

Erişkin kalça displazisinde robot yardımlı total kalça artroplastisi

Robotic assisted total hip arthroplasty in adult developmental dysplasia of hip

Asım Kayaalp¹, Kerem Başarır²

¹ Çankaya Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Ankara

² Özel Muayenehane, Ankara

Gelişimsel kalça displazisi sekonder osteoartrit en sık nedenlerinden biridir. Son evre kalça osteoartritin neden olduğu ağrı ve fonksiyonel kısıtlama ise total kalça artroplastisiyle tedavi edilmektedir. Displaziye bağlı olarak asetabulum ve femurda meydana gelen morfolojik değişiklikler ameliyatın kemik ve komponentlerle ilgili olan kısmında zorluklara yol açar. Diğer yandan bacak uzunluk farkı ve yumuşak doku kontraktürleri ameliyatın başarılı olmasında önemli hususlardır. Kalça artroplastisinin uzun dönem başarısı komponentlerin doğru konumda yerleştirilmesine bağlıdır. Kenar yüklenmesinden kaçınılarak aşınmanın azaltılması ve kombine anteversiyonun ayarlanmasıyla dislokasyon oranlarının azaltılması komponent yerleştirilirken göz önüne alınmalıdır. Total kalça artroplastisinde robotik yardım son 20 yılda bu alanda meydana gelmiş en önemli gelişme olarak kabul edilebilir. Robot yardımlı uygulamalarla konvansiyonel tekniği karşılaştıran ve primer-sekonder tüm uygulamaları içeren hemen bütün çalışmalarda, robotik yardımın; komponentlerin daha hassas yerleştirilmesini sağladığı, güvenli alanda yerleştirme yapıldığı ve bacak uzunluğunun daha keskin ayarlandığı ortaya çıkmaktadır. Femoral ve asetabular kemikle bacak uzunluğu ayarlanmasının daha zor olduğu, hasta yaşının daha genç ve beklenti düzeyinin daha fazla olduğu kalça displazili bu özel hasta grubunda robotik yardımın faydalı olduğuna işaret eden birçok çalışma bulunmaktadır. Zamanla büyüyen çalışma gruplarının ve uzayan takip sürelerinin bu faydanın düzeyini daha net ortaya koymasını ve robotik yardımlı total kalça artroplastisinin bu alandaki yerini sağlamlaştırmasını beklemekteyiz.

Anahtar sözcükler: kalça displazisi; total kalça artroplastisi; robotik yardım; kalça rotasyon merkezi; bacak uzunluğu

Developmental hip dysplasia is one of the most common causes of secondary osteoarthritis. Pain and functional limitation caused by end-stage hip osteoarthritis are treated with total hip arthroplasty. Morphological changes in the acetabulum and femur due to this disease cause difficulties in the part of the surgery related to bone and components. On the other hand, the high limb length discrepancy and soft tissue contractures are important issues for the success of the surgery. The long-term success of hip arthroplasty depends on the placement of the components in the correct position. Reducing wear by avoiding edge loading and reducing dislocation rates by adjusting the combined anteversion should be considered when placing the component. Robotic assistance in total hip arthroplasty can be considered the most important development in this field in the last 20 years. In almost all studies comparing robot-assisted applications with conventional techniques and including all primary and secondary applications, it is revealed that robotic assistance enables more precise placement of components and that the placement and leg length are adjusted more sharply in the safe area. There are many studies indicating that robotic assistance is beneficial in this special group of patients with hip dysplasia, where femoral and acetabular bone and leg length adjustment is more difficult, the patient's age is younger and the expectation level is higher. We expect that growing study groups and extended follow-up periods will reveal the level of this benefit more clearly over time and that robot-assisted total hip arthroplasty will consolidate its place in this field.

Key words: hip dysplasia; total hip arthroplasty; robotic assisted; hip rotation center; limb length

Kalça displazisi normal kalça anatomisinin bozulduğu, asetabulum ve femur kemik yapısının etkilendiği bir sendromdur.^[1,2] Bozulmuş olan kemik yapısı günlük hayatta kalça eklemine binen yüklerin düzgün dağıtılamamasına ve eklem kıkırdağında aşınmalara yol açar.^[1] Genellikle sıg olan asetabulum ve sferisitesini kaybetmiş olan ve rotasyonu da bozulmuş olan femur başı

arasındaki ilişkide kenarsal yüklenme erken dönemde meydana gelen aşınmanın temel nedenidir. Bu kompleks ve hastaya özgü farklılıklar içeren bozukluk primer osteoartrit (OA) aksine en sık 3. ve 4. dekada olmak üzere erken dönemde sekonder kalça osteoartrite yol açmaktadır.^[3] Klinik olarak gelişimsel kalça displazisi (GKD)'ye sekonder OA, günlük aktiviteler sırasında ağrı, fonksiyon

