

Revizyon diz eklem protez tasarımları

Revision knee prosthesis designs

Savaş Çamur, Hakan Batuhan Kaya

S.B.Ü. Ümraniye Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

Revizyon total diz artroplastisi, primer diz protezi uygulamasının başarısızlıkla sonuçlandığı durumlarda hastanın ağrı ve fonksiyon kaybını gidermek amacıyla başvuru, planlaması ve cerrahi tekniği oldukça karmaşık bir işlemdir. Bu tür cerrahilerde karşılaşılan temel zorluklar; önceki implantların çıkarılması sırasında meydana gelen kemik kayıpları, yetersiz bağ-doku yapıları ve buna bağlı gelişebilecek instabilite riskleridir. Bu nedenle revizyon diz protezlerinde primer uygulamalardan farklı olarak; uzun ve sağlam stem desteklerine, çeşitli düzeylerde stabilite sağlayan artikülasyon sistemlerine ve kemik defektlerini telafi etmeye yönelik yapısal takviyelere ihtiyaç duyulmaktadır. Diz protezi tasarımları, 1970'li yıllardan günümüze kadar ciddi bir gelişim sürecinden geçmiştir. Başlangıçta kullanılan menteşeli, tek eksenli protezler yerini; modüler, anatomik yapıya daha uygun ve fonksiyonel stabiliteyi artıran sistemlere bırakmıştır. Özellikle çimentolu ve çimentosuz stem tasarımlarının yanı sıra posterior stabilize, varus-valgus kısıtlayıcı ve rotasyonel menteşeli gibi farklı kısıtlama düzeyleri ile klinik ihtiyaca göre protez seçimi yapılabilmektedir. Metafizyal kemik kayıplarının yönetiminde kullanılan metal augmentler, trabeküler yapıya sahip konik implantlar (*cone*) ve metafizyal sleeve sistemleri, mekanik stabilitenin yeniden sağlanmasında etkin çözümler sunmaktadır. Bununla birlikte, polietilen eklem yüzeylerinde uygulanan yüksek kesme dayanımlı ve çapraz bağlı malzemeler sayesinde aşınma direnci artırılmış, uzun dönem osteolitik gevşeme oranları azaltılmıştır. Son yıllarda gelişen üç boyutlu yazıcı teknolojileri sayesinde hastaya özel olarak tasarlanmış poröz implantlar üretilebilmekte ve büyük kemik defektleri daha anatomik şekilde onarılabilmektedir. Bu derlemede, revizyon diz protezlerinin tasarım evrimi tarihsel perspektifle incelenecek; modern uygulamalar, güncel literatür ışığında değerlendirilerek farklı tasarımların endikasyonları ve klinik sonuçları tartışılacaktır.

Anahtar sözcükler: revizyon total diz protezi; kemik defekti; protez tasarımı; hasta spesifik implantlar

Revision total knee arthroplasty is a technically demanding procedure performed to relieve pain and restore function in patients with failed primary knee arthroplasty. The principal challenges encountered during revision surgery include bone loss resulting from implant removal, insufficiency of ligamentous and soft-tissue structures, and the associated risk of joint instability. Consequently, revision knee arthroplasty requires implant designs that differ substantially from those used in primary procedures, incorporating long and robust stem extensions, varying levels of constraint to ensure stability, and structural solutions to address bone defects. Since the 1970s, knee prosthesis designs have undergone substantial evolution. Early single-axis hinged prostheses have progressively been replaced by modular systems that better replicate native anatomy and enhance functional stability. Contemporary revision systems offer a wide range of options, including cemented and cementless stems, as well as different levels of constraint such as posterior-stabilized, varus-valgus constrained, and rotating-hinge designs, allowing implant selection to be tailored to specific clinical scenarios. For the management of metaphyseal bone loss, metal augments, porous metaphyseal cones, and sleeve systems have emerged as effective solutions for restoring mechanical stability and load transfer. Advances in polyethylene technology, particularly the use of highly cross-linked and wear-resistant materials, have significantly improved wear characteristics and reduced long-term osteolysis and aseptic loosening rates. More recently, three-dimensional printing technologies have enabled the production of patient-specific porous implants, facilitating more anatomical reconstruction of large bone defects. This review aims to examine the evolution of revision total knee arthroplasty prosthesis designs from a historical perspective and to discuss contemporary concepts in light of current literature, with particular emphasis on the indications and clinical outcomes of different implant designs.

Key words: revision total knee arthroplasty; bone defect; prosthesis design; patient-specific implants

İletişim / Contact: Doç. Dr. Savaş Çamur • E-posta / E-mail: savascamur@yahoo.com

ORCID ID: Savaş Çamur, 0000-0001-5899-6910 • Hakan Batuhan Kaya, 0000-0002-9788-6578

Geliş / Received: 4 Mayıs 2026 • Revizyon / Revised: 24 Haziran 2026 • Kabul / Accepted: 25 Haziran 2026

Total diz artroplastisi, ileri düzeydeki osteoartrit ve diğer dejeneratif eklem hastalıklarına bağlı olarak gelişen diz ağrısı ve deformitelerin tedavisinde etkinliği yüksek cerrahi yöntemlerden biridir. Ancak başarılı primer uygulamaya rağmen zaman içinde her protezde; aşınma, mekanik gevşeme, instabilite ya da periprostetik enfeksiyon gibi komplikasyonlar gelişebilir. Bu tür başarısızlık durumlarında başvuru revizyon diz artroplastisi, primer cerrahiye kıyasla daha karmaşık bir planlama gerektiren ve özel implant seçenekleriyle yürütülen ileri düzey bir girişimdir.

Revizyon cerrahilerinde karşılaşılan başlıca sorunlardan biri önceki implantların çıkarılmasıyla birlikte ortaya çıkan kemik kayıplarıdır. Bu durum standart primer protezlerin kullanımını yetersiz hâle getirebilir. Bu nedenle revizyonlarda genellikle uzun stemli, modüler yapıda ve yüksek stabilite sağlayan protez bileşenleri tercih edilir. Ayrıca kemik defektlerini telafi etmek amacıyla metal augmentler, konik implantlar veya ihtiyaç hâlinde kemik greftleri kullanılır. Protezin çevre dokularla olan uyumu ve eklem stabilitesinin sağlanması için değişen düzeylerde kısıtlayıcılığa sahip artikülasyon tasarımları kullanımı ön plana çıkmaktadır. Tüm bu unsurların nihai amacı, sağlam bir implant fiksasyonu sağlayarak hastaya yeniden ağrısız, fonksiyonel ve stabil bir diz eklemi sunmaktır.^[1]

Diz protezi tasarımları tarihsel açıdan incelendiğinde 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren önemli gelişmeler yaşandığı görülmektedir. Başlangıçta kullanılan menteşeli ve tek eksenli protezler, yüksek gevşeme oranları nedeniyle uzun dönem başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Ancak 1970'li yıllarda geliştirilen kondiler protez sistemleri, günümüzdeki modern diz protezlerinin temelini oluşturmuş ve revizyon artroplastisi için modüler, ihtiyaca göre özelleştirilebilen implant sistemlerinin yolunu açmıştır.^[2,3] Günümüzde mevcut olan çok sayıda revizyon implant sistemi, cerrahlara; kemik defekti miktarı, bağ stabilitesi ve mekanik eksen ihtiyaçlarına göre uygun tasarımı seçme imkânı sunmaktadır.

PROTEZ TASARIMLARININ TARİHSEL EVRİMİ

Modern total diz artroplastisi kavramı, 1970'li yıllarda geliştirilmeye başlanmıştır. Bu tarihten önce, 1950'lerde, Walldius ve Shiers tarafından kullanılan ilk menteşeli diz protezleri, tek eksenli ve rijit yapıları nedeniyle ciddi gevşeme problemleri ve hareket kısıtlılıklarıyla sonuçlanmaktaydı.^[4] Yine 1970'li yıllarda ise diz eklemine tamamen sabitlemek yerine, eklem yüzeylerini anatomik olarak yeniden şekillendirmeyi amaçlayan kondiler tasarımlar geliştirildi. Bu dönemde Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'da bağımsız olarak geliştirilen kondiler dizaynlar, menteşeli sistemlerin yerini almaya başladı.^[3] Dr. Gunston

tarafından 1971 yılında uygulanan ve "polycentric knee" olarak adlandırılan çift kondil yüzeyli protez, çimento ile tespit edilen menteşesiz ilk modellerden biri olarak kabul edilmiştir. Kısa dönemde ağrıyı azaltma açısından olumlu sonuçlar alınsa da uzun vadeli fiksasyon başarısızlıkları nedeniyle sınırlı başarı göstermiştir.^[2,3] Ardından Freeman-Swanson, *geometric*, *duocondylar* ve Kodama-Yamamoto gibi farklı kondiler sistemler geliştirilmiş; bu tasarımlarda arka çapraz bağın korunduğu (*cruciate retaining*, CR) ve korunmadığı (posterior stabilize, PS) çeşitli varyasyonlar denenmiştir.^[2,5,6]

Insall ve ark. tarafından 1970'lerin ortasında geliştirilen total kondiler protezi, arka çapraz bağın feda edildiği ve kemik yüzeylerini geniş polietilen komponentlerle örten ilk etkili tasarımlardan biri olarak öne çıkmıştır. Femoropatellar eklem de 1974 yılı itibarıyla protez tasarımlarına dâhil edilmiş ve patellar komponent kullanımı standart hâle gelmiştir. Bu dönemde ortaya çıkan PS protezler, özellikle ciddi deformitelerin düzeltilmesi ve diz kinematığının iyileştirilmesi açısından önemli kazanımlar sağlamıştır.^[3]

