



Halluks valgus cerrahisinde proksimal metatarsal osteotomiler ve Lapidus işlemleri

Proximal metatarsal osteotomies and Lapidus procedure in the treatment of hallux valgus

Tulgar Toros¹, Altuğ Tanrıöver²

¹İzmir Ekonomi Üniversitesi Tıp Fakültesi, EMOT Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İzmir

²Haliç Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul

Halluks valgus deformitesi başparmağın laterale, birinci metatarsın mediale deviye olması ve buna ek olarak birinci metatarsofalangeal eklemin subluksasyona gitmesiyle karakterize bir ayak deformitesidir. Deformitenin tedavisinde ana cerrahi girişimi her zaman düzeltici metatarsal osteotomiler oluşturmuştur. Yapılan cerrahi girişimin eğer mevcutsa birinci tarsometatarsal (TMT) eklemin artmış hareketini de normal sınırlara indirmesi önemlidir, çünkü bu patolojik hareketin deformitenin oluşumunda ve tekrarlamasında belirgin bir rol oynadığı bildirilmiştir. Metatarsal osteotomiler kendi aralarında distal osteotomiler, gövde osteotomileri ve proksimal osteotomiler olarak üç ana gruba ayrılarak incelenir. Bunlara ek olarak deformiteyi birinci TMT eklemden düzeltmeyi ve eklemin artrodezini tanımlayan Lapidus girişimi de genellikle proksimal osteotomilerle birlikte incelenir. Genel olarak kabul gören yaklaşım, yeterli bir düzeltme elde edebilmek için intermetatarsal açının yüksek olduğu vakalarda proksimal osteotomilerin tercih edilmesi yönündedir, zira osteotomi hattının proksimale taşınması daha yüksek düzeltme derecelerinin elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Yaygın olarak kullanılan proksimal metatarsal osteotomiler kresentik (hilal/ayça) osteotomi, Ludloff osteotomisi, Mau osteotomisi, proksimal Chevron osteotomisi proksimal kapalı kama osteotomisi ve proksimal açık kama osteotomisi olarak sıralanabilir. Son yıllarda deformitenin özellikle pronasyon bileşenini etkili olarak düzeltmek için tarif edilmiş proksimal rotasyonel metatarsal osteotomi (PROMO) ve deformiteyi birinci TMT eklemden düzelteren ve bu eklemin artrodezini amaçlayan Lapidus girişimi de bu bölümde incelenmiştir.

Anahtar sözcükler: halluks valgus; proksimal metatarsal osteotomi; Lapidus girişimi

Hallux valgus is described as medial deviation of the first metatarsal bone and lateral deviation of the great toe with subluxation of the first tarso metatarsal joint. Corrective metatarsal osteotomies has always been regarded as the main operations in the treatment of this deformity. The preferred surgical procedure should also address the instability of the first tarso metatarsal joint since this pathology plays a major role in the formation and recurrence of the deformity. Metatarsal osteotomies are classified as distal osteotomies, metatarsal shaft osteotomies and proximal osteotomies. In addition, Lapidus procedure, which defines correction of the metatarsal deformity at the first tarso metatarsal joint and fusion of this joint is usually presented with proximal metatarsal osteotomies. Common practice involves preference of proximal osteotomies in cases with high first intermetatarsal angle, since proximal location of the osteotomy increases the correction power in hallux valgus. Commonly used proximal osteotomies include crescentic osteotomy, Ludloff osteotomy, Mau osteotomy, proximal chevron osteotomy, and proximal open and closed wedge metatarsal osteotomies. Proximal rotational metatarsal osteotomy (PROMO) which has recently been described in order to correct the metatarsal pronation deformity effectively and Lapidus procedure which corrects the deformity from the first TMT joint and aims to fuse the related joint are also discussed in this chapter.

Key words: hallux valgus; proximal metatarsal osteotomy; Lapidus procedure

İletişim / Contact: Doç. Dr. Tulgar Toros • E-posta / E-mail: tulgartoros@yahoo.com

ORCID ID: Tulgar Toros, 0000-0001-9985-4599 • Altuğ Tanrıöver, 0000-0002-9985-5724

Geliş / Received: 27 Nisan 2024 • **Revizyon / Revised:** 4 Mayıs 2024, 27 Mayıs 2024 • **Kabul / Accepted:** 27 Mayıs 2024

Halluks valgus deformitesi başparmağın laterale birinci metatarsın mediale deviye olması ve buna ek olarak aralarındaki eklemin subluksasyona gitmesiyle karakterize deformitedir.^[1] Hastaların %87'sinde birinci sıranın pronasyonu da bu deformiteye eşlik eder.^[2] Deformitenin oluşumuna ait sebepler hâlen tam olarak aydınlatılamamıştır ve bu konudaki tartışmalar devam etmektedir.^[1] Buna paralel olarak halluks valgusun tedavisi konusundaki yaklaşımlar da hâlen tartışmalıdır. Güncel literatürde bu amaca yönelik tarif edilmiş 200'ün üzerinde cerrahi teknik mevcuttur.^[3] Bu durum tüm deformitelere uygulanabilecek ideal standart bir girişimin hâlen ortaya konamamış olmasıyla açıklanabilir. Tedavide amaç başarılı bir düzeltme elde etmenin yanı sıra elde edilen düzelmenin kalıcı olması ve tekrarinin önüne geçilmesi olmalıdır.

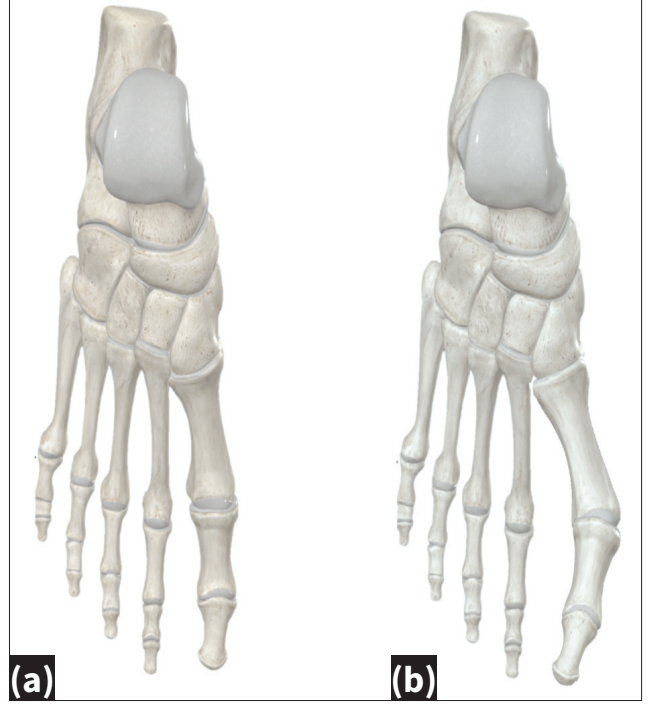
Halluks valgus cerrahisinin estetik amaçlı bir girişim olarak algılanması yanlıştır. Ağrının eşlik ettiği, bunyonun cildi rahatsız ettiği, ayakkabı giyiminde zorluğun ortaya çıktığı, ayakta transfer metatarsalisinin gözlendiği vakalarda cerrahi girişimin düşünülmesi doğru olacaktır.^[1]

