



Total diz artroplastisinde ve tibial dizilimde ekstansör hallusis longus tendonunun distal referans noktası olarak kullanılması

Ömer BİLGİN¹, Sadık BİLGİN¹, Cenk ERMUTLU², Ferdi GÖKSEL³, Necmettin SALAR¹

¹Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Bursa;

²İstanbul Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul;

³Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Çanakkale

Amaç: Bu çalışmada, total diz artroplastisinde (TDA) kanal dışı kılavuz sistemlerinde ekstansör hallusis longus (EHL) tendonu ve ikinci metatars referanslı tekniklerin tibial dizilimin üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması amaçlandı.

Çalışma planı: Çalışmada 2004 ve 2008 yılları arasında primer TDA yapılmış 79 hastaya ait 100 radyografi incelendi. Hastalar ameliyat sırasında kullanılan distal anatomik referans noktasına göre gruplandırıldılar. EHL referanslı teknik (ERT) grubunda ortalama yaşı 68.3 (dağılım: 56-82) olan 36 hasta yer alırken, ikinci metatars referanslı teknik (MRT) grubundaki 43 hastanın yaş ortalaması 70.2 (dağılım: 54-78) idi. ERT grubunda 47, MRT grubunda 53 komponent yer almaktaydı. Tibial komponentlerin frontal dizilimleri ölçüldü. $90 \pm 2^\circ$ derecelik açılanmalar normal kabul edilirken bu değerlerin üzerindeki 'varus', altındaki ise 'valgus' olarak işaretlendi.

Bulgular: Ortalama frontal dizilim MRT ve ERT gruplarında, sırası ile, 88.57° ve 89.17° idi. ERT grubunda normal aralıktaki tibial komponentlerin sayısı anlamlı olarak fazlayken ($p=0.017$), varus dizilimli komponent sayısı anlamlı olarak düşüktü ($p=0.024$). İki grup arasında valgus dizilimli normal dağılım dışı değerler açısından anlamlı bir farklılık görülmedi ($p=1.000$).

Çıkarımlar: Ekstansör hallusis longus tendonunun kullanımı tibial komponentin koronal plandaki dizilimini iyileştirmektedir. EHL tendonu kılavuz dışı sistemlerle güvenle kullanılabilir bir anatomik referans noktasıdır.

Anahtar sözcükler: Anatomik referans noktası; ekstansör hallusis longus tendonu; kanal içi kılavuz; koronal tibial dizilim; total diz artroplastisi.

Çimentolu total diz artroplastisi (TDA) hastaların çok iyi fonksiyonel kazanım elde ettikleri ve ortopedik cerrahlar açısından da tatminkar sonuçları olan bir girişimdir. TDA'nın başarısı hasta ve cerrah kaynaklı birçok etkene bağlıdır.^[1,2] Cerraha bağlı etkenler arasında, öncelikli olarak, uygun implant seçimi, yumuşak

doku dengesinin ve ideal mekanik aksın sağlanması gelmektedir.^[3,4] Özellikle varus yönündeki dizilimlerin implantın sağ kalımı üzerinde olumsuz etkileri vardır.^[5-7] Bununla birlikte, implant diziliminin fonksiyonel sonuçlar üzerine olan etkisine dair ise yeterli çalışma yoktur.^[8]

Yazışma adresi: Dr. Cenk Ermutlu, İstanbul Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Fatih, 34098 İstanbul.

