

Kalça eklemi protezleri tasarımlarının evrimi

Evolution of hip prosthesis designs

Serhat Gürbüz¹, Hakan Gürbüz²

¹S.B Metin Sabancı Baltalimanı Kemik Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

²Prof. Dr. Cemil Taşçıoğlu Şehir Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

Total kalça artroplastisi, ağrı kontrolü ve fonksiyonel kazanım açısından ortopedinin en başarılı rekonstrüktif girişimlerinden biridir. Bu başarının altında, protez tasarımının klinik gereksinimler, biyomekanik ilkeler ve malzeme bilimiyle zaman içinde evrilmesi yatar. Erken dönemde temel hedef güvenilir fiksasyon ve erken gevşemenin önlenmesiyken izleyen yıllarda aşınma kaynaklı osteoliz, instabilite, periprotezik kırıklar, modüler bağlantı sorunları ve revizyon cerrahisinin artan yükü tasarım hedeflerini belirlemiştir. Bu derleme, kalça protezlerini tiplerine göre sınıflandırarak tarihsel gelişim çizgisinden bahsetmekte; asetabular komponent, femoral stem ve taşıyıcı yüzeylerin evrimini, her dönemin baskın klinik problemleriyle ilişkilendirerek anlatmaktadır. Her bir bölümde tarihsel temel yapı taşlarına değinilmekte ve sonuçlarıyla günümüzdeki kullanımları belirtilmektedir. Birçok protez tarihsel önemi ve ihtiva ettiği özellikler ile anlatılmış ayrıca kendisine yönelik avantaj ve dezavantajlardan bahsedilmiştir. Derleme kapsamında mevcut literatür tarihsel ve tematik bir çerçevede incelenmiş, tasarım değişikliklerinin klinik sonuçlara yansımaları eleştirel bir bakış açısıyla değerlendirilmiştir. Böylece protez tasarımındaki evrimin yalnızca teknolojik bir ilerleme değil, aynı zamanda komplikasyon profiline yanıt veren dinamik bir süreç olduğu ortaya konulmuştur. Son bölümde poröz mimariler, üç boyutlu üretim, kişiye özel implantlar ve robotik cerrahi uygulamaların tasarım ekosistemini nasıl dönüştürdüğü ele alınmaktadır.

Anahtar sözcükler: total kalça artroplastisi; hemiarthroplasti; konvansiyonel polietilen liner; seramik; dual mobilite; aseptik gevşeme

Total hip arthroplasty is one of the most successful reconstructive procedures in orthopaedics in terms of pain relief and functional recovery. This success is largely attributable to the progressive evolution of prosthetic design in response to clinical demands, biomechanical principles, and advances in materials science. In the early period, the primary objective was to achieve reliable fixation and prevent early loosening; in subsequent decades, however, wear-related osteolysis, instability, periprosthetic fractures, modular junction complications, and the increasing burden of revision surgery have substantially shaped design priorities. This review classifies hip prostheses according to their types and outlines their historical development, examining the evolution of the acetabular component, femoral stem, and bearing surfaces in relation to the predominant clinical challenges of each era. Each section highlights key historical milestones and discusses their outcomes as well as their current applications. Numerous prosthetic designs are addressed with emphasis on their historical significance and distinctive structural features, together with their specific advantages and limitations. Within this framework, the existing literature is analyzed from both historical and thematic perspectives, and the clinical implications of design modifications are critically evaluated. Accordingly, the evolution of prosthetic design is presented not merely as a technological progression, but as a dynamic process driven by the need to respond to an evolving complication profile. The final section explores how porous architectures, additive manufacturing technologies, patient-specific implants, and robotic-assisted surgery are transforming the contemporary design ecosystem.

Key words: total hip arthroplasty; hemiarthroplasty; conventional polyethylene liner; ceramic; dual mobility; aseptic loosening

Kalça artroplastisinde tasarım evrimi, kronolojik bir ürün listesi olmaktan çok, tekrarlayan klinik sorunlara verilen mühendislik yanıtlarının birikimidir. Fiksasyonun güvenilirliği, fizyolojik yük aktarımı, düşük aşınma, stabilite ve ileride yapılacak olan revizyonlara

elverişlilik hedefleri aynı anda yönetilmek zorundadır. Bir parametreyi iyileştiren tasarım, bir başka parametreyi kötüleştirir. Örneğin stabiliteyi artırmak için baş çapının büyümesi; liner kalınlığı, sürtünme momenti ve modüler bağlantı yüklenmesi gibi ikincil sonuçlar doğurabilir.^[1]

