



Femur boyun koruyucu (FBK) protezlerin yol açtığı komplikasyonların analizi

Mingqing LI, Yihe HU, Jie XIE

Central South Üniversitesi Xiangya Hastanesi, Ortopedi Kliniği, Changsha, Çin

Amaç: Bu çalışmanın amacı femur boyun koruyucu (FBK) protez kullanımının, total kalça artroplastisindeki (TKA) klinik ve radyolojik sonuçlarını ve komplikasyonlarını değerlendirmektir.

Çalışma planı: Çalışmada, Ocak 2004 ve Aralık 2011 tarihleri arasında FBK protezi ile TKA uygulanan 125 hastanın (70 erkek, 55 kadın; ortalama yaş: 50, dağılım: 38-60) 142 (82 erkek, 60 kadın) kalçası değerlendirildi. Hasta skorlamaları Harris kalça skoru (HKS) ve görsel analog skala (GAS) ile yapıldı. Radyografiler protez pozisyonu, gevşemesi ve ektopik kemikleşme analizinde kullanılan Gruen bölgeleri ile DeLee ve Charnley bölgelerine göre değerlendirildi.

Bulgular: Ortalama 4.72 ± 2.16 (dağılım: 1-8.4) yıllık takip sırasında hiçbir hasta çalışmayı terk etmedi. Cerrahi öncesi 8.3 ± 3.12 olan GAS skoru son takipte 2.1 ± 1.54 e gerilerken, HKS'nin 51.43 ± 4.14 puandan 90.27 ± 6.60 puana geliştiği görüldü. Hastaların %87.4'ünde HKS iyi ve mükemmel olarak değerlendirildi. Brooker sınıflandırmasına göre tamamı Evre 1 olan 4 olguda (%2.8) klinik semptom olmaksızın hafif ektopik kemikleşme izlendi. Beş hastada (%3.5) proksimal femurda kemik kaybı bulundu. Stemi çevreleyen radyolüsen hatlar hiçbir olguda gözlenmedi. Yine hiçbir olguda protez gevşemesi veya femoral protez çökmesi saptanmadı. Femoral ve asetabular komponentler için sağkalım oranı %100 olarak bulundu. Ameliyat sırasında stem ucunda lateral femoral diyafizde oluşan 10 (%7.1) kırık için ek bir tedavi gereksinimi oluşmadı. Hiçbir olguda enfeksiyon, kayma ya da derin ven trombozu gözlenmedi.

Çıkarımlar: Femur boyun koruyucu protez ile total kalça artroplastisi değişik etiyolojileri olan genç hastalar için iyi bir seçenek olsa da, komplikasyonların engellenmesi için yakın takip şarttır.

Anahtar sözcükler: Artroplasti; femur boyun koruyucu protez; kalça eklemi; takip.

Total kalça artroplastisi (TKA), kalça eklemine yeniden inşası için etkin ve kapsamlı bir yöntemdir. Femur boyun, proksimal femurun en sağlam yapısıdır ve kalça eklemi için stres dağılımının merkezidir. Femur boyunun muhafaza edilmesi, diyafiz boyunca fizyolojik yük dağılımının daha eşit olmasını sağlayan metafizer süngerimsi kemiğin trabeküler sistemlerini korur. Femur boyunun kanlanması korunması da kemiğin iç bü-

yümesinin artmasına izin veren etmenlerdendir. Bununla birlikte, femur boynu TKA sırasında normal femur protezi ile rezeke edilmelidir. Femur boyunun eksizyonu kemik kütlelerinin azalması ve stres dağılımının dengesizliği ile sonuçlanacaktır. Kısa stemler ile karşılaştırıldığında standart uzunluktaki stemlerin cerrahi sırasındaki komplikasyonlarının daha yüksek olduğu gözlenmiştir. ^[1] Sonuç olarak, mümkün olduğunca fazla sağlıklı kemi-

Yazışma adresi: Dr. Yihe Hu, Central South University Xiangya Hospital, Department of Orthopedics 87 Xiangya Road, Changsha, Hunan, P.R. China.

