

ROSA® diz sistemi ile robotik total diz protezi cerrahisi ve temel prensipler

Robotic total knee replacement surgery with ROSA® knee system and basic principles

Turhan Özler¹, Behiç Çelik²

¹Turhan Özler Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

²Yeditepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

Total diz protezi (TDP), osteoartrit tedavisinde sık kullanılan etkili bir cerrahi yöntemdir. Ancak hasta memnuniyetsizliği bazı serilerde %15-20 seviyelerinde bildirilmektedir. Mekanik hizalama geleneksel olarak tercih edilse de anatomik olmayan bir diz yapısı oluşturabilir. Kinematik hizalama ise doğal diz anatomisini yeniden oluşturmayı hedefleyerek yumuşak doku ve bağları gevşetme ihtiyacını en aza indirir. Robot destekli cerrahi sistemler, cerrahların intraoperatif kararlarını optimize etmelerine yardımcı olur. ROSA® diz sistemi, hasta spesifik anatomik verilerle çalışarak implant yerleşimini milimetrik hassasiyetle ayarlar. Bu sistem, daha iyi mekanik eksen hizalaması, yumuşak doku dengesi ve öngörülebilir ameliyat sonrası sonuçlar sunabilir. Cerrahi sırasında femoral ve tibial referans noktaları belirlenir, kemik kesileri robot yardımıyla planlanır ve stabilite bağ dengesi değerlendirilir. ROSA®'nın doğrulama aracıyla planlanan ve gerçekleştirilen kesimler karşılaştırılır. Kişiselleştirilmiş hizalamayla hastanın doğal bağ gerginliği korunarak daha iyi fonksiyonel sonuçlar sağlanabilir. Yeni çalışmalar, bu yöntemin medial uyumlu implantlarla birlikte daha hızlı iyileşme ve yüksek hasta memnuniyeti sunduğunu göstermektedir. Robotik destekli diz protezi cerrahisi, hassasiyet ve kişiselleştirilmiş hizalama avantajları sayesinde hasta memnuniyetini arttırarak uzun vadeli fonksiyonel başarıyı destekleyen yenilikçi bir yaklaşımdır. Bu derlemede, ROSA® diz sisteminin genel hatlarıyla nasıl çalıştığı, çalışma prensipleri ve cerraha hangi basamaklarda nasıl yardımcı olduğu kaleme alınmaya çalışılmıştır.

Anahtar sözcükler: total diz protezi; robotik total diz protezi; kinematik dizilim; kişiselleştirilmiş dizilim

Total knee replacement (TKA) is an effective surgical method commonly used in the treatment of osteoarthritis. However, patient dissatisfaction remains at rates around 15-20%. Although mechanical alignment is traditionally preferred, it can create a non-anatomical knee structure. Kinematic alignment, on the other hand, aims to recreate the natural knee anatomy, minimizing the need for soft tissue release. Robot-assisted surgical systems help surgeons optimize their intraoperative decisions. The ROSA® knee system works with patient-specific anatomical data to adjust implant placement with millimeter precision. This system can offer better mechanical axis alignment, soft tissue balance and predictable postoperative outcomes. During surgery, femoral and tibial reference points are determined, bone incisions are robotically planned and stability ligament balance is assessed. With ROSA®'s validation tool, planned and realized incisions are compared. With personalized alignment, the patient's natural ligament tension can be preserved, resulting in better functional outcomes. Recent studies show that this method, in combination with medial congruent implants, offers faster healing and high patient satisfaction. Robotic-assisted knee replacement surgery is an innovative approach that promotes long-term functional success by improving patient satisfaction through the advantages of precision and personalized alignment. In this article, we have tried to write about how the ROSA® knee system works in general terms, its working principles and how it helps the surgeon in which steps.

