



Robotik kol yardımcı total kalça artroplastisi

Robotic arm assisted total hip arthroplasty

İbrahim Tuncay, Ahmet Can Erdem

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

Total kalça protezi (TKP), erişkinlerde en sık uygulanan rekonstrüktif kalça cerrahisidir. Bu ameliyatın temel amacı, kalça eklem stabilitesini koruyarak ağrıyı ortadan kaldırmak ve eklem hareketini tam olarak yeniden kazanmaktır. Cerrahi teknikler, biyomalzemeler ve protez tasarımları zamanla birbirine uyum sağlayarak gelişmektedir. Bununla birlikte ameliyat sonrası çok çeşitli komplikasyonlar oluşabilmekte, hatta bunlar yıllar sonra bile ortaya çıkabilmektedir. Önceki kalça cerrahisini takiben, sonraki her cerrahi işlem, başarılı olma şansını önemli ölçüde düşürmektedir. Bu nedenle primer (birincil) total kalça protezinde hastaların ameliyat öncesi iyi değerlendirilmesi ve hazırlanması esastır. Robotik kol yardımcı TKP uygulamaları, bilgisayarlı tomografinin de yardımıyla ameliyat öncesi kişinin anatomisini en uygun şekilde değerlendirmeye olanak sağlamakla birlikte, ameliyat sırasında komponentlerin (bileşenlerin) planlandığı şekilde uygulanmasına da imkân vermektedir. Ayrıca ameliyat sırasında ekstremite arası boy farkının ve yumuşak doku dengesinin de optimal olması sağlanarak, hasta memnuniyetini artırmanın bir yolu olarak artan ilgi ve yaygınlık kazanmıştır.

Anahtar sözcükler: total kalça protezi; koksartroz; robotik kol yardımcı cerrahi; artroplastisi; kalça

Total hip replacement is the most commonly performed reconstructive hip surgery in adults. The main purposes of this surgical intervention are to eliminate pain by maintaining hip joint stability and to regain full range of motion. Surgical techniques, biomaterials and prosthetic designs evolve over time by adapting to each other. However, a wide variety of complications can occur after surgery, even can take place years later. Following the previous hip surgery, each subsequent surgical procedure significantly reduces the success rate. Therefore, it is essential to assess the patients who will undergo a primer total hip replacement very well and to perform pre-operative planning very carefully. Besides allowing the surgeon to assess the patient's anatomy better, the robotic-arm-assisted total hip arthroplasty (THA) system also provides accurate placement of the components as planned preoperatively with the help of the computerized tomography. Additionally, this system gained an increasing interest and popularity in recent years, providing the optimal leg length difference and soft tissue balance and improving patient satisfaction.

Key words: total hip prosthesis; coxarthrosis; robotic-arm assisted surgery; arthroplasty; hip

