



İleri Evre Halluks Rigidus Tedavisinde Tek Kortikal Vida ile Primer Artrodez

Primary Arthrodesis in the Treatment of High Grade Hallux Rigidus with Single Cortical Screw

Umut Yavuz, Murat Gül, Devrim Özer, Bilal Demir, Ferdi Dırvar, Yavuz Kabukçuoğlu

Baltalimanı Kemik Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

Özet

Amaç: Bu çalışmanın amacı halluks rigidus nedeniyle artrodez yapılırken tek kortikal vida kullanılmasının klinik ve radyolojik açıdan yeterliliğini değerlendirmektir.

Yöntemler: İleri evre halluks rigidus tanısıyla tek kortikal vida kullanılarak artrodez uygulanan 18 hasta (16 kadın, 2 erkek) geriye dönük olarak değerlendirildi. Hastaların yaş ortalaması 58,1 yıl (dağılım 44-69 yıl) idi. Coughlin ve Shurnas'ın evreleme sistemine göre 5 ayak evre 3 ve 13 ayak evre 4 olarak değerlendirildi. Klinik değerlendirme American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) metatarsofalangeal-interfalangeal skalası ile yapıldı. Son takip grafileri üzerinden halluks valgus açısı, yere göre birinci parmak dorsifleksiyon açısı ölçüldü.

Bulgular: Ortalama izlem süresi 32,4 ay (dağılım 14-69 ay) idi. Bir hastada radyolojik kaynamama mevcuttu. Hastaların preoperatif AOFAS skoru ortalama 56,1 (dağılım 38-72) idi. Hastaların son kontrolünde ortalama AOFAS skoru 81,1 bulundu. AOFAS skoruna göre iki hasta (% 11,1) orta, 11 hasta (% 61,1) iyi, beş hastada (% 27,8) mükemmel fonksiyonel sonuç bulundu. MTP eklemden 15,1° (dağılım 7-24) valgus, yere göre 11,9° (dağılım 8-18) ekstansiyon saptandı. Bir hastada geç yara iyileşmesi gözlemlendi. Sekiz hastanın (% 44) vidası irritasyon nedeniyle çıkarıldı.

Sonuç: İleri halluks rigidus vakalarında tek kortikal vida kullanılarak yapılan artrodez tedavisinin erken dönemde yüksek kaynama oranı ve artmış fonksiyonel sonuçları sağladığı için uygulanabilir bir tedavi seçeneği olarak hatırlanması gerektiğini düşünüyoruz. (*Haseki Tıp Bülteni 2014; 52: 158-63*)

Anahtar Sözcükler: Halluks rigidus, artrodez, vida, AOFAS, radyografik parametre

Abstract

Aim: The aim of this study was to evaluate the clinical and radiological results in patients with severe hallux rigidus who underwent arthrodesis using single cortical screw.

Methods: We retrospectively evaluated 18 patients (16 females, 2 males) who underwent arthrodesis for severe hallux rigidus using single cortical screw. The mean age of the patients was 58.1 (range: 44-69) years. According to the Coughlin and Shurnas classification, 5 feet were rated as stage 3 and 13 feet were stage 4. 3 of the stage 3 patients had cheilectomy previously. The American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) clinical rating scale for the metatarsophalangeal - interphalangeal joints was used for clinical evaluation. Hallux valgus angles and hallux dorsiflexion angles were measured on X-rays.

Results: The mean follow-up period was 32.4 (range: 15-69) months. Radiological signs of non-union was found in one patient. The mean preoperative AOFAS score was 56.1 (range: 38-72). The mean final follow-up AOFAS score was found to be 81.1. Moderate results in 2 patients (11.1%), good results in 11 patients (61.1%) and excellent results in 5 patients (27.8%) were obtained. When the last X-rays were evaluated, 15.1° (7-24) valgus at the metatarsophalangeal joint and 11.9° (8-18) extension (to the floor) at the metatarsophalangeal joint were detected. Late surgical wound healing was observed in one patient. The screws were removed due to irritation in 8 (44%) patients.

