

# Kemik kaybı stratejileri: Kemik kaybı yönetimi augmentasyon, sleeve ve trabeküler metal teknikleri

## Bone loss strategies: Bone loss management with augmentation, sleeve, and trabecular metal techniques

Ahmet Burak Satılmış<sup>1</sup>, Serdar Hakan Başaran<sup>2</sup>

<sup>1</sup>S.B. Taşköprü Devlet Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Kastamonu

<sup>2</sup>S.B. Bakırköy Dr. Sadi Konuk Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

Revizyon total diz ve kalça artroplastilerinde kemik kaybı, cerrahi planlamayı zorlaştıran ve implant sağkalımını doğrudan etkileyen temel sorunlardan biridir. Artan primer artroplasti sayıları ile birlikte revizyon cerrahilerinin sıklığının yükselmesi, kemik defektlerinin etkin ve güvenilir şekilde yönetilmesini daha da önemli hâle getirmiştir. Aseptik gevşeme, periprostetik enfeksiyon, periprostetik enfeksiyon ve osteoliz; revizyon artroplastilerinde en sık karşılaşılan nedenler arasındadır. Kemik kaybının doğru değerlendirilmesi ve sınıflandırılması, uygun rekonstrüksiyon stratejisinin belirlenmesinde kritik rol oynar. Diz artroplastisinde *The Anderson Orthopaedic Research Institute* (AORI); kalça artroplastisinde ise *Paprosky* sınıflamaları, defektin derecesini ve lokalizasyonunu tanımlayarak cerrahi yaklaşımı yönlendirmektedir. Defektin morfolojisi, kalan kemik stokunun kalitesi ve hastaya ait faktörler, rekonstrüksiyon tekniğinin seçiminde belirleyici olmaktadır. Orta dereceli ve sınırlanamayan kemik defektlerinde metal bloklar, implant stabilitesini destekleyen öngörülebilir çözümler sunmaktadır. İleri metafizyel kemik kayıplarında metafizyel sleeve ve koni sistemleri, geniş temas yüzeyi sayesinde güvenilir biyolojik fiksasyon sağlamaktadır. Geniş ve kompleks defektlerde ise trabeküler metal bloklar ve konik yapılar, yüksek porozite ve osseointegrasyon kapasitesi ile hem primer mekanik stabilite hem de uzun dönem implant sağkalımı açısından avantaj sağlamaktadır. Son yıllarda; üç boyutlu baskı teknolojileri, kişiye özel implant tasarımları ve biyolojik yüzey modifikasyonları, revizyon artroplastisinde kemik kaybı yönetiminde yeni ufuklar açmıştır. Bununla birlikte, tek bir evrensel çözüm bulunmamakta, tedavi seçimi defekt tipi ve hasta özelliklerine göre bireyselleştirilmelidir. Bu derlemede, revizyon eklem artroplastilerinde kemik kaybının değerlendirilmesi ve yönetiminde kullanılan metal destek bloklar, metafizyel sleeve ve trabeküler metal teknikleri güncel literatür ışığında ele alınmış ve klinik uygulamaya yönelik pratik bir çerçeve sunulmuştur.

**Anahtar sözcükler:** revizyon artroplastisi; kemik kaybı; augmentasyon; metafizyel sleeve; trabeküler metal; Paprosky

In revision total knee and hip arthroplasties, bone loss is one of the main problems that complicates surgical planning and directly affects implant survival. The increasing number of primary arthroplasty procedures, along with the rising frequency of revision surgeries, has made the effective and reliable management of bone defects even more crucial. Aseptic loosening, periprosthetic infection, and osteolysis are among the most common causes in revision arthroplasties. Accurate assessment and classification of bone loss plays a critical role in determining the appropriate reconstruction strategy. In knee arthroplasty, The Anderson Orthopaedic Research Institute (AORI) classification, and in hip arthroplasty, the Paprosky classifications, guide the surgical approach by defining the degree and localization of the defect. The morphology of the defect, the quality of the remaining bone stock, and patient-specific factors are decisive in the selection of the reconstruction technique. In moderate and intractable bone defects, metal blocks offer predictable solutions that support implant stability. In advanced metaphyseal bone loss, metaphyseal sleeve and cone systems provide reliable biological fixation due to their large contact surface area. In large and complex defects, trabecular metal blocks and conical structures offer advantages in terms of both primary mechanical stability and long-term implant survival due to their high porosity and osseointegration capacity. In recent years, three-dimensional printing technologies, personalized implant designs, and biological surface modifications have opened new horizons in the management of bone loss in revision arthroplasty. However, there is no single universal solution; treatment selection should be individualized according to the defect type and patient characteristics. In this review, metal support blocks, metaphyseal sleeves, and trabecular metal techniques used in the evaluation and management of bone loss in revision joint arthroplasties are discussed in light of current literature, and a practical framework for clinical application is presented.

**Key words:** revision arthroplasty; bone loss; augmentation; metaphyseal sleeve; trabecular metal; Paprosky

**İletişim / Contact:** Prof. Dr. Serdar Hakan Başaran • E-posta / E-mail: [drserdarhakanmail.com](mailto:drserdarhakanmail.com)

**ORCID ID:** Ahmet Burak Satılmış, 0000-0002-8762-5358 • Serdar Hakan Başaran, 0000-0002-9629-0246

**Geliş / Received:** 12 Mayıs 2026 • **Revizyon / Revised:** 18 Mayıs 2026, 22 Haziran 2026 • **Kabul / Accepted:** 24 Haziran 2026

## GİRİŞ

Total eklem artroplastisi, ileri evre eklem hastalıklarının tedavisinde yüksek başarı oranlarına sahip olmakla birlikte; artan primer artroplasti sayılarına paralel olarak revizyon cerrahilerinin sıklığı da giderek artmaktadır. Revizyon diz ve kalça artroplastilerinde karşılaşılan kemik kaybı, cerrahi planlamayı zorlaştıran ve implant sağkalımını doğrudan olumsuz etkileyen temel sorunlardan biridir.<sup>[1,2]</sup>