Tel: (+86-158) 0262 9709 e-posta: yihehu@126.com

Başvuru tarihi: 24.08.2013 **Kabul tarihi:** 18.06.2014

©2014 Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği

Bu yazının çevrimiçi İngilizce versiyonu

www.aott.org.tr adresinde

doi: 10.3944/AOTT.2014.13.0060

Karekod (Quick Response Code)



ği korumak adına sadece patolojik dokunun çıkarılması-
nı gerektiren protez ve cerrahi teknikler geliştirmek daha
da önemli hale gelmiştir.^[2-5]

Bunun sonucunda, femur boynunu koruyan kısa
stemli protezler giderek daha popüler hale gelmiştir.
Çeşitli tipteki kısa stemli protezlerin orta dönem takibi-
binde bu protezlerin klinik sonuçlarının çok iyi olduğu
görülmüştür.^[6-7] Femur boyun koruyucu (FBK) protez
gibi femur boynunu koruyan kalça replasmanı kavramı
1990'ların ortalarında ortaya atılmıştır.^[8] Femur boyun
koruyucu kısa stemli protez, özellikle genç hastalar için
daha düşük invaziv implantasyon olasılığı sağlayan çim-
mentosuz implant olarak tanıtılmıştır. Bununla birlikte,
bu protezlerin komplikasyonları ile ilgili sadece birkaç
rapor yayınlanmıştır. Bu çalışmanın amacı, dolayısıyla,
FBK protezin klinik sonuçları ve komplikasyonlarını de-
ğerlendirmektir.

Hastalar ve yöntem

Kurumumuzda Ocak 2004 - Aralık 2011 tarihleri
arasında 125 hastaya (ortalama yaş: 50, dağılım: 38-60)
toplam 142 total kalça artroplastisi FBK protezi ile ya-
pıldı. Sonuçlar geriye dönük olarak araştırıldı. Hastalar
70 erkek (82 kalça) ve 55 kadından (60 kalça) oluşmak-
taydı. Enfekte olmamış kalça hastalığı bulunan ve femur
boynu sağlam olan 65 yaş üstü hastalara primer TKA
uygulandı (Tablo 1). Osteoporoz, ciddi kalça displazisi
ve habis hastalıklar dışlanma kriterlerini oluşturdu.

Tüm hastalarda posterolateral yaklaşım kullanıldı.
Tüm girişimler hasta genel anestezi altında ve lateral
pozisyonda, deneyimli bir ortopedik cerrah tarafından
yapıldı. Bir kesikten yerleştirilen drenaj tüpü cerrahi mü-
dahaleden 24-48 saat sonra çıkartıldı. Femur boynu ve
proksimal süngerimsi kemiği korumak için intertrokan-
terik fossanın 1.5 cm üzerinde osteotomi yapıldı. Total
kalça artroplastisinde çimentosuz bileşenler olarak FBK
protez stemi ve trabeküler asetabular kaplar (Waldemar
Link GmbH, Hamburg, Germany) kullanıldı. Bu çalı-
şmada kullanılan stemler titanyum ve kalsiyum fosfat
kaplamadan oluşmaktaydı. Baş-boyun-diyafiz açısı 126°
olan hafif (A) ya da güçlü (B) eğimli stemler implante
edildi. Stemlerin uzunlukları genişliklerine göre (en ufak
boydan en büyük boya kadar 5 farklı ölçüde) farklılık
göstermekteydi. Hastalara ameliyatı takip eden ilk 3 gün-
de uygulanan 30 kg'lık kısmı yük basma kademeli bir şe-
kilde arttırılarak 1 ay sonunda tam yük basmalarına izin
verildi. Bu hastalar ameliyattan sonra düzenli olarak 3., 6.
ve 12. aylarda ve daha sonra senede bir kez olmak üzere
polikliniğimizde klinik ve radyolojik değerlendirildi.

Fonksiyonel sonuçlar hasta kabulünde ve takiplerde
Harris kalça skoru (HKS) ve görsel analog skala (GAS)

Table 1. Serimizdeki hastaların cerrahi öncesi aldığı tanılar.