Conclusion: We assume that in the treatment of severe hallux rigidus, arthrodesis using a single cortical screw may be considered as a favorable surgical technique with its high union rates and increased functional results. (*The Medical Bulletin of Haseki 2014; 52:158-63*)

Key Words: Hallux rigidus, arthrodesis, screw, AOFAS, radiographic parameter

Giriş

Ağrı, birinci metatarsofalangeal eklemden hareket kısıtlılığı ve eklem dorsalinde egzozitoz oluşumu ile karakterize lokalize osteoartrit halluks rigidus olarak tanımlanmaktadır (1-3). Erken evrelerde çelyektomi veya osteotomiler, geç evrelerde ise arthrodez, interpozisyon veya implant artroplastileri cerrahi tedavi seçenekleridir. Evre 3 veya 4 halluks rigidus varlığında, ilk tedavisi yetersiz olan halluks rigidus vakalarında, ileri derecede halluks valgus varlığında, romatoid artrit, rekürren halluks valgus ve nörolojik instabilitesi olan vakalarda arthrodez tercih edilebilir bir seçenektir. Amaç yük taşımaya uygun pozisyonda ve ağrısız bir eklem oluşturmaktır.

Arthrodez seçeneği ilk olarak 1894 yılında Clutton ve ark. tarafından tanımlanmış ve fildişinden yapılan implant ile başarılı sonuç bildirilmiştir (4). Bu zamana kadar vida, eksternal fiksator, steinman pini, K teli, tel dikişler, emilebilir dikişler, plak veya U çivisi gibi çeşitli materyaller ile arthrodez bildirilmiştir (4-9). Günümüzde plak-vida kombinasyonu, iki çapraz vida ve daha az sıklıkla tek vida sıklıkla tercih edilen tespit seçenekleridir ve birbirlerine üstünlüklerini gösteren çeşitli çalışmalar mevcuttur (5-11).

Bu çalışmanın amacı Coughlin ve Shurnas'a (5) göre evre 3-4 halluks rigidus olan ve öncesinde uygulanan tedavilere yanıt alınamayan hastalarda yapılan arthrodez cerrahisinde tek kortikal vida kullanımının klinik ve radyolojik yeterliliğini değerlendirmektir.

Yöntemler

2006-2010 yılları arasında ileri evre halluks rigidus tanısı ile hastanemizde arthrodez yapılan ve son takibi yapılabilen 18 hasta (18 ayak) geriye dönük olarak değerlendirildi. Coughlin ve Shurnas evrelemesine göre evre 3-4 olan ve önceden uygulanan tedavilere yanıt alınamayan hastalara tek kortikal vida ile arthrodez uygulandı.

Hastaların yaş ortalaması 58,1 yıl (dağılım 44-69 yıl) idi. On sekiz (16 kadın) hastanın 18 (11 sağ) birinci MTF eklemine primer arthrodez uygulandı. Coughlin ve Shurnas evrelemesine göre 5 ayak evre 3 ve 13 ayak evre 4 olarak değerlendirildi. Ortalama izlem süresi 32,4 ay (dağılım 14-69 ay). Evre 3 olan üç hastaya ortalama 11,3 ay (dağılım 8-14 ay) önce çelyektomi uygulanmıştı.

Ameliyatlar klinik içindeki aynı ekip tarafından ve benzer teknikle gerçekleştirildi. Tüm hastalar turnike kontrolünde ve supin pozisyonunda ameliyat edildi. Uzunlamasına dorsomedial insizyon kullanıldı. Birinci metatars başı ve proksimal falanks proksimal eklem kalan kırıkda yüzeyleri kürete edildi, burr seti ve ilave yardımcı cerrahi malzemeler yardımı ile birinci metatars distal eklem yüzeyi konveks, proksimal falanks proksimal eklem yüzeyi konkav olacak şekilde eklem yüzeyleri tıraşlanarak birbiri ile örtüşecek top-yuva şeklinde arthrodez yüzeyi hazırlandı. Ayak bileği