Aseptik gevşeme, periprostetik enfeksiyon, osteoliz ve implant çıkarımı sırasında oluşan iyatrojenik kemik kaybı; revizyon cerrahilerinde kemik defektlerinin başlıca nedenleri arasında yer almaktadır.<sup>[3]</sup> Yetersiz kemik stoku, primer mekanik stabilitenin sağlanmasını güçleştirirken; uzun dönem biyolojik fiksasyonu da olumsuz etkileyerek erken gevşeme ve yeniden revizyon riskini artırmaktadır.<sup>[4]</sup>

Kemik defektlerinin doğru tanımlanması ve sınıflandırılması, uygun rekonstrüksiyon stratejisinin belirlenmesinde kritik rol oynar. Diz artroplastisinde *The Anderson Orthopaedic Research Institute* (AORI); kalça artroplastisinde ise *Paprosky* sınıflamaları, defektin derecesini ve lokalizasyonunu belirleyerek cerrahi yaklaşıma yön vermektedir.<sup>[5,6]</sup>

Geleneksel olarak küçük ve sınırlı defektler; kemik çimentosu, vida destekli çimentolama veya kemik greftleriyle tedavi edilirken; daha büyük ve sınırlı olmayan defektlerde dizde metal destek blokları, kalçada rekonstrüksiyon kafesleri ve yapısal allogreftler tercih edilmiştir. Ancak yapısal allogreftlerde uzun dönem başarısızlık oranlarının yüksek olması, biyolojik fiksasyonu destekleyen yeni implant tasarımlarının geliştirilmesine zemin hazırlamıştır.<sup>[3,4]</sup>

Son yıllarda yüksek poroziteli metal destekler, metafizyel sleeve, trabeküler koni sistemleri ve tantalum trabeküler metal yapılar, revizyon artroplastisinde kemik kaybı yönetiminde ön plana çıkmıştır. Bu sistemler, süngerimsi kemiğe benzer elastik özellikleri ve osseointegrasyon destekleyen yüzey yapıları sayesinde hem primer stabilite hem de uzun dönem implant sağkalımı açısından başarılı sonuçlar sunmaktadır.<sup>[2,6]</sup> Özellikle ileri derecede metafizyel kemik kaybı bulunan olgularda bu teknikler, biyomekanik yeniden sağlanmasına olanak tanımaktadır.

Bu derlemede, revizyon eklem artroplastilerinde kemik kaybı yönetiminde kullanılan implantları güncel literatür ışığında değerlendirilerek klinik uygulamalara rehberlik edecek bir çerçeveye sunulması amaçlanmaktadır.

## KEMİK KAYBININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE SINIFLANDIRMASI

Revizyon eklem artroplastisinde kemik kaybının doğru değerlendirilmesi, uygulanacak rekonstrüksiyon tekniğinin seçiminde belirleyici rol oynar. Kemik kaybının miktarı, lokalizasyonu ve morfolojisi; implant stabilitesi,

yük aktarımı ve uzun dönem sağkalım üzerinde doğrudan etkilidir. Bu nedenle revizyon cerrahisinin en kritik basamaklarından biri, kemik defektinin sistematik ve bütüncül biçimde değerlendirilmesidir.<sup>[7,8]</sup>

## KLİNİK RADYOLOJİK DEĞERLENDİRME

Kemik kaybının değerlendirilmesi ameliyat öncesi ve intraoperatif olmak üzere iki aşamada ele alınmalıdır. Ameliyat öncesi değerlendirmede hastanın öyküsü, önceki cerrahiler, enfeksiyon varlığı ve implant başarısızlığının nedeni dikkatle analiz edilmelidir. Direkt radyografiler kemik kaybının genel dağılımı ve komponent migrasyonunu hakkında temel bilgiler sunarken; özellikle kalça revizyonlarında bilgisayarlı tomografi, asetabular kemik defektlerinin üç boyutlu yapısının anlaşılmasında önemli katkı sağlar.<sup>[9]</sup>

Bununla birlikte revizyon cerrahilerinde kemik kaybının gerçek boyutu çoğu zaman intraoperatif olarak ortaya konur. Mevcut komponentlerin çıkarılmasının ardından kalan kemik stokunun kalitesi, destekleyici kortikal yapıların devamlılığı ve metafizyel kemik bütünlüğü doğrudan değerlendirilerek nihai rekonstrüksiyon stratejisi belirlenmelidir.<sup>[10]</sup>

## Diz Artroplastisinde Kemik Kaybı Sınıflaması

Revizyon total diz artroplastisinde kemik defektlerinin sınıflandırılmasında en yaygın kullanılan sistem, AORI sınıflamasıdır. Bu sınıflama, tibial ve femoral kemik kayıplarını ayrı ayrı ele alarak defektleri üç ana gruba ayırır. Tip 1 defektlerde metafizyel kemik büyük oranda korunmuştur ve implant stabilitesi genellikle etkilenmez. Tip 2 defektlerde metafizyel kemik kaybı belirgindir ve defekt tek taraflı (2A) veya iki taraflı (2B) olabilir. Tip 3 defektler ise ileri derecede metafizyel kemik kaybıyla karakterizedir ve sıklıkla yapısal destek gerektirir.<sup>[7,11]</sup>

*The Anderson Orthopaedic Research Institute* sınıflaması; defektin ciddiyetine göre metal destek blokları, metafizyel sleeve veya konik trabeküler metal gibi rekonstrüksiyon seçeneklerinin planlanmasına olanak tanır ve bu nedenle klinik pratikte yol gösterici bir araç olarak kabul edilmektedir.<sup>[8]</sup>

