

Robotik patellofemoral diz artroplastisi

Robotic patellofemoral knee arthroplasty

Fatih Yıldız, Mustafa Alper İncesoy

Bezmialem Vakıf Üniversitesi, Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul

Patellofemoral osteoartrit (PFOA), diz önü ağrısına ve fonksiyon kaybına yol açan dejeneratif bir eklem hastalığıdır. Patellofemoral osteoartrit, sıklıkla dizdeki diğer kompartmanlarla birlikte görülse de popülasyonun %8,3-%11,7'sinde izole olarak ortaya çıkabilir. Konservatif tedavilerin yetersiz kaldığı durumlarda cerrahi müdahale gerekebilir. İzole PFOA tedavisinde total diz artroplastisi (TDA) yaygın bir seçenek olsa da özellikle genç ve aktif hastalarda sağlıklı diz kinematiğinin korunması açısından dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle, daha az invaziv bir yüzey değişimi cerrahisi olan patellofemoral artroplastisi (PFA) tercih edilmektedir. Patellofemoral artroplastisinin temel amacı ağrıyı azaltmak, eklem hareket açıklığını iyileştirmek ve yaşam kalitesini artırmaktır. Ancak, PFA'nın ilk zamanlardan itibaren yaygın kabul görmemesinin nedenleri arasında hasta seçimi, cerrahin deneyimi, implant özellikleri ve yerleştirme tekniği yer almaktadır. Literatürdeki yüksek revizyon oranları, implant tasarımları, cerrahi zorluklar ve patellofemoral eklem yeterince restore edilememesiyle ilişkilendirilmiştir. Bu sorunlara çözüm olarak, robotik kol yardımcı PFA teknikleri gündeme gelmiştir. Robotik sistemler, ameliyat öncesi detaylı planlama ve bu planın yüksek doğrulukla uygulanabilmesini sağlayarak, implant yerleşiminde hassasiyet ve patellofemoral (PF) kinematiğinin daha iyi restorasyonu potansiyeli sunmaktadır. Robotik PFA, geleneksel yöntemin yüksek başarısızlık oranlarına kıyasla daha iyi sonuçlar vadeden umut verici bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. Bu yöntemin uzun dönem sonuçları ve geleneksel PFA'ya kıyasla avantajları üzerine daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Robotik sistemlerin maliyeti ve erişilebilirliği de dikkate alınması gereken önemli faktörlerdir.

Anahtar sözcükler: patellofemoral, artroplastisi, diz, robotik, MAKO

Patellofemoral osteoarthritis (PFOA) is a degenerative joint disease that causes anterior knee pain and loss of function. While PFOA often occurs alongside involvement of other knee compartments, it can present as isolated PFOA in 8.3% to 11.7% of the general population. When conservative treatments fail, surgical intervention may be necessary. Although total knee arthroplasty (TKA) is a common option for isolated PFOA, it has disadvantages, especially in young and active patients, regarding the preservation of healthy knee kinematics. Therefore, patellofemoral arthroplasty (PFA), a less invasive surface replacement surgery, is often preferred. The primary goal of PFA is to reduce pain, improve range of motion, and enhance patients' quality of life. However, several factors have prevented PFA from gaining widespread acceptance since its early applications, including patient selection, surgeon experience, implant characteristics, and accurate placement technique. High revision rates reported in the literature have been linked to implant designs, surgical difficulties, and inadequate restoration of the patellofemoral joint. To address these issues, robot-assisted PFA techniques have emerged. Robotic systems enable precise preoperative planning and highly accurate execution of that plan, offering the potential for more accurate implant placement and better restoration of PF kinematics. Robot-assisted PFA is considered a promising method with the potential to deliver better outcomes compared to the historically high failure rates of conventional PFA. However, further research is needed to evaluate its long-term results and advantages over conventional PFA. The cost and accessibility of robotic systems are also important factors to consider.

Key words: patellofemoral, arthroplasty, knee, robotics, MAKO

Patellofemoral osteoartrit (PFOA), diz önü ağrısı ve fonksiyon kaybına neden olabilen dejeneratif bir eklem hastalığıdır. Patellofemoral osteoartrit, genellikle femorotibial kompartmanların tutulumuyla birlikte trikompartmantal veya bikompartmantal osteoartrit (OA) şeklinde görülürken, genel popülasyonun

%8,3 - %11,7'sinde izole PFOA olarak ortaya çıkar.^[1] Patellofemoral osteoartrit olgularında, konservatif tedavi yöntemlerinin semptomların giderilmesinde yetersiz kaldığı durumlarda cerrahi tedavi gerekebilir.^[2] İzole PFOA veya bikompartmantal OA'nın cerrahi tedavisinde total diz artroplastisi (TDA) yaygın olarak kullanılan bir

yöntem olsa da özellikle genç ve aktif hastalarda, sağlıklı tibiofemoral eklemin veya sağlıklı diz kinematığının korunması açısından dezavantajları olabilir.^[3] Bu nedenle izole veya bikompartmantal PFOA'nın cerrahi tedavisinde patellofemoral artroplasti (PFA), daha az invaziv ve eklem kinematığını koruyucu bir yüzey değişim cerrahisi olarak tercih edilmektedir.^[4]

