue procedure and proximal metatarsal osteotomy. A long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 74(1):124–129
16. Lelievre JF (1994) Correction du metatarsus important de l'adulte par une ostéotomie plane-oblique proximale du premier métatarsien. *Med Chir Pied* 10:99–101
17. Weinfeld AB (2000) The Ludloff's osteotomy for correction of hallux valgus: a historic procedure re-invented. In: *Osteotomies of the hindfoot and forefoot*. 2nd International spring meeting (AFCP) Bordeaux, May 4–5–6 2000
18. Schnepf J (1996) Chirurgie de l'hallux valgus. Techniques. Indications. *Encycl Med Chir (Éditions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris), Techniques Chirurgicales –OrthopédieTraumatologie*, 44–930, pp 1–16
19. Weil LS (2000) Scarf osteotomy for correction of hallux valgus. Historical perspective, surgical technique, and results. *Foot Ankle Clin* 5(3):559–580
20. Helal B (1981) Surgery for adolescent hallux valgus. *Clin Orthop* 157:50–63
18. Baker AE (1844) An operation for hallux valgus. *Lancet* 1:655
21. Hohmann G (1921) Symptomatische oder physiologische behandlung des Hallux valgus. *Mund Med Xscher* 68:1042–1045
22. Mitchell CL, Fleming JL, Allen R, Glenney C, Sanford GA (1958) Osteotomy-bunionectomy for hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am* 40(1):41–60
23. Austin DW, Leventen EO (1981) A new osteotomy for hallux valgus: a horizontally directed “V” displacement osteotomy of the metatarsal head for hallux valgus and primus varus. *Clin Orthop Relat Res* 157:25–30
24. Schnepf J, Carret JP, Courcelles P, Revel JJ, Texier A, Vallat MP (1983) Treatment of hallux valgus with irreducible metatarsus varus of the 1st metatarsus. Bipolar metatarsal osteotomy. *Rev Chir Orthop* 69(Suppl 2):113–115
25. Akin DF (1925) The treatment of hallux valgus. A new operative procedure and its results. *Med Sentin* 33:678–679
26. Lapidus PW (1934) Operative correction of the metatarsus varus primus in hallux valgus. *Surg Gynecol Obstet* 58:183–191
27. Khan IA, Varacallo M. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): Aug 8, 2022. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Foot Talus. [PubMed]

28. Brockett CL, Chapman GJ. Biomechanics of the ankle. *Orthop Trauma*. 2016 Jun;30(3):232-238. [PMC free article] [PubMed]
29. Manganaro D, Alsayouri K. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): May 23, 2023. *Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb: Ankle Joint*. [PubMed]
30. Netter F.H. *Atlas of Human Anatomy*
31. Massen FK, Baumbach SF, Herterich V, Böcker W, Waizy H, Polzer H. Fractures to the anterior process of the calcaneus - Clinical results following functional treatment. *Injury*. 2019 Oct;50(10):1781-1786. [PubMed]
32. Nery C, Fonseca LF, Gonçalves JP, Mansur N, Lemos A, Maringolo L, Fonseca LF. First MTP joint instability - Expanding the concept of "Turf-toe" injuries. *Foot Ankle Surg*. 2020 Jan;26(1):47-53. [PubMed]
33. Han K, Bae K, Levine N, Yang J, Lee JS. Biomechanical Effect of Foot Orthoses on Rearfoot Motions and Joint Moment Parameters in Patients with Flexible Flatfoot. *Med Sci Monit*. 2019 Aug 08;25:5920-5928. [PMC free article] [PubMed]
34. J. Perry and J. Burnfield, *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*. SLACK Incorporated, 2010.
35. Lezak B, Varacallo M. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): Nov 7, 2022. *Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Foot Veins*. [PubMed]
36. Lezak B, Wehrle CJ, Summers S. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): Aug 1, 2022. *Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb: Posterior Tibial Artery*. [PubMed]
37. Gray's *Atlas of Human Anatomy*
38. Tang A, Bordoni B. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): Aug 8, 2022. *Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Foot Nerves*. [PubMed]
39. Desai SS, Cohen-Levy WB. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): Aug 8, 2022. *Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb: Tibial Nerve*. [PubMed]
40. Card RK, Bordoni B. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): Apr 8, 2023. *Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Foot Muscles*. [PubMed]
41. Ling ZX, Kumar VP. The myofascial compartments of the foot: a cadaver study. *J Bone Joint Surg Br*. 2008 Aug;90(8):1114-8. - PubMed

