



Femur başı avasküler nekrozunda total kalça artroplastisi

Total hip arthroplasty for avascular necrosis of the femoral head

Oğuzhan Çimen¹, Abdullah Demirtaş², İbrahim Azboy³

¹Koşuyolu Medipol Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

²İstanbul Medeniyet Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, İstanbul

³İstanbul Medipol Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, İstanbul

Total kalça artroplastisi (TKA) femur başı avasküler nekrozunun ileri evrede olduğu hastalarda endikedir. Artroplastisi gerektiren avasküler nekroz hastaları osteoartritli hastalara göre tipik olarak daha gençtir ve daha aktif bir sosyal hayata sahiptir. Son yıllarda cerrahi teknik ve implant tasarımındaki gelişmeler femur başı avasküler nekrozlu hastalarda TKA'nın ömrünü belirgin olarak uzatmıştır. TKA öncesi özellikle kemik kalitesi kötü olan ve eşlik eden sistemik hastalıkları bulunan hastalar, komplikasyon riskini azaltmak amacıyla titizlikle incelenmeli ve gerekli hazırlıklar yapılmalıdır. TKA ileri evre femur başı avasküler nekrozunun tedavisinde başarılı ve etkili bir tedavi yöntemidir.

Anahtar sözcükler: femur başı avasküler nekrozu; total kalça artroplastisi; çimentolu; çimentosuz

Total hip arthroplasty (THA) is indicated patients with late stage avascular necrosis (osteonecrosis) of the femoral head. Patients with avascular necrosis of the femoral head that require arthroplasty are typically younger and have more active lifestyle than patients with osteoarthritis. Advances in surgical technique and implant design in recent years have significantly improved the survival of THA in patients with avascular necrosis of the femoral head. Patients should be screened and optimized accordingly to reduce the risk of complication following THA, especially who have poor bone quality and systemic comorbidities. THA is an effective and successful choice for end stage avascular necrosis of the femoral head.

Key words: avascular necrosis of the femoral head; total hip arthroplasty; cemented; cementless

Femur başı avasküler nekrozu (osteonekrozu), genellikle 20-50 yaş arası bireylerde görülen, femur başının vasküler beslenmesinin bozulması sonucunda oluşan nekrotik alanlar ve çökme ile seyreden bir hastalıktır. Femur başı avasküler nekrozunun etiolojisinde rol alan en yaygın faktörler kortikosteroid kullanımı, idiyopatik nedenler ve travmadır.^[1] Bunların dışında alkol tüketimi, sigara içme, HIV (*Human Immunodeficiency Virus / İnsan Bağışıklık Yetmezliği Virüsü*), sistemik lupus eritematozus, orak hücreli anemi, Gaucher hastalığı ve radyasyon tedavisi de etiyojik faktörler arasındadır.^[2] TKA femur başının çöktüğü, kalça eklemine dejenere olduğu ileri evre avasküler nekrozu olan ve eklem koruyucu cerrahi tedavilere iyi yanıt alınamayan hastalarda endikedir. TKA olgularının %5-18'i femur başı avasküler nekrozu tanısı ile yapılmaktadır.^[3]

TKA gerektiren avasküler nekrozlu hastalar osteoartritli hastalara göre tipik olarak daha gençtir. Genç hastalarda TKA'nın başarısızlık nedenleri, yüksek aktivitenin

hızlandırdığı polietilen aşınmasına bağlı osteoliz ve periprotetik kemik kaybıdır. Geleneksel metal-polietilen eklemleşmede meydana gelen polietilen aşınmasına bağlı gelişen partiküller osteoliz ve gevşemeye yol açmaktadır. Bunun üstesinden gelmek için aşınmaya daha dayanıklı eklem yüzeyi seçenekleri (seramik-seramik, yüksek oranda çapraz bağlı polietilen) geliştirilmiştir. Cerrahi teknik ve implant tasarımındaki gelişmelerle birlikte avasküler nekrozlu hastalarda yapılan TKA ile primer osteoartritli hastalara yapılanlar karşılaştırıldığında eş değer klinik sonuçlar alınmaktadır.^[4]