Tüm eklem protez cerrahilerinde olduğu gibi PFA'nın temel amacı da ağrıyı azaltmak, eklem hareket açıklığını iyileştirmek ve hastaların yaşam kalitesini arttırmaktır.^[5] Bununla birlikte, PFA'nın ilk uygulanmaya başlandığı yıllardan günümüze kadar yaygın kabul görememesinin çeşitli nedenleri bulunmaktadır. Patellofemoral artroplasti ameliyatlarında hasta seçimi, cerrahin deneyimi, kullanılan implantların özellikleri ve tekniğine uygun, doğru bir şekilde yerleştirilmeleri başarılı sonuçlar elde edilmesi açısından kritik öneme sahiptir.^[6] Konvansiyonel PFA'nın literatürdeki yüksek revizyon oranlarının, implant dizaynları, cerrahi teknikteki zorluklar ve sonuç olarak patellofemoral (PF) eklemin restore edilemiyor oluşu ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle PFA'nın başarısını arttırmak amacıyla robotik-kol yardımcı teknikler gündeme gelmiştir.^[7] Bu sistemlerin sunduğu avantajların başında ameliyat öncesi planlamanın iyi yapılabilmesi ve yapılan planın bir robotik kol yardımı ile yüksek doğrulukla uygulanabiliyor olması gelir. Robotik kol yardımı, cerraha ameliyat sırasında gerçek zamanlı rehberlik ve geri bildirim sağlamaktadır. Bu sayede hasta anatomisine daha uygun, daha doğru ve hassas bir implant yerleşimi elde edilerek PF kinematik büyük oranda restore edilebilir.^[8] Sonuç olarak robotik PFA, konvansiyonel yöntemin tarihsel yüksek başarısızlık oranlarının aksine, daha iyi sonuçlar sunma potansiyeli taşıyan umut vadeci bir yöntem olarak görülmektedir.

TARİHÇE

İlk PFA'nın 1955 yılında McKeever tarafından gerçekleştirilmiş olduğu kabul edilir. Bu yöntemde patella yüzeyi tek bir vida ile sabitlenen metal bir implant ile oluşturulmuştur. 1970'lerde Richards ve Lubinus, troklear bileşeni içeren ilk nesil *inlay* PFA implantlarını geliştirmiştir. Trokleaya yerleştirilen bu implantlar farklı troklea anatomileriyle uyumsuzluk, femoral oluşu restore edememe, dizilimin düzeltilmemesi ve yetersiz enstrümantasyon gibi nedenlerle yüksek başarısızlık oranlarına sahipti. Bu sorunlar, PF uyum bozukluğu ve erken polietilen aşınmasına yol açmıştır.^[9]

1990'larda, ikinci nesil PFA implantları geliştirilmiştir. *Onlay* tasarımı ikinci nesil troklear implantların daha iyi implant stabilitesi ve PF uyum sağladığı düşünülmüştür.

İkinci nesil PFA'lar, ilk nesillere kıyasla daha iyi sonuçlar vermiş olsa da OA'nın ilerlemesi gibi dezavantajlar nedeniyle yüksek sağkalım elde edilememiştir.^[10]

Bond ve ark. yaptıkları sistematik derlemede, konvansiyonel PFA uygulamasının beş yıllık sağkalım oranını %95,8-100 ve 10 yıllık sağkalım oranını %77,3-92,3 olarak bildirmişlerdir.^[11] Martinez-Lozano ve ark.'nın yaptığı konvansiyonel PFA çalışmasında ortalama 6,5 yıllık takipte *Knee Society Score* (KSS) 65,39'dan 85,14'e ve Kujala skoru 55,38'den 81,14'e iyileşme göstermiştir.^[11] Bu sonuçların, titiz hasta seçimi ve uygun cerrahi tekniğin bir araya gelmesine bağlı olduğunu vurgulamışlardır. Vella-Baldacchino ve ark. Ulusal Artroplasti Kayıt Sistemi (*National Joint Registry*, NJR) ve hastane veri tabanını kullanarak yaptıkları çalışmada PFA uygulanan hastaların, TDA'ya kıyasla daha düşük komplikasyon oranlarına sahip olduğu ve hastanede kalış sürelerinin daha kısa olduğunu bildirmişlerdir. Ancak, PFA'nın 10 yıllık sağkalım oranının (%85), TDA'ya (%95) göre daha düşük olduğu göz ardı edilmemelidir. Revizyonların ilk iki yıl içinde daha çok devam eden ağrı nedeniyle, ilerleyen dönemlerde ise OA'nın ilerlemesi nedeniyle yapıldığını bildirmişlerdir.^[12] Ulusal Artroplasti Kayıt Sistemi 2024 yılı verilerine göre de, ilk beş yıllık revizyon oranlarının konvansiyonel PFA TDA'ya göre dört kattan daha fazla olduğu görülmektedir (2 vs. 8,85 toplam revizyon yüzdesi).^[13] Ulusal Artroplasti Kayıt Sistemi de benzer şekilde, revizyon nedenleri arasında en sık olarak, OA'nın ilerlemesi ve devam eden ağrı olarak bildirmiştir.^[13] Avustralya Ulusal Artroplasti Kayıt Sistemi için 2024 yılında yapılan analiz de diğer kayıt sistemlerine benzer şekilde konvansiyonel PFA'dan sonra beş yıllık revizyon riskinin TDA'ya göre üç kattan daha yüksek olduğunu göstermektedir (3,1 vs. 10,4 toplam revizyon yüzdesi). Avustralya Ulusal Artroplasti Kayıt Sistemi'ne göre de revizyon nedenleri arasında en sık OA'nın ilerlemesi ve devam eden ağrı yer almaktadır.^[14]

