



# Total diz artroplastisinde dizilim, komponent boyut ve yerleşim sorunları

## Malalignment, size and placement problems in total knee arthroplasty

Kemal Kayaokay<sup>1</sup>, Semih Aydoğdu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katip Çelebi Üniversitesi, Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İzmir

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Bornova, İzmir

Ortalama yaşam sürelerinin uzaması, yaşam kalitesi standartlarının yükselmesi, bilimsel ve teknolojik gelişmeler, total diz artroplastisinin uygulanma sayılarında artışa yol açmıştır. Bugün için, total diz artroplastisi implantlarının çoğunun 10 yıllık sağkalım oranı %90'lara ulaşmıştır. Uzun dönem ağrısız, işlevsel ve yüksek sağkalımlı bir total diz artroplastisi açısından; hasta seçimi, protez tasarımı, uygun dizilim restorasyonu, uygun komponent konumlandırması, bağ dengelemesi ve yeterli bir tespit gibi çok sayıda faktör rol oynamaktadır. Bu faktörlerden, cerrahi uygulama sırasında cerrahın kontrolü altındaki iki önemli hedef;

- 1) uygun alt ekstremitte, diz ve komponent dizilimlerinin sağlanması ile
- 2) yeterli bir yumuşak doku dengesinin elde edilmesidir.

Dizilime ilişkin sorunlar, erken ya da geç dönemde total diz artroplastisinin başarısızlığa uğramasına ve revizyon gereksiniminin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Revizyona neden olmamakla birlikte, total diz artroplastisinin kalitesini aşağıya çeken, hastaların memnuniyetsizliğine yol açan çeşitli durumlar da, dizilim ile ilişkili olarak yapılan hata ve eksiklerle ilişkilendirilmektedir. Alt ekstremitenin normal dizilimini ve diz biyomekaniğini anlamış olmak, cerrahın uygun kemik kesilerini ve yumuşak doku serbestleştirmelerini gerçekleştirmesini, komponentlerin uygun boyutta ve yerleşimde tespiti hakkında daha doğru kararlar vermesini ve uygulamasını sağlayacaktır. Bu bölümde, total diz artroplastisi sırasında ve sonrasında karşılaşılan, alt ekstremitenin, dizin ve komponentlerin yerleşim, boyut ve dizilim sorunları, alınabilecek tedbirler ve çözüm yolları ele alınacaktır.

**Anahtar sözcükler:** diz artroplastisi; mekanik eksen; komponent seçimi; komponent yerleşimi; rotasyonel sorunlar; patellar instabilite

The increase in the average life expectancy, overall life quality, the scientific and technological developments led to an increase in the number of total knee arthroplasty. Today, the 10-year survival rate of most TKA implants hit 90%. Numerous factors play a role in long-term painless, functional total knee arthroplasty with high survival, including patient selection, prosthesis design, proper alignment restoration, appropriate component positioning, ligament balancing and the adequate fixation. Two goals under the control of the surgeon during these surgical procedures are;

- 1) to obtain the adequate soft tissue balance by
- 2) aligning lower extremity, knee and components appropriately.

Malalignment may lead to failure and the need for revision of total knee arthroplasty in the early or late period. On the other hand, there are various conditions that decrease the quality of total knee arthroplasty and cause dissatisfaction in patients yet not concluding in revision of total knee arthroplasty which are associated with mistakes and deficiencies related to the alignment. In order to determine the appropriate lower extremity and knee alignment during total knee arthroplasty, a normal alignment must be understood. Appreciating the normal alignment of the lower limb and knee biomechanics will enable the surgeon to perform appropriate bone cutting and soft tissue release, and make more accurate decisions about the determination of the components at the appropriate size and placement. In this section, settlement, dimension and alignment problems of lower extremity, knee and components coped during and after total knee arthroplasty, as well as possible precautions and suggestions will be discussed.

**Key words:** total knee arthroplasty; mechanical axis; component selection; component placement; rotational problems; patellar instability

Ortalama yaşam sürelerinin uzaması, yaşam kalite standartlarının yükselmesi, bilimsel ve teknolojik gelişmeler nedeniyle, total diz artroplastisinin (TDA) uygulanma sayılarında artış gözlenmiştir. Bugün için çoğu TDA implantlarının 10 yıllık sağkalım oranları %90'ın üzerinde görünmektedir.<sup>[1]</sup> Uzun dönem ağrısız, işlevsel ve yüksek sağkalımlı bir TDA açısından; hasta seçimi, protez tasarımı, uygun dizilim restorasyonu, uygun komponent konumlandırması, bağ dengelemesi ve yeterli bir tespit gibi çok sayıda faktör rol oynamaktadır. Bu faktörlerden cerrahi uygulama sırasında cerrahın kontrolü altındaki iki önemli hedef; uygun alt ekstremitte, diz ve komponent dizilimlerinin sağlanması ile yeterli bir yumuşak doku dengesinin elde edilmesidir. Dizilime ilişkin sorunlar, erken ya da geç dönemde TDA'nın başarısızlığa uğramasına ve revizyon gereksiniminin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Revizyona neden olmamakla birlikte, TDA'nın kalitesini aşağıya çeken, hastaların memnuniyetsizliğine yol açan çeşitli durumlar da dizilim ile ilişkili olarak yapılan hata ve eksiklerle ilişkilendirilmektedir. Bu tür durumların önlenmesi için hastanın, alt ekstremitenin ve dizin ameliyat öncesinde iyi değerlendirilmesi ve cerrahi planlamasının yapılması kadar, cerrahi sırasında bu hedeflere erişilebilmesi için uygun teknik ve enstrümantasyonun kullanılması da büyük önem taşımaktadır.

TDA esnasında uygun alt ekstremitte ve diz dizilimini belirleyebilmek için öncelikle normal bir dizin dizilimi anlaşılmalıdır. Alt ekstremitenin normal diziliminin ve diz biyomekaniklerinin anlaşılması, cerrahın uygun kemik kesilerini ve yumuşak doku serbestleştirmelerini gerçekleştirmesini, komponentlerin uygun boyutta ve yerleşimde tespiti hakkında daha doğru kararlar vermesini ve uygulamasını sağlayacaktır. Normal bir alt ekstremitte ve dizdeki dizilim ilişkileri ile TDA'daki ilişkiler de bazı farklılıklar gösterebilmekte; bunun sonucunda, amaçlanan dizilim hedeflerine cerrahi teknik olarak farklı yollardan ulaşılabilmektedir. Cerrahlar, bu amaçla özel geliştirilmiş enstrümantasyondan, kılavuzlardan, navigasyon sistemlerinden yararlanabilir. Bu derlemede, TDA sırasında ve sonrasında karşılaşılan, alt ekstremitenin, dizin ve komponentlerin yerleşim, boyut ve dizilim sorunları, alınabilecek tedbirler ve çözüm yolları ele alınacaktır.

## ALT EKSTREMİTEDE NORMAL DİZİLİM

### Koronal Plan

Alt ekstremitte ve dizin diziliminden bahsedildiğinde, temel olarak anlaşılan koronal plandaki dizilim ilişkileridir. Bugüne değin en çok bu konu araştırılmış ve anlaşılabilmiştir. Koronal plandaki dizilim ilişkileri de, temel olarak statik yüklenme koşullarında ve diz ekstansiyondayken elde edilen radyograflarla değerlendirilmiştir. Buna göre, alt ekstremitede yüklenme koşullarında üç eksen den bahsedilir (Şekil 1):

1. Vertikal eksen: Vücut ağırlık merkezinden ya da *symphysis pubis*'ten yer düzlemine doğru vertikal olarak uzanan eksenidir.
2. Mekanik eksen (kalça-diz-ayak bileği eksenini ya da Maquet çizgisi): Femurun mekanik eksenini ile (kalça eklemi merkezinden diz eklemi merkezine uzanır) tibianın mekanik eksenini (proksimal tibia platosu merkezinden ayak bileği eklemi merkezine uzanır) arasındaki açılanmadır. Normal olarak  $0\pm 3^\circ$ 'dir. Vertikal eksen ile valgus yönünde yaklaşık  $3^\circ$ 'lik bir açı yapar.<sup>[2]</sup>
3. Anatomik eksen (tibiofemoral eksen): Femur ile tibianın intramedüller orta hat eksenleri arasındaki açılanmadır. Alt ekstremitenin normal diziliminde femur ve tibianın anatomik eksenleri arasında  $6\pm 2^\circ$ 'lik valgus yönünde (açıklığı laterale bakan) açılanma bulunur. Bu açılanma sayesinde, femur boynunun ortaya koyduğu varus dengelenerek alt ekstremitede nötral bir mekanik dizilim oluşması sağlanır.



**Şekil 1.** Alt ekstremitte bacak uzunluk grafisi ve eksenler: A, anatomik eksen; B, mekanik eksen; C, vertikal eksen (mekanik ve anatomik eksen arasında  $6^\circ$ 'lik bir fark varken, vertikal eksen ile mekanik eksen arasında  $3^\circ$ 'lik fark vardır).

Normal koşullarda, kalça eklemi merkezinden ayak bileği merkezine uzanan alt ekstremitenin mekanik eksenini diz eklemi de merkezinden geçer. Eğer mekanik eksen, diz merkezinin daha mediyalinden geçiyorsa diz ekleminde varus dizilimi var demektir. Bu durum, mediyal bölgedeki yükü arttıran bir adduksiyon momenti oluşturur. Valgus dizlerde ise mekanik eksen, dizde olması gereken yerin daha lateralinden geçecektir. Bu durumda da lateral bölgeye daha fazla yük yansıyacaktır.<sup>[3]</sup> Yüklenme koşullarında bacak uzunluk grafiplerinde ölçülen bu açılanmaların her zaman bacadaki rotasyondan ve dizdeki fleksiyondan etkilenebileceği akılda tutulmalıdır. İki bacak üzerinde çekilen grafiplerde her zaman ağırlı taraftan karşı tarafa yük transferi olabileceği de unutulmamalıdır. Ayrıca, uzun boy ve geniş pelvis, mekanik eksenini daha fazla valgus yönünde yönlendirebilecektir.

### Yapısal (Konstitüsyonel) Varus

Alt ekstremitenin normal diziliminin “nötr mekanik eksen”, yani mekanik eksen  $0 \pm 3^\circ$  olacak şekilde olması gerektiği düşüncesi son zamanlardaki bazı çalışmaların sonuçlarıyla biraz sarsıntıya uğramıştır. Bellemans ve ark.’nın 20–27 yaşlar arasındaki 250 sağlıklı, asemptomatik gönüllü üzerindeki çalışmasında, erişkinlerin önemli bir kısmında (erkeklerde %32, kadınlarda %17 oranında) mekanik eksenin  $3^\circ$ ’den daha fazla varusta olduğu belirlenmiştir.<sup>[4]</sup>

### Eklem Yüzeyi Oryantasyonu

Normal bir dizde, yüklenme koşullarında femur ve tibianın eklem yüzeyleri yer düzlemine paralel ve mekanik eksenlerine de dik olacak şekilde konumlanmaktadır. Tibianın eklem yüzeyi mekanik/anatomik eksenine yaklaşık  $3^\circ$  varus yönünde ve femur eklem yüzeyi ise femoral anatomik eksenine  $7-9^\circ$  valgus yönünde açılanma yapacak şekilde yer alır. Sonuçta; diz eklemi oluşturan yüzeyler, yüklenme koşullarında lateral taraf biraz yukarıda, mediyal taraf biraz aşağıda olacak şekilde hafif oblik konumdadır (Şekil 2).

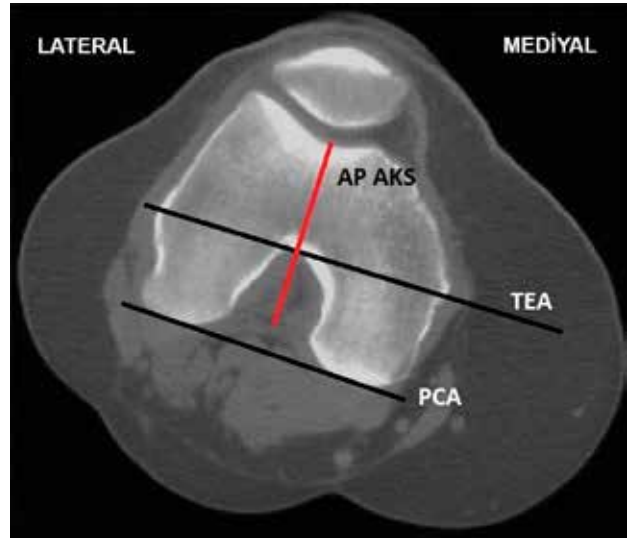
### Aksiyel/Rotasyonel Plan

Dizin normal rotasyonel dizilimini direkt radyografi üzerinden değerlendirmek çok zordur. Dizin rotasyon merkezi fleksiyon-ekstansiyon hareketleriyle sürekli olarak yer değiştirir.

