



Birinci metatars şaft osteotomilerinin vida ile tespit stabiliteilerinin karşılaştırılması: Biyomekanik çalışma

A. Meriç ÜNAL, Önder BARAN, Bora UZUN,* Ahmet C. TURAN

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, *Biyomekanik Anabilim Dalı

Amaç: Orta ve ileri halluks valguslu olguların cerrahi tedavisinde son yıllarda yaygınlaşan metatarsal şaft osteotomilerinin, daha iyi redüksiyon ve stabilite sağlamalarına karşın, açısız düzeltmeyle ters orantılı tespit sorunları bulunmaktadır. Bu çalışmada, günümüzde sıklıkla kullanılan metatarsal şaft osteotomileriyle yeni tanımlanmış olduğumuz osteotomi modifikasyonunun ileri açısız düzeltmelerde vidayla tespit yönteminin sağlamlığı üzerindeki etkileri biyomekanik olarak değerlendirildi.

Çalışma planı: Şaft osteotomilerinin var olan sorunları irdelenerek, daha fazla açısız düzeltme yapabilirken yeterli temas alanı sağlayan, stabiliteyi artırıcı özelliklere sahip ve osteosentez açısından daha güvenli yeni bir osteotomi tasarlandı. Mau osteotomisinin yeni bir modifikasyonu olarak değerlendirilen bu yöntemde, Sammarco modifikasyonunda temas yüzeyini artırmak amacıyla tanımlanmış olan proksimal plantar çentik, daha proksimalden ve osteotomi ile yaklaşık 50° açı yapacak şekilde uygulandı ve osteotomi distal eklem yüzüne 5 mm kalana kadar uzatıldı. Böylece, temas yüzeyinin ve intrinsek stabilitenin artırılması amaçlandı. Biyomekanik çalışma için 30 adet Sawbones metatars kemik modeli beş gruba ayrıldı ve her bir gruba şu osteotomi yöntemlerinden biri uygulandı: Ludloff osteotomisinin Myerson modifikasyonu, Mau, scarf, ofset V osteotomileri ve Mau osteotomisinin yeni modifikasyonu. Bütün osteotomilerde standart olarak intermetatarsal açıda 10 derecelik düzeltme sağlanarak uygun osteosentez iki adet Acutrak vidası ile yapıldı. Osteotomiler ile osteosentez arasındaki stabilite ilişkisi üç nokta eğme testiyle araştırıldı.

Sonuçlar: Ludloff grubunun sertlik değeri diğer tüm gruplardan anlamlı derecede düşük bulundu ($p<0.05$). Mau grubunun sertlik değeri, üç gruptan anlamlı derecede yüksek bulunurken ($p<0.05$), ofset V grubuna göre yükseklik anlamlı değildi. Yeni Mau modifikasyonu grubunda sertlik değeri scarf grubundan anlamlı derecede yüksek bulunurken ($p=0.016$), ofset V grubundan anlamlı farklılık göstermedi. Çentikli osteotomi grubu ile çentiksiz osteotomi grubunun sertlik değerleri arasında anlamlı fark saptanmadı ($p=0.582$). Tek çentikli osteotomi grubunun sertlik değeri, çift çentikli gruba göre anlamlı derecede yüksek idi ($p=0.031$).

Çıkarımlar: Çalışmamızda, proksimal şaft osteotomileri üzerinde yapılan modifikasyonla, açısız düzeltme merkezinin daha proksimalde yer alması yanı sıra vidayla tespitle yeterli stabilite de sağlandığı görülmüştür.

Anahtar sözcükler: Biyomekanik; halluks valgus/cerrahi; metatarsal kemikler/cerrahi; osteotomi/yöntem.