Modülerite kavramı, 1980'li yıllarda diz protezi tasarımlarına entegre edilmiştir. Farklı boyut ve geometriye sahip femur, tibia ve polietilen bileşenlerin birbirleriyle uyumlu şekilde kullanılabilirdiği bu sistemler, revizyon cerrahilerinde esneklik sağlamıştır. Aynı zamanda bazı modellerde çimentosuz ve poröz yüzeyli implantlar kullanılarak osseointegrasyon hedeflenmiştir. Insall tarafından tanıtılan *Total Condylar III* (TC-III) ve Zimmer firması tarafından geliştirilen *constrained condylar knee* (CCK) gibi yarı-kısıtlı sistemler, bağ yetmezliği olan hastalarda menteşe sistemine gerek kalmadan yeterli stabiliteyi sağlayacak alternatifler sunmuştur.^[4] Bu tasarımlarda, femur ve tibia bileşenleri birbirine doğrudan bağlanmadan daha yüksek ve kalın post yapıları ile varus-valgus stabilitesi sağlanmıştır. Böylece ciddi bağ eksikliklerinin bulunmadığı kompleks olgularda, rotasyonel menteşe (RM) kullanımına duyulan ihtiyaç azalmıştır.^[4]

Uzatılmış stemler ve metal augmentler, 1990'lı yıllarla birlikte yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle metafizyal bölgelerdeki kemik kayıplarının onarımında protez bileşenlerine uyumlu olarak tasarlanan vidalanabilir metal bloklar (augmentler) sayesinde eklem çizgisi hizalaması korunabilmiş ve stabilite artırılmıştır. Aynı dönemde menteşeli protez tasarımları da evrim geçirmiş ve rotasyonel menteşe prensibi benimsenmiştir. Bu sayede femur ve tibia komponentleri arasına bir aks eklenerek rotasyonel harekete olanak tanınmış ve torsiyonel stres azaltılmıştır. Günümüzde kullanılan *Zimmer Rotating Hinge Knee* gibi sistemler, koronal ve sagittal düzlemde tam stabilite sağlarken aksiyel rotasyona izin vererek mekanik stresin daha fizyolojik şekilde dağıtılmasına olanak sağlamaktadır.^[4]

Diz protez malzemelerinde ve tasarımlarında, 2000'li yıllarda önemli yenilikler görülmüştür. Polietilen eklem yüzeylerinde aşınmayı azaltmak amacıyla gelişmiş sterilizasyon yöntemlerinin yanı sıra yüksek derecede çapraz bağlı polietilen (HXLPE) kullanılmaya başlanmıştır. Bu yenilik, osteolitik kemik kaybı ve aseptik gevşeme oranlarını azaltarak protez ömrünü uzatmıştır.^[7] Klinik veriler, çapraz bağlı polietilen kullanımının revizyon riskini anlamlı düzeyde azalttığını göstermektedir.^[8] Aynı dönemde döner platformlu (*mobile-bearing*) polietilen insert tasarımları da gündeme gelmiş ancak revizyon uygulamalarındaki kullanımı sınırlı kalmıştır.^[9,10] Büyük kemik defektlerinin tedavisine yönelik olarak 2000'li yılların ortasından itibaren trabeküler metal konlar ve metafizyal sleeve yapılar geliştirilmiştir. Özellikle tantalum ve titanyum gibi biyouyumlu malzemelerden üretilen ve üç boyutlu (3D) baskı teknolojisi ile oluşturulan konik implantlar, ciddi kemik kayıplarında allogreftlerin yerini alabilecek güçlü alternatifler hâline gelmiştir. Aynı şekilde femur ve tibia metafizine tutunan sleeve yapılar, stabiliteyi artırıcı etkileriyle modern revizyon sistemlerinde yer almaya başlamıştır.^[11,12]

Günümüzde revizyon diz artroplastisinde kullanılan implant sistemleri önemli ölçüde gelişmiştir. Güncel sistemler; farklı uzunluk ve çaplarda değiştirilebilir stemler, çok düzlemlili augment seçenekleri, poröz yapılu konlar, metafizyal sleeve alternatifleri ve gerekli durumlarda rotasyonel menteşe mekanizmalarını içeren kapsamlı bir modüler yapıya sahiptir. Bu sayede cerrahlar, ameliyat sırasında elde edilen bulgular doğrultusunda en uygun bileşen kombinasyonunu belirleyerek hastaya özgü çözümler oluşturabilmektedir. Buna ek olarak, hasta spesifik implant uygulamaları ile kemik kesilerinin doğruluğu ve implant pozisyonlaması daha hassas hâle gelmiş, böylece cerrahi başarı oranlarında artış sağlanmıştır.

STEM YAPILARI ve FİKSASYON YAKLAŞIMLARI

Revizyon diz artroplastisinde primer uygulamalardan farklı olarak stem (sap) uzantılarının kullanımı temel bir unsurdur. Femoral ve tibial komponentlere eklenen bu stemler, implantın intramedüller kanala doğru uzanarak diyafizer kemikten destek almasını sağlar. Böylece eklem yüzeyine yakın metafizer bölgedeki kemik defekt durumlarında yükler diyafizdeki sağlam kemik segmentlerine yönlendirilir; sonuçta implant stabilitesi anlamlı biçimde artırılır.^[1] Günümüzde stem kullanımı, revizyon diz protezlerinde standart bir uygulama hâline gelmiş olup farklı fiksasyon seçenekleri mevcuttur.

Çimentolu stemler, polimetilmetakrilat kemik çimentosu aracılığıyla intramedüller kanala tespit edilir. Bu yöntemin en önemli avantajı, osteoporotik kemik yapısında dahi erken dönemde güçlü ve güvenilir bir fiksasyon

sağlamasıdır. Ayrıca antibiyotikli çimento kullanımı sayesinde lokal enfeksiyon kontrolüne katkı sunulabilmektedir.^[13,14] Buna karşılık, önemli dezavantajları arasında ise ileri dönemde tekrar revizyon gerektiğinde çimentonun uzaklaştırılmasının teknik olarak zor olması ve radyografilerde çimento-kemik arayüzünde radyolüsent hatların izlenebilmesi yer alır. Bununla birlikte, bazı çalışmalarda çimentolu stemlerde daha sık radyolüsent çizgiler görülmesine rağmen bu bulgunun klinik sonuçlara anlamlı bir olumsuz yansımaları olmadığı bildirilmiştir.^[15]

Çimentosuz (*press-fit*) stemler ise çoğunlukla konik veya oluklu bir tasarıma sahiptir ve intramedüller kanala sıkı bir mekanik uyuma yerleştirilir. Bu yaklaşımda hedef, endostal yüzeyle yakın temas yoluyla mikro hareketsiz bir fiksasyon elde etmek ve zamanla kısmi osseointegrasyon sağlamaktır. Çimentosuz stemlerin avantajları arasında; genç hastalarda kemik stokunun korunması, ileride yapılabilecek revizyonlarda daha kolay çıkarılabilmesi ve yük aktarımının endokortikal kemik boyunca daha fizyolojik biçimde dağılması sayılabilir. Ancak uygun stem çapı ve uzunluğu seçilmediğinde intramedüller kırık riski, rijit uzun stemlerde proksimal kemikte stres korumasına bağlı kemik kaybı ve bazı olgularda stem ucuna bağlı ağrı görülebilir. Ayrıca belirgin femoral eğriliği olan hastalarda kanal uyumu sorunları nedeniyle her vaka için ideal bir seçenek olmayabilir.^[15]

Revizyon cerrahisinde sıklıkla başvuru bir diğer yöntem hibrit fiksasyondur. Bu teknikte metafizyal bölge çimentoyla sabitlenirken stemin diyafizer uzantısı çimentosuz olarak *press-fit* prensibiyle yerleştirilir. Böylece eklem yüzeyinde güçlü bir erken stabilite sağlanırken diyafizde daha esnek bir yük aktarımı elde edilir ve aşırı stres yoğunlaşmasının önüne geçilir. Hibrit yaklaşımın femoral kanal eğriliklerine adaptasyon açısından da avantaj sağlayabildiği bildirilmektedir.^[16] Literatürde tam çimentolu ve hibrit stem uygulamalarının orta vadeli klinik sonuçları ve gevşeme oranları açısından benzer başarı gösterdiği ifade edilmiştir.^[16]

Stem uzunluğu ve geometrik tasarım da revizyon diz protezi planlamasında belirleyici rol oynar. Kısa stemler (genellikle 75 milimetre (mm)'nin altında) daha çok metafizyal bölgede tutunma sağlarken; uzun stemler 150 mm'ye kadar uzanarak diyafizer kemikten destek alır.^[17] Kısa stemler, proksimal kemikte yük paylaşımını artırarak stres koruması riskini azaltabilir ve daha sınırlı kanal hazırlığı gerektirir. Bununla birlikte, bazı serilerde kısa stem kullanılan revizyonlarda gevşemenin daha erken ortaya çıktığı bildirilmiştir. Örneğin, kısa tibial stem kullanılan olgularda başarısızlığın; uzun stemli uygulamalara kıyasla ortalama iki yıl daha erken geliştiği rapor edilmiştir.^[18] Uzun stemler ise yük dağılımını geniş bir alana yayarak

komponent-çimento veya kemik arayüzündeki gerilimi azaltır. Ancak aşırı uzun ve rijit stemlerin proksimal kemikte *stress-shielding* etkisi oluşturarak kortikal incelmeye yol açabileceği unutulmamalıdır.^[19] Bu nedenle güncel revizyon sistemleri konik, slotlu veya esnek uçlu stem tasarımlarıyla stem ucundaki stres yoğunlaşmasını azaltmayı hedeflemektedir. Silindirik stemler genel olarak çimentolu kullanımda tercih edilirken konik (*tapered*) stemler *press-fit* uygulamalar için daha uygundur.