İletişim / Contact: Op. Dr. Serhat Gürbüz • **E-posta / E-mail:** gurbuzserhat@outlook.com

ORCID ID: Serhat Gürbüz, 0000-0002-6120-3325 • Hakan Gürbüz, 0000-0001-7712-7710

Geliş / Received: 4 Mayıs 2026 • **Revizyon / Revised:** 19 Haziran 2026 • **Kabul / Accepted:** 24 Haziran 2026

Modern yaklaşım, tek bir tasarım dogması yerine, hasta profili ve riskleriyle uyumlu kişiye özgü tasarım ve uygulama bütünlüğünü hedefler.

Kalça protezleri klinik kullanım amacına ve eklem rekonstrüksiyon düzeyine göre başlıca üç grupta ele alınabilir; hemiarthroplasti (unipolar ve bipolar), total kalça artroplastisi ve seçilmiş endikasyonlarda yüzey değiştirme (*resurfacing*) artroplastisidir. Bu sınıflama, tasarım evrimini anlamak için pratik bir çerçeve sunar.

KALÇA HEMİARTROPLASTİSİ

Kalça hemiarthroplastisi, özellikle femur boyun kırıklarında hızlı ve güvenilir bir çözüm olarak gelişmiştir.^[2] Unipolar tasarımlar içinde Austin Moore ve Thompson protezleri, modern dönemin erken kilometre taşlarıdır (Şekil 1). Thompson protezinin 1950'lerde femur boyun kırıkları ve nonunion gibi durumlar için yaygınlaştığı; Austin Moore hemiarthroplastisinin ise daha erken dönem kökenleriyle birlikte 1950'lerde klinik kullanımda yerleştiği, literatürde hem tarihsel derlemeler hem de güncel değerlendirmelerle aktarılmaktadır.^[3,4]

Unipolar hemiarthroplastisi sonrası görülen asetabular erozyon ve kasık ağrısı gibi sorunlar, hareketin bir kısmını implant içinde *internal bearing* üzerinden aktaran bipolar tasarımların gelişimini hızlandırmıştır.^[5] Bipolar hemiarthroplastinin 1974'te Bateman ve Gliberty tarafından geliştirildiği ve temel amacın asetabular aşınmayı azaltmak olduğu klasik kaynaklarda net biçimde belirtilir.^[6,7] Bu konsept, protez tipleri içinde "stabilite ve aşın-



Şekil 1. Frederick Roeck Thompson (1907-1983).

ma biyolojisini" eş zamanlı yönetmeye dönük ilk sistematik adımlardan biri olarak değerlendirilebilir.

TOTAL KALÇA ARTROPLASTİSİ

Yüzyılın en başarılı ameliyatlarından kabul edilen total kalça artroplastisinin bu aşamaya gelmesi uzun bir gelişim süresinin sonucudur.^[8] Erken metal girişimler ve modern çağın başlangıcı ile kalça artroplastisinin kökenleri 19. yüzyıl sonundaki biyomateryal denemelerine kadar uzansa da modern total kalça artroplastisinin sahaya çıkışı 1950'ler ve 1960'larla ilişkilidir.^[9] Daha sonra George McKee'nin modifiye Thompson stem ile kobalt krom bir asetabular komponenti birlikte kullanarak metal-metal yaklaşımını düzenli bir şekilde uyguladığı ve bunun bir süre sonra metal partikül etkileri gibi nedenlerle popülerliğini kaybettiği görülür.^[10] McKee-Farrar protezi, literatürde 1950'lerde geliştirilen ve yaygın kullanılan ilk total kalça protezlerinden biri olarak tanımlanır.^[11-13]

Modern total kalça artroplastisinin dönüm noktası ise Charnley'nin düşük sürtünmeli artroplastisi (*low friction arthroplasty*) yaklaşımıdır (Şekil 2).^[14] Charnley 1962'de ilk total kalça replasmanını gerçekleştirmiş ve aynı tarihte; küçük baş, polietilen asetabular komponent ve kemik çimentosu konseptiyle modern tasarımın temel bileşenlerinin temelini atmıştır.^[9]

Femoral Stem Tasarım Evrimi

Femoral stemler, fiksasyon stratejisine göre çimento- lu ve çimentosuz olarak iki ana gruba ayrılır. Çimentolu



Şekil 2. Charnley elit stem, orjinal Charnley stem ve Exeter femoral stem.^[21]

stemlerde tasarım, çimento mantosu içinde öngörülebilen davranış hedeflemektedir. Exeter cilalı stemin 1970'te tasarlanması çimentolu tasarım evrimi içinde tarihsel bir dönüm noktasıdır.