Robotik kol yardımcı PFA'ya dair ilk raporlar 2015 yılında uygulanmış hastaları içermektedir.^[14] Pacchiarotti ve ark.'nın, 18 dizi içeren çalışmalarında, robotik PFA'nın üç yıllık takipte %94 implant sağkalımının elde edildiği ve hastaların %61'inin ameliyattan çok memnun kaldığı bildirilmiştir.^[15] Ortalama dört yıllık takipte ise *Visual Analogue Scale* (VAS)'de 7,9'dan 1,10'a, Kujala diz önü ağrı skalasında 34,6'dan 90,2'ye ve Oxford diz skorunda 17,3'ten 46,3'e iyileşme görülmüştür. Turktas ve ark.'nın 30 diz ile yaptıkları çalışmalarında ise robotik yardımcı PFA'nın 16 aylık ortalama takipte VAS'de 8'den 2,1'e, KSS'de 56'dan 68'e ve Oxford diz skorunda 15,9'dan 33,5'e, iyileşme görülmüştür.^[7]

PATELLOFEMORAL OSTEOARTRİT ETİYOLOJİSİ

Patellofemoral osteoartritin temel nedeni PF eklemin uğradığı stres yükünün artmasıdır. Kadınlardaki insidansı erkeklere oranla daha fazla olması PF dizilim bozukluğu ve troklear displaziye bağlanmaktadır.^[16] Etiyolojide en sık görülen primer PFOA'dır ve olguların %49'unda bulunur. İkinci sıklıkta ise instabiliteye bağlı PFOA yer alır (%33).^[17] Obezite, geçirilmiş patella kırığı, patellar veya kuadriseps tendon rüptürleri ve patellar instabilite oluşturan durumlar da PFOA gelişimi için risk oluşturur.^[18-20] Travma sonrası PFOA, olguların %9'unu oluşturur.^[21] Kondrokalsinozis de PFOA olgularının %9'unda görülür.^[17]

PATELLOFEMORAL OSTEOARTRİT CERRAHİ TEDAVİ SEÇENEKLERİ

Patellofemoral osteoartritin cerrahi tedavisinde artroskopik debridman ve lavaj, PF yüklenmeyi azaltmaya yönelik osteotomiler (tibial tüberkül yükseltme veya anteromedializasyon gibi), patellektomi, kıkırdak tamir teknikleri, patellar yüzey kaplama, PFA ve TDA uygulanabilmektedir. Bu tedavi seçeneklerinin endikasyonları farklılıklar göstermekte olup hastanın yaşı, kilosu, aktivite derecesi, beklentisi ve kıkırdak kaybının derecesi gibi faktörler tedavi seçeneğini belirlemede göz önünde bulundurulmaktadır. Bu bölümde robotik PFA üzerinde durulacaktır.

Hasta Seçimi

Patellofemoral artroplastinin başarısı için hasta seçimi ve doğru değerlendirme çok önemlidir. İzole PFOA olan tüm hastalara, OA'nın derecesine bakmaksızın en az altı ay süreyle konservatif tedavilerin uygulanması önerilmektedir.^[22] Konservatif tedavilere cevap vermemiş, semptomatik Iwano evre III ve evre IV hastalar PFA için değerlendirilebilir. Her ne kadar kesin bir yaş sınırı önerilmese de en ideal adaylar görece daha genç ve aktif,

özellikle instabilite veya displaziye sekonder semptomatik PFOA'ları olan, obez olmayan ve izole PFOA bulunan hastalardır. Hastaların ameliyat sonrası beklentilerinin gerçekçi olması dikkate alınmalıdır.^[6] Patellofemoral artroplastisi için endikasyonlar ve kontrendikasyonlar Tablo 1'de özetlenmiştir.