İletişim / Contact: Prof. Dr. Kerem Başarır • E-posta / E-mail: basarirkerem@yahoo.com

ORCID ID: Asım Kayaalp, 0000-0002-7836-5064 • Kerem Başarır, 0000-0001-6247-8737

Geliş / Received: 24 Mart 2025 • **Revizyon / Revised:** 12 Nisan 2025 • **Kabul / Accepted:** 16 Nisan 2025

kayıbı, bacak uzunluk farkı, aksama gibi sorunlarla karakterizedir. Gelişimsel olarak meydana gelen bu morfolojik bozukluklar aynı zamanda yumuşak dokularda da kontraktür veya gevşeme yönünde değişikliklere neden olur. Kapsüller yapışıklıklara ek olarak kalça abdükörleri ve fleksör kaslar kısalmış ve güçlerini kaybetmişlerdir.

Sato ve ark. Japonya gibi yenidoğan döneminde GKD taramasına 50 yıldan uzun zamandır çaba gösteren bir ülkede dahi adolesan ve genç erişkin çağda gelişen osteoartritin en sık nedeni hâlen GKD olarak tespit etmişlerdir. Yaklaşık 1.000 hastayı içeren çalışmada taramanın başladığı 1973 yılından sonra ileri derecede çıkık hastaların oranında ve çocukluk çağı ameliyatlarında azalma gözlenmesine karşın total kalça artroplastisi (TKA) uygulanan hastaların önemli kısmında displazi saptanmıştır.^[4] Bu durum GKD'nin özellikle adolesan ve genç erişkin dönemde gözlenen son evre osteoartrit açısından önümüzdeki yıllarda önemli bir sorun olmaya devam edeceğine işaret etmektedir.

Total kalça artroplastisi erişkin kalça displazisinin yol açtığı ağrı ve fonksiyonel kısıtlılığının tedavisinde en etkili yöntemdir.^[3] Asetabulum ve femurun morfolojik olarak normal olduğu primer osteoartritin aksine kemik ve yumuşak dokuyu ait bir dizi bozukluk içerir. Asetabulumun anterior ve lateral yetmezliği, proksimal femur deformitesi, kas imbalansı ve bacak uzunluk farkı bu bozukluklar arasında en önemlileri olarak sayılabilir. Kalça displazisi hastalarında hastanın displaziden etkilenme düzeyine, çocukluk çağında geçirmiş olduğu düzeltici ameliyatlara ve yumuşak doku kontraktürlerine bağlı olarak cerrahi yaklaşımdan komponent yerleşimine kadar birçok zorluk içerir. Ameliyat ihtiyacının hayatın daha erken dönemlerinde olması yürüme mekaniği, bacak uzunluğu ve uzun dönem sağkalım gibi birçok başlığın daha da önem kazanmasına yol açmaktadır.

Geleneksel olarak ameliyat öncesi değerlendirme pelvisin ön-arka (AP) ve etkilenen kalçanın iki yönlü grafilerini içerir. Pelvis AP grafisinde özellikle hemen göze çarpmayan displazi tanımlamak için Wiberg'in lateral merkez kenar açısı ve asetabular indekse dikkat etmek gerekir.^[5] Özellikle kalça rotasyon merkezi ve asetabular komponent yerleşiminin planlanmasında displazinin sınıflanması büyük önem taşımaktadır. Femur başının yer değiştirmesini esas alan Crowe sınıflaması ve asetabulumun deformitesini değerlendiren Hartofilakidis sınıflaması en sık kullanılan iki sistemdir.^[6,7] Bilgisayarlı tomografi (BT) ile yapılan inceleme ise özellikle asetabulumun kemik stokunu değerlendirmek amacıyla kullanılabilir.

Total kalça artroplastisinde komponent pozisyonlarının doğru yerleştirilmesi hem akut dönemde komplikasyonların azaltılması hem de aşınmanın azaltılarak protezin uzun dönem sağkalımının uzatılması açısından kritik öneme sahiptir.^[8] Kalça displazisi varlığında kalça

rotasyon merkezi, asetabular anteversiyon ve inklinasyon gibi komponent pozisyonlarının ayarlanması daha büyük zorluklar içermektedir. Kalça displazisine sekonder gelişen TKA'nın tedavisinde büyük osteofitler, yetersiz asetabular çatı ve retrovert asetabulum olması doğru pozisyon alınmasına engel olmaktadır.^[9]

Temel olarak TKA ameliyatının başarısı; ameliyat öncesi direkt grafide şablonlama, planlama ve ameliyat içerisinde basit el aletleri kullanılarak bu planı tekrarlamadaki özen ve hassasiyete bağlıdır. Günümüzde robot yardımlı TKA, ameliyatın planlama ve uygulama aşamasında getirdiği kolaylıklar ve bunların yol açtığı klinik avantajlar nedeniyle giderek yaygınlaşmakta olan bir yöntemdir.^[10,11] Bu makalede robotik artroplastinin GKD zemininde uygulanan TKA'daki faydaları ve klinik sonuçları incelenecektir.