## Kalça Artroplastisinde Kemik Kaybı Sınıflaması

Revizyon total kalça artroplastisinde asetabular kemik kaybının değerlendirilmesinde *Paprosky* sınıflaması en sık kullanılan sistemdir. Bu sınıflama, kalan kemik stokunun implantı destekleme kapasitesini esas alarak defektleri Tip I'den Tip III'e kadar sınıflandırır. Tip I ve Tip II defektlerde asetabular kemik stokunun bir kısmı korunmuştur ve çimentosuz hemisferik komponentlerle rekonstrüksiyon mümkündür. Tip III defektlerde ise

asetabular kolonların bütünlüğü bozulmuştur ve ileri rekonstrüksiyon teknikleri gereklidir.<sup>[12]</sup>

*Paprosky* tip III defektler, sıklıkla yüksek porozlu metal destek blokları, kafes sistemleri veya trabeküler metal yapılarla rekonstrüksiyon gerektiren kompleks olgular olup, cerrahi planlama ve implant seçimi açısından yüksek deneyim gerektirir.<sup>[9,12]</sup>

### Sınıflamanın klinik önemi

Kemik kaybının doğru sınıflandırılması, yalnızca defektin tanımlanmasını değil; aynı zamanda uygun rekonstrüksiyon tekniğinin seçilmesini, cerrahi risklerin öngörülmesini ve olası komplikasyonların azaltılmasını sağlar. Destek blokları, metafizyel sleeve ve trabeküler metal uygulamalarının endikasyonları büyük ölçüde bu sınıflama sistemleri doğrultusunda belirlenmektedir. Bu nedenle kemik kaybının sistematik değerlendirilmesi, revizyon artroplastisinin başarısı için vazgeçilmez bir unsurdur.<sup>[8,10]</sup>

### METAL DESTEK BLOKLARI

Revizyon eklem artroplastisinde destek blokları, kemik kaybının implant stabilitesini tehdit ettiği ancak metafizyel ve diyafizer kemik bütünlüğünün kısmen korunduğu olgular

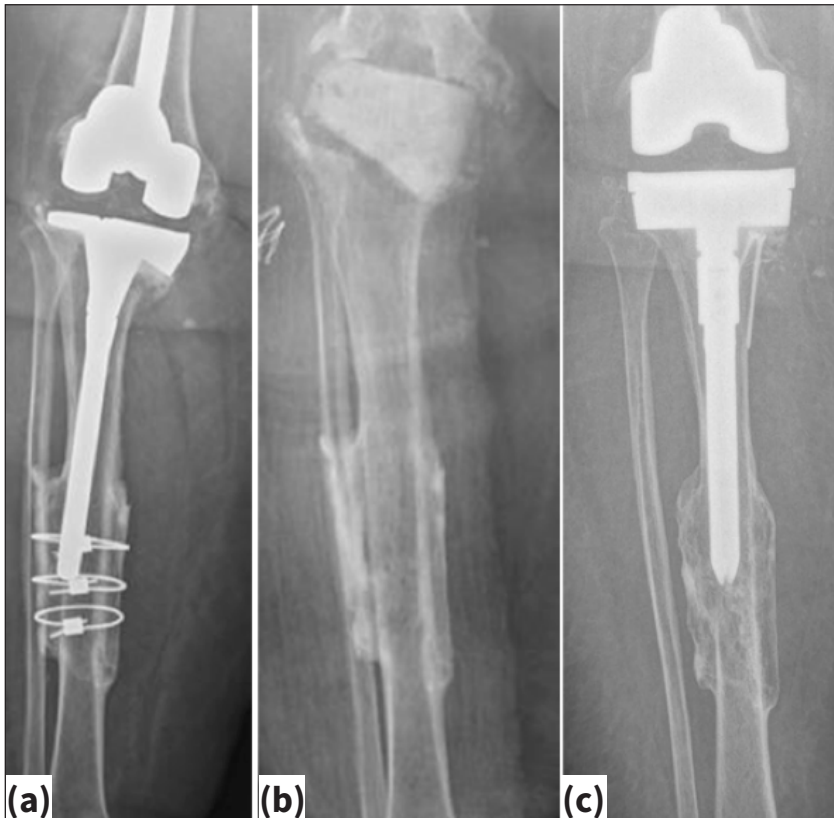
larda yaygın olarak kullanılan rekonstrüksiyon yöntemleridir. Metal desteklerin temel amacı, eksik kemik stokunu telafi ederek yük aktarımını dengelemek, eklem hattını restore etmek ve implantın primer stabilitesini sağlamaktır.<sup>[13]</sup>