Femur başı avasküler nekrozunda morfolojik olarak trabeküler kemik hacminde, osteoid kalınlığında ve dinamik olarak kalsifikasyon hızında bir azalma mevcuttur. Bu da kansellöz kemiğin zayıf olmasına ve kemik çimentosu kullanımında başarısızlığa sebep olabilmektedir. Femur başı avasküler nekrozlu hastalarda çimentolu TKA sonuçları, diğer nedenlere bağlı yapılan çimentolu TKA sonuçları kadar başarılı değildir.^[5] Birinci nesil çimentolama tekniği kullanılarak yapılan

• İletişim adresi: Op. Dr. Oğuzhan Çimen, Koşuyolu Medipol Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, 34718 Kadıköy, İstanbul

Tel: 0505 - 645 24 33 e-posta: ozicimen@gmail.com

• Geliş tarihi: 5 Eylül 2020 Kabul tarihi: 29 Eylül 2020

çimentolu TKA sonuçlarında başarı oranı düşmekte ve özellikle asetabular tarafta implant gevşeme prevalansı %57'ye kadar çıkabilmektedir.^[6]

Artroplasti sonuçlarını etkileyen nedenlerin başında etiyojik faktörler gelmektedir. İdiyopatik ve travma sonrası (posttravmatik) avasküler nekroz hastalarının fonksiyonel sonuçlarının, genellikle alkol, steroid ve sistemik hastalığı olanlara göre daha iyi olduğu bildirilmektedir.^[7] Kortikosteroidlerin uzun süre kullanılması kemik oluşumunu inhibe etmekte, kemik rezorpsiyonunu artırmakta ve osteoporozu neden olmaktadır.^[7] Kortikosteroidler ayrıca yara iyileşmesini bozmakta ve enfeksiyon riskini artırmaktadır. Nitekim 37 çalışmayı içeren bir meta-analizde (n=2,470,827) kortikosteroid kullanım öyküsünün periprostetik enfeksiyon riskini 1,9 kat artırdığı bildirilmektedir.^[8] Başka bir çalışmada, kortikosteroidlere bağlı avasküler nekroz nedeniyle yapılan TKA sonrası %17 oranında komplikasyon geliştiği ve %11 oranında yeniden ameliyat yapıldığı bildirilmektedir.^[9]

Aşırı alkol kullanımı, özellikle 40 yaşından genç erkek hastalarda travma dışı avasküler nekroz için yaygın risk faktörlerinden biridir. Bu hastalarda eşlik eden hastalıkların daha fazla olduğu, eş zamanlı sigara kullanımı, malnütrisyon ve ameliyat sonrası erken dönemde %14,5 oranında alkol yoksunluk sendromu bildirilmektedir.^[10] Bu nedenle, artroplasti uygulanacak hastalarda en az 4–6 hafta önce alkölü bırakmaları önerilmektedir.^[11] Son yıllarda yapılan çalışmalarda alkole bağlı avasküler nekroz nedeniyle yapılan TKA sonrası orta ve uzun dönem sonuçlar başarılı olarak bildirilmektedir.^[10]

Böbrek nakli hastalarında femur başı avasküler nekrozu, kortikosteroidlerin ve diğer ilaçların kullanımının bir sonucu olarak ortaya çıkar. Kronik böbrek yetmezliği ve böbrek transplantasyonu hastalarında kemik kalitesi belirgin olarak kötüdür. Bu nedenle başlangıçta çimentolu implantlar kullanılmış ve başarısız sonuçlar bildirilmiştir. Yakın zamanda yapılan 797 hastanın dâhil edildiği bir sistemik derlemede hemodiyaliz ve transplant hastalarında TKA yapılması desteklenmektedir.^[12] Fakat bu hastalarda revizyon oranı, dislokasyon ve derin enfeksiyon oranının primer osteoartrit nedeniyle yapılan TKA'ya göre daha yüksek oranda görüldüğü vurgulanmaktadır. Çimentolu protezlerde revizyon oranı hemodiyaliz hastalarında ortalama 7,1 yılda %23, transplant hastalarda 8,3 yılda %15, çimentosuz protezlerde ise hemodiyaliz hastalarında ortalama 7 yılda %3,8, transplant hastalarında ise 5,3 yılda %6,9 olarak saptanmıştır. Bu nedenle hemodiyaliz ve transplant hastalarında çimentosuz TKA önerilmektedir.^[12]