Günümüzde halluks valgus üç planlı bir deformite olarak değerlendirilmektedir ve cerrahi girişimin başarılı sayılabilmesi için deformitenin her üç plandaki bileşenlerinin de düzeltilmesi gerektiği savunulmaktadır.^[3] Bu bileşenler:

a) Frontal (ön-arka) planda gözlenen birinci metatarsın diğer metatarslara göre tarsometatarsal (TMT) eklemden mediale doğru kayması (metatarsus varus), başparmağın buna zıt yönde laterale doğru yer değiştirmesi (halluks valgus);

b) Sagittal planda birinci metatarsın TMT eklemden dorsifleksiyona gitmesi (metatarsus elevatus);

c) Aksiyel düzlemde birinci metatars ve başparmağın pronasyona dönmesi olarak tanımlanmaktadır^[4] (Şekil 1). Bunun yanı sıra, ikinci parmakta başparmağın basısına bağlı ortaya çıkan deformitelerin de değerlendirilmesi ve eğer semptomatikse düzeltilmesi gerekmektedir. Yapılan cerrahi girişimin eğer mevcutsa birinci TMT eklemin artmış hareketini (hipermobilitesi) de normal sınırlara indirmesi istenir zira bu patolojik hareketin deformitenin ortaya çıkmasında ve tekrarlamasında önemli rol oynadığı bildirilmektedir. Herhangi bir bileşenin cerrahi sırasında düzeltilmemesi, deformitenin tekrarlaması ve hasta memnuniyetinin sağlanamaması açısından en önemli risk faktörlerinden biri olarak gösterilmektedir. Yapılan çalışmalar operasyon sonrası halluks valgus açısının $\geq 8^\circ$ ve üzerinde kalmasının, ameliyat sonrası sesamoid pozisyonunun evre 4 ve üzerine olması, ameliyat öncesi metatarsus adduktus açısının $\geq 23^\circ$ ve halluks valgus açısının $\geq 40^\circ$ olmasının rekürrens riskini belirgin olarak arttırdığını göstermektedir.^[5]



Şekil 1.a,b. Halluks valgusta birinci metatarsa hem açılal hem rotasyonel deformite gözlenebilmektedir. Normal ayak iskeletinin dizilimi (a), halluks valgusta ön-arka planda birinci metatarsın ve devamındaki falankların patolojik dizilimi (b).

Halluks valgus deformitesinin tedavisinde ana cerrahi girişimi her zaman düzeltici metatarsal osteotomiler oluşturmuştur.^[6] Bunlar kendi aralarında distal osteotomiler, gövde osteotomileri ve proksimal metatarsal osteotomiler olarak üç ana gruba ayrılarak incelenir. Bunlara ek olarak deformiteyi birinci TMT eklemden düzeltmeyi ve eklemin artrodezini tanımlayan Lapidus girişimi de bir proksimal metatarsal osteotomi olmamasına rağmen bu bölümde incelenmiştir.

Genel olarak kabul gören yaklaşım, yeterli bir düzeltme elde edebilmek için intermetatarsal açının yüksek olduğu vakalarda proksimal osteotomilerin tercih edilmesi yönündedir. Bunun sebebi osteotomi hattının proksimale taşınmasının daha yüksek düzeltme derecelerinin elde edilmesine olanak sağlamasıdır.^[6,7] Proksimal osteotomiler distalden veya gövdeden yapılan osteotomilerle kıyaslandığında deformitenin merkezine daha yakın konumlandıklarından daha güçlü bir düzeltme gücüne sahiptirler. Güncel endikasyonları halluks valgus açısının (HVA) 35° 'den büyük olduğu veya intermetatarsal açının (İMA) 15° 'den büyük olduğu vakaları kapsar.^[8] Ancak cerrahi karar verilirken aksiyel planda deformitenin düzeltilmesine ek olarak sagittal ve koronal plan deformitelerinin de hesaba katılması gerektiği unutulmamalıdır.

Proksimal metatarsal osteotomiler distal osteotomilere oranla deformiteyi düzeltmede daha başarılı olarak

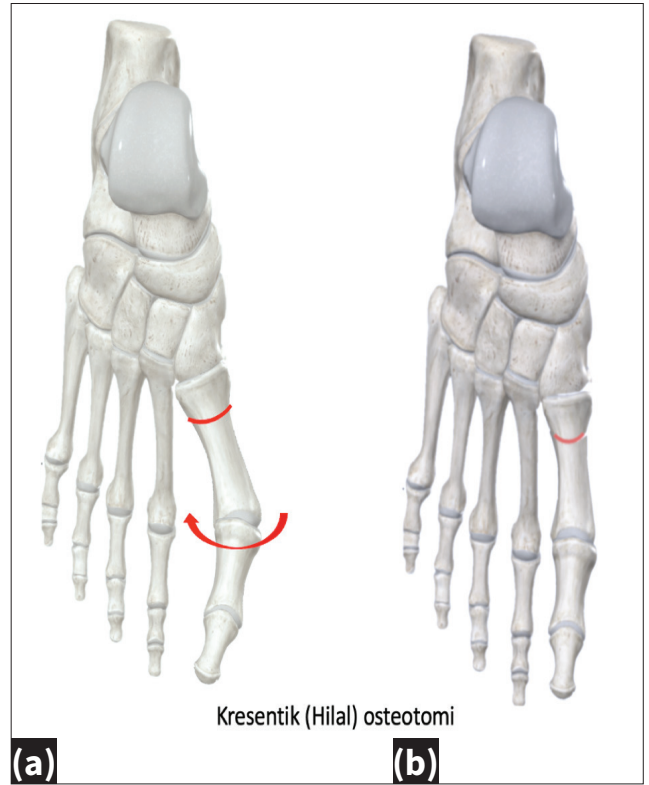
görülse de bu osteotomilerin de dezavantajlarının olduğunu akıldan tutmak gerekir. Öncelikle düzeltme noktası proksimale taşındıkça osteotomi hattına binen kuvvetlerin kaldıraç kolu uzayacağından osteotominin intrinsek stabilitesi distal osteotomilerle kıyaslandığında çok daha zayıf olacaktır, bu da proksimal osteotomilerde fiksasyonun önemini vurgulamakta ve başarısızlık riskini arttırmaktadır.^[9] Bu tip osteotomilerde iyileşme süresi de daha uzun olarak bildirilmektedir.^[10] Bu durum proksimal yerleşimli osteotomilerin distal osteotomilere kıyasla daha instabil olmalarına ve düzeltme kaybı, kaynamama ve yanlış kaynama gibi sorunların daha sık görülmesine sebep olur. Sonuç olarak bu osteotomiler daha sağlam bir tespite ihtiyaç gösterirler.^[9]

Genel olarak bakıldığında proksimal osteotomiler translasyonel (kaydırıcı) ve rotasyonel (döndürücü) osteotomiler olarak iki gruba ayrılabilir. Kaydırıcı osteotomiler kemik kesisi sonrası distal parçanın proksimale göre aksiyel planda laterale doğru kaydırılmasını tarif eden osteotomilerdir. Chevron osteotomisi buna güzel bir örnektir. Döndürücü osteotomiler ise metatars kesisi ardından distal parçanın proksimal parçaya göre sabit bir nokta üzerinden laterale doğru döndürülerek açlandırılmasını tarif eden osteotomilerdir, Ludloff osteotomisi de bu gruba bir örnek olarak gösterilebilir. Döndürücü osteotomiler kaydırıcı olanlara kıyaslandığında daha yüksek oranda düzeltme kapasitesine sahiptirler ancak daha instabil osteotomilerdir.^[3]

Yaygın olarak kullanılan proksimal metatarsal osteotomiler kresentik (hilal/ayça) osteotomi, Ludloff osteotomisi, Mau osteotomisi, proksimal Chevron osteotomisi proksimal kapalı kama osteotomisi ve proksimal açık kama osteotomisi olarak sıralanabilir. Son yıllarda deformitenin özellikle pronasyon bileşenini etkili olarak düzeltmek için tarif edilmiş proksimal rotasyonel metatarsal osteotomi (PROMO) de bu başlık altında anlatılacaktır. Bunlara ilave olarak deformiteyi birinci TMT eklemden düzelteren ve bu eklemin artrodezini amaçlayan Lapidus girişimi de proksimal osteotomilerle birlikte incelenen bir cerrahi girişimdir.