Halluks valgus, ayak birinci parmağın laterale, birinci metatarsın mediale deviyasyonu ile karakterize, ayağın en sık görülen deformitesidir.^[1-3] Etyolojisinde intrinsek ve ekstrinsek faktörler vardır ve kadınlar-

da daha sık görülmektedir.^[1,3] Değerlendirmede en sık halluks valgus açısı^[4,5] ve intermetatarsal açı^[3,4,6,7] kullanılmaktadır.^[7-10] Halen kullanılmakta olan sınıflandırma radyografik sınıflandırmadır. Buna göre

Yazışma adresi: Dr. A. Meriç Ünal, Sanayi Mah., İstanbul Cad., Ali Münif Özdemir Apt., No: 52, Kat 2 D: 1, 32200 Isparta.
Tel: 0246 - 223 73 16 e-posta: abdmunal@yahoo.com

Başvuru tarihi: 02.02.2009 **Kabul tarihi:** 13.10.2009

© 2010 Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği

hastalık hafif, orta ve ileri olmak üzere üç evreye ayrılır.^[3,7]

Deformiteyi düzeltici tek tedavi yöntemi cerrahidir. Teknik seçiminde halluks valgus açısı, intermetatarsal açı, birinci metatarsofalangeal eklemden artroz varlığı, birinci tarsometatarsal eklem hiper-mobilitesi, sesamoidlerin konumu, kas-tendon dengesi ve birinci metatarsofalangeal eklem uyumu önemlidir.^[5] Teknikler yumuşak doku prosedürleri, metatars ve falanks osteotomileri ve bunların birleşimi şeklinde gruplandırılabilir. Metatarsal osteotomiler günümüzde yaygın olarak kullanılan cerrahi seçeneklerdendir.

Metatarsal osteotomilerde temel amaç intermetatarsal açığı azaltmaktır. Yapıldığı bölgeye göre distal, şaft ve proksimal olarak sınıflandırılan birçok osteotomi tipi tanımlanmıştır. Distal osteotomiler genellikle hafif ve orta derecede olgularda, proksimal osteotomiler ise genellikle ileri olgularda kullanılmaktadır.

1920'lerden beri bilinen metatarsal şaft osteotomileri ise son dönemlerde yapılan modifikasyonlar ile daha yaygın hale gelmiştir. En sık kullanılan tipleri Ludloff, Mau, scarf osteotomileri ve distal chevron osteotomisinin bir modifikasyonu olan ofset V osteotomisidir.^[11-16] Bu osteotomilerin mükemmel olmadığı düşünülmüş ve çok sayıda yeni modifikasyonları tanımlanmıştır.^[11-15] Bu modifikasyonlar genellikle temas yüzeyini ve kaynamayı artırmaya, osteotominin stabilitesini artırmaya, kısalığı, dorsal açılanmayı ve osteotomiye özel bazı komplikasyonları azaltmaya ve endikasyonları genişletmeye yöneliktir.^[11-17]

Kliniğimizde Mau modifikasyonu olarak geliştirilen osteotomi tekniğine şu özellikler kazandırılmıştır: (i) Osteotomi çizgisinin plantar düzleme paralel olması sağlandı. (ii) Mau osteotomisinin düz çizgisi proksimalde kırılarak, açıklığı plantere bakan L şeklinde modifikasyon uygulandı. (iii) Rotasyon merkezi proksimale alındı. Yeni tanımlanan osteotomi tekniğiyle hem daha iyi redüksiyon hem de daha stabil tespit sağlamak hedeflendi.

İki vidayla yapılan tespit osteosentez prensipleri açısından en güvenilir yöntem olmasına karşın, osteotomilerde düzeltme sonrası uygulamada teknik zorluklar ortaya çıkmaktadır. Açısal düzeltme arttıkça temas alanının azalması vida uygulamasını olumsuz etkilemektedir.

Bu çalışmada, günümüzde sıklıkla kullanılan metatarsal şaft osteotomileriyle yeni tanımlanmış olduğumuz osteotomi uygulamasının ileri açısal düzeltmelerde vidayla tespit yönteminin sağlamlığı üzerindeki etkileri biyomekanik olarak ölçüldü ve karşılaştırıldı.