Robotik yardımlı TKA komponentlerin yerleştirilmesi sırasında sağladığı kesinlik ile kompleks kalça olgularında son derece faydalı bir tekniktir.^[12] Özellikle kalça rotasyon merkezi ve *offsetin* planlanmasında ayrıca bacak uzunluğunun tespitinde kalça morfolojisi planlama ve uygulama sahasında birçok zorluklar barındırır. Özellikle hipoplastik asetabulum ve dar femoral kanal bu zorluklar arasında sayılabilir.

Total kalça artroplastisi ameliyatının en önemli unsuru olan planlama ve uygulamanın kemik morfolojisini ve implant seçimini içeren kısımları arasında; kalça rotasyon merkezinin belirlenmesi, komponent büyüklükleri ve pozisyonlarının belirlenmesi, bacak uzunluğunun değerlendirilmesi ve spinopelvik parametrelerin de içinde bulunduğu sıkışma testleri ile stabilitenin değerlendirilmesi sayılabilir.

KALÇA ROTASYON MERKEZİ

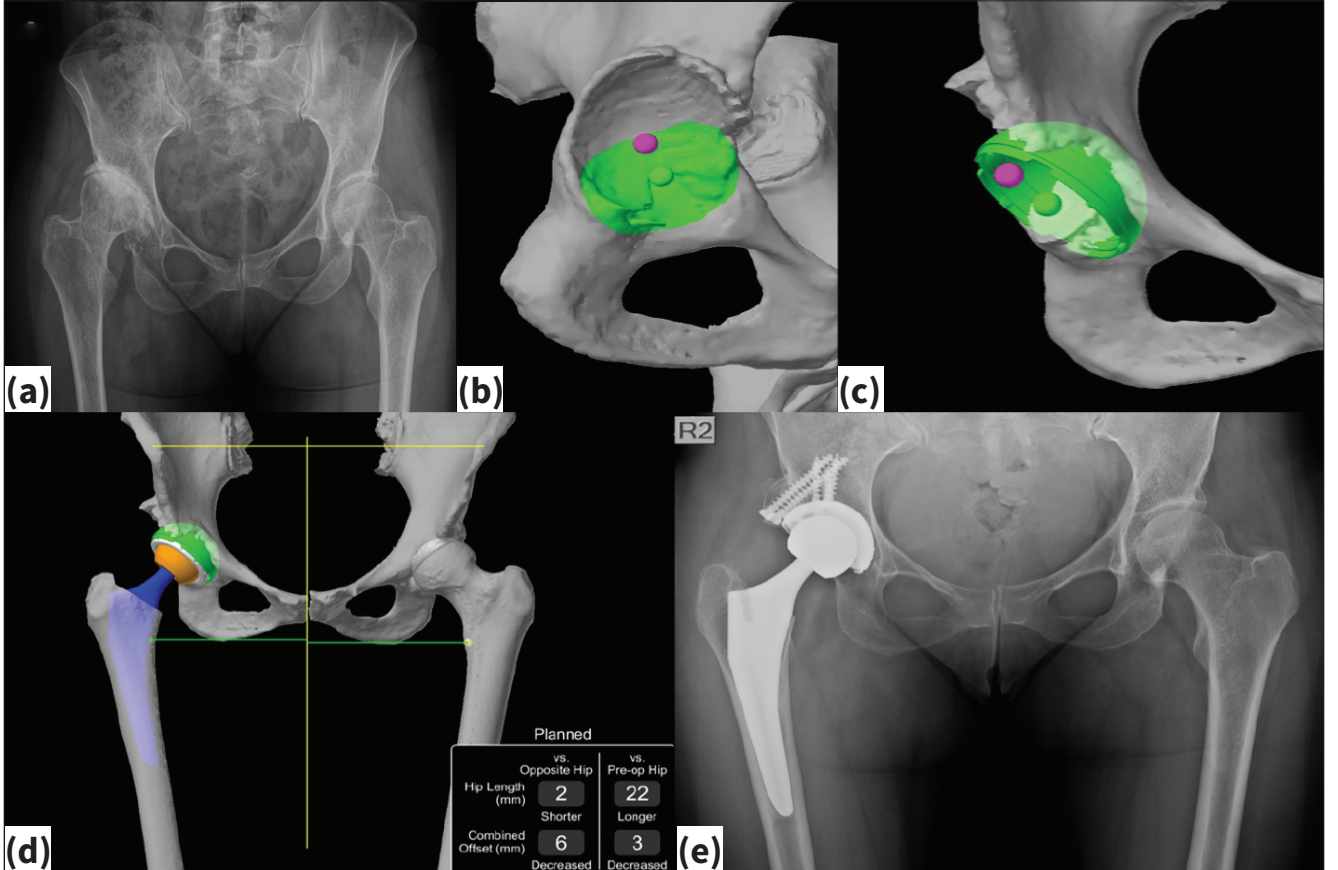
Displastik ve defektif asetabulum, femur ilişkisinde kalça rotasyon merkezini özellikle iki boyutlu röntgenlerle tanımlamak son derece güçtür. Oysa kalça rotasyon merkezi, bacak uzunluğunu, komponentin yerleşim yerini kalça kaslarının *offset* miktarını ve abdükör kaslarının mekanik gücünü belirleyen çok önemli bir faktördür. Bu parametrenin bilgisayarlı tomografi ve onu temel alan robotik sistemlerle değerlendirilmesi daha hassas bir tespit yapılmasına izin verir. Manuel uygulamalarda ameliyat öncesi planlamada belirlenen noktaların cerrahi sırasında da aynı şekilde bulunması ve plana uygun yerleştirme yapılması oldukça zorlayıcı olabilir. Zira önceden belirlenen noktanın ameliyat içerisinde tespiti her zaman doğru olmayabilir, zira kullanılan noktalar her zaman cerrahi içerisinde tespit edilebilen noktalar değildir. Pelvis AP grafisinde obtüratör foramenin en yüksek noktasının 25 milimetre (mm) üstü kabul edilebileceği gibi, Boudriot ve ark. iki obtüratör foramenin üst kenarları arasında çizilen yatay bir çizgiyle pelvik kavitenin en lateral yönünü obtü-