Tel: +90 212 – 459 60 00 e-posta: cermutlu@hotmail.com

Başvuru tarihi: 01.01.2013 **Kabul tarihi:** 24.10.2013

©2014 Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği

Bu yazının çevrimiçi İngilizce versiyonu
www.aott.org.tr adresinde
doi: 10.3944/AOTT.2014.3155
Karekod (Quick Response Code)



Total diz artroplastisinde en sık revizyon sebepleri mekanik gevşeme ve komponent başarısızlığı gibi aseptik komplikasyonlardır.^[9] İmplant gevşemesi ile ekstremité aksı arasındaki ilişki çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir.^[4,7,10,11] Temel olarak, komponent-kemik ya da çimento-kemik bileşkelerinde aşınan parçacıklara karşı gelişen immün cevap sonucu aseptik gevşeme meydana gelmektedir. Komponentlerin uygunsuz yerleştirilmesi aşınma parçacıklarını arttırmaktadır.^[12]

Ameliyat öncesi planlama için çekilen radyografilerde hata oranı yüksek olduğundan ve deformite arttıkça ameliyat öncesi grafiler ile ameliyat esnasında karşılaşılan anatomi arasındaki uyum azaldığından ameliyat esnasındaki ölçümler ve kılavuzların kullanımı büyük öneme sahiptir.^[13] Günümüzde tibial ve femoral komponent yerleşimi için kanal içi ve dışı kılavuz sistemleri mevcuttur. Her iki tekniğin de kendine has avantaj ve dezavantajları vardır ve birbirlerine üstünlükleri gösterilememiştir.^[14] Kanal dışı sistemlerde distal tibial referans noktası olarak sıklıkla ikinci metatars seviyesi kullanılmaktadır. Bununla birlikte, ayak ve ayak bileğinin ameliyat esnasında her zaman sabit tutulmaması sebebi ile bu nokta yeterince güvenilir değildir.^[15]

Diğer olası anatomik belirteçler arasında anterior tibial çıkıntı, tibialis anterior (TA) tendonu, ekstansör hallusis longus (EHL) tendonu, dorsalis pedis arteri (DPA) ve bimalleolar çıkıntılar yer almaktadır.^[15-19] Bu referans noktaları arasında, kadavra çalışmalarında talus merkezinin çok yakınında yer alması sebebi ile EHL özellikle dikkat çekmektedir.^[20]

Bu çalışmada kanal dışı EHL referanslı teknik (ERT) ile geleneksel ikinci metatars referanslı tekniğin (MRT) tibial dizilim üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Hastalar ve yöntem

Bu vaka kontrol çalışmasında 2004-2008 yılları arasında primer osteoartrit sebebi ile primer TDA uygulanmış 79 hastaya ait 100 adet ameliyat sonrası erken dönem radyografisi retrospektif olarak incelendi. Hastalar ameliyat sırasında kullanılan anatomik referans noktalarına göre gruplandırıldılar. ERT grubunda ortalama yaş 68.3 (dağılım: 56-82) olan 36 hasta yer alırken, MRT grubundaki 43 hastanın yaş ortalaması 70.2 (dağılım: 54-78) idi. ERT grubunda 47, MRT grubunda 53 komponent yer almaktaydı. 2006 yılı öncesi ameliyat edilen hastaların tamamına standart MRT yöntemi uygulandı. 2006 yılı ve daha sonrasında TDA uygulanan hastaların tamamı ise ERT grubunda yer aldı. Kemik grefti ya da metal kama kullanımını gerektirecek kadar kemik kaybı olan hastalar çalışmanın dışında tutuldu.

Bütün hastalara çimentolu TDA uygulandı. Ameliyatların tamamı aynı kıdemli cerrah tarafından yapıldı. Bütün komponentler çimentolu olsa da, ameliyatın yapıldığı tarihteki malzeme temin koşullarına bağlı olarak farklı markalar kullanılmak durumunda kalındı. Ameliyat esnasında parmak ucundan turnikeye kadar bütün cilt povidon-iyot ile hazırlandı. Ayağa ayak bileği anterioru açıkta kalacak şekilde iki kat cerrahi eldiven geçirilerek tendonların kolaylıkla palpe edilebilmesi sağlandı. Ekstremité, ayak bileğinden başlayarak bütün cerrahi sahayı kaplayacak şekilde şeffaf steril örtü ile örtüldü. ERT grubunda EHL palpe edilerek, yeri cerrahi kalem ile işaretlendi. MRT grubunda ise distal referans olarak ayak nötral pozisyonda iken ikinci metatars kullanıldı. Her iki grupta da femur ve tibia kesileri tibial kesinin tibia anatomik aksına dik olarak yapıldığı klasik yöntem ile gerçekleştirildi.