Sonuç olarak revizyon diz artroplastisinde stem seçimi; hastaya özgü kemik kalitesi, defektin boyutu ve kanal anatomisine göre bireyselleştirilmelidir. Yeterli diyafizer kemik stoku bulunan hastalarda çimentosuz uzun stemlerle biyolojik tutunma hedeflenebilirken; zayıf kemik kalitesi veya belirgin kanal eğriliği olan olgularda çimentolu ya da hibrit ve daha kısa stemler daha uygun bir seçenek olabilir. Temel amaç, stem kullanımıyla eklem yüzeyine yakın defektli metafizer bölgedeki yükü azaltmak, primer stabiliteyi artırmak ve böylece revizyon protezinin uzun dönem sağkalımını iyileştirmektir.

KISITLAMALI DİZ PROTEZ TASARIMLARI

Revizyon diz artroplastilerinde eklem stabilitesinin sağlanabilmesi için farklı kısıtlama düzeylerine sahip protez tasarımları kullanılmaktadır. Kısıtlama düzeyi, implantın diz eklemine hareketlerini hangi ölçüde sınırlandırdığını ve bağlar ile eklem kapsülündeki yetersizliği ne oranda mekanik olarak telafi ettiğini tanımlar.

Primer total diz artroplastilerinde arka çapraz bağın korunduğu CR veya arka çapraz bağın çıkarıldığı durumlarda PS tasarımlar temel seçeneklerdir. Ancak revizyon olgularında arka çapraz bağ fonksiyonunun çoğu zaman kaybolmuş olması nedeniyle PS veya daha yüksek kısıtlama düzeyine sahip protezlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Revizyon cerrahisinde kullanılan başlıca üç kısıtlama düzeyi aşağıda özetlenmiştir.

1. Posterior stabilize diz protezleri: Posterior stabilize diz protezlerinde arka çapraz bağ rezeksiyonuna bağlı olarak gelişebilecek posterior translasyon eğilimi, femoral komponent üzerindeki *cam* yapısı ile tibial polietilen insertte bulunan merkezi post arasındaki mekanik etkileşim sayesinde sınırlandırılır. Bu mekanizma, özellikle fleksiyon sırasında femurun posteriora yer değiştirmesini engelleyerek stabilite sağlar. Posterior stabilize diz protezleri, kollateral bağları sağlam olan ve yalnızca arka çapraz bağ (AÇB) eksikliği ya da hafif derecede instabilitesi bulunan dizlerde endikedir.^[20] Revizyon cerrahisinde bağ dengesi korunmuş ve kemik kaybı sınırlı olan seçilmiş olgularda standart PS insert kullanımı ile yeterli stabilite

elde edilebilmektedir. Bununla birlikte, literatürde revizyon sonrası instabilitenin %22'ye varan oranlarda görülebildiği ve bu durumun en önemli nedeninin komponent yerleşim hataları olduğu bildirilmiştir.^[21] Bu nedenle PS tasarımının yetersiz kaldığı vakalarda daha yüksek kısıtlama düzeyine sahip implantlara geçilmesi gerekebilir.

2. Varus-valgus kısıtlı (VVK) / *Constrained condylar knee* (CCK) protezler: Varus-valgus kısıtlı diz protezleri, PS mekanizmasına benzer bir *post-cam* ilişkisine sahip olmakla birlikte daha kalın ve daha yüksek merkezi çıkıntılar sayesinde hem anterior-posterior hem de varus-valgus yönünde artmış stabilite sağlar.^[4] Bu protezlerde femoral ve tibial komponentler birbirine mekanik bir menteşe ile bağlanmamıştır (*unlinked* yapı) ancak sağladıkları yarı-kısıtlı stabilite sayesinde orta düzey bağ yetmezliği bulunan olgularda etkili bir seçenek oluştururlar. Özellikle kollateral bağlardan birinin veya her ikisinin yetersiz olduğu ancak tamamen fonksiyon dışı kalmadığı revizyon dizlerde endikedir. Örneğin Medial Kollateral Ligament (MKL) ve Lateral Kollateral Ligaman (LKL) hasarı bulunan revizyonlarda, PS yerine VVK insert kullanımı ile koronal plandaki instabilite ve dislokasyon riski azaltılabilir.^[4]
3. Rotasyonel menteşeli diz protezleri: Rotasyonel menteşeli diz protezleri, revizyon diz artroplastilerinde en yüksek kısıtlama düzeyini sağlayan implantlardır. Bu sistemlerde femoral ve tibial komponentler, metal bir aks aracılığıyla birbirine menteşeli (*linked*) olarak bağlanmıştır (Şekil 1). Klasik menteşeli protezlerden farklı olarak aks etrafında sınırlı aksiyel rotasyona izin veren bir dönme bileziği bulunmaktadır.^[4] Bu tasarım sayesinde protez, koronal ve sagittal plandaki tüm instabiliteleri ortadan kaldırırken aksiyel planda belirli derecede rotasyona izin vererek yürüyüş sırasında gerekli olan fizyolojik tibial rotasyonu



Şekil 1. Rotasyonel menteşeli diz protez sistemine ait femoral ve tibial komponentlerin görünümü.

taklit eder. Rotasyonel menteşeli diz protezleri; hem ön-arka çapraz bağların hem de kollateral bağların fonksiyonunu kaybettiği ileri derece instabil dizlerde, büyük kemik kayıplarının eşlik ettiği revizyonlarda ve tekrarlayan çıkıkların görüldüğü olgularda tercih edilmektedir. Ayrıca nöromusküler kontrol bozuklukları ve Charcot eklemi gibi durumlarda son seçenek olarak kullanılmaktadır.^[4] Güncel döner menteşeli sistemlerin, önceki tek eksenli menteşeli protezlere kıyasla daha iyi klinik sonuçlar sunduğu; gevşeme ve mekanik kırılma oranlarının azaldığı ve 10 yıllık sağkalım oranlarının %90'ın üzerine çıktığı bildirilmiştir.^[22] Bununla birlikte bu düzeyde kısıtlama uygulanan protezlerde, implant üzerine binen yüklerin artması nedeniyle mutlaka uzun stemler ve mümkünse metafizyal desteklerin kullanılması önerilmektedir.

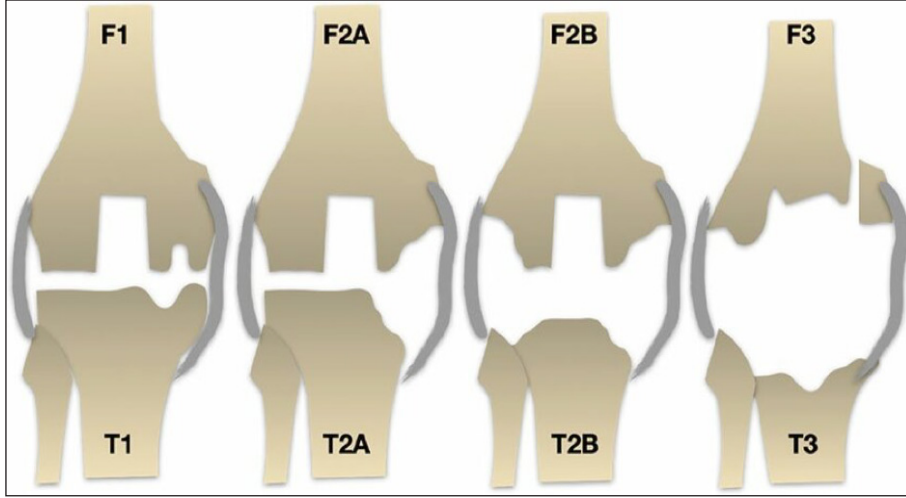
Revizyon diz artroplastilerinde cerrahi planlamanın temel amacı, en az kısıtlama ile yeterli stabilitenin sağlanmasıdır. Gereğinden fazla kısıtlama uygulanması kemik-implant arayüzüne binen yükleri artırarak erken gevşeme riskini yükseltebilir. Örneğin yalnızca AÇB eksikliği bulunan ve kollateral bağları sağlam olan bir dizde doğrudan menteşeli protez tercih edilmesi uygun değildir; bu tür olgularda PS veya gerekirse VVK tasarımlar yeterli olacaktır. Buna karşılık belirgin valgus deformitesi ve MKL yetmezliği bulunan revizyon vakalarında PS protez yetersiz kalacak ve en az CCK düzeyinde bir implant gerekecektir.

Literatürde revizyon total diz artroplastileri (rTDA)'nde instabilite nedeniyle yeniden revizyon oranlarının %5-30 arasında değiştiği ve bu instabilitelerin önemli bir kısmının cerrahi teknik hatalar veya yanlış implant seçimi ile ilişkili olduğu gösterilmiştir.^[21] Bu nedenle revizyon öncesinde ayrıntılı klinik ve radyolojik değerlendirme yapılarak hastaya özgü uygun kısıtlama düzeyinin doğru şekilde belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.