ratör foramenin en lateral noktasıyla birleştiren Kohler çizgisini kullanmışlardır.^[13] Radyolojik gözyaşı damlası gibi referans noktalarının cerrahi sırasında tespiti mümkün değildir. Bu nedenle Crowe ve ark.'nın önerisi, anterior inferior iliyak spina, iskiyal tüberozite ve obtüratör foramenin oluşturduğu bir üçgenin merkezini kullanılmasıdır. Ancak bu noktanın ameliyat içi sağlıklı bir şekilde değerlendirilmesi son derece güçtür.^[6] Kalça rotasyon merkezini veya inklinasyonunun doğru ayarlanmamasına bağlı meydana gelen kenar yüklenmesi ve polietilen aşınmasının gözlenmesi ancak uzun dönem takiplerde ortaya çıkabilir. Diğer yandan aynı sorun erken dönemde dislokasyon gibi komplikasyonlara da yol açabilmektedir.

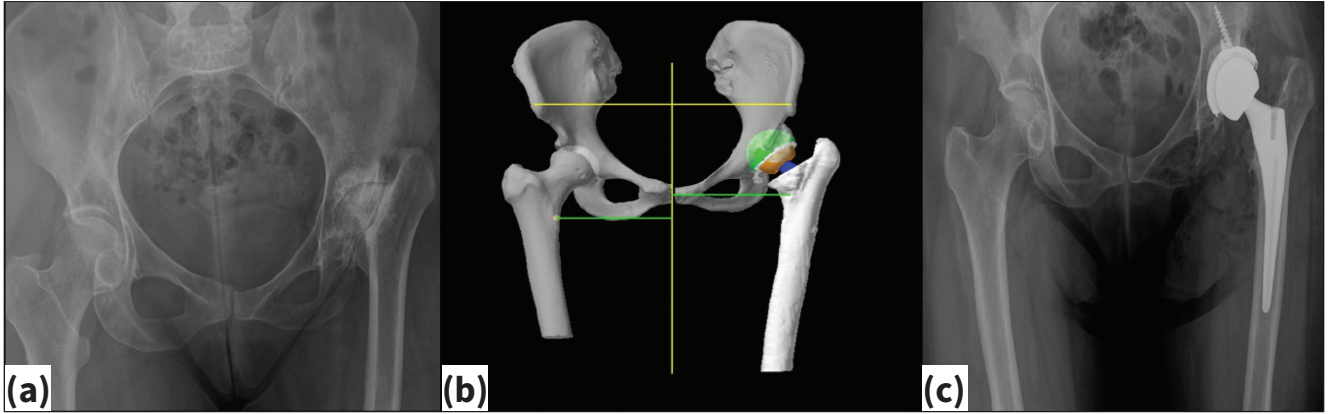
Robotik teknoloji ve ameliyat öncesi bilgisayarlı tomografinin yardımıyla yapılan rotasyon merkezi tespitinin ameliyat içerisinde robot kol yardımıyla tespiti ise son derece doğru ve hassas bir yöntemdir. Zhou ve ark. robot yardımcı GKD zemininde TKA uyguladıkları 59 hastayı konvansiyonel yolla yaptıkları hastalarla karşılaştırmışlardır.^[14] Kalça rotasyon merkezini restorasyonunu incelediklerinde, robot yardımcı grupta daha hassas yerleştirme yapıldığını ortaya koymuşlardır. Robot