Key words: total knee replacement; robotic total knee replacement; kinematic alignment; personalized alignment

Total diz protezi (TDP), osteoartriti tedavi etmek için sıkça uygulanan ve sonuçları etkili, yüz güldürücü kas-iskelet sistemi cerrahilerinden biridir. Yalnızca Amerika Birleşik Devletleri'nde, yılda 700.000'den fazla cerrahi gerçekleştirilmektedir.^[1]

Komponent tasarım ve teknolojisindeki gelişmelere karşın, bazı serilerde %15-20 seviyelerinde hasta memnuniyetsizliği bildirilmektedir.^[2,3] Optimal olmayan komponent yerleşiminin ve cerrahideki değişkenliğin, daha az başarılı klinik sonuçlara yol açtığı düşünülmektedir.^[2,4,5]

İletişim / Contact: Prof. Dr. Turhan Özler • E-posta / E-mail: turhanozler@hotmail.com

ORCID ID: Turhan Özler, 0000-0002-1115-2435 • Behiç Çelik, 0009-0001-1779-4500

Geliş / Received: 30 Nisan 2025 • **Revizyon / Revised:** 5 Haziran 2025 • **Kabul / Accepted:** 14 Haziran 2025

Total diz artroplastisinde geleneksel hedef, tibial ve femoral komponentlerin mekanik aksa 90° olacak şekilde yerleştirildiği nötral diziliminin sağlanmasıdır. Bu yaklaşımda, ekstansiyon ve fleksiyon fazlarında medial ve lateral kompartmanlarda eşit boşluklar elde etmek amacıyla ligament gevşetmeleri uygulanır. Nötral bir mekanik eksek ve ligament izometrisi elde etmenin implant sağkalımını arttırdığı düşünülürken, günümüzde diz fonksiyonunu tam olarak geri kazandırmadığı görülmektedir.^[6,7]

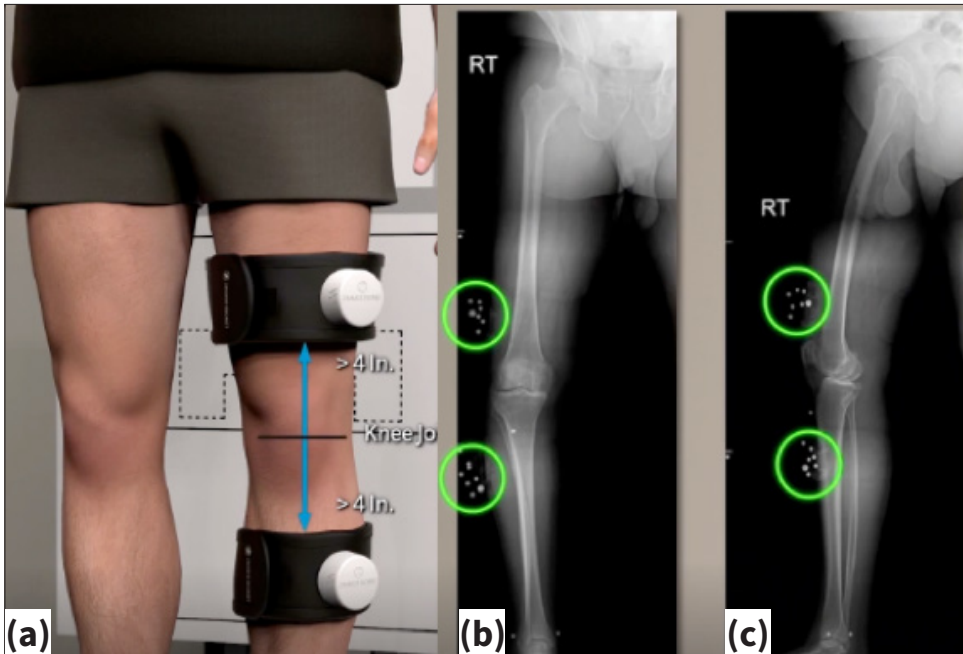
Sağlam çapraz bağlara sahip doğal dizde, fleksiyon boşluğu ekstansiyon boşluğundan biraz daha geniş olma eğilimindedir ve ekstansiyona kıyasla fleksiyonda daha fazla lateral gevşeklik görülür.^[8-10] Kinematik hizalama, yumuşak doku ve bağların gevşetilmesini en aza indirirken, diz yüzeyini yeniden oluşturarak osteoartrit öncesi anatomiye geri kazandırmayı hedefler.^[6] Kinematik ve mekanik dizilimi baz alan TDP'leri arasındaki sonuçları karşılaştıran çalışmalar karışık sonuçlar bildirmektedir.^[11,12] Orta ve uzun vadeli sağkalım kinematik ve mekanik grup arasında fark göstermemektedir.^[13]