METAFİZYEL KEMİK DEFEKTİ YÖNETİMİ

Revizyon diz artroplastisi sırasında geniş kemik defektleriyle karşılaşmak yaygındır. İmplant gevşemesine bağlı gelişen osteolitik alanlar, önceki cerrahilerde kullanılan çimentonun çıkarılması sonrası ortaya çıkan kemik boşlukları ya da enfeksiyon ve periprotetik kırıklar nedeniyle meydana gelen kemik kayıpları; protezin güvenli ve stabil şekilde yerleştirilmesini güçleştirir. Bu tür olgularda cerrahi başarının temel belirleyicisi, mevcut kemik kaybının uygun rekonstrüksiyon yöntemleriyle etkin biçimde yönetilmesidir.^[23]

Anderson Orthopaedic Research Institute (AORI) kemik kaybı sınıflamasında metafizyal defektler üç ana grupta ele alınır. Tip 1 defektler; implant stabilitesini etkilemeyen, sınırlı ve lokalize kemik kayıplarını tanımlar. Tip 2 defektler; metafizyal kemik kaybının daha belirgin olduğu olguları kapsar. Bu grupta tip 2A tek kondilin, tip 2B ise her iki kondilin tutulduğu durumları ifade eder. Tip 3 defektler ise; metafiz ve sıklıkla diyafizi içine alan, yaygın ve masif kemik kaybı ile karakterizedir. Bu tiplere göre uygulanacak yöntem değişmektedir (Şekil 2).^[24]

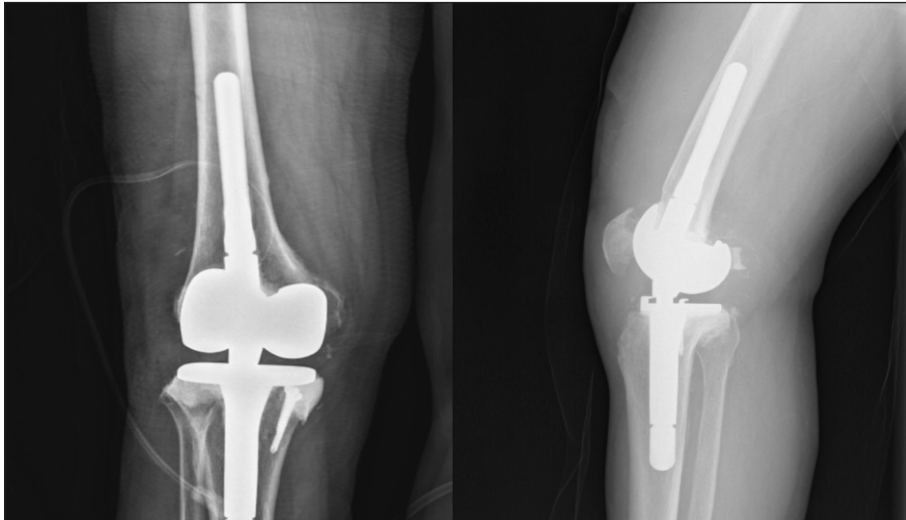


Şekil 2. Revizyon total diz artroplastisi sırasında femur ve tibia kemik defektlerinin AORI sınıflandırması.^[24]

Çimento Kullanımı

Küçük ve sınırlı kemik defektlerinde (AORI tip 1) çimento dolgusu pratik, hızlı ve düşük maliyetli bir rekonstrüksiyon seçeneğidir. Özellikle 5 mm'ye kadar kaviter defektler veya %25'in altında kortikal rim defektleri gibi sınırlı defektlerde güvenle uygulanabilir.^[25] Teknik olarak, defekt alanındaki sklerotik yüzeyler temizlendikten sonra polimetilmetakrilat çimento basınçlı şekilde defekt içine uygulanır. İçerikli defektlerde çimentonun tutunmasını artırmak amacıyla vida takviyesi yapılabilir, bu yöntem literatürde "rebar tekniği" olarak tanımlanmaktadır (Şekil 3). Özellikle 5 mm'den büyük defektlerde ve yaşlı hastalarda kullanılır. Literatürde, çimento + vida kombinasyonunun 13 yıla varan takiplerde başarısızlık bildirmediği rapor edilmiştir.^[26] Benzer şekilde, uzun dönem

serilerde tam çimentolu revizyon diz protezlerinde ağrı ve fonksiyon skorlarında belirgin iyileşme sağlandığı, implant gevşemesine rastlanmadığı gösterilmiştir.^[27] Geniş hasta serilerinde ise çimento + vidalı revizyonun spesifik implantlarla %98'in üzerinde uzun dönem sağkalım oranı bildirilmiştir.^[28] Çimento kullanımının başlıca avantajları hızlı uygulanabilir olması ve düşük maliyetidir. Buna karşın; kemik stokunu artırmaması, biyolojik olmaması ve yük taşıma kapasitesinin sınırlı olması önemli dezavantajlarındandır. Bu nedenle bu teknik, yalnızca küçük ve sınırlı defektlerle sınırlandırılmalı; 10 mm'den derin veya sınırlanmamış defektlerde çökme riski nedeniyle metal augment, kon veya sleeve gibi alternatif rekonstrüksiyon yöntemleri tercih edilmelidir.



Şekil 3. Rebar tekniği (vida + çimento) uygulanmış hastaya ait radyografik görüntüleri.



Şekil 4. Revizyon total diz artroplastisinde kemik kaybının yönetimi amacıyla metal augment kullanımı.

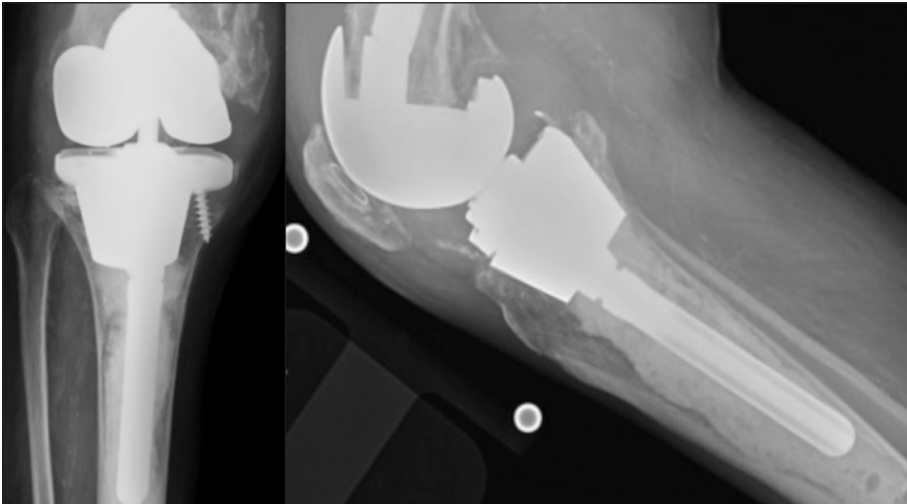
Augment Kullanımı

Modüler metal augmentler, (blok, kama) uzun yıllardır kullanılmakta olan bir yöntemdir. Küçük ve orta dereceli metafizer defektlerde (AORI tip 2A–2B; genellikle 5–10 mm kayıp veya implant-bone temasının %40'dan fazlası desteğini yitirdiğinde) tercih edilir. Femur veya tibia komponentine vidalarla tutturulan bu bloklar, kemik yatağını tamamlayarak yükün sağlam kısma iletilmesini sağlar (Şekil 4). Uygulamaları kolaydır, farklı boy ve kalınlıklarda modüler seçenekleri mevcuttur. Avantajları arasında hızlı ve özelleştirilebilir olması, minimal ekstra kemik kesisi gerektirmesi, greft riskinin (hastalık bulaşma, kaynama) olmaması yer alır. Örneğin, metal augmentler 5–10 mm aralığındaki defektleri ve yeterli sağlam korteksi olan durumları başarıyla yönetir. Bununla birlikte büyük, asimetrik veya karmaşık defektlerde augment boyut ve şekil kısıtlamaları bulunmaktadır. Uzun dönemde yeterli olarak tespit edilmiş augment yerleştirmeleri sağlam sonuç verse de revizyon gerektirecek gevşeme veya çökme gibi

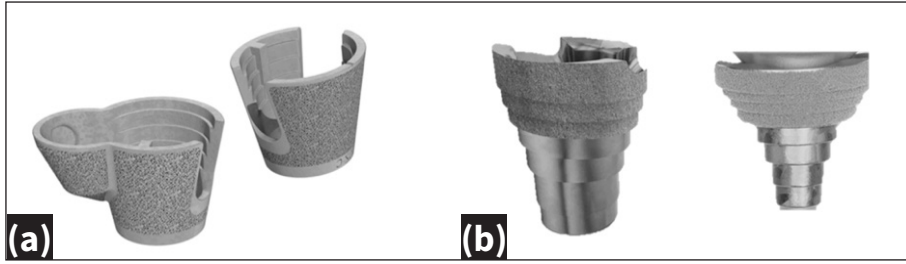
riskler az da olsa mevcuttur. Bazı yazarlar, augmentlerin yoğun statik yük altında zamanla gevşeyebileceğine dikkat çekmektedir. Klinik raporlarda augment kullanılan olgularda genel fonksiyonel skorlar düzelmiş, büyük sorunları sınırlı bulunmuştur.^[23]

Kon (Metafizel Gözenekli Kon) Kullanımı

Gözenekli metal konlar (tibial veya femoral metafize yerleştirilen metal silindir veya piramit formlu destekler) 2000'li yılların başında revizyon diz artroplastisinde tanıtılmıştır (Şekil 5). Örneğin, poröz tantalum tibial konlar 2002'de klinik kullanıma girmiş ve kalça artroplastisindeki jumbo sinüste görülen sorunları aşmak için geliştirilmiştir. Konların tasarımı, önceki yapısal allogreft sorunlarını (rezorpsiyon, gevşeme) önlemek amacıyla canlı kemik dokusu ile kaynaşabilen yapıda yapılmıştır. Çeşitli üreticiler tarafından kanallı reamer veya broach setleriyle metafize uygun boşluk açıldıktan sonra konlar *press-fit* yerleştirilir.