### Endikasyonlar

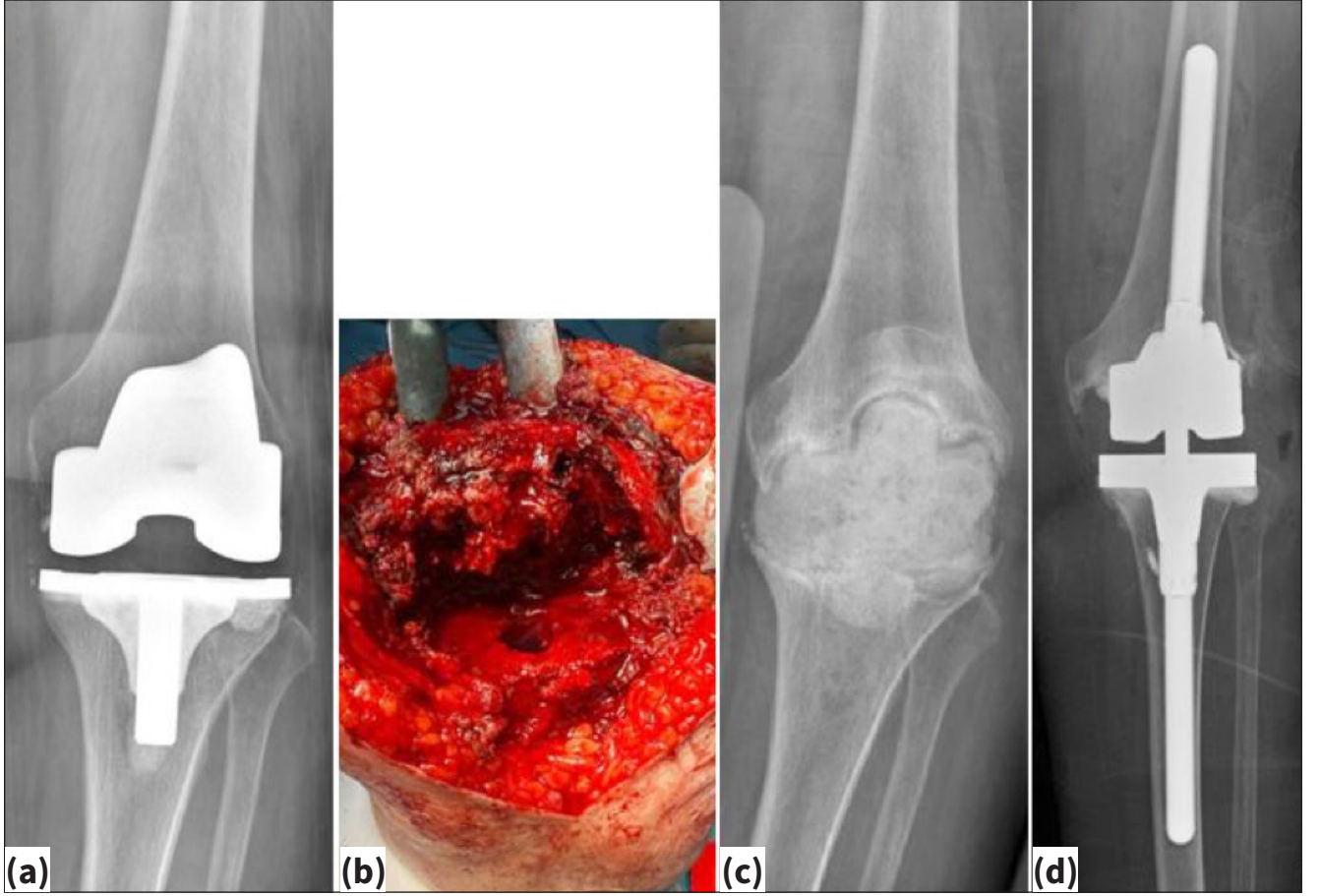
Metal destek blokları genellikle sınırlı olmayan kemik defektlerinde tercih edilir. Revizyon diz artroplastisinde AORI tip 2 defektler; revizyon kalça artroplastisinde ise *Paprosky* tip II ve seçilmiş tip IIIA defektler augmentasyon için uygun kabul edilmektedir.<sup>[14,15]</sup> Bu olgularda yalnızca kemik çimentosu veya greftleme ile yeterli stabilite sağlanamazken; metal bloklar, implant ile kalan kemik arasında yapısal destek oluşturur.

### DİZ ARTROPLASTİSİNDE METAL DESTEK BLOKLARI

Revizyon total diz artroplastisinde metal bloklar, özellikle tibial ve femoral kondillerdeki segmental kemik kayıplarının rekonstrüksiyonunda sıklıkla kullanılmaktadır. Bu metal bloklar, implantın düzgün hizalanmasını sağlarken eklem hattının korunmasına da katkıda bulunur. Küçük ve orta dereceli defektlerde, metal destekler ile birlikte kemik çimentosu ve vida destekli teknikler yeterli sonuçlar sunabilmektedir (Şekil 1).<sup>[13,16]</sup>



**Şekil 1.a-c.** Altmış yedi yaşındaki kadın hastaya enfekte revizyon sağ diz protezi nedeniyle iki aşamalı revizyon öncesi (a) ve birinci aşama sonrası (b) diz ön-arka grafileri. Re-revizyonda tibial tarafta vida destekli çimento ve metal blok uygulaması sonrası beşinci yıl takip grafisi (c).



**Şekil 2.a-d.** Yetmiş yaşındaki kadın hastaya enfekte sol diz protezi nedeniyle iki aşamalı revizyon öncesi (a), ameliyat sırasındaki defektli görünüm (b) ve birinci aşaması sonrası diz grafisi (c). Femoral ve tibial tarafta oluşan kemik defektlerinin metal bloklar kullanılarak revizyon protezinin uygulanması sonrası üçüncü yıl takip grafisi (d).

Bununla birlikte bu desteklerin başarısı, kalan kemik stokunun kalitesiyle yakından ilişkilidir. Yetersiz metafizel kemik desteği bulunan olgularda tek başına metal blokların kullanımı implant gevşemesi riskini artırabilir. Bu nedenle metal destek sistemleri çoğu zaman stem uzatmaları veya metafizel fiksasyon sağlayan sistemlerle kombine edilmektedir (Şekil 2).<sup>[17]</sup>

#### KALÇA ARTROPLASTİSİNDE METAL DESTEK BLOKLARI

Revizyon total kalça artroplastisinde yüksek porozlu metal destekler; asetabular kenar, kolon veya medial duvar defektlerinin rekonstrüksiyonunda önemli bir rol oynamaktadır. Bu destekler, asetabular komponentin uygun pozisyonda yerleştirilmesine olanak tanırken eklem merkezinin restorasyonunu da sağlar.<sup>[18]</sup>

Trabeküler yapıya sahip metal desteklerin yüksek porozitesi ve sürtünme katsayısı, primer mekanik stabiliteyi artırmakta ve osteointegrasyonu teşvik etmektedir. Orta ve uzun dönem takiplerde, yüksek porozlu metal destek kullanılan olgularda aseptik gevşeme oranlarının düşük

olduğu ve fonksiyonel sonuçların tatmin edici olduğu bildirilmiştir.<sup>[15,18]</sup>

#### Avantajlar ve sınırlılıklar

Metal destek tekniklerinin en önemli avantajı, cerrahi uygulamanın görece daha öngörülebilir olması ve farklı defekt morfolojilerine uyarlanabilmesidir. Ayrıca implant modülerliği sayesinde intraoperatif esneklik sağlar. Ancak bunlar biyolojik kemik restorasyonu sağlamaz ve özellikle genç hastalarda kemik stokunun yeniden kazanılması açısından sınırlı bir yaklaşımdır.<sup>[16,19]</sup>