Cerrahi öncesi tanı	Vaka sayısı	
	n	%
Osteoartrit	52	41.6
Avasküler nekroz	45	36.0
Romatoid artrit	16	12.8
Ankilozan spondilit	5	4.0
Posttravmatik osteoartrit	4	3.2
Perthes Hastalığı	2	1.6
Gelişimsel kalça displazisi	1	0.8

ile değerlendirildi. Sonuçlar mükemmel (≥ 90 puan), iyi
(80-89 puan), orta (70-79 puan) ve zayıf (< 70 puan)
olarak gruplandırıldı. Hasta davranışları dört öznel ka-
tegori (çok memnun, memnun, memnun değil ve hiç
memnun değil) kullanılarak incelendi. Radyograflerin
değerlendirilmesinde Gruen^[9] ile DeLee ve Charnley^[10]
bölgelerinden yararlandı. Stem oryantasyonu stem me-
dial veya lateral korteksin ucuyula yaptığı temasa göre
belirlendi. Bu konum nötr, valgus (uç ve medial korteks
arasındaki temas) ya da varus (uç ve lateral korteks ara-
sındaki temas) olarak tanımlandı. Stem boyu stemin
distalindeki medüller dolgu ile belirlendi ve tam (stem
ve kortikal kemik arasındaki boşluğun 1-2 mm olması),
büyük boy (stem ve kortikal kemik arasında tam temas)
ve normalden küçük (boşluğun 2 mm'den fazla olması)
olarak tanımlandı. Çalışmada hasta memnuniyeti de ay-
rıca değerlendirildi.

Çalışma verileri ortalama değer±standart sapma ve
dağılım olarak sunulmuştur. Cerrahi öncesi ve sonrası
veriler arasındaki farklar, eşleştirilmiş t-testi ile de-
ğerlendirildi. Örnek veriler normal dağılım göstermedi-
ğinde Wilcoxon işaretli sıra testi ve Mann-Whitney sıra
toplam testi kullanıldı. Tüm testler için hedeflenen güç
 $1-\beta=0.8$ ve anlamlılık seviyesi $\alpha=0.05$ olarak alındı.
İstatistiksel analizler SPSS v19.0 (SPSS, Chicago, IL,
ABD) yazılımı kullanılarak yapıldı.

Bulgular

Çalışma boyunca hiçbir hasta hayatını kaybetme-
di ve tümü çalışmayı tamamladı. Takip süresi ortalama
 4.72 ± 2.16 (dağılım:1-8.4) yıl idi. Ameliyat öncesi
HKS puanı 51.43 ± 4.14 (dağılım: 45-60) iken, son ta-
kipde 90.27 ± 6.60 (dağılım:74-98) puana yükseldi. So-
nuçlar arasındaki fark anlamlı idi ($p<0.05$). Hastaların
%87.4'ünde HKS sonuçları mükemmel ya da iyi olarak
bulundu (Tablo 2).

Ameliyat öncesi 8.3 ± 3.12 olan GAS puanı son takip-
te 2.1 ± 1.54 puana geriledi. Total kalça artroplastisi son-
rası tüm hastalar kendi sonuçları ile ilgili ya çok memnun

Table 2. Harris kalça skorlarının (HKS) dağılımı: mükemmel (≥ 90 puan), iyi (80-89 puan), orta (70-79 puan) ve zayıf (< 70 puan).

Derece	Cerrahi öncesi HKS			Cerrahi sonrası HKS		
	n	%	Ort.±SS	n	%	Ort.±SS
Mükemmel	0/142	0		85/142	59.9	
İyi	10/142	7.0		39/142	27.5	
Orta	25/142	17.6		18/142	12.7	
Zayıf	107/142	75.4		0/142	0	
Toplam			51.43±4.14			90.27±6.60*

* $p < 0.001$, cerrahi öncesi skora kıyasla.

ya da memnun olduklarını ifade ettiler. Takip eden dönemde hiçbir hastanın uyluk ağrısı şikayeti olmadı.