PATELLOFEMORAL EKLEM REKONSTRÜKSİYONU

Patellofemoral eklemin normal anatomi ve biyomekanik restorasyonu PFA'nın önemli bir basamağıdır. Patellanın kalınlığının korunması, patellofemoral uyumun (izleme) restore edilmesi ve yumuşak doku dengesinin sağlanmasını içerir.^[8] Daha iyi bir PF uyum için troklear implant genellikle dış rotasyon ve valgus pozisyonunda yerleştirilirken, patellar implant medialize edilerek tibial tüberkül-tibial oluk mesafesi daraltılabilir.^[8] Alt ekstremitede dizilim bozukluğu nedeniyle PFOA gelişmiş olan hastalarda PFA ile birlikte dizilimin restore edilmesi için osteotomiler de düşünülebilir.^[22]

İmplant Seçenekleri

Onlay PFA implantlar, distal femurun ön yüzüne bir kesi yapılarak yerleştirilir. Lonner ve ark. *onlay* implantların daha iyi implant stabilitesi ve patellar uyum sağladığını öne sürmektedir.^[10] *Onlay* tasarımlar, ilk nesil *inlay* tasarımlara göre daha iyi sonuçlar vermiştir ancak yine de TDA'ya göre sağkalım oranları düşük ve revizyon oranları yüksek bulunduğundan cerrahların çoğunluğu tarafından, yaygın olarak kullanılamamıştır.^[10] *Inlay* implantlar ise troklea üzerinde oluşturulmuş bir oluğa yerleştirilir. Bu implantlar, ilk nesil PFA'larda kullanılan orijinal tasarımdır ancak yetersiz enstrümantasyon nedeniyle yüksek oranda başarısızlık ile sonuçlandığı düşünülmektedir.^[23] Daha yeni, üçüncü nesil *onlay* tasarımlar ile daha başarılı sonuçlar elde edilebildiği bildirilmiştir.^[22] Bu implantlar femurun anatomik çapını daha iyi taklit eder, medio-lateral, proksimal-distal olarak daha genişletirler ve

Tablo 1. Patellofemoral artroplastisi için endikasyonlar ve kontrendikasyonlar

Endikasyonlar	Kontrendikasyonlar
İzole semptomatik PFOA (Batailler ve ark. 2024) veya bikompartmantal OA	Tibiofemoral OA (bikompartmantal artroplastisi olarak seçilmiş hastalarda uygulanabilir.)
Troklear displazi (Batailler ve ark. 2024)	Düzeltilenmemiş patellar dizilim bozukluğu
Iwano tip IV OA	Diz instabilitesi (ligaman/menisküs hasarı)
Başarısız ekstansör mekanizma düzeltme yöntemleri	Alt ekstremitede dizilim bozukluğu (varus $\geq 5^\circ$, valgus $\geq 8^\circ$)
>40 yaş, <65 yaş hasta	Enflamatuvar artritler
Patella baja	Kondrokalsinozis
Hastaların ameliyat sonrası beklentilerinin gerçekçi olması	>65 yaş (göreceli)
Patellar sublüksasyon veya hafif dereceli patellar tilt	Vücut kitle indeksi ≥ 30 kg/m ²
OA: Osteoartrit, PFOA: Patellofemoral osteoartrit.	

lateral kenar sıkışmasını engellemek için inceltilmişlerdir. Robotik PFA’de kullanılan troklear implantlar üçüncü nesil tasarımlardır (Şekil 1). Robotik kola bağlı, yüksek devirli kemik oyucu bir *burr* yardımıyla kemik yüzey hazırlandıktan sonra çimentolu olarak tespit edilirler.

Patellofemoral artroplastide patella yüzeyinin değiştirilmesi konusunda literatürde kesin bir fikir birliği olmakla birlikte yazarlar patellanın da değişimini önermektedirler. Kullanılan troklear implantla uyumlu, simetrik, kubbe şekilli patellar komponent kullanımı önerilmektedir. Robotik ve konvansiyonel sistemlerde patella değişimi, TDA’ya benzer şekilde manuel olarak yapılmaktadır.

ROBOTİK PATELOFEMORAL ARTROPLASTİ

Yazarların bilgisine göre robotik PFA uygulanabilen iki platform bulunmaktadır: Navio PFS (Precision Freehand Sculptor) ve MAKO™ robotic arm (MAKO™ Surgical Corporation, Ft. Lauderdale, FL, Amerika Birleşik Devletleri). Bu sistemlerden ilkinde ameliyat öncesi bir görüntülemeye ihtiyaç duyulmaz ve ameliyat sırasında eklem yüzeyi taranıp, sisteme tanıtıldıktan sonra üç boyutlu bir sanal model elde edilir. İkinci sistem ise bilgisayarlı tomografi (BT) tabanlıdır. Ameliyat öncesi çekilen BT görüntüleri kullanılarak oluşturulan üç boyutlu sanal bir model üzerinde implant boyutu ve yerleşimi için planlama yapılır (Şekil 2). Robotik kol yardımlı PFA’nın konvansiyonel PFA’ya kıyasla iki önemli avantajı bulun-

maktadır. Birincisi, üç boyutlu sanal modellerde yapılan ameliyat öncesi planlamadır. İkinci önemli avantajı ise ameliyat öncesi yapılan planlamanın, robotik kol yardımı sayesinde yüksek doğrulukla uygulanabilmesi, diğer bir ifadeyle implant yerleşimi için gereken kemik hazırlama işleminin daha yüksek bir doğrulukla, planlandığı şekilde uygulanabilmesidir.^[7]