Orak hücre hastalığının iskelet sistemi bulguları, avasküler nekroz, osteoporoz, patolojik kırıklar ve enfeksiyonlardır. Bu hastalarda, kemik iliği hiperplazisi, korteks ve trabeküler kemiğin incilmesi gibi kemik deformitelerinin yanı sıra femoral kanalda yer yer obliterasyona neden olan sklerotik alanlar sıklıkla görülür.^[13,14] Bu nedenlerle asetabulumun ve femur kanalının hazırlanması sırasında eksentrik oymadan kaçınılmalıdır. Aksi takdirde perforasyon ve kırıklara neden olunabilir.^[14] Bu hastalarda ameliyat öncesi bakım çok önemlidir. Yeterli oksijenizasyon, hidrasyon ve ağrı yönetimi uygulanmaz ise orak hücre krizi gelişebilir. Alloimmunizasyonu azaltmak için lökosit ayıklanmış kan transfüzyonu veya ameliyat öncesi otolog kan hazırlanması önerilmektedir.^[15] Ameliyat öncesi kan transfüzyonu, plazmaferez veya *exchange* transfüzyon, hemogloblin (Hb) S seviyelerini azaltmak ve oksijen taşıma kapasitesini artırmak için kullanılabilir. Ameliyat sonrası ilk iki günde Hb seviyesinin 8–10 g/dL arasında tutulması önerilmektedir. Yakın zamanda yapılan bir sistematik derlemede orak hücreli anemi hastalığına bağlı femur başı avasküler nekrozu için yapılan TKA'da yüksek oranda medikal, ameliyat sırasında ve ameliyat sonrası komplikasyonlar görüldüğü bildirilmektedir.^[15] Femoral kırık ve perforasyonların sık olduğu ve özellikle çimentosuz femoral stemlerin kullanıldığı olgularda ameliyat sırasında femoral kırık riskinin daha yüksek olduğu bildirilmektedir. Bu hastalarda yapılan TKA'nın en önemli başarısızlık nedeni enfeksiyon ve aseptik gevşemedir. Aseptik gevşeme femurdan ziyade asetabular tarafta daha fazla görülmektedir. En iyi tespit metodu ile ilgili kesin bir sonuç çıkarılmayacağı, çimentolu implantlarda revizyon oranlarının daha yüksek olduğu (çimentolu %24, çimentosuz %10) ve çimentosuz implantlarda ise ameliyat sırasında komplikasyonların daha yüksek olduğu bildirilmektedir.^[15]

Avasküler nekrozda birinci ve ikinci kuşak çimentolama teknikleri kullanılarak yapılan TKA'da yüksek oranda mekanik yetmezlik ve revizyon oranları bildirilmiştir.^[16] Yedi ile on dört yıllık takiplerde mekanik yetmezlik oranları %9,1–48, revizyon oranları ise %13–28 olarak bildirilmektedir.^[16] Buna karşılık üçüncü kuşak çimentolama tekniğinin, özellikle femoral tarafta sağkalımı artırdığı gösterilmiştir. Çimentolu femoral stemler yaşlı ve medüller kanalı belirgin genişlemiş hastalar için idealdir. Kim ve ark.^[17], avasküler nekroz nedeniyle TKA yaptıkları 94 hastanın (148 kalça) ortalama 17,3 yıl takibinde hem proksimal poroz kaplı çimentosuz femoral stemler (98 kalça) hem de çimentolu femoral stemler (50 kalça, asetabular komponentler çimentosuz) için %98 sağkalım oranı ile oldukça başarılı sonuç bildirmişlerdir. Benzer bir çalışmada Simon ve ark.^[18], avasküler

nekroz nedeniyle TKA yaptıkları 34 kalçanın ortalama 10,9 yıllık takibinde, çimentolu femoral komponentte %100 sağkalım bildirmekle birlikte, üçüncü kuşak çimentolama tekniği kullanılsa bile asetabular komponentin çimentolu uygulanması sonrası radyolojik olarak %42 oranında gevşeme görüldüğünü, ortalama 11 yıllık takipte %7 revizyon yapıldığını bildirmiştir.^[19]

