



T.C.

SAğLIK BAKANLIğI

SAğLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ

HAMİDİYE ULUSLARARASI TIP FAKÜLTESİ KARTAL

DR. LÜTFİ KIRDAR ŞEHİR HASTANESİ

ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ KLİNİğİ

MEDİAL AÇIK KAMA YÜKSEK TİBİAL  
OSTEOTOMİDE ANTERİOR VE POSTERİOR KAMA  
AÇIKLIğININ MEDİAL VE LATERAL POSTERİOR  
TİBİAL EğİM AÇISINA ETKİSİ

Dr. Aytaç Yahyaoğlu

(TIPTA UZMANLIK TEZİ)

İSTANBUL/2023



T.C.

SAĞLIK BAKANLIĞI

SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ

HAMİDİYE ULUSLARARASI TIP FAKÜLTESİ KARTAL

DR. LÜTFİ KIRDAR ŞEHİR HASTANESİ

ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ KLİNİĞİ

MEDİAL AÇIK KAMA YÜKSEK TİBİAL  
OSTEOTOMİDE ANTERİÖR VE POSTERİÖR KAMA  
AÇIKLIĞININ MEDİAL VE LATERAL POSTERİÖR  
TİBİAL EĞİM AÇISINA ETKİSİ

Dr. Aytaç Yahyaoğlu

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Selim Ergün

(TIPTA UZMANLIK TEZİ)

İSTANBUL/2023

## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimime başladığım 2018 şubat ayından itibaren yetişmemde büyük emekleri bulunan, paylaştıkları her bilgi ve deneyimleri için hastanemiz başhekimi Prof. Dr. Recep Demirhan'a ve değerli hocam Dr. Güven Bulut ve her zaman yanımda olan desteklerini esirgemeyen eğitimimde büyük pay sahibi Doç. Dr. Engin Eceviz'e minnettarım.

Birlikte çalıştığımız süre boyunca bana hem ağabeylik hem hocalık yapan ve tezimi hazırlamamda büyük katkısı olan tez danışmanım Doç. Dr. Selim Ergün'e şükranlarımı sunarım.

Asistanlık eğitimim süresince bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan birlikte çalıştığımız ve üzerimde emekleri olan uzman abilerime sonsuz teşekkür ederim.

Her türlü zorluğa birlikte göğüs gerdiğimiz, ailemden kabul ettiğim, birlikte gülüp ağladığım abilerim Op. Dr. Furkan Akbaş, Op. Dr. Baki Avşar Uzun, Op. Dr. Fatih Yuvacı, Dr. Emrecaan Akgün eşkıdemim Dr. Mehmet Süleyman Abul'a ve her birinin kalbimde ayrı yeri olan diğer asistan kardeşlerime teşekkür ederim.

Hayatımın her anında sevgilerini ve desteklerini hissettiğim, bugüne kadar başarılı olduğum her konuda büyük pay sahibi olan babam Çetin Yahyaoğlu'na, annem Asiye Yahyaoğlu'na, kardeşlerim Merve Yahyaoğlu, Duygu Yahyaoğlu ve Zeynep Sude Yahyaoğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

Tıp fakültesinden itibaren asistanlık sürecim boyunca yaşadıklarım tanıdığı, güzel günlerimin mimarı, kötü günlerimin destekçisi, en büyük varlığım, Eşim Tuğçe Güney Yahyaoğlu'na ve ailesine teşekkür ederim.

Dr. Aytaç Yahyaoğlu

İstanbul, 2023

# İÇİNDEKİLER

|  |      |
|--|------|
| TEŞEKKÜR.....  | i    |
| KISALTMALAR.....   | iii  |
| TABLolar LİSTESİ.....  | iv   |
| ŞEKİLLER LİSTESİ.....  | v    |
| ÖZET.....  | viii |
| ABSTRACT.....  | ix   |
| 1. GİRİŞ VE AMAÇ.....  | 1    |
| 2. GENEL BİLGİLER.....   | 4    |
| 2.1. Medial açık kama yüksek tibial osteotomi ameliyat öncesi planlama.....                | 9    |
| 2.2. Medial açık kama yüksek tibial osteotomi ameliyat içi planlaması.....                 | 11   |
| 2.3. Medial açık kama yüksek tibial osteotominin posterior tibial eğim üzerine etkisi..... | 16   |
| 3. GEREÇ VE YÖNTEMLER.....   | 18   |
| 3.1. Radyolojik hazırlık.....  | 19   |
| 3.2. Osteotomi.....  | 21   |
| 3.3. Radyolojik ölçüm.....   | 24   |
| 4. BULGULAR.....   | 29   |
| 5. TARTIŞMA.....   | 35   |
| 6. SONUÇ.....  | 40   |
| 7. KAYNAKLAR.....  | 41   |

## KISALTMALAR

|               |   |
|---------------|---|
| <b>YTO</b>    | : Yüksek tibial osteotomi                     |
| <b>MAKYTO</b> | : Medial açık kama yüksek tibial osteotomi    |
| <b>LKKYTO</b> | : Lateral kapalı kama yüksek tibial osteotomi |
| <b>PTE</b>    | : Posterior tibia eğim                        |
| <b>ÖÇB</b>    | : Ön çapraz bağ                               |
| <b>aTFA</b>   | : Anatomik tibiofemoral açı                   |
| <b>aLDFA</b>  | : Anatomik distal femoral açı                 |
| <b>aMPTA</b>  | : Anatomik medial proksimal tibial açı        |
| <b>mLDFA</b>  | : Mekanik lateral distal femoral açı          |
| <b>mMPTA</b>  | : Mekanik medial proksimal tibial açı         |
| <b>EÇKA</b>   | : Eklem çizgisi konverjans açısı              |
| <b>MAD</b>    | : Medial aks deviasyonu                       |
| <b>IKM</b>    | : İnterkondiler mesafe                        |
| <b>BT</b>     | : Bilgisayarlı tomografi                      |
| <b>MCL</b>    | : Medial kollateral ligament                  |
| <b>TT-TG</b>  | : Tibial tüberosit – Trochlear Groove         |
| <b>AP</b>     | : Anteroposterior                             |

## TABLO LİSTESİ

|   |    |
|---|----|
| <b>Tablo 1:</b> 1.grup işlem öncesi ve sonrası lateral ve medial slope ölçümü.....                            | 29 |
| <b>Tablo 2:</b> 1.grup özelliklerin ortalama değerleri.....   | 30 |
| <b>Tablo 3:</b> 2.grup işlem öncesi ve sonrası lateral ve medial slope ölçümü.....                            | 30 |
| <b>Tablo 4:</b> 2.grup özelliklerin ortalama değerleri.....   | 31 |
| <b>Tablo 5:</b> 1. Grubun lateral ve medial PTE değerlerinin preop ve postop farkının karşılaştırılması ..... | 31 |
| <b>Tablo 6:</b> 2. Grubun lateral ve medial PTE değerlerinin preop ve postop farkının karşılaştırılması.....  | 31 |
| <b>Tablo 7:</b> Proksimal fragman rotasyonu ve analizi.....   | 32 |
| <b>Tablo 8:</b> 1. ve 2. Grupta menteşesi kırılan tibiaların lateral ve medial slope ölçümü.....              | 33 |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|   |    |
|---|----|
| Şekil 1a: Frontal düzlemde anatomik alt ekstremite dizilimi ve açıları .....                    | 6  |
| Şekil 1b: Frontal düzlemde mekanik alt ekstremite dizilimi ve açıları .....                     | 6  |
| Şekil 2a: Genu valgum .....   | 7  |
| Şekil 2b: Genu varum.....   | 7  |
| Şekil 3: Diz AP grafisinde düzeltilmiş Mikuicz çizgisi ve Fujisawa noktası.....                 | 8  |
| Şekil 4a: Frontal planda Miniachi metodu ile düzeltme hesaplanması .....                        | 10 |
| Şekil 4b: Frontal planda Dugdale metodu ile düzeltme hesaplanması .....                         | 10 |
| Şekil 5: YTO yapılacak hastada anatomik oluşumların ve insizyonun belirlenmesi                  | 11 |
| Şekil 6: Sartorius fasyanın ortaya koyulması .....  | 11 |
| Şekil 7: Sartorius fasya ve yüzeysel MCL gevşetilmesi .....                                     | 12 |
| Şekil 8: Sartorius fasya ve yüzeysel MCL künt ekartasyonu.....                                  | 12 |
| Şekil 9: Diz AP grafide osteotomi için gönderilen kirshner teli.....                            | 13 |
| Şekil 10: Diz AP grafide osteotomun kullanımı.....  | 13 |
| Şekil 11: Diz AP grafide kama kullanımı.....  | 14 |
| Şekil 12: Diz lateral grafi plak tespiti öncesi PTE kontrolü .....                              | 14 |
| Şekil 13: Diz AP grafide plak ve vidanın konumunun kontrolü .....                               | 15 |
| Şekil 14: Diz lateral grafide longitudinal aks tanımı ve PTE açısı ölçümü.....                  | 16 |
| Şekil 15: Proksimal tibia anatomisi, plak yerleşimi ve hinge konumu.....                        | 17 |
| Şekil 16: Koyun tibiası proksimal eklem yüzü üstten görünüşü .....                              | 18 |
| Şekil 17: Tibianın şaftına uygulanan yere paralel steinman teli .....                           | 19 |
| Şekil 18a: İşaret pinleri ve Kılavuz steinmanın olduğu proksimal tibia AP grafisi               | 20 |
| Şekil 18b: İşaret pinleri ve Kılavuz steinmanın olduğu proksimal tibia Lateral<br>grafisi ..... | 20 |
| Şekil 19: Koruma kabında proksimal tibianın AP grafi çekimi .....                               | 21 |
| Şekil 20: Osteotomi kılavuz telinin gönderildiği koyun fotoğrafı .....                          | 22 |
| Şekil 21: Posterior korteksi daha fazla açılarak osteotomi yapılmış tibia.....                  | 23 |
| Şekil 22: Anterior korteksi daha fazla açılarak osteotomi yapılmış tibia.....                   | 23 |
| Şekil 23a: Osteotosentez yapılmış tibianın AP grafisi .....                                     | 25 |
| Şekil 23b: Osteotosentez yapılmış tibianın Lateral grafisi.....                                 | 25 |
| Şekil 24a: Osteotosentez yapılmış tibianın aksiyel BT görüntüsü .....                           | 25 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Şekil 24b:</b> Osteotosentez yapılmış tibiyanın frontal BT görüntüsü .....                                | 24 |
| <b>Şekil 25a:</b> İşaret pinleri ve kılavuz steinman ile osteotomi öncesi medial PTE belirlenmesi .....      | 25 |
| <b>Şekil 25b:</b> İşaret pinleri ve kılavuz steinman ile osteotomi öncesi lateral PTE belirlenmesi .....     | 25 |
| <b>Şekil 26a:</b> İşaret pinleri ve kılavuz steinman ile osteotomi öncesi lateral PTE belirlenmesi .....     | 26 |
| <b>Şekil 26b:</b> İşaret pinleri ve kılavuz steinman ile osteotomi öncesi medial PTE belirlenmesi .....      | 26 |
| <b>Şekil 27a:</b> İşaret pinleri ve kılavuz steinman ile osteotomi öncesi aksiyel rotasyon belirlenmesi..... | 27 |
| <b>Şekil 27b:</b> İşaret pinleri ve kılavuz steinman ile osteotomi öncesi aksiyel rotasyon belirlenmesi..... | 27 |
| <b>Şekil 28:</b> Grup 1'deki lateral menteşenin konumu .....   | 34 |
| <b>Şekil 29:</b> Grup 2'deki lateral menteşenin konumu .....   | 34 |

## ÖZET

Yüksek tibial osteotomi, varus dizilim ve erken evre medial kompartman artrozunda yüklenim aksını değiştirerek ağrıyı azaltmayı amaçlayan, sık kullanılan cerrahi bir yöntemdir. En sık medial açık kama yüksek tibial osteotomi kullanılmaktadır. Bu yöntem, posterior tibial eğim üzerinde çoğunlukla istemeden, kimi zaman da bilinçli olarak artışa ya da azalmaya sebep olabilmektedir. Ancak eğimdeki bu değişimin medial ve lateral platolar üzerinde farklı etkisinin olabileceğine dair bir çalışma literatürde mevcut değildir.

**Amaç:** Birinci amacımız farklı anterior ve posterior aralık mesafelerine sahip osteotomilerde tibial plato üzerinde oluşan bükülme kuvvetinin neticesini ortaya koymak, ikincil amacımız ise menteşenin kırılmadığı senaryoda medial ve tibial eğimlerin bu durumdan nasıl etkilendiklerini tespit etmektir.

**Gereç ve yöntem:** Araştırma deneysel laboratuvar çalışmasıdır. 24 adet koyun tibiası in-vitro ortamda iki gruba ayrılmış, 1. grupta tibia medial yüzünde posterior korteks anterior korteksten daha fazla (6mm – 2mm), 2. grupta ise daha az (2mm – 6mm) açılarak plak vida tespiti sağlandı. Her iki grupta plato ve shaft üzerinde işaretleyiciler kullanılarak röntgenogram yardımıyla operasyon öncesi ve sonrası lateral ve medial posterior tibial eğim hesaplandı. Ayrıca bilgisayarlı tomografi yardımıyla osteotomi ile oluşan rotasyonun yönü ve açısal miktarı hesaplandı.