Çimentosuz stemlerde ise primer stabiliteyi sağlayan geometrik uyum ile uzun dönem osteointegrasyonu sağlayan yüzey mimarisi birlikte düşünülür. Hidroksiapatit kaplamalı Corail stemin 1986'da tanıtılması, çimentosuz fiksasyonda yüzey biyolojisinin ne kadar merkezi hâle geldiğini gösteren iyi bir örnektir.^[15]

Modülerlik, femoral tarafta biyomekanik restorasyonun en güçlü araçlarından biridir. Baş boyun seçenekleri, *offset* ve bacak boyu eşitleme açısından önemli esneklik sağlar. Buna karşılık modüler bağlantı bölgeleri, özellikle *trunnion* alanında *fretting* ve korozyon gibi yeni komplikasyon türlerini gündeme getirmiştir. Bu nedenle modern tasarım çizgisi, modülerliğin faydasını korurken bağlantı geometrisi ve materyal eşleşmesini daha güvenli hâle getirmeyi hedefler.

Çimentonun Rolü: Polimetilmetakrilat ile Fiksasyon Düşüncesinin Yaygınlaşması

Çimentolu fiksasyon, yalnızca bir malzeme seçimi değil, aynı zamanda arayüz kontrolü yaklaşımıdır. Hem total kalça artroplastisinde hem de kalça hemiarthroplastisinde kullanılmaktadır. Total kalça artroplastisinde hem asetabular tarafta hem de femoral tarafta kullanımı mevcuttur. Kalça eklemünde artroplastinin olduğu her yerde kullanılabilmesi bize çimentonun artroplastide evriminde ne kadar temel bir rol oynadığını göstermektedir. İlk olarak Haboush 1953'te hızlı sertleşen polimetilmetakrilat esaslı dental çimentoyu ortopedik fiksasyona uyarlamıştır.^[16] Bu gelişme, daha sonra Charnley'nin düşük sürtünmeli artroplastisiyle geniş ölçekli klinik standart hâline gelmiş, çimentolama tekniklerinin evrimi de implant tasarımına paralel bir kalite belirleyicisi olmuştur.

Çimento kullanımının yaygınlaşmasından sonra çimentolu stemler zamanla gelişmeye başlamıştır. Çimentolu stemlerde tasarım tartışması, stemin çimento içinde davranışına göre kompozit kiriş ve *taper slip* gibi kavramlarla anılır. *Taper* konik geometriyi, *slip* ise kontrollü kaymayı ifade eder. *Taper-slip* tasarımda femoral stem, çimento içinde tam rijit şekilde kilitlemez. Aksiyel yük altında stem, konik yapısı sayesinde çimento mantosu içinde çok küçük miktarda aşağı doğru yer değiştirir ve bu hareket sırasında radyal kompresyon kuvveti oluşturur. Mekanik prensip olarak yük verildiğinde stem distal yönde çok küçük miktarda yer değiştirir. Konik geometri nedeniyle çimento mantosuna doğru kama etkisi yaratır. Bu etki çimento ile kemik arasındaki arayüzde kompresif stres oluşturur. Kompresif stres, arayüz dayanımını artı-

rır. Bu nedenle *taper-slip* tasarımda amaç, stem-çimento arayüzünü mutlak hareketsiz yapmak değil, kontrollü ve biyomekanik olarak avantajlı bir mikro hareket üretmektir.^[17] Exeter cilalı stem, bu evrimin simge örneklerinden biridir. 1970'te tasarlanan Exeter stemin uzun dönem sonuçları literatürde oldukça yüz güldürücüdür.^[18] Ayrıca Exeter'in orijinal cilalı stemlerinin implante edildiğini bildiren uzun dönem seriler, bu tasarımın kalça artroplastisindeki tarihsel önemini destekler.^[19]

