

## Sementsiz total kalça protezlerinde protez çevresi kemiksel değişiklikler

A. Hakan Eren<sup>(3)</sup>, Bülent Kavaklı<sup>(2)</sup>, İsmail Yedek<sup>(4)</sup>, Erdem Döğerli<sup>(4)</sup>, Tuğrul Berkel<sup>(1)</sup>

*Yakalıksız, titanyum alaşım, düz femoral stemli, sementsiz total kalça protezi uygulanan 15 hastanın 15 kalçası incelendi. Ortalama yaş 54 (Aralık, 37-67), ortalama takip süresi 30 ay (Aralık, 12-54) idi. Hastalar, Harris'in sayısal kalça skoru ile klinik olarak; kalçaların anteroposterior ve lateral grafileriyle radyolojik olarak; Lunar ve Gruen zonlarında anteroposterior DEXA (Dual Energy X-Ray Absorptiometry) ölçümü ile osteodansitometrik olarak değerlendirildiler. Hastalarımızın hepsinde stress shielding'e bağlı kalker femoral rezorpsiyonu varken, onbir hastada (%73) stemin distal ucu etrafında kortikal ve/veya spongioz hipertrofi vardı. Onüç hastada (%87) stem proksimalinde, stemin üst dış köşesini saran spongioz hipertrofi saptandı. Femoral stem etrafındaki proksimal femurda, postoperatif ilk altı ay içinde başlayan, atrofi ve/veya hipertrofi şeklinde görülen bu biyolojik remodelasyonun, postoperatif 4.5 yıla kadar olan dönemde klinik olarak olumsuz etkisi görülmemiştir. Resorptif kemik remodelasyonunun zararlı etkisi olup olmadığını anlamak için prospektif uzun dönem takiplere ihtiyaç vardır. Osteodansitometrik çalışma yapılacaksa, mutlaka erken postoperatif mukayeseli (karşı kalça ile) DEXA ölçümü yapılmalı, sonraki ölçümler buna göre değerlendirilmelidir.*

**Anahtar kelimeler:** Sementsiz total kalça artroplastisi, stress shielding, kalker rezorpsiyonu, DEXA ölçümü, rezorptif kemik remodelasyonu, proksimal kortikal atrofi

### Periprosthetic bony changes after cementless total hip arthroplasty

*15 hips of 15 patients with collarless, straight stem, cementless total hip prostheses made up of titanium alloy have been evaluated. The mean age was 54 years (range, 37-67 years), the mean follow up was 30 months (range, 12-54). Patients were evaluated clinically with the Harris hip score, radiologically with anteroposterior and lateral radiographs and osteodensitometrically with anteroposterior DEXA (Dual Energy X-Ray Absorptiometry) measurements in the Lunar and Gruen zones. As a result of stress shielding there were resorption of calcar femorale in all patients. On the other hand, there was hypertrophy of cortical and/or cancellous bone around the distal end of the femoral stem in 11 patients (%73) and hypertrophy of cancellous bone around the superolateral corner of the proximal part of the stem in 13 patients (%87). This biologic remodeling which presents itself as atrophy and/or hypertrophy around the femoral stem, begins within the first six months following the operation. In follow up for up to 4.5 years, no harmful effects of this resorptive bone remodeling has been observed clinically. To understand if it is harmful or not, we need long term follow up of patients. If an osteodensitometric study is planned, immediate postoperative DEXA measurements must be done and later measurements should be compared to the first ones.*

**Keywords:** Cementless total hip arthroplasty, stress shielding, calcar resorption, DEXA measurement, resorptive bone remodeling, proximal cortical atrophy

Total kalça protezi uygulamalarından sonra, protez sapı etrafındaki kortikal kemik desteğinin kaybı; gevşeme, femur kırığı, sement kırığı, trokanterik osteotomi yapılanlarda kaynamama, ağrı gibi sorunlara yol açabilir (3, 21, 23, 30, 36, 42, 45, 46). Kortikal kemik desteğinin kaybı ayrıca total kalça artroplastisinden sonra karşılaşılan en zor rekonstrüktif sorunlardan biridir (20, 37, 42, 46).

Thompson (1954), rezeksiyon sırasında uzun tutulmuş femur boynunun, küçük trokanterin üzerinde duracak şekilde rezorbe olduğunu gözlemlemiştir (47). Charnley (1975), kalker rezorpsiyonunun kanlanma bozulmasından olduğunu düşünmüştü (7). Freeman (1986), histolojik ve sintigrafik çalışmasıyla stem uygulandıktan sonra kalker femoralde vasküler bir bozulma olmadığını gösterdi (17). Bazı yazarlar, kalkarda sementin egzometrik reaksiyonuna bağlı

termal nekroz olabileceğini düşündüler. Bazıları ise, kalker rezorpsiyonunun, polimetil metakrilatın polimerize olmayan monomerinin sitotoksik ve lipolitik reaksiyonundan olduğunu düşünüyorlardı (36). Ancak kalker rezorpsiyonunun mekanik bir olay olduğu artık anlaşılmıştır (3, 4, 9, 10, 18, 21, 36, 39, 42, 46, 48).

Vücut ağırlığı daha önce sadece kemik tarafından taşınırken, protez uygulandıktan sonra hem stem hem de kemik tarafından taşınır. Sonuç olarak proksimaldeki kemik daha az strese maruz kalır ki buna "stress shielding" adı verilir. Wolf yasasına göre, doğal konuma kıyasla stres azalması, kemiğin kütleini azaltarak kendini buna uydurmasına yol açar. Kemik ya daha porotik (iç remodelasyon) ya da daha ince (kortikal incelme-dış remodelasyon) hale gelir. Kalça protezleri etrafındaki, stress shielding'e bağlı bu kemik remodelasyonu, klinik önemi ve replasmanın ka-

(1) Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi 1. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği Şefi, Op. Dr.

(2) Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi 1. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği Şef Yardımcısı, Op. Dr.

(3) Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi 1. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Başasistanı Op. Dr.

(4) Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi 1. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Araştırma Görevlisi

lıcılığı üzerindeki etkileri henüz kesin olmasa da, rahatsız edici bir fenomendir (21). Femoral kompenentnin başarısını artırmak için, proksimal femurun biyolojik adaptasyonunun tam anlaşılmasına ihtiyaç vardır (29).

Sementsiz total kalça protezi uyguladığımız hastalarımızda, protez çevresi kemik değişimlerini ve bu değişimlerin klinik etkilerini inceledik.

### Hastalar ve yöntem

Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde, sementsiz total kalça artroplastisi uygulanmış ve takip süreleri bir yıl ve üzerindeki hastalardan onbeşi incelendi. Yaş ortalaması 54 (en küçük 37, en büyük 67 yaş) olan hastaların hepsinde tek kalçaya sementsiz protez uygulandı. Primer veya sekonder kokartrozlu bu hastalardan üçünde bilateral kokartroz, birinde sekiz yıl önce diğer kalçaya uygulanmış sementli total kalça protezi, diğerlerinden de tek taraflı kokartroz mevcuttu.