ve ayak nötral pozisyonda iken birinci parmak metatarsa göre 10-15° valgus ve yaklaşık 15° dorsifleksiyonda olacak şekilde karşılaştırıldı ve perkütan K teli ile eklem geçici olarak tespit edildi. Arthrodez pozisyonunun uygunluğunu kontrol etmek için ayak altına düz bir kaset konularak ayak bastırıldı ve pozisyon kontrol edildi. Proksimal falanks volarinden veya dorsalinden birinci metatars distaline yönecek şekilde 3,5 mm tek kortikal vida ile eklem kalıcı olarak füzyon uygulandı. Vida sonrası stabilite kontrolü yapıldı. Hastalara 24 saat cerrahi antibiyotik profilaksisi uygulandı. Gün aşırı pansumanları yapıldı ve K teli olan hastalara pin dibi pansumanı öğretildi. Cerrahi sonrasında kısa bacak atel uygulandı. Hastalar haftalık kontrollere çağırıldı. İkinci hafta sonunda dikişler alındı. Üç hafta sonunda atel çıkarıldıktan sonra kısmi yük ve sonrasında 6-8. haftalarda tam yük ile mobilizasyon sağlandı.

Hastalar çalışmaya alınırken çalışmanın şekli ve amacı anlatıldı ve yazılı onamları alındı. Fonksiyonel değerlendirme preoperatif ve postoperatif olarak American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) metatarsofalangeal-interfalangeal skalası (Tablo 1) yazar tarafından Türkçeye çevrildi ve denetlenmemiş haliyle kullanıldı. Bu skalada ağrı, fonksiyon ve anatomik yapı sırası ile 40, 45 ve 15 puan üzerinden değerlendirildi. ≥90 mükemmel sonuç, 75-89 iyi sonuç, 50-74 orta sonuç ve 50 puanın altı kötü sonuç olarak kabul edildi (10). Birinci MTF eklem arthrodez uygulandığı için maksimum puan 90 olarak kabul edildi. Ayrıca hastaların son kontrolleri sırasında çekilen basarak ayak ön-arka ve lateral grafler üzerinden distal interfalangeal artrit varlığı, halluks valgus açısı, yere göre birinci parmak dorsifleksiyon açısı değerlendirildi.

Bulgular

Tek kortikal vida ile birinci MTF eklem arthrodezi yapılan 17 hastada (%94,4) tam radyolojik kaynama gözlemlendi (Şekil 1). Radyolojik kaynamama gelişen hastanın klinik şikayetleri minimal olduğundan ve ilave cerrahi istememesinden dolayı müdahale edilmedi. Materyal irritasyonu gelişen 8 (%44) hastanın vidası ortalama 6,3 (dağılım 4-11) ay sonra çıkartıldı. Dorsomedial insizyona bağlı olarak dorsal dorsal kutanöz sinir yaralanması ve ekstansör hallusis longus (EHL) yaralanması olan hasta olmadı.

Ameliyat sonrasında bir hastada yara yeri problemi gelişti. Hastadan alınan yüzeysel kültür steril kaldı. Hasta iki hafta hospitalize edilerek iki günde bir sıklıkla yapılan debritleme ve yara bakımı ile tedavi edildi. Hastaya cilt grefti gerekmedi.

Hastaların preoperatif AOFAS skoru ortalama 56,1 (dağılım 38-72) ve postoperatif AOFAS skoru ortalama 81,1 (dağılım 63-90) bulundu (p<0,05). AOFAS skorlamasına göre iki hasta (%11,1) orta, 11 hasta (%61,1) iyi, beş hastada (%27,8) mükemmel fonksiyonel sonuç sağlandı. Kötü fonksiyonel sonucu olan hastamız yoktu (Tablo 2).

Tablo 1. Amerikan Ortopedik Ayak-Ayakkabı Derneği- Halluks Metatarsofalangeal-İnterfalangeal Skala (Denetlenmemiş Türkçe versiyonu)