Çimentolu protez sistemlerinin uygulandığı hastaların uzun süreli takiplerinde aseptik gevşeme ve kemik erozyonu gibi geç komplikasyonların yüksek olması nedeniyle, genç ve özellikle aktif hastalarda biyolojik tespit prensibi ile geliştirilen çimentosuz protezler daha sık kullanılmaya başlanmıştır. Yeni nesil çimentosuz protezlerin uygun cerrahi tekniklerle uygulanmasıyla birlikte, avasküler nekrozlu genç ve aktif hastalarda mükemmel sonuçlar bildirilmektedir (Tablo 1). Hartley ve ark.^[20] metal baş ve geleneksel polietilen kullanılarak yaptıkları çimentosuz TKA sonrası 10 yıllık takipte hiç bir hastada femoral revizyon yapmadıklarını, Kim ve ark.^[21] elli yaş altındaki hastalarda metal baş ve geleneksel polietilen kullanılarak yaptıkları çimentosuz TKA'da 18. yılda asetabular komponentte %84, femoral komponentte ise %96 implant sağkalımını bildirmektedir.

Son yıllarda metafizer kemik stoğun korunduğu kısa femoral stemlerle başarılı sonuçlar bildirilmektedir.^[22] Fakat öncesinde manyetik rezonans (MR) ile osteonekrotik lezyonun metafize ulaşmadığı görülmelidir.^[23]

TKA'da yüksek çapraz bağlı polietilen (HXLPE) kullanımı, geleneksel polietilene kıyasla %40'a varan azalmış aşınma oranı nedeniyle ön plana çıkmıştır. 60 yaşın altındaki hastalarda HXLPE, yılda ortalama 0,02–0,04 mm aşınma oranına sahiptir. Geleneksel polietilendeki aşınma ile karşılaştırıldığında (yılda ortalama 0,1–0,2 mm) uzun dönem sağkalım için önemli ölçüde avantaj sağlamaktadır.^[16] Genç hastalarda HXLPE kullanılarak yapılan TKA çalışmalarının çoğunda osteoliz görülmediği bildirilmekle birlikte^[24–27], ortalama 7,2 yıllık takipte %2, beş yıllık takipte %8 oranında osteoliz görüldüğünü bildiren çalışmalar bulunmaktadır (Tablo 2).^[28,29] Avasküler nekroz nedeniyle HXLPE kullanılarak yapılan TKA'da uzun dönem takipte mükemmel klinik ve radyolojik sonuçlar bildirilmektedir.^[24,25] Avasküler nekroz nedeniyle TKA yapılan 413 hasta (461 kalça) ve osteoartrit nedeniyle TKA yapılan 427 hastanın (461 kalça) 15 yıllık takibinde avasküler nekrozlu grupta %6,6, osteoartritli grupta %4,5 oranında revizyon oranı rapor edilmiştir (p=0,09).

Polietilen aşınması ve bunun sonucunda gelişen osteoliz TKA'da başarısız sonuçlara neden olmuş ve bu nedenle aşınmaya daha dayanıklı seramik-HXLPE ve seramik-seramik gibi yüzey materyalleri geliştirilmiştir. Bunların içinde seramik-seramik eklemleşme aşınmaya karşı en dirençli olanıdır. Bununla birlikte, seramik kırılması ve gıcırtı sesi istenmeyen komplikasyonlardır. İlk dönem seramiklerin saflıklarının düşük olması ve partiküler özelliklerinin yüksek olması nedeniyle kırılma riskleri önemli bir sorundu. Seramik üretimindeki

Tablo 1. Femur başı avasküler nekrozunda tespit yöntemine göre TKA sonuçları

Çalışma	Tespit yöntemi	Kalça (n)	Ort. yaş (yıl)	Ort. takip süresi (yıl)	Sağkalım (%)	Başarısızlık nedeni
Fyda ve ark. ^[5]	Birinci nesil çimentolama (16 kalça) İkinci nesil çimentolama (32 kalça)	48	54,6	14,5	87 (10. yıl)	Femoral gevşeme %6,5 Asetabular gevşeme %13 Sepsis %2,9 Dislokasyon %2,9
Kim ve ark. ^[17]	Hibrid (üçüncü nesil çimentolama) Çimentosuz protez	48 94	47,3	17,3	98 femoral 83 asetabulum (Hibrid) 85 asetabulum (çimentosuz)	Enfeksiyon %2 (çimentolu) Kırık %2 (çimentosuz grup) İnert aşınması ve osteoliz nedeniyle asetabular revizyon %15
Simon ve ark. ^[18]	Hibrid (28 kalça) Çimentolu (6) (üçüncü nesil çimentolama)	34	28,3	10,9	100 (Femoral) 90 (Asetabular)	Asetabular gevşeme %15 Femoral gevşeme %0
Min ve ark. ^[24]	Çimentosuz (HXLPE-Metal baş)	85	42	13,5	100	Revizyon yok
Kim ve ark. ^[27]	Çimentosuz (CoHXLPE)	60	28,3	10,8	100	Revizyon yok