Tüm kalçalara Protek Spotorno tipi, düz femoral stemli ve titanyum alaşımlı sementsiz total kalça protezi uygulandı. Hastalar postoperatif 1.5 ayda parsiyel yük ve 3. ayda tam yük vermeye başladılar. Ektopik ossifikasyon gelişmesini önlemek için hastaların biri hariç hepsine 2-6 hafta süreyle indometasin verildi. Üç hastada, postoperatif olarak, dikiş materyallerine bağlı olduğu düşünülen yüzeysel enfeksiyon görüldü ve dikişler alınana kadar iyileşti. Başka bir komplikasyon meydana gelmedi.



Şekil 1a: 42 yaşında, bayan hasta. Erken postoperatif grafi

Her hastanın muayenesinde Johnston'un klinik değerlendirme formu dolduruldu (24, 43). Son muayenelerinde hastalar, Harris'in sayısal kalça skoru ile klinik olarak; kalçaların anteroposterior ve lateral grafileriyle radyolojik olarak; 10 hasta ayrıca Lunar ve Gruen zonlarında anteroposterior DEXA (Dual Energy X-Ray Absorbtiometry) ölçümü ile osteodansitometrik olarak değerlendirildiler (31). DEXA ölçümü hastaların son muayenelerinde bir kez yapıldı. Tüm veriler toplandıktan sonra hastalar tekrar kontrole çağrılarak klinik ve radyolojik değerlendirmeleri yeniden yapıldı. Hastaların ortalama takip süresi 2.5 yıl (30 ay) idi. En kısa takip süresi 12 ay, en uzun takip süresi 54 aydı.

### Bulgular

Klinik değerlendirmede, on hastanın Harris kalça puanı mükemmel (95-98), üç hastanın iyi (83, 83 ve 85), bir hastanın orta (72), bir hastanın ise kötü (50) bulunmuştur. Kötü sonuçlu hastanın diğer kalçasında envetere DKÇ zemininde ağırlı kokartroz vardı ve bu değerlendirme yapıldığında ikinci kalçasının total artroplastisi için servisimizde yatmaktaydı. Çok ağırlı olan diğer kalçası nedeniyle bazı fonksiyonları kısıtlı olduğundan, Harris skoru düşük çıkıyordu. Hastaların tamamı ameliyatın sonucundan memnundular.

Radyograflerin incelenmesi sırasında dikkat çe-



Şekil 1b: Postoperatif 18 ay sonraki grafi. 1: Kalkar femoralde dansite azalması ve üst köşesinde yuvarlaklaşma. 2 ve 4: Femoral stemin medial ve lateralinde kortikal kalınlaşma. Bu bölgelerde stem ile korteksin yakın teması ossöz ingrowth'un işaretidir. 3: Stemin distal ucunu, yakın olduğu kortekse doğru çevreleyen üçgen tarzında spongiöz hipertrofi. 5: Stemin üst dış köşesini çevreleyen spongiöz hipertrofi kendini yoğunluk artışı şeklinde gösteriyor. Kalçanın fonksiyonları mükemmel. Harris skoru:96



Şekil 2a: 42 yaşında, erkek hasta. Erken postoperatif grafi

ken en belirgin özellik, postoperatif 6 aydan sonra çekilmiş tüm grafilerde kalkar femoralde, kendini yoğunluk azalması ile gösteren rezorpsiyon varlığı idi. 12, 13, 24 ve 36 ay takipli dört kalçada bu dansite azalmasına kalkarın yükseklik kaybı da eşlik ediyordu. Diğerlerinde yükseklik kaybı yoktu (Şekil 1, 2).

30 ve 54 ay takipli iki kalçada Gruen'in 7. zonunda (kalkar femoral) protez ile kemik arasında, kemikten net bir çizgi ile ayrılan, 1mm kalınlığında bir radyolusen hat vardı. Diğer kalçalarda radyolusen bir hat tespit edilmedi; sadece kalkarda radyolojik yoğunluk azalması saptandı. Radyografilerdeki ikinci belirgin özellik, femoral stemin üst kenar ve üst dış köşesinde, trokanter major içinde steme bitişik olarak gelişen yoğunluk artışı idi. Osteodansitometrik tetkikte bu noktadaki yoğunluk artışının, bir kalçada, kortikal kemikteki değere ulaştığı saptandı. Femoral stemi superior ve superolateralden çevreleyen bu kemik hipertofisi protezin yaşı arttıkça (takip süresi uzadıkça) belirginleşiyordu. (Şekil 1, 2)

Sonuçları orta olan hasta, kötü sonuçlu hastamıza benzer şekilde, bilateral koksartroz olup, ameliyat edilmemiş kalçası ağrılı ve fonksiyonları kötü olan hasta idi. Diğer kalçasının yarattığı şikayetler nedeni ile günlük yaşantısında bazı fonksiyonları Harris puanlamasında düşük değerlendirmeye yol açtı. Bu hastanın koksartrozlu diğer kalçası tedavi edildiğinde fonksiyonları ve ağrısı düzeleceğinden, Harris puanı da yükselecektir.

Sonucu iyi olan bir hastamızda, 28 aylık takibinde Harris skoru 75 iken, 48. ayda Harris skoru 83 olmuştur. Bu hastanın öbür kalçasına sekiz yıl önce başka bir klinikte sementli total kalça protezi uygulanmıştır. Her iki kalçanın lateral grafilerinde femoral stem dis-



Şekil 2b: Postoperatif 36 ay sonraki grafi. Kalkar femoralin trokanter minör üst düzeyine kadar rezorbe olduğu görülüyor. Bu seviyeden distale doğru tüm zonlarda kortikal incelme ve yoğunluk azalması var. Sadece stemin distal ucu medialinde hafif spongioz yoğunluk artışı görülmekte. Stemin üst dış köşesi etrafında da spongioz dansite artışı mevcut. Kalçada ağrı şikayeti var. Harris skoru: 79. Hasta ameliyatın sonucundan memnun, ancak son iki yıldır kalça fonksiyonlarının biraz kötüleştiğini söylüyor

tal uçlarının posterior kortekse dayanmış olduğu; sementli tarafta varusta implantasyon nedeniyle stem ucunun lateral kortekse dayandığı, sementsiz tarafta valgusta implantasyon nedeniyle stem ucunun medial kortekse yaklaştığı tespit edildi. Sementsiz protez uygulanan sol kalçada femur proksimalinde aşırı deformasyon, kalkar femoral hizasında skleroz ve darlık mevcuttu. Bu nedenle ameliyatta medullayı dolduramayan, daha dar çaplı bir stem, valgusta yerleştirilebildi. 30 ay sonraki radyografisinde, femoral stem distal ucu medialindeki korteks-stem arası boşluğun kortikal yoğunluktaki kemikle dolduğu (korteksin hipertrofisi), bu yoğun kemik dokusunun stemin distal ucunu da laterale doğru 2 mm. kalınlıkta çevrelediği görüldü (spongioz hipertrofi). Asetabuler komponenti çepeçevre saran 1 mm kalınlığında radyolusen bir hat da vardı. Patolojik olan anatomik yapı nedeniyle medullayı doldurmayan bir stem konmasının anstabiliteye ve ağrıya yol açtığı; bunun da hasta için yeterli ama bizim bakışımızla yetersiz sonuca yol açtığı düşünüldü. Ancak devam eden takibinde fonksiyonların daha düzeldiği saptandı.