Öte yandan kompozit kiriş ise çimentolu femoral stem tasarım felsefelerinden biridir ve stem ile çimento mantosunun tek bir rijit yapısal birim gibi davranmasını hedefler. Bu felsefede femoral stem ile çimento arasında maksimum mekanik kilitleme amaçlanır. Stem ve çimento arayüzü, yük altında birlikte hareket eden bir "kompozit kiriş" gibi çalışır. Burada hedef, stemin çimento içinde kayması değil; arayüzde mikromobilitenin en aza indirilmesidir.^[20] Bu modelde stem yüzeyi genellikle pürüzlü veya mat yapıdadır. Stem ile çimento arasında mekanik interdijitasyon oluşur. Yük uygulandığında stem ve çimento birlikte yük taşır. Sistem tek bir rijit kiriş gibi davranır. Yani *taper-slip* tasarımda kontrollü *subsidence* beklenen bir davranışken, kompozit-kiriş tasarımda *subsidence* istenmeyen bir durumdur. Özetle, *taper-slip* tasarımda aksiyel yük altında stem hafifçe kayarken, çimento mantosuna radyal kompresyon uygular. Kompozit-kiriş felsefesinde ise stem kaymaz, çimento ile rijit bir yapı oluşturur.^[21] Charnley tipi bazı erken tasarımlar ve çeşitli mat yüzeyli çimentolu stemler kompozit-kiriş felsefesine daha yakındır. Bu yaklaşım özellikle 1970'lerden sonra çimentolu fiksasyonun standartlaşması sürecinde yaygınlaşmıştır. Rijit yapının avantajları olmasının yanında periprostetik kırık riskini de arttırdığı öne sürülmektedir.^[22]

Çimentosuz Devrim

Çimentosuz fiksasyonun yükselişi, biyolojik tutunmayı güçlendiren yüzey mühendisliğine dayanır. Poröz kaplamalı asetabular komponentlerin klinik uygulamaya 1983 ve 1984'te girdiği, asetabular komponentleri inceleyen çalışmalarda vurgulanmaktadır. Bu dönem, *press fit* geometriler, vidayla ek stabilizasyon, poröz yüzeyler ve daha sonra yüksek poroziteli yapılarla ilerlemiştir.^[23]

Çimentosuz stemlerde primer stabiliteyi sağlayan makro geometriyle uzun dönem osseointegrasyonu sağlayan yüzey mimarisi birlikte düşünülür. Proksimal poröz kaplama, metafizer fiksasyon ve anatomik uyum, rotasyonel stabiliteyi artırma hedefi taşır. Erken kuşak tam kaplamalı, daha rijit tasarımların uyluk ağrısı ve stres kalkanı gibi olası sonuçları; daha seçici kaplama bölgeleri ve proksimal yük aktarımını gözetken tasarımlara yönelimi desteklemiştir.^[24,25] Bu yaklaşım, özellikle genç ve iyi



Şekil 3. Corail stem^[15].

kemik kalitesine sahip hastalarda uzun dönem biyolojik fiksasyon beklentisini güçlendirir. Buna karşın osteoporotik femurda periprostetik kırık riski, çimentosuz tasarımın hasta seçimi ve teknik hassasiyet gerektiren yönünü hatırlatır.^[26]

Femoral tarafta hidroksiapatit kaplamanın klinik kullanımına yönelik en bilinen örneklerden Corail stemin literatürde erken-uzun dönem sonuçları iyidir (Şekil 3).^[15,27] Bu çizgi, çimentosuz tasarımın yalnızca çimentosuz olmasından çok, kontrollü bir yüzey mimarisi ve fiksasyon bölgesi stratejisi olduğunu göstermiştir.^[28]

Taşıyıcı Yüzeylerin Evrimi: Yüksek Derecede Çapraz Bağlı Polietilen, Seramikler ve Metal-Metal

Kalça artroplastisinde uzun dönem başarısızlıkların önemli bir kısmı aşınma partiküllerinin tetiklediği enf-

lamatuvar yanıt ve osteolizle ilişkilidir. Bu gerçek, metal polietilen çiftinin uzun yıllar standart kalmasına rağmen polietilen teknolojisinin sürekli geliştirilmesine neden olmuştur. Aşınma partiküllerine bağlı osteoliz, 1990'lardan itibaren yüzey teknolojisini tasarımın merkezine taşımıştır. Yüksek derecede çapraz bağlı polietilen (HXLPE)'in 1998'den itibaren klinik kullanıma girmesi ve randomize klinik çalışmalarda düşük aşınma göstermesi, 2000'ler sonrası dönemin en belirleyici malzeme dönüşümlerinden biridir.^[29,30]