grubunda dört hastada, manuel grupta ise yedi hastada merkezde sapma tespit edilmiştir. Aradaki fark grubun küçük olması nedeniyle istatistiksel anlamlılık düzeyine ulaşmamasına karşın elde edilen sonuçlar robot yardımının daha kesin komponent yerleştirilmesini sağladığına önemli bir işaret olarak kabul edilebilir. Zang ve ark. yaklaşık 150 manuel ve 150 robotik TKA hastasını karşılaştırdıkları çalışmalarında asetabular komponent pozisyonunda robotik yardımla vertikal ve horizontal planda kalçanın rotasyon merkezine daha yakın yerleşim tespit etmişlerdir. Robotik hassasiyet güvenli alan incelemesinde de istatistiksel olarak anlamlı şekilde 5° içerisinde güvenli yerleşim sağlamıştır (p= 0,05).^[15]

Diğer yandan kalça rotasyon merkezini yüksek kalça merkezi kabul edilecek şekilde veya greft kullanarak orijinal yerine yerleştirme yapılması tamamen cerrahın kişisel tercihinin bağlıdır. Bu durum robotik yardımın sadece bir planı doğru bir şekilde gerçekleştirmesine yardımcı olduğunu gösteren çok güzel bir örnektir. Robot ve yazılım asetabulumun nereye yerleştireceği konusunda sadece öneride bulunmakta gerçekleştirme kararı ise cerrahda bulunmaktadır (Şekil 1,2).



Şekil 1.a-e. Elli yaşında kadın hastada GKD zemininde sağ koksartrozun pelvis AP grafisi (a); hastanın MAKO (Stryker) robotik yardımcı artroplasti öncesi planlaması yer almakta ve yeşil alan oluacak kısma işaret etmektedir (b). Rotasyon merkezini orijinal yerinde restore edilerek asetabulumun sanal olarak yerleştirilmesi (c), total kalça protezinin tüm komponentlerinin sanal ortamda yerleştirilerek greft ihtiyacının tespiti (d), femur başından elde edilen otogreft yardımıyla TKA uygulaması (e).



Şekil 2.a-c. Elli yaşında kadın hastada GKD zemininde sol koksartrozun pelvis AP grafisi (a). Total kalça protezinin tüm komponentlerinin sanal ortamda yerleştirilmesi ve yüksek kalça rotasyon merkezinin ayarlanması (b), ameliyat sonrası kalça anteroposterior grafisi (c).

KOMPONENT BÜYÜKLÜKLERİNİN VE POZİSYONLARININ BELİRLENMESİ

Ameliyat öncesi şablonlamada sadece iki boyutlu mediolateral ölçülerin olması ve anteroposterior ölçülerin bilinmiyor olması geleneksel planlamanın önemli eksikliklerinden birisi olarak kabul edilebilir. Ön-arka ölçülerin olmaması özellikle kemik stokunun yerleşimi için büyük bir eksiklik olarak kabul edilebilir. Diğer yandan femur anatomisindeki tipik anormallikler arasında femur boyun diyafiz açısının valgusta olması, yuvarlak olmayan femur başı, aşırı anteversiyonda boyun, metafiz ve diyafiz arasındaki uyumsuzluk ve azalmış femoral offset sayılabilir.^[16]

Komponent yerleşimi göz önüne alındığında genellikle Lewinnek'in güvenli aralığı tercih edilmektedir. Lewinnek, asetabular komponent yerleşiminin optimal aralığını inklinasyonun $40 \pm 10^\circ$ ve anteversiyonun ise $15 \pm 10^\circ$ arasında olmasını önermiştir. Bugün birçok eleştirel görüşe rağmen asetabulumun doğal sınırlarına en yakın değerler olarak bu değerler artroplastisi cerrahlarına yol göstermeye devam etmektedir.^[17]

Ando ve ark. robot yardımcı ve manuel uygulamaları karşılaştırdıkları çalışmalarında AP ve superoinferior asetabular parça yerleşiminin robot yardımcı grupta daha hassas olduğunu tespit etmişlerdir. Bu hassasiyet 3° ile istatistiksel olarak anlamlı olarak tespit edilmiştir.^[18] Benzer şekilde, Grammopoulos ve ark. tek bir cerrahın robot yardımıyla veya manuel yaptığı hataları karşılaştırdıkları çalışmada robot yardımı kullanıldığında ameliyatlara tamamında Lewinnek güvenli alanında olduğunu (inklinasyon $30-50^\circ$; anteversiyon $5-25^\circ$), konvansiyonel grupta ise %80 oranında bu alanda yerleşim olduğunu saptamışlardır.^[19]