Bir kalçada femur baş ve boynunun inferomedialinde, küçük trokanterin ortasına kadar inen, kalkar femoral kalınlaştırmış geniş bir osteofit vardı. Stemin yerleştirilmesinden sonra, kalın kalkar femoralin osteofitten oluşan kısmı tamamen rezorbe oldu; sadece yoğunluğu azalmış kemik kalkar kaldı.



Şekil 3a: 61 yaşında, bayan hasta (57 yaşında ameliyat edilmişti). Postoperatif 4 yıl sonraki grafi. 1: Kalkar femoralde yoğunluk azalması ve köşede yuvarlaklaşma, 2: Stemin distal çevresinde medial ve lateralde kortikal yoğunluk artışı ve kalınlaşma, 3: Stemin üst dış köşesini çevreleyen spongioz yoğunluk artışı. Kalçanın fonksiyonları mükemmel. Harris skoru:96



Şekil 3 b: Sağ kalçada, postoperatif 4 yıl sonra protez çevresi kemik mineral yoğunluk ölçümü (Lunar A, B, C, D zonları ile)

BONE RESULTS			
DEXA Calibration			
Region	BMC	Area	BMD
	g/cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	g/cm <sup>3</sup>
A	2.53	4.61	0.549
B	0.91	3.18	0.286
C	1.24	1.64	0.756
D	1.73	1.99	0.874

Hastalarımızın hepsinde kalkar femoral rezorpsiyonu (atrofisi) mevcutken, 11'inde (73) stemin distal ucu etrafında kortikal ve spongioz hipertrofi vardı. 13 hastada (%87) stem proksimalinde, stemin üst dış köşesini saran spongioz hipertrofi saptandı.

Johnson'un değerlendirme kriterlerine göre bir hastada günlük aktiviteleri etkilemeyen hafif derecede ağrı, iki hastada ise bazı aktivitelerin kısıtlanmasına yol açan orta derecede ağrı vardı. Orta derecede ağrı ifade eden iki vakadan birincisi, klinik sonucu da orta olan bilateral koksartrozlu hastamızdı. Stem etrafında tüm zonlarda dansite azalması vardı. Takip süresi 36 aydı. 36. ayda asetabuler komponentin üst yarısında 1 mm.'den başlayıp alt yarısında 3 mm.'ye kadar çıkan radyolusen hat vardı. Bu hasta postoperatif 50. ayda yeniden değerlendirildiğinde asetabuler komponentte 6 mm vertikal migrasyona yol açan gevşeme saptandı ve ağrının buna bağlı olduğu düşünüldü. Femoral stemde gevşeme yoktu. Ayrıca, ağrılı hastamızda muhtemelen ağrılı diğer kalçanın yarattığı ra-

BONE RESULTS			
DEXA Calibration			
Region	BMC	Area	BMD
	g/cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	g/cm <sup>3</sup>
A	3.14	5.12	0.613
B	2.84	3.06	0.937
C	4.95	5.25	0.943
D	4.40	4.58	0.978

Şekil 3c: Aynı hastanın, kıyaslama için sol kalçasında Lunar zonlarıyla yapılan osteodansitometrik ölçüm. Kemik mineral yoğunluğunda sağ kalçada sola göre; A zonunda %10.5 azalma, B zonunda %61.2 azalma, C zonunda %19.8 azalma, D zonunda %10.6 azalma, saptanmıştır. Kıyaslamaların, hastanın diğer kalçası ile yapılmasından ziyade, protez uygulanmış kalçanın erken postoperatif osteodansitometrisi ile yapılması daha değerlidir

BONE RESULTS	
DEXA Calibration	
Region	BMD
	g/cm <sup>3</sup>
A	0.91
B	0.65
C	0.39

Şekil 3d: Aynı hastanın idiopatik osteoporozu ayırmak için sol kalçasında yapılan femur boynu yoğunluk ölçümü. Genç erişkin değerlerine göre %36 oranında kemik mineral kaybı vardır. Kendi yaş grubuna göre %19 mineral kaybı (%10'dan fazla) mineral kaybında yaşlanma dışındaki bir sekonder faktörün etkili olduğunu göstermektedir. Bu sekonder faktör, sol kalçada başlamış olan artrozik dejenerasyondur.

hatsızlık, ameliyatlı kalçadaki ağrı algılamasını veya ifadesini değiştiriyordu.

Lunar A, B, C, D zonlardaki kemik mineral yoğunluğu osteodansitometrik olarak yukarıdaki hastadan daha az olan 40 ay takipli bir hastamızda ise, diğer onbir hastada olduğu gibi hiç ağrı yoktu. Bu hasta postoperatif 54. ayında yapılan son kontrolünde yine ağrısız olduğunu söylemiştir ve hatta Harris skoru 65'ten 98'e çıkmıştır.

Orta derecede ağrılı ikinci kalça, diğer kalçasına 8 yıl önce sementli total protez konmuş olan hastanın. Bu hastada genellikle hafif olan ağrı, uzun yürüyüşlerden sonra orta dereceye çıkıyordu. Bu hastanın postoperatif 48. ayında diğer kalçasındaki sementli protezde hem femoral hem asetabuler gevşeme saptandı ve revizyon önerildi.

## Tartışma

Protez dizaynında, sementleme tekniklerinde sürekli değişimler hep daha uzun ömürlü endoprotez elde etmeğe yöneliktir. Hungerford (1993)'a göre genç erişkinler için 30 yıldan fazla ömürlü bir total kalça replasmanına ihtiyaç vardır (22). Sementsiz endoprotezler bu amaçla geliştirilmeye çalışılmaktadır. Daha kolay fiksasyon ve daha kolay revizyon yapmak

isteyen cerrahlar sementsiz protez uygulamalarına ağırlık vermişlerdir. Ancak kuşkular giderilebilmiş değildir. Gerçekte çok az sementsiz implant, büyük seriler halinde ve uzun dönem takipleriyle çalışılmıştır. Küçük seriler, kısa takipler, dizayn ve terminolojide sık değişimler güven vermemektedir (49).

Sementsiz total kalça artroplastisinde femoral gevşemesi en sık rastlanan klinik sorundur (42). Gevşemenin nedenleri incelenirken proksimal femurdaki kemik repozisyonu da dikkati çekmiş, gevşemede etken olup olmadığı anlaşılmasına çalışılmıştır. Total kalça artroplastisinden sonra femurda oluşan kemik kaybı aşağıda sıralanan çeşitli sebeplere bağlı olabilir (19, 20, 23, 37, 42).

1. Yaşa bağlı kemik kaybı: Yaşlanmaya bağlı progresif kanal genişlemesi femoral komponentin gevşemesine yol açar. Bu, daha çok endosteal genişleme şeklindedir.

2. İyatrojenik kemik kaybı: Revizyon cerrahisi sırasında oluşur.