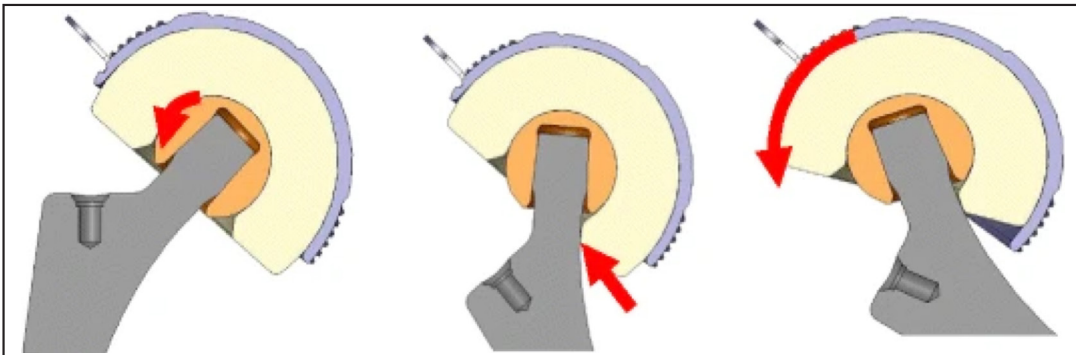
Stabilite Paradigması ve Dual Mobilite

Dislokasyon, kalça artroplastisinin yaşam boyu süren risklerinden biri olarak kabul edilir. Dual mobilite konsepti 1974'te Bousquet tarafından geliştirilmiştir.^[31,32] Bu tasarım, küçük başın düşük aşınma avantajını, daha büyük efektif baş çapının stabilite katkısıyla birleştirmeyi hedefler. Son yıllarda özellikle luksasyon riski yüksek hasta gruplarında dual mobilitenin yeniden yükselişi, tasarım evriminin doğrusal olmadığını, klinik ihtiyaçlarla yeniden şekillenen dögüsel bir yapı taşıdığını göstermektedir (Şekil 4).^[33]

Asetabular Komponent Tasarımlarının Tarihsel Değişimi ve Güncel İlkeler

Asetabular tasarımın gelişimi, çanak geometrisi, yüzey mimarisi, liner konsepti ve stabilite stratejileri etrafında okunabilir. Çimentolu polietilen çanaklar, erken dönemde güvenilir bir çözüm sağlarken çimentosuz *press fit* kabuk ve liner sistemleri, biyolojik fiksasyon hedefiyle yaygınlaşmıştır. Poröz kaplamalı çanakların 1980'lerde klinik uygulamaya girdiği bilgisi, bu kırılma noktasını tarihsel olarak netleştirir.

Güncel dönemde asetabular komponentin başarısı üç katmandan oluşur. Birinci katman makro tasarımdır; hemisferik geometri, *press fit* prensibi, gerektiğinde vida ile ek stabilizasyon. İkinci katman mikro tasarımdır; porozite, gözenek mimarisi ve yüzey pürüzlülüğüyle osseointegrasyonun desteklenmesi. Üçüncü katman ise liner yapısıdır; kilit mekanizmasının güvenilirliği, liner mater-



Şekil 4. Dual mobilitenin etki mekanizması.^[31]

yali ve kenar geometrisidir. Stabilité yönetiminde elevasyonlu linerlar ve çift mobilite, özellikle riskli gruplarda tasarımın aktif bileşenleri hâline gelmiştir; dual mobilitenin 1970'lerdeki kökeni ve klinik motivasyonu bu bağlamda yeniden anlam kazanır.

Revizyon asetabulumunda kemik kaybı ve pelvik diskontinuitenin daha belirgin hâle gelmesi, standart hemisferik kabuk yaklaşımının ötesinde rekonstrüksiyon odaklı çözümleri gündeme taşımıştır.^[34] Bu bağlamda *jumbo cup* uygulamaları, özellikle orta düzey asetabular defektlerde geniş çaplı hemisferik çanakla temas alanını artırarak primer stabiliteyi güçlendirmeyi hedeflerken; daha ileri kemik kaybında asetabular kafes sistemleri ve kafesler, yük aktarımını sağlam kemik bölgelerine köprüleyerek liner yerleşimi için mekanik bir taşıyıcı çerçeve sunmuştur. Son yıllarda kişiye özgü kafes komponentler, üç boyutlu görüntüleme ve üretim teknolojileriyle defekt morfolojisine birebir uyum sağlayarak hem fikse edilecek kemik yüzeyini maksimize etmeyi hem de merkez rotasyonunu restore etmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca *tripolar cup* konsepti, özellikle instabilite riski yüksek revizyon olgularında eklem stabilitesini artırma hedefiyle, hareketli ara yüzey mantığını rekonstrüksiyon stratejilerine entegre eden tarihsel bir ara çözüm olarak yeniden değerlendirilmektedir.