Özellikle dizde ileri derecede metafizel kemik kaybı bulunan olgularda destekler tek başına yeterli olmayabilir. Bu durumlarda metafizel sleeve veya trabeküler metal konik yapılar daha uygun bir seçenek hâline gelmektedir.<sup>[17]</sup>

#### METAFİZYEL SLEEVE SİSTEMLERİ

Metafizel sleeve sistemleri: Revizyon eklem artroplastisinde özellikle ileri derecede metafizel kemik kaybı

bulunan olgularda primer stabilite ve uzun dönem biyolojik fiksasyon sağlamak amacıyla geliştirilmiş modern rekonstrüksiyon seçenekleridir. Bu sistemler, yük aktarımını metafizyel bölgeye yönlendirerek diyafizer stem bağımlılığını azaltmayı ve daha fizyolojik bir biyomekanik yapı oluşturmayı hedefler.<sup>[20,21]</sup>

### Endikasyonlar

Metafizyel sleeve kullanımı, revizyon diz artroplastisinde sıklıkla AORI tip 2B ve tip 3 kemik defektlerinde endikedir. Bu olgularda, kalan metafizyel kemik stoku implant stabilitesi için yetersiz olmakta ve metal destek sistemleri tek başına yeterli stabilite sağlayamamaktadır.<sup>[22]</sup> Sleeve sistemleri, metafizyel kemiğe *press-fit* yerleşerek geniş yüzey alanı üzerinden yük aktarımı sağlar ve erken dönemde mekanik stabilite oluşturur.

Kaçça revizyonlarında sleeve kavramı doğrudan kullanılmamakla birlikte, benzer biyomekanik prensipler yüksek porozlu metal ve trabeküler metal bloklar uygulanmaktadır. Bu yönüyle sleeve sistemleri, metafizyel fiksasyon yaklaşımının diz artroplastisindeki en belirgin temsilcilerinden biridir.<sup>[21]</sup>

### Biyomekanik ve Biyolojik Temel

Metafizyel sleeve'ler genellikle poröz kaplamalı veya trabeküler yüzeye sahip olup, osseointegrasyon destekleyen bir mikroçevre sunar. Yüksek porozite ve süngerimsi kemik benzeri elastik modül, stres dağılımını iyileştirerek *stress shielding* etkisini azaltır.<sup>[23]</sup> Bu özellikler, implant-kemik arayüzünde stabil bir biyolojik fiksasyon gelişmesine olanak tanır.

Ayrıca sleeve sistemleri, implantın rotasyonel stabilitesini artırarak erken mobilizasyona imkân sağlar. Diyafizer stemlerle kombine edildiğinde ise hem aksiyel hem de torsiyonel stabilite güçlendirilmiş olur.<sup>[20,24]</sup>

### Klinik Sonuçlar

Literatürde metafizyel sleeve kullanılan revizyon diz artroplastilerinde, orta ve uzun dönem takiplerde yüksek implant sağkalım oranları bildirilmiştir. Aseptik gevşeme oranlarının düşük olduğu, fonksiyonel skorların anlamlı şekilde arttığı ve radyolojik olarak güvenilir osseointegrasyon sağlandığı rapor edilmiştir.<sup>[21,25]</sup>

Bununla birlikte intraoperatif metafizyel kırık riski, sleeve uygulamalarında bildirilen önemli komplikasyonlardan biridir. Özellikle osteoporotik kemik yapısına sahip hastalarda dikkatli hazırlık ve uygun implant seçimi kritik önem taşımaktadır.<sup>[24]</sup>

### Avantajlar ve sınırlılıklar

Metafizyel sleeve sistemlerinin en önemli avantajı, geniş temas yüzeyi sayesinde güvenilir biyolojik fiksasyon sağlaması ve ileri kemik kayıplarında metal destek tekniklerine göre daha kalıcı bir çözüm sunmasıdır. Ayrıca eklem hattının restorasyonuna katkı sağlaması ve implant hizalanmasını kolaylaştırması da önemli avantajlar arasındadır.<sup>[22]</sup>

Buna karşın sleeve sistemleri, kemik stokunu biyolojik olarak yeniden kazandırmaz ve geri dönüşümsüz implantasyon gerektirir. Bu nedenle genç ve yüksek beklentili hastalarda kullanım endikasyonları dikkatle değerlendirilmelidir.<sup>[23]</sup>

### TRABEKÜLER METAL VE KONİK YAPILAR

Trabeküler metal ve konik yapılar, revizyon eklem artroplastisinde ileri derecede kemik kaybı bulunan olgularda hem primer mekanik stabilite hem de uzun dönem biyolojik fiksasyon sağlamak amacıyla geliştirilmiş modern rekonstrüksiyon seçenekleridir. Bu yapılar, özellikle destek sistemleri ve metafizyel sleeve sistemlerinin yetersiz kaldığı geniş ve kompleks defektlerde önemli bir alternatif sunmaktadır.<sup>[26]</sup>

### Materyal Özellikleri ve Biyomekanik Avantajlar

Trabeküler metal implantlar, genellikle tantalum veya titanyum esaslı olup yüksek poroziteye (%70–80), birbirine bağlantılı gözenek yapısına ve süngerimsi kemiğe yakın elastik modüle sahiptir. Bu özellikler, implant-kemik arayüzünde yüksek sürtünme katsayısı sağlayarak primer stabiliteyi artırmakta ve osseointegrasyon desteklemektedir.<sup>[27,28]</sup> Ayrıca elastik modülün kortikal kemikten daha düşük olması, *stress shielding* etkisini azaltarak fizyolojik yük aktarımını mümkün kılar.