Şekil 5. Revizyon sağ diz protezi yapılan hastanın proksimal metafizyel defektine uygulanmış metafizyel gözenekli konu gösteren ön-arka ve lateral diz grafisi.^[29]



Şekil 6.a,b. Metafizler rekonstrüksiyon seçenekleri: poröz metal konlar (a) (Stryker, Mahwah, NJ, ABD); poröz metal sleeve'ler (b) (DePuy Orthopedics, Warsaw, IN, ABD).

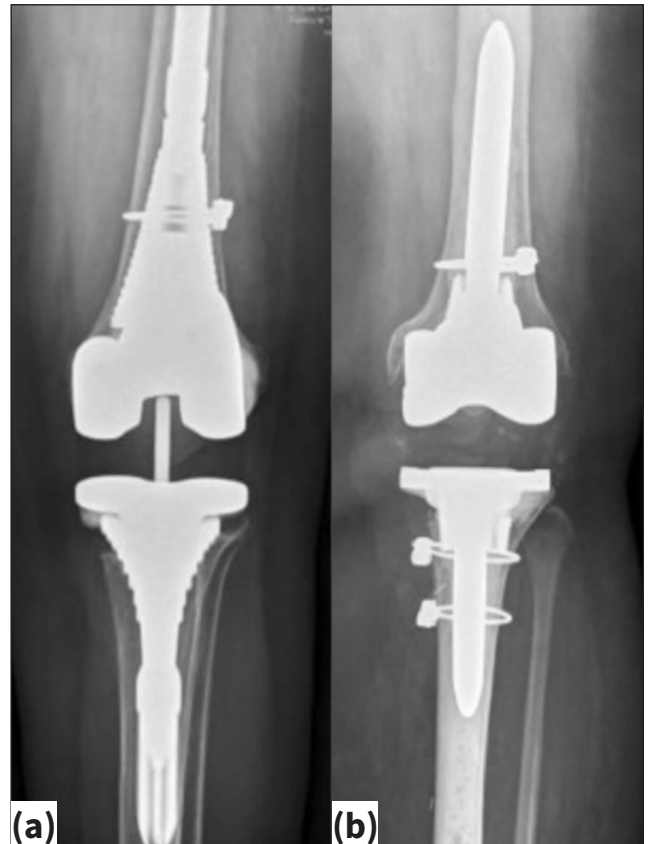
Konlar, osseointegrasyona izin veren gözenekli kaplaması sayesinde uzun dönemde biyolojik sağlamlık sağlar. Literatürde gözenekli konların kısa ve orta dönem sonuçları olumludur; örneğin kısa dönem çalışmalarda yüksek oranlarda radyografik osseointegrasyon gözlenmiştir.^[29]

Büyük ve *uncontained* metafizler kemik defektlerinde (AORI tip 2B-3) ve eklem hattının restorasyonuna ihtiyaç duyulan revizyon diz artroplastisi vakalarında poröz metal kon veya sleeve kullanımı uygundur; özellikle tibia metafizinde segmental kemik kaybı ya da femur distalinde geniş posterior defektler varlığında tercih edilmektedir (Şekil 6). *Anderson Orthopaedic Research Institute* sınıflamasında tip 2B ve 3 defektlerde kon veya sleeve kullanımının önerildiği bildirilmektedir. Konlar, çakılarak yerleştirilmeleri sayesinde hemen mekanik stabilite sağlar ve zamanla kemik içe büyümesi ile uzun dönem biyolojik fiksasyon elde edilir. Uzun dönem sonuçlar 10 yıla kadar %97'ye varan aseptik gevşeme olmama oranları ile yüksek başarı göstermektedir. Ayrıca konlar, hastanın kendi kemiği yerine güvenilir bir yapısal destek sunarak kemik greftine bağlı komplikasyonları azaltır, modüler implant sistemleri sayesinde büyük yapısal greft ihtiyacını düşürür ve stres koruma etkisini kısmen sınırlar; çoğu zaman diyafizler stem ile kombine edilerek çapraz stabilite artırılır. Bununla birlikte, kon yerleştirilmesi özel *reamer/broach* setleri gerektirir; aşırı kemik boşaltımı sırasında çevre kemikte incelme veya kırık riski artabilir, maliyeti yüksektir ve enfeksiyon varlığında çözümü zordur. Konların çıkarılmasının neredeyse imkânsız olması yeniden revizyon gereksiniminde yüksek kısıtlayıcı endoprotez ihtiyacını doğurabilir. Uzun dönemde nadiren kon çevresinde radyolüsent alanlar bildirilebilse de geleneksel metal augmentlere kıyasla aseptik gevşeme oranları oldukça düşüktür; 10 yıllık izlemde aseptik gevşeme nedeniyle çıkarılma oranı yaklaşık %3 olarak rapor edilmiştir.^[29,30]

Sleeve Kullanımı

Metafizler sleeve'ler, tibial veya femoral komponentlerle entegre çalışan gözenekli kılıf benzeri yapılar olup metafize vidalanarak veya *press-fit* şeklinde yerleştirilir; ilk

titanium sleeve tasarımları 2000'li yılların başında geliştirilmiş ve poröz yüzeyleri sayesinde kemik içe büyümesine olanak sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Genellikle uzun medüller stemlerle kombine edilerek üç zonlu (epifiz-metafiz-diyafiz) stabilite hedeflenir (Şekil 7). Endikasyon açısından sleeve'ler, konlara benzer biçimde yüksek dereceli metafizler kemik kayıplarında (AORI tip 2B-3) kullanılır ve özellikle defekt geometrisinin augment veya kon ile yeterince doldurulamadığı tibial ya da femoral metafizler kayıplarda uygun bir alternatif oluşturur. Bazı cerrahlar, serbest metafize sahip olgularda sleeve'leri güçlü bir metafizler fiksasyon seçeneği olarak değerlendirmektedir.^[30,31]



Şekil 7.a,b. Revizyon total diz artroplastisinde metafizler fiksasyon yöntemleri: metafizler sleeve kullanımı (a), metafizler kon kullanımı (b).^[30]

Avantajları arasında; *press-fit* yerleşim sonrası hemen mekanik stabilite sağlanması, poröz titanyum yüzey sayesinde hızlı osseointegrasyon ve uzun dönem sağlam fiksasyon yer alır; literatürde 10 yılı aşan takiplerde %97'nin üzerinde implant sağkalımı ve aseptik gevşeme bildirilmemiş seriler mevcuttur. Ayrıca sleeveelerin; mevcut komponentlere entegre formu, fazla hacim işgal etmemesi ve eklem hattını minimal etkilemesi avantajları da vardır. Bununla birlikte; yüksek maliyet, kesin konumlandırma için özel cerrahi enstrümantasyon gereksinimi ve derin kemik tutulumuna bağlı teknik zorluklar ise dezavantajlarıdır. Uzun dönemde konlara kıyasla daha fazla radyolüsent alanlar ve gevşeme oranları bildirilmiştir; bazı serilerde titanyum sleeveelerde %11 radyografik gevşeme izlenirken bu oran konlarda yaklaşık %2 olarak rapor edilmiştir. Ayrıca sleeveelerin sap gevşemesi veya biyomekanik uyumsuzluk gibi mekanik komplikasyonlara konlara kıyasla bir miktar daha yatkın olabileceği belirtilmektedir.^[30,31]

Karşılaştırmalı klinik çalışmalar; kon, metafizyel sleeve ve augmentasyon yöntemlerinin her birinin revizyon diz artroplastisinde genel olarak tatmin edici sonuçlar sunduğunu göstermektedir. Zitsch ve ark.'larının 2024 yılında ağır tibial metafizer kemik defektleri bulunan hastalarda gerçekleştirdiği çalışmada 2-4 yıllık takip süresinde her iki rekonstrüksiyon grubunda da implant sağkalım oranlarının yüksek olduğu bildirilmiştir. Çalışmada aseptik iyileşme oranı %96, biyolojik entegrasyon oranı ise %98 olarak rapor edilmiştir. Bununla birlikte, tibial sleeve kullanılan olgularda revizyon gereksinimi açısından istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bir risk saptanmıştır.^[30]

Benzer biçimde, Gibon ve ark.'nın 2022 tarihli çalışmasında titanyum metafizyel sleeve uygulanan hastalarda %11 oranında radyografik gevşeme izlenirken poröz metal kon kullanılan gruplarda bu oran %2 ile sınırlı kalmıştır. Öte yandan, hem kon hem de sleeve sistemleri klasik direkt augmentasyon tekniklerine kıyasla kemik-implant biyolojik entegrasyonunu desteklemeleri sayesinde uzun dönem stabilite açısından belirgin avantajlar sunmaktadır. Nitekim metafizyel sleeve kullanılan serilerde 10 yıllık implant sağkalım oranlarının %97,8 gibi oldukça yüksek değerlere ulaştığı bildirilmiştir.^[30,31]