PROKSİMAL KRESENTİK (HİLAL) OSTEOTOMİ

Bu osteotomi adından da anlaşılacağı üzere metatars proksimalinde dorsalden plantare dairesel kesi yapan özel bir testereyle yapılır. Kresentik (hilal veya ayça) ismi kesinin bu kubbe şekline ithafen verilmiş bir isimdir. Kesiyi takiben distal parça osteotomi hattından laterale doğru döndürülerek istenen pozisyona getirilir ve tespiti yapılır (Şekil 2). Osteotominin dairesel şekli düzeltme sonrası kemik temasının çok iyi olmasını sağlar. Son derece etkili bir düzeltme yapabildiği ve metatars boyunda kısalma yapmadığı için yaygın kullanılan bir tekniktir,



Şekil 2.a,b. Proksimal kresentrik osteotomi (hilal osteotomi) (a) ve bu osteotomi ile birinci kolonun diziliminin düzeltilmesi (b).

ancak bazı dezavantajları olduğunu da hatırlamak gerekir. Tarif edilen kesiyi yapmak zordur, kendinden eğimli özel bir testere ucu gerektirir. Göreceli instabil (kararsız) bir osteotomi olduğundan sağlam tespite ihtiyaç gösterir, bunun sağlamadığı durumlarda düzeltme kaybı görülme olasılığı yüksektir. Tespit yetmezliğine bağlı düzeltme kaybı en sık sagittal (yan) düzlemde yüklenme ile distal parçanın dorsale doğru açılması şeklinde görülür, bu durum basma sırasında birinci metatars başının yerle temasını azaltacağından ikinci ve üçüncü metatars başları altında aşırı yüklenmeye ve ağrıya (transfer metatarsaljisi) yol açabilir.^[11] Literatürde bu teknikle ilgili %28'e kadar varan komplikasyon oranı bildirmektedir.^[12] Kresentik osteotomi metatars proksimalinde medial yerine dorsal bir insizyona gereksinim gösterir, bu alan gerek yüzeysel peroneal sinirin medial dalları gerekse derin peroneal sinir gövdesiyle yakın komşulukta olduğundan sinir hasarı ve nöroma oluşumu açısından tehlikeli bir bölgedir.^[3]

PROKSİMAL CHEVRON OSTEOTOMİSİ

İsmi onbaşı nişanından alan bu osteotomi sagittal planda her iki bacağı arasında 60°'lik bir açı olan V şeklinde kemik kesisine verilen isimdir, ilk defa 1929 yılında tanımlanmıştır.^[13] Bu osteotomi proksimal kubbe

osteotomisine kıyasla daha kolaydır ayrıca intrinsek stabilitesi (özellikle sagittal plan stabilitesi) çok daha yüksektir. Buna bağlı olarak tespiti de daha kolay ve güvenilirdir, Kirschner (K) telleri ile fiksasyonun dahi yeterli olduğu savunulmaktadır.^[10] Proksimal kresentik osteotomiye oranla kaynamanın daha çabuk olduğu bildirilmiştir.^[10] Ancak bu bir kaydırma osteotomisi olduğundan düzeltme gücü döndürücü osteotomilerle kıyasla daha sınırlıdır, ayrıca şekli gereği sagittal planda yapabileceği düzeltme de sınırlıdır. Bir dezavantaj olarak algılanabilecek bu durum cerrahi uygulanma sırasında distal parçanın dorsifleksiyonda tespitini ve ameliyat sonrası dönemde gözlenebilecek dorsifleksiyonda malunionu önleyerek gerçekte tekniğin güçlü bir tarafı olarak değerlendirilebilir. Dikkatlice yapılmış bir osteotominin metatarsal kısalmaya sebep olmadığı da bildirilmiştir.^[14]

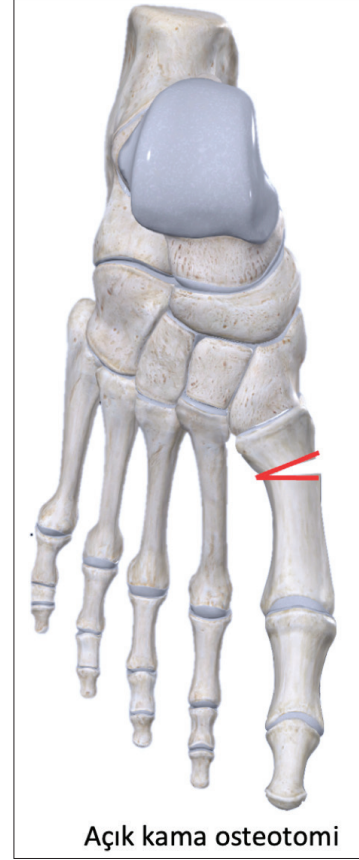
Tüm kaydırıcı osteotomilerde olduğu gibi proksimal Chevron osteotomisinin de deformiteyi düzeltme kapasitesi proksimal metatars gövdesinin kalınlığı ile sınırlıdır.

Bu osteotomiye kesi hattında kaydırmayla birlikte bir miktar rotasyon (açık kama osteotomisinde olduğu gibi) eklenerek deformite düzeltme miktarı artırılabilir. Osteotominin geniş temas yüzeyi vida ve hatta sadece K telleriyle bile güvenli tespiti mümkün kılar. Proksimal Chevron ve kresentik osteotominin karşılaştırıldığı bir çalışmada düzeltme miktarının her iki teknikte benzer olmasına karşılık dorsifleksiyonda malunion riskinin kresentik osteotomide Chevron osteotomisine oranla bariz olarak yüksek olduğu bildirilmiştir.^[15]

AÇIK VEYA KAPALI KAMA OSTEOTOMİLERİ

Bu osteotomiler uygulama kolaylığı sebebiyle pek çok cerrah için cazip bir alternatif olmaya devam etmektedir. Birinci metatarsın proksimal açık kama osteotomisi 1923 yılında tarif edilmiştir.^[9] Orijinal teknikte lateral korteksin bütünlüğünün korunduğu vakalarda fiksasyon ihtiyacının olmadığı bildirilmiştir.

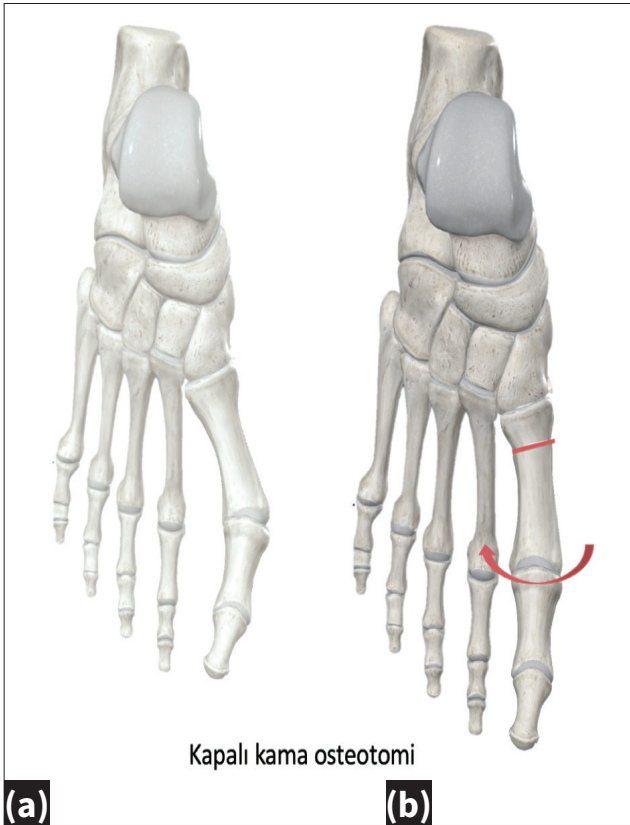
Her iki osteotomide de proksimal metatarsta medialden laterale doğru düz bir kesi yapılır, uzak kortekse ulaşıldığında korteks bütünlüğü bozulmaz. Açık kama osteotomisinde kesi hattı uzak korteks kırılmadan sadece eğilerek osteotomi hattı gerektiği kadar açılır, bu teknik osteotominin stabilitesini belirgin olarak artırır (Şekil 3). Benzer şekilde kapalı kama osteotomisinde proksimal metatarstan kama şeklinde bir kemik parça uzak korteks bütünlüğü bozulmadan çıkarılır ve osteotomi hattı korteks eğilerek kapatılır (Şekil 4). Uzak korteksin sağlam kalması osteotominin intrinsek stabilitesini artırmasının yanında tespit sırasında fragmanların kontrolünü kolaylaştırır. Kapalı kama osteotomisi açık olana kıyasla daha stabil bir osteotomidir, ayrıca greft ihtiyacı olmaz. Ancak