Ek olarak, robotik PFA sayesinde, henüz kemik kesileri yapılmadan, planlama aşamasında, kıkırdak ile implant yüzeyleri arasındaki geçiş değerlendirilebilir, patella ile troklea ilişkisi dinamik olarak görülebilir (Şekil 3).

Özellikle dizilim bozukluğu veya instabilitesi olan hastalarda bu özellik cerraha kolaylık sağlamakta, dizilimin restore edilmesine yardımcı olmaktadır. İmplant boyutu ve pozisyonu ameliyat sırasında en uygun şekilde belirlendikten sonra robotik kola adapte yüksek devirli bir oyucuyla plana uygun olarak kemik kesileri yapılır (Şekil 4).

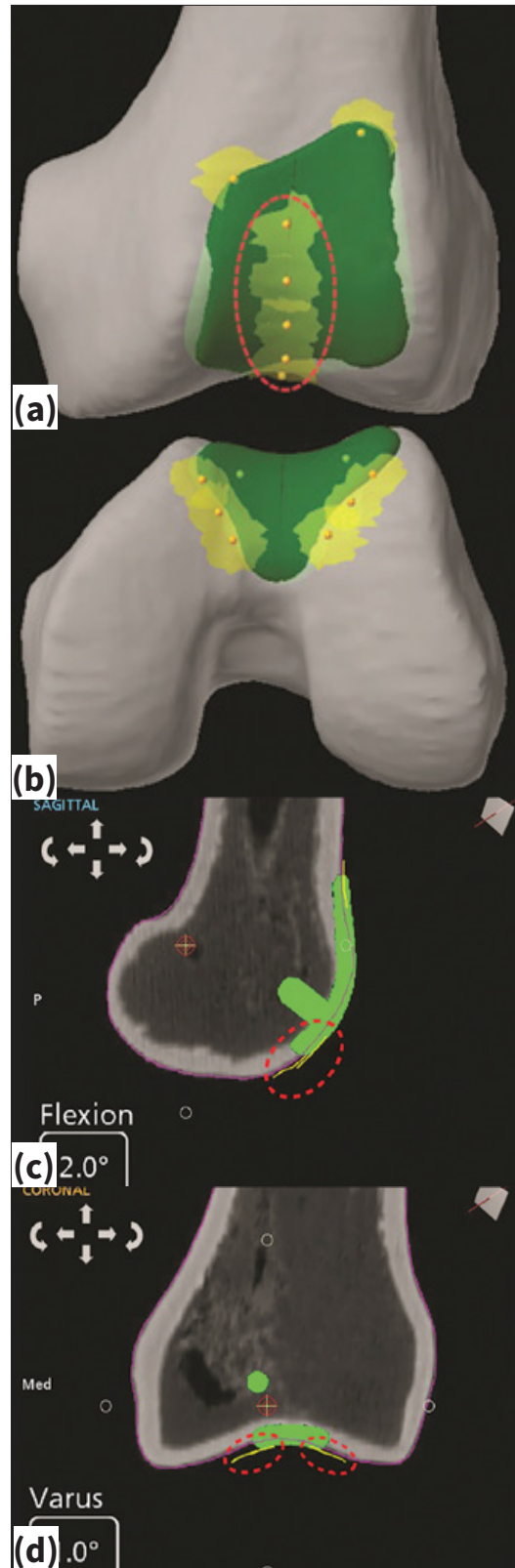
Daha sonra deneme implantları yerleştirilerek kalıcı implantların tespiti öncesi son kontroller yapılır (Şekil 5). Bu avantajların implant sağkalımı ve hasta memnuniyeti üzerinde potansiyel olarak olumlu sonuçlar verdiği düşünülmektedir.^[24] Şekil 6’da medial ve PF, OA nedeniyle robotik bikompartmantal artroplastide (medial + PFA) yapılan bir hastanın ameliyat sonrası diz iki yönlü grafisi görülmektedir.