Distal femurun rotasyonel diziliminin tanımlanması için sıklıkla kullanılan kılavuz noktalar; transepi-kondiller eksen (TEE), Whiteside çizgisi ve posterior kondiller eksendir (PKE) (Şekil 3). TEE, diz mediyal ve lateral yan bağlarının origolarını birleştiren eksenini tanımlar ve bu eksen dizin rotasyon merkezini



Şekil 2. Yüklenme koşullarında normal bir dizde mediyal taraf biraz aşağıda olacak şekilde hafif oblik konumdadır.



Şekil 3. Distal femurun rotasyonel dizilimini tanımlamak için sıklıkla kullanılan kılavuz noktalar; transepi-kondiller eksen (TEE), diz mediyal ve lateral yan bağlarının origolarını birleştiren eksenini tanımlar. Whiteside (AP eksen) çizgisi distal femurun ön arka eksenidir ve troklear oluğun en derin yeri ile interkondiller çentik arasındaki mesafedir (trans-sulkus eksen). Femoral kondillerin posteriorundan geçen hat posterior kondiller eksendir (PCA).

tanımlamaya da yardımcıdır.<sup>[5,6]</sup> Whiteside çizgisi distal femurun ön arka eksenidir ve troklear oluğun en derin yeri ile interkondiller çentik arasındaki mesafe (trans-sulkus eksen) olarak tanımlanır.<sup>[7]</sup> PKE ise femur kondillerinin posteriorundan teğet olarak geçen çizgidir. Normal bir dizde, Whiteside çizgisi transepi-kondiller eksene diktir ve posterior kondiller eksen ile klinik transepi-kondiller eksen arasında yaklaşık 3°'lik bir açı mevcuttur.

Tibianın rotasyonel dizilimi ise proksimal tibianın ön arka eksenini ile distal tibianın ön arka eksenini arasındaki fark ile belirlenir. Literatürde bu eksenlerin tanımı konusunda bir görüş birliği sağlanamamıştır.<sup>[8,9]</sup> Proksimal tibianın ön-arka (AP) eksenini, tibianın posterior çentiğini patellar tendonunun mediyaline, patella tendonunun mediyal üçte bir kısmına veya tibia eminensiyalarının ortasına bağlayan çizgi şeklinde tanımlanabilir. Distal tibia ve ayak bileğinin AP eksenini mediyal malleolün lateral (eklem yapan) yüzeyine (ayak bileği eklemının hareket düzlemini belirlemektedir) veya talusun anterior yüzeyine dik bir çizgiye bağlı olarak tanımlanabilir. Ayak bileği proksimal tibiya göre, kullanılan gösterge noktalarına bağlı olarak ortalama 3,6–19,7° dış rotasyonda durmaktadır.<sup>[10]</sup>

### Silindirik Eksen

Uzun bir dönem TEE, diz eklemının fleksiyon-eks-tansiyon hareketini yaptığı hareket eksenine en yakın eksen olarak kabul edilmiştir. Ancak, TEE'nin gerçek hareket eksenine oranla daha önde ve daha proksimalde konumlandığı tespit edilmiştir. Onun yerine, dizin 10–120° fleksiyon arasında mediyal ve lateral kondildeki temas noktalarından eşit uzaklıktaki bir hat olan “*silindirik eksen*” konsepti önerilmiş; bu eksenin TEE'ye oranla uyuk ve baldırın mekanik eksenlerine daha ortogonal açılar oluşturduğu ortaya konmuştur.<sup>[11]</sup>

### Patellofemoral (PF) Dizilim

PF dizilimi tanımlamakta en fazla kullanılan açılardan biri Q açısıdır. Femurun uzatılmış anatomik eksenini ile spina iliaka anterior superiordan (SIAS) başlayan ve patella orta noktasından geçen hat ile patellanın merkezinden tibial tüberküle çizilen eksenler arasındaki açı “*patellar tendon - kuadriseps açısı*”nı (Q açısı) oluşturur. Q açısı kişiye göre değişiklik gösterir, genel olarak kadınlarda erkeklerdekinden biraz daha büyüktür ve ortalama 10–20° arasındadır.<sup>[12]</sup>

## TOTAL DİZ ARTOPLASTİSİNDE DİZİLİM

TDA sonrasında alt ekstremitte dizilimi, tibiofemoral dizilim ve komponentlerin dizilimi, özellikle koronal planda, uzun zamandan beri tartışılmakta; başarılı ve

uzun sağkalımlı bir TDA için uygun bir dizilimin sağlanması elzem görünmektedir. Ancak, bu “*uygun dizilim*”in nasıl olması gerektiği konusunda farklı görüşler bulunmaktadır.

### Koronal Plan

#### Nötral mekanik dizilim

Başarılı bir TDA için nötral bir alt ekstremitte mekanik ekseninin restorasyonu temel hedeflerden biri olarak görülür. Klinik, kadavra, simülör, sonlu eleman ve herhangi bir nedenle çıkartılan protezler üzerine çalışmalardan elde edilen deneyimler, çoğu cerrahın da benimsediği üzere TDA sonrası dizilimin, “*nötral mekanik eksen*” (0±3°) elde edilecek şekilde düzenlenmesi gerektiğini göstermektedir. Eğer tüm bacak grafileri çekilemiyorsa kısa diz filmlerinde tibiofemoral açı (anatomik eksen) 2–7° valgusta olmalıdır. Nötral mekanik eksenin sağlanması ile; protezli diz eklemінде yüklenmelerin dengeli bir şekilde dağılımının yapılması, erken aşınma ve gevşeme sorunlarının önüne geçilmesi hedeflenir. Gerçekten de, nötral mekanik eksenin sağlanabildiği TDA olgularında yüksek sağkalım oranları elde edilmektedir.

“Nötral mekanik eksen” konseptinde, hastanın bireysel yapısal özellikleri ve farklılıkları dikkate alınmaksızın her hastada sistematik olarak biyomekanik anlayışa en uygun dizilim elde edilmeye çalışılır. Aslında normal sağlıklı insanların çok azı böyle bir dizilime sahip olup, çoğu insanda eklem hattının oblisitesi nedeniyle femoral ve tibial eklem yüzeyleri mekanik eksene dik olarak konumlanmamaktadır.

Nötral mekanik eksenini sağlayabilmek için hem femoral hem de tibial komponentin her ikisi de mekanik eksenlerine dik olacak şekilde yerleştirilmeli, yeni oluşan tibiofemoral eklem hattı nötral mekanik eksene dik olmalıdır. Femoral komponentin (FK) ideal dizilimi koronal düzlemde femur diyafiz eksenini ile 7±2° valgusta ve sagittal düzlemde ise 0–10° fleksiyondadır. FK'nin femur diyafizi ile koronal planda yaptığı açının 2°'den daha az ya da 8°'den daha fazla olması durumunda implant yetmezliği riski artar. Tibial komponentin (TK) ise tibianın anatomik/mekanik eksenine 90°'de olacak şekilde konumlandırılması amaçlanmalıdır. Bu amaçla; femoral tarafta intramedüller, tibial tarafta ise hem intramedüller hem de ekstramedüller kılavuz sistemleri ile, yinelenabilir ve güvenli sonuçlar alınabilmektedir. Intramedüller kılavuz kullanımı, anatomik eksenlerin belirlenmesinde daha üstün gibi gözükmeyle birlikte; güvenli bir dizilim değerlendirmesi için kılavuzların femurda 1/3 proksimale, tibiada ise 1/3 distale kadar ilerletilebilmesi gerekir. Femurda ya da tibiada eğrilme (*bowing*) ya da yanlış kaynama varsa intramedüller kılavuz kullanımından kaçınılmalıdır.

FK yerleşiminde 3 mm'yi aşan taşmalar önlenmeli; TK'nin tibial kesi yüzeyini azami örtmesi sağlanırken taşmalar asgari düzeyde tutulmalıdır.

Eğer "nötral mekanik eksen" elde edilememişse; TDA sonuçlarının kalitesinin çeşitli sorunlarla (polietilen insert aşınması, osteoliz, aseptik gevşeme vb.) düşmesinden TDA başarısızlığına uzanan ve revizyona kadar gidebilen olumsuzluklar bildirilmiştir. TK'deki varus diziliminin, FK'deki varus/valgus dizilimlerine oranla daha fazla TDA başarısızlığına neden olduğu belirlenmiştir.<sup>[13]</sup> Diz eklemi üzerindeki aksiyel yük, nötral bir dizilim olduğunda tibiaya pür kompresif bir stres olarak yansırken, TK'nin nötral mekanik konumdan saptığı durumlarda kısmen kemiğin ve kemik çimentosunun daha dayanıksız olduğu makaslama kuvvetlerine de dönüşmektedir. Innocenti ve ark.'nın "sonlu eleman modellemesi"nde, nötral dizilimden sapmaların sapma derecesi ile artış gösterecek şekilde, daima implant yüzeyinde stres ve insert yüzeyindeki basıncın artmasına neden olduğu gösterilmiştir.<sup>[14]</sup> TDA'nın koronal plan diziliminin klinik sonuçlar ve sağkalım üzerindeki etkisi 1970'li yılların sonundan itibaren araştırılmaktadır. Insall, nötral dizilimin fonksiyon ve sağkalım için önemini vurgulayarak, çoğu başarısızlığın bağ dengesizliği ve yanlış konumlandırılmadan kaynaklandığını ilk bildirenlerdendir. Büyük olgu sayısı içeren yeni çalışmalardan Fang ve ark.'nın ortalama sekiz yıl takipli 6070 TDA'lık serisinde, optimal tibiofemoral dizilimin (2,5-7,5° valgus) sağlanamadığı hastalarda başarısızlık oranının yüksek olduğu belirlenmiştir.<sup>[3]</sup> Kim ve ark.'nın ortalama 16 yıl takipli 3048 TDA'lık serisinde de nötral dizilimin sağlandığı olgularda başarısızlık oranı %0,6 iken, tibiofemoral açının 3°'den daha az valgusta olduğu olgularda bu oran %2,3 olarak bulunmuştur.<sup>[15]</sup> Dizilim bozukluğu olduğu belirlenen TDA'larda başarısızlık mekanizması olarak; varus dizilim bozukluğu olanlarda mediyal kemik kollaps, valgus dizilim bozukluğu olanlarda ise bağ instabilitesi gösterilmiştir.<sup>[4]</sup> Toplam 12.278 TDA'nın dahil edildiği bir meta-analiz çalışmasında da, 3°'den daha fazla varus dizilimi olan TDA olgularında nötral ve valgus dizilimli olanlara oranla daha yüksek başarısızlık oranı ortaya konmuştur.<sup>[16]</sup>

TDA sonrası alt ekstremitede nötral mekanik dizilimin sağlanması, optimal komponent yerleşimi ile sağlanmalıdır. Ritter ve ark.'nın çalışmasında gösterildiği üzere; ilk komponentteki dizilim bozukluğunun ikinci komponent aşırı düzeltilerek nötral mekanik eksenin elde edilmesi, her iki komponentin de başarısızlık oranlarını arttırmaktadır.<sup>[13]</sup>

TDA sonrası dizilim bozukluğu, yalnızca başarısızlık ve revizyon oranlarının yükselmesi değil, klinik skorlar üzerinden elde edilen fonksiyonel sonuçların kötüleşmesi şeklinde de kendini gösterir.