Kalça dislokasyonunun azaltılması için güvenli alanda yerleşimler incelendiğinde; Zhou ve ark. robot yardımcı TKA uyguladıkları 59 hastada Lewinnek güvenli yerleşimini konvansiyonel yolla yaptıkları hastalarla kar-

şılaştırmışlardır.^[14] Bu çalışmada robot yardımcı grupta anlamlı şekilde daha doğru asetabular parça yerleşimi saptanmıştır. Bu durumun klinik karşılığı olarak manuel grupta bir hastada dislokasyon görülürken robot yardımcı grupta hiç dislokasyon görülmemiştir. Domb ve ark. ise robot yardımıyla tüm hastalarda Lewinnek'in hastaların %92'sinde ise Callanan'ın güvenli alanlarında yerleşim yapabildikleri.^[20] Manuel uygulamayla aynı oranları %80 ve %62 olarak saptamışlardır. Aynı grubun diğer bir çalışmasında 135 robot yardımcı hastada %95 üzerinde güvenli alan yerleşimi varken konvansiyonel yöntemle bu oran %70 civarında ölçülmektedir.^[21] Tamaki ve ark. robotik kolun planlamaya uyma konusundaki hassasiyetinin navigasyon uygulamasından daha fazla olduğunu elliser hastalık gruplarında göstermişlerdir. İki grupta güvenli alanda yerleşimle ilgili fark olmamasına karşın robot kolun planlamaya daha uygun yerleşimi sağladığı ortaya konulmuştur.^[22]

Konisi ve ark. manuel teknik, BT tabanlı navigasyon ve robot kol ile cerrahi karşılaştırmışlardır. Hedef kalça rotasyon merkezine 3 mm uzaklıkta yerleşim uygun kabul edildiğinde manuel uygulamada %53 navigasyon ile %49 ve robot kol ile %73'lük bir doğruluk oranı elde edilmektedir. Bu çalışmanın bulguları iki açıdan önem arz etmektedir. İlk olarak, yeni teknolojilerin değerlendirildiği birçok çalışmada, farklı markalar ve uygulama yöntemleri arasında belirgin farklılıklar bulunmasına rağmen, bu sistemler sıklıkla homojen bir grup olarak ele alınmakta ve tek bir teknoloji gibi değerlendirilmektedir. Bu yaklaşım, özellikle genel derlemelerde anlamlı farkların saptanamamasına yol açmaktadır. İkinci olarak ise, her yeni teknolojik gelişmenin mevcut klinik sonuçları mutlaka iyileştirdiği yönündeki varsayım her zaman geçerli değildir. Örneğin bu çalışmada navigasyon kullanımını manuel yerleştirmeden daha kötü sonuçlar vermiştir. Oysa robot kol yardımcı uygulama ile hem manuel uygulamadan hem de navigasyondan belirgin olarak daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.^[23]

Hayashi ve ark. robot yardımcı TKA uyguladıkları 70 hastayı GKD zemininde ve primer osteoartrit olarak ayırmışlar ve bu iki grup arasında bacak uzunluğu ve asetabular komponent yerleşimi açısından bir farklılık saptamışlardır. Buna göre robot yardımcı aynı primer olgularda olduğu gibi GKD zemininde de bacak uzunluğunun doğru bir şekilde restorasyonunu sağlayabilmektedir. Yine aynı seride hiçbir hastada dislokasyon bildirilmemiştir. Bu durum diğer birçok serideki son derece düşük dislokasyon oranlarıyla benzerlik göstermektedir.^[24] Benzer şekilde, Guo ve ark. tarafından gerçekleştirilen 93 olguluk seride, bacak uzunluğu farklılıkları açısından değerlendirildiğinde, robot yardımcı grupta anlamlı derecede daha düşük bacak uzunluk farkı tespit edilmiştir. Ayrıca, çalışma kapsamında hiçbir hastada dislokasyon gözlenmemiştir.^[25]

Robotik teknolojinin TKA'da zor kalça olarak tanımlanan displastik kalçalardaki klinik faydası erken ve geç dönem olmak üzere iki dönemde incelenmelidir. Erken dönemde ameliyat süresi kan transfüzyon miktarı ağırlığı gibi parametreler ölçülürken orta dönemde uzunluk ve *offset* farkı ile yürüme mekaniğine olan etkileri önem kazanmaktadır. Uzun dönemde ise komponent yerleşimlerinin aşınma yüzeylerine olan mekanik etkileri robotik yardımcı artroplastinin öne çıkan faydası olarak sayılabilir. Komponentlerin yerleştirilmesinde yaşanabilecek sorunlara bağlı olarak hareket kısıtlılığı, çıkık, sıkışma, kenar yüklenmesi polietilen aşınması ve yetmezlik görülebilir.^[26] Diğer yandan implant boylarının tespitinde yaşanabilecek sorunlar ise kırıklara veya kemik kayıplarına erken gevşemelere yol açabilir.^[27]

