



Günümüzde total diz artroplastisinde uygulanan çimentolama yöntemleri

Current cementing methods in total knee arthroplasty

Çağrı Örs, Yaman Sarpel

Özel Ortopedia Hastanesi, Diz ve Spor Cerrahisi Bölümü, Adana

Total diz protezi ameliyatı son dönem diz artrit (gonartroz) olan hastaların tedavisinde uzun yıllardır başarı ile uygulanan bir yöntemdir. Cerrahinin başarısını, komponentlerin tespit gücünü ve protez sağkalımını arttırmak için birçok çimentolama yöntemi kullanılmıştır. Yıllar içerisinde, çimentolama yöntemi ve tekniği teknolojik gelişmeler ve değişiklikler göstermiştir. Ancak, total diz protezi cerrahisinde optimum çimentolama tekniği halen tartışmalıdır. Çimentolama tekniği, uygulanan çimento miktarı, çimento penetrasyon derinliği ve uygulama öncesi yapılan kemik yüzey hazırlıkları, cerrahin tercihine bağlıdır ve dolayısıyla çok geniş bir perspektifte çeşitlilik gösterir. Klinik ve deneysel çalışmalar sonucunda birçok teknik önerilmiş ve çelişkili sonuçlar ortaya çıkmıştır. Genel görüş olarak; kemik yüzey hazırlığının titiz yapılması ve yeterli çimento penetrasyonu, komponent tespiti için önemli parametrelerdir. Erken implant tespitindeki yetersizlikler, primer total diz protezi başarısızlığının en önemli ve en sık nedeni olan aseptik gevşemeye yol açmaktadır. Bu derleme makalede, güncel çimento uygulamaları ve uygulama tekniklerinin klinik ve deneysel sonuçlarını inceleyerek, güncel çimentolama yöntemlerini değerlendirmeyi amaçladık. Total diz protezi cerrahisinde tibial ve femoral komponent tespiti için kemik yüzey hazırlığını, tespit artırıcı yöntemleri, çimento uygulamada kolaylık sağlayan tekniklerin sonuçlarını, güncel literatür eşliğinde değerlendirdik.

Anahtar sözcükler: total diz protezi; çimentolama; pulsatil lavaj; çimento penetrasyonu; protez tespit

Total knee arthroplasty surgery has been successfully applied for many years in the end-stage treatment of patients with last stage knee arthritis (gonarthrosis). A number of cementing methods have been used to increase prosthesis survival, success of the surgery, and for the strong fixation of components. Over the years, the methods and techniques of cementing have shown technological improvements and changes. However, optimum technique of cementing is still controversial among total knee arthroplasty surgeons. Cementation technique, amount of cement applied, depth of cement penetration, and bone surface preparations made before application depend on the preferences of the surgeon, and therefore, show a wide range of variation. As a result of many clinical and experimental studies, many techniques have been proposed and conflicting outcomes observed. As a general view: careful preparation of the bone surface and adequate cement penetration are important parameters for component fixation. Inefficiencies in the early implant fixation lead to aseptic loosening, which is the most important and frequent cause of primary total knee arthroplasty failure. In this review article, we aimed to evaluate the current cementing methods applied by examining the clinical and experimental results of current cementing applications and techniques. We evaluated the results of bone surface preparation, fixation enhancing methods, cement application and ease of application for tibial and femoral component fixation in total knee arthroplasty, in the context of current literature.

Key words: total knee prosthesis; cementation; pulsatile lavage; cement penetration; prosthesis fixation

Total diz protezi (TDP) ameliyatı, ileri derecede diz artrit olan ve ameliyatsız tedavilerden yarar görmemiş hastalarda, ağrıyı azaltan ve diz fonksiyonlarını iyileştiren etkili bir cerrahidir. Diz protezi komponent tespitinde polimetilmetakrilat (PMMA) uzun yıllardır başarılı bir şekilde uygulanmış ve halen uygulanmaya devam etmektedir. Uzun dönem

takiplerde, mekanik yetmezliklere (osteoliz) bağlı revizyonlar da değerlendirildiğinde, %95'in üzerinde TDP sağkalımları elde edilmiştir.^[1,2]

Çimentolu TDP uygulamalarının yanı sıra çimentosuz TDP uygulamaları ve bunun da ötesinde hibrid TDP uygulamaları mevcuttur.^[3] Çimentosuz TDP tespitleri daha az güvenilir bulunmuş ve pratik uygulamada



Şekil 1. Karakteristik başarısızlık paterni; şırınga lavaj uygulaması (a), pulsatil lavaj uygulaması (b).^[14]

daha az yer bulmuştur. Bunun yanı sıra daha az oranda, çimentolu ve çimentosuz TDP tespitlerinde protez tasarımına bağlı başarısızlıklar dışlandığında, her iki yöntemle de benzer başarılı sağkalım sonuçları elde edilen çalışmalar da mevcuttur.^[4] Ritter ve Meneghini, 20 yıllık takipte 73 çimentosuz TDP uygulamasında, sadece iki hastada aseptik gevşemeye bağlı tibial komponent başarısızlığı bildirmişlerdir.^[5]

Çimentolu TDP uygulaması, halen ortopedik cerrahların en sık uyguladığı artroplasti cerrahisidir. Bu sık uygulanan cerrahi işlem, yıllar içerisinde gerek implant teknolojisinde, gerek çimento teknolojisinde gerekse de uygulanan cerrahi tekniklerde birçok gelişme ve değişiklikler göstermiştir.