Literatürde, TDA sonrası nötral mekanik dizilimin elde edilememesi sıklıkla kötü sonuçlarla ilişkilendirilirken, az sayıda da olsa, dizilim ile klinik sonuçlar arasında 15 yıllık takipte bile herhangi bir ilişki gösteremeyen çalışmalar da bulunmaktadır.<sup>[17]</sup> Hadi ve ark.'nın, 2214 hastayı içeren ve 18 çalışmanın alındığı güncel bir sistematik derlemesinde; frontal ve sagittal planlardaki dizilim bozuklukları ile subjektif sonuçlar arasındaki ilişkinin zayıf olduğu ve bunun klinik öneminin şüpheli olduğu bildirilmektedir.<sup>[18]</sup> Aynı ekibin, dizilim ile revizyon oranları arasındaki ilişkiyi araştıran bir diğer sistematik derlemesinde; mekanik eksenindeki dizilim bozukluğu ile artmış revizyon oranı arasında bir ilişki bulunamazken, anatomik eksenindeki dizilim bozukluğu ile revizyon oranı artışı ilişkili bulunmuştur.<sup>[18]</sup> Yukarıda bahsedilen, Bellemans ve ark.'nın genç asemptomatik erişkinlerde (erkeklerde %32, kadınlarda %17 oranında) bile yüksek oranda yapısal varus bulunduğunu ve bunun korunması gerekebileceğini öne süren çalışmaları da, TDA sonrasında elde edilmesi gereken dizilim konusunda bir miktar kafaları karıştırmıştır. Bu amaçla, yapısal koronal plan deformitesi olan hastalarda en fazla 3° deformite bırakacak şekilde "gerekenden az düzeltme" (ayarlanmış mekanik eksen) tekniği önerilmiştir. Bu yöntem, hafif-orta dereceli deformitelerde kullanışlı olurken, şiddetli deformiteler için uygun değildir. Bu tekniğin savunucuları, yapılacak ayarlamaların FK üzerinden yapılmasını, TK'nin yine mekanik eksene dik olacak şekilde yerleştirilmesini önermektedirler.<sup>[4]</sup>

Diz eklemi dizilimi ile ilgili çalışmalar, ağırlıklı olarak statik (yüklenmedeki) ve diz ekstansiyondayken yapılan koronal plan değerlendirmeleri üzerine kuruludur. Oysa, günlük yaşam hareketleri sırasında tüm diz hareket genişliği boyunca yük aktarımı olmaktadır. Fleksiyondaki bir dizde koronal dizilim; aksiyel dizilim, yumuşak doku gerginliği ve protez tasarımına bağlı olarak değişkenlik gösterir. TDA sonrası çevre yumuşak dokulardaki gerilimi asgariye indirecek şekilde bir fleksiyon-ekstansiyon eksenini kurulmak isteniyorsa, her üç planda da komponentlerin pozisyonu anlaşılıp dik-kate alınmalıdır.

Sonuç olarak; "nötral koronal mekanik dizilim" hedefi, onu sorgulayan sonuçlar ortaya koyan araştırmacıların da kabul ettiği üzere, günümüzde hala altın standarttır; daha ikna edici veriler alınıncaya kadar hedeflenmeye devam edilmesi gerekmektedir.

#### Anatomik dizilim

Hungerford ve Krackow tarafından 1980'lerde ileri sürülen bu konseptte göre, TDA sırasında kemik kesileri sistematik olarak, doğal anatomiye uygun şekilde yapılmalıdır.<sup>[19]</sup> Distal femoral kesi 9° valgusta,

proksimal tibial kesi ise  $3^\circ$  varusta olacak şekilde oblik tibiofemoral eklem hattının oluşturulması ve tibiofemoral eklem  $6^\circ$  valgusta konumlandırılması amaçlanır. Bu tekniğin mantığı; TK'de daha iyi bir yük dağılımının elde edilmesi ve daha iyi bir patellar biyomekanik sağlanarak diz bükülürken, lateral retinakulumun aşırı gerilmesinin ve lateral retinakuler gevşetme ihtiyacının önüne geçilmesidir. Erken dönemde bu tekniğin uygulanması sırasında enstrümantasyondaki yetersizlikler nedeniyle, sıklıkla alt ekstremitenin ya da TK'nin aşırı ( $>3^\circ$ ) varusuna neden olunması riski yüzünden, bu teknik fazla yaygınlaşmamıştır. Ancak günümüzde, hem eklem hattı oblikliğini içeren TDA implantlarının geliştirilmesi hem de navigasyon ve robotik cerrahi kullanımı, bu sorunlarla karşılaşılması riskini önemli ölçüde azaltmıştır.

#### Kinematik dizilim

“Kinematik dizilim”, son 10 yıldır ortaya çıkarak üzerinde yaygın bir şekilde düşünülme ve tartışılmaya başlanan bir konsepttir. Çıkış noktası, “altın standart” olarak bilinen “nötr mekanik dizilim”in sağlanmış olmasına karşın hastaların yaklaşık %20'sinin TDA sonucundan mutlu olmamasının nedenlerini arayıştır. “Nötr mekanik dizilim” konseptinde hastadaki diz anatomisine ilişkin özgün özellikler dikkate alınmayarak bütün hastalarda aynı “sistemik” implant konumlandırılması yapılmaya çalışılmaktadır. İmplantların sistemik olarak mekanik eksene dik olarak yerleştirildiği “biyomekanik açıdan uygun” ama fizyolojik olmayan bu konsept, bazı hastalarda fonksiyon bakımından sınırlı TDA ile sonuçlanmaktadır. Hastalar elde ettikleri fonksiyonel sonuçtan tatmin olmamakta; rezidüel yakınlıkları olmaktadır. Doğal dizilimin ve eklem hattı seviyesinin pür mekanik kaygılarla değişmesi, kinematiği bozmakta; instabilite, eklem sertliği, aşınma ve gevşemeye neden olabilmektedir. Kinematik dizilim konseptine göre ise; TDA ile her hastada restore edilmesi gereken nötr mekanik eksen değil, hastanın doğal dizilimi olmalıdır. Doğal dizilimi yapısal olarak nötr mekanik ekseninde olmayan hastalarda, TDA sonrası nötr mekanik eksenin elde edilmesi, hastaları özellikle fonksiyon yönünden mutlu etmemektedir. Hastalar, doğal dizilimlerdeki distal ve posterior femoral hat ve tibia oblik eklem hattının sağladığı fonksiyon ve hareket genişliklerini aramaktadırlar. Salzman ve ark.'nın güncel çalışmasında; ameliyat öncesi dönemde nötr dizilimin dışında ( $>3^\circ$ ) varus dizilimine sahip hastalardan TDA sonrası yine  $>3^\circ$  varus dizilimine sahip olanların, nötr dizilime kavuşturulanlara oranla daha yüksek “unutulmuş diz skoru” ve “yüksek fleksiyon diz skoru”na sahip oldukları bulunmuştur.<sup>[20]</sup>

Howell ve Hull tarafından 2006 yılında geliştirilen kinematik dizilim tekniği; tibiofemoral eklem hattının üç

boyutlu anatomisini korumayı, hastanın artroz gelişimi öncesi eklem yüzeylerinin ve yumuşak doku laksitesinin restorasyonunu, böylece daha doğal bir diz kinematiği elde edilmesini amaçlar.<sup>[21]</sup> Kinematik dizilim konseptinin savunucularına göre, TDA sonrası ayakta alt ekstremitte koronal diziliminin değerlendirilmesi; yürüme sırasında protezli dizin yüklenmesi, diz fonksiyonu ve uzun dönem TDA sağkalımının belirlenmesi bakımından iyi bir gösterge değildir. Kinematik dizilim tekniği ile TDA uygulaması, kalçadaki “yüzey replasman protezleri”nin diz eklemine gerçek uygulama örnekleri olarak görülmektedir.

Kinematik dizilim tekniği ile TDA uygulaması, tümüle kemik işlemi ile gerçekleştirilen, bağ koruyucu bir tekniktir. Hastanın varus deformitesinin yapısal karakteri ve kendisine özgü eklem hattı oblisitesi dikkate alınarak belirlenen miktarda kemik kesileri yapılmaktadır. Mekanik eksen tekniği ile tek benzerliği FK'nin sagittal konumlandırılmasıdır; onun dışındaki tüm teknik aşamalar kendisine özgüdür.

Kinematik dizilimli TDA uygulaması sıklıkla navigasyon veya bilgisayarlı tomografi (BT) / manyetik rezonans (MR) görüntüleme ile şablonlama ve hastaya özgü enstrümantasyon kullanımını gerektirir. Son yıllarda genel enstrümantasyonla da “ölçülü rezeksiyon” tekniği kullanılarak da kinematik dizilimli TDA uygulamaları bildirilmiştir.

Diz eklemine kinematiği basit fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerinden çok farklıdır. Kinematik, dizin hareketi esnasında femur, patella ve tibianın ilişkisini ifade eder. Eklem yüzeyi, menisküs ve bağ yapıları, femur, patella ve tibia arasındaki normal kinematik ilişkiyi belirler. Bu, mekanik ve anatomik eksenle belirlenemez. Amaçlanan hedef; maksimum hareket genişliğine sahip, uygun dizilimde ve ağrısız bir diz elde etmektir.

Dossett ve ark.'nın mekanik ve kinematik dizilim yöntemlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, erken dönemde (altı ay) kinematik dizilim uygulanan hastalarda, daha fazla hasta memnuniyeti, işlevi ve fleksiyon dereceleri bildirilmiştir. Elde edilen mekanik eksenler arasında da anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ancak, kinematik dizilim yöntemine göre TDA uygulanan hastalarda FK  $2,4^\circ$  daha fazla valgusta, TK ise  $2,3^\circ$  daha fazla varusta yerleştirilmiştir.<sup>[22]</sup> Başka çalışmalarda da, daha hızlı bir iyileşme dönemi yaşandığı ve komplikasyon oranında bir artış olmaksızın daha iyi fonksiyonel sonuçlar elde edildiği bildirilmektedir. Lee ve ark.'nın kinematik dizilimli TDA olgularına ait klinik ve radyolojik sonuçları bildiren dokuz çalışmayı içeren güncel bir sistemik derlemesinde; asgari iki yıl takipte, mekanik dizilimli TDA'lara oranla eşdeğer ya da daha üstün klinik sonuçlar, bacak ve diz dizilimi, komplikasyon

ve sağkalım oranları belirlenmiş; bu tekniğin mekanik dizilim konseptine “*kabul edilebilir bir alternatif*” oluşturduğu sonucuna varılmıştır.<sup>[23]</sup>

Ancak, kinematik dizilimli TDA uygulamalarının getirdiği bazı sorunlar da ortaya çıkmaya başlamıştır. Özellikle, ileri anatomik bozukluk gösteren dizlerde kullanımı sorunlu görünmektedir. Bazı hastaların doğal pato-anatomisi osteoartrit gelişimine ve protez komplikasyonlarına yatkınlık oluşturabilecek şekilde biyomekanik bakımdan yetersiz olabilmektedir. Yüksek dereceli (>5°) yapısal varus deformitesi olan hastalarda; TDA sonrasında bu deformitenin devam etmesi tibia platosu üzerindeki yük dengesinin bozulmasına, mediyal platonun fazla yüklenmesine hatta kollapsına, implant aşınma ve gevşemesine neden olabilecektir. Aynı değerlendirme, yüksek dereceli yapısal valgus deformitesi olan hastalar için de benzer şekilde yapılabilir.

Kinematik dizilimin gözetildiği TDA’ların uzun dönemde daha başarılı klinik sonuçlar ve sağkalım oranları verip vermediğini ortaya koyacak çalışmalara gereksinim bulunmaktadır.

### Sagittal Plan

TDA’nın sagittal plandaki uygun dizilimi ve klinik sonuçlar üzerindeki etkisi nispeten az araştırılmıştır. Cerrahi uygulamada bu konuda kullanılabilecek anatomik gösterge noktaları da oldukça sınırlı olduğundan, sagittal dizilimi belirlemede intramedüller ve ekstramedüller kılavuzlar kullanılmaktadır. FK sagittal planda femoral eksene nötral olacak şekilde (0–3°) yerleştirilirken, TK’de 0–7° posterior slop verilmeye çalışılmaktadır. Tibial posterior slop, ya tibial kesi sırasında verilmekte ya da slopu verecek tasarımda *insert* kullanılmaktadır. Sagittal planda karşılaşılan sorunlar ve çözüm yolları, ilgili komponent yerleşim ve dizilim sorunları içinde tartışılmaktadır.