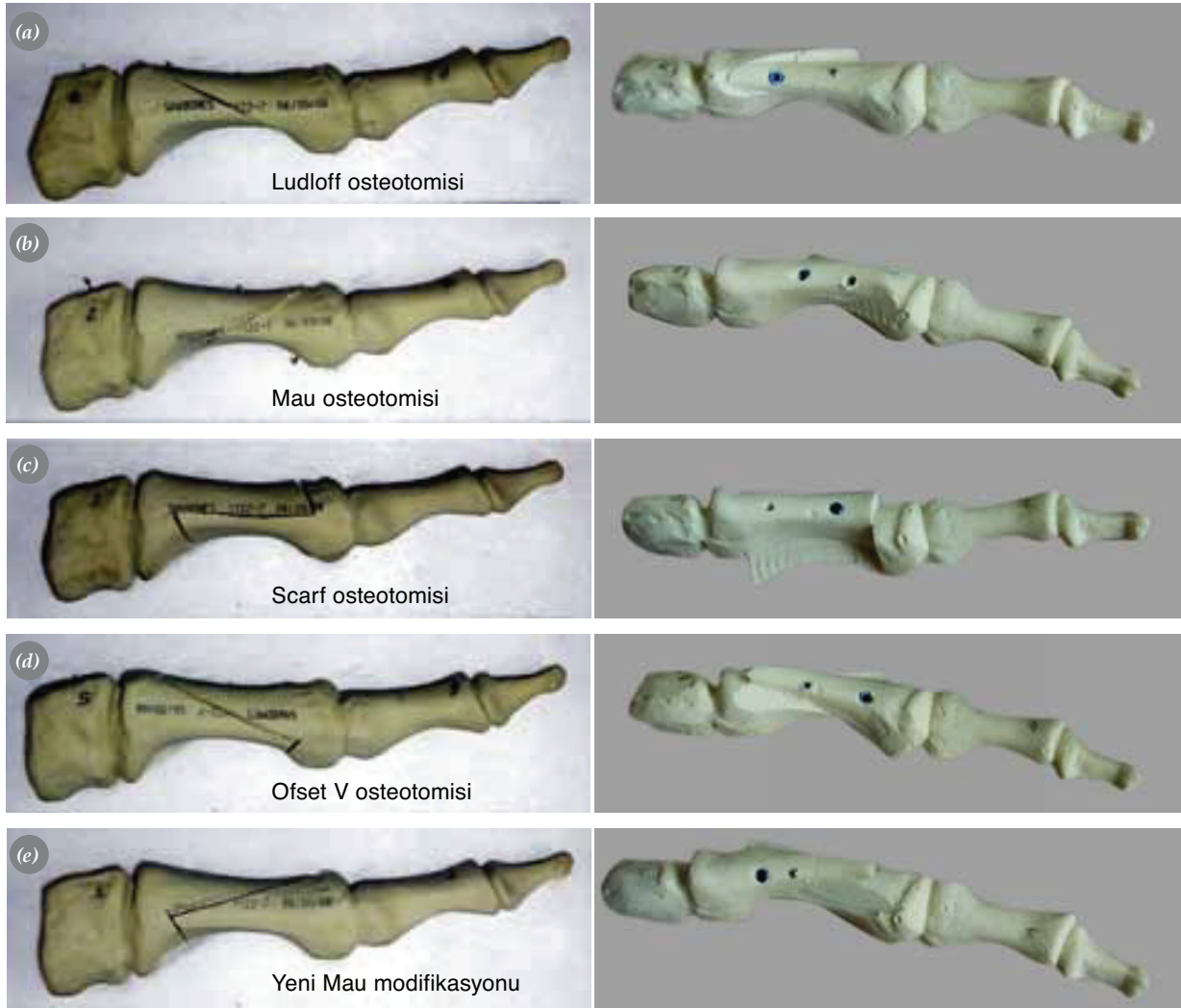
Gereç ve yöntem

Çalışmada sert köpükten imal edilmiş 30 adet standart sol birinci metatars modeli (Sawbones, Malmö, İsveç) kullanıldı. Metatars modelleri eşit sayıda beş gruba ayrılarak, her bir gruba şu osteotomi yöntemlerinden biri uygulandı: Ludloff osteotomisinin Myerson modifikasyonu,^[13] Mau,^[12] scarf,^[11] ofset V^[11] osteotomileri ve Mau osteotomisinin yeni modifikasyonu (Şekil 1).