Stem boyu 130 (%91.5) olguda tam, 12 (%8.5) olguda ise büyüktü. Stem 127 (%89.4) olguda nötr pozisyonda, 7 (%4.9) olguda valgusta hizalanmış olarak ve 8 (%5.6) olguda ise varusta hizalanmış olarak implante edildi. Beş (%3.5) olguda proksimal femurda hafif kemik kaybı gözlemlendi. Kayıplar 3 hastada femur boyununun lateralinde Gruen 1. Bölge alt kenarında, 1 hastada Gruen 7. Bölge'nin medialinde ve 1 hastada da her iki bölgede idi. Bu hastalarda hiçbir klinik belirti bulunmadı. Heterotopik kemikleşme 142 protezin 4'ünde (%2.8) gözlemlendi. Kemikleşmelerin tümü Brooker ve ark.'nın 11 sınıflandırmasına göre 1. Derece ve asetabulum kenarına yakın olarak gözlemlendi.

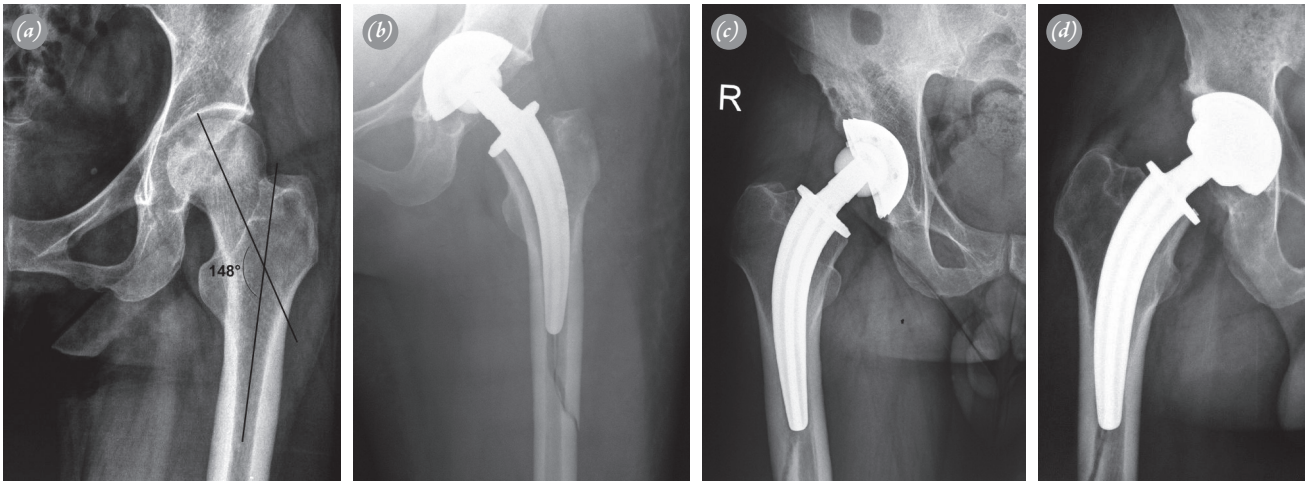
Hiçbir olguda stemi çevreleyen radyolüsen hat görülmedi. Yine, serideki hiçbir hasta bu izlem çalışmasında aseptik gevşeme veya çökme sonucu stem revizyonuna ihtiyaç duymadı. Asetabular kaplarının tümünün radyolojik olarak stabil olduğu görüldü. DeLee ve Charnley 10 sınıflandırmasına göre tanımlanan bölgelerde radyolüsen hatlar gözlemlenmedi. Hiçbir kap ya da stemde bir re-

vizyon ihtiyacı olmadı. Kap ve stemlerin sağkalım oranı %100 olarak bulundu.

Cerrahi sırasında stem ucunda lateral femur diyafizinde 10 adet kırık geliştirse de, bu kırıkların hiçbirinde ek bir tedaviye gereksinim duyulmadı (Şekil 1). Bu hastaların tümüne ameliyattan 5 gün sonra 20 kiloluk kısmi yük basmalarına, operasyonu takip eden 4 ay içerisinde de kademeli olarak tam yük basmalarına izin verildi. Bu süre zarfında hastalardan kısmi yük basmaya yardımcı olması amacıyla koltuk değnekleri ile yürüme istendi. Tüm bu hastaların kırıkları operasyondan 8 ay sonra iyileşti. Kırıklı hastalar ile kırığı olmayan grup arasında HKS açısından anlamlı bir fark bulunmadı ($p > 0.05$).