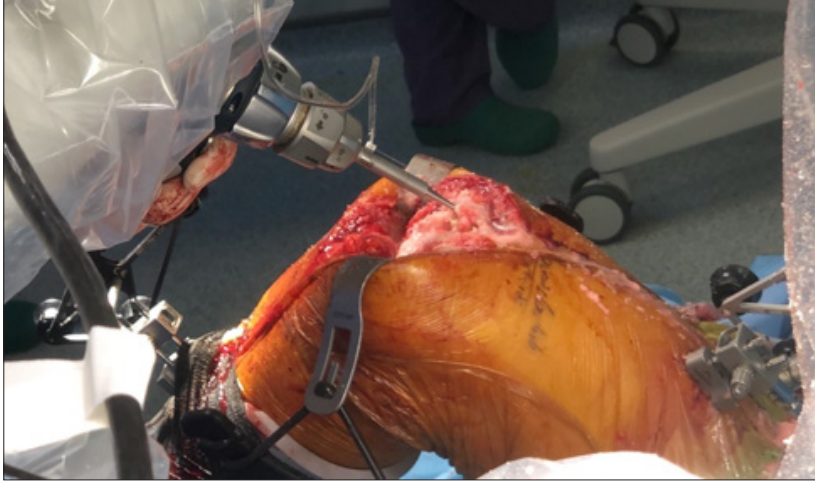
Şekil 1.a,b. Navio robotik sistemi ile uygulanabilen Journey II PFA (Smith & Nephew, Amerika Birleşik Devletleri) (a), MAKO robotik sistemi ile uygulanabilen Restoris MCK PFA (Stryker, Amerika Birleşik Devletleri) (b).



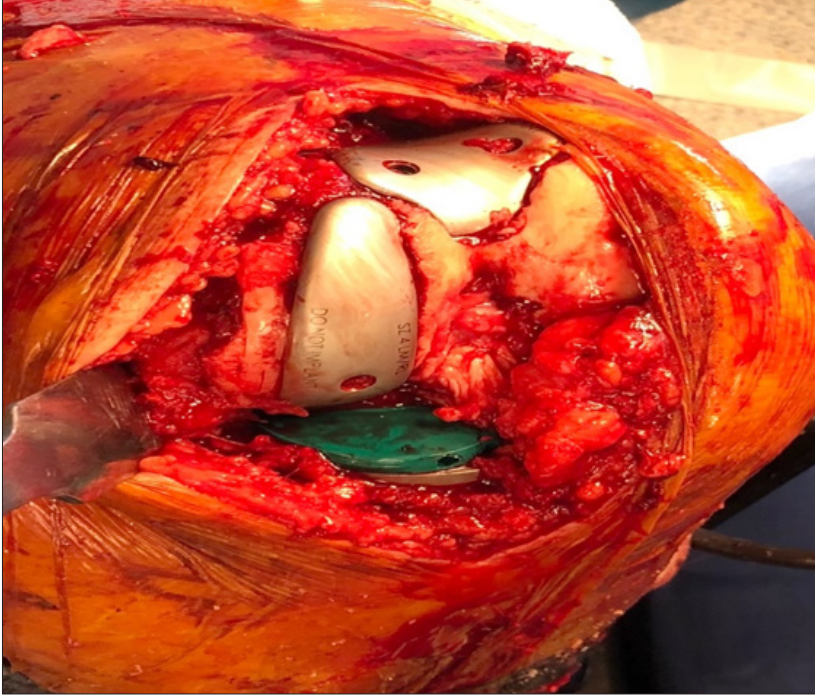
Şekil 2.a-d. Ameliyat öncesi çekilen BT görüntüleri kullanılarak transvers (a,b) koronal (c) ve sagittal (d) kesitlerde implant yerleşiminin değerlendirilmesi.



Şekil 3.a-d. Kemik yüzeylerin sisteme tanıtılması sonrası sonrasında yapılan kırıkda haritalamayla implant-kırıkda yüzeyleri arasındaki geçiş değerlendirilmesi ve hem üç boyutlu görüntülerde (a,b) hem de sagittal (c) ve koronal (d) düzlemlerde hizalamanın sağlanması (Sarı çizgi-kırıkda seviyesi; pembe çizgi-kemik seviyesi).



Şekil 4. Kemik kesilerin robotik kol yardımıyla yapılması.