HXLPE, yüksek çapraz bağlı polietilen; CoHXLPE, seramik-yüksek çapraz bağlı polietilen

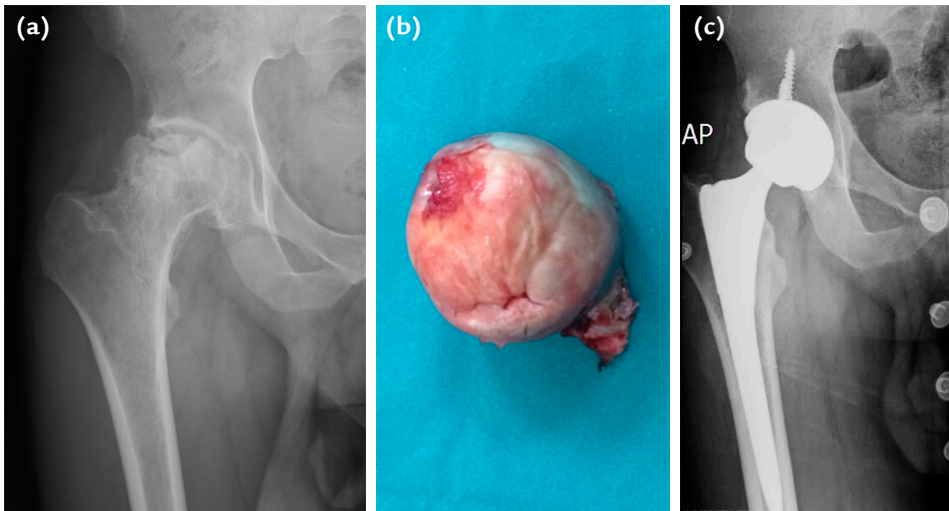
Tablo 2. Femur başı avasküler nekrozunda eklemleşme tipine göre TKA sonuçları

Çalışma	Eklemleşme tipi	Kalça (n)	Ort. yaş (yıl)	Ort. takip süresi (yıl)	Osteoliz (%)	Sağkalım (%)
Min ve ark. ^[24]	HXLPE-Metal baş	85	42	13,5	0	100
Feng ve ark. ^[26]	CoC	93	51	6,9	0	--
	CoHXLPE	77	59	7,2	0	
Kim ve ark. ^[27]	CoHXLPE	60	28,3	10,8	0	100
Mall ve ark. ^[28]	Geleneksel PE-metal baş	50	43,2	8,29	24	--
	HXLPE-metal baş	48	46,5	6,02	2	
Leung ve ark. ^[29]	Geleneksel PE-metal baş	40	61,5	6,1	28	--
	HXLPE-metal baş	36	60,5	6,1	8	
Kim ve ark. ^[30]	Biolog delta seramik	334	48,2	13,1	0	99,7 (asetabular) 99,3 (femoral)
Lee ve ark. ^[31]	Biolog delta seramik	252	49,7	5,5	0	99
Kim ve ark. ^[32]	Biolog-forte seramik	1131 (%53 avasküler nekroz)	52,9	18,8	0	99,7 (asetabular) 100 (femoral)
Baek ve Kim ^[33]	Biolog forte seramik	71	39,1	7,1	0	100