Çimento uygulaması, çimento miktarı, çimento uygulaması öncesi hazırlık, penetrasyon miktarı ve çimentolama teknikleri, cerrahın tercihiyle bağlı olarak geniş bir perspektifte çeşitlilik içermektedir.^[6]

KEMİK YÜZEY HAZIRLIĞI

TDP sonrası komponentlerin aseptik gevşemesi, cerrahi başarısızlık ve revizyon cerrahisinin önemli nedenlerindedir. TDP sonrası en sık gevşeme tibial tarafta görülür.^[7] Bu komplikasyonlar ile baş etmek için, TDP cerrahisinde tibial komponent tespitinde sıklıkla çimento kullanılır.^[1-3] Tibial komponentte çimento, tespit gücünü arttıracak şekilde kullanılmalıdır. Tespitin gücü, kemik kalitesiyle birlikte, çimento penetrasyon derinliğiyle de ilişkilidir. Birçok çalışmada

yazarlar, 3–4 mm'lik çimento penetrasyonunu kemik-çimento ara yüzü direnci için yeterli görmüştür.^[8-10] Bunun yanı sıra, tibial komponentte çimento tespit gücünü yükseltmek için 1,1–5,6 mm arasında uygulanan çimento penetrasyonunun benzer biyomekanik stabilite gösterdiğini savunan, kadavra üzerinde yapılmış biyomekanik çalışmalar da mevcuttur.^[11] Yeterli çimento penetrasyonu için, kemik yüzey hazırlığı birincil önem arz etmektedir. Uygun proksimal tibial kesi sonrası kemik, maksimum stabilizasyon elde etmek için hazırlanmalıdır. Tibial plato üzerindeki bütün kemik debrisler, kan ve yumuşak dokular, kansellöz kemik üzerinden temizlenmelidir. Yaptıkları deneysel çalışmada Majkowski ve Bannister, stimüle edilmiş kanamanın, çimento penetrasyon derinliği üzerinde olumsuz etkilerini tespit etmişlerdir.^[12]

Pulsatil lavaj, el ile veya şırınga yardımıyla yapılan irrigasyondan çok daha iyi bir debridman sağlar. Basınçlı yıkama, basınçlı çimento tabancası veya geleneksel el ile çimento uygulaması ile kansellöz kemikte çimento penetrasyonunun arttırıldığı gösterilmiştir.^[13] Pulsatil lavaj kullanılarak yapılan yüzey irrigasyonunun, tibial komponent tespit kuvvetini arttırdığı gösterilmiştir (Şekil 1). Schlegel ve ark., pulsatil lavaj ile irrigasyonun TDP uygulamasında zorunlu ve önemli bir hazırlık aşaması olduğunu belirtmişlerdir.^[14]

Debris ve kandan temizlenmiş, protez uygulanacak kemik yüzeyler, aspirasyon ve kuru gazlı bez yardımıyla kurutularak çimento uygulamasına hazır hale getirilmelidir.^[13]

TDP'de femoral tarafta daha az sıklıkla tespit yeterliliği ve aseptik gevşemeyle karşılaşılsa da kemik yüzey hazırlığı özenli yapılmalıdır. Uygun femoral kesilerden sonra, basınçlı yıkama ile spongiyöz kemik yüzeyler debris ve kandan arındırılmalıdır. Femur distal ve anterior yüzey temizliği yeterli olsa da, posterior kesi yüzeyi irrigasyonu zorluk içerebilir ve yetersiz yapılabilir. Böyle bir durumda, özellikle posterior stabilize bir TDP implantı için, yetersiz çimento penetrasyonu, tespit yetersizliği ve sonuç olarak erken femoral komponent gevşemesi görülebilir.^[15]

Cerrahi işleme başlarken veya çimento uygulama başlangıcından önce turnike işlemi uygulanması, komponent tespitini arttırmaya yardımcı olur. Çimento uygulaması öncesi turnike uygulaması, kanamayı minimize ederek, komponent tespitini güçlendirir.^[12]