Mau osteotomisinin yeni modifikasyonunda, Sammarco modifikasyonunda temas yüzeyini artırmak amacıyla tanımlanmış olan proksimal plantar çentik, daha proksimalden ve osteotomi ile yaklaşık 50° açı yapacak şekilde uygulandı ve osteotomi distal eklem yüzüne 5 mm kalana kadar uzatıldı. Böylece, temas yüzeyinin ve intrinsek stabilitenin artırılması amaçlandı (Şekil 1e).

Örneklere 10 derecelik standart düzeltme sağlayacak şekilde girintiler oluşturulmuş bir ahşap düzener hazırlandı ve düzeltme sonrası osteotomiler interfragmanter olarak uygulanan 16 mm ve 22 mm boylarında iki adet mini Acutrak vida (Acumed, Beaverton, OR, ABD) ile tespit edildi. Düzeltme, Ludloff, ofset V ve yeni modifiye Mau osteotomilerinde distal parçanın proksimal vida üzerinden, Mau osteotomisinde ise distal vida üzerinden rotasyonu ile sağlandı. Scarf osteotomisinde ise düzeltme osteotominin translasyonu ile elde edildi. İnterfragmanter vidalar birbirlerinden ve osteotomi bitiş noktalarından en az 1 cm uzaklıkta olacak şekilde uygulandı (Şekil 1).

Açısal düzeltme yapılan ve vidayla tespit edilen örneklere, Schimadzu Autograph AG-5kNG çekme-basma test cihazı ile (Schimadzu Corp., Tokyo, Japonya) basma hızı 100 mm/dk olacak şekilde üç nokta eğme testi uygulandı. Bu test, dış noktalar metatarsın eklemine, orta nokta proksimal parçaya gelecek şekilde fizyolojik yüklenmeye benzer şekilde uygulandı. Kemikte kırık veya implant yetmezliği yetmezlik olarak kabul edildi (Şekil 2). Yer değiştirme, kuvvet ve sertlik gibi test verileri test cihazına



Şekil 1. Metatars modelleri ve uygulanan osteotomi yöntemleri.

bağlı bilgisayar tarafından kaydedildi. Sertlik değerleri örneklerin 100 N yüklenmedeki yer değiştirme miktarlarına oranı ile bulundu. Test materyalinin



Şekil 2. Çekme-basma test cihazı düzeneği ve yeni Mau modifikasyonu yetmezlik görüntüsü.

uygun olmaması nedeniyle boylamasına yüklenme yapılamadı.

Ölçümler sonrası elde edilen değerler SPSS 11.0.1 (for Windows) istatistik programıyla değerlendirildi. Gruplardaki örneklerin, yetmezlik gelişene kadar karşılaştığı en yüksek kuvvetler, bu kuvvetlerdeki yer değiştirme miktarları, sertlik değerleri parametrik olmayan Mann-Whitney U-testi ile karşılaştırıldı. Bu parametreler, osteotomilerin stabiliteyi artırıcı bir faktör olarak çentikli olup olmadıklarına göre de değerlendirildi.