Konik yapılar ise metafizyel veya asetabular defektlerle *press-fit* prensibiyle yerleştirilerek geniş bir temas alanı üzerinden yük dağılımı sağlar. Bu yaklaşım, özellikle yapısal allogreftlere kıyasla daha öngörülebilir ve dayanıklı bir biyolojik fiksasyon sunmaktadır.<sup>[26,29]</sup>

### Diz artroplastisinde kullanım

Revizyon total diz artroplastisinde trabeküler metal koniler, sıklıkla AORI tip 2B ve tip 3 defektlerde tercih edilmektedir. Bu olgularda metafizyel kemik kaybı ileri düzeydedir ve implant stabilitesi için geniş yüzeyli bir destek gereklidir. Koniler, tibial veya femoral metafize yerleştirilerek implant ile kalan kemik arasında biyolojik bir köprü oluşturur.<sup>[30]</sup>

Literatürde trabeküler metal koni kullanılan diz revizyonlarında düşük aseptik gevşeme oranları ve tatmin edici fonksiyonel sonuçlar bildirilmiştir. Ayrıca, konilerin metafizel bölgede sağladığı stabilite sayesinde uzun diyafizer stem gereksiniminin azalabildiği gösterilmiştir.<sup>[27,30]</sup>

### Kalça artroplastisinde kullanım

Revizyon total kalça artroplastisinde trabeküler metal destekler ve konik yapılar, özellikle *Paprosky* tip III asetabular defektlerde önemli bir rol oynamaktadır. Bu yapılar ek olarak kap-kafes sistemleriyle kombine edilen trabeküler metal çözümler, pelvik devamsızlığın eşlik ettiği kompleks olgularda başarılı sonuçlar sunmaktadır.<sup>[28,31]</sup>

Trabeküler metal destekler, asetabular kenar ve kolon desteğini artırarak eklem merkezinin restorasyonuna olanak tanır. Orta ve uzun dönem takiplerde, bu sistemlerin yüksek implant sağkalım oranları ve düşük komplikasyon profili ile öne çıktığı bildirilmiştir.<sup>[29,31]</sup>

### Avantajlar ve sınırlılıklar

Trabeküler metal ve konik yapıların en önemli avantajı, geniş kemik-implant temas alanı sayesinde güvenilir biyolojik fiksasyon sağlaması ve yapısal allogreftlere kıyasla daha düşük başarısızlık oranlarına sahip olmasıdır. Ayrıca modüler yapıları, farklı defekt morfolojilerine uyarlanabilmelerine olanak tanır.<sup>[26,28]</sup>

Buna karşın, bu sistemler kemik stokunu biyolojik olarak yeniden kazandırmaz ve özellikle genç hastalarda uzun dönem revizyon olasılığı göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca implant maliyetleri ve intraoperatif teknik zorluklar, kullanımını sınırlayan faktörler arasında yer almaktadır.<sup>[30,31]</sup>

### GELECEK: YENİ İMPLANT TASARIMLARI VE KİŞİYE ÖZEL REKONSTRİKSİYONLAR

Revizyon eklem artroplastisinde kemik kaybı yönetimi, artan hasta sayısı ve giderek karmaşıklaşan defekt morfolojileri nedeniyle sürekli değişim göstermektedir. Güncel metal bloklar, metafizel sleeve ve trabeküler metal çözümleri birçok olguda başarılı sonuçlar sunmakla birlikte; ileri derecede kemik kaybı bulunan hastalarda hâlen standart ve evrensel bir yaklaşım olarak tanımlanmış değildir. Bu durum, geleceğe yönelik yeni implant tasarımları ve bireyselleştirilmiş rekonstrüksiyon stratejilerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.<sup>[32]</sup>

### Kişiye özel implantlar

Son yıllarda üç boyutlu görüntüleme ve üretim teknolojilerindeki gelişmeler, kişiye özel implantların revizyon

artroplastisinde kullanımını mümkün hâle getirmiştir. Özellikle ileri asetabular kemik kaybı ve pelvik devamsızlığın eşlik ettiği olgularda, hasta anatomisine özgü olarak tasarlanan monoblok veya triflange asetabular komponentler umut verici sonuçlar ortaya koymaktadır.<sup>[33]</sup> Bu implantlar, defekt morfolojisine birebir uyum sağlayarak primer stabiliteyi artırmakta ve yük dağılımını daha homojen hâle getirmektedir.

Erken ve orta dönem klinik sonuçlar, kişiye özel implantların fonksiyonel iyileşme ve implant sağkalımı açısından geleneksel rekonstrüksiyon yöntemleriyle karşılaştırılabilir düzeyde olduğunu göstermektedir. Ancak yüksek maliyet, uzun üretim süresi ve sınırlı uzun dönem verileri bu yaklaşımın yaygın kullanımını kısıtlayan başlıca faktörlerdir.<sup>[34]</sup>

### Üç boyutlu baskı ve yeni materyaller

Üç boyutlu baskı teknolojileri, trabeküler yapıya sahip implantların üretiminde önemli bir rol oynamaya başlamıştır. Üç boyutlu baskılı poröz titanyum implantlar, gözenek boyutu ve geometrisinin kontrollü şekilde ayarlanabilmesine olanak tanıyarak osseointegrasyon optimize etmeyi hedeflemektedir.<sup>[35]</sup> Bu teknoloji sayesinde, hem standart hem de kişiye özel implantların biyomekanik özellikleri daha fizyolojik hâle getirilebilmektedir.