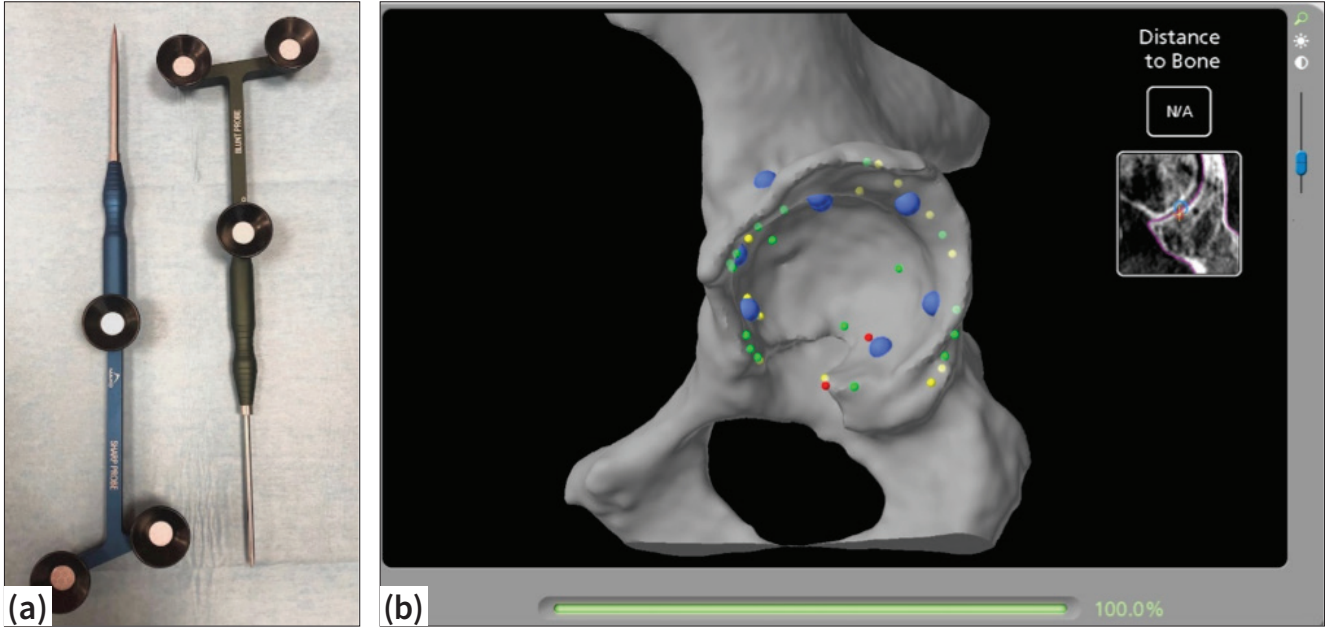
İleri evre kalça osteoartritin tedavisinde uygulanan total kalça protezi (TKP), uzun yıllardır uygulanan ve oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiş bir yöntemdir. Bununla birlikte, TKP uygulamaları sonrası çıkık ve mekanik gevşeme, revizyon cerrahisine yol açan en yaygın komplikasyonlardır.^[1] Bu endişeleri gidermek için son yıllarda robotik teknoloji uygulamaları ortaya çıkmıştır. Eklem artroplastisinde robotik kol yardımcı cerrahinin amacı, insan hatasından kaynaklanan bileşen malpozisyonunu azaltmak, kinematik tam sağlanması, ekstremite arası boy farkının dengelenmesi, instabilitenin (dengesizliğin) veya sıkışmanın azalması ve böylece hasta memnuniyetini artırmaktır.^[2]

TKP'de komponentlerin uygun açı ve konumda yerleştirilmesi, implantın hayatta kalması için temel faktörlerden biri gibi görünmektedir. Kötü konumlandırılmış komponentlerin ameliyat sonrası çıkık ile yüksek ilişkisi olduğu gösterilmiştir.^[2] Bununla birlikte komponentler arası sıkışma, bacak boyu eşitsizliği, implant aşınması, gevşeme, kötü fonksiyonel sonuçlar ve artan cerrahi revizyon oranları da uygunsuz implant konumlandırma ile ilişkilendirilmiştir.^[3] Bu olumsuz sonuçlar kalça revizyon cerrahisi nedenlerinin %40'ını oluşturmaktadır.^[4]

İletişim / Contact: Öğr. Gör. Dr. Ahmet Can Erdem • **E-posta / E-mail:** erdem.canahmet@gmail.com

ORCID iD: İbrahim Tuncay, 0000-0001-5778-692X • Ahmet Can Erdem, 0000-0002-4763-1112

Geliş / Received: 7 Ekim 2021 • **Kabul / Accepted:** 19 Aralık 2021



Şekil 1.a-b. Elektronik kalem (a) ile asetabulum anatomisinin bilgisayara tanıtılması (b).

Kalça Protezinde Kullanılan Robotik Sistemler

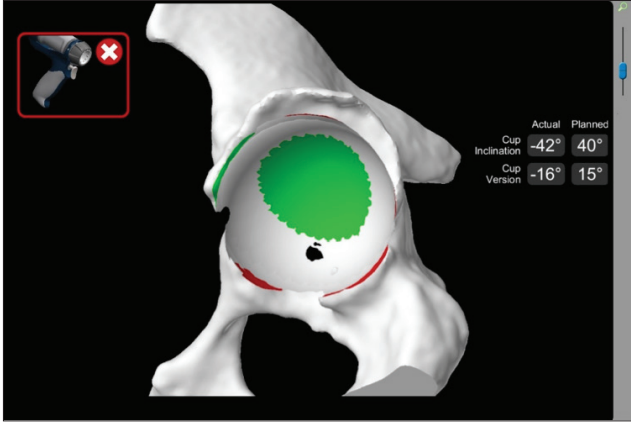
Robot; önceden programlanmış ve çeşitli görevleri gerçekleştirmek için tasarlanmış mekatronik bir cihazdır. İskelet anatomisinin statik (durağan) doğası, ameliyat öncesi görüntülemeye olanak sağlar ve bu tür robotik teknolojilerin kullanımına imkân oluşturur. Böylece asetabular ve femoral komponentlerin uygun pozisyonda konulmasına da yardımcı olur.^[5]