Ayrıca mevcut sistematik derlemeler her iki metafizyel rekonstrüksiyon yönteminin de fonksiyonel klinik skorları anlamlı ölçüde iyileştirdiğini ve bu yöntemlere özgü komplikasyonların oldukça nadir görüldüğünü ortaya koymaktadır. Bu bulgular, ileri derecede metafizer kemik kaybı bulunan revizyon diz artroplastisi olgularında kon ve sleeve uygulamalarının güvenilir ve etkili seçenekler olduğunu desteklemektedir.^[30]

Yapısal Allogreft Kullanımı

Yapısal allogreftler, AORI tip 2B-3 orta ve büyük kemik defektlerinde kullanılan bir rekonstrüksiyon seçeneğidir. Genellikle femur başı, proksimal tibia veya distal femurdan elde edilen greftler defekte uyumlu olarak şekillendirilir ve vida ± çimento ile sabitlenir. Amaç; eklem hattını ve anatomik yüksekliği yeniden sağlamak, yeterli mekanik destek oluşturmak ve kemik stokunu korumaktır. Biyolojik yapı sayesinde kas-bağ tutunmasına ve fonksiyonel kazanıma katkı sağlayabilir.^[26]

Ancak teknik olarak zor bir yöntem olup enfeksiyon, greft rezorbsiyonu/çökmesi, kaynamama ve greft kırığı gibi komplikasyonlar görülebilir.^[26,32] Ayrıca uzun ameliyat süresi, doku bankası gereksinimi ve maliyet artışı önemli dezavantajlarındandır. Literatürde 5-10 yıllık %70-80 sağkalım oranları bildirilmiş, Franke ve ark.'nın serisinde %93 oranında beş yıllık sağkalım rapor edilmiştir.^[26,32] Ancak literatürde erken dönemde greft rezorbsiyonu (kayıbı) olmasından ötürü allogreft kullanımının giderek azaldığı ve yerine poröz metal konlarla sleeveelerin yaygınlaştığı da bildirilmiştir.^[25]

POLIETİLEN INSERT (ARAYÜZ)

Polietilen insert (arayüz); revizyon diz protezlerinde hareket aktarımı, stabilite ve aşınma direnci açısından kritik bir bileşendir. Kullanılan materyal genellikle primer protezlerle aynı polietilen olsa da revizyonlarda insertler; kalınlık, uyum ve kısıtlama düzeyi açısından farklılık gösterir.

Revizyon cerrahisinde kemik kaybı nedeniyle çoğu zaman daha kalın polietilen insertler tercih edilir. Ancak kalınlık arttıkça deformasyon riski de yükseldiğinden insertler genellikle 10-20 mm aralığında sunulmaktadır. Yüksek kısıtlayıcı tasarımlarda (VVK, CCK) polietilenin femoral komponentle uyumu artar; bu durum temas stresini azaltırken rotasyonel hareketi sınırlar. Rotasyonel menteşeli protezlerde ise stabilite menteşeden sağlandığı için polietilen daha düz veya sığ oyuklu yapıdadır.^[4,20]

Revizyon diz protezlerinde sabit ve hareketli (döner platformlu) polietilen tasarımlar kullanılabilir. Hareketli insertler, özellikle rotasyonel menteşeli sistemlerde tibial insertin kendi eksenini etrafında dönmesine izin vererek burulma streslerini azaltabilir. Bununla birlikte, yapısal basitlik ve güvenilirlik nedeniyle sabit insertler daha yaygın kullanılmaktadır.^[20]

Polietilen aşınması geçmişte revizyonların başlıca nedenlerinden biri iken HXLPE geliştirilmesiyle bu sorun belirgin ölçüde azalmıştır. Yüksek derecede çapraz bağlı polietilenler, konvansiyonel polietilenlere kıyasla daha düşük aşınma, daha az osteoliz ve daha düşük gevşeme oranları sunar. Uzun dönem çalışmalarda revizyon

riskinin azaldığı gösterilmiş olup özellikle genç ve aktif hastalarda HXLPE tercih edilmektedir.^[8] Yeni nesil E vitamini ile stabilize edilmiş polietilenlerde oksidatif kırılma riski daha da azaltılmıştır.^[33]

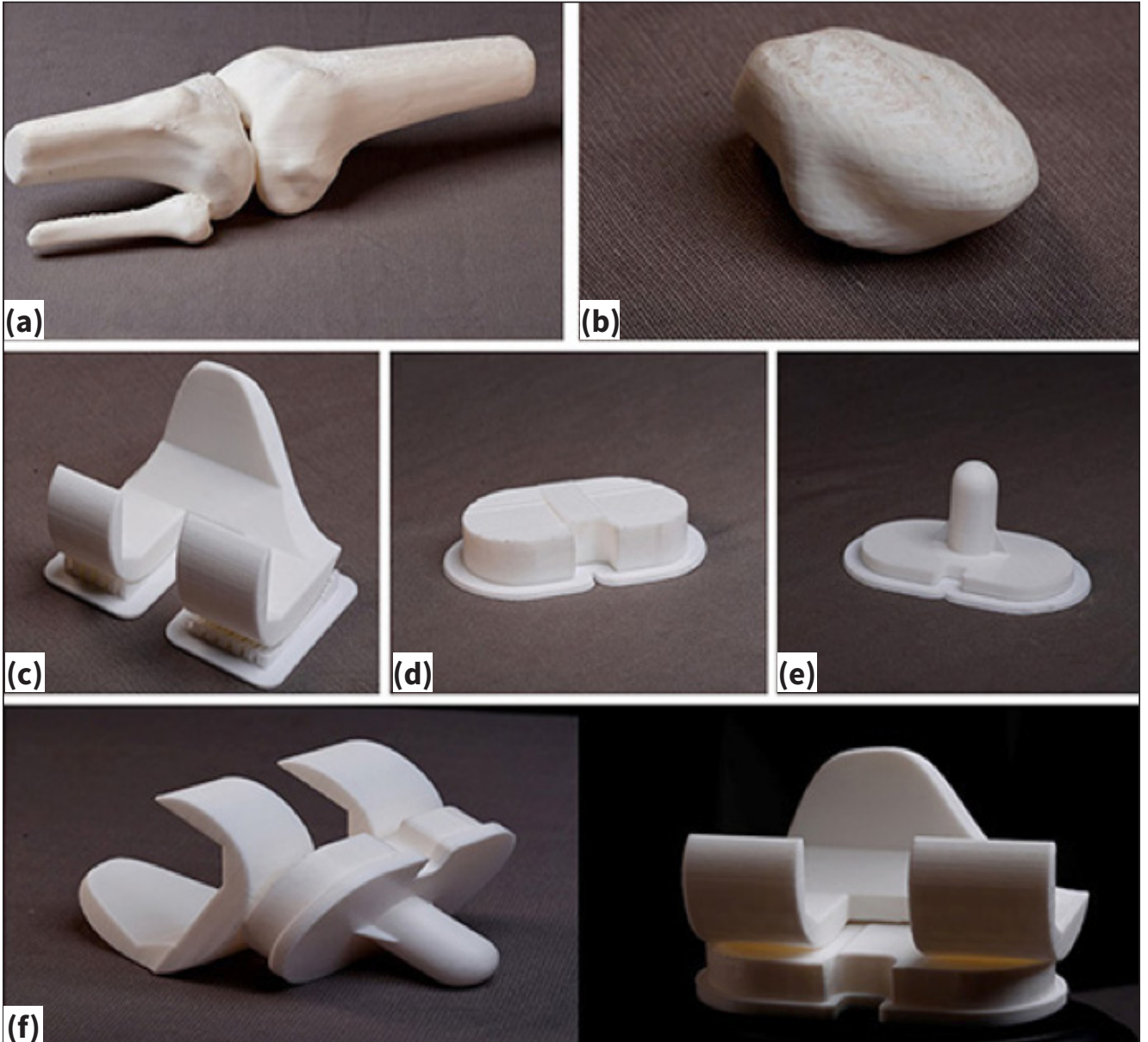
Yüksek fleksiyon, cinsiyet spesifik ve anatomik varyasyonlara uyumlu tasarımlar modern revizyon sistemlerinde yer almakla birlikte bu özelliklerin klinik üstünlüğü sınırlı ve tartışmalıdır.^[34]

Sonuç olarak, revizyon diz artroplastisinde polietilen insertin uygun tasarım ve materyalde seçilmesi cerrahi başarının temel unsurlarındandır. Revizyon sırasında eski polietilen mutlaka yenisiyle değiştirilmelidir; çünkü zamanla

mekanik özellikleri bozulur. Ayrıca izole polietilen değişimi yapılan olgularda dahi başarısızlık oranlarının yüksek olabileceği bildirilmiş olup bu durum polietilen uyumu ve tasarımının önemini bir kez daha ortaya koymaktadır.^[35]

HASTA SPESİFİK İMPLANTLAR

Özel üretim (hasta spesifik) implantlar, hastanın anatomisi ve kemik kaybı doğrultusunda bilgisayarlı tomografi verileri kullanılarak planlanan ve üç boyutlu olarak üretilen kişiye özgü protezlerdir (Şekil 8). Bu implantlar özellikle kompleks anatomik deformitelerde, ileri derecede kemik defektlerinde ve standart modüler



Şekil 8.a-f. Üç boyutlu yazdırılmış prototipler. Diz eklemi (a); patella (b); femoral component (c); tibial component (d); insert (liner) (e); diz implantlarının montajı (f).^[40]