Sonuçlar

Beş grubun en büyük yüklenme, bu yüklenmedeki yer değiştirme ve sertlik ortalama değerleri Tablo 1'de sunuldu. Çentikli osteotomi (Scarf, ofset V

	En büyük yüklenme (N) (Ort.±SS)	Yer değiştirme (mm) (Ort.±SS)	Sertlik (N/mm) (Ort.±SS)
Ofset V	184.1±66.1	5.9±1.1	50.9±24.4
Yeni Mau modifikasyonu	167.4±37.8	7.3±2.6	41.5±14.0
Ludloff	120.6±47.1	5.9±1.7	21.0±6.2
Mau	248.2±37.5	7.5±3.7	58.0±13.7
Scarf	198.3±48.7	9.9±3.6	28.1±4.1

ve yeni Mau modifikasyonu ile çentiksiz osteotomi (Ludloff ve Mau) gruplarının; çift çentikli (Scarf) ile tek çentikli (ofset V ve yeni Mau modifikasyonu) grupların karşılaştırma sonuçları Tablo 2'de gösterildi.

Ludloff grubunun sertlik değeri diğer tüm gruplardan anlamlı derecede düşük bulundu ($p<0.05$). Mau grubunun sertlik değeri, ofset V grubu hariç tüm gruplardan anlamlı derecede yüksek bulundu ($p<0.05$). Yeni Mau modifikasyonu grubunda sertlik değeri scarf grubundan anlamlı derecede yüksek bulunurken, ofset V grubundan anlamlı farklılık göstermedi (Tablo 3).

Çentikli osteotomi grubu ile çentiksiz osteotomi grubunun sertlik değerleri arasında anlamlı fark saptanmadı ($p=0.582$). Tek çentikli osteotomi grubunun sertlik değeri, çift çentikli gruba göre anlamlı derecede yüksek idi ($p=0.031$).

Tartışma

Yapılan çalışmalarda hafif ve orta halluks valgusta distal metatarsal osteotomiler, ileri halluks valgusta ise proksimal metatarsal osteotomiler önerilmektedir.^[8,18] Pinney ve ark.^[19] ileri halluks valguslu 102 hastanın 54'üne metatarsal osteotomi uygulamışlardır. Seçilen osteotomiler Ludloff, proksimal kresen-

tik, proksimal chevron, scarf ve distal chevron osteotomileridir. Kliniğimizde yapılan 64 halluks valgus cerrahisinde, 25 hastaya modifiye McBride, 23 hastaya Keller rezeksiyon artroplastisi ve 16 hastaya metatarsal osteotomi uygulanmıştır.

Mau, Ludloff, scarf, ofset V osteotomileriyle ilgili çalışmalarda iyi sonuçlar^[8,11,18,20-23] yanı sıra komplikasyonlar^[14,17,24-27] da bildirilmiştir. Şaft osteotomilerinin uygun teknik ve geniş cerrahi girişim gerektiren osteotomiler olduğu bilinmektedir.

Trnka ve ark.nın^[20] yapmış olduğu kadavra çalışmasında, scarf, Ludloff ve Mau osteotomileri proksimal chevron ve proksimal kresentik osteotomilerinden anlamlı derecede daha stabil bulunmuş; en stabil osteotomi Mau osteotomisi olarak saptanmıştır. Yazırlar, Ludloff ve scarf osteotomilerinin proksimal kresentik ve proksimal chevron osteotomilerine kıyasla daha fazla yüklere dayanabildiğini bildirmişlerdir.

Acevedo ve ark.nın^[28] Sawbones modelleri ile yaptıkları biyomekanik çalışmada proksimal chevron ve Ludloff osteotomileri arasında fark saptanmazken, proksimal chevron osteotomisi proksimal kresentik ve scarf osteotomilerinden daha stabil bulunmuştur. Başka bir çalışmada ise Mau, Ludloff, scarf ve bip-lanar kapalı kama osteotomiler, proksimal kresentik

	En büyük yüklenme (N) (Ort.±SS)	Yer değiştirme (mm) (Ort.±SS)	Sertlik (N/mm) (Ort.±SS)
Çentikli (Scarf, ofset V, yeni Mau modifikasyonu)	183.2±50.7	7.7±3.0	40.1±18.2
Tek çentikli (ofset V, yeni Mau modifikasyonu)	175.7±52.1	6.6±2.0	46.2±19.6
Çift çentikli (Scarf)	198.3±48.7	9.9±3.6	28.1±4.1
Çentiksiz (Linear) (Ludloff, Mau)	184.4±78.0	6.7±2.8	39.5±21.8