Pasif sistemler (Da Vinci cerrahi sistemi), yarı aktif sistemler (robotik kol yardımcı cerrahidir; cerrah, eli eli sistemi kontrol eder ve ayarlar, MAKO THA sistem, *Stryker, Mahwah, NJ*) veya aktif sistemler (önceden programlanmış algoritmaların ve tanımlanmış kemik kesme parametrelerinin doğrudan insan manipülasyonu olmadan görevi bağımsız olarak yönetebilen) geliştirilmiştir.^[6] Kalça protezi ameliyatında kullanılan ilk aktif robotik sistem; işlem boyunca cerrah tarafından sürekli kontrol edilmeden robot yardımcı ROBODOC cerrahi sistemidir.^[7] Diz ve kalça cerrahisinde kemik kesileri ve kesme aparatlarının yerleştirilmesinde farklı mekanizmalar geliştirilmiştir. Robotik kesme yöntemleri, son literatürde üç farklı şekilde tanımlanmıştır:^[8] (1) otonom; herhangi bir cerrah kontrolü olmadan kesme, (2) dokunsal kontrol; robotu manevra yapmak için kullanarak cerrah kontrolünde kesme, oyma veya delme (robotun hareketi bir uç sınırla sınırlandırılmıştır),^[9,10] (3) sınır kontrolü; cerrah, robotu idare etmek için gereklidir, ancak rezeksiyon planlama sınırlarını aşarsa (Navio Cerrahi Sistemi, *Smith & Nephew*) robot hareketi devre dışı bırakılır veya işlem durdurulur.^[11,12]

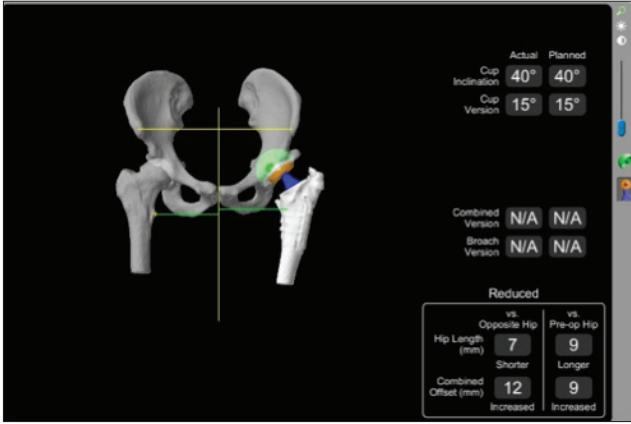
Robotik Kol Yardımlı Total Kalça Protezi Uygulamala Aşamaları

Robotik kol yardımcı total kalça protezi ameliyatına karar verildiğinde, pelvis ve her iki alt ekstremitenin kalçadan dize kadar bilgisayarlı tomografisi çekilir. Bunun için işleme özel kesitlerin alınması ve protokollerin uygulanması gerekir. Bu veriler daha sonra bilgisayara yüklenerek pelvis ve her iki alt ekstremitenin üç boyutlu modeli oluşturulur. Pelvis ve femurun üç boyutlu sanal modeli ameliyat öncesi planlamanın temelidir. Anatomik veriler ve hastanın spesifik (özgül) pelvik referans noktaları sayesinde komponentin uygun açı ve konumda yerleşimi planlanır. Ameliyattan önce bilgisayar programı ile adım adım cerrahi planlanır. Bu aşamada bilgisayar üzerinde; femur boyun kesme seviyesi, her iki alt ekstremiten boy farkı, kalça eklem çevresi yumuşak doku dengesi, asetabular ve femoral komponentin en uygun boyutu ve yerleştirilme açısı önceden planlanır.