3. Osteolizis: Enfeksiyona veya granülomatoz reaksiyona bağlıdır.

#### 4. Stress shielding

Bunlardan ilk üçü açık olarak komplikasyonlara ve revizyon zorluklarına yol açmaktadır. Dördüncüsünün etkileri ise henüz tam bilinmemiştir (21).

Bir kemiğe uygulanan implant varlığında (eksternal fiksator, plak, femoral stem gibi, yükün implant üzerinden aktarılması nedeniyle normal yük almayan kemik bölgesinde kemik yoğunluk kaybı olur. Adolphson (1993), sağlam tavşan tibiasının eksternal fiksasyonu sonucu, fiksator çivileri arasında kalan yük almayan bölgede %7 kemik kaybı olduğunu göstermiştir (1). Total kalça artroplastisinden altı ay sonra yapılan ölçümlerde orta femur kortikal kemik kitlesinde ve distal femur spongios kemik kitlesinde değişiklik saptanmamıştır (2).

Sağlam femurda kalça eklemi geçen yükler femur boynunuda kortekse ulaşır ve kortikal tüpten aşağı doğru iner. Total kalça artroplastisinden sonra yükler suni femur başından steme (medulla kanal içinde) iner ve oradan femoral kortekse aktarılır. Femur korteksinin proksimal medial kısmında (kalkar femoral) büyük stres düşmesi olur ki buna "stress shielding" adı verilir. Kemik, stresleri orijinal düzeye geri döndürmek için remodele olur (46). Bunun sonucu olarak stres düşmesi kalkar rezorpsiyonuna yol açar. Kalkar rezorpsiyonu aslında kalkar femoralin kullanılmama osteoporozudur; bu alanda azalmış strese biyolojik yanıtır (18, 30, 36). Kalkar rezorpsiyonu yerine "kortikal atrofi", "proksimal kortikal atrofi", "kalkar atrofi", "rezorptif kemik remodelasyonu" terimleri de kullanılmaktadır (4, 23, 38, 39, 46).

#### Kalkar rezorpsiyonu

Proksimal medial korteksin (kalkar femoral) rezorpsiyonu, femoral stemin lateralindeki tensil stresleri %50 kadar artırabilir. Bu da, stem gevşemesi, stem kırılması veya sementli stemlerde sement kırılması gibi sonuçlara yol açabilir (3, 21, 23, 30, 36,

45). Proksimalde azalmış stres, stem distal ucunda yüksek konsantrasyona ulaşır ve sement ya da femurda kırığa yol açabilecek bir başka faktör olarak karşımıza çıkar (3, 36, 48). Stress shielding ve kemik rezorpsiyonu terimleri birbiri yerine sıklıkla kullanılsa da, aslında ayrı antitelerdir. Stress shielding kemikteki stres düzeyinde azalmayı ifade eder. Kemik rezorpsiyonu ise stress shielding'in Julius Wolf yasasına göre bir fizik manifestasyonudur (4). Wolf'a göre "şekil fonksiyonunu izler" (2).

Kortikal kemikle temas eden büyük bir yakalık kullanılarak yükün doğrudan kalkar femorale nakli, yüklenme şeklini normale doğru kaydırır ve kalkar femorale olan normal streslerin %30-40'ini sağlar (36). Yakalıklı stem titanium veya kobalt-krom alaşımından ise normal streslerin sırasıyla %80 veya %67'sini yaratabilir (30).

Çeşitli ağırlık derecesinde kalkar rezorpsiyonunun hem sementli, hem sementsiz stemlerle birlikte olabildiği yayınlanmıştır (13, 23, 25). Ancak daha çok sementsiz endoprotezlerle birlikte. Femurda tipik remodelasyon, proksimal kortikal rezorpsiyon ve distal kortikal hipertrofi şeklindedir (23).

Yaygın (tüm stem yüzeyi) poroz kaplı stemlerin daha distalde fiksasyon yaptığı, dolayısıyla yükü daha distale transfer edip proksimalde daha fazla kemik kaybına yol açtığı düşünülmüştür. Bu nedenle sadece stemin proksimalinde sınırlı poroz kaplama klinik uygulamada kullanılmaktadır. Engh (1988)'e göre, artmış kemik rezorpsiyonu insidansını azaltmak için proksimal poroz kaplama arzu edilir bir dizayn özelliğidir (9, 12). Bobyn (1992), yaygın poroz kaplı stemlerde %35 belirgin kemik rezorpsiyonu saptanmışken, proksimal porozlu stemlerde %19 belirgin kemik rezorpsiyonu tespit edilmiştir (4). Ancak bu yaklaşım tam olarak amacına ulaşmamıştır. Proksimal kemik kaybı halen olmaktadır ve belirgindir. Sumner (1992), proksimal ve yaygın poroz kaplamalı iki farklı stem ile ikinci yıl sonunda aynı derecede kemik kaybı olduğunu saptamıştır (46). Aynı çalışmada poroz kaplamanın tipinin değişmesinin de (üç ayrı kaplama tipi: beads, plasma spray, fiber metal) uzun vadede kemik kaybı miktarını değiştirmedeği belirlenmiştir. Sementsiz endoprotezlerde poroz kaplamanın tipi, lokalizasyonunun farklılığı, poroz kaplamanın olup olmayışı uzun dönemde kemik kaybı miktarını değiştirmemektedir (46). Proksimal poroz kaplı implantlar stress shielding derecesini azaltsa bile, en güçlü kemik ingrowth için en güvenilir yer, distalde stemin sıkıştığı yer olan istmustadır. Daha ötesi, proksimal porozlu stemlerde ağırlı insidansı daha fazladır (4). Reigstad (1992) da proksimal kemik rezorpsiyonu açısından çeşitli protez tipleri arasında anlamlı fark bulmamıştır (38). Gösteriyor ki, kemik remodelasyon sürecinde yüzeylerarası mekanik ilişkiler yanında, stem sertliği gibi diğer potansiyel faktörlerin de önemli rolü olmalıdır. Femoral remodelasyon için kritik dizayn değişkeni stem sertliğidir (46).

Fleksibl stemler stress shielding ve kemik rezorpsiyonunu azaltır. Kemik rezorpsiyonu için yalnız başına implantın sertliği değil, "kemik sertliğine kıyasla implantın sertliği" önemli sebebsel faktördür (21). Fe-

mur sertliği içerdiği kortikal kemik miktarıyla doğrudan ilişkilidir. Stem fleksibilitesi arttıkça stem-kemik yüzeylerarası stres artar; stress shielding azalır. Stem sertliği, stem kalınlığı (stem kesit geometrisi), elastik modulus (materyel özelliği) ve stemin femur içindeki yerleşimine bağlıdır. Stem kalınlığında %10 artma, bükülme sertliğinde %33 artış yaratır (21). Yani femoral implantların çapı arttıkça sertliği de artar. Sertlik arttıkça kemik rezorpsiyonu da artar. Bobyn (1992), küçük stem uygulanan femurların %10'unda belirgin kemik rezorpsiyonu görmüşken, büyük stem uygulananlarda bu oran %44 olarak saptanmıştır (4). Kilgus (1992) da daha geniş çaplı implantlarda daha fazla stress shielding olduğunu bildirmiştir (25). Yaygın poroz yüzeyli büyük stemlerde daha ağır kemik rezorpsiyonu vardır (4, 9, 10, 12). Ayrıca, 50 yaş üzerindeki ve belirgin kemik ingrowth olan artroplastilerde rezorpsiyon daha fazladır (9). Oh (1978)'un deneysel çalışma verilerine göre, çeşitli stem farklılıklarının kortikal kemikteki yüklenmeye etkisi azdır (36). Oysa Engh (1988), >13.5 mm. çaplı stemlerdeki rezorpsiyonun, <12 mm. çaplılardakinden beş kat fazla olduğunu ortaya koymuştur (9). Stem kanalı doldurması (istmusda aynı seviyede her iki endosteal kortekste teması) da önemlidir.