Yapılan biyomekanik çalışmalarda, kansellöz kemikte çimento penetrasyonunun daha başarılı olduğu gösterilmiştir.^[11] Artritlik eklemlerin bir komponenti olarak gelişen subkondral skleroz, yüzeyde çimento penetrasyonunu ve dolayısıyla komponent tespitini olumsuz etkiler. TDP cerrahisi sırasında çoğu zaman tibia mediyal platoda, daha az sıklıkla femoral yüzde sklerotik kemik ile karşılaşılabilir. Sklerotik kemiğe çoklu delikler açarak çimento penetrasyonu artırılabilir. Yapılan karşılaştırmalı klinik çalışmada, 4,5 mm çaplı *drill* ile 5 mm'lik aralıklar ve 4 mm'lik derinlikte yapılan çoklu drilleme yönteminin, düşük çaplı yöntemle daha iyi çimento penetrasyonu sağladığı ve daha az radyolüsen hat oluşumu gösterdiği belirtilmiştir.^[16]

ÇİMENTO UYGULAMASI

Günümüzde, TDP cerrahisinde en ideal çimento uygulama yöntemleri halen tartışmalıdır. Özellikle tibial tarafta çimento uygulama yöntemleri üzerinde konsensus yoktur.^[6]

Uygun kemik kesiler yapıldıktan ve sklerotik kemik yüzeyler uygun çimento penetrasyonu için hazırlandıktan sonra, basınçlı yıkama yöntemleri ile kemik hazırlığı yapılır. Yıkama sonrası kuru gazlı bez yardımıyla yüzey kurutulduktan sonra, manuel yöntemlerle veya vakumlu karıştırıcılar kullanılarak çimento hazırlığı yapılır ve uygulamaya geçilir.^[13]

Uzun yıllardır, PMMA çimento uygulaması artroplastik cerrahileri için kilit rol oynamaktadır. PMMA, yüzeye kolay uygulanarak, kemik ve implant arasında güçlü bağlantı kurar ve yükü kemiğe dağıtır. Birçok çalışmada, 3-4 mm'lik çimento penetrasyonunun sağlam komponent tespiti için yeterli olduğu savunulmuştur.^[8-10]

Tibial yüzey hazırlığı sonrası, cerrahin tercihinine ve tecrübesine bağlı olarak, farklı çimento uygulama yöntemleri kullanılabilir. Bunlardan bazıları; 1) sadece tibial

komponent yüzeyinin altına çimento uygulaması, 2) tibial komponentin yüzeyine ve steme çimento uygulaması, 3) sadece tibial plato kemik yüzeyine çimento uygulaması ve 4) hem tibial komponent yüzeyine hem de kemik yüzeye, her ikisine birden çimento uygulamasıdır. Bu yöntemlerin kadavra üzerinde yapılan deneysel çalışmasında, radyolojik penetrasyon miktarları ve biyomekanik çekme testlerinde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmada ve daha önceki çalışmalarda da özellikle, uygulama yönteminden ziyade basınçlı yıkama ile yapılan yüzey hazırlığının önemi vurgulanmıştır.^[14,17]

Uygun femur kesileri tamamlandıktan ve spongiyöz yüzey temizliği ve kurutulması yapıldıktan sonra femoral komponent tespitinde çimento uygulaması, uzun yıllardır başarı ile uygulanan ve başarılı uzun dönem sağkalım sonuçları olan bir yöntemdir. Yakın zamanda çimentosuz femoral komponent tespit uygulamaları, çimentolu uygulamalarla benzer sonuçlar gösterse de yaygın olan eğilim çimentolu tespitten yanadır.^[18-20]