Ameliyat sonrası erken dönemde çekilen ayakta uzun kaset diz grafileri kullanılarak tibial komponent dizilimi değerlendirildi. Ölçümler cerrahi ekip dışından tek bir araştırmacı tarafından yapıldı. Ön-arka grafilerde tibia anatomik aksı ve tibial komponent yatay aksı çizilerek medial tarafta yer alan açı alfa açısı olarak adlandırıldı ve gonyometre ile ölçüldü. $90 \pm 2^\circ$ içinde yer alan açılar normal sınırlar içinde kabul edilirken, bu değerlerin altındaki açılar 'varus', üstündeki açılar ise 'valgus' olarak değerlendirildi. Grupların ortalama alfa değerleri ve normal sınırlar dışında yer alan değerlerin sayıları not edildi. Normal dizilimden sapmanın varus ya da valgus yönünde olmasının farklı etkileri olduğu bildirildiğinden, normal dağılım dışındaki değerler ilave olarak valgus ve varus olarak da gruplandı.^[5-7]

İstatistiksel analizler için SPSS 13.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) programı kullanıldı. Gruplar arası alfa açılarının ortalamaları bağımsız t testi ile incelendi. İdeal yerleştirilen ve varus ya da valgus yönünde hatalı yerleştirilen komponentlerin oranları ki-kare testi ile değerlendirildi. Anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edildi.

Bulgular

Ortalama alfa değerleri, varus ve valgus yönünde normal dağılım dışındaki değerlerin sayısı Tablo 1'de verilmiştir. Tibial komponentlerin frontal düzlemdeki dizilimleri değerlendirildiğinde alfa açıları ortalaması MRT ve ERT gruplarında, sırası ile, 88.57° (dağılım: 84-93) ve 89.17° (dağılım: 84-93) bulundu. Ortalama alfa açıları yönünden iki grup arasında anlamlı bir fark saptanmadı ($p=0.124$). Alfa açısı değerleri normal dağılım dahilinde yer alan komponent sayısının ERT grubunda anlamlı olarak daha yüksek olduğu görüldü ($p=0.017$). Valgus

Tablo 1. Tibial komponentlerin koronal planda dizilimi.

	Ortalama±SS α	Normal Aralık	Normal Dağılım Dışında Kalan Değerler		Varus Normal Dağılım Dışı Değerlerinin Ortalama α Değeri ($\alpha < 88$)
			88< α <92	$\alpha < 88$ varus	
ERT Grubu (n=47)	89.17±1.74° dağılım: 84°-93°	n=42 (%89.4)	n=4 (%8.5)	n=1 (%2.1)	86.80±3.70°
MRT Grubu (n=53)	88.57±2.11° dağılım: 84°-93°	n=37 (%69.8)	n=15 (%28.3)	n=1 (%1.9)	86.44±1.20°
p	0.124	0.017*	0.024*	1.000	0.719

*İstatistiksel olarak anlamlı. SS: Standart sapma.

yönünde normal dağılım dışındaki değerler açısından iki grup arasında anlamlı bir fark saptanmadı ($p=1.000$). Varus yönünde normal dağılım dışındaki değerlerin ise ERT grubunda anlamlı derecede daha az olduğu görüldü ($p=0.024$). Varus yönünde normal dağılım dışındaki değerlerin alfa açılarının ortalamaları incelendiğinde iki yöntem arasında bir fark olmadığı görüldü (Tablo 1).