Şekil 3. Proksimal açık kama osteotomisi ile birinci metatarsal deformitenin düzeltilmesinin gösterilmesi.

bu osteotomi metatars boyunu kısaltır, bu da yüklenme sırasında ayak önünde metatars başları altındaki yük dağılımını etkileyerek transfer metatarsaljisinin ortaya çıkmasına sebep olabilir. Benzer şekilde açık kama osteotomisi metatars boyunu uzatır, çoğu hastada osteotomi hattının greftlenmesi gerekir, ayrıca kapalı kama osteotomisine oranla daha sağlam bir tespite ihtiyaç gösterir. Her iki teknikte de osteotomi hattının transvers plandan oblik plana çevrilmesiyle sagittal düzlemde metatarsın bir miktar fleksiyonuna izin vererek metatarsus elevatusu düzeltebilir. Ancak uzak korteksin bütünlüğünün korunduğu osteotomilerin metatarsın rotasyonel deformitelerini düzeltmesi beklenemez.

Intrinsek stabilitesi göz önüne alındığında bu osteotomilerin (özellikle kapalı kama osteotomisinin) fiksasyon yetmezliği sorunu yaşanabilecek hastalarda özellikle ciddi osteoporozu olanlarda ve ameliyat sonrası dönemde ayağına yüklenme kısıtlamalarını yerine getiremeyecek hastalarda öncelikli olarak dikkate alınması önerilmektedir.^[16] Birinci metatarsı kısa olan hastalarda cerrahi girişim sonunda metatarsal uzunluğun artırılması da hedefleniyorsa açık kama osteotomisi mantıklı bir çözüm olarak düşünülebilir.

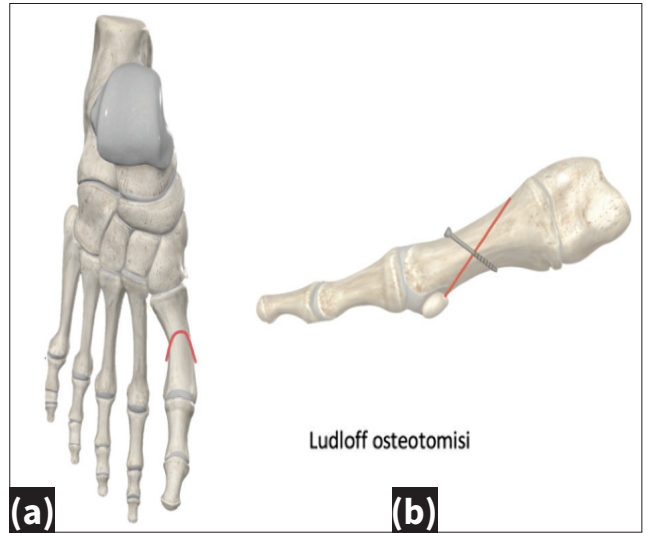


Şekil 4.a,b. Proksimal kapalı kama osteotomisi (a) ile birinci metatarsal deformitenin düzeltilmesi (b).

LUDLOFF OSTEOTOMİSİ

Proksimal metatarsal osteotomiler içinde en ünlü olanlardan biri kuşkusuz Ludloff osteotomisidir. Bu osteotomi birinci metatars proksimaline transvers planda uygulanan oblik bir osteotomidir, kesi sagittal planda bakıldığında metatars gövdesinin dorsal proksimalinden başlar ve plantar distalde sonlanır (Şekil 5). Orijinal teknikte stabil fiksasyon için bir implant kullanılması tarif edilmemiştir ancak teknik daha sonra stabilitenin artırılabilmesi ve düzeltme kaybının önüne geçilmesi için modifiye edilmiş ve osteotomi hattının vidayla tespiti önerilmiştir.^[17]

Ludloff osteotomisinde uygulanan bir başka modifikasyon dorsalden başlayan kesinin 2/3'ü tamamlandıktan sonra volar korteks kesilmeden yarım bırakılması ve bu etapta osteotomi hattını tespit edecek ilk vidanın yerleştirilmesidir. Bu vida kesi tamamlandığında proksimal ve distal parçanın kontrolünü kolaylaştırır aynı zamanda distal parçanın rotasyonu için sabit bir dayanak noktası oluşturur. İlk vidanın mümkün olduğunda proksimale yerleştirilmesi düzeltme miktarını artırıcı etki yapacaktır. Vida tam olarak sıkılmadan kesi tamamlanır. Daha sonra vida üzerinden distal parça laterale doğru gerektiği



Şekil 5.a,b. Ön-arka (a) ve lateral planda (b) Ludloff osteotomisinin görünümü.

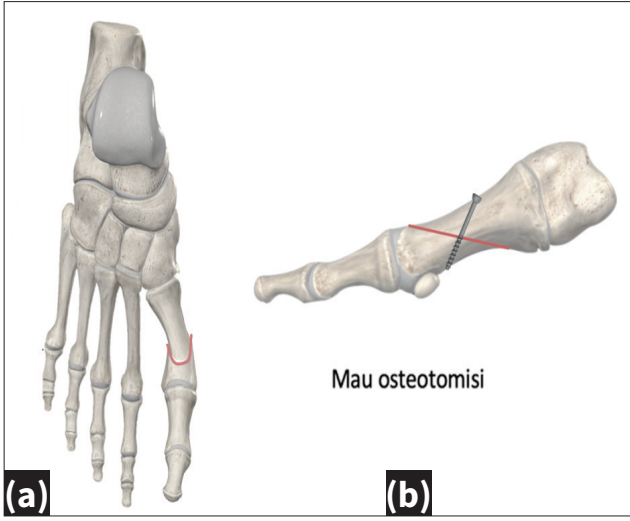
kadar döndürülür ve uygun pozisyona geldiğinde vida sıkılarak osteotomi hattı sabitlenir. Tespiti güçlendirmek için gereğinde distalden ikinci bir vida uygulaması da yapılabilir.

Ludloff osteotomisinde kesi hattı frontal planda yere paraleldir, bunun laterale doğru oblik hâle getirilmesiyle transvers planda metatarsus varusu düzeltirken sagittal planda metatarsus elevatusu da düzeltmek mümkündür. Ancak bu osteotomi frontal plandaki pronasyon deformitesini düzeltmede yetersiz kalabilir.