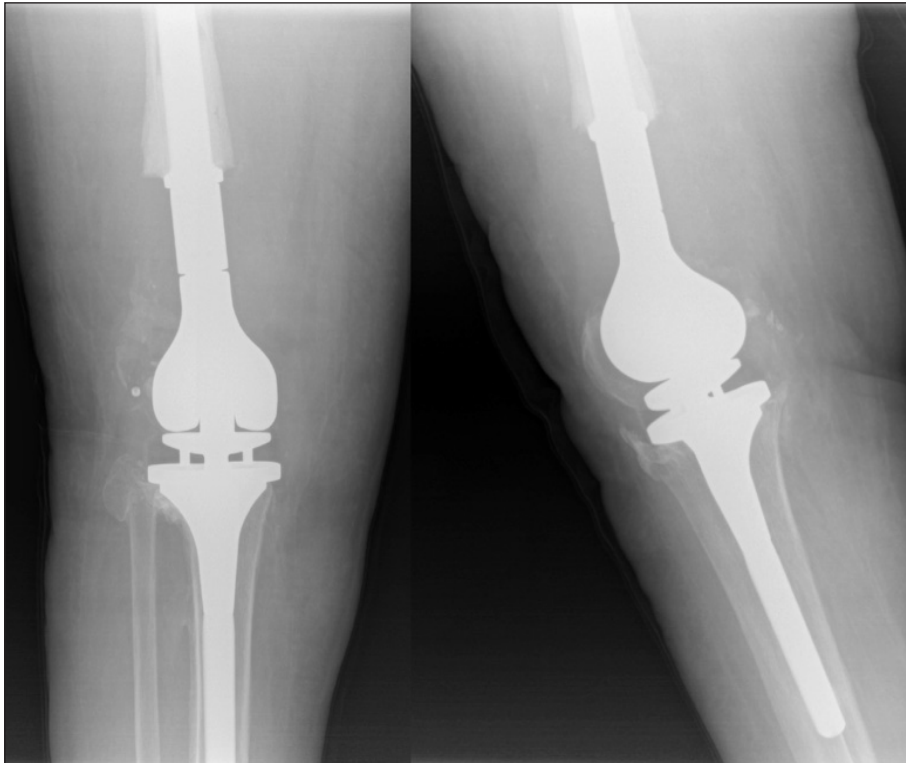
sistemlerin yetersiz kaldığı revizyon olgularında gündeme gelmektedir. Literatürde, her hasta için özel olarak tasarlanan bu protezlerin cerrahi uyumu artırarak aksiyel dizilimin düzeltilmesine ve fonksiyonel sonuçların iyileştirilmesine katkı sağlayabileceği bildirilmiştir.^[36]

Hasta spesifik implantların temel avantajı, kemiğe ve eklem geometrisine mükemmel uyum sağlamalarıdır. Bu sayede daha iyi kemik teması, artmış stabilite ve kemik stokunun korunması mümkün olur; ayrıca standart implantlarda görülebilen uygunsuz boyutlandırma sorunları azaltılabilir. Buna karşın yüksek maliyet, uzun üretim süresi ve intraoperatif esnekliğin sınırlı olması önemli dezavantajlarıdır. Ayrıca 3 boyutlu (3D) baskı materyallerinin mekanik özellikleri ve üretim sonrası işlemler, bazı klinik kısıtlılıklara yol açabilmektedir. Bu nedenlerle hasta spesifik implantlar günümüzde rutin kullanımdan ziyade seçilmiş ve alışılmış anatomik ölçülerin dışında kalan olgularda veya ileri revizyon vakalarında tercih edilmektedir.^[36,37]

Megaprotezler, özellikle tümör cerrahisi veya ileri derecede kemik kaybı bulunan çoklu revizyon olgularında eklem çevresindeki uzun kemik segmentlerinin rekonstrüksiyonu için kullanılan modüler ve büyük ölçekli protez sistemleridir. Ekstremitte koruyucu cerrahide yaygın olarak tercih edilen bu implantlar, geniş kemik rezeksiyonları sonrası hızlı ve güvenilir stabilite sağlayarak erken yük vermeye ve kabul edilebilir fonksiyonel sonuçlara olanak tanır. Bununla birlikte malzeme ve tasarım alanın-

daki gelişmelere rağmen enfeksiyon, aseptik gevşeme ve mekanik yetmezlik gibi komplikasyonlar sık görülmekte olup diz megaprotezlerinde orta vadede bildirilen implant sağkalım oranları yaklaşık %60–80 düzeyindedir; bu durum, özellikle erken dönemdeki yüksek komplikasyon riski nedeniyle çoğu yayında megaprotezlerin “son çare” rekonstrüksiyon yöntemi olarak değerlendirilmesine yol açmaktadır (Şekil 9).^[38]

Üç boyutlu baskı (katmanlı üretim) teknolojisi, ortopedide hasta spesifik çözümler ve karmaşık kemik defektlerinin yönetimi açısından giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bilgisayar destekli 3D modeller üzerinden katman katman üretim yapılmasına olanak tanıyan bu yöntem; daha az malzeme israfı, yüksek geometrik özgürlük ve ilave aparat gereksiniminin azalması gibi önemli avantajlar sunar. Klinik uygulamalarda 3D baskı; hasta spesifik kesici kılavuzlar, hasta spesifik implantlar, poröz ve metafizyal konlar ile implant yüzey kaplamalarının üretiminde kullanılmaktadır. Hasta spesifik kesici kılavuzlar teorik olarak kemik kesilerinde doğruluğu ve mekanik eksen hizalanmasını artırmayı hedeflese de literatürde standart tekniklerle benzer sonuçlar bildirildiği için katkıları tartışmalıdır.^[39] Buna karşılık, özellikle revizyon diz cerrahisinde kullanılan 3D baskılı poröz titanyum metafizyal konlar, hastaya özgü tasarlanabilmeleri sayesinde büyük ve düzensiz kemik defektlerinde mükemmel uyum, yüksek primer stabilite ve başarılı osteointegrasyon sağlamaktadır. Ayrıca 3D



Şekil 9. Megaprotez uygulanmış hastaya ait sağ diz ön-arka ve lateral grafi.

baskı ile oluşturulan biyomimetik, yüksek gözenekliliğe sahip implant yüzeyleri kemikle implantın temasını artırarak stres dağılımını iyileştirir ve uzun dönem stabiliteye katkıda bulunur.^[39,40] Sonuç olarak 3D baskı teknolojisi, cerrahi planlama doğruluğunu artıran, kişiye özel implant ve desteklerin üretimini mümkün kılan ve özellikle standart yöntemlerle çözülemeyen karmaşık olgularda ortopedik cerrahiye önemli esneklik kazandıran yenilikçi bir araç hâline gelmiştir.

Özette, diz artroplastisi revizyon cerrahisinde özelleştirilmiş yaklaşımlar giderek önem kazanmaktadır. Özel üretim implantlar ve megaprotezler kemik kaybının derin olduğu durumlarda sağlam çözümler sunarken; 3D baskı teknolojileri (hasta spesifik kesici kılavuzlar, hasta spesifik implantlar, poröz konlar) cerrahi doğruluğu ve kemik entegrasyonunu iyileştirmektedir.

SONUÇ

Revizyon total diz artroplastisi, primer diz protezi uygulamalarının başarısızlıkla sonuçlandığı, genellikle ileri düzey kemik kaybı, bağ yetmezliği ve implant instabilitesi gibi kompleks sorunların söz konusu olduğu durumlarda başvurulacak zorlu ancak vazgeçilmez bir cerrahi müdahaledir. Bu sürecin başarısı; doğru endikasyon koyulması, hasta niteliklerine göre özelleştirilmiş cerrahi planlama yapılması ve uygun implant bileşenlerinin seçimi ile yakından ilişkilidir.

Günümüzde rTDA'da kullanılan protez sistemleri geçmişe kıyasla ciddi bir evrim geçirmiştir. Uzun stemli modüler sistemler, farklı düzeyde kısıtlama sağlayan artikülasyon seçenekleri, augment bloklar, metafizyel konlar ve sleeve'ler sayesinde her türlü kemik defektine karşı kişiye özel çözümler üretilebilmektedir. Ayrıca polietilen insert teknolojisindeki gelişmeler ile protez aşınması ve gevşeme riski azalmış; HXLPE ve antioksidanla zenginleştirilmiş insertler ile uzun dönem başarı oranları artmıştır.

Öte yandan, 3D baskı teknolojileri ile hastaya özgü implantların üretilebilmesi, özellikle standart implantlarla restore edilemeyen defektlerde cerrahlara yeni olanaklar sunmaktadır.

Tüm bu gelişmelere rağmen rTDA hâlen yüksek komplikasyon oranları, uzun cerrahi süreler ve teknik zorluklar barındırmaktadır. Dolayısıyla her hasta için optimal çözümün belirlenmesi multidisipliner bir değerlendirme, ileri görüntüleme yöntemleri ve deneyimli cerrahi ekiplerle mümkün olabilmektedir.