Ayrıca yüzey modifikasyonları, biyolojik kaplamalar ve osteoindüktif ajanlarla zenginleştirilmiş implant yüzeyleri, kemik-implant etkileşimini güçlendirmeye yönelik gelecek vadeden yaklaşımlar arasında yer almaktadır.<sup>[36]</sup>

### Biyolojik ve rejeneratif yaklaşımlar

Gelecekte kemik kaybı yönetiminde yalnızca mekanik rekonstrüksiyon değil, aynı zamanda biyolojik restorasyon da önemli bir hedef hâline gelmektedir. Hücresel tedaviler, büyüme faktörleri ve biyomateryallerin kombinasyonu ile kemik rejenerasyonunun desteklenmesi, özellikle genç hastalarda kemik stokunun korunması açısından büyük potansiyel taşımaktadır.<sup>[37]</sup>

Ancak bu yaklaşımların klinik kullanıma girmesi için güvenlik, etkinlik ve uzun dönem sonuçlara ilişkin daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

### Geleceğe bakış

Gelecek yıllarda revizyon eklem artroplastisinde kemik kaybı yönetiminin; standart implantlardan kişiye özel çözümlere, mekanik rekonstrüksiyondan biyolojik iyileşmeye doğru evrileceği öngörülmektedir. Cerrahi planlamanın hasta bazlı yapılması, ileri görüntüleme teknikleri ve dijital cerrahi planlama araçlarının rutin kullanımı ile desteklenecektir.<sup>[32,35]</sup>

Bu gelişmeler doğrultusunda, metal bloklar, metafizyel sleeve ve trabeküler metal tekniklerinin yerini tamamen almasa da bu yöntemleri tamamlayan ve belirli hasta gruplarında üstünlük sağlayan yeni rekonstrüksiyon stratejilerinin klinik pratiğe daha fazla entegre edilmesi beklenmektedir.

## SONUÇ

Revizyon eklem artroplastisinde kemik kaybı, cerrahi planlamayı doğrudan etkileyen ve implant sağkalımını belirleyen en kritik faktörlerden biridir. Kemik kaybının doğru değerlendirilmesi ve uygun sınıflandırma sistemleriyle tanımlanması, rekonstrüksiyon stratejisinin başarısı açısından vazgeçilmezdir. Bu bağlamda; augmentasyon, metafizyel sleeve ve trabeküler metal teknikleri; kemik kaybının derecesine, lokalizasyonuna ve hastaya özgü faktörlere göre seçilmesi gereken tamamlayıcı yaklaşımlar olarak öne çıkmaktadır.

Blok sistemleri, orta dereceli ve sınırlanamayan defektlerde pratik ve öngörülebilir çözümler sunarken; ileri metafizyel kemik kaybı bulunan olgularda metafizyel sleeve sistemleri daha güvenilir biyolojik fiksasyon sağlamaktadır. Trabeküler metal ve konik yapılar ise geniş ve kompleks defektlerde, özellikle yapısal allogreftlerin yetersiz kaldığı durumlarda, yüksek primer stabilite ve uzun dönem implant sağkalımı açısından önemli avantajlar sunmaktadır.

Bununla birlikte, revizyon artroplastisinde kemik kaybı yönetimine yönelik tek bir evrensel çözüm bulunmamaktadır. Defektin morfolojisi, kalan kemik stokunun kalitesi, hastanın yaşı ve fonksiyonel beklentileri, rekonstrüksiyon tekniğinin seçiminde belirleyici olmaya devam etmektedir. Güncel yaklaşımların başarısı, cerrahın bu yöntemleri doğru endikasyonla ve gerektiğinde kombine şekilde kullanabilmesine bağlıdır.

Gelecekte üç boyutlu baskı teknolojileri, kişiye özel implant tasarımları ve biyolojik rejeneratif yaklaşımların klinik uygulamaya daha fazla entegre edilmesiyle kemik kaybı yönetiminin daha bireyselleştirilmiş ve sürdürülebilir çözümler sunması beklenmektedir. Bu gelişmeler, mevcut tekniklerin yerini tamamen almaktan ziyade, uygun hasta gruplarında bu yöntemleri tamamlayarak revizyon eklem artroplastisinde daha başarılı ve uzun ömürlü sonuçların elde edilmesine katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Ryan SP, Stambough JB, Huddleston JI 3<sup>rd</sup>, Levine BR. Highlights of the 2023 American Joint Replacement Registry Annual Report. *Arthroplast Today* 2024;26:101325. [Crossref](#)

2. Sloan M, Premkumar A, Sheth NP. Projected volume of primary total joint arthroplasty in the U.S., 2014 to 2030. *J Bone Joint Surg Am* 2018;100(17):1455-60. [Crossref](#)
3. Sheth NP, Nelson CL, Springer BD, Fehring TK, Paprosky WG. Acetabular bone loss in revision total hip arthroplasty: Evaluation and management. *J Am Acad Orthop Surg* 2013;21(3):128-39. [Crossref](#)
4. Roach RP, Clair AJ, Behery OA, Thakkar SC, Iorio R, Deshmukh AJ. Aseptic loosening of porous metaphyseal sleeves and tantalum cones in revision total knee arthroplasty: A systematic review. *J Knee Surg* 2021;34(10):1033-41. [Crossref](#)
5. Engh GA, Ammeen DJ. Bone loss with revision total knee arthroplasty: Defect classification and alternatives for reconstruction. *Instr Course Lect* 1999;48:167-75.
6. Rodríguez-Merchán EC, Gómez-Cardero P, Encinas-Ullán CA. Management of bone loss in revision total knee arthroplasty: Therapeutic options and results. *EFORT Open Rev* 2021;6(11):1073-86. [Crossref](#)
7. Morgan-Jones R, Oussedik SI, Graichen H, Haddad FS. Zonal fixation in revision total knee arthroplasty. *Bone Joint J* 2015;97-B(2):147-9. [Crossref](#)
8. Bloch BV, Khasanov A, Evans JT. Metaphyseal fixation using sleeves in revision total knee arthroplasty. *Bone Joint J* 2020;102-B(9):1169-77.
9. Sanghavi SA, Paprosky WG, Sheth NP. Evaluation and management of acetabular bone loss in revision total hip arthroplasty: A 10-year update. *J Am Acad Orthop Surg* 2024;32(10):e466-e75. [Crossref](#)
10. De Martino I, Strigelli V, Cacciola G. Custom triflange acetabular components. *Bone Joint J* 2019;101-B(4):388-95.
11. Scuderi GR, Weinberg ME, Dennis DA, Peters CL, Taunton MJ, Mont MA. Classifying bone loss in failed stemmed total knee arthroplasty: Determining reliability. *J Arthroplasty* 2023;38(6S):S266-S70. [Crossref](#)
12. Paprosky WG, Perona PG, Lawrence JM. Acetabular defect classification and surgical reconstruction in revision arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1994;(298):81-94.
13. Hockman DE, Ammeen D, Engh GA. Augments and allografts in revision total knee arthroplasty: Usage and outcome using one modular revision prosthesis. *J Arthroplasty* 2005;20(1):35-41. [Crossref](#)
14. Kamath AF, Lewallen DG, Hanssen AD. Porous tantalum metaphyseal cones for severe tibial bone loss. *J Bone Joint Surg Am* 2015;97(3):216-23. [Crossref](#)
15. Abolghasemian M, Tangsataporn S, Sternheim A, Backstein D, Safir O, Gross AE. Combined trabecular metal acetabular shell and augment for acetabular revision with substantial bone loss: A mid-term review. *Bone Joint J* 2013;95-B(2):166-72. [Crossref](#)
16. Bieganowski T, Buchalter DB, Singh V, Mercuri JJ, Aggarwal VK, Rozell JC, et al. Bone loss in aseptic revision total knee arthroplasty: Management and outcomes. *Knee Surg Relat Res* 2022;34(1):30. [Crossref](#)