Günümüzde robotik cerrahi sistemleri, ortopedik prosedürlerde hassasiyeti artırarak hasta sonuçlarını iyileştirme potansiyeline sahiptir. Robot destekli cerrahi sistemlerden biri olan ROSA® (*robotic surgical assistant*), total diz artroplastisi uygulamalarında cerrahların intraoperatif kararlarını optimize etmelerine yardımcı olan ileri bir teknolojidir. Bu sistem, hasta spesifik anatomik verilerle çalışarak cerrahın komponent yerleşimi

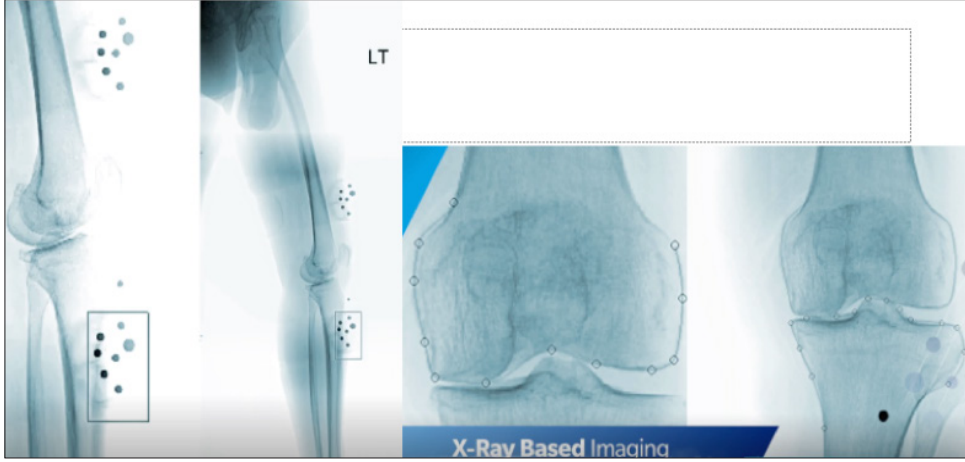
mini milimetrik hassasiyetle ayarlamasına olanak tanır. Konvansiyonel diz protezi cerrahisine kıyasla ROSA®'nın sunduğu avantajlar arasında daha iyi mekanik eksen hizalaması, yumuşak doku dengesi ve daha öngörülebilir ameliyat sonrası sonuçlar yer almaktadır.

ROSA® diz sistemi, kesme aparatlarının yerleşimini kontrol eden ve cerrahın kemik rezeksiyonları ve dinamik bağ dengelemesi için testere kullanmasına olanak tanıyan yarı otonom bir robotik cerrahi sistemdir. Rezeksiyon derinliği ve kesme açısı doğrulukları sırasıyla 0,7 milimetre (mm)'den az ve 1° içinde bildirilmiştir ve çeşitli çalışmalar, ROSA® diz sisteminin implant konumlandırmasını, kalça-diz-ayak bileği açısını ve hasta tarafından bildirilen sonuç puanlarını geleneksel TDP'ye kıyasla iyileştirebileceğine dair kanıt sağlamaktadır.^[14-18]