Hastalarımızda femoral stem olarak 7, 11, 25 ve 12.5 numara stemler ikişer vakada, 8 ve 10 numara stemler dörder vakada, 15 numara stem de bir vakada kullanılmıştır. Stem çapı ile kemikteki atrofik ve hipertrofik değişiklikler arasında bir ilişki saptanmadı. Hastalarımızın çoğunda küçük çaplı stem kullanılmıştı. Büyük çaplı (15 mm) stem kullanılan hastadaki kemik rezorpsiyonu diğerlerinden farklı değildi. Stem çapı ile ağrı arasında da ilişki yoktu.

Sementli stemlerde kortikal rezorpsiyonun çok az sorun olmasının sebeplerinden biri, sementin, merkezindeki küçük kesit alanlı sert bir stemin çevresinde düşük sertlikte polimerli bir kompozit olarak etki etmesidir (23). İyi fikse sementli Charnley protezleri etrafında kemik rezorpsiyonu yayınlanmışsa da, ciddi bir sorun olarak tanınmamıştır (4).

Kritik oran D/d (D: istmus düzeyindeki dış kemik çapı, d:istmus düzeyinde çapı) stress shielding'in teorik değerini belirler ve gözlenen kemik rezorpsiyonunu etkiler (9). D/d oranı aşağıdaki formül içinde kullanılarak stress shielding'in değeri belirlenir. Klinik bakışla kabul edilebilir stress shielding derecesi henüz belirlenebilmiş değildir.

$$\% \text{Stress shielding} = 100 \left( 1 - \frac{(D/d)^4 - 1}{(D/d)^4 + 9} \right)$$

İmplant ve kemik arasındaki bağlantı ne kadar fazlaysa, stress shielding'e uğrayan ve rezorbe olan kemik miktarı da o kadar fazladır. Stress shielding yönünden en kötü durum, geniş kanal çaplı ve ince korteksli vakadır (9). Proksimal kortikal rezorpsiyonu azaltmak için, stemin sağlamlığını bozmaksızın stem sertliğinde azalmaya ihtiyaç vardır. Birikmiş polietilen aşınma parçacıklarından dolayı oluşan granulomatoz reaksiyona bağlı kemik rezorpsiyonu ameliyattan

sonra geç ortaya çıkar ve progresif olması muhtemeldir (9, 19, 22, 34). Mekanik faktörlere bağlı kemik rezorpsiyonu ise ameliyattan sonra erken, özellikle ilk yıl içinde ortaya çıkar (9).

Sementsiz total kalça artroplastisi uygulanmış hastalarda kalker femoralde atrofi ve kalkerin üst köşesinin yuvarlaklaşma gibi değişiklikler yaygındır (5, 6). Bu değişikliklerle uyluk ağrısı arasında ilişki bulunamamıştır. Yine bu değişiklikler altı aydan sonra fazla ilerlemez (5). Kalker femoral rezorpsiyonu ilk bir yıl içinde hızlı oluşup sonra progresyonu yavaşlayan ve çeşitli yazarlara göre iki ila dört yılda stabilize olan bir süreçtir (4, 5, 10, 21, 39). Engh (1992), stress shielding'in postoperatif 7.5 yıl sonra da devam ettiğini bildirmiştir (13, 14). Rezorpsiyonun aslında durmayacağı, standart radyografilerle saptanamayacak küçük düşmelerle ilerleyebileceği de ileri sürülmüştür (29, 32, 44, 46). Ancak bu sonucusu, osteodansitometrik ölçümlerle ortaya konabilmektedir. Callahan (1984)'a göre de proksimal femoral dansite kaybında birinci yıldan sonra belirgin artış yoktur (6).

Hastalarımızın hepsinde kalker femoralde radyolojik olarak farkedilebilen bir yoğunluk azalması vardı. Bu azalma postoperatif 6. aydan sonra çekilen tüm radyografilerde saptanabiliyordu. Ancak 6. aydan sonra takip grafilerinde bu yoğunluk azalmasında farkedilebilir bir değişiklik saptanmadı. Bu bulgumuz, proksimal kemik kaybının ilk 6 ay içinde en yüksek düzeye ulaştığını ve daha sonraki dönemde durduğu ya da direk radyografide farkedilmeyecek kadar azalarak devam ettiği şeklindeki görüşleri desteklemektedir. Kemik mineral yoğunluğunda %20'den az kayıplar röntgende görülemez (4, 27). Tüm kalçalarda kalkerin üst köşesinde yuvarlaklaşma ve dört kalçada da ilave olarak kalker femoral komponent dışı sebepler vardı. Ayrıntılı bilgi, bulgular bölümünde verilmiştir. Ağrısını açıklayamadığımız tek hasta hafif ağrısı olan vakaydı. 30 aylık takibinde distal hipertrofisi yoktu. Harris skoru 93'tü ve minimal ektopik ossifikasyonu vardı. Dolayısıyla, kalker rezorpsiyonu ile ağrı arasında bir ilişki bulunamadı.

Kemik rezorpsiyonunun röntgenografik olarak saptanabilmesi için kemik mineral yoğunluğunda %20-50 azalma olması gereklidir (4, 27). Femoral stem çevresi bölgelerde kemik mineral yoğunluğunda %5'in üzerindeki değişiklikler DEXA (Dual Energy X-Ray Absorbtiometry) ile ortaya konabilir (28). DEXA ölçümlerindeki hata payı %5'in altındadır (8, 27, 28, 40).

Ameliyattan sonra ilk üç yıl içinde belirgin kemik kaybı olur. Bu kayıp proksimalden distale doğru ilerler ve 7-14 yıl içinde proksimal femoral kemik kitlesinde ortalama %50 azalma meydana gelir (25, 32, 44). Kiratli (1991), sementsiz, poroz kaplı, titanyum alaşım stem uygulanmış 12 femurda, DEXA ölçümleriyle ilk üç ayda hızlı bir kemik mineral yoğunluğu kaybı saptanmıştır. 3-6 ay arasında kayıpta bir yavaşlama olmuş; 6 aydan sonra 1 yıla kadar olan dönemde kayıp durmuştur. 1-7 yıl arasında izlenen vakalarda çok az değişiklik görülmüştür (26, 27). Postoperatif altıncı ayda kalker femorale %10-20 kemik mineral yoğunluğu azalması meydana gelir (16, 41).