Tablo 3 Gruplar arası sertlik değerlerinin istatistiksel karşılaştırması (p değerleri)				
	Ludloff	Mau	Scarf	Ofset V
Ludloff				
Mau	0.004			
Scarf	0.037	0.004		
Ofset V	0.010	0.749	0.199	
Yeni Mau	0.006	0.037	0.016	0.631

ve proksimal chevron osteotomilerinden daha stabil bulunmuştur.^[20]

Nyska ve ark.nın^[29] çalışmalarında Ludloff osteotomisinin proksimal chevron ve proksimal kresentik osteotomiye göre daha stabil olduğu bulunmuş; modifiye Ludloff osteotomisi ile minimal metatarsal kısalma saptanmıştır. Bir başka çalışmada, Ludloff osteotomisinde metatars elevasyonunu önlemek için osteotominin 10 derece plantar tilt ile yapılacak şekilde modifiye edilmesi önerilmiştir.^[30]

Nyska ve ark.^[31] Ludloff osteotomisi ile düzeltme miktarının Mau osteotomisine göre daha fazla olduğunu ve bu durumun düzeltmenin rotasyon merkezi ile ilgili olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışmamızda da osteotomi gruplarının sertlik değerleri karşılaştırıldığında, Ludloff grubunun diğer gruplardan anlamlı derecede düşük değere sahip olduğu görüldü. Bu sonucun, Ludloff osteotomi geometrisinin intrinsek stabilite sağlamaması nedeniyle ortaya çıktığı düşünüldü. Bu durumun tersi olarak, intrinsek stabilitesi yüksek olan Mau osteotomisi en yüksek sertlik değerine ulaştı. Öte yandan, tek çentikli olan ofset V ve yeni Mau modifikasyonunun sertlik değerleri çift çentikli scarf osteotomisinden anlamlı derecede yüksek bulundu. Bu sonuç, scarf osteotomisinin translasyonu sonrasında vidaların oblik gönderilmek zorunda kalınmasına ve daha az stabil bir tespit oluşmasına bağlandı. Çalışmamızda, çentikli osteotomilerde literatürde bildirilenlerden daha düşük değerler elde edilmesi, çentiklerin stabilizasyon etkilerinin uzunlamasına kuvvet ekseninde daha belirgin olmasına bağlandı.

Vidanın uygulanması sırasında dikkat edilmesi gereken noktalara bakıldığında, öncelikle vidalar osteotomi hattına dik uygulanmalıdır, stres kırığı oluşturacak kadar birbirlerine çok yakın konulmamalıdır.

Osteotomilerin kemik stoğunun az olduğu uçları vida uygulaması sorunlu bölgelerdir. Bu bölgelere vida konulması durumunda osteotomide distraksiyon ya da osteotomi hattında kompresyon kaybı gelişebilir.^[11] İki vida ile tespit yapılamadığı durumlarda bir vida ve bir K-teli ile tespit tercih edilebilir. Bununla birlikte, vida tespitinin rijit olduğu ve primer kemik iyileşmesi sağladığı, K-teli ile tespit ise osteotomi hattında harekete yol açtığı ve ikincil kemik iyileşmesi sağladığı ve ameliyat sonrası dönemde uzamış ödeme neden olduğu belirtilmiştir.^[11] Çalışmamızda çift vida kullanılmasıyla tüm örneklerde standardizasyon sağlandı.