Ameliyat öncesi planlama, ROSA® diz sistemini uygulamaya entegre ederken özellikle yararlıdır, ancak zorunlu değildir. Sistem, ameliyat öncesi ve sırasında planlama sağlayan 3 boyutlu (3D) kemik modelleri (X-Atlas®, Zimmer Biomet, Warsaw, Indiana) oluşturmak için anteroposterior ve lateral radyografiler kullanır (Şekil 1). Daha sonra, aşınmadan önce doğal kemiği yeniden oluşturmak için distal femoral ve tibial kesiler planlanabilir. Üç boyutlu kemik modellerindeki rotasyon noktalarının doğruluğu 0,86 mm ve femoral ve tibial dönüm noktaları için sırasıyla 1,28 mm ve sistem, femoral ve tibial bileşenler için sırasıyla vakaların %95,6'sında ve %100'ünde implant boyutunu ± 1 boyut içinde tahmin edebilmektedir (Şekil 2).^[19]



Şekil 1.a-c. Hastaların ameliyat öncesi bacak uzunluk grafikleri Zimmer® Biomet'in kendi ürünü olan çeşitli boyutlarda kalibrasyon boncukları içeren bant şeklindeki (a) yer belirleyiciler (yeşil renk daire) ile yapılmaktadır (b-c).



Şekil 2. Elde edilen veriler X-Atlas® veri tabanı ile iki boyutludan üç boyutlu planlamaya dönüştürülür.

Bacak uzunluk radyografileri, yani ortoröntgenografiler, görüntü tabanlı planlamadan bağımsız olarak hastanın alt ekstremité diziliminin ameliyat öncesi değerlendirilmesi için de kullanılabilir. Bu aşamada dizilimi belirlemek için lateral distal femoral açı, medial proksimal tibial açı ve posterior tibial eğim önceden ölçülür. Bu değerler daha sonra kemik kesimini ayarlamak için ameliyat sırasında elde edilen referanslarla karşılaştırılır. Kıkırdak kaybı kemik kesimini etkilemese de grafilerde kemikte geniş defekt yaratmış erozyon olmayan bölgelerden referans noktaları alınmalıdır.

Cerrahi yaklaşımda standart orta hat longitudinal insizyon kullanılmaktadır.

Önceside robotun kamerasının algılayabileceği mesafe ve uygun açılarda Navitracker® alıcıları femur ve tibia-ya yerleştirilmelidir (Şekil 3).

Femoral baş merkezi, femoral kanal giriş noktası, anterior ve posterior troklear oluk ve medial ve lateral

epikondil işaretleri ROSA® diz kullanıcı kılavuzuna göre alınır. Daha sonra, medial ve lateral distal kondiller ve ilgili kondillerin distal yüzeylerinde üç nokta elde edilerek işaretlenecektir. Kemik açığa çıkarsa, işaretler doğrudan kemik üzerinde olacaktır ve herhangi bir erozyon değerlendirilmeli ve kesimden çıkarılmalıdır. Kıkırdak hâlâ mevcutsa işaret cihazı ile delinmemelidir ve bunun yerine rezeksiyon seviyesini, bileşenin eklem yüzeyinin doğal kıkırdakla uyuşacağı şekilde ayarlamak daha doğru olacaktır.

Son olarak, distal femurun ön yüzeyinin ortasında üç nokta elde edilerek anterior femoral korteks belirlenir. Daha önce tartışıldığı gibi, "gerçek yüzeyleme" (*true resurfacing*) yaklaşımında femoral komponentin rotasyonu gerekmez. Bu nedenle anterior korteks işaretlerinin, mekanik hizalamada olduğu gibi lateralden alınmasına gerek yoktur. Genellikle artık standart kabul edilen yaklaşık 3° dış rotasyon mevcuttur.



Şekil 3.a,b. Navitracker® yerleşimini takiben ROSA®'ya kalça ekleminin uzaydaki yerinin ve hareket açıklığının tanıtılması (a) ve femur üzerindeki diğer anatomik noktaların sırayla sisteme uygun işaretleyiciyle tanıtılması (b).