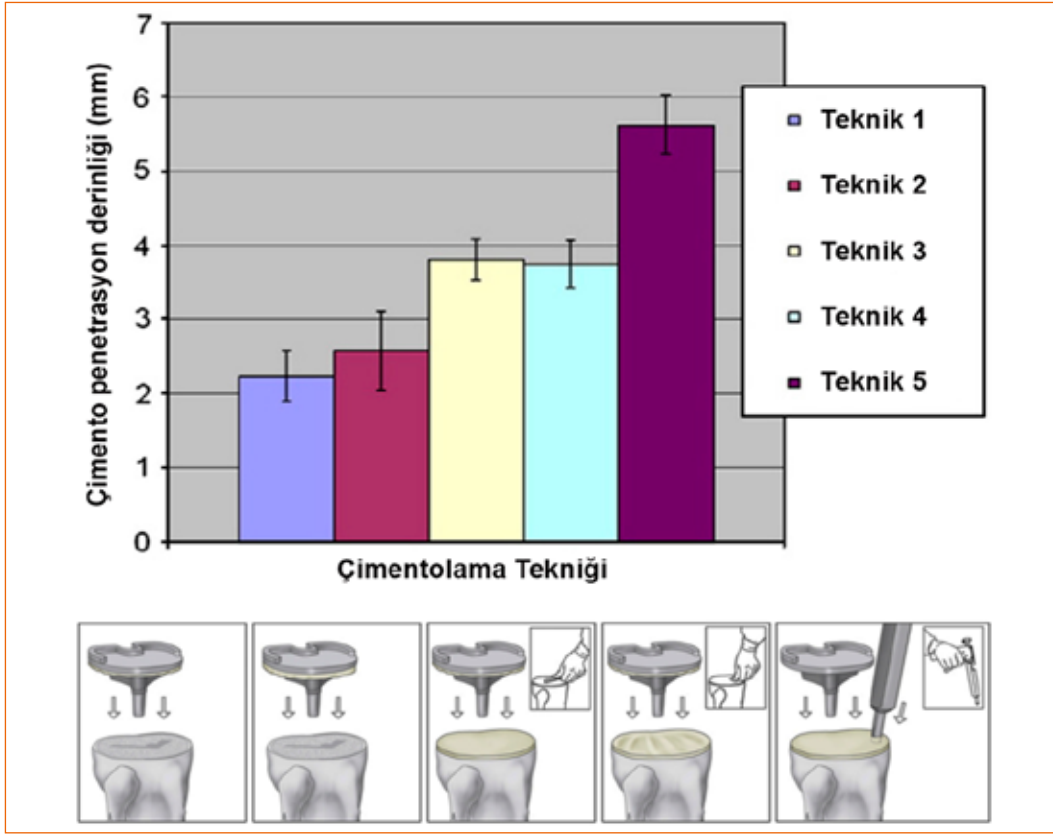
TDP tamamı çimentolu komponent uygulamalarında uzun dönem sağkalım süreleri ve başarılı klinik sonuçlar bildirilmiştir. Bunun yanı sıra, başarılı hibrid çimentosuz TDP uygulamaları bildirilmiş olup, en büyük endişe tibial komponent komplikasyonları üzerinde olmuştur.^[21]

Hibrid çimentosuz TDP uygulamalarında, femoral komponent çimentosuz uygulamaya daha uygun gibi görülmektedir. Yapılan bir randomize kontrollü çalışmada, femoral komponent çimento uygulamasının radyolojik ve klinik bir avantajı olmadığı görülmüştür.^[18]

Femoral komponent çimento uygulaması; 1) femoral kesi yüzeyine uygulama, 2) femoral komponent yüzeyine uygulama veya 3) her iki yüzeye birlikte uygulama şeklinde, basınçlı çimento tabancasıyla veya parmak ile uygulanabilir.

Femoral distal ve anterior kesi yüzeyiyle birlikte komponent posterioruna çimento uygulaması ile femoral yüzey ve birlikte bütün femoral komponent yüzeylerine çimento uygulamasının birlikte uygulandığı iki çimento uygulama yönteminin karşılaştırıldığı klinik çalışmada, 486 hasta minimum beş yıl süreyle takip edilmiştir. Klinik ve radyolojik takiplerde, basınçlı olarak her iki yüzeye çimento uygulamasında femoral komponentlerin erken gevşeme ve revizyon oranlarının daha düşük olduğu gösterilmiştir.^[22]

Femoral çimentolamada, posterior kondiller yüzeylerde zayıf çimentolama tekniğine bağlı erken gevşeme ile karşılaşılabilir. Posterior femoral kondilin, gerek basınçlı yıkama ile yüzey hazırlığının yapılmasındaki zorluklardan gerekse implantasyona paralel yüzeyde olmasından dolayı, çimentolama ile ilgili bazı sorunlarla ve buna bağlı komponent tespitinde başarısızlıklarla karşılaşılabilir.^[15] Posterior kondil çimentolaması için



Şekil 2. Beş farklı çimentolama yöntemi ve ortalama çimento penetrasyon derinliği (Teknik 1, tibial komponentin alt yüzeyine 10 g çimento uygulaması; Teknik 2, tibial komponentin alt yüzeyine 20 g çimento uygulaması; Teknik 3, tibial komponentin alt yüzeyine ve tibia'nın kemik yüzeyine eşit miktarda spatulayla 20 g çimento uygulaması; Teknik 4, tibial komponentin alt yüzeyine ve tibia'nın kemik yüzeyine eşit miktarda parmak basıncıyla 20 g çimento uygulaması; Teknik 5, çimento tabancasıyla tibia kemik yüzeyine 20 g çimento uygulaması).^[26]

basıncı 65° sabit açılı enjektör kullanılarak ve kullanılmadan çimento tabancasıyla çimento uygulama tekniğinin karşılaştırıldığı deneysel çalışmada; basınçlı enjeksiyon yapılan grupta, tüm yüzeylerde daha fazla çimento penetrasyonu gözlenmiştir. Fakat görsel ve radyolojik değerlendirmede, iki teknik arasında anlamlı fark tespit edilmemiştir.^[15]

ÇİMENTOLAMA TEKNİĞİ

Çimentolama tekniğiyle birlikte, çimento penetrasyonu TDP'de implant stabilitesi için çok önemli bir rol oynamaktadır.^[23-25] Çimento uygulaması, yıllar içerisinde değişiklikler ve ilerlemeler göstermiş birçok farklı teknikte yapılabilir. Çimento uygulaması; parmak ile manuel olarak, parmak basıncı uygulanarak, spatula yardımıyla veya basınçlı çimento tabancası kullanılarak, düşük viskoziteli olarak yapılabilir. Bu yöntemlerin sonuçları tartışmalıdır ve üzerinde bir konsensus oluşmamıştır.