42. Faymonville C, Andermahr J, Seidel U, Müller LP, Skouras E, Eysel P, Stein G. Compartments of the foot: topographic anatomy. *Surg Radiol Anat.* 2012 Dec;34(10):929-33. - PubMed
43. Guo S, Yan YY, Lee SSY, Tan TJ. Accessory ossicles of the foot-an imaging conundrum. *Emerg Radiol.* 2019 Aug;26(4):465-478. [PubMed]
44. Walsh KP, Durante EC, Moser BR, Coetzee JC, McGaver RS Surgical outcomes of os trigonum syndrome in dancers: a case series. *July 2020 Orthopaedic Journal of Sports Medicine* 8(7):232596712093876
45. Vosseller JT, Dennis ER, Bronner S. Ankle Injuries in Dancers. *J Am Acad Orthop Surg.* 2019 Aug 15;27(16):582-589. [PubMed]
46. Noguchi M, Ikoma K, Inoue A, Kusaka Y. Bilateral Hallux Valgus Associated with Os Intermetatarsale: A Case Report. *Foot & Ankle International.* 2005;26(10):886-889. doi:10.1177/107110070502601015
47. Stein CJ, Sugimoto D, Slick NR, Lanois CJ, Dahlberg BW, Zwicker RL, Micheli LJ. Hallux sesamoid fractures in young athletes. *Phys Sportsmed.* 2019 Nov;47(4):441-447.
48. Ottone, Nicolás & Tejedor, Mariano & Blasi, Esteban & Medan, Carlos & Fuentes, Ramón & Sol, Mariano. (2015). Morphological Description of the Flexor Digitorum Accessorius Longus Muscle and its Clinical Significance. *International Journal of Morphology.* 33. 611-619. 10.4067/S0717-95022015000200032.
49. Farid A, Faber FWM. Bilateral Triple Talocalcaneal, Calcaneonavicular, and Talonavicular Tarsal Coalition: A Case Report. *J Foot Ankle Surg.* 2019 Mar;58(2):374-376.
50. Swensen SJ, Otsuka NY. Tarsal Coalitions--Calcaneonavicular Coalitions. *Foot Ankle Clin.* 2015 Dec;20(4):669-79. [PubMed]
51. Zier BG: *Essentials of Internal Medicine in Clinical Podiatry.* WB Saunders, Philadelphia, 1990
52. Fairbairn JF, Juergens JL, Spittell JS: *Peripheral Vascular Diseases.* 4th Ed. WB Saunders, Philadelphia, 1972
53. McCarthy ST (ed): *Peripheral Vascular Disease in the Elderly.* Churchill Livingstone, Edinburgh, 1983
54. Coughlin MJ: Hallux Valgus: causes, evaluation, and treatment. *Postgrad Med* 75:174, 1984