Ludloff osteotomisi biyomekanik olarak diğer osteotomilerle kıyaslandığında daha zayıf bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır.^[18] Bu durum iyileşme sırasında düzeltme kaybına ve yanlış kaymalara (özellikle dorsifleksiyonda malunion) yol açabilir. Birinci metatars başının diğer metatars başlarına oranla yukarıda durması ayak önünde yüklenme dengesini bozan ve transfer metatarsalisine yol açabilen bir sorundur. Benzer şekilde bu osteotominin metatarsal kısalmaya yol açabildiği de bildirilmektedir, sonuçta kısa metatarsı ve/veya transfer metatarsaljsi olan hastalarda öncelikli yöntem olarak tercih edilmemesi gerektiği bildirilmektedir.^[19]

MAU OSTEOTOMİSİ

Mau osteotomisi en basit tanımı ile ters Ludloff osteotomisi olarak adlandırılabilir. Bu osteotomi proksimal metatars için tanımlanmış döndürücü osteotomilerin tespit zayıflıklarını ortadan kaldırabilmek amacı ile geliştirilmiştir.^[20] Mau ve Lauber'in 1926 yılında tarif ettiği bu osteotomi proksimal plantardan distalde dorsale uzanan oblik bir proksimal diyafizer osteotomidir (Şekil 6).^[21] Bu ters konfigürasyon şekil itibarıyla dorsal deplasmana



Şekil 6.a,b. Mau osteotomisinin ön-arka (a) ve lateral plandaki görünümü (b).

dirençli olduğundan Ludloff osteotomisine göre daha stabil bir osteotomi olarak kabul edilir. Osteotominin proksimal parçada yer alan uzun dorsal bacağı yüklenme sırasında distal parçanın dorsale deplasmanını engelleyici bir destek olarak görev yapar. Bu şekilde yüklenme sırasında osteotomi hattında ortaya çıkan distraktif (ayırıcı) kuvvetlerin kompresif (sıkıştırıcı) kuvvetler hâline getirilmesi sağlanarak stabilite arttırılmaktadır. Yapılan biyomekanik çalışmalar da bu osteotominin fiksasyon gücünün Ludloff osteotomisine kıyasla daha üstün olduğunu göstermiştir.^[22]

Mau osteotomisi de yüksek derecedeki açısal deformiteleri metatarsal elevasyon, yanlış kaynama ve kısalmaya sebep olmadan düzeltilebilir ancak rotasyon merkezinin daha distalde yer almasından dolayı Ludloff osteotomisiyle kıyaslandığında daha sınırlı bir düzeltmeye izin verir.^[22]

Sammarco ve ark. intermetatarsal açı düzeltme miktarını arttırabilmek için Mau osteotomisini kemik kesi hattını daha proksimale taşıyarak modifiye etmişlerdir.^[21] Bu modifikasyonda plantar metafizyal kortekste ilkine dik ikinci bir kesi yapılır. Bu ikinci kesi proksimale taşınan osteotominin metatarsın proksimal eklem yüzüne açılmasını engellemektedir. Bu şekilde Mau osteotomisinin intrinsek stabilite gücünden ödün vermeden düzeltme miktarı arttırılabilir. Proksimal parçada oluşan küçük plantar basamak distal fragmanın proksimale migrasyonunu engelleyerek metatars uzunluğunun korunmasına da yardımcı olur. Bu avantajlara ek olarak proksimal metafize yerleşen bu yeni osteotomi hattı metafizodiafizler bileşkeye yerleşen klasik osteotomiye oranla daha güvenilir bir kaynama potansiyeline sahiptir.^[21]

PROKSİMAL ROTASYONEL METATARSAL OSTEOTOMİ (PROMO)

Bu osteotomi metatarsal valgus deformitesinin yanında pronasyon deformitesini de etkin bir şekilde düzeltilemek için tarif edilmiştir. Halluks valgus deformitesinin bir bileşeni olan metatarsal pronasyonun önemi son yıllarda ortaya konmuştur. Tarif edilmiş pek çok osteotomi tekniğinin deformitenin pronasyon bileşenini düzeltmede yetersiz kaldığı gözlenmiştir. Oysaki metatarsal pronasyonun düzeltilememesi kötü fonksiyonel sonuçlarla yakın ilişkilidir ve deformitenin tekrarlama riskini arttırmaktadır.^[23] Güncel literatür halluks valgus deformitesinde metatarsal pronasyonun belirgin olduğu durumlarda (>15°) etkin bir rotasyonel düzeltmenin gerekliliğini savunmaktadır.^[23]

Proksimal rotasyonel metatarsal osteotomi metatars proksimalinde yapılan oblik bir metatarsal kesiyi tarif eder. Kesi tamamlandıktan sonra distal parça supinasyona (eksternal rotasyona) döndürülür. Bu manevra ile osteotomi hattından metatarsın pronasyonu, varus deviasyonu hatta metatarsal elevasyonu da düzeltmek mümkün olur.^[23]

Yapılan ameliyat sonrası röntgen filmi incelemeleri PROMO'nun distal metatarsal artiküler açığı (DMAA) da etkin bir şekilde düzelttiğini göstermiştir.^[24] Benzer şekilde PROMO ile düzeltilen deformitelerde bunyonektomi gereksiniminin de ortadan kalktığı gözlenmiştir.^[24] Bu da bize metatars başı medialinde gözlenen kemik çıkıntının gerçek bir eksostoz olmadığı, metatarsal malrotasyona bağlı metatars başının dorso medial kenarı olduğunu göstermektedir.

Coughlin ayakta metatarsal dizilimin sağlanmasının intrinsek ve ekstrinsek kasların ayrıca birinci sıra instabilitesinde anahtar rol oynayan plantar aponözün normal anatomik dizilimini ve fonksiyonunu tekrar geri getireceğini ve instabilitenin belirgin olarak azalacağını savunmaktadır. Metatarsal pronasyonun etkin bir şekilde düzeltildiği vakalarda birinci sıra hiper mobilitesinin de belirgin olarak azalacağı ve birinci TMT eklem artrodize ihtiyacın kalmayacağı da bildirilmektedir.^[25]

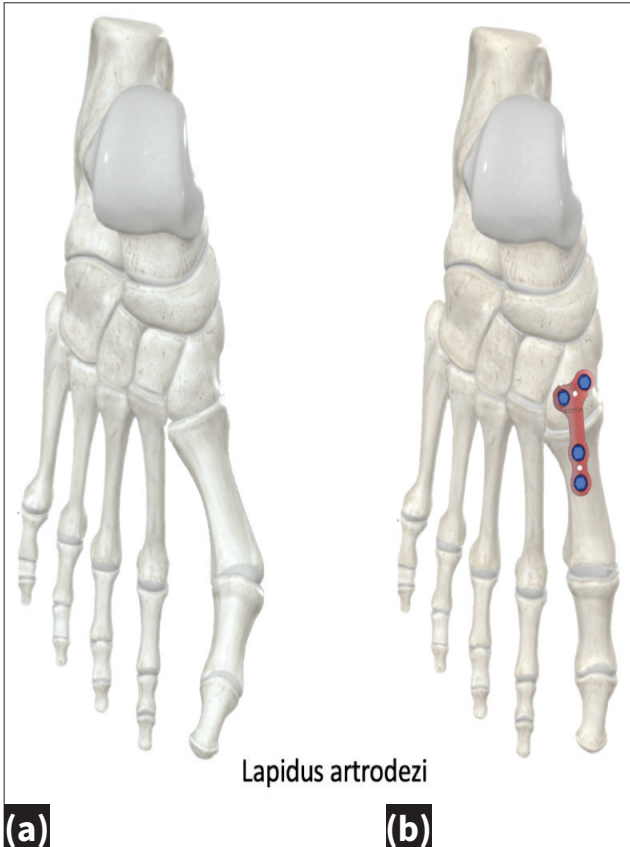
Daha önce de belirtildiği gibi klasik osteotomiler pronasyon deformitesini düzeltmede yetersiz kalmaktadırlar. Proksimal metatarsal osteotomi ve Lapidus girişi metatarsal pronasyonu güvenilir bir şekilde düzeltilebilir birkaç girişimin başında gelir. Yamaguchi ve ark. metatarsal pronasyonun derecesinin ön-arka grafilerde birinci metatars başının lateral kenarının şeklinin değerlendirilmesiyle belirlenebileceğini göstermişlerdir.^[26]