**Bulgular:** Posterior korteksi daha fazla kaldırılan 1. grupta osteotomi öncesi ve sonrası lateral ve medial tibial platoların eğimlerindeki değişim arasında anlamlı olarak farklılık (6,28° ve 1,49°) saptanırken lateral tibial eğim mediale göre daha fazla değişiklik göstererek azaldı. 2. grupta ise lateral ve medial platolar benzer oranda anlamlı bir farklılık (5,76° ve 5,28°) oluşmadı. 1. grupta proksimal fragman dış rotasyon yaparken, 2 grupta iç rotasyon yaptığı tespit edildi.

**Sonuç:** Posterior korteks açıklığı daha fazla olan grupta lateral plato eğiminin medial platodan anlamlı olarak daha fazla azaldığını saptadık. Bu farkın oluşması

sağlam kalan menteşenin anterolateral kortekste olması ve lateral plato anteriorunda osteotomi sonrası uzaysal konumun değişmeyerek ve platonun kendi içinde esnemesine bağlı olabilir. Bunun yanında proksimal fragmanın aksiyel rotasyonu PTE açısını azaltıcı osteotomide dışa doğru olurken, arttııcı osteotomide ise ie doğru olmaktadır. Bu değişim literatürle uyumlu bulundu.

**Anahtar kelimeler:** Yüksek tibial osteotomi (YTO), medial açık kama yüksek tibial osteotomi (MAKYTO) , lateral kapalı kama yüksek tibial osteotomi (LKKYTO), posterior tibial eğim (PTE)



## ABSTRACT

High tibial osteotomy is a frequently used surgical method that aims to reduce pain by changing the load axis in varus alignment and early stage medial compartment arthrosis. Medial open wedge high tibial osteotomy is most commonly used. This method may cause an increase or decrease in the posterior tibial slope, mostly unintentionally and sometimes deliberately. However, there is no study in the literature that this change in slope may have different effects on medial and lateral plateaus.

**Objective:** Our primary aim is to reveal the result of the bending force on the tibial plateau in osteotomies with different anterior and posterior spacing distances, and our secondary aim is to determine how the medial and tibial slopes are affected by this situation in the scenario where the hinge is not broken.

**Materials and methods:** The research is an experimental laboratory study. 24 sheep tibias were divided into two groups in-vitro. In the 1st group, the posterior cortex was opened more than the anterior cortex (6mm- 2mm) on the medial surface of the tibia, and in the 2nd group, the plate screw was fixed by opening less (2mm-6mm) provided. In both groups, the lateral and medial posterior tibial slope was calculated before and after the operation with the help of the roentgenogram using markers on the plateau and the shaft. In addition, the direction and angular amount of rotation caused by osteotomy were calculated with the help of CT

**Results:** While a significant difference was found between the changes in the slopes of the lateral and medial tibial plateaus before and after osteotomy in the 1st group, whose posterior cortex was removed more, (6.28 ° and 1.49 °), the lateral tibial slope decreased by showing more changes than the medial. In the second group, there was no significant difference (5.76 ° and 5.28 °) in the lateral and medial plateaus at a similar rate.1. While the proximal fragment was externally rotated in the group, it was determined that it internally rotated in 2 groups.

**Conclusion:** We found that the lateral plateau slope decreased significantly more than the medial plateau in the group with greater posterior cortex aperture. The formation of this difference may be due to the fact that the intact hinge is in the anterolateral cortex and the spatial position of the lateral plateau anteriorly does not change after osteotomy and the plateau is stretched within itself. In addition, the axial rotation of the proximal fragment is outward in the osteotomy reducing the PTE angle and inward in the increasing osteotomy. This change was found to be compatible with the literature.

**Key words:** High tibial osteotomy (HTO), medial open wedge high tibial osteotomy(MOWHTO), lateral closed wedge high tibial osteotomy (LCWHTO), posterior tibial slope (PTE)

## 1.GİRİŞ VE AMAÇ

Yüksek tibial osteotomi (YTO) özellikle medial kompartman osteoartritinde uzun yıllardır kullanılan, biyolojik olarak alt ekstremitte yük dağılımını değiştirerek dizin medialine binen yükü azaltıp bozulmuş dengeyi düzelten ve hastanın ağrı ve hareket kısıtlılığında gerileme sağlayan, daha çok genç ve aktif hastalarda kullanılan bir cerrahi tedavi yöntemidir (1,2). Yıllar içerisinde bu cerrahi teknik gelişerek günümüzde en sık medial açık kama yüksek tibial osteotomi (MAKYTO), ve daha az sıklıkla lateral kapalı kama yüksek tibial osteotomi (LKKYTO) olarak uygulanmaktadır. Bu iki tip osteotomi dışında fokal dome tipi osteotomi de proksimal tibia için tarif edilmiştir.

1990'lı yıllara kadar LKKYTO, en popüler YTO yöntemi idi. Bu yıllardan sonra MAKYTO avantajlarının ortaya konulması ve implant teknolojisindeki gelişmeler ile LKKYTO'nun yerini almaya başladı. Bu konuyla ilgili geniş örneklem grubunda uygulanmış ilk yayın 1993'te Poland ve ark. tarafından 'basit ve değerli bir prosedür' olarak yayınlanmıştır (3). 2000'li yıllarda MAKYTO'nun uzun dönem olumlu sonuçlarının bildirilmesiyle daha da yaygınlaşmıştır. Bu yıllarda YTO'nun cerrahi tekniğine yoğunlaşmış yayınlar olmakla birlikte artan MAKYTO sıklığı, menteşe yönelimi, aralık aralığı düzenlenmesi, eklem eğikliği, posterior tibial eğim (PTE) ve distal fragmanın rotasyonu üzerine çalışmaları da beraberinde getirmiştir.

Yüksek tibial osteotomide temel hedef koronal planda deformiteyi düzeltmektir, ancak bu osteotomi sagittal planda da sekonder değişikliklere sebep olabilmektedir. PTE tibia platonun sagittal planda tibia diafizine olan eğimidir. LKKYTO ve dome tipi osteotomiler tibial slope üzerinde eğimi azaltan (4, 5) MAKYTO'da ise eğimi arttıran sekonder bir etkisi olduğu bilinmektedir. Önceki çalışmalar, MAKYTO'dan sonra PTE'nin 2 ila 5 derece artma eğiliminde olduğunu göstermiştir (6). Biyomekanik çalışmalar, PTE'deki bu değişikliklerin diz stabilitesini ve kinematikliğini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir (7,8).

Posterior tibial eğimin çeşitli nedenlerle normalden yüksek açıda olduğu durumda, basma-yük verme esnasında femur ile tibia eklem yüzeyleri arasında tibiayı öne iten bir makaslama kuvveti oluşmaktadır. Bu kuvvet, ön çapraz bağ (ÖÇB) üzerine

binen yükü arttırmakta, dolayısıyla ÖÇB'nin primer rüptürü ve re-rüptüründe risk faktörü olarak kabul edilmektedir. PTE açısı, medial ve lateral tibial platolar üzerinden de ayrı açılar olarak da ölçülerek değerlendirilebilir. ÖÇB'nin yükünü en fazla arttıran, tibia ve femur arasındaki makaslama kuvvetini en çok etkileyen eğim, lateral platonun eğimidir (6).

Önceki çalışmalar, PTE'deki değişimin esas olarak proksimal tibianın anatomik özelliklerinden kaynaklandığına işaret etmiştir. Anteromedial tibial korteks, posterior korteks ile yaklaşık 45 derecelik oblik açı oluşturur (1). Bu özel konfigürasyon için eğer anteriordan posteriora eşit bir osteotomi aralığı oluşturulursa, PTE'de istenmeyen bir artış kaçınılmaz olacaktır. Bu nedenle Noyes ve ark. (1) normal sagittal tibial eğimi korumak için tibial tüberküldeki anterior osteotomi aralığının genellikle posteromedial aralığın yarısı kadar olması gerektiğini bildirmiştir. Lee ve ark. (9) ön açıklık açıklığının arka açıklık aralığının %67'si olması durumunda normal tibial eğimin korunabileceğini bulmuşlardır.

Lateral menteşenin konumlandırıldığı yerin ve tespit plağının yerleşim yerinin PTE değişimi üzerinde etkisinin olabileceği bilinmektedir. Chung ve ark, osteotomi eğim açısının anteriora doğru olmasının PTE'de artmaya, posteriora olmasının azalmaya sebep olduğunu göstermişleridir(10). Bir kadavra çalışması, posterolateral menteşenin PTE'yi önemli ölçüde artırdığını raporlayarak bu duruma "menteşe etkisi" adını vermiştir (11). Fakat menteşenin sadece koronal planda bir nokta olarak görülmesi yanlısamaya düşülmesine sebep olmaktadır. Aslında menteşe, osteotomi sırasında aralık oluşturulurken distal tibianın dönme eksenidir. Bu dönme eksenini "menteşe eksenini" olarak adlandırılmıştır (11).

Medial açık kama yüksek tibial osteotomi cerrahisi sırasında anterior ve posterior aralık mesafelerinin farklılıklarına göre tibial platodaki eğim değişimi, sağlam bırakılan lateral menteşe üzerinde bir bükülme kuvveti oluşturması kaçınılmazdır. Bu bükülme neticesinde medial ve lateral tibial plato eğimlerinin farklı derecelerde etkilenecek değişmesi bir senaryo iken, bükülme kuvvetine dayanamayan menteşenin kırılması akla gelen olası ikinci senaryodur. Bizim bu çalışma ile birincil amacımız, farklı anterior ve posterior aralık mesafelerine sahip osteotomilerde tibial plato üzerinde oluşan bükülme kuvvetinin neticesini ortaya koymak, ikincil amacımız ise menteşenin kırılmadığı senaryoda medial ve tibial eğimlerin bu durumdan nasıl

etkilendiklerini tespit etmekte. Hipotezimiz, lateral menteşenin sağlam kalarak plato üzerinde bükülmenin meydana gelmesi ve bükülme neticesinde medialde ve lateral platoların PTE değişiminden farklı düzeyde etkilendikleri, medial platoda eğim açısı değişiminin lateralden daha fazla olacağıydı.



## 2. GENEL BİLGİLER

Osteoartrit yaşlanan nüfusun demografik yapısının değişmesi ve beklenen yaşam ümidinin artması ile en sık karşılaşılan hastalıklardan birisidir. Diz dejenerasyonu ve eklem kıkırdağında oluşan kronik değişiklikler, hastaların diz hareketlerinde kısıtlılık ve kronik ağrıya sebep olmaktadır. Bu sebeplerden ötürü hastaların yaşam kalitesi giderek azalmaktadır (12).

Yüksek tibial osteotominin bazı endikasyon ve kontrendikasyonları bulunmaktadır.

### **Endikasyonları;**

- 1-Medial kompartman dejenerasyonu ile olan varus dizilim paterni
- 1-Orta derece aktif, yüksek beklentili hasta
- 2-Genç (50'nin altı) yaş, artroplasti yapıldığında aktiviteden dolayı aşınma gelişebilecek hastalar
- 3-Obez olmayan hasta
- 4-Vasküler açıdan iyi durumda olan hasta
- 5-Günlük yaşamı kısıtlayan ağrı ve kısıtlılık
- 6-Tek kompartman osteoartriti
- 7-Ameliyat sonrası protokolü takip edecek hasta

### **Kontrendikasyonları ise;**

- 1-İnflamatuvar osteoartrit
- 2-trikompartman osteoartrit
- 3-patellofemoral osteoartrit
- 4-BMI 35 üzeri obez hasta
- 5-diz fleksiyonu 90 derecenin altında olması
- 6-15 derecenin üzerinde fleksiyon kontraktürü
- 7-20 derecenin üzerinde düzeltme ihtiyacı
- 8-Ligament instabilitesi
- 9-Varus'a kaçan yürüyüş paterni
- 10-Lateral menisküs yokluğu
- 11-Stres grafisinde dar lateral eklem aralığı