Tibial işaretlemeye bakacak olursak, ROSA® diz kullanımı kılavuzu sırasıyla aşağıdaki referans noktalarını sunmaktadır: medial ve lateral malleoller, tibial tüberkülün medial üçte biri, tibial kanal giriş noktası ve posterior çapraz bağ insersiyon noktası. Medial ve lateral plato rezeksiyonu için işaret belirleme konusunda, öncelikle algılayıcı çubukla medial ve lateral tibial platonun ortasında bir nokta elde edilmelidir, tibial eğimi hesaba katmak için medial ve lateral noktaları antero-posterior olarak eşit mesafelerde seçmeye dikkat edilmelidir. İşaretler kırıkta üzerinde veya açığa çıkmış normal kemik üzerinde alınabilir. Kemik defekti yaratmış erozyon genellikle lokalize olacaktır ve bu nedenle mümkünse kemik kaybı olmayan bir bölgede işaret noktaları alınmalıdır. Mümkün değilse, herhangi bir kemik kaybı kalınlığı tahmin edilmeli ve kesimden çıkarılmalıdır.

Referans noktaları alındıktan sonra akıştaki bir sonraki adım, mevcut eklem dinamiğinin, hareket açıklığının ve ligament balansının ortaya konmasıdır. Ardından, maksimum ekstansiyon ve fleksiyonun ve ekstansiyondaki mümkün olan maksimum düzeltmenin değerlendirilmesidir. Valgus ve varus stres testleri, medial ve lateraldeki distraksiyon derecesini ölçmek için yaklaşık 0-10° ve 90°'de uygulanır ve ROSA® diz sistemi tarafından her bölmedeki gevşekliliği ölçmek için kullanılır. Bu bilgiler, maksimum deformite düzeltmesini kontrol etmek, hastanın doğal bağ dengesini incelemek ve patolojik hiperlaksiteyi taramak için kullanılır.

ROSA®, cerrahi süreç boyunca denge aracı (*balance tool*) ile boşluk analizini gerçekleştirir. Rezeksiyon planı girildiğinde, kesilecek kemik seviyesini, bileşen kalınlığını ve implant yerleştirdikten sonra oluşacak boşlukları gösterir. Fonksiyonel tekniğe kıyasla, planlama aşamasında başlangıçtaki bu boşluklar dikkate alınmaz ve diz dengesini sağlamak için kullanılmaz. Çünkü bu aşamada osteofitler henüz temizlenmemiştir ve kesiler yapıldıktan sonra aşınmış tarafta daha büyük bir boşluk görülmesi normaldir. Bunun yerine, *balance tool* esas olarak aşınmamış yüzeyde protezin yerleşimi için yeterli rezeksiyon yapıp yapılmadığını doğrulamak amacıyla kullanılmalıdır. Örneğin, varus diz için kişiselleştirilmiş bir TDP yapıldığında, ekstansiyon ve fleksiyonda lateral kompartman da daha fazla gevşeklilik beklenir. Ancak bazen osteofitler henüz çıkarılmadığı için medial kompartmanın çok sıkı olduğu düşünülebilir. Çoğu vakada, kesiler tamamlanıp osteofitler temizlendikten sonra bu durum kendiliğinden düzelir.

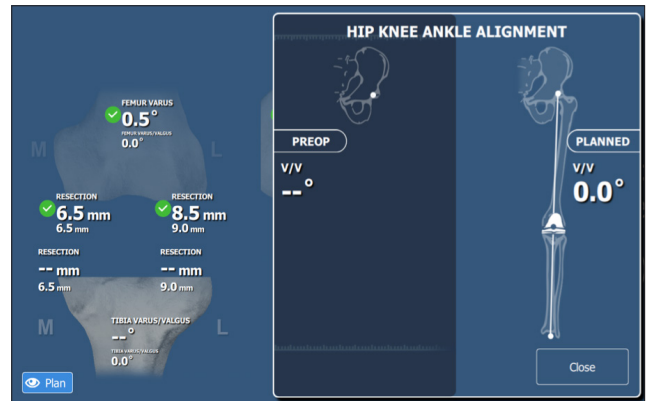
Kişiselleştirilmiş dizilim kullanılan ROSA® ile robotik TDP cerrahisinde kemik kesilerin sırası; önce distal femur, ardından proksimal tibia ve son olarak posterior femur şeklindedir. ROSA®, cerrahin tercihinin bağlı ola-