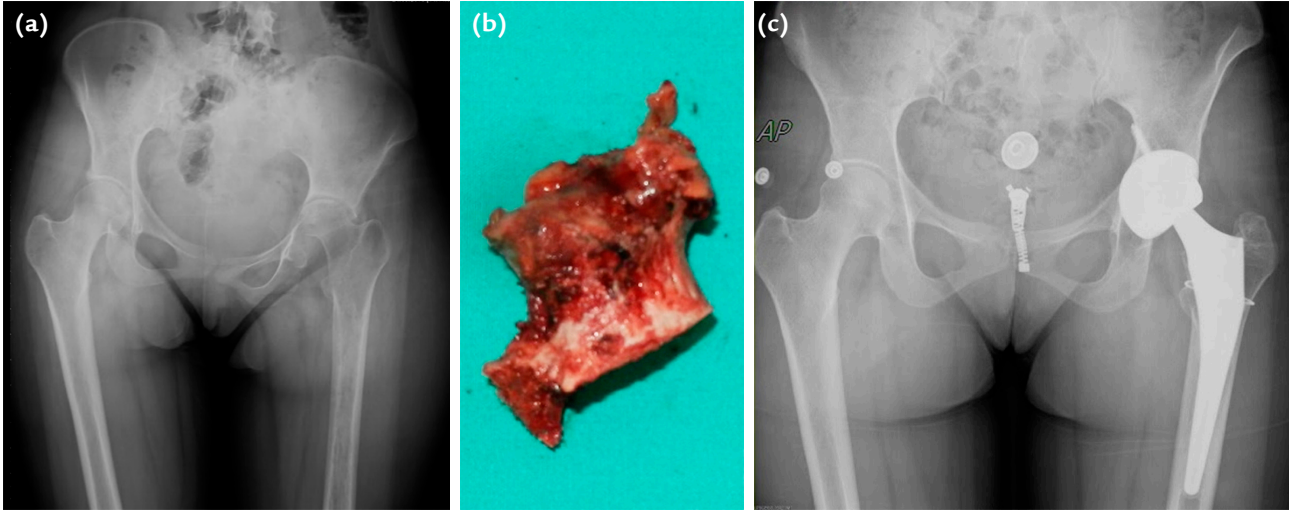
PE, Polietilen; HXLPE, yüksek çapraz bağlı polietilen; OA, osteoartrit; Co-C, seramik-seramik; CoHXLPE, seramik-yüksek çapraz bağlı polietilen.

son gelişmelerle birlikte, seramik implantların yüksek saflık ve yoğunluğa sahip olması ve sertlik, eğilme mukavemeti ve patlama mukavemeti gibi uygun mekanik özelliklerin geliştirilmesi ile kırık riski çok azalmıştır.^[30] Femur başı avasküler nekrozlu hastalarda seramik-seramik implantların sağkalım oranı, implant tasarımına

bağlı olarak 10–15 yıllık takipte %85 ile %100 arasında değişmektedir.^[16] Son yıllarda yapılan çalışmalarda üçüncü ve dördüncü nesil seramik-seramik kullanılan TKA'latda oldukça başarılı sonuçlar bildirilmektedir (Şekil 1 ve 2) (Tablo 2).^[30,33] Kim ve ark.^[31], 334 kalçanın 7,8 yıllık takibinde hiçbir hastada seramik kırığı



Şekil 1. a–c. Alopesi nedeniyle kortikosteroid kullanımına bağlı sağ femur başı avasküler nekrozu gelişen 27 yaşında erkek hastanın; ameliyat öncesi radyografisi (a), femur başındaki çökme (b) ve seramik üzeri seramik çimentosuz total kalça protezi ameliyatının 6. yılına ait radyografisi (c) izlenmektedir.



Şekil 2. a–c. Aplastik anemi nedeniyle kortikosteroid kullanımına bağlı sol femur başı avasküler nekrozu gelişen 21 yaşında kadın hastanın; ameliyat öncesi radyografisi (a), femur başında meydana gelen çökme (b) ve seramik üzeri seramik çimentosuz total kalça protezi ameliyatının 7. yılına ait radyografisi (c) izlenmektedir.

görmediklerini (%99,7 sağkalım), Hamilton ve ark.^[34] ise 345 kalçanın ortalama 5,3 yıl takibinde iki hastada seramik insert kırılması (%97,3 sağkalım) gördüklerini bildirmişlerdir.