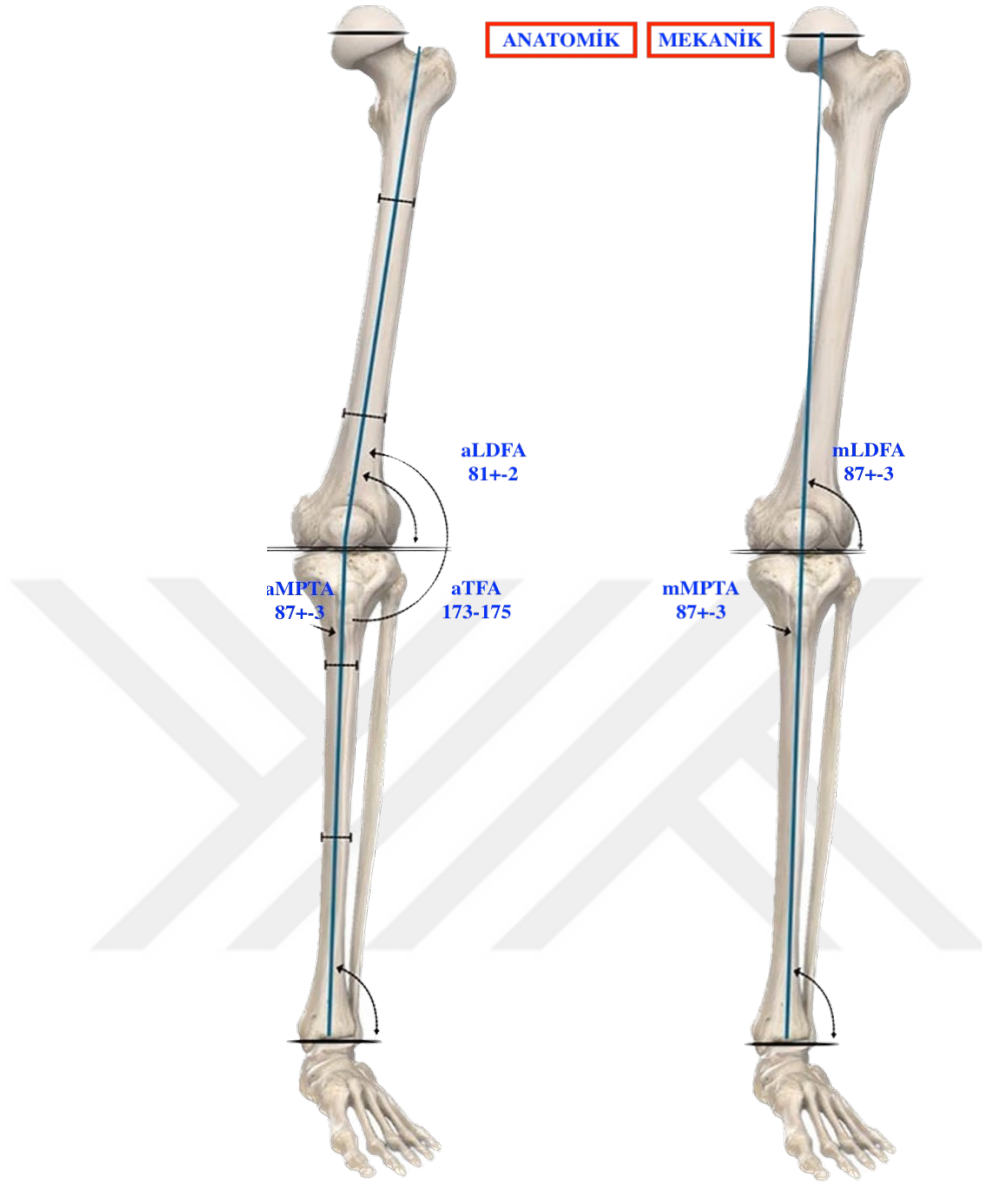
12-lateral subluksasyonun 1 cm'nin üzerinde olması

13-medial kompartmanda kemik kaybının 2-3 mm üzerinde olacak kadar dejenerasyon 'dur.

Diz eklemi vücutta bulunan en büyük ve en kompleks eklemdir. Kaldıraç kolları en fazla olan eklem de aynı şekilde diz eklemidir. Bu uzun kaldıraç kolları ağır yüklenim momentleri oluşmasına sebep olmaktadır (13). Uzun kaldıraç kollarının olması yüklenim moment dengesinin erken bozulmasına sebep olmakta, bozulan yük dağılımı osteoartrite ilerleyerek hasta konforunu bozmaktadır.

Alt ekstremitte akslarından bahsederken mekanik ve anatomik olarak ikiye ayırmak gereklidir. Femur ve tibia'nın anatomik aksları her iki kemiğin diafizlerinin ortasını birleştiren çizgilerin birleştirilmesiyle oluşur. Femur başı ve boynu farklı bir yönelim sergilediğinden dolayı tibia ile femurun anatomik aksları aynı düzlem üzerinde seyretmez. Bu yüzden lateralde kendi aralarında 173-175 derece bir açı yaparlar. Bu açı anatomik tibiofemoral açı olarak tanımlanır. (aTFA). Frontal planda anatomik akslar ve diz eklemi ile belli açılar tanımlanmıştır. Anatomik lateral distal femoral açı (aLDFA) ortalama  $81 \pm 2$  derece ve anatomik medial distal tibial açı (aMDTA) ortalama  $87 \pm 3$  derecedir (Şekil-1a).

Frontal planda mekanik akslar ve diz eklemi ile belli açılar tanımlanmıştır. Mekanik lateral distal femoral açı (mLDFA) ortalama  $87 \pm 3$  derece ve mekanik medial distal tibial açı (mMDTA) ortalama  $87 \pm 3$  derecedir (Şekil-1b)



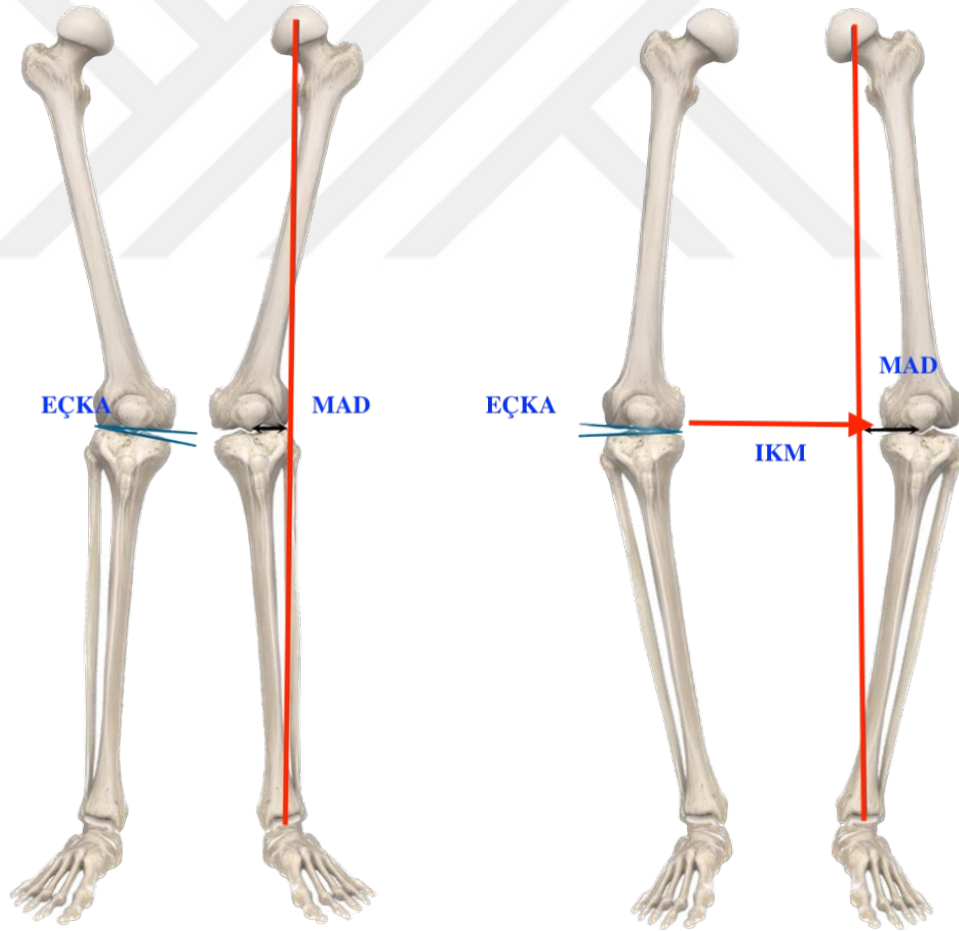
**Şekil 1a:** Frontal düzlemde anatomik alt ekstremite dizilimi ve açıları

**Şekil 1b:** Frontal düzlemde mekanik alt ekstremite dizilimi ve açıları

*aL DFA: anatomik distal femoral açı , aMPTA:anatomik medial proksimal tibial açı , aTFA: anatomik tibiofemoral açı,mL DFA:Mekanik lateral distal femoral açı,mMPTA:mekanik medial proksimal tibial açı.*

Mikulicz-Radecki ilk olarak 1880'de kalça ve ayak bileği merkezini birleştiren düz bir çizginin (Mikulicz çizgisi) ön düzlemde çizilebileceğini öne sürdü. Alt ekstremitenin mekanik aksı bu tarife uyan bir biçimde femur başı merkezinden başlayan çizginin ayak bilek merkezine ulaşmasıyla oluşur (14). Mikulicz çizgisinin konumu diz deformitesini doğru bir şekilde analiz etmek için kullanılabilir (15,16).

Vücut ağırlığının yüzde 60'ı medial kompartmandan geçmektedir (17). Normal bir anatomide bu çizgi diz ekleminin orta noktasının 4+-2 mm medialinden geçer. Bu noktanın dizin daha medialinden ya da daha lateralinden geçmesi alt ekstremitede dizilim bozukluğu olduğunu bize gösterir. Alt ekstremitede oluşan anormal yük bu bozukluğun sebebidir. aTFA artması Mikulicz çizgisinin olması gerektiğinden daha medialden geçtiğini gösterir. İnterkondiler mesafe (IKM) artmış, MAD 15 mm üzerine çıkmış, lateral eklem aralığı (EÇKA) açılmıştır. Bu patolojik durum genu varum olarak adlandırılır. (Şekil 2b). aFTA'nın azalması ise genu valgum olarak adlandırılır. (Şekil 2a). Hastada oluşan genu varum deformitesi yükün dizin daha çok medialinden geçmesine sebep olur. Yük dağılımındaki bu dengenin bozulması mekanik yükün orantısız aktarılmasına sebep olur ve medial kompartman artrozuna sebep olmaktadır.

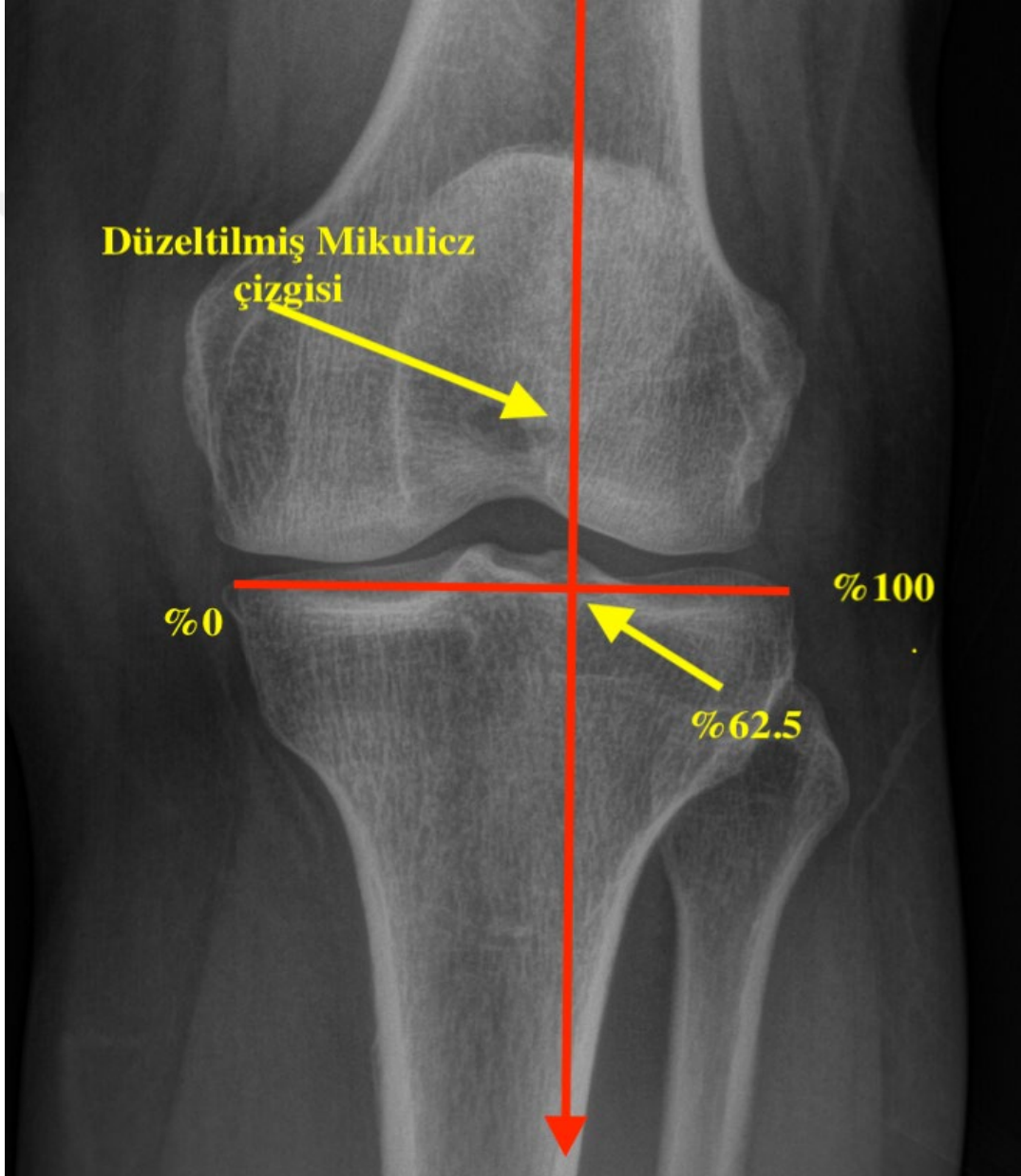


**Şekil 2a:** Genu valgum

**Şekil 2b** genu varum

*EÇKA: Eklem çizgisi konverjans açısı MAD: Medial aks deviasyonu IKM: İnterkondiler mesafe.*

Fujisawa ve ark. Mikulicz çizgisi dizin orta noktasının %30 ila %40 laterali arasındaki bir hedef bölgeden geçtiğinde iyi sonuçlar bildirmiştir (18). Bu sonuca dayanarak, "Fujisawa noktası" terimi son araştırmalar tarafından benimsenmiş ve medial taraftan ölçülen tüm tibial plato genişliğinin %62,5'i olarak uygulanmıştır (19) (Şekil 3). Yetersiz düzeltme şikayetlerin devam etmesine yol açabilirken, aşırı düzeltme de lateral kompartman osteoartritine neden olabilir (20,21).