Ameliyat sırasında, karşı iliak kanada *array* adı verilen alıcı gözler yerleştirilir. Bu cihazlar, bilgisayara anlık olarak kemiklerin uzaydaki pozisyonunu bildirmek için gereklidir. Uygun cerrahi açılım yapıldıktan sonra, elektronik kalem şeklinde bir cihazla kemiklerin haritası çıkarılır ve bilgisayara tanıtılır (Şekil 1.a,b). Bilgisayar, bu haritayı ameliyat öncesi çekilen tomografi kesitleri ile eşleştirir böylece artık robotik sisteme, femur boyun kesisinin hangi seviyeden yapılacağı, asetabular komponentin hangi açı ile yerleşeceği tanımlanmış olunur.



Şekil 2. Belirlenen sınırlar içerisinde asetabulumun hazırlanması.



Şekil 3. Komponentlerin bilgisayar üzerinde üç boyutlu görünümü ve yerleşimi.

Robotik kol yardımıyla femur boyun kesisi uygun açı ve doğrultuda uygulanır. Sistem kesiler ve asetabular alan da belirlenen sınırlar içerisinde çalışır ve bu alanların dışına çıkılmasına izin verilmez (Şekil 2).



(a)



(b)

Şekil 4.a-b. Direkt anterior (önden) yaklaşımla robotik kol yardımıyla TKP ameliyat görüntüleri; asetabulum anatomisinin bilgisayara tanıtılması (a) ve asetabulumun robotik kol ile hazırlanması (b).

Böylece daha fazla yumuşak doku hasarının önüne geçilmiş olunur. Cerrah ameliyat sırasında bütün bu aşamaları hem ameliyat bölgesini gözleyerek hem de bilgisayar ekranında üç boyutlu olarak kontrol ederek gerçekleştirir (Şekil 3).

Femur boyun kesisi ve asetabulum uygun ölçüde hazırlandıktan sonra komponentler yerleştirilir ve robotik sistem ile tekrar kontrol edilir (Şekil 4.a,b). Bu sırada kalça eklem hareket açıklığı ve ekstremiteler arası uzunluk farkı değerlendirilir. Gerekirse tekrar planlama gözden geçirilip milimetrik düzeltmeler yapılabilir. Cerrah yapılan ölçümleri onaylar ise eklem hareket açıklığı ve bağ dengesi kontrol edilerek ameliyata son verilir.

Robotik Kol Yardımlı Total Kalça Protezi Uygulamalarının Avantaj ve Dezavantajları

Robotik kol yardımlı protez cerrahisinin en önemli avantajı, ameliyatın gözle görülenden çok daha hassas bir şekilde yapılmasını sağlamasıdır.^[5,6] Ameliyatın tamamı, işlemden önce milimetrik olarak planlanır ve ameliyat sırasında robotik kol ise bu planın en hassas şekilde uygulanmasını sağlar.^[5,7,8] İstendiğinde ameliyat sırasında yapılan ölçümlerle bu plan değiştirilebilir. Özellikle ameliyat sonrası protezin uzun ömürlü ve hasta memnuniyetinin yüksek olması için; komponent yerleşimi, dizilimi ve yumuşak doku dengesinin ideal ölçülerde sağlanmış olması çok önemlidir.^[5,8] Robotik kol yardımlı cerrahi bu hedeflere en az hata ile ulaşılmasını sağlayan bir yardımcıdır. Avantajları arasında implant pozisyonunda artan doğruluk, potansiyel olarak daha az komplikasyon ve iyileştirilmiş implant pozisyonuna bağlı olarak daha iyi klinik fonksiyon ve implant sağ kalımı yer alır.^[5,9]

Doğruluk, Tekrar Uygulanabilirlik ve Komplikasyonlar

ROBODOC sistemi eklem artroplastisinde kullanılmak üzere 90'lı yılların başında kurulan ilk sistemlerden biridir. 2008 yılında ise FDA (*Food and Drug Administration*) kullanım onayı almıştır. 2006 yılında Nishihara ve ark. yaptıkları randomize (rastgele yapılan) bir çalışmada, ROBODOC destekli TKP ile geleneksel manuel TKP kullanılarak çimentosuz TKP'nin hem dizilim hem de implant konumları karşılaştırılmıştır. Bu robotik sistemin uygulandığı hasta grubunda implantların konumlarında ve yerleşiminde istatistiksel olarak anlamlı bir gelişme olduğu ortaya konulmuştur.^[13] Ayrıca Bargar ve ark. ortalama 14 yıllık takip edilen uzun süreli bir çalışmada, robot grubunda femoral stem gevşemesi olmadığı bununla birlikte klinik sonuçlarda ise tatminkar bir iyileşme bildirilmiştir. Ayrıca bu sistemin bir diğer avantajı, bu teknolojinin çok sayıda protez tasarımı ve üreticisi kullanılarak çalışabilmesidir.^[14]

Bu birinci nesil aktif ve otonom robotik yardımcı cerrahi, ameliyat öncesi planlama ve ameliyat sırasında (*intraoperative*) uygulanabilir doğruluğu ile ilgili klinik ve radyolojik faydalara rağmen, bu teknoloji durdurulmuştur. Bunun nedeni ise diğer bazı çalışmalarda yüksek komplikasyon oranları (çıkık oranı (%5,3-%18,0), kas ve sinir hasarı (%0,6-%7,0), artmış enfeksiyon ve kan kaybı oranları, heterotopik ossifikasyon, revizyonlar (%15'e kadar) bildirilmiştir.^[15-18] Bunun sebebinin ise, bu sistemde ortopedi ve travmatoloji cerrahlarının ameliyat sırasında müdahale etme ve cerrahi planın herhangi bir bölümünü değiştirme zorluğuna bağlı olduğu düşünülmektedir.^[16,17]

MAKO TKP sistemi (*Stryker, Mahwah, NJ*), hem asetabular kap hem de femoral stem (sap) yerleştirme için uygun şekilde geliştirilmiş yarı aktif robot destekli bir sistemdir. Robotik kol yardımcı (MAKO) TKP uygulanan 120 hastayı içeren çok merkezli bir çalışmada, asetabular komponent konumlandırması; ameliyat öncesi planlama, ameliyat sırasında değerlendirme ve ameliyat sonrası iki boyutlu (*two dimensional*, 2D) grafi ölçümü arasında karşılaştırılmıştır. Asetabular komponentin implantasyonunun doğruluğu ve güvenilirliği %95 bulunmuştur.^[19]

Kayani ve ark., 75 hastadan oluşan prospektif bir çalışmada, konvansiyonel (alışılabilir) manuel TKP uygulanan 25 hastayla robotik kol yardımcı (MAKO) TKP uygulanan 50 hastanın asetabular komponent yerleşimi kıyaslanmıştır. Robotik grupta komponent yerleşim uygunluğunun daha iyi olduğu görülmüştür.^[20]

Robotik kol, asetabulumun hazırlanması sırasında oyuncunun yöneliminin ve ilerlemesinin de kontrolünü sağlar. Kontrollü şekilde hazırlanan asetabular oyuğa implant stabil ve uygun şekilde yerleştirilebilir. Aksi takdirde kaba uygun ovalik sağlanamazsa implant stabilitesi yetersiz olacaktır.

Total Anteversiyonun Ayarlanması

Primer TKP sonrası çıkık, literatürde %0-5 arasında bildirilmekte ve ana komplikasyon olarak kabul edilmektedir.^[5] Uygun implantasyon ve yumuşak doku koruması; eklem biyomekaniğinin restorasyonu için kilit nokta kabul edilmektedir. Femoral stem versiyonunu da içeren total anteversiyonun bulunması bundan sonraki çalışmalarda çok önemli bir yol gösterici olmuştur.^[21]

Literatürde femur rotasyonları ve anteversiyonlarının büyük değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir.^[22] İdeal ve hastaya uygun total bir anteversiyonun belirlenmesi çok zordur. Lomber sagittal dengenin zamanla ilerlemesi, lombo-pelvik kompleks bileşkenin hareketliliğinin azalması, kalça-omurga mekanik ilişkisi gibi bazı unsurlar zamanla total anteversiyonda değişmeye neden olmaktadır.^[22]

Tsai ve ark., robotik kol yardımcı hastalar ile manuel yöntemle uygulanan hastaların ameliyat sonrası total anteversiyon değerlerini kontralateral kalçanınikiyle karşılaştırarak, doğal kalça geometrisini restore etmede zorlukları ve robotik yardımcı cerrahinin ideal total anteversiyonu yakalamada avantajlı olduğunu bildirmiştir.^[9]