LAPIDUS GİRİŞİMİ

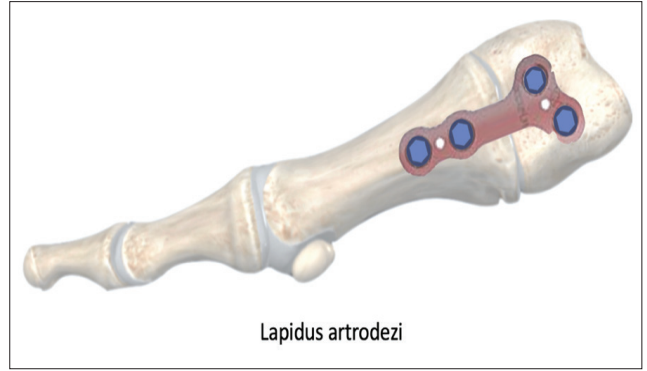
Lapidus operasyonu aslında bir metatarsal osteotomi değildir. Bu girişim, birinci tarsometatarsal eklemin kırık-dak yüzlerinin traşlanması ve serbestleştirilen eklem hatından deformitenin düzeltilerek eklem uygun pozisyonda artrodezinin tarif eden bir tekniktir (Şekil 7,8).

Paul Lapidus tarafından 1929 yılında tarif edilen yöntem gerek tespit zorlukları gerekse yüksek kaynamama oranları ile uzun süre ayak cerrahisindeki yerini tam bulamamıştır.^[27] Ancak son yıllarda bu ameliyatın tekniğinin geliştirilmesi, sağlam tespiti izin veren implantların ortaya çıkmasıyla ileri halluks valgus deformitesini düzeltmede daha sık tercih edilen bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 8).

Lapidus girişiminin birincil endikasyonu birinci TMT eklem instabilitesiyle birlikte olan halluks valgus deformitesidir. Lapidus girişimi deformitenin ağır olduğu durumlarda tercih edilen bir ameliyattır, yüksek düzeltme gücüne sahiptir, deformitenin her üç bileşenini de düzeltebilir, ayrıca birinci TMT instabiliteye ait sorunları da çözer. Bu instabilitenin halluks valgus deformitesinin oluşumunda önemli rol oynadığı, ayrıca nüksünün en



Şekil 7.a,b. Lapidus prosedürü. Birinci tarsometatarsal eklemden deformitenin bileşenlerinin düzeltilmesi (a) ve plak ile eklem artrodezi (b).



Şekil 8. Lapidus artrodezinin medialden uygulanan plak ve vidalarla tespiti.

önemli sebebi olduğu düşünülmektedir.^[27] Bu durumda TMT instabilitenin varlığında halluks valgusun düzeltilmesinde Lapidus girişimi mantıklı bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Buna ek olarak semptomatik TMT artroz ile birlikte halluks valgus deformitesinin varlığında da ilk akla gelecek seçenek olarak düşünülmelidir.^[28]

Burada kararın en önemli belirleyicisinin hiper mobil bir TMT eklem olduğunu hatırlatmak gerekir, hiper mobilitenin kontrol altına alınamadığı bir halluks valgus cerrahisi sonrası rekürrens ihtimali çok yükselir. Lapidus prosedürü, deformiteyi düzeltirken instabiliteyi de ortadan kaldıracığından bu tip ayaklarda en güvenilir yöntem olarak düşünülebilir.^[28]

Lapidus girişiminin kendine ait birtakım dezavantajları ve sorunları olduğunu da unutmamak gerekir. Gelişmiş implant teknolojisine rağmen kaynamama hâlen bu uygulamada ciddi bir sorundur.

Birinci TMT eklem ayakta şok emici mekanizmanın bir parçasıdır. Ayak yerle temas ettiğinde medial kolonda yer alan eklemler kontrollü bir dorsifleksiyon hareketi yaparak oluşan yer tepkime kuvvetini soğururlar ve birinci metatars başının aşırı yüklenmesini önlerler. Tarif edilen dorsal hareketin kaybının birinci metatars başı altında plantar basıncı arttırdığı gösterilmiştir. Benzer şekilde naviküloküneiform eklemden ve beşinci metatarsoküboid eklemden temas basınçlarını, ayrıca ikinci metatars artan yüklenmeye bağlı stres kırıklarını arttırabileceği de gösterilmiştir.^[29,30] Bütün bu bilgiler göz önüne alındığında artrodez kararının detaylı bir muayene ve araştırma sonucunda verilmesinin önemi ortaya çıkmaktadır.

Hiper mobilite (eklemden aşırı hareketlilik) fizik muayenede ve radyolojik değerlendirmelerde ortaya konabilen bir bulgudur. Ancak TMT eklem hiper mobilitesinin değerlendirilmesi deneyim gerektirir, hâlen standardize edilememiştir ve değerlendirme yöntemleri objektif olmaktan uzaktır.^[31] Genellikle komşu metatarslar sabitlendiğinde birinci metatarsın dorso plantar düzlemde bir parmak

kalınlığından daha fazla hareketli olması olarak tanımlanmıştır. Klaue ve Jones kendi tanımladıkları cihazla yapılan ölçümlerde birinci sırada 9 milimetre (mm) ve üzerinde bir sagittal hareketin varlığında eklem aşırı hareketli olduğunu savunmaktadırlar.^[32]

Daha objektif değerlendirme için Myerson ön ayağın bir flaster yardımıyla sıkıca bantlanarak çekilen yüklenmede ayak graflerinin değerlendirilmesini önermiştir. Bantlama ile transvers planda İMA düzeliyorsa instabiliteden şüphe edilmelidir. Bunun yanı sıra, ayakta çekilen graflerde ön-arka planda metatarsin medial küneiform üzerinde translasyonu lateral grafide ise eklem aralığının plantarda açılması eklem instabilitesini gösteren bulgular olarak yorumlanmaktadır.^[8]

KOMPLİKASYONLAR VE ÇÖZÜMLERİ

Proksimal osteotomilerde gözlenen sorunlar ve komplikasyonlar genellikle benzerdir. Bu bölümde sık görülen bazı komplikasyonlar ve çözüm önerileri tartışılmıştır.

Tespit Materyalinin Ciltte Yarattığı İrritasyon ve Ağrı: Birinci metatarsin proksimal kısmının dorsomedial ayak kabıyla yakın temasta olan bir alandır. Bu bölgeye yerleştirilecek her türlü implantın zamanla irritasyon yapma riski çok yüksektir. Bu sebeple yazarlar metatars proksimaline uygulanacak implantların mümkün olduğunda dorsomediale yerleşmemesini, mümkünse plantar medialde abdükör hallusis kasının altına saklanması veya birinci web aralığında metatars dorsolateralinde yumuşak dokular arasına gizlenmesini önermektedirler.

Damar Sinir Yaralanması: Özellikle birinci TMT eklem yapılacak girişimlerde dorsalis pedis arteri ve derin peroneal sinirin eklem hemen medialinde yer aldığını unutmamak gereklidir. Eklem yüzlerinin tıraşlanacağı girişimlerde veya proksimal metatarsal osteotomilerde kemikle yumuşak dokular arasına bir mini elevatör yerleştirilmesi olası yaralanmaların önlenmesinde çok faydalı olacaktır. Benzer şekilde yazarlar peroneal sinirin duysal dallarının ayak dorsalinde yapılacak kesilerde korunmasının ileride oluşabilecek ağrılı nöromaların önlenmesi için önemli olduğunu vurgulamak isterler.