YÜZEY DEĞİŞTİRME ARTROPLASTİSİ

Metal-metal yüzeyler, ilk kuşağın sorunları nedeniyle 1970'lerde geri planda kalsa da 1990'lar ve 2000'lerde özellikle büyük baş çapı ve düşük hacimsel aşınma beklentisiyle yeniden gündeme gelmiştir. Bu dönemin önemli alt başlığı yüzey değiştirme artroplastileridir. Birmingham *hip resurfacing* (BHR) sistemi 1997'de ortaya atılmış ve genç aktif hasta grubunun ihtiyaçlarına yanıt verme iddiasıyla geliştirilmiştir.^[35] Bu yaklaşım, daha sonra metal iyon salınımı ve yumuşak doku reaksiyonları gibi biyolojik risklerin görünür hâle gelmesiyle daha seçici endikasyon alanına çekilmiştir.^[36,37] Buradaki tarihsel ders şudur; triboloji ortopedik implant tasarımında merkezi bir yere sahiptir ve yalnızca aşınma miktarı değil, aşınmanın biyolojik güvenilirliği de değerlendirilmelidir.

Seramik başlar, çizilmeye direnç ve düşük yüzey pürüzlülüğüyle polietilen aşınmasını azaltma potansiyeli taşır. Seramik-seramik yüzeyler ise çok düşük aşınma hedefi sunsa da kırılma riski ve ses fenomenleri gibi özgül sorunlar nedeniyle endikasyon temelli seçilmelidir. Metal-metal yüzeylerin yeniden yükselişi ve daha sonra biyolojik güvenilirlik kaygılarıyla daralan kullanımı, tasarım tarihinin en öğretici bölümlerinden biridir; yüzey değiştirme artroplastisinin 1997'de BHR ile yeniden sahaya çıkması bu dönemin sembollerindendir (Şekil 5).



Şekil 5. Birmingham *hip resurfacing* sonrası gelişen yumuşak doku değişiklikleri.^[36]

GÜNCEL YAKLAŞIM

Bugün kalça artroplastisinde en iyi implant kavramı, tek bir tasarımın herkes için üstünlüğü anlamına gelmez. Yaş, kemik kalitesi, deformite, komorbidite, düşme riski, spinopelvik dinamikler ve cerrahi yaklaşım gibi değişkenler; fiksasyon tipini, *bearing* seçimini ve stabilite stratejisini belirler. Bu nedenle tasarım evrimi, giderek daha fazla kişiselleştirilmiş endikasyon diline yaklaşmaktadır. Dual mobilitenin 1974 yılı kökenli bir konsept olmasına karşın günümüzde yeniden genişleyen kullanım alanı, bu eşleştirme mantığının somut örneğidir. Yakın gelecekte kalça protez tasarımını üç eğilim belirleyecektir. Birincisi, yüksek poroziteli yüzeyler ve kemik benzeri elastik modül hedefleyen mimarilerle osseointegrasyonun daha öngörülebilir hâle gelmesidir. İkincisi, özellikle kompleks revizyon ve deformite olgularında üç boyutlu üretim ve kişiye özel augmentler, çanak ya da rekonstrüksiyon parçalarının daha rutin bir seçenek hâline gelmesidir. Üçüncüsü ise planlama, navigasyon ve robotik destekle komponent yerleşim doğruluğunun artması ve böylece impingement, instabilite ve aşınma risklerinin daha sistematik kontrol edilebilmesidir. Bu üç başlık birlikte düşünüldüğünde, tasarım ve cerrahi uygulama arasındaki sınırın giderek daha fazla bütünleştiği bir ekosisteme doğru ilerlenmektedir.

SONUÇ

Kalça protez tasarımlarının evrimi; protez tiplerinin çeşitlenmesi, fiksasyon stratejilerinin çimentoludan biyolojik tutunmaya genişlemesi, *bearing* teknolojilerinin aşınma biyolojisine yanıt verecek şekilde dönüşmesi ve stabilite çözümlerinin çok faktörlü risk yönetimine uyarlanmasıyla şekillenmiştir. Tarihsel çizgide 1953'te McKee'nin metal-metal uygulamaları, 1962'de Charnley'nin modern konsepti, 1970'te Exeter gibi çimentolu tasarımların olgunlaşması, 1974'te bipolar ve çift mobilite gibi stabilite ve aşınma odaklı konseptlerin doğuşu, 1983 ve 1984'te poröz kaplamalı çanakların klinik uygulamaya girişi, 1986'da Corail gibi kaplamalı çimentosuz stemlerin yaygınlaşması, 1998'de HXLPE'nin klinik kullanımı ve 1997'de BHR ile yüzey değiştirme yaklaşımının yeniden tanımlanması; tasarımın her dönemde baskın klinik sorunlara yanıt olarak değiştiğini göstermektedir. Gelecek, daha poröz ve biyolojik uyumlu yüzeyler, daha kişiye özel geometriler ve daha hassas yerleşim sağlayan dijital cerrahi ile kalça artroplastisinin uzun dönem başarısını daha öngörülebilir hâle getirmeye adaydır.