Tartışma

Total diz artroplastisinin uzun dönemde başarısı kullanılan cerrahi teknik ile yakın ilişkilidir. Literatürdeki genel kanı, uzun dönemde başarı için normal bir alt ekstremite diziliminin gerekli olduğu yönündedir.^[1-3] Dizilimin yeni implant dizaynlarının sağ kalımı ve hasta memnuniyeti üzerindeki etkisi bazı araştırmacılar tarafından sorgulanmış olsa da, güncel çalışmalar gerek toplam dizilimin gerekse her bir komponentin diziliminin implant sağ kalımı ve fonksiyonel sonuçlar üzerindeki önemine işaret etmektedir.^[3,21] Longstaff ve ark. ile Ritter ve ark., her bir komponentin ideal sınırlarda yerleştirilmesinin önemine değinmişlerdir.^[8,22] Bu araştırmacıların çalışmalarındaki bulgular her bir komponentin normalden sapması ile hastanede kalış süresi ve ameliyat sonrası 1. yıldaki KSS'si (Knee Society Score) arasında anlamlı ilişki olduğunu göstermiştir. Bir komponentteki yanlış dizilimi diğer bir komponentte başka dizilim hatalarıyla gidermeye çalışmak başarısızlık oranını arttırmaktadır. Fang ve ark. ile Berend ve ark. da, kötü dizilime sahip ekstremite aksının ilave komponent malpozisyonu ile normale döndürülmesinin protez sağ kalımını arttıracığı yönündeki düşünceleri reddetmişlerdir.^[3,6]

Komponent yerleşiminde koronal ya da sagittal düzlemde yapılan yanlışlar rotasyonel dizilim kusurlarında ki kadar semptomatik olmadığından, hastalar durumdan habersiz olarak yaşantılarına devam edip orta ya da geç dönemde komponente bağlı sorunlarla başvurabilmektedirler.^[23] TDA uygulanan hastaların %10 ila 30'unda alt ekstremite diziliminin ya da komponent yerleşiminin

3 derece ya da daha fazla valgus/varusta olduğu bildirilmiştir.^[1,24] Bu oranı mümkün olduğunca aza indirmek için tibial ve femoral komponentler yerleştirilirken kanal içi veya kanal dışı kılavuz sistemlerinin kullanımı gereklidir. Her iki tekniğin de avantaj ve dezavantajları vardır ve tibial komponent yerleşiminde birbirlerine üstünlükleri gösterilememiştir.^[14] Kendi klinik uygulamamızda, yağ embolisi ve kanal içi çubuğun medullaya oranla kısa ya da dar olduğu durumlarda gelişebilecek varus açılmasından kaçınmak için kanal dışı sistemleri kullanmaktayız.^[1]

Kanal dışı sistemlerde tibial komponentin tibianın mekanik aksına 90 derece dik olarak yerleştirilmesi hedeflenir. Bu sistemin temelinde distal referans noktası olarak palpe edilen ayak bileğinin ortası ya da ikinci metatars seviyesi kullanılır. Bununla birlikte, tibianın mekanik aksı ayak bileğinin değil, talusun merkezinden geçer ve ayak bileğini referans olarak yapılan yerleştirmeler tibial komponentin koronal diziliminde hataya yol açabilirler. Talusu palpe etmek ise örtüm sonrasında oldukça zordur. Her ne kadar ikinci metatars anatomik pozisyonda iken talus merkezi ile aynı çizgide olsa da, ameliyat esnasındaki pozisyonu ayak rotasyonundan büyük ölçüde etkilenmektedir. Diğer olası anatomik belirteçler arasında anterior tibial çıkıntı, TA tendonu, EHL tendonu, DPA ve bimalleolar çıkıntılar yer alır.^[15-19] EHL tendonu ayak bileğini katettiği noktada talusun merkezine oldukça yakındır ve TA tendonuna kıyasla daha merkezdedir. Kolayca palpe edilebilir ve yeri ayak pozisyonu ile değişmez. DPA'nın aksine, EHL'nin yeri turnikenin şişirilmesinden önce ya da sonra belirlenebilir. Tendon palpe edildikten sonra talusun merkezinin belirlenmesi için ilave ölçüm veya enstrümantasyon da gerekmez. Biz 2006 senesinden beri bu anatomik referans noktasını kullanmaktayız ve ayak bileği seviyesinde tek kat şeffaf örtüm yapıldığı durumlarda EHL tendonunu operasyon sırasında bulmakta herhangi bir sorunla karşılaşmadık.