#### Aksiyel/rotasyonel dizilim

TDA’da komponentlerin tek tek ya da kombine olarak rotasyonunun belirlenmesi, uygulanması ve bunun neden olabileceği sorunlar son zamanlarda giderek popülerleşen konulardır. Bu konuya ilgi, öncelikle FK’nin rotasyonunun belirlenmesi ve neden olabileceği sorunların tartışılması ile başlamıştır. Ameliyat sırasında ve sonrası dönemde rotasyonel dizilimin ölçümüne ilişkin yöntemler kesinlikten uzak olduğundan, bu plandaki dizilimin TDA sağkalımı üzerindeki etkisi üzerinde az kanıt bulunmaktadır. Ancak, nispeten güncel bir sistematik derleme sonuçlarına göre; rotasyonel dizilim ile fonksiyonel skor arasında pozitif korelasyon bulunmuştur. Bu korelasyon femoral tarafta daha güçlüdür.<sup>[24]</sup>

#### Femoral komponent rotasyonel dizilimi

Optimal FK rotasyon derecesinin belirlenmesi ve bunun cerrahi olarak sağlanması, yıllardır üzerinde tartışılan bir konudur. FK’nin doğru bir rotasyonel dizilimi; fleksiyonda yumuşak doku dengesi ve stabilitesi, patellar gezinim (*tracking*) ve diz kinematiki üzerinde önemli rol oynar. Bunun için de, normal distal femoral rotasyon bölümünde tanımlanan üç eksen (Whiteside çizgisi, TEE, PKE) temel alınarak; rotasyon “ölçülü rezeksiyon” yöntemiyle ya da tibial rezeksiyon sonrası “boşluk dengeleme” yöntemiyle belirlenir. Bu iki yöntem, hem TDA’nın rotasyonel dizilimini hem de fleksiyon ve ekstansiyonda yumuşak doku dengelemesini sağlamak için kullanılmaktadır.

Mediyal ve lateral epikondiller arasında uzanan anatomik TEE’nin (aTEE) cerrahi uygulama sırasında belirlenmesindeki güçlükler nedeniyle, sıklıkla cerrahi sırasında daha kolay belirlenebilen lateral epikondil ile mediyal femoral sulkus arasındaki cerrahi TEE (cTEE) tercih edilmektedir. Cerrahi uygulama sırasında, aTEE ile cTEE arasında, aTEE 2–3° daha dış rotasyonda olacak şekilde farklılık olduğu dikkate alınmalıdır. “*Ölçülü rezeksiyon*” yöntemini kullanan cerrahların tercih ettikleri eksenler değişkenlik göstermekle birlikte, en sıklıkla tercih edilen cTEE’nin kılavuz olarak alınmasıdır.

Çoğu hastada, tüm kılavuz çizgi ve eksenlerle elde edilen sonuçlar benzerlik göstermektedir. PKE, en az güvenilir bir eksen olmasına karşın, kolaylıkla belirlenebildiğinden çoğu enstrümantasyonda tercih edilir.

Dizdeki farklı dejeneratif süreçler doğal eksenleri değiştirerek standart yöntemlerin uygulanmasını güçleştirebilir. Bu durumlarda doğru femoral rotasyonu sağlamak önemlidir. Mediyal kondildeki erozyon ve osteofitik değişiklikler nedeniyle PKE de değişebilir. Posterior kondillerden herhangi birinde 1 mm’lik bir erozyon, femoral rotasyonu 1° değiştirebilir. Varus dizlerde TEE ve PKE arasındaki dış rotasyon derecesi bu nedenle azalacak, valgus dizlerde ise lateral femoral kondil hipoplazisine bağlı olarak iki eksen arasındaki 3°’lik açı daha da artacaktır. Bu durumda PKE kılavuz olarak kullanıldığında varus deformiteli dizlerde FK’nin dış rotasyon, valgus deformiteli dizlerde ise iç rotasyonda yerleştirilmesi riski vardır.

Rotasyonel dizilimde hata şansını asgariye indirmek için, birden fazla eksen dikkate almakta yarar vardır. Ancak, eksenlerden birisinin belirlenmesini zorlaştıran morfolojik özellikler varsa (troklear displazi, lateral kondil hipoplazisi ya da erozyonu, distal femoral deformiteler vb.) diğer eksenleri tercih etmek uygun olacaktır.

Birçok cerrah, FK’nin yeni posterior kondiller eksenini TEE’ye paralel, Whiteside çizgisine ise dik hale gelecek kadar dış rotasyona getirilmesini önermektedir.<sup>[5–7]</sup>

Ancak, ölçülü rezeksiyon tekniğinde kullanılan diz çevresindeki anatomik eksenlerin ameliyat sırasında belirlenmesi subjektif, cerrahın deneyimine bağlı ve güvenilir olmaktan uzaktır. Yalnızca biri temel alınarak yapılan rotasyon ayarlamalarında FK'nin aşırı iç ya da dış rotasyon riski bulunur.

Kadavra çalışmalarının da gösterdiği üzere, optimal bir patellar gezinim için FK'nin kesinlikle iç rotasyonda olmaması, nötral ya da dış rotasyonda olması tercih edilir. Femur ve tibia komponentlerinin dış rotasyonu trokleayı lateralize eder; ancak, tibial tüberkülün göreceli olarak mediyalize olması patellar çekişi en iyi hale getirmektedir.<sup>[5]</sup>

“Ölçülü rezeksiyon” yöntemi, eklem hattı pozisyonunu restore etmeyi, femoral rotasyonu anatomik gösterge noktalarına göre ayarlamayı ve bu amaçla yapılan kemik rezeksiyonu kadar metal ya da polietilen implant konmasını içerir. “Boşluk dengeleme” yöntemi ise, genellikle tek taraflı proksimal tibial kesi sonrası, ama diğer (femoral) kesi öncesinde bağ-yumuşak doku gevşetmeleri ile hem ekstansiyonda hem de 90° fleksiyonda eşit ve simetrik dikdörtgen şeklinde boşlukların oluşturulması yöntemidir. Bunun için; tibial kesi sonrası boşluk doldurucular, *sprader*'lar ya da tensor cihazları kullanılarak, FK'nin rotasyonunu belirleyecek posterior femoral kesilerin miktarı belirlenir. Bu iki yöntemi karşılaştıran güncel bir meta-analizin sonuçlarına göre; boşluk dengeleme yöntemi, ölçülü rezeksiyon yöntemine oranla mekanik ve rotasyonel dizilimin restorasyonunda, diz ve fonksiyon skorlarında anlamlı olarak daha belirgin iyileşmeler sağlarken; FK'de biraz daha fazla dış rotasyon eğilimine ve eklem seviyesinin daha fazla yükselmesine neden olmaktadır.<sup>[25]</sup> Ayrıca, “boşluk dengeleme” yöntemiyle aşırı büyüklükte fleksiyon boşluğu oluşumu ve orta-fleksiyon instabilitesi riskleri de bildirilmiştir. Ölçülü rezeksiyon yöntemi de sık koronal instabiliteye ve medio-lateral asimetriye neden olabilmesi yüzünden eleştirilmektedir. Her ne kadar bu yöntemler arka çapraz bağın (AÇB) korunduğu ve kesildiği tüm TDA tasarımlarında kullanılabilir de; ölçülü rezeksiyon yöntemiyle genellikle AÇB koruyan; boşluk dengeleme yöntemiyle de sıklıkla posterior stabilize tasarım TDA'ları kullanılmaktadır. Ancak, hem boşluk dengeleme yönteminin kullanılması hem de AÇB'nin kesilmesi çok geniş fleksiyon boşluğu oluşumuna neden olabilir. Son zamanlarda, her iki tekniğin avantajlı yanlarından oluşan bir “hibrid” teknik ileri sürülmüştür. Ölçülü rezeksiyon tekniğindeki uygun implant konumlandırması ve koronal, sagittal ve aksiyel planlardaki dizilim ile boşluk dengeleme yöntemindeki eklem uyumluluğu hibrid teknikte bir araya getirilmeye çalışılmaktadır.

Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, FK'nin cTEE'ye göre 2-5° dış rotasyonda yerleştirilmesi optimal yerleşim olarak görülmektedir.

Eğer tibia nötral koronal mekanik dizilimi sağlamak amacıyla, doğal anatomisinde olduğu gibi 2-3° mediyal taraf aşağıda olacak şekilde değil de, mekanik/anatomik eksene dik olarak kesilmişse, otomatik olarak lateral tibial platosundan mediyal platoda herhangi bir defekt olmamasına karşın daha fazla rezeksiyon yapılmış olacaktır. Eğer bu durum femur posterior kondillerinin rezeksiyonu sırasında dengelenmezse, fleksiyon boşluğu dikdörtgen şeklinde değil, trapezoidal şekilde olacaktır. Ekstansiyon boşluğu, femur distali de mekanik eksene 90°'de olacak şekilde kesildiğinden sorun çıkarmayacaktır. Ancak, fleksiyon boşluğunun dengesizliği, fleksiyon instabilitesi ve asimetrik kondiller açılmaya (*lift off*) yol açar. Böyle bir durum, polietilen *insert*'in kenar yüklenmesine (*edge loading*) maruz kalarak erken aşınmasına yol açabilir. Fleksiyon boşluğunun da simetrik bir dikdörtgen haline getirilebilmesi için, FK'nin hafifçe (~3°) dış rotasyonu gereklidir. Böylece, dikdörtgen şeklinde iyi dengelenmiş bir fleksiyon aralığı oluşturulur.

Lateral veya mediyal kondilin hipoplazik ya da deforme olduğu durumlarda, FK'nin dış rotasyonunu belirlemek özellikle önemlidir. Ekstansiyondayken mediyal yapıların gevşetilmesi, fleksiyon boşluğunu dengelemek için gerekli olacak dış rotasyon miktarını belirgin şekilde azaltacaktır.

FK'nin rotasyonel dizilimi sadece femur distalini etkilemez. FK'nin rotasyonel dizilimi, hem patellanın femoral oluktaki doğru yerleşimi ve hareketini hem de fleksiyonda kollateral bağların dengesini etkiler. FK'nin rotasyonel dizilim bozukluğu da; diz önü ağrısı (DÖA), hareket kısıtlılığı, patellar gezinim bozukluğu, subluksasyon ve çıkık gibi PF komplikasyonlarına yol açabilir.

#### **Tibial komponent rotasyonel dizilimi**

TK'nin optimal rotasyonu, nispeten daha geç dönemde tartışılmaya başlanan ve üzerinde daha az uzlaşılabilen bir konudur. Bunda, rotasyonu belirleyecek anatomik göstergelerin femura oranla daha belirsiz olması önemli rol oynamaktadır. Ancak, TK'nin rotasyonunda yapılan hataların da önemli klinik sorunlara ve protez başarısızlığına/revizyonuna yol açabildiği kabul edilmektedir. Kim ve ark., komponent dizilimi ile uzun dönem klinik sonuçlar arasındaki ilişkiye yönelik kapsamlı çalışmalarında, TK'nin posterior tibial eksene oranla 2-5° dış rotasyonda olacak şekilde yerleştirilmesinin komponent başarısızlığı riskini azalttığını belirlemişlerdir.<sup>[15]</sup>



TK rotasyonunu belirlemede, üç farklı intraoperatif yöntem kullanılabilir:

1. Tibial kesi yüzeyi üzerine asimetrik tibial deneme tablası anatomik olarak yerleştirilir.
2. Deneme tablası tuberositas tibia (TT) belirteç olarak alınarak genellikle TT'nin iç ve orta 1/3'lerinin kesişim noktasına kadar döndürülür.
3. Deneme FK'nin altında tibial deneme tabla ve *insert*'in dizin fleksiyon-ekstansiyon hareketi ile otomatik olarak aldığı rotasyon derecesi esas alınır (bu tekniğin riski, eğer FK'de bir rotasyon kusuru varsa bunun TK'ye de taşınması ve dizilim açısından TK'nin iç rotasyonuna neden olabilmesidir).<sup>[26,27]</sup>

TDA uygulaması sırasında TK'nin rotasyonel konumlandırması için kullanılacak en başlıca anatomik gösterge noktası TT (mediyal 1/3, mediyal sınır veya tepe noktası) olacaktır. Sıklıkla, deneme TK yerleştirildikten sonra TK'nin antero-mediyal köşesi platonun antero-mediyal köşesi ile, komponentin orta noktası ise tibia tüberkülünün mediyal üçte birlik kısmı ile uyumlu olacak şekilde dış rotasyona getirilerek tibial komponentin rotasyonu belirlenmektedir. Ayak, tibiadaki ve ayak bileğindeki torsiyonel değişiklikler nedeniyle, hiçbir zaman TK rotasyonunu belirlemede gösterge olarak kullanılamaz.

Proksimal tibiada da, distal femurda olduğu gibi, rotasyonu değerlendirmede kullanılacak bazı anatomik eksenler tanımlanmaya çalışılmıştır: tibianın transvers eksen, TT eksen, anatomik tibial eksen, AP eksen vb. (Şekil 4). Ancak, bunların hiçbiri standart olmayı başaramamıştır. Bu nedenle, bu anatomik göstergeler tek başına değil, kombine olarak kullanıldığında TK'nin rotasyonel konumlandırmasının daha doğrulukla yapılması sağlanmış olacaktır.