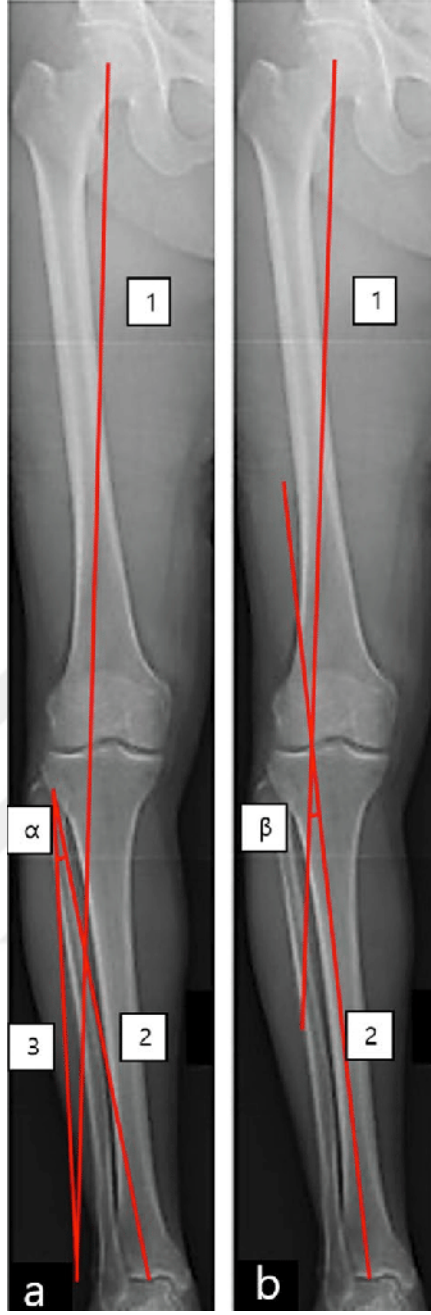


**Şekil 3:** Düzeltilmiş Mikulicz çizgisi: Medial eklem başlangıç noktasının %62,5 lateralinden geçer, Fujisawa noktası olarak adlandırılır; ameliyat esnasında bu noktanın hedeflenmesiyle iyi sonuçlar bildirilmiştir.

Yüksek tibial osteotomi erken evre diz medial varus gonartrozunda uygulanan, yüklenmeyi medial kompartmandan lateral kompartmana taşımayı amaçlayan, yük dağılımını yönlendirici bir cerrahi tedavi şeklidir. Hastalar genellikle genç yaşta ve uygulanan rehabilitasyon, ilaç tedavisi ve egzersiz gibi konservatif tedavilerden fayda görmemiş hastalardır. Yüksek tibial osteotomi MAKYTO ya da LKKYTO şeklinde uygulanabilmektedir. 1990'lı yıllara kadar LKKYTO en sık yapılan proksimal tibial osteotomi şekliydi. İşlemin fibula osteotomisi gerektirmesi, peroneal sinir diseksiyonu ihtiyacı, lateral kompartman kas diseksiyonu ve alt ekstremitede kısılığa sebep olması gibi bazı dezavantajlar içermekteydi. 1990'dan sonra MAKYTO hakkında artan yayınlar, işlemin LKKYTO'daki dezavantajları içermemesi, giderek MAKYTO'nun kullanım sıklığının artmasına sebep olmuştur (22)(23). Buna rağmen MAKYTO için greft gerektirebilmesi, patellofemoral başınçta artışa, kaynamama ve posterior tibial eğimde artışa neden olabilmesi gibi bazı dezavantajlar da bulunmaktadır.

## **2.1. MEDİAL AÇIK KAMA YÜKSEK TİBİAL OSTEOTOMİ AMELİYAT ÖNCESİ PLANLAMA**

Bilateral tam ekstansiyonda ağırlık taşıyan ön-arka görüntüler, 30° fleksiyonda bilateral ağırlık taşıyan posteroanterior ve lateral grafler elde edilir. Düzeltmeyi tahmin etmek için Miniaci ve Dugdale yöntemi kullanılabilir. Miniaci'nin yönteminde 1. Çizgi, kalça ekleminin merkezinden ayak bileği ekleminin öngörülen yeni merkezine uzanan ve tibial platonun önceden belirlenmiş hedef noktasından geçen planlı bir ağırlık taşıma hattıdır. 2. çizgi, osteotominin menteşe noktasından ayak bileği ekleminin merkezine kadar uzanır. Hat 3, osteotominin menteşe noktasından ayak bileği ekleminin tahmin edilen yeni merkezine kadar uzanır. 2. ve 3. çizgiler arasındaki  $\alpha$  açısı, planlanan düzeltme açısı  $\alpha$ 'dır (Şekil 4a). Dugdale'in yönteminde 1. çizgi, kalça ekleminin merkezinden tibial platonun önceden belirlenmiş hedef noktasına kadar uzanır (Dugdale, medial sınırdan tibia platosunun %62'sini öneriyor). 2. çizgi, ayak bileği ekleminin merkezinden tibia platosunun önceden belirlenmiş hedef noktasına kadar uzanır. 1. ve 2. çizgiler arasındaki  $\beta$  açısı planlanan düzeltme açısı  $\beta$ 'dir (Şekil 4b).



Şekil-4a

Şekil-4b

**Şekil 4a:** Miniachi metod: 1. Çizgi, kalça merkezinden, düzeltmeyle planlanan diz merkezinden ve düzeltilmiş ayak bileği merkezinden geçecek çizgi; 2. çizgi, menteşe noktasından ayak bileği ekleminin merkezine uzanan çizgi; 3.çizgi, osteotominin menteşe noktasından ayak bileği ekleminin tahmin edilen yeni merkezine uzanan çizgi 2. ve 3. çizgiler arasındaki  $\alpha$  açısı, planlanan düzeltme açısı, **Şekil 4b:** Dugdale metod:1. çizgi kalça merkezinden fujisawa noktasına uzanan çizgi, 2.çizgi ayak bileği merkezinden fujisawa noktasına uzanan çizgi. aralarındaki  $\beta$  düzeltme açısı.

## 2.2. MEDİAL AÇIK KAMA YÜKSEK TİBİAL OSTEOTOMİ AMELİYAT İÇİ PLANLAMASI

Ameliyat, turnike kontrolü altında, hasta sırtüstü durumda ve hem ilgili uzuv hem de ipsilateral iliak kanat hazırlanıp örtülü halde gerçekleştirilir. Bacağı baştan sona nötral rotasyonda tutmaya özen gösterilir. Eşlik eden mekanik semptomların tedavisi için gerekli olduğu takdirde eş zamanlı artroskopi yapılır.

Osteotomi işlemi, anterior tibial tüberkül ile tibianın posteromedial sınırı arasında ortalanmış ve medial tibiofemoral eklem hattından 5 cm distale uzanan vertikal bir insizyonla gerçekleştirilir (Şekil 5). Sartorius fasyasına keskin diseksiyon yapılarak pes anserinus tendonları tanımlanır. (Şekil-6)



**Şekil 5:** YTO yapılacak hastada anatomik oluşumların işaretlenmesi ve insizyonun belirlenmesi



**Şekil 6:** Sartorius fasyanın ortaya koyulması

Sartorius fasyası, gracilis tendonunun üstündeki lifleri ile aynı hizada kesilir. Pes anserinus, yüzeysel medial kollateral bağın görülmesine izin verecek şekilde ekarte edilir. (Şekil 7). Yüzeysel medial kollateral bağın derinine yerleştirilen künt bir

ekartör, proksimal tibiyanın posteromedial sınırını ortaya çıkarılır. (Şekil 8)



**Şekil 7:** Sartorius fasyasının gevşetilmesi, MCL'nin gevşetilmesi



**Şekil 8:** Sartorius fasya ve yüzeysel yüzeysel MCL'nin ekartasyonu

Ek olarak, tibial tüberkülün hemen üst kısmındaki retropatellar bursa tanımlanır ve tibiyanın önünü ortaya çıkarmak için patellar tendonun altına ikinci bir ekartör yerleştirilir. Görüntüyü iyileştirmek için patellar tendon insersiyonunun en üstün lifleri disseke edilerek serbest bırakılabilir.

Floroskopik kontrol altında, proksimal tibia içinden medialden laterale doğru bir kılavuz kirshner teli gönderilir. (Şekil-9) Bu, medial eklem hattının yaklaşık 4 cm altından başlayarak eğik olarak yönlendirilir ve tibial tüberkülün üst yönü boyunca lateral eklem hattının 1 cm altındaki bir noktaya yönlendirilir. Kılavuz pini hedeflerken fibula başının ucu yararlı bir referanstır. Osteotominin eğikliği ne kadar büyük olursa, fiksasyon başarısızlığı riskinin de o kadar yüksek olduğunu akılda tutulmalıdır. Periosteum, osteotomi bölgesini işaretlemek için kılavuz pinin hemen altında, üst tibiya paralel olarak kesilir.

Osteotomi, eklem içi kırılmayı önlemeye yardımcı olmak için kılavuz pine

paralel ve altından gerçekleştirilir. Sadece medial korteksi kesmek için küçük salınlı bir testere kullanılır. Daha sonra, anterior ve posterior kortekslerin kesildiğinden emin olunarak, anteriordan başlayıp posteriora doğru hareket eden, ince, esnek osteotomlar kullanılır. (Şekil-10)

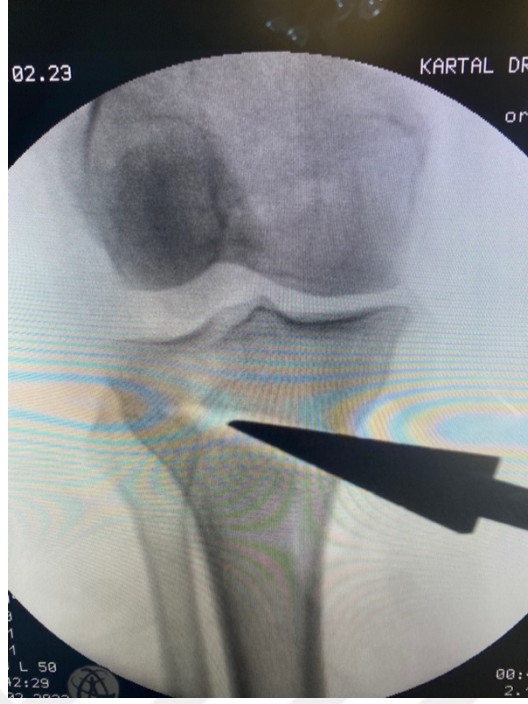


**Şekil 9:** Osteotomiye kılavuz gönderilen kirshner teli



**Şekil 10:** Kirshner telini takip eden osteotomun lateral kortekse 1 cm kala durması

Lateral korteksin 1 cm yakınında durulur. (Şekil 10). Sürekli veya sık görüntüleme lateral korteksin ayrılmasını ve osteotomun yanlış yönlendirilmesini önlemeye yardımcı olur. Üst tibial şeklin dörtgenden çok üçgen olduğu unutulmamalıdır. Osteotomiyi açmadan önce hem anterior hem de posterior kortekslerin osteotomize edildiğinden emin olunması, eklem içi kırıkların önlenmesine de yardımcı olacaktır. Kalınlığı bilinen bir kama yerleştirilir ve uygun hizalamayı sağlamak için osteotomi açılıncaya kadar yavaşça ilerletilir (Şekil 11).



**Şekil 11:** Kama aracılığıyla ostetomi hattının belirlenen ölçüde aralanması

Ardından ekstramedüller hizalama kılavuzu kullanılarak değerlendirilir ve düzeltme gerektiği gibi onaylanır veya ayarlanır. Posterior tibial eğim, plak yerleştirilmeden önce değerlendirilir. (Şekil-12)



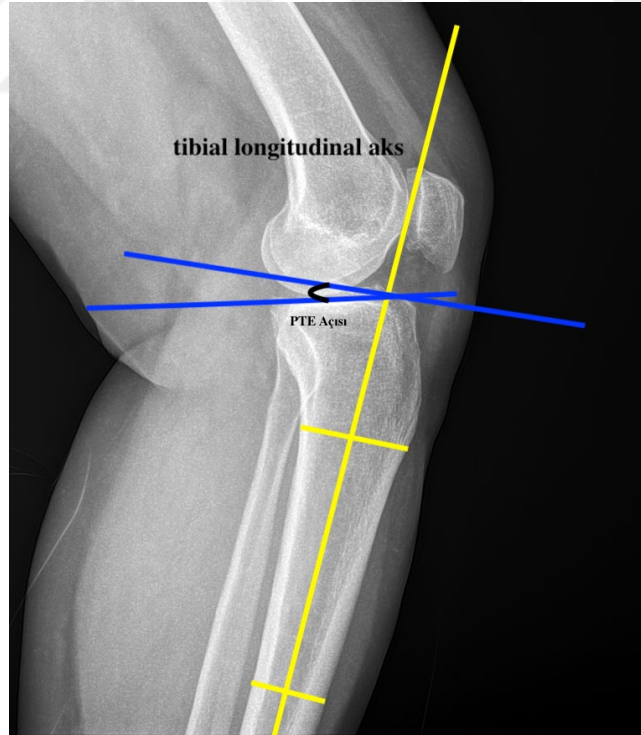
**Şekil 12:** Plak yerleştirme esnasında posterior eğim kontrolü



altı tabakalar için emilebilir sütürler kullanılarak tabakalar halinde kapatılır.24 saat boyunca yumuşak bir Robert Jones bandajı uygulanır ve hasta ağrı kontrolü ve erken fizyoterapi için hastaneye yatırılır.