İki vida ile tespit uygulamalarında, proksimal kısmın kemik stoğunun az olması nedeniyle proksimal vidanın kırığa yol açtığı bildirilmiştir.^[11] Yeni tasarımda, L şeklinde osteotomi çizgisi, daha proksimale ulaşmaya olanak vermesi yanı sıra uçlarda daha fazla kemik stoğu ile vidanın daha proksimale yerleştirilmesi ve sonuçta daha fazla açılma düzeltme şansı vermektedir.

Çalışmamızda osteosentez yöntemlerinin karşılaştırmasından ziyade, bilinen en iyi tespit yöntemi olan iki adet başsız Acutrak kompresyon vidası kullanılarak, osteotomi tekniklerinin vidayla tespit yöntemleriyle uyumu ve stabiliteye katkısı değerlendirildi. Yetmezlik durumları değerlendirildiğinde, kırılmaların Ludloff osteotomisinde distal vida bölgesinde, Mau osteotomisinde proksimal vida bölgesinde, scarf osteotomisinde iki vida arasındaki bölgede, yeni Mau modifikasyonunda ise distal vida bölgesinde meydana geldiği görüldü. Ofset V osteotomisinde ise distal vidadan ayrılma saptandı. İlgili çalışmalar değerlendirildiğinde, Ludloff ve ofset V osteotomilerin proksimal vida bölgesinden yetmezliğe uğradığı görülmektedir.^[11,13,20,22] Çalışmamızda ise Ludloff osteotomisi distal vida bölgesinden yetmezliğe uğramış, ofset V osteotomisinde ise ayrılma meydana gelmiştir. Bu farklılığın, ölçüm sırasında yükün uygulanma noktasından kaynaklandığı düşünüldü.

Çalışmamızda sentetik kemik örneklerinin kullanılmasından kaynaklanan bazı kısıtlılıklar bulunmaktadır. Sentetik kemiğin medüller kanalının olmaması nedeniyle, osteotomilerin oluklaşma gibi bazı komplikasyonları araştırılıp değerlendirilemedi. Sentetik kemik örneklerinin proksimal ve distal eklem yapıları olmadığından, uzunlamasına yüklenme testi yapılamadı ve bu açıdan osteotomilerin stabili-

tesî, özellikle çentikli osteotomilerin stabiliteye katkı sağlayıp sağlamadığı değerlendirilemedi.