Deformitenin Tekrarı: Halluks valgus deformitesinin en sık görülen komplikasyonları yetersiz düzeltme ve rekürrens olarak bildirilmektedir.^[33] Bunların önüne geçebilmek için deformitenin tüm bileşenlerinin tam olarak düzeltilmesinin gerekliliği vurgulanmaktadır. Son yıllarda metatarsal pronasyonun düzeltilmesinin önemi daha iyi anlaşılmıştır ve ameliyat sonrası graflerde sesamoid redüksiyonunun tam olmaması aynı zamanda metatars başının lateral kenarının yuvarlak olarak görülmesi pronasyonun tam düzeltilmediğinin göstergesi olarak kabul edilmektedir, bu bulguların deformitenin tekra-

rında önemli risk faktörleri olduğu bildirilmektedir.^[34,35] Benzer şekilde operasyon sonrası birinci TMT eklem instabilitesinin düzeltilmemesi de rekürrens için zemin hazırlamaktadır.

Birinci Metatarsın Dorsal Angulasyonu: Proksimal metatarsal osteotomilerin sık görülen bir komplikasyonudur, literatürde %28 ile %82 oranında gözlenebildiği bildirilmektedir.^[36] Osteotomi hattında ortaya çıkan dorsal deplasman ya cerrahi sırasında distal metatarsal fragmanın kontrolündeki yetersizlik sonucu ortaya çıkar ya da ameliyat sonrası dönemde tespit yetersizliği veya medial kolona erken yük vermeye bağlı oluşabilir. Yapılan çalışmalar Mau, Ludloff ve Scarf gibi uzun bacaklı osteotomilerin dorsal angulasyona gitme riskinin proksimal kresentik ve Chevron osteotomileri gibi kısa bacaklı osteotomilere oranla daha az olduğunu göstermiştir.^[37] Metatarsal osteotomiler planlanırken hastanın kemik kalitesinin de göz önünde bulundurulması çok önemlidir. Osteoporoz kemik fiksasyonu için önemli bir sorundur. Belirgin osteoporozun varlığında intrensek stabilitesi yüksek osteotomilerin seçilmesi, tespiti güçlendirmek için vida yerine anatomik plak ve kilitli vidaların tercih edilmesi ya da rotasyonel osteotomilere kıyasla daha iyi intrensek stabilitesi olan kaydırma osteotomilerinin tercih edilmesi önerilmektedir.^[38]

Distal Metatarsal Artiküler Açının Düzeltilmemesi: Ludloff ve benzeri döndürücü osteotomilerin distal metatarsal artiküler açığı (DMAA) arttıracığı unutulmamalıdır. Distal metatarsal artiküler açının yüksek ve eklem uyumlu olduğu vakalarda döndürücü osteotomiler DMAA ve başparmağın laterale deviasyonunu arttırdığından, bu hastalarda DMAA'yı etkilemeyen kaydırıcı osteotomilerin (Skarf veya Chevron gibi) tercih edilmesi önerilir, aksi takdirde artan DMAA'yı düzeltmek için metatars distalinde ikinci bir osteotomi yapmak gerekebilir.

Tendon Yaralanması: Başparmak kısa ve uzun ektansör tendonlarının birinci metatars proksimalinde kemikle yakın temasta olduğu bilinmektedir. Burada yapılacak bir osteotominin ve uygulanacak implantların tendon irritasyonuna sebep olmaması için gerekli özen gösterilmelidir. Yumuşak doku diseksiyonu sırasında tendon kılıflarının açılmaması, uygulanacak tüm implantların tendon hattının dışında bırakılması osteotomi hattının dorsalde basamaklanmaması için gerekli çabanın sarf edilmesi bu sorunları önlemede en akılcı yaklaşım olacaktır.

Transfer Metatarsalijisi: Halluks valgus cerrahisinin ciddi komplikasyonlarından biridir ve genellikle birinci metatarsın kısalması ve/veya dorsifleksiyonda malunionu sonucu gelişir.^[34] İlimli şikâyetleri olan hastalar metatars başları altında yük dağılımını düzelteren tabanlıkardan fayda görebilirler. Şikâyetin kalıcı olması cerrahi girişimi gerektirir. Bu sorunun önüne geçebilmek için

uygulanacak osteotomi sırasında metatarsal kısalmaya sebep olmaktan kaçınılması, fiksasyon sırasında birinci metatars başının diğerlerine oranla dorsalde yerleşmediğinden emin olunması ve osteotomi hattında stabil bir tespitin sağlanması önerilmektedir.^[34]

Artrozun Varlığı: Semptomatik birinci metatarsofalangeal (MTP) eklem artrozunun varlığı metatarsal osteotomiler için bir kontrendikasyon olarak tanımlanır.^[21] Hem artrit hem halluks valgus deformitesinin birlikte olduğu durumlarda artrit tedavisi yapılmadan hastanın şikâyetini gidermek mümkün olmayacaktır. Bu durumda MTP ekleme uygulanacak artrodez ile deformiteyi düzeltmek daha doğru yaklaşım olarak bildirilmektedir. Bu arada birinci metatarsın her iki ucundaki eklemlerin birlikte artrodezi kesinlikle önerilmemektedir, böyle bir uygulama ayak medial kolonunun sertleşmesine ve yürüme sırasında ayağın medial kolonunun esnemesinin kısıtlanmasına sebep olacaktır.

Redüksiyon Kaybı: Proksimal osteotomilerin başarısızlık sebeplerinden biridir, genellikle tespit yetersizliğinden kaynaklanır. Kötü cerrahi teknik, belirgin osteoporoz/osteopeni, kısa osteotomi hattı ve uygun olmayan implant seçimi tespit yetersizliklerinin ana sebepleri olarak gösterilir. Dorsal kemik fragmanın kırılması osteoporotik kemiklerde ve tespit vidasının osteotomi hattına çok yakın konumda yerleştirildiği durumlarda gözlenebilir. Benzer şekilde vida başının kemikte vida yuvası açılmadan sıkılmasının da kırıklara yol açabildiği belirtilmektedir.^[38]

Erken ameliyat sonrası grafilerde osteotomi hattında periosteal kemik oluşumunun gözlenmesi kırık hattında hareketin habercisidir ve tespit yetersizliğinin bir kanıtıdır. Bu durumda her ne kadar kaynama oluşsa da metatars başında elevasyon ve gövdesinde dorsale açılma ortaya çıkar. Eğer kırık hattında instabilite bulguları saptanmışsa yüklenmenin geciktirilmesi önerilir. Tespit yöntemlerindeki gelişmeler bu komplikasyonun azalmasında önemli rol oynamıştır.^[37]