Vanlommel ve ark., osteoporotik kemik modelleri üzerinde yaptıkları çalışmada, beş farklı çimento uygulama yöntemini karşılaştırmışlardır. Sadece tibial komponent yüzeyine çimento uygulamasının yetersiz (2-3 mm), çimento tabancası ile ise çok fazla çimento penetrasyonu (5-6 mm) olduğunu; hem tibial komponent hem de tibial kemik yüzeyine parmak basıncı ile çimento uygulamasının optimal çimento penetrasyonu (3-4 mm) sağladığını göstermişlerdir (Şekil 2).^[26]

TDP'de vakumlu karıştırıcı ve tabancalı basınçlı çimento uygulaması (Şekil 3) ile elle karıştırılıp manuel çimento uygulama yöntemlerinin karşılaştırıldığı geriye dönük çalışmada; tabancalı basınçlı çimento uygulaması yapılan grupta femur ön-arka planda 7. bölgede ve tibia yan planda 2. bölgede daha iyi çimento penetrasyonu izlenmesine rağmen, benzer sonuçlar görüldüğü belirtilmiştir. Bunun yanı sıra, tabancalı ve basınçlı çimento uygulanan grupta turnike süresi ve operasyon süresi anlamlı oranda daha uzun olmuştur. Vakumlu



Şekil 3. Vakumlu çimento karıştırıcı ve basınçlı çimento tabancası.

karıştırma ve tabancalı basınçlı uygulama yönteminin, bariz bir avantajı olmasa da, uzun dönem takiplerinin yapılması gerektiği bildirilmiştir.^[27]

Tibial ve femoral komponentler yerleştirildikten sonra deneme *insert*'i uygulanır ve artık çimentolar kemik yüzeylerden sıyrılarak temizlenir. Proksimal yönde, ekstremitelere uzun aksına uygun direkt kuvvet uygulanır ve çimentonun tam olarak sertleşmesi beklenir.^[15]

Çimento sertleştirme işlemi çoğu zaman tek basamaklı yapılır.^[19] Buna rağmen, erken çimento sertleşmesi veya cerrahi teknik gecikmelerin olduğu durumlarda, tibia ve femur için ayrı ayrı olarak, iki basamaklı uygulama yapılabilir.

RADYOLOJİK DEĞERLENDİRME

TDP sonrası çekilen direkt grafilerde tespit edilen, 2 mm'nin altındaki ve ilerleyici olmayan radyolüsen hatlar, çoğu zaman klinik sonuçlarla ilişkili değildir ve revizyon kararı aldırarak bir neden de değildir.^[20,23,28] Tibial komponentte ilerleyici olmayan radyolüsen hatlar, çoğu zaman yetersiz çimento penetrasyonu olan sklerotik kemiklerden kaynaklanır ve bu da komponent tespitini etkilemez.^[20]

Fakat, implant-kemik ara yüzüne eklem sıvısı sızması veya debris girmesine bağlı, protezde aseptik gevşeme meydana gelebilir. Femoral komponent gevşemesi gibi ikincil durumlarda da, agresif bir osteoliz gerçekleşip, hızlı aşınma sürecine ve ilerleyici radyolüsen hat gelişimine neden olan, ikinci tip radyolüseni geliştirebilir ki, bu durumda çoğu zaman revizyon ihtiyacı duyulur.^[20]