	Puan
*Ağrı (Toplam 40 puan)	
Hiç yok	40
Hafif ve arasıra	30
Orta ve hergün	20
Ciddi, her zaman	0
*Fonksiyon (45 puan)	
Aktivite kısıtlamaları , destek ihtiyacı	
Kısıtlama yok, destek kullanmıyor	10
Günlük aktivitelerde kısıtlılık yok, sportif fonksiyon kısıtlı, destek yok	7
Günlük aktivite ve sportif faaliyetlerde kısıtlama, destek ihtiyacı	4
Ciddi kısıtlanma, destek, koltuk değneği kullanma	0
Ayakkabı gereksinimi	
Modaya uygun, klasik tarzda, tabanlık gerektirmeyen	10
Rahat ayakkabı	5
Modifiye ayakkabı veya breys	0
MTF hareket	
Normal veya çok az kısıtlanma (75° veya fazla)	10
Orta (30-75°)	5
Ciddi kısıtlanma (30°den az)	0
İF hareket	
Kısıtlanma yok	5
Ciddi kısıtlanma (10°den az)	0
MTF-İF stabilite (Tüm yönler)	
Kısıtlanma yok	5
Kesinlikle anstabil veya çıkabilir	0
Kallus ile ilişki	
Kallus yok veya asemptomatik	5
Semptomatik kallus	0
*Dizilim (15 puan)	
İyi, başparmak dizilim iyi	15
Orta, kısmi başparmak dizilim bozukluğu, semptom yok	8
Kötü, şiddetli semptomatik dizilim bozukluğu var	0

Son kontrol grafileri değerlendirildiğinde MTP eklemdede 15,1° (dağılım 7-24) valgus, yere göre 11,9° (dağılım 8-18) dorsifleksiyon saptandı. Yedi hastanın (%39) halluks valgus açısı 15 dereceden düşüktü. Üç hastada (%16,7) DİF eklemdede artrit bulguları mevcuttu.

Tartışma

İleri evre halluks rigidus sonrası tek kortikal vida ile top ve yuva şeklinde arthrodez uygulanan 18 hastanın sonuçları değerlendirildi. On yedi hastada tam radyolojik kaynama sağlandı. Tüm hastalarda fonksiyonel olarak belirgin iyileşme sağlandı. Sekiz hastada materyal irritasyonuna bağlı ikincil cerrahi uygulandı.

İleri evre halluks rigidus tedavisinde arthrodez sıklıkla tercih edilen bir seçenektir ve başarı oranları %90-%100 arasında değişiklik göstermektedir (11-14). Coughlin ve Shurnas (5) yaklaşık altı yıl takip ettikleri arthrodez hastalarında %94 kaynama oranı ile birlikte iyi ve

mükemmel sonuç elde etmişlerdir. Brodsky ve ark. arthrodez uygulanan 60 ayağı ortalama 44 ay takip etmişler; %100 kaynama oranı ile birlikte hastaların %94'ünün eski yaşam tarzına dönebildiğini bildirmişlerdir (12). Goucher ve Coughlin arthrodez uyguladıkları 49 ayağı en az bir yıl takip etmişler ve hem kaynama hem de başarı oranlarını %90'nın üzerinde bildirmişlerdir (15). Bizim çalışmamızda elde ettiğimiz %94 kaynama oranı tercih ettiğimiz yöntemin güvenle uygulanabilirliğini bir kez daha kanıtlamaktadır.

Arthrodez tedavisi uygulanırken Kischner telinden plak-vida birlikteliğine kadar birçok materyal tercih edilmiştir (13-19). Çoklu Kischner teli ile tespit sonrası implantın çıkarılması için ilave cerrahi gereksinimi ve yüksek kaynamama oranı gibi dezavantajlar bildirilmiştir (13). Gergi bandı yöntemi kullanılarak yapılan arthrodez sonrası %26 implant yetmezliği ve %38 civarında kaynamama gözlenmiştir. Ayrıca gergi bandının vida uygulanmasına nispeten altı kez daha instabil olduğu gösterilmiştir

Tablo 2. Çalışmaya alınan hastaların klinik ve radyolojik bulgularının genel görünümü