Tartışma

Femur boynu koruyucu stem ilk olarak Pipino ve ark.^[12] tarafından 1970'lerin sonlarında tasarlanmış ve tanımlanmıştır. Birincil üç düzlemlerli stem stabilitesi, fizyolojik yük (stres) hatları boyunca dağılan stres yüklemesi, kemik stokunun korunması, kan temini ve daha basit bir yenileme işlemleri dahil olmak üzere bu protezin birçok



Şekil 1. (a) Abartılı boyun-şaft açısını gösteren grafi. (b) İkinci bir tedavi gerektirmeyen metafizer kırığı gösteren grafi. (c) Büyük boy stem kullanılması sonucu oluşan metafizer kırığı gösteren grafi. (d) Yanlış osteotomi açısından kaynaklanan metafizer kırığın grafisi.

avantajı vardır. Piyasaya sunulmasından bu yana FBK ile mükemmel klinik sonuçlar elde edilmiştir.^[13]

Verilerimiz FBK protez uygulanan 125 hastadan elde edildi. Bu veriler implant sağkalım oranı, fonksiyonel sonuç ve komplikasyon oranı açısından iyi sonuçlara işaret etmekteydi. Bu bulgular orta dönem takipleri sonrası sonra kap için %100 ve stem için %99 sağkalım oranı bildiren Briem ve ark.^[14] tarafından da yakın zamanda teyit edilmiştir. Çimentosuz kalça protezi sonrası klinik sonuçlar, özellikle radyolüsen hatlarla eşlik eden stem mikrohareketlerin varlığında gözlenen uyluk ağrısı nedeni ile ciddi ölçüde etkilenebilir.^[15] Çalışmamızın takip döneminde, protez göçü ile ilgili bir belirti ya da uyluk ağrı şikayeti ile ilgili bir durum gözlemedik.

Briem ve ark., cerrahi esnasında kırık gözlenmeyen serilerinde, 5 olguda büyük boy stem, 2'sinde uygun olmayan osteotomi açısı, 2'sinde abartılmış boyun-şaft açısı ve 1'inde doğru boyda stem kullanıldığını rapor etmişlerdir.^[14] Bununla birlikte, bizim çalışmamızda, cerrahi esnasında stem ucunda lateral femur diyafizinde 10 adet kırık görülmüştür. Osteotomi açısının femoral komponentteki yük dağılımını etkilediğini fark ettik. Protezin sonu ile stresin en yoğun olduğu femur arasındaki bu temas noktasında bir oblik kırık oluşması gayet olasıdır ve femur boyun anteversiyonu ve boyun-şaft açılanması arasındaki derecenin büyük olması halinde de muhtemelen bu kırıklar ameliyat sonrasında oluşacaklardır. Femur boyun koruyucu protezi boyun-şaftın femurun normal anatomisindeki 126° ve 117°'lik açılara göre tasarlanmıştır. Boyun-şaft açısı fazla olan hastalarda FBK protezi kullanıldığında protezi çevreleyen kompresif ve gerim kuvvetleri artarak nihayetinde bir kırığa yol açacaktır. Minimal invaziv yaklaşım, press-fit çimentosuz stem kullanımı, kadın cinsiyet, metabolik kemik hastalığı, Paget hastalığı gibi morfolojik değişime neden olan kemik hastalıkları ve cerrahi esnasındaki teknik hatalar intraoperatif periprotetik kırıklar için risk faktörlerindedir.^[16] Cerrahi esnasındaki bu tip komplikasyonların temel nedeninin büyük boy FBK protezinin kullanılması olduğu kanaatindeyiz. Doğru stemi belirlemek için uygun ölçümler yapmak ve cerrahi öncesi detaylı bir planlama bu komplikasyonu önleyebilir. Ayrıca, FBK protezinin standart tasarımı Çin halkının anatomisine uymayabilir. Bunun için daha fazla araştırma ve potansiyel değişiklikler gerekmektedir. Jakubowitz ve ark. Mayo kısa stemli protezlerde kırık riskinin yüksek olmadığını, ancak, FBK protezinin yapısal özelliklerinin kırık riskini artırıp artırmayacağını bilinmediğini ifade etmişlerdir.^[17]