Biyomekanik sonuçlarımız, yeni Mau modifikasyon osteotomisinin stabilitesinin iyi olduğunu desteklemektedir. Klinik uygulamalar, tekniğin uygulanabilirliği, açısız düzeltme, erken harekete izin verme ve erken iyileşme sonucunda ağrısız normal yaşama dönüş konusunda daha fazla bilgi sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Coughlin MJ, Jones CP. Hallux valgus: demographics, etiology, and radiographic assessment. *Foot Ankle Int* 2007; 28:759-77.
- Uchiyama E, Kitaoka HB, Luo ZP, Grande JP, Kura H, An KN. Pathomechanics of hallux valgus: biomechanical and immunohistochemical study. *Foot Ankle Int* 2005;26:732-8.
- Mann RA, Coughlin MJ. Adult hallux valgus. In: Coughlin MJ, Mann RA, editors. *Surgery of the foot and ankle*. Vol. 1, 7th ed. St. Louis: Mosby; 1999. p. 150-269.
- Jahhs MH. Disorders of the hallux and the first ray. In: *Disorders of the foot and ankle: medical and surgical management*. Vol. 2, 2nd ed. Philadelphia: W. B. Saunders; 1992. p. 943-1174.
- Richardson EG. Disorders of the hallux. In: Canale ST, Beaty JH, editors. *Campbell's operative orthopaedics*. Vol. 4, 11th ed. Philadelphia: Mosby Elsevier; 2008. p. 4471-586.
- Condon F, Kaliszer M, Conhyea D, O' Donnell T, Shaju A, Masterson E. The first intermetatarsal angle in hallux valgus: an analysis of measurement reliability and the error involved. *Foot Ankle Int* 2002;23:717-21.
- Easley ME, Trnka HJ. Current concepts review: hallux valgus part I: pathomechanics, clinical assessment, and non-operative management. *Foot Ankle Int* 2007;28:654-9.
- Easley ME, Trnka HJ. Current concepts review: hallux valgus part II: operative treatment. *Foot Ankle Int* 2007; 28:748-58.
- Chi TD, Davitt J, Younger A, Holt S, Sangeorzan BJ. Intra- and inter-observer reliability of the distal metatarsal articular angle in adult hallux valgus. *Foot Ankle Int* 2002;23:722-6.
- Coughlin MJ, Freund E. The reliability of angular measurements in hallux valgus deformities. *Foot Ankle Int* 2001; 22:369-79.
- Rockett MS, Goss LR. Midshaft first-ray osteotomies for hallux valgus. *Clin Podiatr Med Surg* 2005;22:169-95.
- Sammarco VJ. Surgical strategies: Mau osteotomy for correction of moderate and severe hallux valgus deformity. *Foot Ankle Int* 2007;28:857-64.
- Bae SY, Schon LC. Surgical strategies: Ludloff first metatarsal osteotomy. *Foot Ankle Int* 2007;28:137-44.
- Coetzee JC, Rippstein P. Surgical strategies: scarf osteotomy for hallux valgus. *Foot Ankle Int* 2007;28:529-35.
- Sanhudo JA. Correction of moderate to severe hallux valgus deformity by a modified chevron shaft osteotomy. *Foot Ankle Int* 2006;27:581-5.
- Sanhudo JA. Extending the indications for distal chevron osteotomy. *Foot Ankle Int* 2000;21:522-3.
- Coetzee JC. Scarf osteotomy for hallux valgus repair: the dark side. *Foot Ankle Int* 2003;24:29-33.
- Robinson AH, Limbers JP. Modern concepts in the treatment of hallux valgus. *J Bone Joint Surg [Br]* 2005;87:1038-45.
- Pinney SJ, Song KR, Chou LB. Surgical treatment of severe hallux valgus: the state of practice among academic foot and ankle surgeons. *Foot Ankle Int* 2006;27:1024-9.
- 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.
- Chiodo CP, Schon LC, Myerson MS. Clinical results with the Ludloff osteotomy for correction of adult hallux valgus. *Foot Ankle Int* 2004;25:532-6.
- Trnka HJ. Osteotomies for hallux valgus correction. *Foot Ankle Clin* 2005;10:15-33.
- Kristen KH, Berger C, Stelzig S, Thalhammer E, Posch M, Engel A. The SCARF osteotomy for the correction of hallux valgus deformities. *Foot Ankle Int* 2002;23:221-9.
- Lin JS, Bustillo J. Surgical treatment of hallux valgus: a review. *Current Opinion in Orthopaedics* 2007;18:112-7.
- Smith AM, Alwan T, Davies MS. Perioperative complications of the scarf osteotomy. *Foot Ankle Int* 2003;24:222-7.
- Saragas NP. Technique tip: preventing "troughing" with the scarf osteotomy. *Foot Ankle Int* 2005;26:779-80.
- Crevoisier X, Mouhsine E, Ortolano V, Udin B, Dutoit M. The scarf osteotomy for the treatment of hallux valgus deformity: a review of 84 cases. *Foot Ankle Int* 2001;22:970-6.
- 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;23:711-6.
- Nyska M, Trnka HJ, Parks BG, Myerson MS. The Ludloff metatarsal osteotomy: guidelines for optimal correction based on a geometric analysis conducted on a Sawbone model. *Foot Ankle Int* 2003;24:34-9.
- Beischer AD, Ammon P, Corniou A, Myerson M. Three-dimensional computer analysis of the modified Ludloff osteotomy. *Foot Ankle Int* 2005;26:627-32.
- Nyska M, Trnka HJ, Parks BG, Myerson MS. Proximal metatarsal osteotomies: a comparative geometric analysis conducted on Sawbone models. *Foot Ankle Int* 2002;23:938-45.