rak standart kesim sırasını takip edebileceği gibi '4-in-1' femur kesisi seçeneğini de sunar. Distal femur kesimi için robotik kol ve kesim bloku yerleştirilmeden önce tüm ekartörler doğru şekilde konumlandırılmalıdır. Robotik kol tarafında kavisli bir Hohmann ekartör, kamera tarafında ise düz bir ekartör kullanılması tercih edilir. ROSA®, cerrahi sırasında iş birliği modu (*collaborative mode*) seçeneği ile cerrahın robotik kolu manuel olarak yönlendirmesine olanak tanır. Robotik kol ekleme yaklaştığında bu moda geçer ve cerrah kolu nihai pozisyonuna getirir.

Gerçek zamanlı kesim ekranı, medial ve lateral rezeksiyon seviyelerinin planlanan kesimlerle uyumlu olup olmadığını doğrulamak için kullanılabilir. Kesim bloku istenilen pozisyona yerleştirildiğinde, cerrah bloku sabitlemek için iki pin kullanır. Bu aşamada hastanın bacağı hareket etmemesine ve ekartör pozisyonunun değişmemesine dikkat edilmelidir. Çoğu kesim osteofitlerin hemen alt seviyesinde yapılır ve onları da temizler, ancak kalan osteofitler rezeksiyon sonrası kolayca çıkarılabilir. Yeni kullanıcılar, kesilen kemik kalınlığını bağımsız olarak kumpas ile ölçerek doğrulama yapabilir.

Distal femur ve proksimal tibia kesimleri tamamlandıktan sonra, doğrulama aracı ile kemik rezeksiyon seviyeleri kontrol edilmelidir. Eğer doğrulama sonrası elde edilen varus-valgus açısı planlanan açıdan farklıysa kesim rehberi tekrar kontrol edilerek kesimin tamamlandığından emin olunabilir veya nihai mekanik aksın nötr konuma ($\pm 3^\circ$ içinde) getirilmesi için plan ayarlanabilir (Şekil 4). Örneğin, femoral kesim $1,5^\circ$ valgusta tamamlandıysa ve $0,5^\circ$ valgus hedefleniyorsa, tibial kesime hafif bir varus düzeltmesi eklenebilir. Son doğrulanan femoral fleksiyon açısı, protez bileşen boyutlandırmasını ve çentiklenme riskini etkileyebileceği için plana dâhil edilmelidir.

Öncelikle deneme protezleri ile bağ gerginliğini ve uygunluğunu değerlendirilir. Son implantasyonu yapmadan önce eklem hareket açıklığı, ekstansiyon ve fleksi-



Şekil 4. Kesiler tamamlandıktan sonra ROSA®'nin doğrulama aracı yardımıyla kesilerin plana uygun olup olmadığı ve dizilim kontrol edilir.

yonda medial-lateral stabiliteyle patella hareketi kontrol edilir. Tam ekstansiyon kaybı, eklem çok sıkı olduğunu gösterir ve bu durumu düzeltmek için daha ince bir polietilen kullanmak, posterior gevşetme yapmak veya distal femuru tekrar kesmek gerekebilir. Fleksiyonda tibial plato kaldırılması da fazla sıklığı işaret eder ve arka çapraz bağ gevşetmesi, tibial eğimin artırılması veya femoral bileşenin küçültülmesi gerekebilir.

Kişiselleştirilmiş dizilim hedeflenen teknikte temel amaç, hastanın artrit öncesi bağ gerginliğini yeniden oluşturmaktır. Sağlıklı bir dizde yan bağlar fleksiyon boyunca tamamen sabit değildir. Normalde 10° fleksiyonda medial kompartmanda 1-2 mm, lateral kompartmanda ise 2-3 mm'lik küçük bir açılma ve gevşeklik olması beklenir. Fleksiyon arttıkça özellikle arka çapraz bağ kesildiğinde lateral gevşeklik daha belirgin hâle gelir. Bu teknik, bağ gevşetme ihtiyacını en aza indirir, ancak bazı vakalarda küçük ayarlamalar gerekebilir. Yumuşak doku değerlendirmesi sırasında elde edilen boşluklar rehber olarak kullanılabilir, ancak bireysel farklılıklar ve cerrahın uyguladığı teknik dikkate alınmalıdır. Cerrahın deneyimi ve boşluk değerlendirmesi önemlidir ve daha önce belirtildiği gibi asimetrik boşluk hedeflenmelidir (Şekil 5).