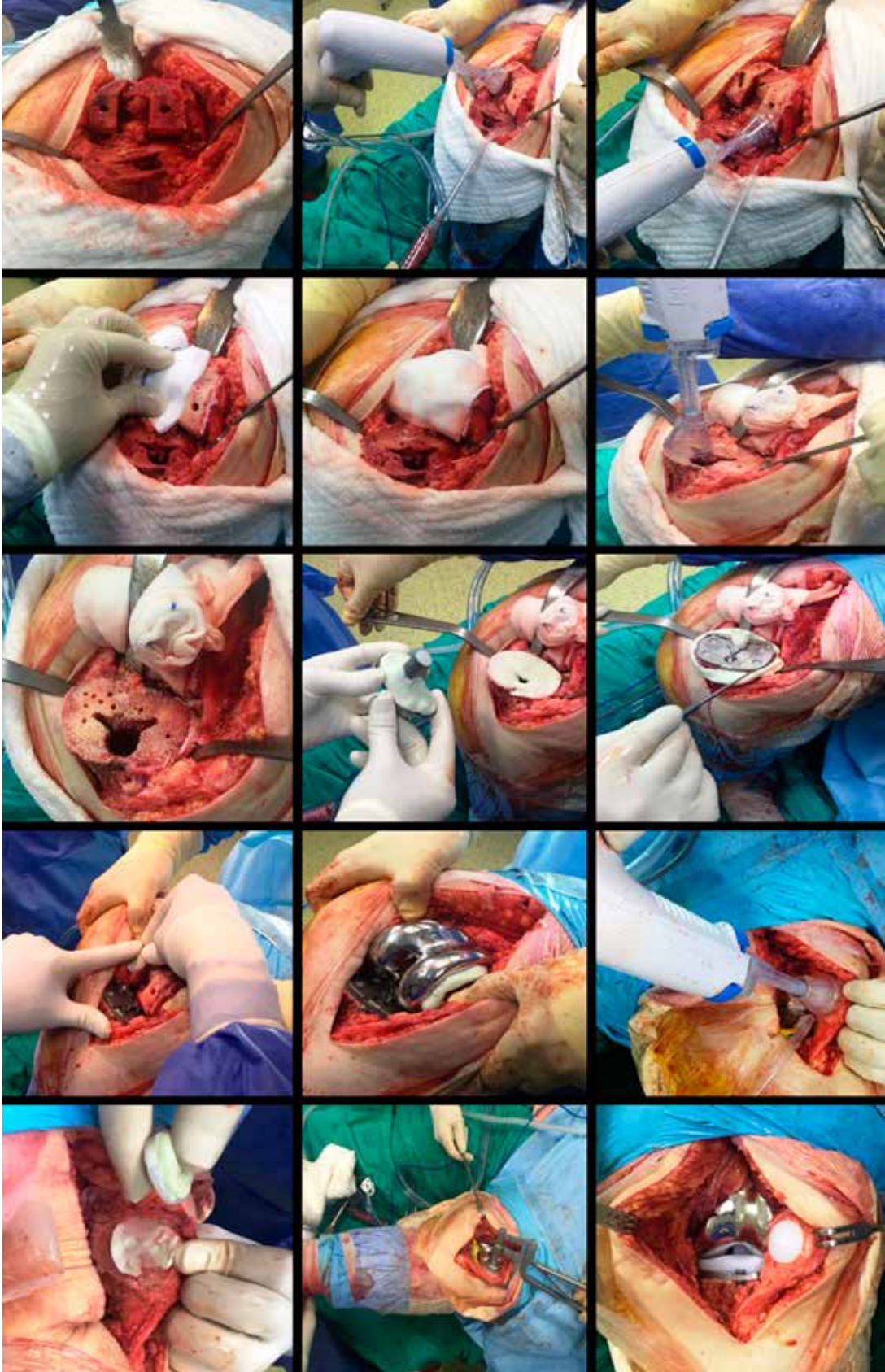
TDP'de radyolüseni ile çimentolama tekniği arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için yapılan ileriye dönük çalışmada, üç farklı çimentolama tekniği

karşılaştırılmıştır. Birinci grupta enjektör yardımıyla irri-gasyon ve elle çimento, ikinci grupta yüksek basınçlı ve volümlü irri-gasyon ile elle çimento ve üçüncü grupta ise yüksek basınçlı ve volümlü irri-gasyon ve düşük viskoziteli basınçlı enjeksiyon ile çimento uygulanan 221 hasta (363 TDP) çalışmaya dahil edilmiştir. Bu çalışmada, basınçlı yıkama ile yapılan uygun yüzey hazırlığı ve basınçlı çimento uygulamasının radyolüsen hat oluşumunu azalttığı gösterilmiş, fakat radyolüsen hatlar direkt olarak başarısızlıkla ilişkilendirilememiştir.^[29] TDP'de çimento uygulamasında, kemik yüzeylerin basınçlı yıkama ve kurutulması sonrası basınçlı çimento uygulanması, çimento penetrasyonunu artırarak radyolüsen oluşumu azalttığı için şiddetle önerilmektedir.^[29]

CERRAHİN TERCİHİ

Biz TDP'de, kısmi turnike uygulaması ile sadece çimentolama öncesi turnike uygulaması yapıyoruz. Diz tam fleksiyonda cerrahiye başlıyoruz. Diz açılımı sonrası kemik kesileri tamamladıktan sonra deneme protezi uyguluyor ve uygun kontrollerden sonra, bacak elevasyonda esmark (*Esmarch*) bandajı uygulayıp turnikeli şifiriyoruz.