Sonuç olarak rTDA, günümüzde sadece başarısız primer protezlerin düzeltilmesinde değil aynı zamanda yeni teknolojilerle şekillenen, kişiye özel çözümler gerektiren bir rekonstrüksiyon sürecidir. Teknolojideki ilerlemelerin

ve biyomateryal alanındaki gelişmelerin devam etmesiyle gelecekte daha minimal invaziv, daha uzun ömürlü ve hasta memnuniyetini artıran revizyon protez uygulamalarının yaygınlaşması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

1. Rosso F, Cottino U, Dettoni F, Bruzzone M, Bonasia DE, Rossi R. Revision total knee arthroplasty (TKA): Mid-term outcomes and bone loss/quality evaluation and treatment. *J Orthop Surg Res* 2019;14(1):280. [Crossref](#)
2. Insall J, Ranawat CS, Scott WN, Walker P. Total condylar knee replacment: Preliminary report. *Clin Orthop Relat Res* 1976(120):149-54. [Crossref](#)
3. Ranawat CS. History of total knee replacement. *J South Orthop Assoc* 2002;11(4):218-26.
4. Insall J, Clarke H. Historic Development, Classification, and Characteristics of Knee Prostheses 2012.952-87. [Crossref](#)
5. Goldberg VM, Henderson BT. The Freeman-Swanson ICLH total knee arthroplasty. Complications and problems. *J Bone Joint Surg Am* 1980;62(8):1338-44. [Crossref](#)
6. Yamamoto S, Nakata S, Kondoh Y. A follow-up study of an uncemented knee replacement. The results of 312 knees using the Kodama-Yamamoto prosthesis. *J Bone Joint Surg Br* 1989;71(3):505-8. [Crossref](#)
7. Bistolfi A, Giustra F, Bosco F, Faccenda C, Viotto M, Sabatini L, et al. Comparable results between crosslinked polyethylene and conventional ultra-high molecular weight polyethylene implanted in total knee arthroplasty: Systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2022;30(9):1795. [Crossref](#)
8. Prentice HA, Chan PH, Fasig BH, Kelly MP, Hinman AD, Kurtz SM, et al. Highly Crosslinked Polyethylene Is Associated With a Lower Revision Risk Out to 20-Year Follow-Up Versus Conventional Polyethylene in Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty* 2026;41(3):758-64.e2. [Crossref](#)
9. Kim S, Yang J, Moon S, Choi S. Will Mobile-Bearing Total Knee Arthroplasty Be Lost to History? A Comparative Study of Long-Term Follow-Up. *Life (Basel)* 2024;14(10). [Crossref](#)
10. Hegde V, Kendall J, Schabel K, Pelt CE, Yep P, Mullen K, et al. The James A. Rand Young Investigator's Award: Increased Revision Risk With Mobile Bearings in Total Knee Arthroplasty: An Analysis of the American Joint Replacement Registry. *J Arthroplasty* 2023;38(7 Suppl 2):S3-s8. [Crossref](#)
11. Sandiford NA, Misur P, Garbuz DS, Greidanus NV, Masri BA. No Difference Between Trabecular Metal Cones and Femoral Head Allografts in Revision TKA: Minimum 5-year Followup. *Clin Orthop Relat Res* 2017;475(1):118-24. [Crossref](#)
12. Baek JH, Lee SC, Ryu S, Ahn HS, Nam CH. Usefulness of Trabecular Metal Cones in Revision Total Knee Arthroplasty in a Korean Population: A Case Series. *Orthop Res Rev* 2022;14:199-206. [Crossref](#)
13. Xu T, Wu KL, Jie K. Comprehensive meta-analysis of antibiotic-impregnated bone cement versus plain bone cement in primary total knee arthroplasty for preventing periprosthetic joint infection. *Chin J Traumatol* 2022;25(6):325-30. [Crossref](#)

14. Whaley AL, Trousdale RT, Rand JA, Hanssen AD. Cemented long-stem revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2003;18(5):592-9. [Crossref](#)
15. Darwich A, Jovanovic A, Dally FJ, Abd El Hai A, Baumgärtner T, Assaf E, et al. Cemented versus Cementless Stem Fixation in Revision Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Antibiotics (Basel)* 2023;12(11). [Crossref](#)
16. Chon JG, Lombardi AV, Jr., Berend KR. Hybrid stem fixation in revision total knee arthroplasty (TKA). *Surg Technol Int* 2004;12:214-20.
17. Patel A, Barlow B, Ranawat A. Stem length in revision total knee arthroplasty. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2015;8. [Crossref](#)
18. Abdelatif EA, Abu Mukh A, Elsaid ANS, Youssef AO, Foissey C, Servien E, et al. Inferior outcome of stand-alone short versus long tibial stem in revision total knee arthroplasty. A retrospective comparative study with minimum 2 year follow-up. *SICOT-J* 2025;11:3. [Crossref](#)
19. Kang SG, Park CH, Song SJ. Stem Fixation in Revision Total Knee Arthroplasty: Indications, Stem Dimensions, and Fixation Methods. *Knee Surg Relat Res* 2018;30(3):187-92. [Crossref](#)
20. Ozdemir M, Akşahin E. Total diz protezinde biyomateryaller ve protez tasarımları. *TOTBİD Dergisi* 2021;20:500-6. [Crossref](#)
21. Araç Ş, Boya H. Revizyon ve re-revizyon total diz protezi uygulamalarında karşılaşılan problemler. *TOTBİD Dergisi* 2015;14:145-9. [Crossref](#)
22. Lachiewicz PF, Falatyn SP. Clinical and radiographic results of the Total Condylar III and Constrained Condylar total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 1996;11(8):916-22. [Crossref](#)
23. Lee S, Nam C, Hwang S, Baek J-H, Yoo S, Ahn H. Treatment of Bone Defect with Modular Metal Augmentation Using a Downsized Block in Total Knee Arthroplasty: Technical Note and Report of 17 Cases. *Open Journal of Orthopedics* 2016;06:268-75. [Crossref](#)
24. Wong W, Chua H. The metaphyseal sleeve: An unexplored option in the treatment of complex primary knee osteoarthritis. *Knee Surgery & Related Research* 2020;32. [Crossref](#)
25. Hutten D, Pasquier G, Lambotte J-C. Techniques for filling tibiofemoral bone defects during revision total knee arthroplasty. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 2021;107(1, Supplement):102776. [Crossref](#)
26. Jabbal M, Simpson AHR, Walmsley P. Mechanisms of bone loss in revision total knee arthroplasty and current treatment options. *Orthop Rev (Pavia)* 2023;15:75359. [Crossref](#)
27. Kwon KT, Han KY, Lee WS, Kim DH. Full Cementation in Revision Total Knee Arthroplasty Using a Constrained Condylar Knee Prosthesis with an Average 7-Year Follow-up. *Knee Surg Relat Res* 2017;29(4):282-7. [Crossref](#)
28. Berend ME, Ritter MA, Keating EM, Jackson MD, Davis KE, Malinzak RA. Use of screws and cement in revision TKA with primary or revision specific prosthesis with up to 17 years followup. *J Arthroplasty* 2015;30(1):86-9. [Crossref](#)
29. Hadley ML, Harmer JR, Wright BH, Larson DR, Abdel MP, Berry DJ, et al. Porous Tantalum Tibial Metaphyseal Cones in Revision Total Knee Arthroplasty: Excellent 10-Year Survivorship. *The Journal of Arthroplasty* 2024;39(8):S263-S9. [Crossref](#)
30. Zitsch BP, Salaymeh JK, Burdyny MR, Buckner BC, Lyden ER, Konigsberg BS, et al. Metaphyseal Fixation Using Cones and Sleeves for Severe Proximal Tibial Bone Loss. *J Arthroplasty* 2024;39(8s1):S256-s62. [Crossref](#)
31. Gibon E, Vasilopoulos T, Sipavicius E, Deen JT, Prieto HA, Gray CF, et al. Surgical Management of Tibial Bone Loss in Revision Total Knee Arthroplasty: Clinical Outcomes and Radiographic Analysis of Tantalum Cones, Titanium Cones and Titanium Sleeves. *Iowa Orthop J* 2022;42(1):145-53.
32. Franke KF, Nusem I, Gamboa G, Morgan DA. Outcome of revision total knee arthroplasty with bone allograft in 30 cases. *Acta Orthop Belg* 2013;79(4):427-34.
33. Oral E, Muratoglu OK. Vitamin E diffused, highly crosslinked UHMWPE: A review. *Int Orthop* 2011;35(2):215-23. [Crossref](#)
34. Song EK, Park SJ, Yoon TR, Park KS, Seo HY, Seon JK. Hi-flexion and gender-specific designs fail to provide significant increases in range of motion during cruciate-retaining total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2012;27(6):1081-4. [Crossref](#)
35. Moses AM, Cushing ME, Fawcett MA, Dohse N, Adigweme OO, Ledford CK. Isolated Polyethylene Exchange in Revision Total Knee Arthroplasty: A Review of Indications and Outcomes. *J Clin Med* 2025;14(19). [Crossref](#)
36. Kaszuba SV, Hurley M, Beitler BG, Abraham PF, Tommasini S, Schwarzkopf R, et al. A review of the design, manufacture, and outcomes of custom total joint replacement implants available in the United States. *J Clin Orthop Trauma* 2024;49:102354. [Crossref](#)
37. Le Stum M, Bertin T, Le Goff-Pronost M, Apremont C, Dardenne G, Rolland-Lozachmeur G, et al. Three-Dimensional Printed Knee Implants: Insights into Surgeons' Points of View. *J Pers Med* 2023;13(5):811. [Crossref](#)
38. Pala E, Trovarelli G, Angelini A, Maraldi M, Berizzi A, Ruggieri P. Megaprosthesis of the knee in tumor and revision surgery. *Acta Biomed* 2017;88(2s):129-38.
39. Keskinis A, Paraskevopoulos K, Diamantidis DE, Ververidis A, Fiska A, Tilkeridis K. The Role of 3D-Printed Patient-Specific Instrumentation in Total Knee Arthroplasty: A Literature Review. *Cureus* 2023;15(8):e43321. [Crossref](#)
40. Ramavath D, Yeole SN, Kode JP, Pothula N, Devana SR. Development of patient-specific 3D printed implants for total knee arthroplasty. *Exploration of Medicine* 2023;4(6):1033-47. [Crossref](#)