Şekil 5. Kesiler tamamlandıktan ve uygun deneme komponentleriyle planlama yapıldıktan sonra fleksiyon ve ekstansiyonda bağ dengesi ve varus-valgus stres testleriyle stabilite değerlendirilmesi yapılır ve bu değerler dizin ameliyat öncesi durumu ile karşılaştırılır. Görselde diz eklemine ekstansiyon ve fleksiyonda mevcut komponentler ile bağ dengesi, medial ve lateralde eklem hattındaki açılma miktarları görülebilmektedir.

Mekanik hizalama, geleneksel cerrahi aletlerin kullanıldığı dönemlerde TDP uygulamalarında en güvenilir yöntem olmuştur. Ancak mekanik hizalama, standart ancak anatomik olmayan bir diz konumu oluşturur ve cerrahi sırasında birçok düzeltme gerektirebilir. Nötral mekanik hizalamanın ($180 \pm 1^\circ$) daha iyi fonksiyonel sonuçlar, hareket açıklığı veya protez ömrü sağladığına dair güçlü bir kanıt bulunmamaktadır.^[8] Yeni çalışmalar, kişiselleştirilmiş hizalamanın (*personalized alignment*) *medial congruent* implantlarla birlikte kullanıldığında daha hızlı fonksiyonel iyileşme ve daha iyi klinik sonuçlar sağlayabileceğini göstermektedir.^[20]

Kişiselleştirilmiş hizalama tekniğini uygulayabilmek için hastanın anatomisini doğru şekilde yeniden oluşturacak hassas ve güvenilir araçlara ihtiyaç vardır. Robotik destekli cerrahi giderek daha fazla ilgi görmekte ve ortopedik cerrahinin geleceği olarak değerlendirilmektedir. ROSA® diz sistemi, cerraha kişiselleştirilmiş hizalama tekniğini uygulamak için hassas, doğru ve etkili bir yardımcı sunmaktadır.

ROSA® diz sistemi önemli bir teknoloji olarak, hasta sonuçlarını iyileştirmek ve yaşam kalitesini arttırmak için geleneksel yaklaşımlardaki prensiplerin ötesine geçmektedir ve gelişmelere olanak sunmaktadır. Robotik sistemle uygulanan bu kişiselleştirilmiş hizalama tekniği, geleneksel mekanik hizalama yöntemlerinin ötesine geçerek TDP cerrahisinde yeni bir bakış açısı sunabilir.

KAYNAKLAR

- Price AJ, Alvand A, Troelsen A, Katz JN, Hooper G, Gray A, et al. Knee replacement. *Lancet* 2018;392(10158):1672-82. [Crossref](#)
- Choi YJ, Ra HJ. Patient satisfaction after total knee arthroplasty. *Knee Surg Relat Res* 2016;28(1):1-15. [Crossref](#)
- Gunaratne R, Pratt DN, Banda J, Fick DP, Khan RJK, Robertson BW. Patient dissatisfaction following total knee arthroplasty: A systematic review of the literature. *J Arthroplasty* 2017;32(12):3854-60. [Crossref](#)
- Parratte S, Pagnano MW, Trousdale RT, Berry DJ. Effect of postoperative mechanical axis alignment on the fifteen-year survival of modern, cemented total knee replacements. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92(12):2143-9. [Crossref](#)
- Sinclair ST, Klika AK, Jin Y, Higuera CA, Piuze NS. The impact of surgeon variability on patient-reported outcome measures, length of stay, discharge disposition, and 90-day readmission in TKA. *J Bone Joint Surg Am* 2022;104(22):2016-25. [Crossref](#)
- Howell SM, Papadopoulos S, Kuznik KT, Hull ML. Accurate alignment and high function after kinematically aligned TKA performed with generic instruments. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013;21(10):2271-80. [Crossref](#)
- MacDessi SJ, Wood JA, Diwan A, Harris IA. Intraoperative pressure sensors improve soft-tissue balance but not clinical outcomes in total knee arthroplasty: A multicentre randomized controlled trial. *Bone Joint J* 2022;104-b(5):604-12. [Crossref](#)