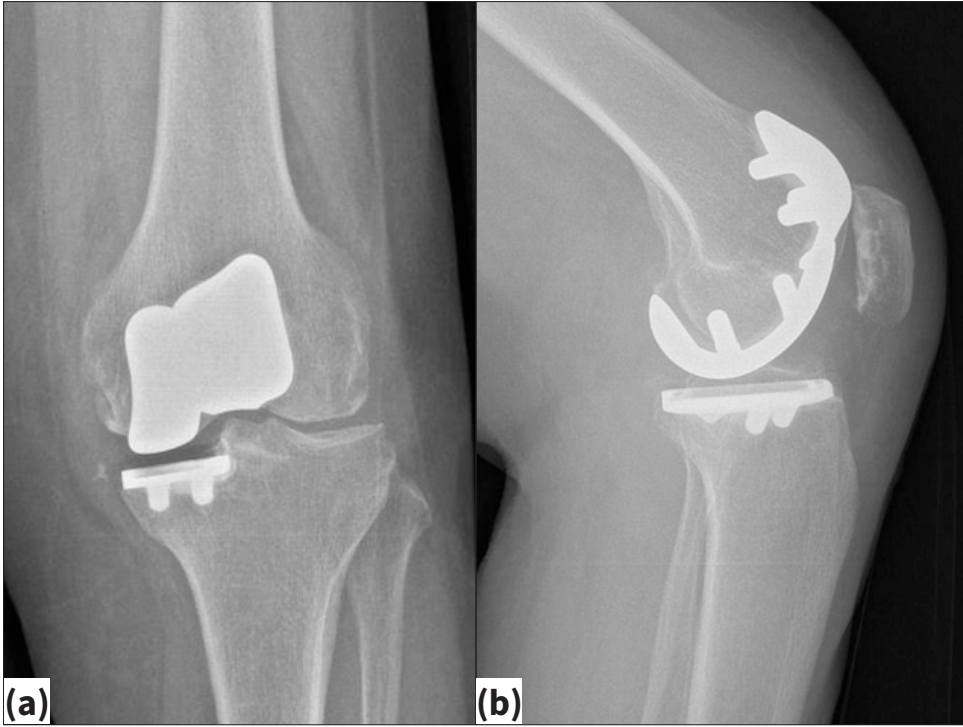


Şekil 5. Bikompartmantal artroplasti yapılan hastada kemik kesileri sonrası deneme implantlarının yerleşimi.

Robotik PFA Sonuçları

Katzman ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, 2011 ile 2021 yılları arasında PFA uygulanan 211 hastanın (237 diz) verileri retrospektif olarak incelenmiştir.^[25] Hastalar, ameliyat yöntemi (konvansiyonel veya robotik yardımcı) ve protez tasarımı (*inlay* veya *onlay*) olmak üzere farklı gruplara ayrılmıştır. Ortalama takip süresi 4,6 yıl olup, bu süre zarfında genel implant sağkalım oranı %89,7 olarak bulunmuştur. Çalışmada, robotik yardımcı PFA uygulanan grupta revizyon oranlarının daha düşük olduğu ve revizyonların daha geç dönemde gerçekleştiği

gözlemlenmiştir. Konvansiyonel PFA uygulanan grupta ise revizyonların daha erken dönemde ve OA ilerlemesi, aseptik gevşeme, patellar uyumsuzluk gibi çeşitli nedenlerle yapıldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, *inlay* ve *onlay* protez tasarımları arasında klinik sonuçlar ve sağkalım açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır. Avustralya Ulusal Artroplasti Kayıt Sistemi'ne göre robot yardımcı PFA için beş yıllık sağ kalım konvansiyonel yöntemle göre daha yüksektir (9,5 vs. 10,1 toplam revizyon yüzdesi).^[14]



Şekil 6.a,b. Bikompartmantal OA nedeniyle robotik medial ve PFA yapılmış olan hastanın ön-arka (a) ve yan grafileri (b).

SONUÇ

Robotik kol yardımlı PFA, uygun hasta seçimi ve doğru bir planlama ile PFOA tedavisinde başarılı sonuçlar sağlayabilir. Robotik sistemlerin kullanımı, implant yerleşiminin doğruluğunu arttırarak PF eklemin restorasyonu, daha iyi bir PF uyum ve daha dengeli bir eklem sağlayabilir. Bu da hastaların ağrıların azalmasına, fonksiyonlarının iyileşmesine ve yaşam kalitelerinin artmasına yardımcı olabilir. Bununla birlikte, robotik PFA'nın uzun dönem sonuçları ve konvansiyonel PFA'ya kıyasla avantajları hakkında daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Ayrıca, robotik sistemlerin maliyeti ve erişilebilirliği gibi faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Martinez-Lozano J, Martorell-de Fortuny L, Martin-Domínguez LA, Torres-Claramunt R, Sánchez-Soler J, Perelli S, et al. Patellofemoral arthroplasty provides similar long-term survival rate and complications with better clinical outcomes compared to facetectomy for the treatment of isolated patellofemoral osteoarthritis. *J Exp Orthop* 2025;12:e70136. [Crossref](#)
2. Fredborg C, Odgaard A, Sørensen J. Patellofemoral arthroplasty is cheaper and more effective in the short term than total knee arthroplasty for isolated patellofemoral osteoarthritis: Cost-effectiveness analysis based on a randomized trial. *Bone Joint J* 2020;102-B:449-57. [Crossref](#)
3. Lin W, Dai Y, Dong C, Piao K, Hao K, Wang F. Joint awareness after patellofemoral arthroplasty evaluated with the forgotten joint score: A comparison study. *Orthop Surg* 2021;13:833-9. [Crossref](#)
4. Peng G, Liu M, Guan Z, Hou Y, Liu Q, Sun X, et al. Patellofemoral arthroplasty versus total knee arthroplasty for isolated patellofemoral osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res* 2021;16:264. [Crossref](#)
5. Rupp MC, Khan ZA, Dasari SP, Berthold DP, Siebenlist S, Imhoff AB, et al. Establishing the minimal clinically important difference and patient acceptable symptomatic state following patellofemoral inlay arthroplasty for visual analog scale pain, Western Ontario and McMaster Universities arthritis index, and lysholm scores. *J Arthroplasty* 2023;38:2580-6. [Crossref](#)
6. Bozkurt M, Pulatkan A, Kornilov NN, Coffey SP, Bakr H, Paner NT, et al. Who are suitable candidates for isolated patellofemoral arthroplasty? *J Arthroplasty* 2025;40:S69-71. [Crossref](#)
7. Turktas U, Piskin A, Poehling GG. Short-term outcomes of robotically assisted patello-femoral arthroplasty. *Int Orthop* 2016;40:919-24. [Crossref](#)
8. Shatrov J, Coolican MR. Isolated patellofemoral arthroplasty-surgical technique and tips: Current concepts. *J ISAKOS* 2024;9:814-21. [Crossref](#)
9. Sergio R, Stefano P, Matteo M. Patello-femoral Replacement. In: Rivière C, Vendittoli P-A, editors. *Personalized Hip and Knee Joint Replacement*. Springer; 2020. [Crossref](#)
10. Lonner JH. Patellofemoral arthroplasty: Pros, cons, and design considerations. *Clin Orthop Relat Res* 2004;158-65. [Crossref](#)