55. McGlamry ED (ed): *Comprehensive Textbook of Foot Surgery*. Williams & Wilkins, Baltimore, 1987
56. Smith RW, Reynolds JC, Stewart MJ, et al: Hallux valgus assessment. Report of the Research Committee of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society. *Foot Ankle* 5:92, 1984
57. Root ML, Orien WP, Weed JH, et al: *Biomechanical Exam of the Foot*. Vol. 1. Clinical Biomechanics Corporation, Los Angeles, 1971
58. Mann RA, Coughlin MJ. Hallux valgus and complications of hallux valgus. In: Mann RA, ed. *Surgery of the foot*, 5th ed. St. Louis: Mosby, 1986: 65-131
59. LaPorta G, Melillo T, Olinsky D. X-ray evaluation of hallux abducto valgus deformity. *J Am Podiatr Med Assoc* 1974;64:544-566
60. Spinner SM, Lipsman S, Spector F. Radiographic criteria in the assessment of hallux abductus deformities. *J Foot Surg* 1984;23:25-30
61. Karasick D, Wapner KL. Hallux valgus deformity: preoperative radiologic assessment. *AJR Am J Roentgenol*. 1990 Jul;155(1):119-23. doi: 10.2214/ajr.155.1.2112832. PMID: 2112832.
62. Çetin MÜ, Parmaksızoğlu AS, Fidan F, Kılıç M, Aybar A, Dinçel YM. Correction of More Hallux Valgus Pathologic Disorders with a Single Distal Osteotomy: A New Surgical Technique. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2021 Jul 1;111(4):Article_10. doi: 10.7547/18-147. PMID: 34478540.
63. Acevedo JI, Sammarco VJ, Boucher HR, Parks BG, Schon LC, Myerson MS. Mechanical comparison of cyclic loading in five different first metatarsal shaft osteotomies. *Foot Ankle Int*. 2002;23(8):711–716.
64. Schuh R, Hofstaetter JG, Benca E, et al. Biomechanical analysis of two fixation methods for proximal chevron osteotomy of the first metatarsal. *Int Orthop*. 2014;38(5):983–989.
65. Kim JS, Cho HK, Young KW, Kim JS, Lee KT. Biomechanical Comparison Study of Three Fixation Methods for Proximal Chevron Osteotomy of the First Metatarsal in Hallux Valgus. *Clin Orthop Surg*. 2017 Dec;9(4):514-520. doi: 10.4055/cios.2017.9.4.514. Epub 2017 Nov 10. PMID: 29201305; PMCID: PMC5705311.
66. Varner KE, Matt V, Alexander JW, et al. Screw versus plate fixation of proximal first metatarsal crescentic osteotomy. *Foot Ankle Int*. 2009;30(2):142–149.

67. Scott AT, DeOrio JK, Montijo HE, et al. Biomechanical comparison of hallux valgus correction using the proximal chevron osteotomy fixed with a medial locking plate and the Ludloff osteotomy fixed with two screws. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2010;25(3):271–276.
68. Kuru, T., Mutlu, I., Bilge, A., Nusran, G., Kaymaz, B., Yilmaz, O., Kizilay, H., Ceviz, E., Yaradilmis, Y. U., & Erken, H. Y. (2022). Biomechanical Comparison of Headless Compression Screws, Kirschner Wires and Bioabsorbable Pins in Distal Oblique Metatarsal Osteotomy for Correction of Hallux Valgus. *Journal of the American Podiatric Medical Association* (published online ahead of print 2022).
69. Trost M, Bredow J, Boese CK, Loweg L, Schulte TL, Scaal M, Eysel P, Oppermann J. Biomechanical Comparison of Fixation With a Single Screw Versus Two Kirschner Wires in Distal Chevron Osteotomies of the First Metatarsal: A Cadaver Study. *J Foot Ankle Surg.* 2018 Jan-Feb;57(1):95-99. doi: 10.1053/j.jfas.2017.08.014. PMID: 29268910.
70. Aiyer A, Massel DH, Siddiqui N, Acevedo JI. Biomechanical Comparison of 2 Common Techniques of Minimally Invasive Hallux Valgus Correction. *Foot Ankle Int.* 2021 Mar;42(3):373-380. doi: 10.1177/1071100720959029. Epub 2020 Nov 9. PMID: 33161779.

EKLER

Ek 1: Etik kurul karar formu

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Araştırma ile İlgili		Katılım *		İmza
Prof. Dr. Ali Rıza KIZILER	Biyofizik	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. M. Metin DONMA	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Savaş GÜZEL	Tıbbi Biyokimya	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Yakup ALBAYRAK	Ruh Sağlığı ve Hastalıkları	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Sibel ÖZKAN GÜRDAL	Genel Cerrahi	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Aysin NALBANTOĞLU	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Aliye ÇELİKKOL	Tıbbi Biyokimya	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Berna ERDAL	Tıbbi Mikrobiyoloji	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Birol TOPÇU	Biyostatistik	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ümit ÇETİN	Ortopedi ve Travmatoloji	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Naile Esra SAKA	Adli Tıp	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Sonat Pınar KARA	İç Hastalıkları	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Zeynep KURTULUŞ TOSUN	İç Hastalıkları Hemşireliği	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Mahluga JAFAROVA DEMİRKAPU	Tıbbi Farmakoloji	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Ayhan ŞAHİN	Anesteziyoloji ve Reanimasyon	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	

*: Toplantıda bulunma.

Etik Kurul Başkanı
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Ali Rıza KIZILER
İmza: