

Robotik unikompartmantal diz artroplastisi

Robotic unicompartmental knee arthroplasty

Erden Ertürer¹, Gökhan Kürşat Kara²

¹İstinye Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul

²Liv Hospital Ulus Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

Unikompartmantal diz artroplastisi (UKA), diz ekleminde yalnızca bir bölümü değiştirmek için tasarlanmış minimal invaziv bir cerrahi prosedürdür. Bu yöntem, izole osteoartrit, osteonekroz veya dizin sınırlı bir bölümünde ciddi kıkırdak hasarı bulunan hastalarda ağrıyı hafifletmek ve eklem fonksiyonunu yeniden kazandırmak amacını taşır. İlk olarak 1970'li yıllarda geliştirilen UKA, günümüzdeki modern tasarımları sayesinde yaygın kullanım alanı bulmaktadır. Unikompartmantal diz artroplastisi diğer protez cerrahilerine göre daha hassas ve zorlu bir tekniktir. Standart operatif tekniği kullanan UKA'lar %30'a kadarı doğru olmayan implantasyonla sonuçlanabilmektedir. Unikompartmantal diz artroplastisi için geliştirilen robotik destekli teknikler, implant yerleşimlerini mükemmelleştirerek revizyon oranlarını düşürmüş ve sağkalım beklentisini artırmıştır. Erken dönem fonksiyonel sonuçlar üzerine anlamlı katkıları mevcuttur. Yeni teknolojilerin yarattığı maliyet farkı, ameliyat sonrası ağrının azalması, hastane yatış sürelerinin kısalması ve komplikasyon oranlarını düşmesiyle avantaja dönüşmektedir.

Anahtar sözcükler: diz protezi; unikompartmantal diz artroplastisi; medial kompartman artrozu; robotik artroplastisi

Unicompartmental knee arthroplasty (UKA) is a minimally invasive surgical procedure designed to replace only a portion of the knee joint. This method aims to alleviate pain and restore joint function in patients with isolated osteoarthritis, osteonecrosis, or significant cartilage damage in localized areas of the knee. Developed in the 1970s, UKA has gained widespread application due to the modern designs available today. However, UKA is a more technically demanding and precise procedure compared to other prosthetic surgeries. Utilizing standard operative techniques, unicompartmental knee arthroplasty can result in incorrect implantations in up to 30% of cases. The advent of robot-assisted techniques developed for UKA has improved implant placements, thus reducing revision rates and increasing survival expectations. These techniques have shown meaningful contributions to early functional outcomes. The cost differences generated by new technologies translate into advantages through reduced postoperative pain, shortened hospital stays, and lower complication rates.

Key words: knee prosthesis; unicompartmental knee arthroplasty; medial compartment arthrosis; robotic arthroplasty

Unikompartmantal diz artroplastisi (UKA), diz ekleminde yalnızca bir bölümü -medial ya da lateral- değiştirmek için tasarlanmış bir cerrahi işlemdir. Bu yöntem, izole osteoartrit, osteonekroz veya dizin sınırlı bir bölümünde ciddi kıkırdak hasarı bulunan hastalarda ağrıyı hafifletmek ve eklem fonksiyonunu yeniden kazandırmak amacını taşır. Geleneksel diz protezleri tüm diz eklemini hedef alırken UKA yalnızca etkilenen bölgeyi onarmayı amaçlar. Bu sayede hastaların daha az travma yaşamasını ve daha hızlı bir iyileşme süreci geçirmesini mümkün hâle getirir. Seçilmiş hastalarda, yüksek tibial osteotomi ve total diz artroplastisine (TDA) karşı önemli bir alternatiftir.^[1-3] Unikompartmantal diz artroplastisinin TDA'ya göre avantajları arasında, her iki çapraz bağın

korunması, daha normal diz kinematiği ve daha yüksek bir performans seviyesi oluşturması ön plana çıkmaktadır. Kemik stoku, dizin kullanılmayan yarımında, patellofemoral bölümde korunur ve bu da gerekli olması hâlinde TDA'ya daha kolay dönüşüm sağlar. Yüksek tibial osteotomiye karşı UKA'nın avantajları da, daha iyi erken dönem hasta memnuniyeti, daha az erken komplikasyon, daha uzun ömür, daha iyi kozmetik uzuv hizalaması, TDA'ya daha kolay dönüşüm ve aynı seansta iki taraflı prosedür gerçekleştirme potansiyelinin yüksek olması yer olarak sayılabilir.^[2,4]

Modern anlamda UKA ilk olarak 1970'lerde tanıtılmıştır.^[5] Her ne kadar UKA'nın savunucuları, prosedürün normal diz kinematiğini daha yakından taklit ettiğini,

daha düşük ameliyat morbiditesine ve kan kaybına yol açtığını, geleneksel bikondiler diz artroplastisine kıyasla daha erken mobilizasyon ve rehabilitasyona izin verdiğini savunsalar da ilk nesil protezlerin sonuçları, altı yıllık ortalama takipte TDA'ya dönüşüm oranının %28 olduğu yüksek başarısızlık oranları göstermiştir.^[1,3] Zamanla, implant tasarımında, cerrahi teknikte yapılan değişiklikler ve cerrahi endikasyonların genişlemesi, UKA'ya olan ilginin yenilenmesine yol açmıştır. Son yıllarda yapılan birçok çalışmada, daha az invaziv olduğu, daha kısa ameliyat süresi, daha geniş ameliyat sonrası hareket aralığı, daha iyi ağrı kesici özelliği, günlük aktivitelere ve spora daha erken dönüş sağladığı ve TDA'ya kıyasla daha düşük maliyet oluşturduğunu göstermektedir.^[1,5] Ayrıca, minimal invaziv yaklaşımlara olan artan ilgide, geleneksel TDA'ya kıyasla daha küçük bir kesi gerektiren UKA'nın popülaritesini arttırmıştır. Günümüzde her biri kendi avantajları ve dezavantajları olan, yatak tasarımı, çimentosuz veya çimentolu fiksasyon gibi fiksasyon teknikleri ve robotik destekli sistemler bakımından farklılık gösteren çeşitli UKA türleri mevcuttur.^[4]

Unikompartmantal diz artroplastisi diğer protez cerrahilerine göre daha hassas ve zorlu bir tekniktir. Standart ameliyat tekniği kullanan UKA'ların %30 kadarının doğru olmayan implantasyonla sonuçlandığını gösteren yayınlar mevcuttur. Özellikle minimal invaziv prosedürlerde, geleneksel tekniklerle hassas uzuv hizalaması elde etmek zordur. Yetenekli cerrahlar bile tutarlı bir şekilde doğru hizalama elde edemeyebilir. Çeşitli çalışmalarda klasik UKA ameliyatlarında %40-60 oranında, ameliyat öncesi planlanan hizalamadan sapma görüldüğü ortaya konmuştur.^[6-9]

Klasik UKA ameliyatlarında yaşanan güçlükler daha iyi implant yerleşimi ve dengeleme amaçlı yeni teknolojilerin kullanımını ivmelendirmiştir. Unikompartmantal diz artroplastisi için robotik destekli tekniklerin geliştirilmesi, sağkalımı artırma çabasıyla cerrahi hassasiyeti ve bileşen hizalamasını iyileştirmek amaçlıdır.^[9,10] Robotik UKA'nın sağladığı yüksek implantasyon doğruluğu, ameliyat sonrası sonuçlar ve revizyon oranlarıyla yakından bağlantılı bulunmuştur.^[11] Robotik destekli artroplastinin bir diğer çıkış noktası da tekrarlanabilirliktir.^[12] Robotların cerrahide insan yeteneklerini arttırmadaki başlıca faydası, tam doğruluk ve tutarlılıkla karmaşık görevleri yerine getirme kabiliyetlerini arttırması ve bunun aynı başarıda tekrarlanabilir olmasıdır. Robotik cerrahiye karşı hastaların artan ilgisi ve hastaneler arasındaki rekabetin hızlandığı robotik teknoloji ediniminin artması da, robotik protez cerrahisinin yaygınlaşmasında etkili olmaktadır.^[13,14]

TARİHÇE VE GÜNÜMÜZDE UNİKOMPARTMANTAL DİZ ARTROPLASTİSİ İÇİN KULLANILAN ROBOTİK SİSTEMLER

Robotik cerrahinin temelleri, 1980'lerin sonlarına doğru atılmaya başlanmıştır. İlk robotik sistemler, genel cerrahi ve ortopedi alanında deneysel aşamada olmakla birlikte zamanla ortopedik cerrahlar, robotik sistemlerin cerrahi işlemlerde kullanılmasının potansiyel yararlarını keşfetmeye başlamışlardır.^[15] William Bargar, 1980'lerde 'ROBODOC' olarak adlandırılan ilk robotik ortopedik cerrahi sistemini tanıtmıştır. Bu sistem başlangıçta total kalça artroplastisinde femoral stem konumlandırmasının doğruluğunu arttırmak için geliştirilmiştir. Daha sonra, bu teknoloji TDA'da ve UKA'da kemik kesimlerin hassasiyetini arttırmak için uyarlanmıştır.^[16,17] Unikompartmantal diz artroplastisi için tasarlanan ilk dokusal robotik teknoloji olan Cobb ve ekibi tarafından geliştirilen Acrobot (Acrobot Ltd., Londra, İngiltere)'tur. Daha sonra, dinamik referans sistemi kullanan MAKO (MAKO Surgical Corporation, FL, ABD) ve ameliyat öncesi görüntüleme planlaması gerektirmeyen Navio (Smith & Nephew, PA, Amerika Birleşik Devletleri) gibi sistemler geliştirilerek kullanıma sunulmuştur.^[15]

Unikompartmantal artroplastide robotik teknolojinin yaygınlaşması 2004 yılında tanıtılan makoplasti ile başlamaktadır. Robotik kol etkileşimli ortopedik sistemi (RIO; MAKO Stryker, Fort Lauderdale, Florida) günümüzde UKA, TDA ve total kalça artroplastisi (TKA) için klinik uygulamada mevcut olan bir dokusal sistemdir. 2008 yılında Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi'nden (FDA) onay almıştır. Görüntü tabanlı bir sistem olarak, cerrahi planlamada bileşen boyutlandırma, konumlandırma ve kemik rezeksiyonunu belirlemeye yardımcı olmak için ameliyat öncesi bilgisayarlı tomografi kullanılır. Herhangi bir cerrahi rezeksiyondan önce hastanın özel kinematiğine göre ameliyat öncesi ve/veya ameliyat sırasında doğrulanır ve ayarlanır. Robotik sistem, istenen planın dışında kemik rezeksiyonunu önlemek için cerrahi sırasında dokusal geri bildirim sağlar (Şekil 1).^[13,17]

Unikompartmantal diz artroplastisi için kullanılabilen bir diğer robotik sistem Navio ve güncel versiyonu olan CORI platformlarıdır. Navio PFS (Smith ve Nephew, Memphis, TN), ilk olarak 2012 yılında UKA ve daha sonra TDA için FDA tarafından onaylanmış, açık bir platform kullanan ve UKA, patellofemoral ve TDA için serbest elle şekillendirme sağlayan bir cihazdır. Etkileşimli, cerrah tarafından kontrol edilen, elde taşınan kesme aletinin, yalnızca planlanan kemiğin çıkarılması için uzayan ve geri çekilen bir kesme frezesi vardır. Yarı otonom bir sistem olarak, cerrahın freze aletinin hareketlerini izler ve istenen kemik çıkarma hacminin kenarına yaklaşıldı-



Şekil 1. Robotik kol etkileşimli ortopedik sistemi (MAKO) robotu kullanılarak yapılan UKA ameliyatının aşamaları.

ğında freze ucunun geri çekilmesi yoluyla hem doğruluğu hem de güvenliği optimize etmek için koruma önlemleri alır. Navio sistemi ameliyat öncesi görüntüleme gerektirmediği için radyasyona maruz kalma riskini ve ameliyat öncesi görüntülemeyle ilişkili maliyeti ortadan kaldırır. Ancak Navio, dokunsal geri bildirim güvenmez. Bunun yerine, motorlu frezin maruziyetini ve hızını modüle ederek, yanlışlıkla kemik çıkarılmasına karşı koruyucu kontrol sağlar. Freze geri çekilmesinin güvenliği, hassasiyeti ve geri çekilme hızıyla sınırlıdır.^[7,15-17]

Zimmer Biomet'in ROSA platformu, hem total hem de UKA için robotik destek sağlar. Prosedür sırasında hassasiyeti arttırmak için gelişmiş görüntüleme ve navigasyon teknolojisi kullanır. Johnson & Johnson'ın ortopedi şirketi olan DePuy Synthes'in, VELYS™ sistemi de 2024 yılında UKA için FDA onayı almıştır. Kullanıcılarına, ameliyat öncesi planlama imkânı, yumuşak dokuya göre hassas implant yerleşimi, hizalama ve dengeyi sağlamaya yardımcı olmak için kişiselleştirilmiş uygulamaları ve ameliyat sırasında veri akımını mümkün kılmaktadır.^[13,14]

ROBOTİK UNİKOMPARTMANTAL DİZ ARTROPLASTİSİ AVANTAJLARI

Cerrahi Hassasiyet ve İmplant Konumlandırmasında Doğruluk

Robotik sistemler, implant yerleştirmede yüksek doğruluk sağlar. Bu, eklem doğal hareketlerini daha iyi taklit eden bir sonuç elde edilmesine yardımcı olur. Ayrıca, cerrahın hata payını azaltarak komplikasyon riskini minimize eder. Zhang ve ark.'nın sistematik incelemesi, robotik UKA'nın konvansiyonel cerrahi yöntemlere göre implant yerleştirme doğruluğunu önemli ölçüde arttırdığını

göstermektedir. Çalışmada, robotik sistemlerin, cerrahların daha iyi bir planlama yapmalarına olanak tanıdığı ve implantların daha doğru yerleştirildiği vurgulanmaktadır. Bunun yanı sıra, bu çalışmada robotik cerrahinin, hastaların ameliyat sonrası komplikasyon riskini azaltma potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir.^[18] Robinson ve ark.'nın çalışmasında da robotik destekli UKA ile implant konumlandırmanın, manuel olarak gerçekleştirilenden daha doğru ve daha tekrarlanabilir olduğu, daha iyi işlevsel sonuçlar sunduğu gösterilmekle birlikte, bunun orta ile uzun vadede implant sağkalımına katkı sağlayıp sağlamayacağını henüz bilinmediği söylenmektedir.^[19]

Ameliyat Sonrası Ağrı ve İyileşme Süresi

Minimal invaziv yaklaşım, hastaların daha hızlı iyileşmesini sağlar. Çoğu hasta, cerrahiden sonraki birkaç gün içinde günlük aktivitelerine dönebilir. Ayrıca cerrahi travmanın daha az olması, ameliyat sonrası ağrının daha az hissedilmesine ve fiziksel tedavi süreçlerinin daha etkili olmasına olanak tanır. Zhang ve Scott'un çalışmasında robotik UKA uygulanan hastaların, geleneksel yöntemle tedavi edilen hastalara kıyasla daha az ameliyat sonrası ağrı yaşadığını ve iyileşme sürelerinin daha kısa olduğunu ortaya koymaktadır. Araştırmada, robotik cerrahinin sağladığı düşük travma düzeyinin, hastaların erken mobilizasyonu kolaylaştırdığı ve fizik tedavi sürelerini kısalttığını göstermektedir.^[18] Crizer ve ark.'nın çalışmasında da robotik UKA'da erken dönemde ağrının daha az ve iyileşmenin daha hızlı olduğu söylenmektedir.^[10] Blyth ve ark.'nın çalışmasında da robotik UKA'nın özellikle erken dönem ağrı ve fonksiyon skorlarında anlamlı bir avantaj yarattığı ancak bir yıldan sonra klasik yöntemle karşılaştırıldığında anlamlı bir fark yaratmadığı gösterilmiştir.^[20]

Fonksiyonel Sonuçlar

Erken dönem araştırmalar, robotik UKA uygulanan hastaların, geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında daha iyi fonksiyonel sonuçlar ve daha yüksek memnuniyet oranları yaşadığını göstermektedir. Bu durum uzun vadede de bu tür bir cerrahinin etkinliğinin daha uzun süreli korunma potansiyelinin bulunduğunu düşündürmektedir. Clement ve ark.'nın çalışmasında ameliyat sonrası ilk altı aylık dönemde robotik UKA'nın klasik metoda göre Oxford diz skorlaması, EuroQol anketi ve unutulmuş eklem skoru sonuçlarına göre anlamlı olarak iyilik sağladığı gösterilmiştir.^[9] Hoveidaei ve ark.'nın meta-analizinde de robotik UKA'nın hasta memnuniyetini arttırdığını ortaya koymuştur.^[21]

Komplikasyon Oranları

Robotik sistemlerin sağladığı hassasiyet, cerrahi komplikasyon riskini azaltır. Özellikle enfeksiyon, kanama ve implant yerleştirme hataları gibi sorunlar daha az görülür. Bensa ve ark.'nın çalışmasında robotik UKA'nın komplikasyon ve revizyon oranlarını belirgin olarak azalttığı gösterilmiştir.^[22] Sun ve ark.'nın meta-analiz çalışmasında da robotik UKA'nın komplikasyon ve revizyon oranlarının, klasik yöntemle göre daha az olduğu ortaya konmakla beraber, uzun dönem takipli çalışmalara ihtiyaç olduğu da vurgulanmaktadır.^[23]

Maliyet Analizi

Robotik artroplastinin başlangıç giderleri yüksek olmakla birlikte revizyon oranlarını azaltması nedeniyle sonuçta maliyet etkinliği yarattığı görülmektedir. Yeroushalmi ve ark.'nın maliyet-etkinlik analizinde, robotik UKA kullanımının unikompartmantal diz osteoartriti olan hastalarda klasik UKA'ya etkili bir alternatif olduğunu ortaya koymuştur.^[24] Sarrel ve ark.'nın çalışmasında robotik artroplastinin ameliyat sonrası ilk 90 günlük sürede kısa hastanede kalma süresi ve düşük komplikasyon oranları nedeniyle maliyet açısından faydalı olduğunu saptanmıştır.^[25] Goh ve ark. da kıyaslamalı çalışmalarında robotik UKA'nın maliyet avantajı yarattığını göstermişlerdir.^[26] Gelecekte farklı firmaların rekabeti ve alternatif teknolojilerin ortaya çıkmasıyla robotik sistemlerin maliyetlerinin azalması öngörülebilmektedir.^[13,26]

Robotik unikompartmantal artroplastide dezavantaj olarak düşünülebilecek bir konu öğrenme eğrisidir. Kyani ve ark. öğrenme periyodunu altı vakayla ilişkilendirmişlerdir.^[14] Farklı çalışmalarda ortalama olarak bu süre 5-10 vaka arasında bildirilmektedir.^[9,27] Öğrenme eğrisiyle ilişkilendirilen dönemde, ilave bir komplikasyon ya da komponent pozisyonlaması ile ilgili bir hata olmayıp sadece cerrahi sürenin uzadığı gösterilmiştir.^[14,28]

Genel olarak modern unikompartmantal diz artroplastisinde uzun dönem hasta memnuniyeti beklentisi yüksektir. Banger ve ark.'nın çalışmasında UKA ameliyatları sonrası protez sağkalım oranı beş yıl için %80 bulunmuştur. Klasik ve robotik yöntemler arasında sağkalım oranları arasında anlamlı fark saptanmazken, ikincil cerrahi uygulanma riski klasik yöntemde daha fazla olarak verilmektedir.^[29] Artroplastide robotik teknolojilerin yaygın kullanımı son on yıllık bir zaman dilimini kapsamaktadır. Bu dönemde belirgin bir dezavantaja neden olmamışlardır. Hasta seçimi açısından klasik ve robotik yöntemler açısından bildirilen bir farklılık bulunmamaktadır. Unikompartmantal diz artroplastisi endikasyonu konulan her olguda uygulama robotik olarak yapılabilir. Devam eden araştırmalar, robotik UKA'nın uzun vadeli sonuçları hakkında daha kapsamlı veriler üretecek, en iyi uygulamaları belirlemeye ve cerrahi teknikleri iyileştirmeye yardımcı olacaktır. Robotik artroplastinin, daha iyi bir planlama, daha uygun komponent pozisyonlaması, ameliyat sırasında kontrol edilebilen denge ayarı gibi belirgin avantajları düşünüldüğünde uzun dönemde daha iyi sonuçlara ulaşılabilirliğinin öngörülmesi zor değildir.

KAYNAKLAR

1. Albishi W, AbuDujain NM, Aldahri M, Alzeer M. Unicompartmantal knee replacement: Controversies and technical considerations. *Arthroplasty* 2024;6(1):21. [Crossref](#)
2. Vossen RJM, Ten Noever de Brauw GV, Bayoumi T, Zuiderbaan HA, Pearle AD. Patient satisfaction following unicompartmantal knee arthroplasty: Current concepts. *J ISAKOS* 2024;9(6):100349. [Crossref](#)
3. Borus T, Thornhill T. Unicompartmantal knee arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg* 2008;16(1):9-18. [Crossref](#)
4. Jansen K, Beckert M, Deckard ER, Ziemba-Davis M, Meneghini RM. Satisfaction and functional outcomes in unicompartmantal compared with total knee arthroplasty: Radiographically matched cohort analysis. *JB JS Open Access* 2020;28;5(3):e20.00051. [Crossref](#)
5. Kleeblad LJ, Zuiderbaan HA, Hooper GJ, Pearle AD. Unicompartmantal knee arthroplasty: State of the art. *JISAKOS* 2017;2:97-107. [Crossref](#)
6. Keene G, Simpson D, Kalairajah Y. Limb alignment in computer-assisted minimally-invasive unicompartmantal knee replacement. *J Bone Joint Surg Br* 2006;88-B(1):44-8. [Crossref](#)
7. Clement ND, Al-Zibari M, Afzal I, Deehan DJ, Kader D. A systematic review of imageless hand-held robotic-assisted knee arthroplasty: Learning curve, accuracy, functional outcome and survivorship. *EFORT Open Rev* 2020;5(5):319-26. [Crossref](#)
8. Lonner JH, Klement MR. Robotic-assisted medial unicompartmantal knee arthroplasty: Options and outcomes. *J Am Acad Orthop Surg* 2019;27(5):e207-e214. [Crossref](#)