8. Khatib Y, Xia A, Naylor JM, Harris IA, Sorial RM. Different targets of mechanical alignment do not improve knee outcomes after TKA. *Knee* 2019;26(6):1395-402. [Crossref](#)
9. Nowakowski AM, Majewski M, Müller-Gerbl M, Valderrabano V. Measurement of knee joint gaps without bone resection: "Physiologic" extension and flexion gaps in total knee arthroplasty are asymmetric and unequal and anterior and posterior cruciate ligament resections produce different gap changes. *J Orthop Res* 2012;30(4):522-7. [Crossref](#)
10. Roth JD, Howell SM, Hull ML. Native knee laxities at 0°, 45°, and 90° of flexion and their relationship to the goal of the gap-balancing alignment method of total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2015;97(20):1678-84. [Crossref](#)
11. Lustig S, Sappey-Mariniér E, Fary C, Servien E, Parratte S, Batailler C. Personalized alignment in total knee arthroplasty: Current concepts. *SICOT J* 2021;7:19. [Crossref](#)
12. Liu B, Feng C, Tu C. Kinematic alignment versus mechanical alignment in primary total knee arthroplasty: An updated meta-analysis of randomized controlled trials. *J Orthop Surg Res* 2022;17(1):201. [Crossref](#)
13. Klasan A, de Steiger R, Holland S, Hatton A, Vertullo CJ, Young SW. Similar risk of revision after kinematically aligned, patient-specific instrumented total knee arthroplasty, and all other total knee arthroplasty: Combined results from the Australian and New Zealand joint replacement registries. *J Arthroplasty* 2020;35(10):2872-7. [Crossref](#)
14. Parratte S, Price AJ, Jeys LM, Jackson WF, Clarke HD. Accuracy of a new robotically assisted technique for total knee arthroplasty: A cadaveric study. *J Arthroplasty* 2019;34(11):2799-803. [Crossref](#)
15. Hasegawa M, Tone S, Naito Y, Sudo A. Two- and three-dimensional measurements following robotic-assisted total knee arthroplasty. *Int J Med Robot* 2022;18(6):e2455. [Crossref](#)
16. Seidenstein A, Birmingham M, Foran J, Ogden S. Better accuracy and reproducibility of a new robotically-assisted system for total knee arthroplasty compared to conventional instrumentation: A cadaveric study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2021;29(3):859-66. [Crossref](#)
17. Vanlommel L, Neven E, Anderson MB, Bruckers L, Truijien J. The initial learning curve for the ROSA® knee system can be achieved in 6-11 cases for operative time and has similar 90-day complication rates with improved implant alignment compared to manual instrumentation in total knee arthroplasty. *J Exp Orthop* 2021;8(1):119. [Crossref](#)
18. Mancino F, Rossi SMP, Sangaletti R, Lucenti L, Terragnoli F, Benazzo F. A new robotically assisted technique can improve outcomes of total knee arthroplasty comparing to an imageless navigation system. *Arch Orthop Trauma Surg* 2022;1-11. [Crossref](#)
19. Massé V, Ghate RS. Using standard x-ray images to create 3D digital bone models and patient-matched guides for aiding implant positioning and sizing in total knee arthroplasty. *Comput Assist Surg (Abingdon)* 2021;26(1):31-40. [Crossref](#)
20. Risitano S, Sabatini L, Barberis L, Fusini F, Malavolta M, Indelli PF. Combining kinematic alignment and medial stabilized design in total knee arthroplasty: Basic rationale and preliminary clinical evidences. *J Orthop* 2020;21:427-31. [Crossref](#)