Total diz artroplastisinde dizilimi değerlendirmek

için mekanik ya da anatomik aks kullanılabilir. Her ne kadar mekanik aksın daha önemli olduğu düşünülse de, tibianın anatomik aksı kullanılarak yapılan uzun kaset mekanik aks ölçümlerinin yüksek oranda doğruluğa sahip olduğu gösterilmiştir.^[3,6,25] Tibianın mekanik ve anatomik aksları birbirine paralel olduğu ve artroplasti sonrası mekanik aksın proksimal tibiadaki anatomik referans noktaları kaybolduğu için, komponent pozisyonunu incelerken tibianın anatomik aksından faydalandık. Komponent dizilimini incelerken normalden ne kadar bir sapmanın kabul edilebilir olduğu hala tartışmalıdır. Genel kanı, tibial komponentte 3 derecenin üstündeki sapmaların implant sağ kalımını etkilediği yönündedir.^[1,4,6,10,26,27] Bazı çalışmalar ise dizilimin iyi sayılabilmesi için sapmaların 2 derecenin altında olmasını kriter olarak almaktadırlar.^[20,28,29] Buna ek olarak, kabul edilebilir varus/valgus açıların komponent modellerine göre değişebileceği gösterilmiştir.^[6] Biz bu çalışmamızda iki teknik arasındaki farklılıkları daha detaylı inceleyebilmek için 2 derecenin altındaki varus/valgus açılanmalarını normal olarak kabul ettik.

Olumsuz etkilerine rağmen literatürde yanlış yerleşimlerin çoğu varus yönünde olmaktadır.^[1,24,29,30] Tibial komponentlerin ortalama frontal dizilimleri kabul edilebilir sınırlarda olmakla beraber çoğunlukla varus yönündedir. Bizim çalışmamızda da, her iki grubun alfa açılarının ortalaması normal sınırlar içerisinde olsa da ($88 < \alpha$) hafif varus yönünde idi (ERT için 89.17° ve MRT için 88.57°). Bulduğumuz bu değerler, literatürdeki standart kılavuz sistemlerinin kullanıldığı ve ortalama tibial koronal dizilimin 88 ile 89.6 derece arasında değiştiği diğer çalışmalarla uyumludur.^[1,14,24,29,30] Koronal tibial dizilimi optimal sınırlarda olan artroplastilerin sayısı ERT grubunda anlamlı olarak daha fazla idi. Varus-valgus yönünde 2 dereceden daha az sapması olan olguların oranı %89.4 iken, bu oran MRT grubunda %69.8'e düşmüştü. Bu değerler Teter ve ark. ile Pang ve ark.'nın bilgisayar yardımıyla cerrahi konusundaki çalışmaları ile benzerdir. Her iki araştırmacı bilgisayarlı kılavuz sistemleri kullanarak 3° valgus/varus değerleri içinde %94 optimal dizilim elde etmişlerdir.^[14,30]

Varus yönündeki dizilim bozukluklarının implant sağ kalımı üzerindeki etkileri genel olarak daha kötüdür.^[5-7,22] Sonlu eleman analizleri ve bilgi çıkarma çalışmaları, varus dizilimin daha yüksek gerilim ve kemik yorgunluğuna yol açtığını göstermiştir.^[31] Bizim çalışmamızda, ERT'nin esas olarak varus yönündeki normal dağılım dışındaki değerlerin sayısının azaltılmasında etkili olduğunu gördük. Varus normal dağılım dışı değerlerin azaltılması mekanik ve komponent aşınması kaynaklı dizilim bozukluklarının azaltılması bakımından da

önemlidir. Varus yönünde komponentleri olan hastalar komponentlerin normalden sapma açılarının büyüklüğü bakımından da değerlendirildi ve ERT yönteminin normal dağılım dışında kalan değerlerde bir azalmaya neden olup olmadığı incelendi. Bununla birlikte, iki teknik arasında varus normal dağılım dışı değerlerin ortalama alfa açıları bakımından bir fark yoktu.