Vaka	Cins	Yaş	Taraf	Takip (Ay)	Coughlin-Shurnas evrelemesi	Preop AOFAS	Postop AOFAS	Postop HV açısı	Postop DF açısı
1	F	60	L	14	Evre 4	51	85	15	9
2	F	50	L	15	Evre 4	58	75	12	12
3	F	64	R	15	Evre 4	52	75	16	18
4	F	59	R	18	Evre 4	47	75	14	13
5	F	58	L	18	Evre 4	51	80	24	10
6	F	66	R	19	Evre 4	38	80	16	14
7	M	52	R	21	Evre 4	62	85	11	16
8	F	55	L	22	Evre 4	43	75	18	8
9	M	63	R	23	Evre 4	44	65	7	11
10	F	54	L	24	Evre 4	54	90	18	13
11	F	66	R	26	Evre 4	56	70	7	9
12	F	54	R	39	Evre 3	69	80	19	11
13	F	67	R	39	Evre 3	68	90	15	9
14	F	44	R	46	Evre 3	66	90	14	14
15	F	56	L	48	Evre 3	72	90	10	10
16	F	56	L	63	Evre 4	60	85	18	15
17	F	62	R	65	Evre 4	55	90	21	13
18	F	69	R	69	Evre 3	65	80	15	9



Şekil 1. Altmış yedi yaşında kadın hasta. Basarak ameliyat öncesi (A), erken postoperatif (B) ve basarak çekilmiş 39. ay son kontrol grafileri (C). 7. ayda vidası çıkartılmış, son kontrol AOFAS skoru 90

(16). Staple kullanımı ile kabul edilebilir kaynama oranı bildirilmekle birlikte biyomekanik olarak diğer yöntemlere göre daha instabil olduğu gösterilmiştir (18). Birinci MTF eklem artrodezinde vida kullanımı sıklıkla tercih edilen

tespit yöntemidir. Tek vida veya çapraz iki vida en sık kullanılan tekniklerdir. Tek vida kullanırken vidanın yönü açısından proksimalden distale ya da medialden laterale çeşitli teknikler denenmiş, kaynama veya dizilim açısından belirgin fark bildirilmemiştir (14,20-23). Çalışmamızda tek kortikal vida ile 17 hastada (%94) solid radyolojik kaynama elde ettik.

Tek vida kullanımı ile ilgili en sık tartışılan komplikasyon kaynamamadır. Roukis ve ark. 2818 vakayı içeren literatürdeki 37 çalışmayı yeniden değerlendirmişler ve kaynamama ile tespit seçeneklerini karşılaştırmışlardır (22). Artrodez için çapraz kompresyon vidası, tek aksiyel kompresyon vidası, dorsal plak-vida ve staple uygulamasının sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Kaynamamanın en fazla tek aksiyel vidada (%8,7) ve en az çapraz kompresyon vidasında (%4,9) olduğunu görmüşlerdir. Materyal çıkarımı gereksiniminin ise en fazla tek aksiyel vida (%13,3) ve en az çapraz kompresyon vidası kullanılanlarda (%4,8) olduğunu gözlemlemişlerdir. Coughlin ise literatür taraması yapmış ve kaynamama oranını ortalama %10 (dağılım %0-%23) aralığında bulmuştur (8). Turan ve ark. kompresyon vidası ile artrodez yaptığı hastalarda %100 kaynama oranı bildirmiş ve bunların %65'inin tamamen asemptomatik olduğunu bildirmiştir (21). Brodsky ve ark. ileri evre halluks rigidus nedeni ile artrodez uyguladıkları 60 ayağı ortalama 44 aylık takip sonuçlarını yayınlamışlar;

%100 kaynama oranı ve %94 başarılı sonuç bildirmişlerdir (12). Kaynamama oranımız literatür ile karşılaştırıldığında tek kortikal kullanmamıza rağmen kabul edilebilir sınırlardaydı. Materyal çıkarım gereksiniminin literatürden fazla olmasında en önemli etkenin bizim kullandığımız kortikal vidaların kompresyon vidaları gibi kemik içine gömülememesinin oluşturduğu irritasyon olduğunu gördük.