Ameliyat sonrası *offset* değerlerindeki anormallikler bazen implant aşınmasının veya sıkışmasının nedeni olabilmektedir. Kalça rotasyon merkezinin restorasyonunun, uygun kas fonksiyonunun yanı sıra kalça protezinin uzun ömürlü olmasıyla da ilgili olduğu görülmüştür.^[23]

Nawabi ve ark., robotik kol yardımcı sistem kullanarak istenen kalça uzunluğunun ve *offset*in doğruluğunu incelemek için altı kadavra kalçasında 12 asetabular bileşen üzerinde çalışmışlardır. Geleneksel manuel TKP ile karşılaştırıldığında, MAKO robotik sistem kullanıldığında istenen *offset*, kalça rotasyon merkezi ve bacak boyu uzunluğunun daha doğru elde edildiği bulunmuştur.^[10]

Öğrenme Eğrisi

Kayani ve ark., robotik kol yardımcı asetabular kap konumlandırma için 12 vakanın öğrenme eğrisi için yeterli olduğunu bildirmiştir. Kalça biyomekaniğinin eski haline getirilmesinde veya planlanan asetabular komponentin uygun konumda konumlanmasının öğrenme eğrisinden bağımsız olduğu görülmüştür.^[24]

Robotik kol yardımcı artroplastinin sorunlarından biri de konvansiyonel protez cerrahisine göre daha pahalı olmasıdır. Bu konuda yapılmış çalışmalar kapsamında fiyat-etkililik oranı açısından literatürde yapılmış kanıt düzeyi yüksek çalışma bulunmamaktadır.^[25] Ayrıca robotik cerrahide kemiklere *array* adı verilen sensörler yerleştirilmekte olup ekstra kemik girişinin olmasının enfeksiyon açısından riskli olabileceği konusunda tartışmaya neden olmaktadır. Bu konuda literatürde gösterilebile-

cek kanıt düzeyi yüksek çalışma olmamakla birlikte bu durum robotik cerrahinin eleştirilen taraflarındandır.^[5,9,15]

Robotik kol yardımcı TKA uygulamaları, ekstremiteler arası boy eşitliğini sağlamada, femoral anteverسیونu ideal konumlandırmada, asetabular komponentin en uygun biçimde yerleştirilmesinde, kalça rotasyon merkezini restorasyonunda açık ve belirgin faydalar sağlar. Böylece fonksiyonel sonuçlarda belirgin ve hızlı iyileşme gözlenir. Bu konuyla ilgili bazı sınırlamalara ve tartışmalara rağmen bu teknoloji, rutin klinik uygulamada potansiyel kullanım ile umut verici sonuçlar sunmaktadır. Robotik sistemlerin, rutin total kalça artroplastisindeki faydasını doğrulamak için daha uzun süreli takip ile daha fazla randomize klinik çalışmalar gerekli olacaktır.