Sonuç olarak, modern implant ve cerrahi teknik kullanılması ile birlikte femur başı avasküler nekrozu sonrası yapılan TKA'nın uzun dönem sonuçları, primer osteoartrit nedeniyle yapılan TKA kadar başarılıdır. Ancak, kemik kalitesi ve aktivite düzeyininin uzun dönem sonuçlar üzerinde etkili olduğu bilinmelidir. Gaucher, orak hücreli anemi ve böbrek transplantlı hastalarda gevşeme oranlarının yüksek olduğu akıld tutulmalıdır. Bu nedenle, ameliyat öncesinde hastaların etiyolojik nedenleri göz önünde bulundurularak hazırlıklar titizlikle yapılmalıdır. İmplant seçimi ve tespit yönteminin belirlenmesinde kemik kalitesi ve geometrisi göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Swarup I, Lee YY, Movilla P, Figgie MP. Common factors associated with osteonecrosis of the femoral head in young patients requiring total hip arthroplasty. *Hip Int* 2015;25(3):232–6. [Crossref](#)
2. Mont MA, Jones LC, Hungerford DS. Nontraumatic osteonecrosis of the femoral head: ten years later. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88(5):1117–32. [Crossref](#)
3. Kaushik AP, Das A, Cui Q. Osteonecrosis of the femoral head: an update in year 2012. *World J Orthop* 2012;3(5):49–57. [Crossref](#)
4. Rinjen W, Lamejin N, Schreurs BW, Gardeniers JWM. Total hip arthroplasty after failed treatment for osteonecrosis of the femoral head. *Orthop Clin North Am* 2009;40(2):291–8. [Crossref](#)
5. Fyda TM, Callaghan JJ, Olejniczak J, Johnston RC. Minimum ten-year follow-up of cemented total hip replacement in patients with osteonecrosis of the femoral head. *Iowa Orthop J* 2002;22:8–19. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1888371/>
6. Chandler HP, Reinneck FT, Wixson RL, McCarthy JC. Total hip replacement in patients younger than thirty years old: a five year follow up study. *J Bone Joint Surg Am* 1981;63(9):1426–34. [Crossref](#)
7. Singh JA, Chen J, Inacio MC, Namba RS, Paxton EW. An underlying diagnosis of osteonecrosis of bone is associated with worse outcomes than osteoarthritis after total hip arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord* 2017;18(1):8. [Crossref](#)
8. Resende VAC, Neto AC, Nunes C, Andrade R, Espregueira-Mendes J, Lopes S Higher age, female gender, osteoarthritis and blood transfusion protect against periprosthetic joint infection in total hip or knee arthroplasties: A systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2018. [Crossref](#)
9. Rahman WA, Garbuz DS, Masri BA. Total hip arthroplasty in steroid-induced osteonecrosis: early functional and radiological outcomes. *Can J Surg* 2013;56(1):41–6. [Crossref](#)
10. Ponzio DY, Pitta M, Carroll KM, Alexiades M. Hip arthroplasty for osteonecrosis of the femoral head secondary to alcohol abuse. *Arthroplast Today* 2018;11;5(2):172–5. [Crossref](#)
11. Tonnesen H, Kehlet H. Preoperative alcoholism and postoperative morbidity. *Br J Surg* 1999;86(7):869–74. [Crossref](#)
12. Popat R, Ali AM, Holloway IP, Sarraf KM, Hanna SA. Outcomes of total hip arthroplasty in haemodialysis and renal transplant patients: systematic review. *Hip Int* 2019;1120700019877835. [Crossref](#)
13. Vanderhave KL, Perkins CA, Scannell B, Brighton BK. Orthopaedic manifestations of sickle cell disease. *J Am Acad Orthop Surg* 2018;26:94–101. [Crossref](#)
14. Ilyas I, Alrumaih HA, Rabbani S. Non-cemented total hip arthroplasty in sickle-cell disease: long-term results. *J Arthroplasty* 2018;33:477–81. [Crossref](#)