### 2.3. MEDİAL AÇIK KAMA YÜKSEK TİBİAL OSTETOMİNİN POSTERİOR TİBİAL EğİM ÜZERİNE ETKİSİ

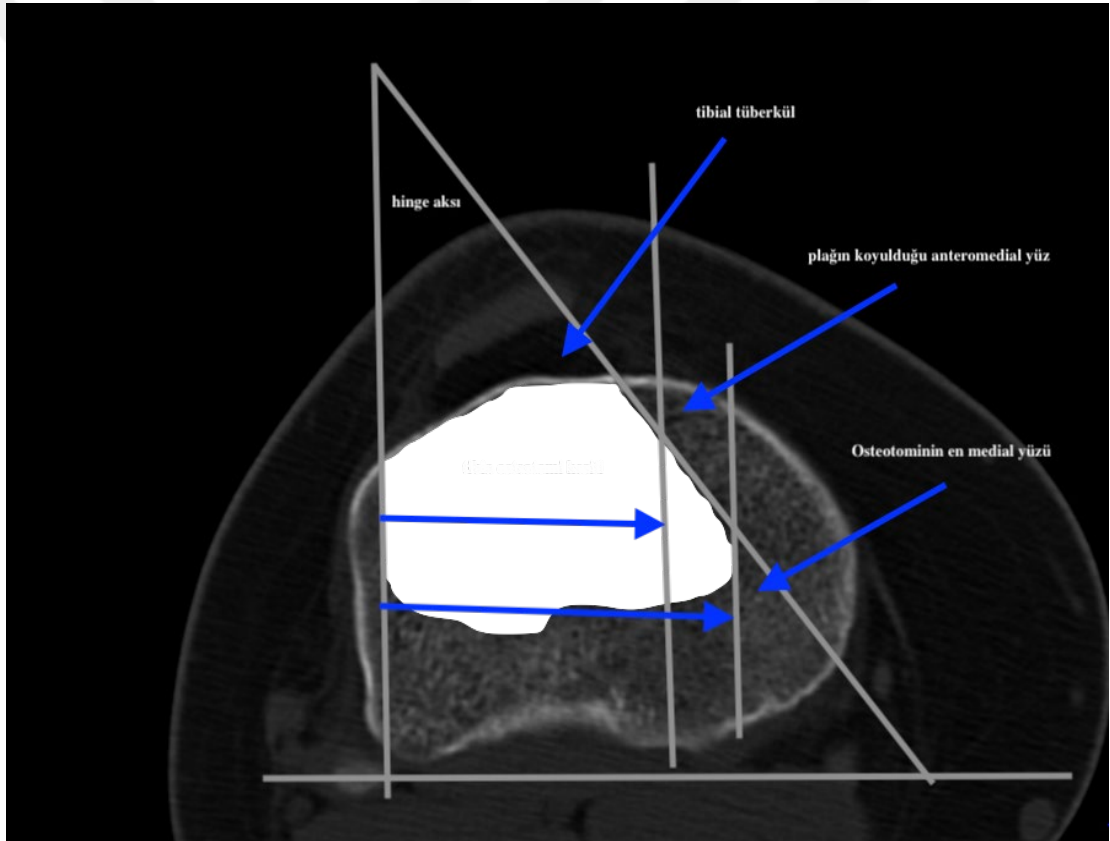
Sagittal planda tibia platonun kaudal yönde posteriora doğru bir eğimi vardır. Posterior tibial eğim (PTE) sagittal düzlemde tibiyanın anatomik aksı ile tibia plato arasındaki eğimdir. Tibiyanın anterior ve posterior kortekslerini birleştiren tibiyanın uzun anatomik eksenine paralel 2 adet çizgi çizilir. Ardından eklem çizgisinin 5 ve 15 cm altından her iki çizgi üzerindeki noktalar belirlenir. Bu noktalar bir doğru ile birleştirilir. Bu doğruların orta noktaları işaretlenir. Orta noktaların birleşimi ile oluşan doğru ayak bileği ve tibia plato boyunca uzatılır (Tibial longitudinal aks). Tibia lateral platonun n ve arka noktaları işaretlenir ve iki nokta bir doğru ile birleştirilir. Bu iki doğru arasındaki açı PTE açısı olarak adlandırılır. (şekil 14).



**şekil 14:** Diz eklemine 5 cm ve 15 cm altından tibia sagittal düzlemine paralel posterior ve anterior korteksi birleştiren iki adet çizgi çekilerek orta noktasından tibia sagittal düzlemi boyunca ilerletilen çizgi tibial longitudinal aks'ı olarak adlandırılır.

Bu çizgiye eklem ön çizgisinden çekilen bir dik çizgi ile tibia plato anterior ile posteriorunu birleştiren çizgi posterior tibial eğim açısı olarak adlandırılır.

Yapılan çalışmalar MAKYTO'da PTE iatrojenik ortalama 2 derece arttırdığını göstermektedir. Bu artışa proksimal tibia'nın anatomisi sebep olmaktadır (25). Noyes ve ark. üçgenler kanununu kullanarak tibia'nın proksimal anatomisini tanımlamışlardır (Şekil -15). MAKYTO ayarında tibial eğimi korumak için posteromedial osteotomi aralığının genişliğinin, proksimal tibia'nın üçgen şekilli enine kesit geometrisi nedeniyle karşılık gelen anterior boşluğun genişliğinin iki katı olması gerektiğini gösterdi (1).



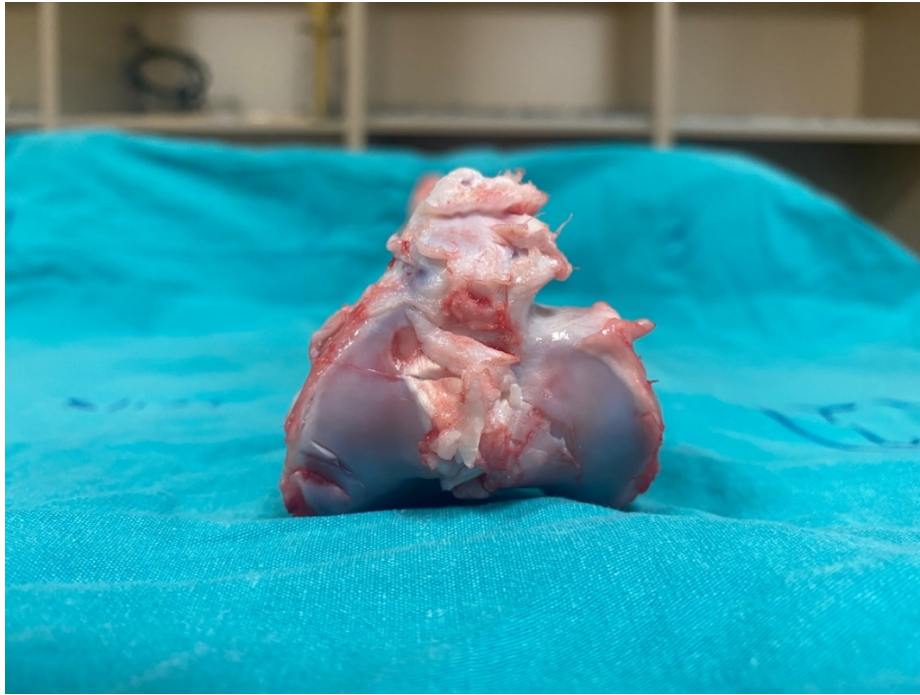
**Şekil 15:** Proksimal tibia anatomisi, osteotomi yüzeyi ve hinge aksı

Tibia'nın bu anatomik yapısı, koronal düzlem düzeltilmesinin tek başına olamayacağını, sagittal ve horizontal düzlemde de birtakım değişikliklerin olacağını göstermiştir.

### 3.GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışma Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 29.11.2022 tarihli toplantısında 2022/514/238/17 sayısı ile verdiği etik kurul onayı ile, 01.02.2021 ve 01.12.2022 tarihleri arasında Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Uygulama ve Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Araştırma teknik olarak deneysel laboratuvar çalışmasıdır.

Kasaptan temin ettiğimiz 24 adet 1 yaşında, Ovis aries Linnaeus cinsi koyun tibiası üzerinde in vitro yapılmıştır. Anatomik olarak insan tibiasına benzerliği ve literatürde bu konuda koyun tibiaları üzerinde yapılmış çalışmaların olması (26,27,28) ayrıca erişimin kolaylığı ve bu çalışma için bir canlının sakrifiye edilmeyecek olması bizim koyun tibiası üzerinde çalışmayı tercih etmemizin nedenidir. 2 grup oluşturulmuş, her gruba 12 adet koyun tibiası ayrılmıştır. Grup 1'de posterior tibial eğimin azaltılması, Grup 2'de ise artırılması planlanmıştır. Tibialar yumuşak dokularından uzaklaştırılmış, menisküs ve çapraz bağ bağlantıları kapsül kalıntıları temizlenmiştir. Her bir tibia için numaralandırma yapılmış, çok yönlü işlem fotoğraflaması sağlanmıştır. (Şekil 16)



**Şekil 16:** Koyun tibiası proksimal eklem yüzünün üstten görünüşü

### 3.1. RADYOLOJİK HAZIRLIK

Röntgen esnasında standart grafler elde edebilmek, eğim açısı ölçümünü standardize edebilmek için tüm tibiaların eklem çizgisinden 10 cm uzak, tibia shaftına dik, 6mm çapında steinmann teli anteriora doğru gönderilmiştir. Bu tel, tibial eğim ölçülürken shaftı değerlendirmede referans olarak kullanılmıştır. (Şekil-17)

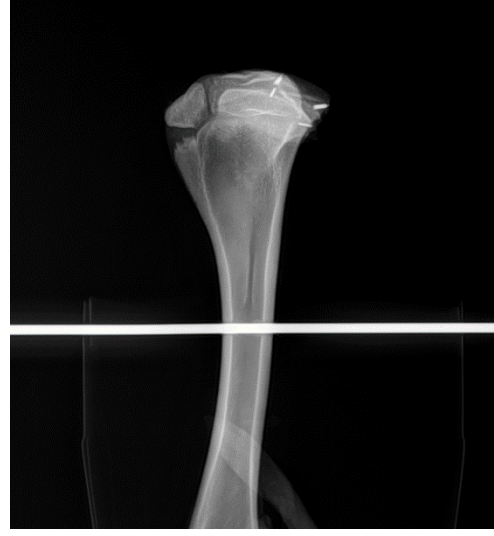


**Şekil 17:** tibia shaftına uygulanan referans için kullanılan steinman teli

Röntgen ile lateral ve medial eğim açıları hesaplamalarının osteotomi öncesi ve sonrasında aynı referans noktalarından doğru ve kolay olarak yapılabilmesi için platonun en yüksek anterior ve en alçak posterior noktalarına lateralde 0,25 cm uzunluk, 0.75 mm kalınlık; medialde 0,25 cm uzunluk, 1.25 mm kalınlıkta kirschnerler yerleştirildi (Şekil-18a,18b).