KAYNAKLAR

- Cinotti G, Luciola N, Malagoli A, Calderoli C, Cassese F. Do large femoral heads reduce the risks of impingement in total hip arthroplasty with optimal and non-optimal cup positioning? *Int Orthop* 2011;35(3):317-23. [Crossref](#)
- Rodriguez-Buitrago A, Attum B, Cereijo C, Yusi K, Jahangir AA, Obremsky WT. Hemiarthroplasty for femoral neck fracture. *JBJS Essent Surg Tech* 2019;9(2):e13. [Crossref](#)
- Fröysaker T. The Thompson prosthesis in femoral-neck fracture, non-union and avascular necrosis of the head of the femur. *Acta Chir Scand* 1968;134(2):119-23.
- Berkin CR, Jaibaji M. Austin Moore prosthesis. Comparison of results in the treatment of fractured femoral neck and arthritis of the hip. *Br J Surg* 1967;54(7):645-9. [Crossref](#)
- Jiang W, Xiao J, Chen B, Jia M, Zhang Y, Wang J, et al. Joint motion of bipolar hemiarthroplasty in routine hip functional movements: A dynamic motion study. *BMC Musculoskelet Disord* 2020;21(1):731. [Crossref](#)
- Giliberty RP. A new concept of a bipolar endoprosthesis. *Orthop Rev* 1974;3:40-5.
- Bateman JE. Single-assembly total hip prosthesis--preliminary report. 1974. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;(251):3-6. [Crossref](#)
- Learmonth ID, Young C, Rorabeck C. The operation of the century: Total hip replacement. *The Lancet* 2007;370(9597):1508-19. [Crossref](#)
- Charnley J. Arthroplasty of the hip a new operation. *The Lancet* 1961;277(7187):1129-32. [Crossref](#)
- McKee GK, Watson-Farrar J. Replacement of arthritic hips by the McKee-Farrar prosthesis. *J Bone Joint Surg Br* 1966;48(2):245-59. [Crossref](#)
- Langenskiöld A, Salenius P. Total replacement of the hip by the McKee-Farrar prosthesis. A preliminary report of 81 cases. *Clin Orthop Relat Res* 1970;72:104-5. [Crossref](#)
- Chapchal G, Müller W. Total hip replacement with the McKee prosthesis. A study of 121 follow-up cases using neutral cement. *Clin Orthop Relat Res* 1970;72:115-22. [Crossref](#)
- Watson-Farrar J. The prosthetic replacement of arthritic hips by means of the McKee-Farrar artificial hip joint. *Acta Orthop Belg* 1965;31(5):681-91.
- Wroblewski BM, Siney PD, Fleming PA. Charnley low-friction arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89-B(8):1015-8. [Crossref](#)
- Louboutin L, Viste A, Desmarchelier R, Fessy MH. Long-term survivorship of the Corail TM standard stem. *Orthop Traumatol Surg Res* 2017;103(7):987-92. [Crossref](#)
- Haboush EJ. A new operation for arthroplasty of the hip based on biomechanics, photoelasticity, fast-setting dental acrylic, and other considerations. *Bull Hosp Joint Dis* 1953;14(2):242-77.
- Nieuwenhuijse MJ, Valstar ER, Kaptein BL, Nelissen RGHH. The Exeter femoral stem continues to migrate during its first decade after implantation. *Acta Orthop* 2012;83(2):129-34. [Crossref](#)
- Mancino F, Tornberg H, Jones CW, Bucher TA, Malahias MA. The Exeter cemented stem provides outstanding long-term fixation and bone load at 15 years follow-up: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery.* 2023;31(1). [Crossref](#)
- Fowler JL, Gie GA, Lee AJ, Ling RS. Experience with the Exeter total hip replacement since 1970. *Orthop Clin North Am* 1988;19(3):477-89.
- Hegde V, Harris AB, Springer BD, Khanuja HS. Cemented stem design in total hip arthroplasty: Fixation philosophies, biomechanics, and an updated classification system. *JAAOS* 2024;32(12):525-34. [Crossref](#)
- Alfaro-Adrián J, Gill HS, Murray DW. Should total hip arthroplasty femoral components be designed to subside? *J Arthroplasty* 2001;16(5):598-606. [Crossref](#)
- Chen F, Prentice HA, Fasig BH, Paxton EW, Hug KT, Kelly MP. Taper-slip cemented femoral stem designs are associated with higher periprosthetic fracture risk compared to composite-beam in a united states health care system. *J Arthroplasty* 2026;41(3):826-833.e1. [Crossref](#)
- Woolson ST, Maloney WJ. Cementless total hip arthroplasty using a porous-coated prosthesis for bone ingrowth fixation. *J Arthroplasty* 1992;7:381-8. [Crossref](#)
- Sinha RK, Dungy DS, Yeon HB. Primary total hip arthroplasty with a proximally porous-coated femoral stem. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86(6):1254-61. [Crossref](#)
- Yamada H, Yoshihara Y, Henmi O, Morita M, Shiromoto Y, Kawano T, et al. Cementless total hip replacement: Past, present, and future. *J Orthop Sci* 2009;14(2):228-41. [Crossref](#)
- Li J, Zhang M, Yao J, Shao L, Fang C, Cheng CK. Risk factors for periprosthetic femoral fractures after cementless total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 2024;39(10):2547-54. [Crossref](#)