Önce femoral yüzeylere, kemik debris ve kanı temizlemek için yüksek basınçlı yıkama tabancası ile irri-gasyon ve debridman yapıyoruz. Özellikle posterior kesi yüzeyini; yeterli oranda irri-gasyon uygulayıp uygulamadığımızı kontrol ediyoruz. Kuru gazlı bezler yardımıyla yüzeyi kurutuyoruz ve adrenalin emdirilmiş nemli gazlı bezlerle yüzeyi örtüp tibial yüzey hazırlığına başlıyoruz. Benzer şekilde, tibial yüzey hazırlığı yapıldıktan sonra, eğer varsa tibia mediyal platoda sklerotik yüzeylere 5'er mm aralıklarla, 4,5 mm'lik *drill* ile yaklaşık 4 mm derinlikte çoklu drilleme uyguluyoruz (Şekil 4).



Şekil 4. Cerrahin çimentolama tekniği.

Çimentoyu manuel olarak, hamur kıvamına gelinceye ve eldivene yapışmayınca kadar sürekli olarak usulüne uygun şekilde karıştırıyoruz. Tibial kemik yüzeye parmak yardımcı basınçlı çimento ve tibial komponent yüzeyine çimento ile komponenti uyguluyoruz. Çimento artıklarını, çimento sıyrıcısı yardımıyla temizliyoruz. Femoral yüzde femur distal ve anterior kemik yüzeye, femoral komponentin ise bütün yüzeylerine çimento uyguluyoruz. Femoral komponent posterioruna, komponent yüzeyini tamamen kaplayacak kadar çimento uyguluyoruz. Benzer şekilde, çimento temizliğini yaptıktan sonra deneme *insert*'i uyguluyor ve patellar komponente geçiyoruz. Patellar komponenti, hem kemik yüzeye parmak yardımcı basınçlı olarak hem de komponent yüzeyine çimento sürdükten sonra, patellar komponent sıkıştırıcısı ile koyuyoruz. Tekrar çimento artıklarının kontrolünü yaptıktan sonra, çimento sertleşinceye kadar tam ekstansiyonda proksimal yönde ekstremite uzun aksına uygun direkt kuvvet uyguluyoruz ve çimentonun tam olarak sertleşmesini bekliyoruz. Çimento sertleşmesi sonrası orijinal *insert*'i uyguluyor ve katlar anatomik olarak kapatıldıktan sonra cerrahiye son veriyoruz (Şekil 4).

TDP'de çimentolama tekniği halen, cerrahın tercihi ve tecrübesine göre geniş bir yelpazede farklılıklar göstermektedir. Manuel olarak parmak ile basınç uygulayarak kemik yüzeye ve komponent yüzeyine uygun çimentonun, birçok cerrah için yeterli tespit sağladığı görüşü vardır. Yeni nesil vakumlu çimento karıştırıcıları ve düşük veya yüksek viskozitede basınçlı çimento tabancası kullanımlarının avantajlı olduğu, fakat daha fazla ve uzun dönem takipli çalışmalara gerek duyulduğu görüşü hakimdir. Çimentolama yöntemi ve tekniğinden bağımsız olarak, kemik yüzey hazırlığının basınçlı yıkama yöntemleriyle ayrıntılı olarak yapılması gerekir. Ayrıca, spongiyöz kemik yüzey hazırlığı da mutlak yapılması gereken bir basamaktır.