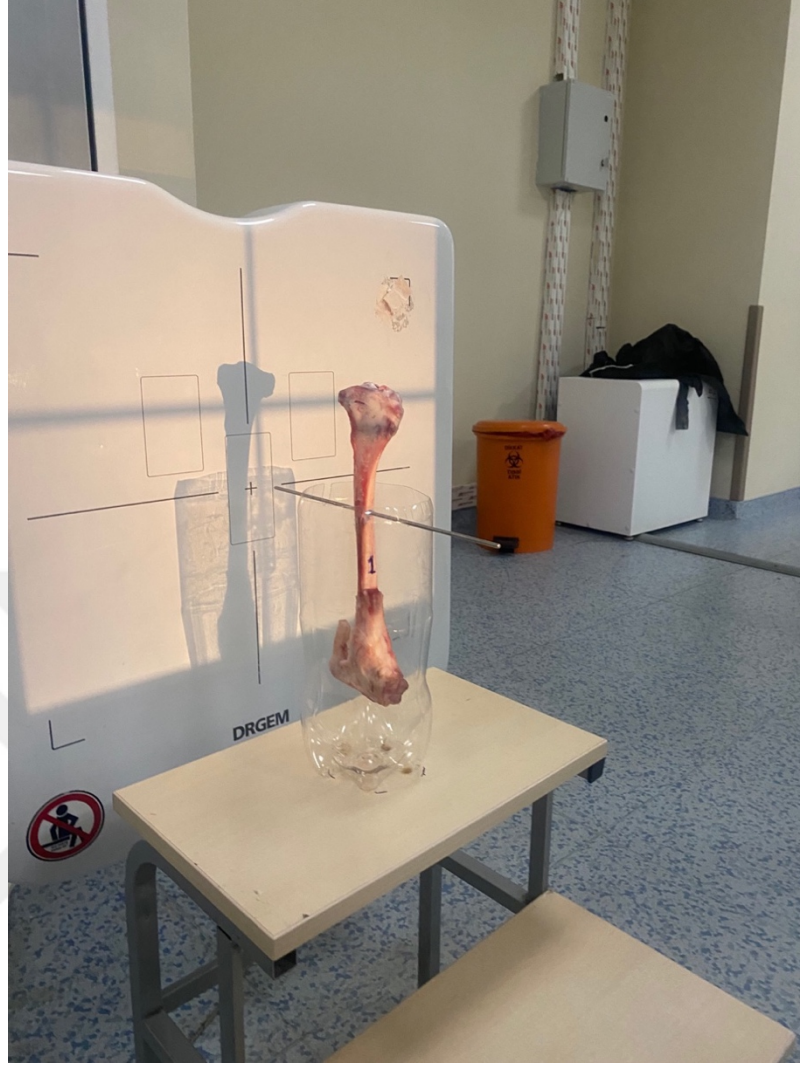


**Şekil 18a:** İşaret pinleri ve referans  
steinman telinin olduğu proksimal  
tibia AP grafisi



**Şekil 18b:** İşaret pinleri ve referans  
steinman telinin olduğu  
proksimal tibia lateral grafisi

Şafta steinmann, platoya kirschner tellerinin yerleştirilmesinden sonra her radyografi çekiminde tibia shaftının uzaysal konumunun sabit kalması ve bu sayede ışınsal açı ve rotasyonel konumdan doğabilecek hataların önüne geçebilmek için kare tabanlı, şeffaf, plastik bir kutu kullanıldı. Kutunun üst sınırında karşılıklı açılan iki oluğa, tibia shaftına dik geçen steinmann teli tam ölçüde oturtuldu (Şekil-19). Kutunun ayak izleri ilk ölçüm sırasında sabit yer üzerinde işaretlendiğinden tüm grafi çekimlerinde tibiaların uzaysal konumlarının değişmemesi sağlandı. Uzaysal konum sabitlenmesinin tibia shaftına uygulanmasının nedeni, osteotomi ile uzaysal konumu değişen kısmın proksimal fragman (plato) olduğudur (29). Hazırlanmış bu tibialar, plastik kutu içindeki pozisyonlarında AP ve kutunun 90 derece çevrilmesiyle lateral grafileri çekildi. Aynı çekimler osteotomi sonrası da tekrarlandı. Ayrıca osteotomi öncesi ve sonrası Bilgisayarlı Tomografi (BT) görüntüleri de alındı. Osteotomi öncesi ve sonrası BT görüntüleri kıyaslanarak proksimal fragmanın rotasyonu hesaplandı, ayrıca menteşenin sağlamlığı kontrol edildi. Menteşenin kırıldığı örnekler çalışmaya dahil edilmedi.



**Şekil 19:** Koruma kabına yerleştirilen tibia'nın grafi çekimi

### **3.2. OSTEOTOMİ**

Bu işlemlerin tamamlanması sonrası tibia medialinden 3 cm distali ve lateralinden 0,5 cm distali işaretlenmiş, ön çapraz bağ tibial tünel kılavuzu yardımı ile sagittal planda osteotomi yapılacak açıda 2mm çapında kılavuz kirschner gönderilmiştir. (Şekil-20) Devamında menteşenin kırılmasının engellemek amacıyla platonun lateral sınırının 1cm medialinden, platoya dik bir kirschner teli de gönderilmiştir.



**Şekil 20:** Osteotomi klavuz telinin guide yardımıyla medialden laterale gönderilmesi

1. gruptaki 12 adet tibiaya klavuz telin hemen distalinden, plato sagittal düzlemine paralel olarak elektrikli testere yardımıyla, lateralde 1cm menteşe payı bırakılacak şekilde osteotomi uygulanmıştır. 1cm'lik menteşenin korunması, platoya dik gönderilen tel yardımıyla sağlanmıştır. Menteşenin kırılmamasına özen gösterilerek osteotomi hattı çeşitli kalınlıklardaki osteotomlar yardımı ile aralanmıştır. Tibia medial duvarının en posteriordaki aralığın 6mm, en anteriordaki aralığın ise 2mm olacağı şekilde aralanmış, açıklığın 2mm ve 6mm olabilmesi için 2mm çapında bir kirschner ve 6mm çapında bir steinmann telinden yararlanılmıştır. Plak vida ile sağlanmıştır. 3.5mm LC-DCP plak, osteotomi hattının her bir tarafında ikişer vida olacak şekilde, toplamda dört vida ile tespit sağlanmıştır (Şekil 21).



**Şekil 21:** Birinci gruba ait, posterior korteksi daha fazla açılmış ve osteosentez yapılmış tibia

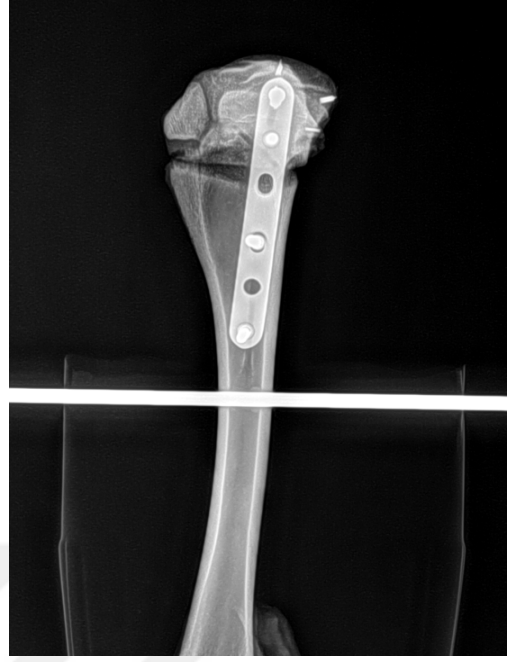
2. gruptaki 12 adet tibianın ise medial duvarının en posteriordaki aralığın 2mm, en anteriordaki aralığın ise 6mm olacak şekilde aralanmış ve yine aynı plak vida kombinasyonu ile tespit edildi. (Şekil-22).



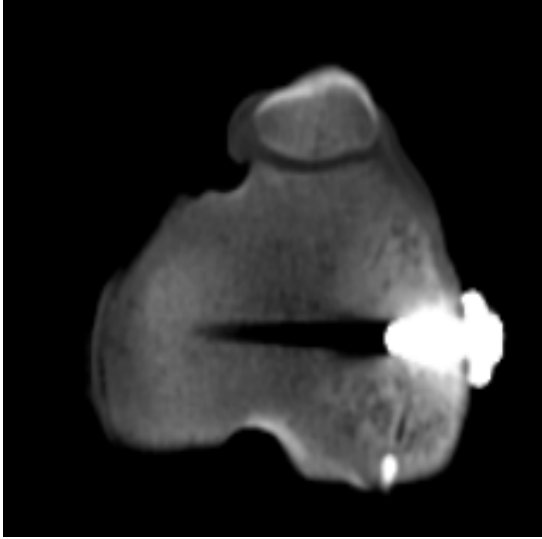
**Şekil 22:** İkinci gruba ait, anterior korteksi daha fazla açılmış ve osteosentez yapılmış tibia osteotomi sonrası tekrar aynı pozisyonlarda AP ve lateral grafi (Şekil-23a) (Şekil-23b), ve BT görüntülemeleri yapıldı. (Şekil-24a)(Şekil-24b)



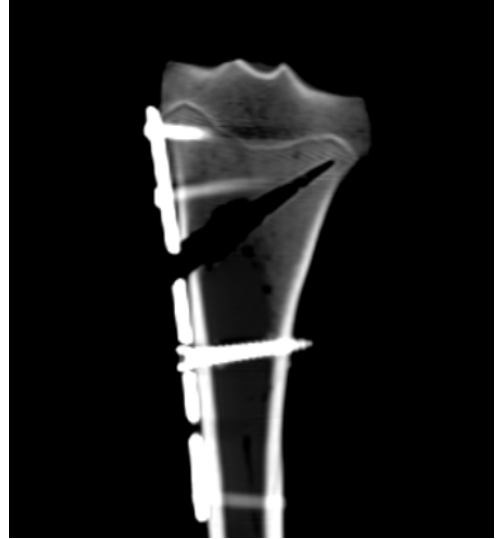
**Şekil 23a:** Osteotomi yapılmış  
tibiannın AP grafisi



**Şekil 23b:** Osteotomi yapılmış  
tibiannın lateral grafisi



**Şekil 24a:** Osteotomi yapılmış tibiannın  
BT aksiyel görüntüsü

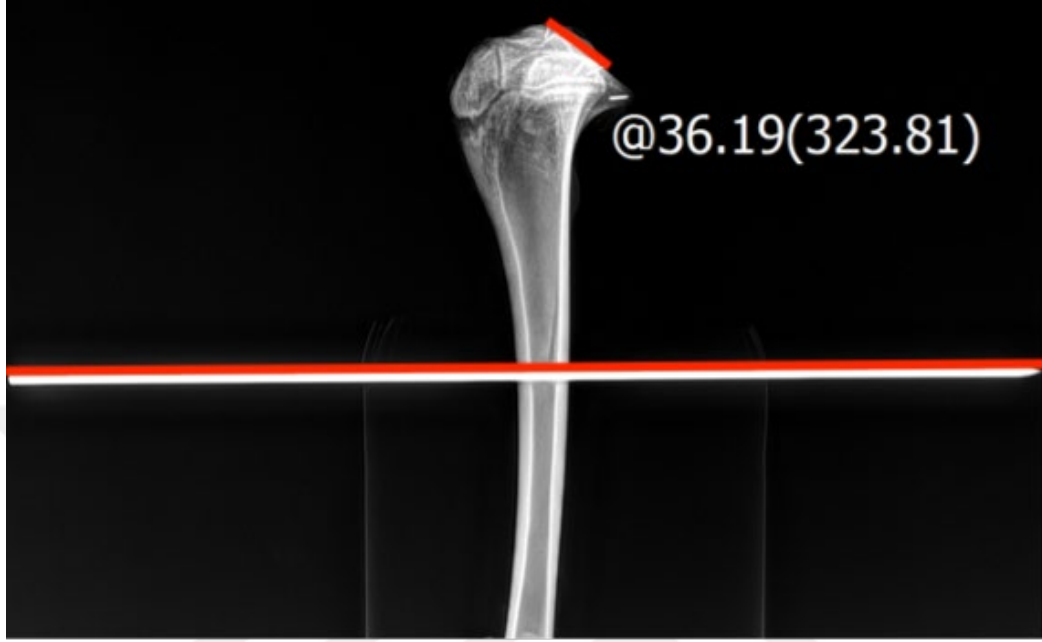


**Şekil 23b :** Osteotomi yapılmış tibiannın  
BT frontal görüntüsü

### 3.3. RADYOLOJİK ÖLÇÜMLER

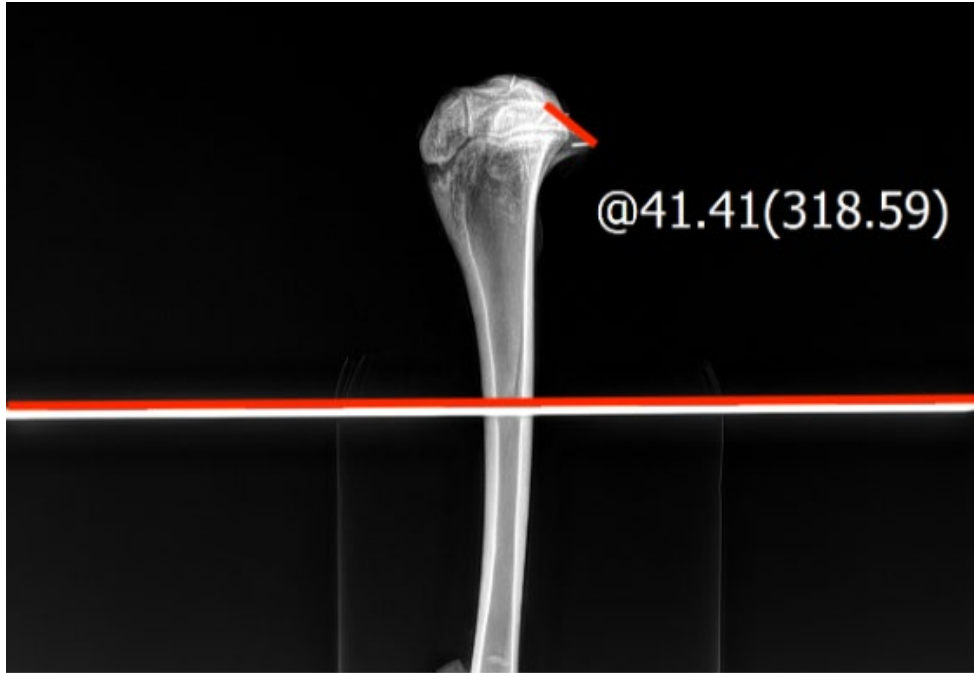
Her bir tibia için lateral grafide osteotomi öncesi tibiannın lateral ve medialde uygulanmış işaret pinlerinin kendi içlerinde en yüksek noktalarını birleştiren çizgi ile

tibia şarfında bulunan Steinmann arasındaki açı hesaplandı. Bu açılar osteotomi öncesi lateral ve medial tibial eğim olarak kaydedildi. (Şekil-25a) (Şekil-25b)



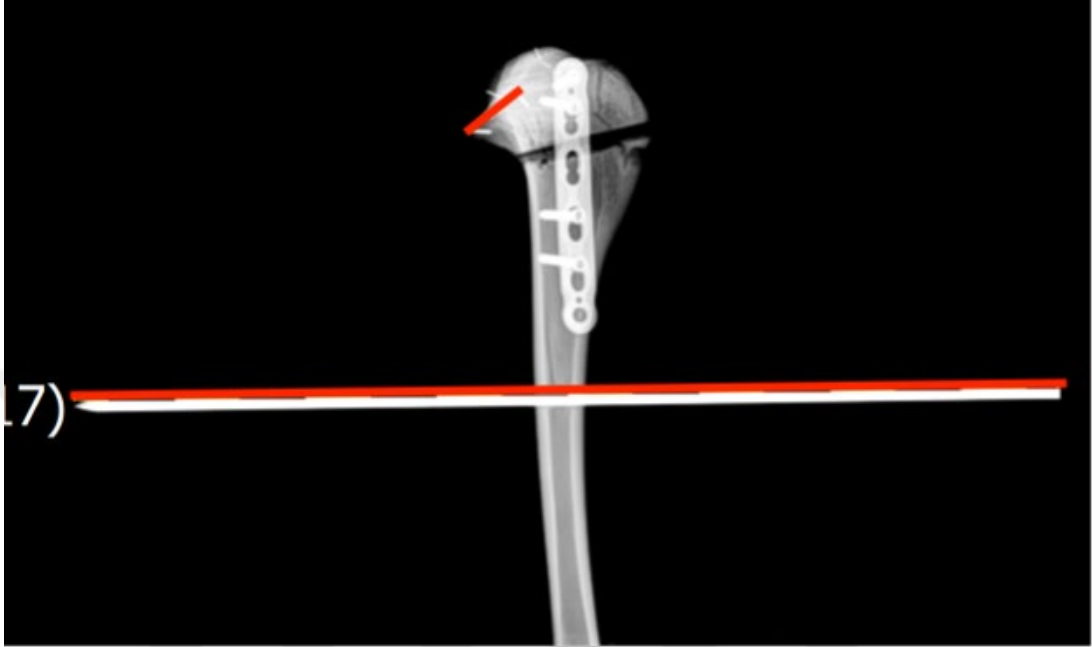
Şekil-25a

Şekil 25a : Medial PTE ölçüm yöntemi:ince işaret pinlerinin üst noktaları birleştiren çizgi ile kılavuz steinmanın arasındaki açı.