9. Clement ND, Bell A, Simpson P, Macpherson G, Patton JT, Hamilton DF. Robotic-assisted unicompartmental knee arthroplasty has a greater early functional outcome when compared to manual total knee arthroplasty for isolated medial compartment arthritis. *Bone Joint Res* 2020;9(1):15-22. [Crossref](#)
10. Crizer MP, Haffar A, Battenberg A, McGrath M, Sutton R, Lonner JH. Robotic assistance in unicompartmental knee arthroplasty results in superior early functional recovery and is more likely to meet patient expectations. *Adv Orthop* 2021;2021:477096. [Crossref](#)
11. Zambianchi F, Seracchioli S, Franceschi G, Cuoghi Costantini R, Malatesta A, Barbo G, et al. Image-based robotic-arm assisted unicompartmental knee arthroplasty provides high survival and good-to-excellent clinical outcomes at minimum 10 years follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2023;31(12):5477-84. [Crossref](#)
12. Christ AB, Pearle AD, Mayman DJ, Haas SB. Robotic-assisted unicompartmental knee arthroplasty: state-of-the art and review of the literature. *J Arthroplasty* 2018;33(7):1994-2001. [Crossref](#)
13. Cantivalli A, Cottino U, Bonasia DE, Rosso F, Rossi R. Robotic systems in knee surgery: Current concepts and future perspectives. *Prosthesis* 2023;5(4):1257-74. [Crossref](#)
14. Kyani B, Haddad FS. Robotic unicompartmental knee arthroplasty: Current challenges and future perspectives. *Bone Joint Res* 2019;8(6):228-31. [Crossref](#)
15. Jacofsky DJ, Allen M. Robotics in arthroplasty: A comprehensive review. *J Arthroplasty* 2016;31(10):2353-63. [Crossref](#)
16. Kim SE, Han HS. Robotic-assisted unicompartmental knee arthroplasty: Historical perspectives and current innovations. *Biomed Eng Lett* 2023;13(4):543-52. [Crossref](#)
17. Bautista M, Manrique J, Hozack WJ. Robotics in total knee arthroplasty. *J Knee Surg* 2019;32(7):600-6. [Crossref](#)
18. Zhang J, Ng N, Scott CEH, Blyth MJG, Haddad FS, Macpherson GJ, Patton JT, Clement ND. Robotic arm-assisted versus manual unicompartmental knee arthroplasty: A systematic review and meta-analysis of the MAKO robotic system. *Bone Joint J* 2021;103-B(5):541-8. [Crossref](#)
19. Robinson PG, Clement ND, Hamilton D, Blyth MJG, Haddad FS, Patton JT. A systematic review of robotic-assisted unicompartmental knee arthroplasty: Prosthesis design and type should be reported. *Bone Joint J* 2019;101-B(7):838-47. [Crossref](#)
20. Blyth MJG, Anthony I, Rowe P, Banger MS, MacLean A, Jones B. Robotic arm-assisted versus conventional unicompartmental knee arthroplasty: Exploratory secondary analysis of a randomised controlled trial. *Bone Joint Res* 2017;6(11):631-9. [Crossref](#)
21. Hoveidaei AH, Esmaeili S, Ghaseminejad-Raeini A, Pirahesh SK, Hoveidaei A, Sandiford NA, et al. Patient satisfaction following robotic unicompartmental knee arthroplasty: A systematic review and meta-analysis. *Technol Health Care* 2024;32(5):3625-34. [Crossref](#)
22. Bensa A, Sangiorgio A, Deabate L, Illuminati A, Pompa B, Filardo G. Robotic-assisted unicompartmental knee arthroplasty improves functional outcomes, complications, and revisions. *Bone Jt Open* 2024;5(5):374-84. [Crossref](#)
23. Sun Y, Liu W, Hou J, Hu X, Zhang W. Does robotic-assisted unicompartmental knee arthroplasty have lower complication and revision rates than the conventional procedure? A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open* 2021;11(8):e044778. [Crossref](#)
24. Yeroushalmi D, Feng J, Nherera L, Trueman P, Schwarzkopf R. Early economic analysis of robotic-assisted unicompartmental knee arthroplasty may be cost effective in patients with end-stage osteoarthritis. *J Knee Surg* 2022;35(1):39-46. [Crossref](#)
25. Sarrel K, Hameed D, Dubin J, Mont MA, Jacofsky DJ, Coppolecchia AB. Understanding economic analysis and cost-effectiveness of CT scan-guided, 3-dimensional, robotic-arm assisted lower extremity arthroplasty: A systematic review. *J Comp Eff Res* 2024;13(4):e230040. [Crossref](#)
26. Goh GS, Haffar A, Tarabichi S, Courtney PM, Krueger CA, Lonner JH. Robotic-assisted versus manual unicompartmental knee arthroplasty: A time-driven activity-based cost analysis. *J Arthroplasty* 2022;37(6):1023-8. [Crossref](#)
27. Liu P, Lu FF, Liu GJ, Mu XH, Sun YQ, Zhang QD, et al. Robotic-assisted unicompartmental knee arthroplasty: A review. *Arthroplasty* 2021;3(1):15. [Crossref](#)
28. Tay ML, Carter M, Bolam SM, Zeng N, Young SW. Robotic-arm assisted unicompartmental knee arthroplasty system has a learning curve of 11 cases and increased operating time. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2023;31(3):793-802. [Crossref](#)
29. Banger M, Doonan J, Rowe P, Jones B, MacLean A, Blyth MJB. Robotic arm-assisted versus conventional medial unicompartmental knee arthroplasty: Five-year clinical outcomes of a randomized controlled trial. *Bone Joint J* 2021;103-B(6):1088-95. [Crossref](#)