Hastalarımızda DEXA ölçüleriyle Lunar zonlarında %11'den %70'e kadar değişen oranlarda kemik mineral yoğunluk azalması saptadık. (Şekil 3a, 3b, 3c). Kalkar femoralde kayıp daima %20 ve üzerindedir. Stemin medialinde proksimalden distale doğru inildikçe kayıp azalırken, stemin lateralinde proksimalden distale inildikçe (sadece Lunar zonlarında) kayıp artıyordu. Protezli kalçalarda, Lunar C, D ve Gruen 6-7 zonlardaki kemik mineral yoğunluğu ortalaması hesaplandı. Ölçümler en erken 9. ay, en geç 47. ayda yapılmıştı. Ancak, her hastada tek ölçüm yapıldığından bireysel farklılıkların etkisini ayırmak mümkün olmadı. Aynı ortalama değerler ile, hastanın ölçümün yapıldığı tarihteki yaşı arasında istatistiksel anlamlı bir ilişki bulunamadı ( $p>0.05$ ).

Her hastanın osteodansitometrisi incelendiğinde, bireysel kemik kalite farkları nedeniyle çok değişik kemik mineral yoğunlukları görüldü. Karşı kalçalarında kıyaslama için ölçüm yapılanlarda da, karşı kalçada rimerizasyon gibi kemik kaybı yaratan bir işlem yapılmamış olduğundan ve medullada ölçüm çok hassastır. Hastanın pozisyon değişmelerinden bile etkilenmektedir. Bölgede olabilecek osteofit veya kalsifikasyon değerlerin yüksek çıkmasına sebep olur. En değerli sonuç, kalçanın postoperatif erken DEXA ölçümünün yapılarak, daha sonra periodik ölçümlerle takibi ile elde edilebilir. Hastaların karşı kalçalarında yapılan ölçümlerin kıyaslama için uygun olmadığını gördük.

Hastalarımızda idiopatik osteoporozu ayırmak için, diğer kalçalarda femur boynu yoğunluk ölçümleri yapıldı (Şekil 3 d). Kalkar femoraldeki kortikal rezorpsiyon, 4,5 yıla kadar olan (ortalama 2,5 yıl) vakalarımızda gevşeme, implant yetmezliği, ağrı yönünden soruna yol açmadı. Literatürde doğrudan stress shielding'e bağlı kemik rezorpsiyonuna bağlanabilecek klinik sorunlar sık yayınlanmış değildir. Literatürde verildiği ve bizim sonuçlarımızın da gösterdiği gibi kemik rezorpsiyonu ağrı ve topallama insidenslerini kısa dönemde olumsuz etkilemekte. Klinikte bu, dikkatin oradan uzaklaşmasına ve sıklıkla rezorpsiyonun selim bir röntgenografik gözlem olarak algılanmasına yol açıyor. Oysa, özellikle sementsiz implantların daha geç ve dolayısıyla yaşamı süresince revizyon olasılığı yüksek gözükten hastalarda yapıldığı düşünülürse, kemik stoğunun korunmasının çok önemli olduğu hatırlanabilir. İyi fikse bir sementsiz protezi osteoporotik kemikten çıkarırken femur kırığı veya femoral kemik stoğunun kaybı riski vardır. Bu da sonraki rekonstrüksiyonu güçleştirir.

### Radyolusen hatlar

Total kalça artroplastisinden sonra femoral steme komşu 1 mm lik radyolusen hat ve bunun dışında stem kenarlarına paralel radyoopak çizgi varlığı, stemin o bölgede fibröz ingrowth ile stabil olduğunu gösterir. Eğer bu hat paralellığı bozan genişlemeler gösteriyorsa, stemin fibröz ingrowth ile anstabil olduğu kabul edilir. Hiç radyolusen hat yoksa, ossöz ingrowth ile stabildir (11, 15). Reigstad (1993), sementsiz stemler etrafında birinci yılda 1/3 vakada radyolusen bir hat ve paralel radyoopak çizgi görmüştür (39). Meijier (1992)'in serisinde, bir yıllık takibi olan 30 has-

tanın 26'sında stemin ucu etrafında reaktif çizgi yoktu (33). Callahan (1988)'in serisinde %41 kalçada progresif radyoopak çizgi vardır (6). Sadece, takip süresi 30 ve 54 ay olan iki hastamızda (%14) Gruen'in 7. zonunda radyolusen hat vardı, steme paraleldi ve 1 mm'den inceydi. Bu hastalarda gerek radyolojik, gerek klinik hiçbir sorun saptamadık.

Sementli stemlerde de, sement tabakası etrafında bir neokorteks olur. Bu, yoğun trabeküler kemik şeklindedir. Radyografilerde bu yeni kemik, sementin baryumundan ayırdedilemez. Yeni korteksle eski korteks arasında trabeküler yapı gelişir ve bölgeyi doldurur. Bu radyolusen zon yanlışlıkla membran oluşumu ve fiksasyon gevşemesi zannedilir. Oysa, femoral taraftaki radyolusen zonların çoğu adaptif değişiklikleri gösterir; kullanılmama osteoporozunun lokalize bir şeklidir. Membran oluşumunu göstermez (18).

Femoral stem etrafında radyolusen hattı olanlar, hiç radyolusen hat olmayanlarla aynı kalça ağrı skoruna sahiptirler (39). Bizim vakalarımız da bu bulguyu desteklemektedir. Yani radyolusen hattın (steme paralel ve 1 mm'den ince olmak şartıyla) klinikte olumsuz etkisi görülmemiştir.

### Kemik hipertrofisi

Sementsiz total kalça artroplastilerinden sonra femoral stem etrafında kemik hipertrofi de sıkça rastlanan bir bulgudur (5, 23, 38, 39, 46, 48, 49). Protez stemi etrafında kemik hipertrofi iki bölgede olur. Proksimalde distalde, stem ucu temas alanı etrafında spongios ve/veya kortikal hipertrofi. Spongios hipertrofi yoğunluk artışı ile, kortikal hipertrofi kortikal kalınlaşma ve yoğunluk artışı ile belirlenir. Proksimal kortekste stres azalması nedeniyle atrofi oluşurken, bu stresin distale aktarılmasıyla, stresin aktarıldığı distal kemik bölgesinin hipertrofisi ortaya çıkar. Distal kemik hipertrofisi gevşemeyle ilişkili değildir. Sementsiz press-fit stemlerde %66 sıklıkta görüldüğü bildirilmiştir (39). En güçlü kemik ingrowth için en güvenilir yer distalde, istmustadır (4). Poroz ve düz implant yüzlerinin distal birleşkesindeki kemik hipertrofisi, kemik ingrowth'un dolaylı işaretlerindedir.

Onbeş hastanın onbirinde (%73) distal kortikal ve spongios hipertrofi saptadık. Kortikal kalınlaşma şeklindeki bu hipertrofi, stem ucunun yakın olduğu kortekste idi (Gruen 3 ve 5. zonlar). Bu da, yükün distalde femura aktarıldığı ve artmış yükün femurun o bölgesini hipertrofiye uğrattığı savını destekliyordu. Aynı femurlarda, Gruen'in 4. sonunda, stem ucuna yakın korteksten başlayıp stem ucunu alttan sarar şeklinde uzanan meduller yoğunluk artışı (hipertrofi) saptandı. Bu gelişme distal stabilizasyonu gösteriyordu. Bulgularımız Reigstad'ınkilerle uyumluydu.