Hareketli *insert*'ler, TK'deki hafif rotasyon hataları ile femoral ve TK'lerin rotasyonel uyumsuzlukları durumunda yaşanabilecek sorunları giderme bakımından teorik olarak avantajlı görünmektedir. Ancak, sabit *insert*'lere klinik olarak üstünlükleri henüz gösterilememiştir.

#### Patellar komponent (PK) dizilimi

Eğer patellar eklem yüzeyi için de komponent uygulanacaksa, patellada yapılacak patellar kesi, patellanın kalınlığı PK yerleşimi sonrasında da korunacak şekilde olmalıdır. Patellanın ortalama kalınlığı 22–26 mm'dir ve çoğu patellar implant 7,5–10 mm kalınlığındadır. Kemik rezeksiyonundan sonra kalan patella en az 12–13 mm, tercihen 15 mm kalınlığında olmalıdır.<sup>[12]</sup> Aksi takdirde patella kırıkları ile karşılaşma riski artar. Patellar osteotomi, patellanın ön yüzüne paralel



**Şekil 4.** Proksimal tibial eksenler; tibianın transvers eksen, aksiyel keside medio-lateral en geniş hat: A, AP eksen; tibianın posterior çentiğinden patellar tendonun mediyaline uzanan çizgi; B, transvers eksen.

olmalıdır. Dolayısıyla patellanın mediyal ve lateral yüzeylerinden çıkarılacak kemik miktarı eşit olmayacaktır. Patellanın asimetrisi nedeniyle mediyal fasetin rezeksiyonu lateral fasetten biraz daha fazla olmalıdır. Mediyal ve lateral fasetlerden eşit miktarda kemik çıkarılması halinde oblik bir rezeksiyon yüzeyi oluşturulabilir. Patella kesisi, patellanın lateral fasetinin subkondral kemiği hizasında yapılmalıdır.<sup>[28]</sup> Böylece aşırı veya yetersiz rezeksiyon engellenmiş ve tespitin güçlenmesi için kansellöz kemiğe ulaşılmış olur. Ancak, aşırı aşınmış ve normal morfolojisini kaybetmiş patella varlığında cerrah, yalnızca kılavuzlara güvenmeyerek, kendi deneyimi ile kesi hattını belirlemeli ve gerçekleştirmelidir.

#### FEMORAL KOMPONENT KONUMLANDIRMA HATALARI

FK'nin uygun boyut seçimi ve doğru yerleştirilmesi diz artroplastisinin kinematigi için önemli bir basamaktır.

Distal femoral kesi, intramedüller kılavuz üzerinden 5–7° valgusta ve 3° dış rotasyonda olacak şekilde yapılmalıdır. Valgus dizlerde ise distal femur kesisi daha düşük dereceli valgus pozisyonunda yapılmaktadır.<sup>[21]</sup> FK'nin femurun anatomik eksenine göre 8°'den daha fazla açılma yapması, bu komponente ilişkin başarılsızlık şansını 5,1 kat artırır.<sup>[13]</sup>

FK boyutunun belirlenmesinde temel prensip; hem AP planda, hem de medio-lateral planda distal femur boyutlarına yakın veya aynı ölçülerdeki bir FK'nin uygulanmasıdır. FK boyutunun belirlenmesinde yaygın kullanılan yöntem, posterior femoral kondillerin referans alındığı kesi yöntemidir. Total diz artroplastisi kesileri yapılırken femoral distal kesinin yapılmasının ardından kılavuz femur kondillerin arka yüzüne degecek şekilde yerleştirildikten sonra, "stylus" anterior korteksin en yüksek yerine değdiği pozisyona göre boyut seçimi yapılır.

Posterior referanslı boyut seçim sisteminde femur kondillerinin posteriorundan yapılacak rezeksiyon miktarı sabittir ve komponent boyutu ile değişmez. Posterior femur kondilleri çıkartılırken protezin yerleşimini etkileyecek osteofit temizliğine dikkat edilmelidir. Çıkartılmadan kalan osteofitler, fleksiyonda tibial polietilen *insert*'i öne itebilir ve ileri fleksiyona engel olabilir. Bu durum zorlandığında, polietilende hasar meydana gelebilir; ölçülen boyut arada kalabilir; bu durumda, yakın olduğu bir üst ya da bir alt boyuttaki komponent seçilir.

Femur anterior korteksinin seviyesine göre kesilerin yapıldığı anterior referanslı boyut seçim tekniğinde; anterior kortikal kesi sabit olduğundan, patellofemoral aralık değişmeyecektir. Ancak, femur kondilleri posteriorundan yapılacak kesi miktarı seçilen boyutla değişebilecek; bu da protez hareketliliğini ve stabilitesini etkileyebilecektir.

FK, sagittal planda nötral sagittal dizilimde yerleştirilmelidir. FK yerleşimi, anterior kortekste çentiklenme oluşturmayacak şekilde olmalıdır. Anterior çentiklenmenin, her ne kadar sürekli bir ilişki gösterilemese de, kondillerin üzerindeki bölgedeki kemiği zayıflatarak suprakondiller femur kırıklarının görülme riskini arttırabileceği düşünülmektedir.<sup>[29]</sup>

Femoral rotasyon distal femoral kesiden sonra daha iyi değerlendirilir. FK'nin rotasyonunu belirleyen kesi anterior ve posterior femoral kesilerdir. FK'nin 3-4° dış rotasyonda hazırlanması patellofemoral uyum için önemlidir.

## Boyut Hataları

### Büyük FK

Büyük FK kullanımı durumunda, en fazla olumsuz etki patella ve PF eklem ile ilişkili olarak görülecektir. Patella, öne ilerlemiş femoral komponent ile özellikle artan fleksiyon derecelerinde sıkışıklığa uğrayacak; patellanın merkeze uzaklığı artacak ve patellayı lateralize edici kuvvet vektörü büyüyecek; patellada kırık görülme riski de artacaktır. Büyük FK kullanımı fleksiyon aralığını da daraltacağından, diz fleksiyonunda kısıtlılık görülebilir. Bu sorunlar ve patellanın uyumu, operasyon anında fleksiyon ekstansiyon hareketleri yaparken değerlendirilebilir. Fleksiyon kısıtlılığı olan hastalarda posterior kondiller kesi arttırılabilir. Daha küçük bir polietilen kullanılarak fleksiyon kısıtlılığı çözümünde,



**Şekil 5.** Femur anterior kortekste derinleşmiş kesi nedeniyle oluşan kortikal çentiklenme.

medio-lateral laksite ve bağ dengesi iyi değerlendirilmelidir. Bu işlem yapılırken anterior femoral kortekste çentiklenme yapmaktan kaçınılmalıdır.

### Küçük FK

Posterior referanslı boyut seçim sistemi kullanıldığında, eğer hastanın femoral ölçüleri, implant boyuları arasında kalıyorsa büyük boy implant tercih edilmelidir. Eğer küçük boy implant seçilirse, kinematik açıdan önemli bir sorun oluşmamakla birlikte, femur anterior kortekste derinleşmiş kesi nedeniyle protez korteksin altına girebilir ve kortikal çentiklenme oluşabilir (Şekil 5). Bu durum femur anterior korteksinde stres artışı oluşturacak ve distal femurda periprotetik kırık riskini arttıracaktır. Ciddi derin femoral anterior korteks kesilerinde FK büyütülmelidir. Anterior referanslı sistem kullanıldığında küçük boy seçilip ona uygun olarak yapılan posterior femoral kondillerdeki fazla kesi nedeniyle fleksiyon aralığı büyüyecektir. Bu durum uygun şartlar içerisinde ise, hiperfleksiyon tasarımlı protezlerde olduğu gibi, fleksiyon bir miktar artmış olacaktır. Fleksiyon aralığında daha fazla bir artış ise fleksiyonda instabiliteye neden olacaktır.

Ameliyat sonrası dönemde fleksiyon instabilitesi tanısı iyi bir fizik muayene gerektirir. Diz, yürüme sırasında stabil olabilir, fakat merdiven çıkarken güvensizlik görülmesi olasıdır. Anterior ve posterior çekmece testi ile fleksiyon ve ekstansiyon aralıklarının uygunsuzluğu değerlendirilir. Tibiofemoral instabilite konservatif ya

da cerrahi olarak tedavi edilebilir. Konservatif tedavi, komponent malpozisyonu ve ciddi instabilite olmadığı durumlarda kullanılabilir. Immobilizasyon cihazları ve rehabilitasyon konservatif tedavi seçenekleridir. Semptomatik instabilitelerin çoğu ise parsiyel ya da total cerrahi revizyon gerektirir. Tibiofemoral instabilitede tedavi seçimi yaparken kollateral bağların durumuna, fleksiyon ekstansiyon aralığına ve komponentlerin dizilimine bakılmalıdır. Instabilite, posterior kondillerin fazla rezeksiyonu sonucu oluşmuş ise FK'nin posteriora kaydırılmasıyla (posterior kondillere kemik veya çimento desteği), daha büyük FK ile ya da daha kalın bir polietilen kullanmakla çözülebilir. Büyük FK kullanılarak arandığı çözümlerde anterior kesi yükselecek, patella merkezden uzaklaşacaktır. Bu nedenle, FK sorunu çözülmeye çalışılırken oluşabilecek patellofemoral sorunlara dikkat edilmelidir.

### Translasyon Hataları

#### Medio-lateral hatalar

FK, koronal düzlemde ve femurdan taşmadan yerleştirilmelidir. FK'nin medio-lateral translasyonunda iki önemli durum vardır. Mediyalize yerleştirilmiş FK nedeniyle troklea mediyalize olacak, Q açısı artacak ve patellanın femoral oluktaki hareketi olumsuz etkilenecektir. Patellanın subluksasyon ve dislokasyon eğilimi artacaktır. Diğer problem ise mediyalize olan FK'nin mediyal kollateral bağ üzerine uyguladığı baskıdır. Bu baskı, mediyalde ağrıya neden olacaktır. Bu sorunların çözümünde öncelikle FK'nin translasyonu düzeltilmelidir. FK mümkün olduğunca lateralize edilmelidir. Komponent taşıma eğiliminde ise daha küçük bir protez ile patellofemoral uyum sağlanmaya çalışılmalıdır. Buna rağmen patellofemoral uyum halen uygun değilse PK'nin mediyale yerleştirilmesi ve/veya lateral gevşetme yapılabilir.

#### AP translasyon hataları

FK'nin anterior posterior diziliminde, anteriora translasyonu fleksiyon aralığını arttırarak fleksiyonda instabiliteye neden olacaktır. Anteriora translasyon nedeniyle patellanın merkeze uzaklığı artacaktır. Posteriora translasyonu olan FK anterior kortekste derin yerleşimli proteze neden olacaktır. Posterioradaki taşıma nedeniyle fleksiyon aralığı daralacak ve fleksiyon kısıtlılığı oluşacaktır.

#### Proksimal-distal yerleşim hataları

Eklem seviyesi mediyal femoral epikondilin 3 cm distalinde, fibula başının ise 1,5 cm proksimalinde kalmaktadır. Femur distalinden yapılan kemik rezeksiyonu, FK kalınlığından daha azsa ya da köşe (*chamfer*) kesileri yetersiz ya da uygunsuzsa FK doğal konumundan daha distalde kalacaktır. FK'nin distale kayması, dizde ekstansiyon kaybı ile sonuçlanır. Her 1 mm distalizasyon 4° ekstansiyon kaybına yol açar.



**Şekil 6.** Femoral Komponentin sagittal planda yerleşimini değerlendirmede, femoral implantın alt kısmı ile femur shaftına sagittal planda uzatılan eksen arasındaki açı kullanılır. Bu açının 90°'den büyük olması, fleksiyonda yerleştirilmiş komponenti, 90°'den küçük olması ise ekstansiyonda yerleştirilmiş femoral komponenti gösterir.

Bunun tersine, femur distalinden aşırı kemik rezeksiyonu yapılması eklem seviyesinin yukarıya doğru yer değiştirmesine yol açacaktır. Fleksiyon kontraktürlü dizlerde bilinçli olarak distal femurdan fazla kemik rezeksiyonu yapılabilir ya da revizyon olgularında kemik kaybı bu sonuca yol açabilir. Eklem hattının yükselmesi iki önemli kinematik değişikliğe neden olur: hem fleksiyonda AÇB ve yan bağlar gerildiğinden fleksiyon kısıtlılığı ve diz arkasında ağrı ortaya çıkar hem de patella göreceli olarak distale kayarak (patella baja) tibia ile temas eder (patellofemoral sıkışma). PF eklem temas kuvvetleri her 1 cm eklem seviyesi yükselmesinde %60 artış gösterir.