Robotik teknolojinin erken dönemlerini içeren, ameliyat süreleri ve kanama miktarıyla ilişkili eşit ya da olumsuz yönde araştırmalar yayınlanmaktadır. Ancak Zhou ve ark. istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte robot yardımcı ameliyatın daha kısa sürdüğünü bildirmişlerdir.^[14] Bizim de merkezimizde gözlemimiz robotik teknolojinin ameliyat süresini uzatmadığı hatta kısalttığı yönündedir.

Zang ve ark. GKD zemininde TKA konusunda 150 hasta ile en büyük serilerden birinde hastalarda enflamatuvar yanıt ve kas hasarı belirteçlerini incelemişlerdir. Ameliyat sonrası üçüncü günde interlökin-6 ve kreatin kinaz düzeylerinin robot yardımcı grupta manuele göre anlamlı şekilde daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir.^[28] Ancak aynı seride klinik sonuçlar arasında anlamlı fark tespit edilememiştir. Dislokasyon ise manuel grupta %4,7 iken robot yardımcıyla %0,7 gibi düşük bir oran yakalanmıştır. Diğer komplikasyonlar açısından arada anlamlı bir fark saptanmamıştır.

SONUÇ

Total kalça artroplastisinin kısa ve uzun dönem başarıları için komponentlerin doğru yerleştirilmiş olması son

derece önemlidir. Robot kol yardımıyla artan yerleştirme hassasiyeti ve azalan doku travması ile TKA giderek daha iyi sonuçlarla uygulanan bir girişim hâline gelmektedir. Robotik teknolojinin kalça displazisi olan hastalarda kullanımını ile ilgili literatür günümüzde daha çok küçük vaka serilerinden oluşmaktadır. Ancak mevcut literatürün ve klinik deneyimimizin işaret ettiği faydalarla yaygınlaşan robot kullanımı ile önümüzdeki yıllar içerisinde çok daha büyük vaka serilerinin sonuçlarının ortaya çıkması beklenebilir.

KAYNAKLAR

- Jacobsen S, Sonne-Holm S, Søballe K, Gebuhr P, Lund B. Hip dysplasia and osteoarthritis: A survey of 4151 subjects from the Osteoarthritis Substudy of the Copenhagen City Heart Study. *Acta Orthop* 2005;76(2):149-58. [Crossref](#)
- Sugano N, Noble PC, Kamaric E, Salama JK, Ochi T, Tullos HS. The morphology of the femur in developmental dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Br* 1998;80(4):711-9. [Crossref](#)
- Dudkiewicz I, Salai M, Ganel A, Blankstein A, Chechik A. Total hip arthroplasty in patients younger than 30 years of age following developmental dysplasia of hip (DDH) in infancy. *Arch Orthop Trauma Surg* 2002;122(3):139-42. [Crossref](#)
- Sato T, Yamate S, Utsunomiya T, Inaba Y, Ike H, Kinoshita K, et al. Life Course epidemiology of hip osteoarthritis in Japan: A multicenter, cross-sectional study. *J Bone Joint Surg Am* 2024;106(11):966-75. [Crossref](#)
- Werner CM, Ramseier LE, Ruckstuhl T, Stromberg J, Copeland CE, Turen CH, et al. Normal values of Wiberg's lateral center-edge angle and Lequesne's acetabular index-a coxometric update. *Skeletal Radiol* 2012;41(10):1273-8. [Crossref](#)
- Crowe JF, Mani VJ, Ranawat CS. Total hip replacement in congenital dislocation and dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Am* 1979;61(1):15-23. [Crossref](#)
- Hartofilakidis G, Stamos K, Karachalios T, Ioannidis TT, Zacharakis N. Congenital hip disease in adults. Classification of acetabular deficiencies and operative treatment with acetabuloplasty combined with total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 1996;78(5):683-92. [Crossref](#)
- Hecht CJ 2nd, Nedder VJ, Porto JR, Morgan KA, Kamath AF. Are robotic-assisted and computer-navigated total hip arthroplasty associated with superior outcomes in patients who have hip dysplasia? *J Orthop* 2024;53:125-32. [Crossref](#)
- van Bosse H, Wedge JH, Babyn P. How are dysplastic hips different? A three-dimensional ct study. *Clin Orthop Relat Res* 2015;473(5):1712-23. [Crossref](#)
- Marcinko M, Sadhwani S, Dahl R, Ali M. The Practicality of the robotic total hip arthroplasty for the treatment of complex bilateral adult hip dysplasia. *Technology makes it easy. Arthroplast Today* 2023;24:101249. [Crossref](#)
- Ross KA, Wiznia DH, Long WJ, Schwarzkopf R. The use of computer navigation and robotic technology in complex total hip arthroplasty. *Bull Hosp Jt Dis* (2013). 2023;81(4):232-9.
- Chai W, Guo RW, Puah KL, Jerabek S, Chen JY, Tang PF. Use of robotic-arm assisted technique in complex primary total hip arthroplasty. *Orthop Surg* 2020;12(2):686-91. [Crossref](#)