17. Meneghini RM, Lewallen DG, Hanssen AD. Use of porous tantalum metaphyseal cones for severe tibial bone loss during revision total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am* 2008;90(1):78-84. [Crossref](#)
18. Weeden SH, Schmidt RH. The use of tantalum porous metal implants for Paprosky 3A and 3B defects. *J Arthroplasty* 2007;22(6 Suppl 2):151-5. [Crossref](#)
19. Howard JL, Kudera J, Lewallen DG, Hanssen AD. Early results of the use of tantalum femoral cones for revision total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93(5):478-84. [Crossref](#)
20. Chalmers BP, Desy NM, Pagnano MW, Trousdale RT, Taunton MJ. Survivorship of metaphyseal sleeves in revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2017;32(5):1565-70. [Crossref](#)
21. Long WJ, Scuderi GR. Porous tantalum cones for large metaphyseal tibial defects in revision total knee arthroplasty: A minimum 2-year follow-up. *J Arthroplasty* 2009;24(7):1086-92. [Crossref](#)
22. Megaloikononimos PD, AlShehri Y, Garbuz DS, Howard LC, Neufeld ME, Masri BA. Metaphyseal fixation in revision total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2025;107(11):1265-75. [Crossref](#)
23. Tanzer M, Chuang PJ, Ngo CG, Song L, TenHuisen KS. Characterization of bone ingrowth and interface mechanics of a new porous 3D printed biomaterial: An animal study. *Bone Joint J* 2019;101-B(6 Suppl B):62-7. [Crossref](#)
24. Alexander GE, Bernasek TL, Crank RL, Haidukewych GJ. Cementless metaphyseal sleeves used for large tibial defects in revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2013;28(10):1542-8. [Crossref](#)
25. Haidukewych GJ, Hanssen A, Jones RD. Metaphyseal fixation in revision total knee arthroplasty: Indications and techniques. *J Am Acad Orthop Surg* 2011;19(6):311-8. [Crossref](#)
26. Lachiewicz PF, Watters TS. Porous metal metaphyseal cones for severe bone loss. *J Bone Joint Surg Br* 2014;96-B(Suppl A):118-21. [Crossref](#)
27. Zardiackas LD, Parsell DE, Dillon LD, Mitchell DW, Nunnery LA, Poggie R. Structure and mechanical properties of porous tantalum. *J Biomed Mater Res* 2001;58(2):180-7. [Crossref](#)
28. Bobynd JD, Stackpool GJ, Hacking SA, Tanzer M, Krygier JJ. Bone ingrowth characteristics of porous tantalum. *J Bone Joint Surg Br* 1999;81(5):907-14. [Crossref](#)
29. Amenabar T, Rahman WA, Hetaimish BM, Kuzyk PR, Safir O, Gross AE. Promising mid-term results with a cup-cage construct for large acetabular defects and pelvic discontinuity. *Clin Orthop Relat Res* 2016;474(2):408-14. [Crossref](#)
30. Jaibaji M, Sohatee M, Volpin A, Konan S. Metaphyseal fixation in revision knee arthroplasty: A systematic review of the literature and meta-analysis of mid-long-term outcomes of metaphyseal sleeves and cones. *Acta Orthop Belg* 2022;88(3):617-627. [Crossref](#)
31. Chaudhry F, Daud A, Greenberg A, Braunstein D, Safir OA, Gross AE, et al. Cup-cage constructs in revision total hip arthroplasty for pelvic discontinuity. *Bone Joint J* 2024;106-B(5 Supple B):66-73. [Crossref](#)
32. Koerling AL, Grewal US, Stott P. A systematic review of custom 3D-printed acetabular components in revision arthroplasty for the management of extensive acetabular defects. *J Clin Orthop Trauma* 2024;62:102869. [Crossref](#)
33. Meding JB, Meding LK. Custom triflange acetabular implants: Average 10-year follow-up. *J Arthroplasty* 2023;38(7S):S201-S5. [Crossref](#)
34. Berasi CC IV, Berend KR, Adams JB, Ruh EL, Lombardi AV Jr. Are custom triflange acetabular components effective for reconstruction of catastrophic bone loss? *Clin Orthop Relat Res* 2015;473(2):528-35. [Crossref](#)
35. Wang R, Ni S, Ma L, Li M. Porous construction and surface modification of titanium-based materials for osteogenesis: A review. *Front Bioeng Biotechnol* 2022;10:973297. [Crossref](#)
36. Li J, Zheng Y, Yu Z, Kankala RK, Lin Q, Shi J, et al. Surface-modified titanium and titanium-based alloys for improved osteogenesis: A critical review. *Heliyon* 2023;9(12):e23779. [Crossref](#)
37. De Pace R, Molinari S, Mazzoni E, Perale G. Bone regeneration: A review of current treatment strategies. *J Clin Med* 2025;14(6):1838. [Crossref](#)