KAYNAKLAR

- Gwam CU, Mistry JB, Mohamed NS, Thomas M, Bigart KC, Mont MA, et al. Current epidemiology of revision THA in the United States: national inpatient sample 2009 to 2013. *J Arthroplasty* 2017;32(7):2088-92. [Crossref](#)
- Lewinnek GE, Lewis JL, Tarr R, Compere CL, Zimmerman JR. Dislocations after total hip-replacement arthroplasties. *J Bone Joint Surg Am* 1978;60(2):217-20. [Crossref](#)
- Yoder SA, Brand RA, Pedersen DR, O’Gorman TW. Total hip acetabular component position affects component loosening rates. *Clin Orthop* 1988;(228):79-87. [Crossref](#)
- Bozic KJ, Kurtz SM, Lau E, Ong K, Vail TP, Berry DJ. The epidemiology of revision total hip arthroplasty in the United States. *J Bone Jt Surg Am* 2009;91(1):128-33. [Crossref](#)
- Kouyoumdjian P, Mansour J, Assi C, Caton J, Lustig S, Coulomb R. Current concepts in robotic total hip arthroplasty. *SICOT J* 2020;6:45. [Crossref](#)
- Tarwala R, Dorr LD. Robotic assisted total hip arthroplasty using the MAKO platform. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2011;4(3):151-6. [Crossref](#)
- Pagkalos J, Chaudary MI, Davis ET. Navigating the reaming of the acetabular cavity in total hip arthroplasty: Does it improve implantation accuracy? *J Arthroplasty* 2014;29(9):1749-52. [Crossref](#)
- Chen AF, Kazarian GS, Jessop GW, Makhdom A. Robotic technology in orthopaedic surgery. *J Bone Jt Surg* 2018;21;100(22):1984-92. [Crossref](#)
- Tsai TY, Dimitriou D, Li JS, Kwon YM. Does haptic robot-assisted total hip arthroplasty better restore native acetabular and femoral anatomy? Robot-assisted total hip arthroplasty better restores hip anatomy. *Int J Med Robot* 2016;12(2):288-95. [Crossref](#)
- Nawabi DH, Conditt MA, Ranawat AS, Dunbar NJ, Jones J, Banks S, et al. Haptically guided robotic technology in total hip arthroplasty: A cadaveric investigation. *Proc Inst Mech Eng H* 2013;227(3):302-9. [Crossref](#)
- DiGioia AM, Jamaraz B, Picard F, Nolte LP. Computer and robotic assisted hip and knee surgery. Oxford University Press. 2004
- Netravali NA, Shen F, Park Y, Bargar WL. A perspective on robotic assistance for knee arthroplasty. *Adv Orthop* 2013;2013:1-9. [Crossref](#)
- Nishihara S, Sugano N, Nishii T, Miki H, Nakamura N, Yoshikawa H. Comparison between hand rasping and robotic milling for stem implantation in cementless total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 2006;21(7):957-66. [Crossref](#)
- Bargar WL, Parise CA, Hankins A, Marlen NA, Campanelli V, Netravali NA. Fourteen year follow-up of randomized clinical trials of active robotic-assisted total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 2018;33(3):810-4. [Crossref](#)
- Honl M, Dierk O, Gauck C, Carrero V, Lampe F, Dries S, et al. Comparison of robotic-assisted and manual implantation of a primary total hip replacement: A prospective study. *J Bone Jt Surg Am* 2003;85(8): 1470-8. [Crossref](#)
- Nakamura N, Sugano N, Nishii T, Kakimoto A, Miki H. A comparison between robotic-assisted and manual implantation of cementless total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2010;468(4):1072-81. [Crossref](#)
- Schulz AP, Seide K, Queitsch C, Haugwitz AV, Meiners J, Kienast B, et al. Results of total hip replacement using the Robodoc surgical assistant system: clinical outcome and evaluation of complications for 97 procedures. *Int J Med Robot* 2007;3(4):301-6. [Crossref](#)
- Bargar WL, Bauer A, Börner M. Primary and revision total hip replacement using the Robodoc system. *Clin Orthop* 1998;(354):82-91. [Crossref](#)
- Elson L, Douchis J, Illgen R, Marchand RC, Padgett DE, Bragdon CR, et al. Precision of acetabular cup placement in robotic integrated total hip arthroplasty. *HIP Int* 2015;25(6):531-6. [Crossref](#)
- Kayani B, Konan S, Thakrar RR, Huq SS, Haddad FS. Assuring the long-term total joint arthroplasty: A triad of variables. *Bone Joint J* 2019;101-B:11-18. [Crossref](#)
- Widmer K-H, Zurfluh B. Compliant positioning of total hip components for optimal range of motion. *J Orthop Res* 2004;22(4):815-21. [Crossref](#)
- Maruyama M, Feinberg JR, Capello WN, D’Antonio JA. The Frank Stinchfield Award: Morphologic features of the acetabulum and femur: Anteversion angle and implant positioning *Clin Orthop* 2001;(393):52-65. [Crossref](#)
- McGrory BJ, Morrey BF, Cahalan TD, An KN, Cabanela ME. Effect of femoral offset on range of motion and abductor muscle strength after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br* 1995;77(6):865-9. [Crossref](#)
- Kayani B, Konan S, Huq SS, Ibrahim MS, Ayuob A, Haddad FS. The learning curve of robotic-arm assisted acetabular cup positioning during total hip arthroplasty. *HIP Int* 202;31(3):311-9. [Crossref](#)
- Kirchner GJ, Lieber AM, Haislup B, Kerbel YE, Moretti VM. The cost of robot-assisted total hip arthroplasty: comparing safety and hospital charges to conventional total hip arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg* 2021;29(14):609-15. [Crossref](#)