Diğer çalışmalardaki bulgulara benzer şekilde, çalışmamızda proksimal femur bölgesinde göreceli kemik kaybı ile yeniden şekillendirme paternleri gözledik. Bri-

em ve ark. da, çalışmalarında proksimal femurda göreceli osteopeniye dikkat çekmişlerdir.^[14] Yeniden şekillenme büyük ölçüde implant tasarımı ve stem sertliği tarafından belirlenen mekanik yüklemenin dağılımına göre belirlenmektedir.^[18,19] Hayashi ve ark., kemik mineral yoğunluğu (KMY) ile UCLA aktivite skorları arasında anlamlı bir korelasyon bulmuşken, KMY ile VKİ veya yaş ile HKS arasında böyle bir korelasyon saptamadıklarını bildirmişlerdir.^[20]

Grubumuzda 4 (%2.8) olguda heterotopik kemikleşme mevcuttu. Briem ve ark., cerrahi revizyon gerektiren 3 (%1.6) periartiküler kemikleşme olgusu rapor etmişlerdir.^[14] Heterotopik kemik (HO) TKA'nın nadir görülen bir sonucudur ve son zamanlarda yapılan çalışmalarda daha çok kalça yüzey yenileme artroplastisindeki bir sorun olduğu gösterilmiştir. Heterotopik kemik gelişiminin temel mekanizmasının, yaş, cinsiyet ve bilateralite gibi diğer hasta ile ilgili risk faktörleri ile birlikte yumuşak doku diseksiyonuna da bağlı olduğu öne sürülmüştür.^[21] Kalça yüzey yenileme artroplastisi, bilateral hastalıklı erkeklerde HO riskini arttırabilir.^[22] Buna ek olarak Briem ve ark.,¹⁴ serimizde rastlamadığımız, kap dizilim bozukluğu, derin osteotomi ve skar dokusuna bağlı oluşan üç adet nüks çıkık olgusu rapor etmişlerdir.

Çalışmamızın çeşitli kısıtları bulunmaktadır. Bunlardan ilki, nispeten küçük bir grubun analiz edilmiş olmasıdır. İkinci olarak, takip süresi ile düşük hasta sayısı kesin sonuçlara ulaşmamız için yeterli değildir. Bu nedenle, bulgularımız öncül sonuçlar olarak kabul edilmelidir.

Sonuç olarak, TKA'da FBK stem kullanımı bazı komplikasyonlara rağmen iyi sonuçlar vermektedir. Femur boyun koruyucu protezin anatomik yapısı, FBK stemlerde distal uzatma parçasının olmaması, kısa stem boyu, küçük komponentlerin implantasyonu ve femoral boyunun korunması bu yöntemin avantajları arasında yer almaktadır. Çalışmamızdaki takip süresinin kesin sonuçlara varmak için yeterince uzun olmamasına rağmen, FBK sistemi ile orta dönemde mükemmel sonuçları sağlanmıştır. Femur boyun koruyucu protezlerin kullanımı sonrası osteoliz veya stem gevşemesinin daha az görülüp görülmeyeceğini veya diğer avantajlarını ortaya koymak için uzun süreli takipli çalışmalara ihtiyaç vardır.

Çıkar örtüşmesi: Çıkar örtüşmesi bulunmadığı belirtilmiştir.