### Sagittal Dizilim Hataları

TDA'da FK'nin sagittal plandaki uygun konumu ve klinik sonuçlar üzerindeki etkisi nispeten az araştırılmıştır. TDA uygulaması sırasında FK'nin sagittal planda konumlandırılması için kullanılacak palpabl anatomik yapılar sınırlıdır. Bu nedenle, sagittal dizilimde belirleyici olan intramedüller kılavuz rodolar kalmaktadır. FK'nin sagittal planda yerleşimini değerlendirmede, femoral implantın alt kısmı ile femur shaftına sagittal planda uzatılan eksen arasındaki açı kullanılır (Şekil 6). Bu açının 90°'den büyük olması, fleksiyonda yerleştirilmiş komponenti, 90°'den küçük olması ise ekstansiyonda yerleştirilmiş FK'yi gösterir. FK'nin

flexiyonda yerleştirilmesi TDA'da sık rastlanır bir hata-  
dır. Büyük FK kullanımına benzer şekilde patellofemoral  
eklemin reaksiyonel kuvvetlerini ve kırık riskini  
arttırır. Buna bağlı olarak; ağırlı patellar krepi-  
tüs, fleksiyon kontraktürü ve erken polietilen aşınması ile so-  
nuçlanabilir. Ciddi fleksiyon kontraktürünün görüldü-  
ğü, FK'nin fleksiyon yerleşimli olduğu olgularda FK'nin  
revize edilmesi gerekebilmektedir. FK'nin 3°'den fazla  
fleksiyonu durumunda başarısızlık riskinin arttığı gös-  
terilmiştir.<sup>[15]</sup>

### Rotasyon Hataları

Patellofemoral eklem ile ilgili oluşacak sorunlarda  
asıl belirleyici etken FK'nin rotasyonel dizilimindeki  
hatalar olacaktır. FK için optimal rotasyonel konum,  
2-5° dış rotasyon olarak belirlenmiştir.<sup>[15]</sup> Beş derecenin  
üzerindeki dış rotasyon PK üzerinde etkili makasla-  
ma kuvvetleri arttırır.

FK'nin rotasyonel konumlandırılması ile ilgili ola-  
rak en sık yapılan hata; iç rotasyonda yerleştirilmedir.  
FK'nin iç rotasyonda yerleştirilmesi PF sorunların insi-  
dansının artışına yol açacaktır. Bu tür bir konumlan-  
dırma, troklear oluğu mediyalize edecek ve Q açısını  
arttıracaktır. Bu durum, patellar hareket sırasında  
patellanın laterale kaymasına neden olacak; merdiven  
çıkma ve sandalyeden kalkma sırasında DÖA'ya  
yol açabilecek, patellar subluksasyon, dislokasyon ve  
patellar gezinim bozukluğu gibi patellofemoral komp-  
likasyonlar gözlenme riski artacaktır. Aynı zamanda,  
patellar implant ve patella üzerinde anormal derecede  
yükselmiş streslere, bu da gevşeme, aşınma ve kırık gibi  
diğer PF komplikasyonlara neden olabilecektir. FK'nin  
iç rotasyonda yerleştirilmesi, ayrıca posteromediyal  
kompartmanın gerginliğini arttırarak, bu bölgede poli-  
etilen *insert* aşınmasına da yol açabilmektedir.

FK'nin aşırı dış rotasyonda yerleştirilmesi de isten-  
meyen bir durumdur. İleri varus deformiteli hastalarda  
mediyal femoral kondilin dejenerasyonu nedeniyle ya-  
pılan kesiler sonrasında FK yerleşimi istenenden daha  
fazla dış rotasyonda olabilir. FK'nin dış rotasyonunun  
normalden fazla olması durumunda mediyal fleksiyon  
boşluğu artar ve semptomatik fleksiyon instabilitesi  
görülebilir. Bu nedenle, çoğu enstrümantasyonda var  
olan 3°'lik dış rotasyonda kesi seçeneğinin, ileri varus-  
lu dizlerde de otomatik olarak kullanılmasından kaçınıl-  
malıdır. Aşırı dış rotasyondaki FK patellar gezinimi  
bozabilecek, lateral kondiller *lift-off* etkisiyle, diz önün-  
de ve mediyalinde ağrıya neden olacaktır. Yine, aşırı dış  
rotasyon, popliteus tendonunun fazla gerilmesine ve  
posterolateral ağrıya da neden olabilmektedir.

FK'nin rotasyonu klinik olarak hasta sırtüstü po-  
zisyonda, kalça ve diz eklemleri 90° fleksiyonday-  
ken kalçaya iç rotasyon yaptırılarak değerlendirilir.

Protezli tarafta karşı tarafa göre artmış pasif iç ro-  
tasyon, FK'nin iç rotasyonda yerleştirildiğinin bir  
göstergesidir.

Komponentlerin malrotasyonunda kesin tanı BT  
çekilerek konulabilir. Berger, komponentlerin rotasyo-  
nel dizilimini değerlendirmek için BT taramalarını ilk  
kullanan kişidir.<sup>[5]</sup> İki boyutlu BT kesitlerinde, FK'nin  
posterior ekseninin epikondiller eksene paralel olması  
gerekirken, TK'nin AP eksenini tüberositas tibianın 1/3  
mediyalinden geçmelidir. İki boyutlu BT, rotasyon be-  
lirlenmesinde güvenilir bir yöntemdir; ancak, anatomik  
gösterge noktalarının belirlenmesi sorun oluşturur.  
Mediyal ve lateral epikondillerin, seviye farkı nedeniyle,  
aynı iki boyutlu BT kesitinde birlikte görülmesi çoğun-  
lukla mümkün olamaz. Son yapılan çalışmalar, üç boy-  
utlu BT'nin, özellikle rotasyon ölçümünde iki boyutlu  
BT'ye oranla çok daha güvenilir sonuçlar verdiğini gös-  
termektedir. Üç boyutlu BT, komponentlerin rotasyo-  
nel dizilimi yanı sıra, koronal ve sagittal yönlerinin de  
belirlenmesinde yararlı olmaktadır. Son zamanlarda,  
özellikle zirkonyum implantlarda MR görüntüleme ile  
femoral rotasyonun yüksek doğrulukla yinelenen bir  
biçimde ölçülebildiği bildirilmektedir.

FK'nin semptomatik rotasyonu olması durumun-  
da, malrotasyondaki komponentin revizyon cerrahisi  
gerekebilir. İç rotasyon 4-6°'nin üzerinde ise bunun  
semptomlara yol açtığı bildirilmektedir. İnternal rotas-  
yondaki FK'ye yeterli dış rotasyon verebilmek amacıyla  
posterolateral augmentler kullanılabilir. Valkering ve  
ark.'nin sistematik derlemesi, semptomatik rotasyon  
bozukluğu nedeniyle yapılan revizyon girişimlerinin ba-  
şarılı sonuçlar verdiğini göstermektedir.<sup>[24]</sup>

Burada özellikle vurgulanması gereken; TDA sonrası  
inatçı PF yakınmalar (DÖA, subluksasyon, instabilite  
vb.) varlığında, bu sorunların altında yatan nedenin fe-  
moral ve/veya TK'nin iç rotasyonu olabileceğinin mut-  
laka akla getirilmesidir. Sorunun çözümü, kaynağında  
aranmalıdır. PF dizilime yönelik değil, femoral/TK ro-  
tasyonunu düzeltmeye yönelik girişimler sonuç verebi-  
lecektir. Ancak, revizyon girişimleri için rotasyon eşik  
değerleri halen tam olarak belirlenememiştir.<sup>[24]</sup>

### TİBİAL KOMONENT KONUMLANDIRMA HATALARI

TDA'da TK'nin konumlandırılmasındaki amaç;  
"nötrül tibial dizilim"i (tibial mekanik eksene 90°'de)  
ve komponentin gömülmesini önlemek için tibial kesi  
yüzeyinin TK ile azami ölçüde örtülebilmesini sağla-  
maktır. TK'nin tibia kesileri sonrası uygun boyut ve  
dizilimde yerleştirilmesi, alt ekstremitenin mekanik ek-  
senini düzeltirken diz hareketleri sırasında uygun yük  
dağılımını da sağlayacaktır. TK boyutlandırılmasında

ve yerleştirilmesinde üç boyutlu düşünme önemlidir. Koronal düzlemde uygun kesi sonrası komponentin medio-lateral yerleşimi, sagittal düzlemde posterior eğimin belirlenmesi ve rotasyonel düzlemde komponentin uygun rotasyonel pozisyonda yerleştirilmesi önemlidir.

### Koronal Plan Açılanmaları

TK'nin varusta ya da valgusta yerleştirilmesi, tibial yük dağılımını bozacak, tibiofemoral makaslama kuvvetlerinin artışına ve dolayısıyla artmış aşınmaya neden olacaktır. Varus pozisyonunda yerleştirilen komponentler mediyal kompartmanda aşırı yüklenme, polietilen aşınması, implant yetmezliği ve instabiliteye neden olabilecektir. TK'nin 3°'den daha fazla varusta yerleştirilmesi mediyal kemik kollaps riskini de arttıracaktır.<sup>[30]</sup> Kim ve ark.'nın çalışmasında da, nötral dizimli TK'lerin başarısızlık oranı %0 iken, nötral-dışı dizilimlerde %3,4 olarak bildirilmiştir.<sup>[15]</sup> Laboratuvar çalışmalarında da, 3° ve üzerinde tibial dizilim bozukluklarında temas streslerinin yükseldiği ve aşınmanın üç kat kadar arttığı ortaya konmuştur. Bu sonuçlarla çelişkili olarak, kinematik dizilim hedeflenerek uygulanmış TDA'larda TK 2,3° daha fazla varusta yerleştirilmesine karşın erken dönemde daha iyi subjektif sonuçlar bildirilmiştir.<sup>[22]</sup>

### Tibial Eğim Değişiklikleri

TDA'da istenilen TK eğimi 0-7° arasında bir posterior eğimdir.<sup>[5]</sup> Özellikle ekstramedüller tibial kılavuz kullanımı ile tibial eğimde artışla karşılaşabilmektedir. TK'nin posterior eğiminde biraz artış, diz fleksiyonunu hafifçe arttırabilir. Ancak, posterior eğimdeki ciddi bir artış, fleksiyon ve ekstansiyon aralıklarının uyumsuzluğuna yol açabilir. Sonunda dengelemeyi yapmaya çalışırken fleksiyon kontraktürüne (kalın polietilen komponentle) veya fleksiyonda medio-lateral ve rotasyonel instabiliteye (ince polietilen komponentle) neden olunabilir. Tibial eğimde aşırı bir artış durumunda AÇB'nin tibial yapışma yeri de risk altına girecektir. Posterior tibiofemoral instabilite ve hatta çıkıkla karşılaşılması mümkün olacaktır. Eğimin istenilenden fazla olduğu farkedildiğinde posterior stabilize tasarım protezlere geçilmesi yararlı olabilir.

TK'nin yetersiz posterior eğimde yerleştirilmesi halinde ise fleksiyon aralığı daralacak ve fleksiyon kısıtlılığı oluşacaktır. Bu etki, özellikle AÇB'nin korunduğu tasarımlarda daha da belirgin olur. Tibial *insert*'in posterior kısmına baskı olacak ve burada erken polietilen aşınması görülecektir. Yine TK'nin arka kısmı üzerindeki artmış baskı, tahterevallı etkisi ile TK'nin gevşemesine neden olabilir. Tibial eğimin az olduğu ameliyat

sırasında tespit edilebilirse, fleksiyon aralığını arttırmak amacıyla tibial kesi arttırılabilir veya AÇB gevşetilebilir. Posterior eğimin az olduğu hafif semptomları olan TDA'larda tedavide rehabilitasyon uygulanabilir. Ciddi fleksiyon kısıtlılığı, ağrısı olan, polietilen aşınması görülen hastalarda revizyon cerrahisiyle posterior eğim arttırılarak TK'nin yerleşimi düzeltilmelidir.

### Tibia Boyut Sorunları

Tibianın ölçülen boyutları ile komponent boyutları birbirine yakın ise sorun yoktur. Lateral platonun ön arka büyüklüğünü aşmayacak büyüklükteki TK boyu uygundur. Bazen boyutların tam uymaması nedeniyle çoğunlukla bir boy küçük, bazen de bir boy büyük komponent kullanılması gerekebilir. Eğer küçük boy kullanılacaksa mediyal taşmaya neden olmayacak şekilde komponentin mümkün olduğunca mediyale yerleştirilmesi önemlidir.