13. Boudriot U, Hilgert J, Hinrichs F. Determination of the rotational center of the hip. *Arch Orthop Trauma Surg* 2006;126(6):417-20. [Crossref](#)
14. Zhou Y, Shao H, Huang Y, Deng W, Yang D, Bian T. Does robotic assisted technology improve the accuracy of acetabular component positioning in patients with DDH? *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2021;29(2):23094990211025325. [Crossref](#)
15. Zhang YZ, Chen B, Lu S, Yang Y, Zhao JM, Liu R, et al. Preliminary application of computer-assisted patient-specific acetabular navigational template for total hip arthroplasty in adult single development dysplasia of the hip. *Int J Med Robot* 2011;7(4):469-74. [Crossref](#)
16. Ondeck NT, Borsinger TM, Chalmers BP, Blevins JL. Correcting hip dysplasia in young adults: Intraoperative navigation and outcomes. *HSS J* 2023;19(4):501-6. [Crossref](#)
17. 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](#)
18. Ando W, Takao M, Hamada H, Uemura K, Sugano N. Comparison of the accuracy of the cup position and orientation in total hip arthroplasty for osteoarthritis secondary to developmental dysplasia of the hip between the Mako robotic arm-assisted system and computed tomography-based navigation. *Int Orthop* 2021;45(7):1719-25. [Crossref](#)
19. Grammatopoulos G, Alvand A, Monk AP, Mellon S, Pandit H, Rees J, et al. Surgeons' accuracy in achieving their desired acetabular component orientation. *J Bone Joint Surg Am* 2016;98(17):e72. [Crossref](#)
20. Domb BG, El Bitar YF, Sadik AY, Stake CE, Botser IB. Comparison of robotic-assisted and conventional acetabular cup placement in THA: A matched-pair controlled study. *Clin Orthop Relat Res* 2014;472(1):329-36. [Crossref](#)
21. Domb BG, Redmond JM, Louis SS, Alden KJ, Daley RJ, LaReau JM, et al. Accuracy of component positioning in 1980 total hip arthroplasties: A comparative analysis by surgical technique and mode of guidance. *J Arthroplasty* 2015;30(12):2208-18. [Crossref](#)
22. Tamaki Y, Goto T, Wada K, Omichi Y, Hamada D, Sairyo K. Robotic arm-assisted total hip arthroplasty via a minimally invasive anterolateral approach in the supine position improves the precision of cup placement in patients with developmental dysplasia of the hip. *J Orthop Sci* 2024;29(2):559-65. [Crossref](#)
23. Konishi T, Sato T, Hamai S, Kawahara S, Hara D, Nakashima Y. Robotic arm-assisted system improved accuracy of cup position and orientation in cementless total hip arthroplasty for dysplastic hips: A comparison among groups with manual placement, computed tomography-based navigation, and robotic surgery. *Arthroplast Today* 2024;28:101461. [Crossref](#)
24. Hayashi S, Hashimoto S, Kuroda Y, Nakano N, Matsumoto T, Ishida K, et al. Robotic-arm assisted THA can achieve precise cup positioning in developmental dysplasia of the hip : A case control study. *Bone Joint Res* 2021;10(10):629-38. [Crossref](#)
25. Guo DH, Li XM, Ma SQ, Zhao YC, Qi C, Xue Y. Total hip arthroplasty with robotic arm assistance for precise cup positioning: A case-control study. *Orthop Surg* 2022;14(7):1498-505. [Crossref](#)
26. Vigdorichik JM, Sharma AK, Aggarwal VK, Carroll KM, Jerabek SA. The use of robotic-assisted total hip arthroplasty in developmental dysplasia of the hip. *Arthroplast Today* 2020;6(4):770-6. [Crossref](#)
27. Little NJ, Busch CA, Gallagher JA, Rorabeck CH, Bourne RB. Acetabular polyethylene wear and acetabular inclination and femoral offset. *Clin Orthop Relat Res* 2009;467(11):2895-900. [Crossref](#)
28. Zhang S, Ma M, Kong X, Zhou Y, Chen J, Chai W. Robotic-assisted total hip arthroplasty in patients with developmental dysplasia of the hip. *Int Orthop* 2024;48(5):1189-99. [Crossref](#)