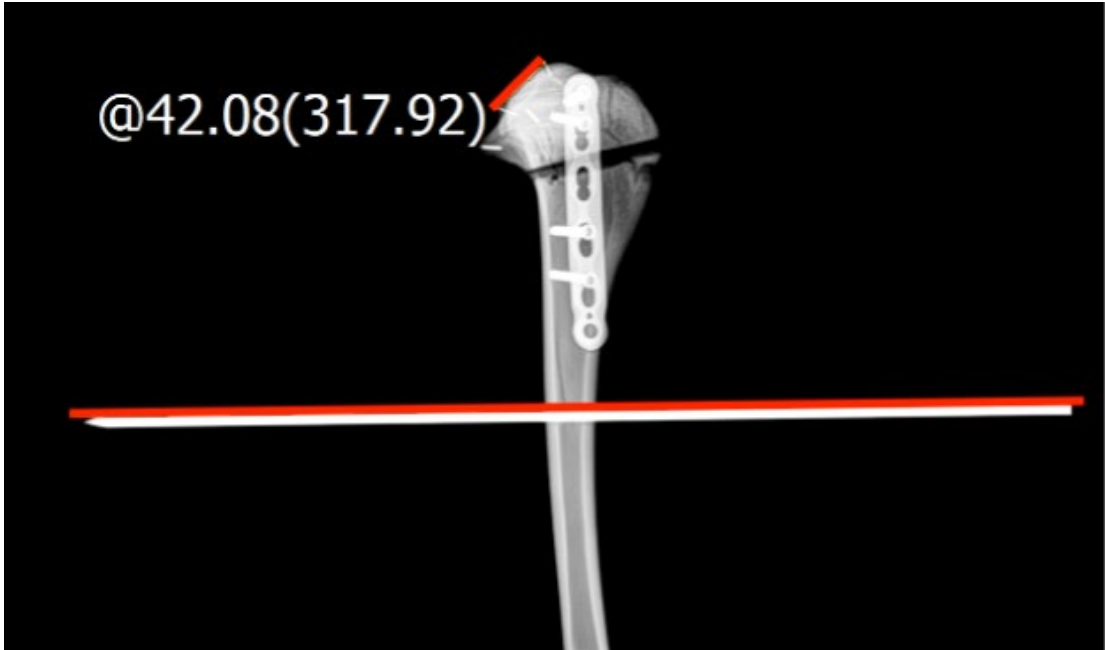


Şekil 25b: Lateral PTE ölçüm yöntemi: ince işaret pinlerinin üst noktaları birleştiren çizgi ile kılavuz steinmanın arasındaki açı

Aynı işlem osteotomi sonrası tekrar yapılarak her bir lateral ve medial PTE değeri olarak kaydedildi ve osteotomi öncesi ve sonrası lateral ve medial PTE değerleri arasındaki fark hesaplandı. (Şekil-26a) (Şekil-26b)



**Şekil 26a** : Osteotomi sonrası lateral PTE ölçüm yöntemi:ince işaret pinlerinin üst noktaları birleştiren çizgi ile kılavuz steinmanın arasındaki açı



**Şekil 26b**: Osteotomi sonrası medial PTE ölçüm yöntemi: ince işaret pinlerinin üst noktaları birleştiren çizgi ile kılavuz steinmanın arasındaki açı

Her iki grup osteotomi öncesi BT görüntülemesi 3 boyutlu rekonstrüksiyon (3D) yapılan proksimal tibiaların medial ve lateral platosundaki pinler bir çizgi ile birleştirilerek shafta uygulanan Steinman arasındaki açı hesaplandı. (Şekil-27a) Ardından osteotomi sonrası aynı işlem tekrarlandı ve aradaki fark ve rotasyon yönü belirlendi. (Şekil-27b)



Şekil-27a

Şekil-27b

**Şekil-27a** : Aksiyel rotasyonun belirlenmesi : Osteotomi öncesi tibia platosunun her iki medial ve lateral kısmının ön işaret binlerini birleştiren çizgi ile , kılavuz steinman telinin arasındaki açı, **Şekil-27b** aynı yöntemle osteotomi sonrası yeni aksiyel rotasyon açısının belirlenmesi.

Araştırmanın birincil ve ikincil sonuç değişkenleri medial ve lateral PTE, proksimal tibial rotasyondur.

Tanımlayıcı istatistikler, ortalamalar ve standart sapmalar olarak ifade edilmiştir. Osteotomi öncesi ve sonrası medial ve lateral tibial platolarda oluşan açısal farklar non parametrik dağılıma sahip olduğundan Mann-Whitney U testi ile hesaplanmıştır. İstatistiksel analiz, IBM SPSS Statistics, Sürüm 22 kullanılarak yapılmış,  $P < .05$  anlamlı kabul edilmiştir.

Eğim azaltıcı ve arttırıcı 2 ayrı grubun arasında osteotomi öncesi ve sonrası lateral ve medial eğim karşılaştırılması daha önce yapılmamış olup, güç analizi yapılamamıştır. Minimum örneklem sayısı olan 6'nın üzerinde örneklem sayısı seçilmiştir.

Araştırmada çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## 4. BULGULAR

Çalışmamızda MAKYTO yapılmış 24 koyun tibiasından ölçüme uygun olmayan 2 ve lateral menteşesi kırılan 7 adet tibia hariç tutulmuştur. Geriye kalan on beş tibiyanın yedisi grup 1, sekizi grup 2'yi oluşturmuştur.

1. grupta osteotomi öncesi ve sonrası lateral ve medial tibial platoların eğimlerinde düşüş gözlenmiştir (Tablo 1 ve Tablo 2). Lateral ve medial platoların eğim açılarındaki bu düşüş birbirleri ile kıyaslandığında anlamlı bir farklılık saptanmış, lateral tibial eğim mediale kıyasla daha fazla değişiklik ( $6,28^\circ$  ve  $1,49^\circ$ ) göstererek azalmıştır (Tablo 5), ( $P=.010$ ). 2. grupta ise lateral ve medial platolar benzer oranda değişim göstermiş ve eğim açıları yükselmiştir (Tablo 3 ve Tablo 4). Medial ve lateral platolar arasında anlamlı bir farklılık ( $5,76^\circ$  ve  $5,28^\circ$ ) oluşmamıştır (Tablo 6), ( $P=.984$ )

**Tablo 1:** 1.grup osteotomi öncesi ve sonrası lateral ve medial tibial eğim açıları ölçümü. (PTE: Posterior Tibial Eğim

|         | Ostetomi<br>Öncesi Lateral<br>PTE Değeri ( $^\circ$ ) | Osteotomi<br>Sonrası<br>Lateral PTE<br>Değeri ( $^\circ$ ) | Fark ( $^\circ$ ) | Osteotomi<br>Öncesi Medial<br>PTE Değeri ( $^\circ$ ) | Osteotomi<br>Sonrası Medial<br>PTE Değeri ( $^\circ$ ) | Fark ( $^\circ$ ) |
|---------|---|--|-------------------|---|--|-------------------|
| Koyun 1 | 41,97   | 37,46  | 4,51              | 33,57   | 32,6   | 0,97              |
| Koyun 2 | 51,82   | 46,21  | 5,61              | 34,83   | 35,59  | -0,76             |
| Koyun 3 | 45,05   | 37,05  | 8                 | 35,53   | 35,2   | 0,33              |
| Koyun 4 | 53,25   | 45,74  | 7,51              | 40,51   | 35,64  | 4,87              |
| Koyun 5 | 42,94   | 39,94  | 3                 | 34,32   | 33,07  | 1,25              |
| Koyun 6 | 41,75   | 31,26  | 10,49             | 14,66   | 14,22  | 0,54              |
| Koyun 7 | 56,22   | 51,39  | 4,83              | 44,54   | 41,33  | 3,21              |

**Tablo 2:** 1.grup posterior tibial eğim açıları, ortalama ve standart sapma değerleri. (PTE: Posterior Tibial Eğim)

|                               | N | Minimum (°) | Maksimum (°) | Ortalama (°) | Standart deviasyon (°) |
|-------------------------------|---|-------------|--------------|--------------|------------------------|
| Osteotomi Öncesi Lateral PTE  | 7 | 41,74       | 56,22        | 47,571       | 6,030                  |
| Osteotomi Sonrası Lateral PTE | 7 | 31,26       | 51,39        | 41,293       | 6,845                  |
| Lateral PTE Fark              | 7 | 3           | 10,49        | 6,279        | 2,538                  |
| Osteotomi Öncesi Medial PTE   | 7 | 14,66       | 44,54        | 33,994       | 9,406                  |
| Osteotomi Sonrası Medial PTE  | 7 | 14,12       | 41,33        | 32,507       | 8,591                  |
| Medial PTE Fark               | 7 | -0,76       | 4,87         | 1,487        | 1,916                  |

**Tablo 3:** 2.grup osteotomi öncesi ve sonrası lateral ve medial tibial eğim açıları ölçümleri. (PTE: Posterior Tibial Eğim).

|          | Ostetomi Öncesi Lateral PTE Değeri (°) | Osteotomi Sonrası Lateral PTE Değeri (°) | Fark (°) | Osteotomi Öncesi Medial PTE Değeri (°) | Osteotomi Sonrası Medial PTE Değeri (°) | Fark (°) |
|----------|--|--|----------|--|---|----------|
| Koyun 8  | 35,79                                  | 40,51                                    | -4,72    | 36,1                                   | 40,11                                   | -4,72    |
| Koyun 9  | 42,76                                  | 46,27                                    | -3,51    | 43,59                                  | 46,08                                   | -3,51    |
| Koyun 10 | 51,49                                  | 54,26                                    | -2,77    | 41,59                                  | 48,32                                   | -2,77    |
| Koyun 11 | 46,03                                  | 52,81                                    | -6,78    | 36,17                                  | 38,7                                    | -6,78    |
| Koyun 12 | 52,55                                  | 56,22                                    | -3,67    | 35,48                                  | 39,07                                   | -3,67    |
| Koyun 13 | 49,13                                  | 56,43                                    | -7,3     | 36,26                                  | 41,2                                    | -7,3     |
| Koyun 14 | 54,36                                  | 59,98                                    | -5,62    | 34,65                                  | 42,12                                   | -5,62    |
| Koyun 15 | 48,83                                  | 60,54                                    | -11,71   | 37,33                                  | 47,77                                   | -11,71   |

**Tablo 4:** 2.grubun posterior tibial eğim açıları, ortalama ve standart sapma değerleri. (PTE: Posterior Tibial Eğim).

|                               | N | Minimum (°) | Maksimum (°) | Ortalama (°) | Standart deviasyon (°) |
|-------------------------------|---|-------------|--------------|--------------|------------------------|
| Osteotomi Öncesi Lateral PTE  | 8 | 35,79       | 54,36        | 47,618       | 6,030                  |
| Osteotomi Sonrası Lateral PTE | 8 | 40,51       | 60,54        | 53,378       | 6,861                  |
| Lateral PTE Fark              | 8 | -2,77       | -11,71       | -5,76        | 2,886                  |
| Osteotomi Öncesi Medial PTE   | 8 | 34,65       | 43,59        | 37,646       | 3,188                  |
| Osteotomi Sonrası Medial PTE  | 8 | 38,7        | 47,77        | 42,921       | 3,906                  |
| Medial PTE Fark               | 8 | -2,49       | -10,44       | -5,275       | 2,763                  |

**Tablo 5:** 1. Grubun lateral ve medial PTE açısı değerlerinin osteotomi öncesi ve sonrası farklarının karşılaştırılması

|               |                          | Osteotomi Öncesi ve Sonrası Fark |                    |             |
|---------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------|-------------|
|               |                          | Ortalama (°)                     | Standart Sapma (°) | p           |
| <b>1.GRUP</b> | <b>Lateral PTE açısı</b> | 6,279                            | 2,538              | <b>.010</b> |
|               | <b>Medial PTE açısı</b>  | 1,487                            | 1,916              |             |

(PTE: Posterior Tibial Eğim). Mann Whitney U testi.  $P < 0,05$  anlamlı olarak kabul edildi.