### Medio-Lateral Yerleşim

Dizdeki deformite düzeltilirken, TK'nin yerleştirilmesi sırasında özellikle fazla mediyalizasyondan ve mediyal taşmadan kaçınılmalıdır. Ancak, sert ve sıkı dizlerde cerrahi bölgenin lateralde yeterince ortaya konup görüntülenmemesi bu komplikasyona yol açabilir. Mediyalize bir TK, aynen FK'de olduğu gibi, TT'nin göreceli olarak lateralize konumlanmasına, Q açısının artmasına ve patellar gezinim ve stabilite sorunlarına neden olur. Mediyalize olmuş bir TK, mediyal kollateral bağa da baskı oluşturur. Mediyalden taşan TK'nin tahrişi ile, mediyal kollateral bağ, pes anserinus bölgesinde hassasiyet görülür.

### Proksimal-Distal Yerleşim

Tibia proksimalinde, sağlam subkondral kemiğin korunması amacıyla da olsa, TK kalınlığından daha az bir kesi yapılması, eklem hattının yukarıya doğru yer değiştirmesine neden olacaktır. Bu durum, FK'de olduğu gibi, fleksiyon kısıtlılığı, patella baja ve patello-tibial *impingement*'e yol açabilir. Tibia proksimal kesisinin daha distalden yapılması da; sağlam subkondral kemiğin kaybına, TK stabilitesinin azalmasına ve gevşemeye neden olabilir.

### Tibial Komponent Rotasyon Sorunları

TK'nin malrotasyonunun FK'ninkinden daha sık (iki katından fazla) ve daha yüksek açılı olduğu iddia edilmektedir. TDA sonrası eklem sertliği ve açıklanamayan ağrı olan olgularda TK'nin iç rotasyonu sıklıkla ortaya konur. TDA sonrası kronik DÖA tanımlayan hastaların yarısından çoğunda komponentlerin, özellikle tibial komponentin iç rotasyon kusuru olduğu belirlenmiştir.

Standart mediyal patellar yaklaşımla ve patellanın laterale eversiyonu ile TDA uygulaması sırasında, patellar tendonun çekişiyle tibia dış rotasyona uğrar. Sert dizlerde ve obez hastalarda lateral kompartmanın görüntülenmesi ve enstrümantasyonundaki sınırlılıklar nedeniyle, iç rotasyonda konumlandırma daha sık görülür. Varus deformasyonu nedeniyle mediyal gevşetme yapılması, bu dış rotasyonu daha da artırır. Bu durumun farkında olunmazsa, TK iç rotasyonda yerleştirilecektir. TK'nin tibial kesi yüzeyine göre iç rotasyonda yerleştirilmesi, tibianın femura göre dış rotasyona uğramasına, tibial tüberkülün göreceli olarak lateralize olmasına ve patellanın olması gereken yerin daha lateralinde kalmasına neden olacaktır. Bu durum Q açısını arttıracığından, başta patellar gezinim sorunlarına, DÖA'ya ve patellar subluksasyona yol açar. Oldukça güncel bir sistematik derlemede, Panni ve ark., aşırı tibial iç rotasyonun ( $>10^\circ$ ) ağrı ve düşük fonksiyonel sonuç yönünden önemli bir risk faktörü olduğunu belirlemişlerdir. Bu derlemede, dış rotasyonun sonuca bir etkisi olmadığı, iç rotasyon bakımından ise bir eşik değer tanımlanamadığı belirlenmiştir.<sup>[31]</sup>

Bu sorunu düzeltmek için PK mediyalize edilebilir. Eğer lateral retinaküler gerginlik varsa, lateral retinaküler gevşetme ile patellanın mediyalize edilmesi sağlanmalıdır. Mediyal parapatellar yaklaşımla yapılan cerrahilere lateral retinaküler gevşetme eklenmesi ile patellanın dolaşımının bozulabileceği akıldan çıkarılmamalıdır. Bu nedenle, lateral gevşetme, lateral retinakulumun liflerine paralel ve posteriordan yapılarak superior lateral geniküler arter korunmalıdır. Gevşetmeye rağmen diz fleksiyon ekstansiyon hareketleri sırasında patellanın subluksasyonu devam ediyorsa mediyal plikasyon eklenerek patellanın mediyalize olması sağlanabilir.

TK'nin internal rotasyonu, patellar sorunlar yaratmasının yanı sıra, mediyal kollateral bağın gerginliğini arttırarak mediyalde ağrı oluşturabilir. Ciddi semptomların varlığında cerrahi tedavi ile düzeltme gerekebilir. Son olarak, TK'nin aşırı iç rotasyonu ile dizde hareket kısıtlılığı ve eklem sertliği gelişimi arasında da bağlantı olduğuna ilişkin veriler de bulunmaktadır.

TK'nin simetrik mediyal ve lateral platolara sahip olacak şekilde tasarımı da, normal tibia platolarının asimetric oluşu nedeniyle sorun yaratabilir. TK, özellikle mediyal platoya göre ölçülüp biraz büyük bir komponent seçilirse, lateralde posterior kenara göre hizalandırma yapılması TK'nin iç rotasyonuna neden olabilir. Rotasyon korunarak arkadan biraz taşmaya izin verilirse, bu sefer de popliteal tendon irritasyonuna bağlı belirtiler ortaya çıkabilecektir. Böyle bir durumda bir boy küçük TK'ye geçmek uygun olur.

TK'nin rotasyonu BT kullanılarak belirlenebilir. Fizik muayenede hasta yatak kenarında iki dizi bir arada ayakta dururken protezli taraftaki ayağın karşı tarafa göre dış rotasyonda durması TK'nin iç rotasyonda yerleştiğini gösterir.<sup>[26]</sup>

## KOMBİNE TİBİAL VE FEMORAL KOMPONENT ROTASYONU

Tek tek komponentlerin rotasyon sorunları, özellikle iç rotasyonlarına ilişkin sorunların iyi tanımlanmasının ardından, her iki komponentin kombine iç rotasyon sorunlarının olası olumsuz etkileri de dikkat çekmiştir. TEE'ye göre belirlenen femoral rotasyon ve nötral TTE'ye göre belirlenen tibial rotasyon derecelerinin kombine olarak iç rotasyonu, ayrıca her iki komponentin rotasyonel uyumsuzluğu DÖA'ya yol açmaktadır. Barrack ve ark.'nın çalışmasında, TDA sonrası DÖA olan hastalarda kombine rotasyon derecesi ortalama  $4,7^\circ$  iç rotasyon olarak bulunurken, kontrol grubunda  $2,6^\circ$  dış rotasyon görülmüş; çalışma sonunda kombine komponent iç rotasyonu olan hastalarda DÖA ağrısı gelişme riski, kombine dış rotasyonu olan hastalara oranla beş kat daha fazla olarak bulunmuştur.<sup>[8]</sup>

TDA komponentlerinin rotasyonel konumlarının belirlenmesinde BT kullanımını ilk olarak bildiren ve buna ilişkin bir protokol de belirleyen Berger ve ark.'nın artık klasikleşmiş çalışmasında, TDA komponentlerinin kombine iç rotasyon miktarı ile patello-femoral uyumsuzluk arasındaki ilişki ortaya konmuştur.<sup>[5]</sup> Buna göre; hafif kombine iç rotasyon ( $1-4^\circ$ ) patellanın lateralizasyonuna ve tiltine, ılımlı kombine iç rotasyon ( $5-8^\circ$ ) patellar subluksasyona, şiddetli kombine iç rotasyon ( $7-17^\circ$ ) ise patellar dislokasyona veya komponent yetmezliğine neden olmaktadır.<sup>[5]</sup>

## PATELLAR KOMPONENT KONUMLANDIRMA HATALARI

TDA sonrası en sık karşılaşılan sorunlardan biri patellar instabilite ve PF uyumsuzluktur. Başarılı bir patella uyumu için; normal Q açısının sağlanması, tüm komponentlerin uygun rotasyonda yerleşimi ve normal PF gerginliğin sağlanması önemli faktörlerdir. FK'nin uygun rotasyonu, trokleanın yeterli derinlikte, anterior femoral kalkanın yeterli uzunlukta olması, eklem seviyesinin korunması PF stabilitede önemlidir. PF eklem uyumlu olması için dizin hareketleri esnasında patellanın troklear olukta olması gerekir.

Patellar yerleşimi etkileyen birçok faktör vardır. Ameliyat öncesi dönemde ciddi valgus, önceden var olan PF displazi gibi durumların yanı sıra FK'nin boyutu ve yerleşimi, TK'nin yerleşimi, yaklaşım tipi, Q açısı, ekstremitenin mekanik dizilimi, proksimal-distal

ve mediyal-lateral doğrultularda PK'nin pozisyonu, yumuşak doku dengesi gibi faktörler patellanın yerleşimini etkileyecektir. Bu nedenle, TDA sırasında PF diziliminin uygun şekilde sağlanması, üç komponent arasındaki mekanik ve pozisyonel dengeyle mümkündür. TDA sonrasında da aşırı valgus dizilimi, FK ve TK'lerin internal rotasyonu, patellanın lateralize edilmesi, eklem seviyesinin değişmesi, patellanın asimetric kesilmesi, PK'nin kalınlığının rezeksiyondan fazla olması, mediyal kapsül tamirinin iyi yapılamaması; bütün bunlar PF instabiliteye neden olan etmenlerdir. Bu komplikasyonu önlemek için, gerekirse lateral retinakuler gevşetmeden kaçınılmamalıdır.

Patellar gezinim bozukluğu (*maltracking*), ekstansör mekanizma problemlerine, patellar sublüksasyona, dislokasyona veya kırığa, temas kuvvetlerinde lokalize bir artışa neden olabilir. Bu baskı artışı PK'nin hızlı aşınmasında etkili olacaktır.

PK yerleştirilirken patellanın orta hattına veya biraz mediyalize edilerek yerleştirilmelidir. Lateralize edilerek yerleştirildiğinde ise, patellar gezinimde bozulma, lateral retinakulumda gerilme, yarı çıkık veya tam çıkık gelişebilir. Buna karşın PK'nin mediyalizasyonu arttıkça 60°'nin üzerinde diz fleksiyonunda PF temas kuvvetlerinde önemli bir azalma meydana gelmektedir.<sup>[32]</sup>

Komponentlerin tasarımı da PF sorunlar açısından önemlidir. Simetrik ve sığ troklear oluğa sahip FK'lerin anormal patellar kinematik oluşturduğu ve patellar gezinim bozukluğu riskini arttırdığı gösterilmiştir. Femoral oluğu derin FK'ler, eksentrik (merkezde olmayan) kubbe şeklinde PK'ler anatomiye daha yakın olduklarından daha az patellar instabilite yaratır.

PK yerleştirildikten sonra, patellar kalınlık doğal patellar kalınlığa eşit veya hafifçe daha az olmalıdır. Patellar uygun kesim önemlidir. Komponent yerleştirildikten sonra patellanın yeni kalınlığı ilk kalınlığından fazla olur ise hem ekstansör retinakulum gerilerek instabiliteye, patellar tilt ve sublüksasyona, DÖA'ya, hem de fleksiyon kısıtlılığına neden olabilir. Patellofemoral yükseklik patellanın kemik kalınlığı, PK'nin kalınlığı, FK'deki troklear derinlikten etkilenir. İdeal olarak, yaklaşık 15 mm'lik patellar kemik stoğu korunmalıdır. Daha derin kesilmesi durumunda patellar kırık riski artar. Eğer rezeksiyon sonrası patella 15 mm'nin altına incekse, patellaya komponent konmaması tercih edilebilir.

Deneme komponentlerinin yerleştirilmesinden sonra patellanın uygun yerleşimini değerlendirmek için, diz eklemine tüm hareket eksenini boyunca mediyal retinakulum dikilmeden ve parmak desteği olmadan ("no thumb" kuralı) patellanın femoral olukta hareketi gözlenmelidir.

Eklem çizgisi yerinin değişmesi durumunda ekstansör mekanizmanın gücünde azalma, patella üzerinde baskı, DÖA, eklem hareket açıklığında azalma gibi komplikasyonlar gelişebilir. Patellar yüksekliğinin seviyesi femoral ve tibial rezeksiyonlara bağlıdır ve normal PF kinematığının yeniden oluşturulmasında önemli bir faktör olarak gösterilmiştir.