27. Vidalain JP. Twenty-year results of the cementless Corail stem. *Int Orthop* 2011;35(2):189-94. [Crossref](#)
28. Melbye SM, Haug SCD, Fenstad AM, Furnes O, Gjertsen JE, Hallan G. How does implant survivorship vary with different corail femoral stem variants? Results of 51,212 cases with up to 30 years of follow-up from the Norwegian arthroplasty register. *Clin Orthop Relat Res* 2021;479(10):2169-80. [Crossref](#)
29. Glyn-Jones S, Thomas GER, Garfield-Roberts P, Gundle R, Taylor A, McLardy-Smith P, et al. The John Charnley award: Highly crosslinked polyethylene in total hip arthroplasty decreases long-term wear: A double-blind randomized trial. *Clin Orthop Relat Res* 2015;473(2):432-8. [Crossref](#)
30. Tsukamoto M, Mori T, Ohnishi H, Uchida S, Sakai A. Highly cross-linked polyethylene reduces osteolysis incidence and wear-related reoperation rate in cementless total hip arthroplasty compared with conventional polyethylene at a mean 12-year follow-up. *J Arthroplasty* 2017;32(12):3771-6. [Crossref](#)
31. Noyer D, Caton JH. Once upon a time.... Dual mobility: history. *Int Orthop* 2017;41(3):611-8. [Crossref](#)
32. Bousquet G, Argenson C, Godeneche JL, Cisterne JP, Gazielly DF, Girardin P, et al. Recovery after aseptic loosening of cemented total hip arthroplasties with Bousquet's cementless prosthesis. Apropos of 136 cases. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1986;72:70-4.
33. Young JR, O'Connor CM, Anoushiravani AA, DiCaprio MR. The use of dual mobility implants in patients who are at high risk for dislocation after primary total hip arthroplasty. *JBJS Rev* 2020;8(8):e20.00028. [Crossref](#)
34. Zoccali C, Giannicola G, Zoccali G, Checcucci E, Scotto di Uccio A, Attala D, et al. The iliac stemmed cup in reconstruction of the acetabular defects secondary to tumor resection: A systematic review of literature. *Arch Orthop Trauma Surg* 2022;143(6):3659-67. [Crossref](#)
35. Molloy J, Handford C, Coolican J, Molloy T, Walter W. Long-term outcomes of Birmingham hip resurfacing arthroplasty: A systematic review of independent series with at least 10 years of follow-up. *JBJS Open Access* 2024;9(1). [Crossref](#)
36. Ollivere B, Darrach C, Barker T, Nolan J, Porteous MJ. Early clinical failure of the Birmingham metal-on-metal hip resurfacing is associated with metallosis and soft-tissue necrosis. *J Bone Joint Surg Br* 2009;91-B(8):1025-30. [Crossref](#)
37. Langton DJ, Joyce TJ, Jameson SS, Lord J, Van Orsouw M, Holland JP, et al. Adverse reaction to metal debris following hip resurfacing. *J Bone Joint Surg Br* 2011;93-B(2):164-71. [Crossref](#)