15. Kenanidis E, Kapriniotis K, Anagnostis P, Potoupnis M, Christofilopoulos P, Tsiridis E. Total hip arthroplasty in sickle cell disease: a systematic review. *EFORT Open Rev* 2020;2;5(3):180–8. **Crossref**
16. Waewsawangwong W, Ruchiwit P, Huddleston JI, Goodman SB. Hip arthroplasty for treatment of advanced osteonecrosis: comprehensive review of implant options, outcomes and complications. *Orthop Res Rev* 2016;8:13–29. **Crossref**
17. Kim YH, Kim JS, Park JW, Joo JH. Contemporary total hip arthroplasty with and without cement in patients with osteonecrosis of the femoral head: a concise follow-up, at an average of seventeen years, of a previous report. *J Bone Joint Surg Am* 2011;5;93(19):1806–10. **Crossref**
18. Simon JP, Berger P, Bellemans J. Total hip arthroplasty in patients less than 40 years old with avascular necrosis of the femoral head. A 5 to 19-year follow-up study. *Acta Orthop Belg* 2011;77:53–60. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21473446/>
19. Mulroy RD, Harris WH. The effect of improved cementing techniques on component loosening in total hip replacement: an 11-year radiographic review. *J Bone Joint Surg Br* 1990;72-B(5):757–60. **Crossref**
20. Hartley WT, McAuley JP, Culpepper WJ, Engh CA Jr, Engh CA Sr. Osteonecrosis of the femoral head treated with cementless total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2000;82(10):1408–13. **Crossref**
21. Kim YH, Kim JS, Park JW, Joo JH. Comparison of total hip replacement with and without cement in patients younger than 50 years of age: the results at 18 years. *J Bone Joint Surg Br* 2011;93(4):449–55. **Crossref**
22. Kim YH, Park JW. Ultra-short anatomic uncemented femoral stem and ceramic-on-ceramic bearing in patients with idiopathic or ethanol-induced femoral headosteonecrosis. *J Arthroplasty* 2020;35(1):212–8. **Crossref**
23. Floerkemeier T, Budde S, Gronewold J, Radtke K, Ettinger M, Windhagen H, von Lewinski G. Short-stem hip arthroplasty in osteonecrosis of the femoral head. *Arch Orthop Trauma Surg* 2015;135(5):715–22. **Crossref**
24. Min BW, Cho CH, Son ES, Lee KJ, Lee SW, Song KS. Highly Cross-Linked Polyethylene in Total Hip Arthroplasty in Patients Younger Than 50 Years With Osteonecrosis of the Femoral Head: A Minimum of 10 Years of Follow-Up. *J Arthroplasty* 2020;35(3):805–10. **Crossref**
25. Hart A, Janz V, Trousdale RT, Sierra RJ, Berry DJ, Abdel MP. Long-Term Survivorship of Total Hip Arthroplasty with Highly Cross-Linked Polyethylene for Osteonecrosis. *J Bone Joint Surg Am* 2019;101(17):1563–8. **Crossref**
26. Feng B, Ren Y, Cao S, Lin J, Jin J, Qian W, Weng X. Comparison of ceramic-on-ceramic bearing vs ceramic-on-highly cross-linked polyethylene-bearing surfaces in total hip arthroplasty for avascular necrosis of femoral head: a prospective cohort study with a mid-term follow-up. *J Orthop Surg Res* 2019;27;14(1):388. **Crossref**
27. Kim YH, Park JW, Patel C, Kim DY. Polyethylene wear and osteolysis after cementless total hip arthroplasty with alumina-on-highly cross-linked polyethylene bearings in patients younger than thirty years of age. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95(12):1088–93. **Crossref**
28. Mall NA, Nunley RM, Zhu JJ, Maloney WJ, Barrack RL, Clohisy JC. The incidence of acetabular osteolysis in young patients with conventional versus highly crosslinked polyethylene. *Clin Orthop Relat Res* 2011;469(2):372–81. **Crossref**
29. Leung SB, Egawa H, Stepniewski A, Beykirch S, Engh Jr CA, Engh CA. Incidence and volume of pelvic osteolysis at early follow-up with highly cross-linked and noncross-linked polyethylene. *J Arthroplasty* 2007;22(6):134–9. **Crossref**
30. Lee YK, Ha YC, Yoo JI, Jo WL, Kim KC, Koo KH. Mid-term results of the BIOLOX delta ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty. *Bone Joint J* 2017;99-B(6):741–8. **Crossref**
31. Kim YH, Park JW, Kim JS. Alumina delta-on-alumina delta bearing in cementless total hip arthroplasty in patients aged <50 years. *J Arthroplasty* 2017;32(3):1048–53. **Crossref**
32. Kim YH, Park JW, Kim JS. Long-Term Results of Third-Generation Ceramic-on-Ceramic Bearing Cementless Total Hip Arthroplasty in Young Patients. *J Arthroplasty* 2016;31(11):2520–4. **Crossref**
33. Baek SH, Kim SY. Cementless total hip arthroplasty with alumina bearings in patients younger than fifty with femoral head osteonecrosis. *J Bone Joint Surg Am* 2008;90(6):1314–20. **Crossref**
34. Hamilton WG, McAuley JP, Blumenfeld TJ, Lesko JP, Himden SE, Dennis DA. Midterm results of delta ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 2015;30(9):110–5. **Crossref**