Bu çalışma retrospektif olarak yapılmıştır ve retrospektif çalışmaların bütün kısıtlılıklarına sahiptir. Diğer bir kısıtlılık, uzun dönem takipte fonksiyonel inceleme yapılmamış olması ve hasta sayısındaki kısıtlılıktır. Bu çalışmanın sonuçlarının daha büyük hasta serileri ile desteklenmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışmanın sonuçları EHL tendonunun kanal dışı kılavuz sistemleri ile kullanmak için güvenilir bir anatomik referans noktası olduğunu ve koronal dizilimi iyileştirdiğini göstermiştir. ERT mevcut kanal dışı kılavuz sistemlerinin bir modifikasyonu olduğu için ekstra bir maliyet yaratmamaktadır ve var olan bütün kanal dışı kılavuz sistemleri ile uygulanabilmektedir. Ameliyat süresini uzatmamaktadır ve bazı serilerde normal dağılım dışında kalan değerleri azaltmadaki etkinliğinin bilgisayar yardımıyla sistemlerle benzer olduğu görülmüştür.

Çıkar örtüşmesi: Çıkar örtüşmesi bulunmadığı belirtilmiştir.

Kaynaklar

1. Stulberg SD. How accurate is current TKR instrumentation? Clin Orthop Relat Res 2003;416:177-84.
2. van der Linden-van der Zwaag HM, Valstar ER, van der Molen AJ, Nelissen RG. Transepicondylar axis accuracy in computer assisted knee surgery: a comparison of the CT-based measured axis versus the CAS-determined axis. Comput Aided Surg 2008;13:200-6.
3. Fang DM, Ritter MA, Davis KE. Coronal alignment in total knee arthroplasty: just how important is it? J Arthroplasty 2009;24(6 Suppl):39-43.
4. Jeffery RS, Morris RW, Denham RA. Coronal alignment after total knee replacement. J Bone Joint Surg Br 1991;73:709-14.
5. Bargren JH, Blaha JD, Freeman MA. Alignment in total knee arthroplasty. Correlated biomechanical and clinical observations. Clin Orthop Relat Res 1983;173:178-83.
6. Berend ME, Ritter MA, Meding JB, Faris PM, Keating EM, Redelman R, et al. Tibial component failure mechanisms in total knee arthroplasty. Clin Orthop Relat Res 2004;428:26-34.
7. Ritter MA, Herbst SA, Keating EM, Faris PM, Meding JB. Long-term survival analysis of a posterior cruciate-retaining total condylar total knee arthroplasty. Clin Orthop Relat Res 1994;309:136-45.