Reigstad (1992), iki yıllık takiplerinde, hidroksiapatit kaplı stemlerde hiç distal kortikal hipertrofi yokken, sandblasted titanyum sementlerde %57 distal kortikal hipertrofi, sementli stemlerde ise %2 distal kortikal hipertrofi saptanmıştır (38). Jacobs (1993), radyolojik stabil implantlarda femoral remodelasyon şeklini %85 proksimal kortikal rezorpsiyon, %30 distal kortikal hipertrofi olarak tarif etmiştir. Distal kortikal hi-

pertrofinin hastaların %20'sinde dört yıl sonra da progresyon gösterdiğini bildirmiştir (23). Whiteside (1989)'a göre distal distal hipertrofi sıkı distal uyum işarettir; gevşek distal uyumlu sementlerin hiçbirinde distal hipertrofi görmemiştir (48). Femoral stemin sıkı distal uyumu total kalça artroplastisi sonrası ağrının azalmasını sağlar (10, 35, 48). Kortikal hipertrofi olan vakalarımızdan sadece ikisinde hafif ve orta ağrı vardı. Orta derecede (Johnston'a göre) ağrısı olan hastada postoperatif 50. ayında asetabuler gevşeme vardı ve ağrı buna bağlandı. Femoral steminde gevşeme yoktu. Distal kortikal hipertrofi olmayan beş hastadan birinde hafif ağrı mevcuttu.

Femoral stem proksimalindeki spongiöz kemikte yoğunluk artışı literatürde çok az bahse konu olmuştur (46). Hastalarımızda, zamanla stemin üst dış köşesini çevreleyen, adeta stemi proksimalde stabilize etmeye çalışan bir yoğunluk artışı mevcuttu. Postoperatif ilk 6-9 aylık radyografilerde proksimalde spongiöz hipertrofi saptanmazken, 12 ay ve sonrasında radyolojik olarak tespit edilebilir hale gelmişti. Bu yoğunlaşma, bir hastada (DEXA ölçümüyle) kortikal kemik yoğunluk değerlerine kadar yükselmişti. Diğer bir deyişle, spongiöz kortikalleşmişti. Onbeş hastanın onüçünde bu oluşumu saptadık. Diğer iki hasta ise henüz postoperatif 10 ve 12. ayda olan hastalardı ve onlarda da birkaç ay içinde bu oluşumun gelişmesi muhtemeldi. Proksimalde stemi çevreleyen bu hipertrofi, stemin proksimalde ossöz ingrowth ile stabil edilmesine işaret olabilir.

## Sonuç

Düz stemli sementsiz total kalça artroplastisi sonrası, femoral stem etrafındaki kemikte, stres değişimlerine bağlı olarak atrofi (rezorpsiyon) ve/veya hipertrofi (yoğunlaşma, kalınlaşma) tarzında lokal değişiklikler meydana gelmektedir. Kortikal atrofi postoperatif altıncı ayda radyolojik olarak tespit edilebilirken, kortikal ve spongiöz hipertrofi onikinci aydan sonra belirginleşmektedir.

Yakalıksız, düz femoral stemli total kalça artroplastisinden sonra femurda ilk altı ay içinde başlayan, kendini atrofi ve hipertrofi şeklinde gösteren bu biyolojik remodelasyonun, postoperatif 4.5 yıla kadar olan dönemde klinik olarak olumsuz etkisi görülmemiştir. Kalkar femoraldeki kemik kaybının ilerideki muhtemel revizyonlar için yarattığı kaygı devam etmekle beraber, literatürde de bu remodelasyona atfedilmiş klinik sorun henüz yoktur. Gerçek etkileri anlayabilmek için, revizyonları da içeren uzun dönemli takiplere ihtiyaç vardır.

## Kaynaklar

- Adolphson P: Osteopenia of diaphyseal bone. Experimental and clinical studies in osteopenia caused by trauma and stress-shielding. *Acta Orthop Scand*, 64 (Suppl 253):86, 1993.
- Adolphson P, Sivers KV, Dalen N, Jonsson U, Dahlborn M: Bone and muscle mass after hip arthroplasty. A quantitative computed tomography study in 20 arthrosis cases. *Acta Orthop Scand*, 64: 178-180, 1993.
- Andriacchi TP, Galante JO, Belytschko TB, Hampton S: A stress analysis of the femoral stem in total hip prostheses. *J Bone Joint Surg*, 58-A: 618-624, 1976.
- Bobyn JD, Mortimer ES, Glassman AH, Engh, CA, Miller JE, Brooks CE. Producing and avoiding stress shielding. Laboratory and clinical observations of noncemented total hip arthroplasty. *Clin Orthop*, 274: 79-96, 1992.
- Burkart BC, Bourne RB, Rorabeck CH, Kirk PG. Thigh pain in cementless total hip arthroplasty. A comparison of two systems at 2 years follow-up. *Orthop Clin North Am*, 24: 645-653, 1993.
- Callaghan JJ, Dysart SH, Savory CG. The uncemented porous-coated anatomic total hip prosthesis. Two year results of a prospective series. *J Bone Joint Surg*, 70-A: 337-346, 1984.
- Charnley J. Fracture of femoral prostheses in total hip replacement. A clinical study. *Clin Orthop*, 111: 105-120, 1975
- Eberle RW, Stulberg BN, Richmond BJ. Technological issues in assuring precision and accuracy in dual energy x-ray analysis (DEXA) around femoral endoprostheses. Presented at the 4th annual International Symposium on Custom Prostheses, October 17-19, San Francisco, California, 1991.
- Engh CA, Bobyn JD. The influence of stem size and extent of porous coating on femoral bone resorption after primary cementless hip arthroplasty. *Clin Orthop*, 231: 7-28, 1988.
- Engh CA, Bobyn JD, Glassman AH. Porous-coated hip replacement. The factors governing bone ingrowth, stress shielding, and clinical results. *J Bone Joint Surg*, 69-B: 45-55, 1987.
- Engh CA, Hooten JP, Zetttl-Schaffner KF, Ghaffarpour M, McGovern TF, Macalino GE, Zicat BA. Porous-Coated total hip replacement. *Clin Orthop*, 298: 89-96, 1994.
- Engh GC, McGovern TF, Bobyn JD, Harris WH. A quantitative evaluation of periprosthetic bone-remodeling after cementless hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg*, 74-A: 1009-1020, 1992.
- Engh CA, O'Connor D, Jasty M, Harris WH. Quantitation of implant micromotion, strain shielding and bone resorption with porous coated AML cementless femoral prostheses retrieved at autopsy. Presented at the 20th Open Scientific Meeting of the Hip Society, Washington DC, February 1992.
- Engh CA, O'Connor D, Jasty M, McGovern TF, Bobyn JD, Harris WH. Quantitation of implant micromotion, strain shielding and bone resorption with porous coated anatomic medullary locking femoral prostheses. *Clin Orthop*, 285: 13-29, 1992.
- Evans BG, Guckler M. Evaluation of the painful total hip arthroplasty. *Orthop Clin North Am.*, 23: 303-311, 1992.
- Fenner K, Wilkinson R, Craigen M, Stother IG. Application of DEXA in the quantitation of bone loss following total hip replacement. Presented at the Bath (UK) Conference on Osteoporosis and Bone Mineral Measurement, Bath, England, 1992.
- Freeman MAR. Why resect the neck? *J Bone Joint Surg*, 68-B: 346-349, 1986.
- Harris WH. Will stress shielding limit the longevity of cemented femoral components of total hip replacement? *Clin Orthop*, 274: 120-123, 1992.
- Harris WH, Schiller AL, Scholler JM, Freiberg RA, Scott R. Extensive localized bone resorption in the femur following total hip replacement. *J Bone Joint Surg*, 58-A: 612-617, 1976.
- Hofmann AA, Wyatt RWB, France EP, Bigler GT, Daniels AU, Hess WE. Endosteal bone loss after total hip arthroplasty. *Clin Orthop*, 245: 138-144, 1989.
- Huiskes R, Weinans H, Reithbergen BV. The relation hip between stress shielding and bone resorption around total hip stems and the effects of flexible materials. *Clin Orthop*, 274: 124-134, 1992.
- Hungerford DS, Jones LC. The rationale for cementless total hip replacement. *Orthop Clin North Am.*, 24: 617-626, 1993.
- Jacobs JJ, Bummer DR, Galante JO. Mechanisms of bone loss associated with total hip replacement. *Orthop Clin North Am.*, 24: 583-590, 1993.
- Johnston RC, Fetzgerald RH, Harris WH, Müller ME, Sledge CB. Clinical and radiographic evaluation of total hip replacement. *J Bone Joint Surg*, 72-A: 161-168, 1990.
- Kilgus DJ, Shimacka EE, Eberle RW. Quantification of periprosthetic femoral stress remodeling. Presented at the 38th Annual Meeting of the Orthopaedics Research Society, Washington DC, February 17-20, 1992.
- Kiratli BJ, Heiner JP, McBeath AA. Bone mineral density response after total hip arthroplasty: one year follow-up. Presented at the 13th Annual Meeting of the American Society for Bone and Mineral Reserch, San Diego, California, August 1991.
- Kiratli BJ, Heiner JP, McBeath AA. Femoral bone mineral density changes in the patients with up to seven year follow-up determinations. Presented at the 38th Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society, Washington DC, February 17-20, 1992.