KAYNAKLAR

- Easley ME, Trnka HJ. Current concepts review: Hallux valgus part 1: Pathomechanics, clinical assessment, and non-operative management. *Foot Ankle Int* 2007;28(5):654-9. [Crossref](#)
- Kim Y, Kim JS, Young KW, Naraghi R, Cho HK, Lee SY. A new measure of tibial sesamoid position in hallux valgus in relation to the coronal rotation of the first metatarsal in CT scans. *Foot Ankle Int* 2015;36(8):944-52. [Crossref](#)
- Schuh R, Willegger M, Holinka J, Ristl R, Windhager R, Wanivenhaus AH. Angular correction and complications of proximal first metatarsal osteotomies for hallux valgus deformity. *Int Orthop* 2013;37(9):1771-80. [Crossref](#)
- Zambelli R, Baumfeld D. Intraoperative and postoperative evaluation of hallux valgus correction: What is important? *Foot Ankle Clin* 2020;25(1):127-39. [Crossref](#)
- Park CH, Lee WC. Recurrence of hallux valgus can be predicted from immediate postoperative non-weight-bearing radiographs. *J Bone Joint Surg Am* 2017;99(14):1190-7. [Crossref](#)
- Trnka HJ. Osteotomies for hallux valgus correction. *Foot Ankle Clin* 2005;10(1):15-33. [Crossref](#)
- Kummer FJ. Mathematical analysis of first metatarsal osteotomies. *Foot Ankle* 1989;9(6):281-9. [Crossref](#)
- Ferraro PN, Saragas NP. Rotational and opening wedge basal osteotomies. *Foot Ankle Clin* 2014;19(2):203-21. [Crossref](#)
- Nery C, Réssio C, de Azevedo Santa Cruz G, de Oliveira RS, Chertman C. Proximal opening-wedge osteotomy of the first metatarsal for moderate and severe hallux valgus using low profile plates. *Foot Ankle Surg* 2013;19(4):276-82. [Crossref](#)
- Easley ME, Kiezbak GM, Davis WH, Anderson RB. Prospective, randomized comparison of proximal crescentic and proximal chevron osteotomies for correction of hallux valgus deformity. *Foot Ankle Int* 1996;17(6):307-16. [Crossref](#)
- Jahss MH, Troy AI, Kummer F. Roentgenographic and mathematical analysis of first metatarsal osteotomies for metatarsus primus varus: A comparative study. *Foot Ankle* 1985;5(6):280-321. [Crossref](#)
- Zettl R, Trnka HJ, Easley M, Salzer M, Ritschl P. Moderate to severe hallux valgus deformity: Correction with proximal crescentic osteotomy and distal soft-tissue release. *Arch Orthop Trauma Surg* 2000;120(7-8):397-402. [Crossref](#)
- Markbreiter LA, Thompson FM. Proximal metatarsal osteotomy in hallux valgus correction: A comparison of crescentic and chevron procedures. *Foot Ankle Int* 1997;18(2):71-6. [Crossref](#)
- Sammarco GJ, Brainard BJ, Sammarco VJ. Bunion correction using proximal Chevron osteotomy. *Foot Ankle* 1993;14(1):8-14. [Crossref](#)
- Jones C, Coughlin M, Villadot R, Golanó P. Proximal crescentic metatarsal osteotomy: The effect of saw blade orientation on first ray elevation. *Foot Ankle Int* 2005;26(2):152-7. [Crossref](#)
- Campbell JT, Schon LC, Parks BG, Wang Y, Berger BI. Mechanical comparison of biplanar proximal closing wedge osteotomy with plantar plate fixation versus crescentic osteotomy with screw fixation for the correction of metatarsus primus varus. *Foot Ankle Int* 1998;19(5):293-9. [Crossref](#)
- Myerson MS. The modified Ludloff metatarsal osteotomy. In: Myerson M editor. *Reconstructive Foot and Ankle Surgery. Management of complications*, 2nd ed. Elsevier; 2010. p. 11-8. [Crossref](#)
- Unal AM, Baran O, Uzun B, Turan AC. Comparison of screw-fixation stabilities of first metatarsal shaft osteotomies: A biomechanical study. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2010;44(1):70-5. [Crossref](#)
- Choi WJ, Yoon HK, Yoon HS, Kim BS, Lee JW. Comparison of the proximal chevron and Ludloff osteotomies for the correction of hallux valgus. *Foot Ankle Int* 2009;30(12):1154-60. [Crossref](#)

20. Neese DJ, Zelichowski JE, Patton GW. Mau osteotomy: An alternative procedure to the closing abductory base wedge osteotomy. *J Foot Surg* 1989;28(4):352-62.
21. Sammarco VJ. Surgical strategies: Mau osteotomy for correction of moderate and severe hallux valgus deformity. *Foot Ankle Int* 2007;28(7):857-64. [Crossref](#)
22. 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):711-6. [Crossref](#)
23. Wagner P, Wagner E. Is the rotational deformity important in our decision-making process for correction of hallux valgus deformity? *Foot Ankle Clin* 2018;23(2):205-17. [Crossref](#)
24. Wagner P, Wagner E. Republication of 'Proximal rotational metatarsal osteotomy for hallux valgus (PROMO): Short-term prospective case series with a novel technique and topic review'. *Foot Ankle Orthop* 2023;8(3):24730114231195049. [Crossref](#)
25. Coughlin MJ, Jones CP. Hallux valgus and first ray mobility: A prospective study. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89(9):1887-98. [Crossref](#)
26. Yamaguchi S, Sasho T, Endo J, Yamamoto Y, Akagi R, Sato Y, et al. Shape of the lateral edge of the first metatarsal head changes depending on the rotation and inclination of the first metatarsal: A study using digitally reconstructed radiographs. *J Orthop Sci* 2015;20(5):868-74. [Crossref](#)
27. Baravarian B, Ben-Ad R. Contemporary approaches and advancements to the Lapidus procedure. *Clin Podiatr Med Surg* 2014;31(2):299-308. [Crossref](#)
28. Schmid T, Krause F. The modified lapidus fusion. *Foot Ankle Clin* 2014;19(2):223-33. [Crossref](#)
29. Wang Y, Li Z, Zhang M. Biomechanical study of tarsometatarsal joint fusion using finite element analysis. *Med Eng Phys* 2014;36(11):1394-400. [Crossref](#)
30. Wong DW, Zhang M, Yu J, Leung AK. Corrigendum to "Biomechanics of first ray hypermobility: An investigation on joint force during walking using finite element analysis". [*Med Eng Phys* 2014;36:1388-93]. *Med Eng Phys* 2023;116:103984. [Crossref](#)
31. Klaue K, Hansen ST, Masquelet AC. Clinical, quantitative assessment of first tarsometatarsal mobility in the sagittal plane and its relation to hallux valgus deformity. *Foot Ankle Int* 1994;15(1):9-13. [Crossref](#)
32. Jones CP, Coughlin MJ, Pierce-Villadot R, Golano P, Kennedy MP, Shurnas PS, et al. The validity and reliability of the klaue device. *Foot Ankle Int* 2005;26(11):951-6. [Crossref](#)
33. Moon JY, Lee KB, Seon JK, Moon ES, Jung ST. Outcomes of proximal chevron osteotomy for moderate versus severe hallux valgus deformities. *Foot Ankle Int* 2012;33(8):637-43. [Crossref](#)
34. Okuda R, Kinoshita M, Yasuda T, Jotoku T, Kitano N, Shima H. Postoperative incomplete reduction of the sesamoids as a risk factor for recurrence of hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91(7):1637-45. [Crossref](#)
35. Okuda R, Kinoshita M, Yasuda T, Jotoku T, Shima H, Takamura M. Hallux valgus angle as a predictor of recurrence following proximal metatarsal osteotomy. *J Orthop Sci* 2011;16(6):760-4. [Crossref](#)
36. Trnka HJ, Parks BG, Ivancic G, Chu IT, Easley ME, Schon LC, et al. Six first metatarsal shaft osteotomies: Mechanical and immobilization comparisons. *Clin Orthop Relat Res* 2000;(381):256-65. [Crossref](#)
37. Sammarco VJ, Acevedo J. Stability and fixation techniques in first metatarsal osteotomies. *Foot Ankle Clin* 2001;6(3):409-32. [Crossref](#)
38. Tsilikas SP, Stamatis ED, Kourkoulis SK, Mitousoudis AS, Chatzistergos PE, Papagelopoulos PJ. Mechanical comparison of two types of fixation for ludloff oblique first metatarsal osteotomy. *J Foot Ankle Surg* 2011;50(6):699-702. [Crossref](#)