11. Bond EC, Stauffer TP, Hendren S, Amendola A. Modern patellofemoral arthroplasty. *JBJS Rev* 2023;11(9). [Crossref](#)
12. Vella-Baldacchino M, Bottle A, Cobb J, Liddle AD. Outcomes of patellofemoral joint arthroplasty compared with total knee arthroplasty for osteoarthritis: A population-based cohort study using data from the National Joint Registry and Hospital Episode Statistics for England. *Bone Joint J* 2025;107-B:514-21. [Crossref](#)
13. Achakri H, Ben-Shlomo Y, Blom A, Boulton C, Bridgens J, Brittain R, et al. The National Joint Registry 21st Annual Report 2024. Erişim tarihi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK612782/>.
14. Lewis PL, Gill DR, McAuliffe MJ, McDougall C, Stoney JD, Vertullo CJ, et al. Hip, Knee and shoulder arthroplasty: 2024 annual report. Adelaide, South Australia; 2024.
15. Pacchiarotti G, Todesca A, Coppola M, Gumina S. Robotic-assisted patellofemoral arthroplasty provides excellent implant survivorship and high patient satisfaction at mid-term follow-up. *Int Orthop* 2024;48:2055-63. [Crossref](#)
16. Figueroa F, Guiloff R, Bolton S, Figueroa D, Tapasvi S, Stocker E. Specific considerations in female patients with patellar instability: Current concepts. *J ISAKOS* 2024;9:457-63. [Crossref](#)
17. Grelsamer RP, Dejour D, Gould J. The pathophysiology of patellofemoral arthritis. *Orthop Clin North Am* 2008;39:269-74. [Crossref](#)
18. Pisanu G, Rosso F, Bertolo C, Dettoni F, Blonna D, Bonasia DE, et al. Patellofemoral arthroplasty: Current concepts and review of the literature. *Joints* 2017;5(4):237-45. [Crossref](#)
19. Strickland SM, Bird ML, Christ AB. Advances in patellofemoral arthroplasty. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2018;11:221-30. [Crossref](#)
20. Lonner JH. Patellofemoral arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg* 2007;15:495-506. [Crossref](#)
21. Dejour D, Cohn J, Tavernier T. La dégénérescence spontanée du ligament croisé antérieur: Etude radio clinique et anatomopathologique. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2005;91:67. [Crossref](#)
22. Remy F. Surgical technique in patellofemoral arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res* 2019;105:S165-76. [Crossref](#)
23. Feucht MJ, Cotic M, Beitzel K, Baldini JF, Meidinger G, Schöttle PB, et al. A matched-pair comparison of inlay and onlay trochlear designs for patellofemoral arthroplasty: No differences in clinical outcome but less progression of osteoarthritis with inlay designs. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2017;25:2784-91. [Crossref](#)
24. Selvaratnam V, Cattell A, Eyres KS, Toms AD, Phillips JRP, Mandalia VI. Robotic-assisted patellofemoral replacement-correlation of preoperative planning with intraoperative implant position and early clinical experience: A minimum 2-year follow-up. *J Knee Surg* 2022;35:731-8. [Crossref](#)
25. Katzman JL, Buehring W, Haider MA, Connolly P, Schwarzkopf R, Fernandez-Madrid I. Clinical outcomes of patellofemoral arthroplasty: Robotic assistance produces superior short and mid-term outcomes. *Arch Orthop Trauma Surg* 2024;144:4017-28. [Crossref](#)