Yanlış kaynama (malunion) tek vida ile uygulanan arthrodez tedavisinin diğer bir tartışılan komplikasyonudur. Von Doeselaar ve ark. arthrodez pozisyonu ile fonksiyonel sonuçlar arasında ciddi uyum olmadığını bildirmiş olsalar da (10) genel olarak yapılan klinik ve biyomekanik çalışmalar değerlendirildiğinde birinci MP eklem arthrodezi yapılırken 10-20° birinci parmak valgusu, ayak plantar yüzüne göre 10-15° veya birinci metatarsa göre 20-30° dorsifleksiyon sağlanmasının kaynama şekli, hasta konforu ve distal interfalangeal eklemden artroz oluşmasını önlemek açısından yararlı olacağı ortak görüştür (24-28). Ayrıca aynı çalışmalarda aşırı dorsifleksiyon interfalangeal eklem irritasyonuna ve artrozuna; varus pozisyonu ise başparmak medialinin ayakkabı ile sıkışmasına neden olacağı bildirilmiştir. Günümüzde ideal arthrodez pozisyonunu sağlamak ve kemik temas yüzeyini artırarak kaynama oranını artırmak için arthrodez yüzeylerinin top ve yuva (ball and socket) şeklinde hazırlanmasının yararlı olacağı savunulmakta ve bunun için özel testereler kullanılmaktadır (15,27-30). Bizde hastalarımızda düz kesi yapmadık ve özel testereler kullanımasak ta elimizdeki burr ve ilave araçlar ile top ve yuva şeklinde eklem yüzeyi hazırlamaya çalıştık. Bu sayede tek kortikal vida kullanmamıza karşın uygun arthrodez pozisyonu sağlayarak hem yanlış kaynama oranımızın düşük olmasını hem de kaynamama oranlarımızın kabul edilir sınırlarda kalmasını sağlayan önemli bir etken olduğuna inanıyoruz.

Genel olarak değerlendirdiğimizde geriye dönük bir çalışma olması, kontrol grubunun olmaması, hasta sayısının az olması çalışmamızın zayıf yönleridir. Bunun yanında, homojen bir hasta grubumuzun olması, farklı cerrahların benzer sonuçlar alması ve arthrodez pozisyonu hazırlanırken güncel bir teknik kullanılmış olması çalışmamızın güçlü yönleridir.

Çalışmamızda birinci MTF eklem arthrodezinde tek vida kullanımının radyolojik ve fonksiyonel olarak yeterli ve tatminkar sonuçlar sağladığını gördük. Literatüre baktığımızda tek vida kullanımının plak-vida veya çapraz vida kullanılarak yapılan arthrodeze göre daha az stabil olduğunu gösteren çalışmalar olsa da çok implant kullanılmasının enfeksiyon veya materyal irritasyonuna bağlı olarak ikincil cerrahi gereksinimini beraberinde getirebileceği unutulmamalıdır. Bu nedenle kompresyon vidaları veya başsız kompresif vidalar gibi daha güncel ve stabil vidalar kullanılmak şartı ile tek vida ile arthrodezin terk edilmemesi gereken bir yöntem olduğunu düşünüyoruz.