Eklem hattının yükseltilmesi veya indirilmesi, sırasıyla ikincil patella infera veya alta oluşturacaktır. Patella infera olgularında, erken diz fleksiyonu sırasında PF kompresif kuvvetleri artar ve fleksiyon kısıtlılığı oluşur. Eklem hattının yükselmesi, patella inferaya ve özellikle fleksiyonda tibial insert ile sürtünme nedeniyle, DÖA ile fleksiyonda azalmaya neden olur. Bu yükselme 8 mm'den fazla olursa, klinik sonuçlara da yansır.<sup>[32]</sup> Patella alta, genellikle cerrahiye sekonder olmaktan ziyade gelişimseldir. Patellar instabilite ve sublüksasyon ile ilişkilidir. Işık ve ark., eklem hattının distale inmesi sonucunda, özellikle lateralde hissedilen diz ağrısı oluşabileceğini bildirmişlerdir.<sup>[33]</sup>

## TDA'DA BİLGISAYARLI NAVİGASYON YÖNTEMLERİ

TDA'da başarılı ve uzun dönem sağlıklımlı bir sonuç için, alt ekstremitenin, dizin ve komponentlerin diziliminin önemini anlaşılması, bu konudaki hataların asgariye indirilmesi için yapılan çabaları arttırmıştır. Bu amaçla geliştirilen/kullanılan iki teknik yöntem; TDA'nın bilgisayar destekli navigasyon yardımıyla gerçekleştirilmesi ve hastaya özgü enstrümantasyonların kullanılmasıdır. Bilgisayarlı navigasyon sistemleri, total diz protezinde daha doğrulukla kemik kesilerinin yapılması ve istenen dizilimin daha doğrulukla sağlanması amacıyla son yıllarda artan sıklıkla kullanılmaya başlamıştır. Hastanın mekanik eksenini ve eklem hareket açıklıkları ile ilgili bilgiler TDA öncesinde sisteme girilir. Yerleştirilen sensörler aracılığıyla monitörde prosedürün gerçek zamanlı görüntüsü alınarak, planlanan ve gerçek konumlar arasındaki farklar dikkate alınarak kesiler yapılır. Bu konuyla ilgili yapılan çalışmalar, gelecekte TDA'ya kıyasla bilgisayarlı navigasyon sayesinde daha doğrulukla kesilerin yapıldığını ve dizilim açısından istenen hedeflere daha az hata ile ulaşıldığını göstermektedir.<sup>[34,35]</sup> Ancak, bu sonuçların klinik sonuçlarda da farklılık oluşturduğuna ilişkin veriler halen yetersizdir. Tayot ve ark.'nın 70 hastayla yapılan çalışmasında, navigasyonla yapılan hizalamanın daha iyi olduğu, buna karşılık klinik olarak iki grup arasında anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir.<sup>[36]</sup> Seon ve Song yaptıkları çalışmada, iki grup arasında konumlandırma ve klinik değerlendirme arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamamışlardır.<sup>[37]</sup> Bu sistem daha az invazyon, daha az kanama ve daha uygun dizilim sağlamaktadır.

Navigasyon, koronal ve sagittal planda istenilen komponent yerleşimini sağlamada oldukça etkin olurken, aynı etkinlik rotasyonel dizilim konusunda gösterilememektedir. Ancak, maliyetinin yüksek olması, özellikle başlangıçta cerrahi süreyi uzatması ve klinik sonuçlar arasında anlamlı bir fark da gösterilememesi, istenen dizilimin güçlük gösterdiği olgular dışında daha fazla yaygınlaşmasını önlemektedir. Bu sistemin bile insani hataları tümüyle yok edemeyeceği akıld tutulmalıdır.

## SONUÇ

Total diz protezinin başarısı; doğru aksiyel dizilimin sağlanmasına, yeterli bağ dengelemesine ve eşitlenmiş fleksiyon ve ekstansiyon aralıklarına bağlıdır. Komponent boyutunun belirlenmesi, uygun yerleşimi ve dizilim, total diz artroplastisinin başarısını belirleyici önemli faktörlerdir. Öncelikle protez cerrahisi sırasında alt ekstremitenin uygun mekanik ekseninin sağlanması, komponentlerin rotasyonu ve patellanın uygun hareketinin sağlanması gerekmektedir. Uygun olmayan yerleşim, boyut ve dizilim erken dönemdeki revizyonların en önemli nedenleridir. Bu nedenle; alt ekstremitenin normal anatomisini, dizilimini ve kinematığını iyi anlamak, uygun komponenti doğru yerleştirmek, diz protezi cerrahisinin birincil amacıdır.

## KAYNAKLAR

- Whiteside LA. Cementless total knee replacement. Nine- to 11-year results and 10-year survivorship analysis. *Clin Orthop Relat Res* 1994;(309):185-92.
- Paley D. Frontal Plane Mechanical and Anatomic Axis Planning. In: Paley D, editor. *Principles of Deformity Correction*. Berlin: Springer-Verlag; 2002. pp.61-97.
- Fang DM, Ritter MA, Davis KE. Coronal alignment in total knee arthroplasty: just how important is it? *J Arthroplasty* 2009;24(6):39-43. [Crossref](#)
- Bellemans J, Colyn W, Vandenuecker H, Victor J. The Chitranjan Ranawat award: Is neutral mechanical alignment normal for all patients? The concept of constitutional varus. *Clin Orthop Relat Res* 2012;470(1):45-53. [Crossref](#)
- Berger RA, Crossett LS, Jacobs JJ, Rubash HE. Malrotation causing patellofemoral complications after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1998;356:144-53. [Crossref](#)
- Stoeckl B, Nogler M, Krismer M, Beimer C, Moctezuma JL de la Barrera, Kessler O. Reliability of the transepicondylar axis as an anatomical landmark in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2006;21(6):878-82. [Crossref](#)
- Arima J, Whiteside LA, McCarthy DS, White SE. Femoral rotational alignment, based on the anteroposterior axis, in total knee arthroplasty in a valgus knee: a technical note. *J Bone Joint Surg Am* 1995;77-A(9):1331-4. [Crossref](#)
- Barrak RL, Schrader T, Bertot AJ, Wolfe MW, Myers L. Component rotation and anterior knee pain after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2001;392:46-55. [Crossref](#)
- Matziolis G, Krockner D, Weiss U, Tohtz S, Perka C. A prospective, randomized study of computer-assisted and conventional total knee arthroplasty: three-dimensional evaluation of implant alignment and rotation. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89-A(2):236-43. [Crossref](#)
- Mizu-uchi H, Matsuda S, Miura H, Higaki H, Okazaki K, Iwamoto Y. The effect of ankle rotation on cutting of the tibia in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88-A(12):2632-6. [Crossref](#)
- Rivière C, Iranpour F, Harris S, Auvinet E, Aframian A, Chabrand P, Cobb J. The kinematic alignment technique for TKA reliably aligns the femoral component with the cylindrical axis. *Orthop Traumatol Surg Res* 2017;103(7):1069-73. [Crossref](#)
- Post WR, Fulkerson JP. Surgery of the Patellofemoral Joint: Indications, Effects, Results and Recommendations. In: Scott WN, editor. *Insall & Scott Surgery of the Knee*. New York: Churchill Livingstone; 2006. pp.1045-85.
- Ritter MA, Davis KE, Meding JB, Pierson JL, Berend ME, Malinzak RA. The effect of alignment and BMI on failure of total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93(17):1588-96. [Crossref](#)
- Innocenti B, Bellemans J, Catani F. Deviations From Optimal Alignment in TKA. Is There a Biomechanical Difference Between Femoral or Tibial Component Alignment? or Tibial Component Alignment? *J Arthroplasty* 2016;31(1):295-301. [Crossref](#)
- Kim YH, Park JW, Kim JS, Park SD. The relationship between the survival of total knee arthroplasty and postoperative coronal, sagittal and rotational alignment of knee prosthesis. *Int Orthop* 2014;38(2):379-85. [Crossref](#)
- Liu HX, Shang P, Ying XZ, Zhang Y. Shorter survival rate in varus-aligned knees after total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016;24(8):2663-71. [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](#)
- Hadi M, Barlow T, Ahmed I, Dunbar M, McCulloch P, Griffin D. Does malalignment affect patient reported outcomes following total knee arthroplasty: a systematic review of the literature. *SpringerPlus* 2016;5(1):1201. [Crossref](#)
- Hungerford DS, Krackow KA. Total joint arthroplasty of the knee. *Clin Orthop Relat Res* 1985;(192):23-33. [Crossref](#)
- Salzmann M, Fennema P, Becker R, Hommel H. Does Postoperative Mechanical Axis Alignment Have an Effect on Clinical Outcome of Primary Total Knee Arthroplasty? A Retrospective Cohort Study. *Open Orthop J* 2017;11(1):1330-6. [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](#)
- Dossett H, Swartz G, Estrada N, Lefevre G, Kwaman B. Kinematically versus mechanically aligned total knee arthroplasty. *Orthopedics* 2012;35(2):e160-9. [Crossref](#)
- Lee YS, Howell SM, Won YY, Lee OS, Lee SH, Vahedi H, Teo SH. Kinematic alignment is a possible alternative to mechanical alignment in total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2017;25(11):3467-79. [Crossref](#)
- Valkering KP, Breugem SJ, van den Bekerom MP, Tuinebreijer WE, van Geenen RC. Effect of rotational alignment on outcome of total knee arthroplasty. *Acta Orthop* 2015;86(4):432-9. [Crossref](#)



25. Huang T, Long Y, George D, Wang W. Meta-analysis of gap balancing versus measured resection techniques in total knee arthroplasty. *Bone Joint J* 2017;99-B(2):151–8. [Crossref](#)
26. Brown EC 3rd, Clarke HD, Scuderi GR. The painful total knee arthroplasty: diagnosis and management. *Orthopedics* 2006;29(2):129–36. [Crossref](#)
27. Ikeuchi M, Yamanaka N, Okanou Y, Ueta E, Tani T. Determining the rotational alignment of the tibial component at total knee replacement: a comparison of two techniques. *J Bone Joint Surg Br* 2007;89-B(1):45–9. [Crossref](#)
28. Insall JN, Easley ME. Surgical Techniques and Instrumentation in Total Knee Arthroplasty. In: Scott WN, editor. *Insall & Scott Surgery of the Knee*, 3rd ed. New York: Churchill Livingstone; 2001. pp.1553–620.
29. Lesh ML, Schneider DJ, Deol G, Davis B, Jacobs CR, Pellegrini VD. The consequences of anterior femoral notching in total knee arthroplasty: a biomechanical study. *J Bone Joint Surg Am* 2000;82-A(8):1096–101. [Crossref](#)
30. Berend ME, Ritter MA, Meding JB, Faris PM, Keating EM, Redelman R, Faris GW, Davis KE. The Chetranjan Ranawat Award: Tibial component failure mechanisms in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2004;428:26–34. [Crossref](#)
31. Panni AS, Ascione F, Rossini M, Braile A, Corona K, Vasso M, Hirschmann MT. Tibial internal rotation negatively affects clinical outcomes in total knee arthroplasty: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2018;26(6):1636–44. [Crossref](#)
32. Kuru İ, Haberal B, Avcı Ç. Patellofemoral biyomekanik. *TOTBİD Derg* 2012;11(4):274–80. [Crossref](#)
33. Isik C, Dasar U, Tahta M, Cay N, Akmesre R, Isik D, Bozkurt M. The relationship between incorrect restoration of the joint line and lateral knee pain in patients undergoing total knee arthroplasty. *Open J Rheumatol Autoimmune Dis* 2014;4(3):138–45. [Crossref](#)
34. Saragaglia D, Picard F, Chaussard C, Montbarbon E, Leitner F, Cinquin P. Computer-assisted knee arthroplasty: comparison with a conventional procedure. Results of 50 cases in a prospective randomized study. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2001;87(1):18–28.
35. Sparmann M, Wolke B, Czupalla H, Banzer D, Zink A. Positioning of total knee arthroplasty with and without navigation support. *J Bone Joint Surg Br* 2003;85-B(6):830–5. [Crossref](#)
36. Tayot O, Boufarah C, Chavane H, Béjui-Huges J. Comparison of a series of 70 navigated TKA with a series of 70 classic TKA implants. [Presentation in French] 79th Annual Meeting of the Society of French Orthopaedic Surgery and Traumatology; November, 2004; Paris.
37. Seon JK, Song EK. Navigation-assisted less invasive total knee arthroplasty compared with conventional total knee arthroplasty: a randomized prospective trial. *J Arthroplasty* 2006;21(6):777–82. [Crossref](#)