Kaynaklar

1. Molli RG, Lombardi AV Jr, Berend KR, Adams JB, Sneller MA. A short tapered stem reduces intraoperative complications in primary total hip arthroplasty. Clin Orthop Relat Res 2012;470:450-61.
2. Lingard EA, Muthumayandi K, Holland JP. Comparison

- of patient-reported outcomes between hip resurfacing and total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br* 2009;91:1550-4.
3. Killampalli VV, Kundra RK, Chaudhry F, Chowdhry M, Fisher NE, Reading AD. Resurfacing and uncemented arthroplasty for young hip arthritis: functional outcomes at 5 years. *Hip Int* 2009;19:234-8.
 4. Goebel D, Schultz W. The Mayo cementless femoral component in active patients with osteoarthritis. *Hip Int* 2009;19:206-10.
 5. Ghera S, Pavan L. The DePuy Proxima hip: a short stem for total hip arthroplasty. Early experience and technical considerations. *Hip Int* 2009;19:215-20.
 6. Ettinger M, Ettinger P, Lerch M, Radtke K, Budde S, Ezechieli M, et al. The NANOS short stem in total hip arthroplasty: a mid term follow-up. *Hip Int* 2011;21:583-6.
 7. Zeh A, Weise A, Vasarhelyi A, Bach AG, Wohlrab D. Medium-term results of the Mayo™ short-stem hip prosthesis after avascular necrosis of the femoral head. [Article in German] *Z Orthop Unfall* 2011;149:200-5. [Abstract]
 8. Pipino F, Molfetta L. Femoral neck preservation in total hip replacement. *Ital J Orthop Traumatol* 1993;19:5-12.
 9. Gruen TA, McNeice GM, Amstutz HC. "Modes of failure" of cemented stem-type femoral components: a radiographic analysis of loosening. *Clin Orthop Relat Res* 1979;141:17-27.
 10. DeLee JG, Charnley J. Radiological demarcation of cemented sockets in total hip replacement. *Clin Orthop Relat Res* 1976;121:20-32.
 11. Brooker AF, Bowerman JW, Robinson RA, Riley LH Jr. Ectopic ossification following total hip replacement. Incidence and a method of classification. *J Bone Joint Surg Am* 1973;55:1629-32.
 12. Pipino F, Calderale PM. Biodynamic total hip prosthesis. *Ital J Orthop Traumatol* 1987;13:289-97.
 13. Pipino F, Molfetta L, Grandizio M. Preservation of the femoral neck in hip arthroplasty: results of a 13 to 17 year follow-up. *J Orthop Traumatol* 2000;1:31-9.
 14. Briem D, Schneider M, Bogner N, Botha N, Gebauer M, Gehrke T, et al. Mid-term results of 155 patients treated with a collum femoris preserving (CFP) short stem prosthesis. *Int Orthop* 2011;35:655-60.
 15. Kinov P, Radl R, Zacherl M, Leithner A, Windhager R. Correlation between thigh pain and radiological findings with a proximally porous-coated stem. *Acta Orthop Belg* 2007;73:618-24.
 16. Davidson D, Pike J, Garbuz D, Duncan CP, Masri BA. Intraoperative periprosthetic fractures during total hip arthroplasty. Evaluation and management. *J Bone Joint Surg Am* 2008;90:2000-12.
 17. Jakobowitz E, Seeger JB, Lee C, Heisel C, Kretzer JP, Thomsen MN. Do short-stemmed-prostheses induce periprosthetic fractures earlier than standard hip stems? A biomechanical ex-vivo study of two different stem designs. *Arch Orthop Trauma Surg* 2009;129:849-55.
 18. Chen HH, Morrey BF, An KN, Luo ZP. Bone remodeling characteristics of a short-stemmed total hip replacement. *J Arthroplasty* 2009;24:945-50.
 19. Gillies RM, Kohan L, Cordingley R. Periprosthetic bone remodelling of a collum femoris preserving cementless titanium femoral hip replacement. *Comput Methods Biomech Biomed Engin* 2007;10:97-102.
 20. Hayashi S, Nishiyama T, Fujishiro T, Kanzaki N, Hashimoto S, Kurosaka M. Periprosthetic bone mineral density with a cementless triple tapered stem is dependent on daily activity. *Int Orthop* 2012;36:1137-42.
 21. Rama KR, Vendittoli PA, Ganapathi M, Borgmann R, Roy A, Lavigne M. Heterotopic ossification after surface replacement arthroplasty and total hip arthroplasty: a randomized study. *J Arthroplasty* 2009;24:256-62.
 22. Ritter MA, Galley M. Heterotopic bone formation following resurfacing total hip arthroplasty. *HSS J* 2011;7:41-3.