8. Longstaff LM, Sloan K, Stamp N, Scaddan M, Beaver R. Good alignment after total knee arthroplasty leads to faster rehabilitation and better function. *J Arthroplasty* 2009;24:570-8.
9. Bozic KJ, Kurtz SM, Lau E, Ong K, Chiu V, Vail TP, et al. The epidemiology of revision total knee arthroplasty in the United States. *Clin Orthop Relat Res* 2010;468:45-51.
10. Rand JA, Coventry MB. Ten-year evaluation of geometric total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1988;232:168-73.
11. Ryd L, Lindstrand A, Stenström A, Selvik G. Porous coated anatomic tricompartmental tibial components. The relationship between prosthetic position and micromotion. *Clin Orthop Relat Res* 1990;251:189-97.
12. Wasielewski RC, Galante JO, Leighty RM, Natarajan RN, Rosenberg AG. Wear patterns on retrieved polyethylene tibial inserts and their relationship to technical considerations during total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1994;299:31-43.
13. Yaffe MA, Koo SS, Stulberg SD. Radiographic and navigation measurements of TKA limb alignment do not correlate. *Clin Orthop Relat Res* 2008;466:2736-44.
14. Teter KE, Bregman D, Colwell CW Jr. Accuracy of intramedullary versus extramedullary tibial alignment cutting systems in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1995;321:106-10.
15. Cooke NJ, Burnett R. An aid to tibial alignment in total knee replacement. *Ann R Coll Surg Engl* 2008;90:73-4.
16. Schneider M, Heisel C, Aldinger PR, Breusch SJ. Use of palpable tendons for extramedullary tibial alignment in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2007;22:219-26.
17. Akagi M, Asada S, Mori S, Matsushita T, Hashimoto K, Hamanishi C. Estimation of frontal alignment error of the extramedullary tibial guide on the bi-malleolar technique: a simulation study with magnetic resonance imaging. *Knee* 2012;19:836-42.
18. Sugimura N, Ikeuchi M, Izumi M, Aso K, Ushida T, Tani T. The dorsal pedis artery as a new distal landmark for extramedullary tibial alignment in total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013.
19. Fukagawa S, Matsuda S, Mitsuyasu H, Miura H, Okazaki K, Tashiro Y, et al. Anterior border of the tibia as a landmark for extramedullary alignment guide in total knee arthroplasty for varus knees. *J Orthop Res* 2011;29:919-24.
20. Sikorski JM. Computer-assisted revision total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br* 2004;86:510-4.
21. Parratte S, Pagnano MW, Trousdale RT, Berry DJ. Effect of postoperative mechanical axis alignment on the fifteen-year survival of modern, cemented total knee replacements. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92:2143-9.
22. Ritter MA, Davis KE, Meding JB, Pierson JL, Berend ME, Malinzak RA. The effect of alignment and BMI on failure of total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93:1588-96.
23. Czurda T, Fennema P, Baumgartner M, Ritschl P. The association between component malalignment and postoperative pain following navigation-assisted total knee arthroplasty: results of a cohort/nested case-control study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010;18:863-9.
24. Jung YB, Lee HJ, Jung HJ, Song KS, Lee JS, Yang JJ. Comparison of the radiological results between fluoroscopy-assisted and navigation-guided total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009;17:286-92.
25. Fang D, Ritter MA. Malalignment: forewarned is forearmed. *Orthopedics* 2009;32.
26. Løer I, Plitz W. Tibial malalignment of mobile-bearing prostheses--a simulator study. [Article in German] *Orthopade* 2003;32:296-304. [Abstract]
27. Ranawat CS, Boachie-Adjei O. Survivorship analysis and results of total condylar knee arthroplasty. Eight- to 11-year follow-up period. *Clin Orthop Relat Res* 1988;226:6-13.
28. Aglietti P, Buzzi R. Posteriorly stabilised total-condylar knee replacement. Three to eight years' follow-up of 85 knees. *J Bone Joint Surg Br* 1988;70:211-6.
29. Reed MR, Bliss W, Sher JL, Emmerson KP, Jones SM, Partington PF. Extramedullary or intramedullary tibial alignment guides: a randomised, prospective trial of radiological alignment. *J Bone Joint Surg Br* 2002;84:858-60.
30. Pang CH, Chan WL, Yen CH, Cheng SC, Woo SB, Choi ST, et al. Comparison of total knee arthroplasty using computer-assisted navigation versus conventional guiding systems: a prospective study. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2009;17:170-3.
31. Wong J, Steklöv N, Patil S, Flores-Hernandez C, Kester M, Colwell CW Jr, et al. Predicting the effect of tray malalignment on risk for bone damage and implant subsidence after total knee arthroplasty. *J Orthop Res* 2011;29:347-53.