28. Kiratli BJ, Heiner JP, McBeath AA, Wilson Ma. Determination of bone mineral density by dual x-ray absorptiometry in patients with uncemented total hip arthroplasty. J Orthop Res, 10: 836-844, 1992.
29. Kiratli BJ, Heiner JP, Mckinley N, Wilson MA, McBeath AA. Bone mineral density of the proximal femur after uncemented total hip arthroplasty. Presented at the 37th Annual Meeting of the Orthopaedics Research Society, Anaheim, California, March 4-7, 1991.
30. Lewis CL, Askew MJ, Wixson RL, Kramer GM, Tarr RR. The influence of prosthetic stem stiffness and of a calcar collar on stresses in the the proximal end of the femur with a cemented femoral component. J Bone Joint Sur, 66-A: 280-286, 1984.
31. Lunar Corporation technical note # 12, February 1992.
32. McCarthy CK, Steinberg GG, Agren M, Leahey D, Wyman E, Baran DT. Quantifying bone loss from the proximal femur after total hip arthroplasty. J Bone Joint Surg, 73-B: 774-778, 1991.
33. Meijier H, Tonino AJ. Early clinical and scintigraphic results in noncemented hydroxy-apatite coated ABG hips. Acta Orthop Scand, 63 (Suppl 248): 35-36, 1992 .
34. Müller ME. Lessons of 30 years of total hip arthroplasty. Clin Orthop, 274: 12-21, 1992 .
35. Noble PC, Alexander JW, Lindahl LJ, Yew DT, Gronberry WM, Tullos HS. The anatomic basis of femoral component design. Clin Orthop, 235: 148-165, 1988 .
36. Oh I, Harris WH. Proximal strain distribution in the loaded femur. J Bone Joint Surg, 66-A: 75-85, 1978.
37. Pellicci PM, Salvati EA, Wilson PD. Revisional arthroplasty of the hip. in: Evarts CM (ed): Surgery of the Musculoskeletal System, 2nd ed., 3083-3115, Churchill Livingstone, New York, 1990.
38. Reigstad A, Rökkum M, Bye K, Brandt M. Femoral bone remodelling after THR-a comparison between HA-coated, scand-blasted and cemented stems. Acta Orthop Scand, 63(Suppl 248): 35, 1992.
39. Reigstad A, Rökkum M, Bye K, Brandt M. Femoral remodeling after arthroplasty of the hip. Prospective randomized 5-year comparison of 120 cemented/uncemented cases of arthrosis. Acta Orthop Scand, 64: 411-416, 1993.
40. Richmond BJ, Eberle RW, Stulberg BN, Deal CL. DEXA measurement of peri-prosthetic bone mineral density in total hip arthroplast. Presented at the 13th Annual Meeting of the American Society for Bone and Mineral Research, San Diego, California, August 1991.
41. Richmond BJ, Eberle RW, Stulberg BN. DEXA versus radiography in determination of bone remodeling changes around uncemented custom femoral endoprotheses. Presented at the 4th Annual International Symposium on Custom Prostheses, San Francisco, California, October 1991.
42. Robenson JR. Proximal femoral bone loss after total hip arthroplasty. Orthop Clin North Am, 23: 291-302, 1992.
43. Sebik A. Kalça işlevlerinin değerlendirilmesi, içinde: Ege R (ed): Kalça cerrahisi ve sorunları, Türk Hava Kurumu Basimevi, Ankara, 1994.
44. Steinberg GG, McCarthy CK, Baran DT. Quantification of bone loss of the proximal femur after total hip arthroplasty. Presented at the 37th Annual Meeting of the Orthopaedics Research Society, Anaheim, California, March 1991.
45. Stinchfield FE. Overview of total hip replacement, in: Evarts CM (ed): Surgery of the Musculoskeletal System, 2nd Ed., 3083-3115, Churchill Livingstone, New York, 1990.
46. Sumner DR, Galante JO. Determinants of stress shielding: design versus materials versus interface. Clin Orthop, 202-212, 1992.
47. Thompson FR. Two and a half years' experience with a vitallium intramedullary hip prosthesis. J Bone Joint Surg, 36-A: 489-500, 1954.
48. Whiteside LA. The effect of stem fit on bone hypertrophy and pain relief in cementless total hip arthroplasty. Clin Orthop, 247: 138-147, 1989 .
49. Wroblewski BM. Cementless versus cemented total hip arthroplasty. A scientific controversy? Orthop Clin Nort Am, 24: 591-597, 1993.

*Yazışma adresi:*  
**Op. Dr. A. Hakan Eren**  
**19 Mayıs Mahallesi Şelale Sokak**  
**Keten Apt. No. 27/5**  
**Kadıköy, İstanbul, Türkiye**