KAYNAKLAR

- Lachiewicz PF, Soileau ES. Fifteen-Year Survival and Osteolysis Associated with a Modular Posterior Stabilized Knee Replacement. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91(6):1419-23. [Crossref](#)
- Colizza WA, Insall JN, Scuderi GR. The posterior stabilized total knee prosthesis: Assessment of polyethylene damage and osteolysis after a ten-year-minimum follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 1995;77(11):1713-20. [Crossref](#)
- Baker PN, Khaw FM, Kirk LM, Esler CN, Gregg PJ. A randomised controlled trial of cemented versus cementless press-fit condylar total knee replacement: 15-year survival analysis. *J Bone Joint Surg Br* 2007;89-B(12):1608-14. [Crossref](#)
- Wang H, Lou H, Zhang H, Jiang J, Liu K. Similar survival between uncemented and cemented fixation prostheses in total knee arthroplasty: a meta-analysis and systematic comparative analysis using registers. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2014;22(12):3191-7. [Crossref](#)
- Ritter MA, Meneghini RM. Twenty-year survivorship of cementless anatomic graduated component total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2010;25(4):507-13. [Crossref](#)
- Cawley DT, Kelly N, McGarry JP, Shannon FJ. Cementing techniques for the tibial component in primary total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br* 2013;95-B(3):295-300. [Crossref](#)
- Windsor RE, Scuderi GR, Moran MC, Insall JN. Mechanisms of failure of the femoral and tibial components in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1989;(248):15-20. [Crossref](#)
- Askev MJ, Steege JW, Lewis JL, Ranieri JR, Wixson RL. Effect of cement pressure and bone strength on polymethylmethacrylate fixation. *J Orthop Res* 1984;1(4):412-20. [Crossref](#)
- Krause WR, Krug W, Miller J. Strength of the cement-bone interface. *Clin Orthop Relat Res* 1982;(163):290-9. [Crossref](#)
- Walker PS, Soudry M, Ewald FC, McVickar H. Control of cement penetration in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1984;(185):155-64. [Crossref](#)
- Nagel K, Bishop NE, Schlegel UJ, Püschel K, Morlock MM. The Influence of Cement Morphology Parameters on the Strength of the Cement-Bone Interface in Tibial Tray Fixation. *J Arthroplasty* 2017;32(2):563-9.e1. [Crossref](#)
- Majkowski RS, Bannister GC, Miles AW. The effect of bleeding on the cementbone interface: an experimental study. *Clin Orthop Relat Res* 1994;(299):293-7. [Crossref](#)
- Norton MR, Eyres KS. Irrigation and suction technique to ensure reliable cement penetration for total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2000;15(4):468-74. [Crossref](#)
- Schlegel UJ, Siewe J, Delank KS, Eysel P, Püschel K, Morlock MM, de Uhlenbrock AG. Pulsed lavage improves fixation strength of cemented tibial components. *Int Orthop* 2011;35(8):1165-9. [Crossref](#)
- Labutti RS, Bayers-Thering M, Krackow KA. Enhancing femoral cement fixation in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2003;18(8):979-83. [Crossref](#)
- Ahn JH, Jeong SH, Lee SH. The effect of multiple drilling on a sclerotic proximal tibia during total knee arthroplasty. *Int Orthop* 2015;39(6):1077-83. [Crossref](#)
- Schlegel UJ, Bishop NE, Püschel K, Morlock MM, Nagel K. Comparison of different cement application techniques for tibial component fixation in TKA. *Int Orthop (SICOT)* 2015;39(1):47-54. [Crossref](#)
- Demey G, Servien E, Lustig S, Selmi TA, Neyret P. Cemented versus uncemented femoral components in total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2011;19(7):1053-9. [Crossref](#)
- Guha AR, Debnath UK, Graham NM. Radiolucent lines below the tibial component of a total knee replacement (TKR) a comparison between single- and two-stage cementation techniques. *Int Orthop* 2008;32(4):453-7. [Crossref](#)
- Smith S, Naima VS, Freeman MA. The natural history of tibial radiolucent lines in a proximally cemented stemmed total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 1999;14(1):3-8. [Crossref](#)
- Carlsson A, Björkman A, Besjakov J, Östen I. Cemented tibial component fixation performs better than cementless fixation: a randomized radiostereometric study comparing porouscoated, hydroxyapatite-coated and cemented tibial components over 5 years. *Acta Orthop* 2005;76(3):362-9. [Crossref](#)
- Han HS, Lee MC. Cementing technique affects the rate of femoral component loosening after high flexion total knee arthroplasty. *Knee* 2017;24(6):1435-41. [Crossref](#)

23. Hofmann AA, Goldberg TD, Tanner AM, Cook TM. Surface cementation of stemmed tibial components in primary total knee arthroplasty: minimum 5-year follow-up. *J Arthroplasty* 2006;21(3):353-7. [Crossref](#)
24. Endres S, Wilke A. Is cementing technique the cause of early aseptic loosening of the tibial component in total knee arthroplasty?: a report of 22 failed tibial components. *Orthop Rev (Pavia)* 2011;3(1):1-5. [Crossref](#)
25. Janssen D, Mann KA, Verdonschot N. Micro-mechanical modeling of the cement-bone interface: the effect of friction, morphology and material properties on the micromechanical response. *J Biomech* 2008;41(15):3158-63. [Crossref](#)
26. Vanlommel J, Luyckx JP, Labey L, Innocenti B, De Corte R, Bellemans J. Cementing the tibial component in total knee arthroplasty: which technique is the best? *J Arthroplasty* 2011;26(3):492-6. [Crossref](#)
27. Kopec M, Milbrandt JC, Duellman T, Mangan D, Allan DG. Effect of hand packing versus cement gun pressurization on cement mantle in total knee arthroplasty. *Can J Surg* 2009;52(6):490-4.
28. Rossi R, Bruzzone M, Bonasia DE, Ferro A, Castoldi F. No early tibial tray loosening after surface cementing technique in mobile-bearing TKA. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010;18(10):1360-5. [Crossref](#)
29. Ritter MA, Herbst SA, Keating EM, Faris PM. Radiolucency at the bone-cement interface in total knee replacement: the effects of bone-surface preparation and cement technique. *J Bone Joint Surg Am* 1994;76-A(1):60-5. [Crossref](#)