Kaynaklar

1. Vanore JV, Christensen JC, Kravitz SR, et al. Diagnosis and treatment of first metatarsophalangeal joint disorders. Section 2: Hallux rigidus. *J Foot Ankle Surg* 2003;42:124-36.
2. Roukis TS, Landsman AS, Ringstrom JB, Kirschner P, Wuenschel M. Distally based capsule-periosteum interpositional arthroplasty for hallux rigidus. Indications, operative technique, and short-term follow-up. *J Am Podiatr Med Assoc* 2003;93:349-66.
3. Thermann H, Becher C, Kilger R. Hallux rigidus treatment with cheilectomy, extensive plantar release and additional microfracture technique. *Tech Foot Ankle Surg* 2004;3:210-5.
4. Clutton HH. The treatment of hallux valgus. *St. Thom. Hosp. Rep* 1894;22:1-12.
5. Coughlin MJ, Shurnas PS. Hallux rigidus. Grading and long-term results of operative treatment. *J Bone Joint Surg Am* 2003;85:2072-88.
6. Berlet GC, Hyer CF, Lee TH, Philbin TM, Hartman JF, Wright ML. Interpositional arthroplasty of the first MTP joint using a regenerative tissue matrix for the treatment of advanced hallux rigidus. *Foot Ankle Int* 2008;29:10-21.
7. Chang T, Camasta C. Hallux limitus and hallux rigidus. McGlamry's comprehensive textbook of foot and ankle surgery. Philadelphia: LippincottWilliams and Wilkins; 2001. p. 679-714.
8. Coughlin M. Arthritides. Surgery of the foot and ankle. 7th ed. St. Louis: Mosby; 1999. p. 560-650.
9. Reize P, Schanbacher J, Wülker N. K-wire transfixation or distraction following the Keller-Brandes arthroplasty in Hallux rigidus and Hallux valgus? *Int Orthop* 2007;31:325-31
10. van Doeselaar DJ, Heesterbeek PJ, Louwerens JW, Swierstra BA. Foot function after fusion of the first metatarsophalangeal joint. *Foot Ankle Int*. 2010;31:670-5.
11. Yee G, Lau J. Current concepts review: Hallux rigidus. *Foot Ankle Int* 2008;29: 637-46.
12. Brodsky JW, Passmore RN, Pollo FE, Shabat S. Functional outcome of arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint using parallel screw fixation. *Foot Ankle Int* 2005; 26:140-6.
13. Mah CD, Banks AS. Immediate weight bearing following first metatarsophalangeal joint fusion with Kirschner wire fixation. *J Foot Ankle Surg* 2009;48:3-8.
14. Wassink S, van den Oever M. Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint using a single screw: retrospective analysis of 109 feet. *J Foot Ankle Surg* 2009;48: 653-61.
15. Goucher NR, Coughlin MJ. Hallux metatarsophalangeal joint arthrodesis using dome-shaped reamers and dorsal plate fixation: a prospective study. *Foot Ankle Int* 2006; 27:869-76.
16. Shahane SA, Vedantam R, Bhadreshwar DR. Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint using AO tension band wire. *The Foot* 1995;5:15-8.
17. Faraj AA, Naraen A, Twigg P. A comparative study of wire fixation and screw fixation in arthrodesis for the correction of hallux rigidus using an in vitro biomechanical model. *Foot Ankle Int* 2007;28:89-91.
18. Neufeld SK, Parks BG, Naseef GS, Melamed EA, Schon LC. Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint: a biomechanical study comparing memory compression staples, cannulated screws, and a dorsal plate. *Foot Ankle Int* 2002;23:97-101.
19. Zafiroopoulos G, Henry APJ. Comparison study of two methods of fusion of the first metatarsophalangeal joint. *The Foot* 1994;4:59-61.

20. Agoropoulos Z, Efsthathopoulos N, Mataliotakis J, et al. Long-term results of first metatarsophalangeal joint fusion for severe hallux valgus deformity. *Foot Ankle Surg* 2001;7:9-13.
21. Turan I, Lindgren U. Compression-screw arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint of the foot. *Clin Orthop Relat Res* 1987;221:292-5.
22. Roukis TS, Meusnier T, Augoyard M. Nonunion after arthrodesis of the first metatarsal-phalangeal joint: *J Foot Ankle Surg*. 2012;51:191-4.
23. Coughlin MJ, Shurnas PS. Hallux rigidus. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86(Suppl 1):119-30.
24. Shereff MJ, Baumhauer JF. Hallux rigidus and osteoarthritis of the first metatarsophalangeal joint. *J Bone Joint Surg Am* 1998;80:898-908.
25. Chana GS, Andrew TA, Cotterill CP. A simple method of arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint. *J Bone Joint Surg Br* 1984;66:703-5.
26. Miller SD. Interposition resection arthroplasty for hallux rigidus. *Tech Foot Ankle Surg* 2004;3:158-64.
27. Besse JL, Chouteau J, Laptou D. Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint with ball and cup reamers and osteosynthesis with pure titanium staples. Radiological evaluation of a continuous series of 54 cases. *Foot Ankle Surg* 2010;16:32-7.
28. Aas M, Johnsen TM, Finsen V. Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint for hallux rigidus- optimal position of fusion. *Foot (Edinb)* 2008;18:131-5.
29. Womack JW, Ishikawa SN. First metatarsophalangeal arthrodesis. *Foot Ankle Clin* 2009;14:43-50.
30. Ellington JK, Jones CP, Cohen BE, Davis WH, Nickisch F, Anderson RB. Review of 107 hallux MTP joint arthrodesis using dome-shaped reamers and a stainless-steel dorsal plate. *Foot Ankle Int* 2010;31:385-90.