**Tablo 6.** 2. Grubun lateral ve medial PTE açısı değerlerinin osteotomi öncesi ve sonrası farklarının karşılaştırılması

|               |                          | Osteotomi Öncesi ve Sonrası Fark |                    |      |
|---------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------|------|
|               |                          | Ortalama (°)                     | Standart Sapma (°) | p    |
| <b>2.GRUP</b> | <b>Lateral PTE açısı</b> | -5,76                            | 2,886              | .984 |
|               | <b>Medial PTE açısı</b>  | -5,275                           | 2,763              |      |

Mann Whitney U testi.  $P < 0,05$  anlamlı olarak kabul edildi.

Rotasyonel ölçümler hesaplandığında, 1. Grupta ortalama  $2,046 (^{\circ}) \pm 1,379 (^{\circ})$  proksimal fragmanın dış rotasyon yaptığı saptanmıştır. Benzer şekilde 2. grupta da ortalama  $2,876 (^{\circ}) \pm 1,619 (^{\circ})$  proksimal fragmanın iç rotasyonu gözlenmiştir (Tablo 7). Osteotomi öncesi ve sonrası rotasyon değerleri arasındaki fark 1. Ve 2. Grup arasında anlamlı bir farklılık oluşturmamıştır. ( $P=.32708$ )

**Tablo 7:** Proksimal fragman rotasyonunun açısal ölçümleri ve ortalama ve standart sapma

|               |                                | <b>Osteotomi Öncesi<br/>Rotasyon (<math>^{\circ}</math>)</b> | <b>Osteotomi<br/>Sonrası Rotasyon<br/>(<math>^{\circ}</math>)</b> | <b>Fark (<math>^{\circ}</math>)</b> |
|---------------|--------------------------------|--|---|-------------------------------------|
| <b>1.Grup</b> | <b>Koyun 1</b>                 | 69,68  | 69,14   | 0,54                                |
|               | <b>Koyun 2</b>                 | 87,12  | 86,01   | 1,11                                |
|               | <b>Koyun 3</b>                 | 100,45   | 97,28   | 3,17                                |
|               | <b>Koyun 4</b>                 | 80,3   | 77,01   | 3,29                                |
|               | <b>Koyun 5</b>                 | 93,96  | 91,97   | 1,99                                |
|               | <b>Koyun 6</b>                 | 63,58  | 63,12   | 0,46                                |
|               | <b>Koyun 7</b>                 | 74,93  | 71,17   | 3,76                                |
|               | ORTALAMA $\pm$ STANDARD SAPMA: |  |   |                                     |
| <b>2.Grup</b> | <b>Koyun 8</b>                 | 77,8   | 79,03   | -1,23                               |
|               | <b>Koyun 9</b>                 | 83,21  | 85,22   | -2,01                               |
|               | <b>Koyun 10</b>                | 85,38  | 87,35   | -1,97                               |
|               | <b>Koyun 11</b>                | 82,3   | 83,6  | -1,3                                |
|               | <b>Koyun 12</b>                | 79,98  | 82,85   | -2,87                               |
|               | <b>Koyun 13</b>                | 85,73  | 89,82   | -4,09                               |
|               | <b>Koyun 14</b>                | 70,1   | 73,66   | -3,56                               |
|               | <b>Koyun 15</b>                | 61,7   | 67,68   | -5,98                               |
|               | ORTALAMA $\pm$ STANDARD SAPMA: |  |   |                                     |

Pozitif değerler proksimal fragmanın dış rotasyonunu, negatif değerler ise iç rotasyonunu göstermektedir.

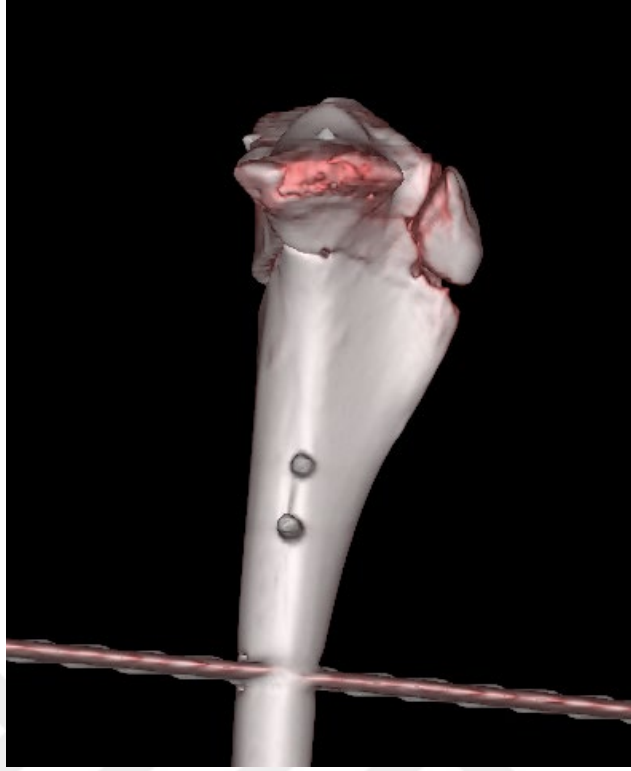
Menteşelerinin kırıldığı BT kesitlerinde fark edilen 7 tibiannın 4'ü grup 1, 3'ü ise grup 2'ye aitti. Çalışma grubuna alınmayan bu örneklerin yine de tibial eğim aç

değişimler hesaplandığında, Koyun 16 hariç diğer 6 menteşesi kırık tibiada lateral ve medial PTE değişimlerinin benzer açısal değerlerde meydana geldiği saptanmıştır (Tablo 8).

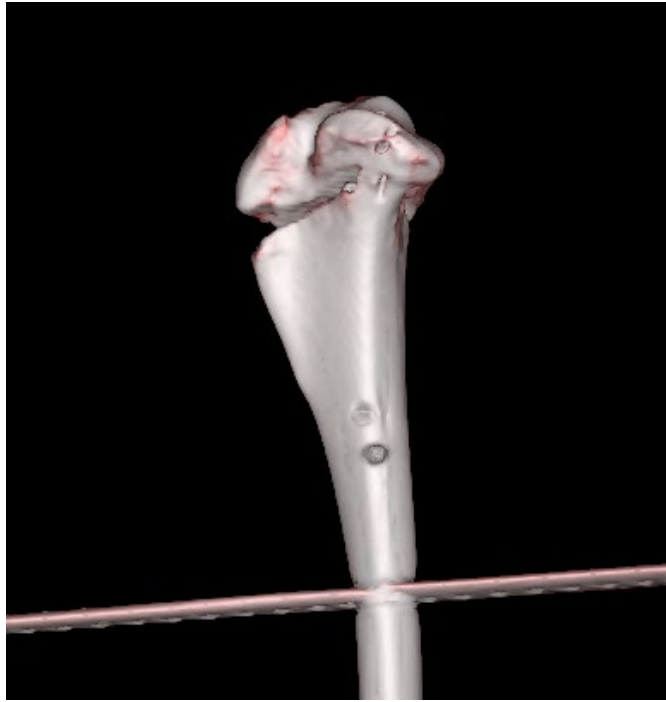
**Tablo 8:** 1. ve 2. Grupta menteşesi kırılan tibiaların lateral ve medial PTE açı değişimi ölçümleri. (PTE: Posterior Tibial Eğim).

|        |          | Ostetomi<br>Öncesi<br>Lateral<br>PTE<br>Değeri<br>(°) | Osteotomi<br>Sonrası<br>Lateral<br>PTE<br>Değeri (°) | Fark<br>(°) | Osteotomi<br>Öncesi<br>Medial<br>PTE<br>Değeri (°) | Osteotomi<br>Sonrası<br>Medial<br>PTE<br>Değeri (°) | Fark<br>(°) |
|--------|----------|---|--|-------------|--|---|-------------|
| Grup 1 | Koyun 16 | 50,41   | 32,84  | 17,57       | 25,71  | 26,58   | -0,87       |
|        | Koyun 17 | 53,07   | 49,86  | 3,21        | 33,53  | 31,15   | 2,38        |
|        | Koyun 18 | 45,63   | 37,15  | 8,48        | 40,6   | 32,89   | 7,71        |
|        | Koyun 19 | 48,83   | 39,92  | 8,91        | 45,21  | 37,19   | 8,02        |
| Grup 2 | Koyun 20 | 37,4  | 43,93  | -6,53       | 30   | 37,26   | -7,26       |
|        | Koyun 21 | 49,78   | 56,59  | -6,81       | 39,44  | 45,68   | -6,24       |
|        | Koyun 22 | 48,45   | 52,86  | -4,41       | 39,74  | 44,66   | -4,92       |

Grup 1'deki tibiaların osteotomi sonrası menteşelerin konumu incelendiğinde daha anterolateral yerleşimli bir menteşenin varlığı saptanmıştır (Şekil 28). Grup 2'de ise anteriorda sağlam menteşenin olmadığı, menteşenin sadece lateral yerleşimli olduğu tespit edilmiştir (Şekil 29)



**Şekil 28:** Grup 1'e ait bir tibia örneğinde, osteotomi sonrası BT kesitlerinde sağlam kalan menteşenin anterolateral yerleşimli varlığı görünmektedir.



**Şekil 29:** Grup 2'ye ait bir tibia örneğinde, osteotomi sonrası BT kesitlerinde sağlam kalan menteşenin sadece lateral yerleşimli varlığı görünmektedir.

## 5. TARTIŞMA

Biz bu çalışmada MAKYTO ile koronal plan deformitesinin düzeltilmesine ek sagittal planda da farklı kama konfigürasyonları neticesinde artabilen ya da azalabilen PTE açısının, medial ve lateral platolar için farklı miktarlarda değişebildiğini tespit ettik. Bu bulgular hipotezimizin ilk kısmını doğrular nitelikteydi. Hipotezimizin ikinci kısmında medial PTE'nin lateral PTE'ye göre daha fazla değişeceğine yönelik beklentimizin ise tam tersini bulduk.

Proksimal anteromedial tibial korteks enine kesitte eğik veya üçgen bir şekle sahipken, lateral tibial korteks tibianın arka kenarına neredeyse diktir. Bu konfigürasyon nedeniyle, posteromedial sınırdaki boşluğa (genişlik) eşit anterior tibial tüberkül açıklığına (genişliğine) sahip bir medial açık kama osteotomisinin posterior tibial eğim açısını arttıracığı bilinmektedir (1).

Kim ve ark., yaptıkları çalışmada MAKYTO yaptıkları hastalarda PTE açısının ortalama 1.1 derece arttığını, 2. Artroskopik bakıda ayrıca ÖÇB dejenerasyonun ilerlediğini gösterdiler (30). Artmış PTE tibiayı anterior translasyona zorlayarak ÖÇB gerinimini arttıracaktır. ÖÇB etkileniminde lateral PTE daha önemli olduğu bilinmekle birlikte bu konuda literatürde çelişkili çalışmalar vardır. Hashemi ve ark. ÖÇB rüptüründe lateral PTE'nin daha etkili olduğunu, medial PTE'nin sadece erkeklerde önemli olduğunu söylemiştir (31). Stijak ve ark. ise ÖÇB yaralanması açısından yüksek lateral PTE açısının risk faktörü olduğunu, medial PTE açısının ise ÖÇB yaralanma riski ile ters kolere olduğunu göstermişlerdir (32). Jagadeesh ve ark. ise medial ve lateral PTE açılarının ÖÇB yaralanma riski üzerine birlikte etkili olduğunu söylemiş, lateral PTE açısı açısından Stijak ve ark. ile çelişmişlerdir (33). Biz çalışmamızda 1.grupta posterior açıklığın anterior açıklıktan belirgin daha az tutulması ile lateral PTE açısının medial PTE açısına kıyasla osteotomi öncesine göre anlamlı olarak daha fazla azaldığını saptadık ve bu farkın ÖÇB üzerine beklenenden daha olumlu bir etki oluşturabileceğini düşünüyoruz. 1. Grupta lateral PTE açısının daha fazla azalması, ÖÇB sağ kalımının artmasını sağlayabilir. MAKYTO ve ÖÇB rekonstrüksiyonu yapılacak hastalarda asimetric osteotomi aralığı, Noyes ve Wang'ın ifade ettiği oranlardan posterior da daha fazla bırakıldığında ÖÇB rekonstrüksiyonu sağ kalımı üzerine olumlu etkisi sağlanabilir.

Teng ve ark., 93 hasta üzerinde yaptıkları çalışmada anterior /posterior osteotomi açıklığı oranı %73 olacak şekilde, posterior korteksi Wang ve Noyes'in tarif ettiği şekilde daha fazla açarak osteotomi planladılar. Preoperatif ve postoperatif lateral ve medial posterior eğimi ayrı ayrı hesapladılar. Karşılaştırmada anlamlı bir farklılık bulmadılar. Bu çalışmanın osteotomi açıklık oranı bizim çalışmamız oranından büyük olması sebebiyle anlamlı bir farklılık saptanmamış olabilir. Ayrıca çalışmada lateral ve medial posterior tibial eğim birbiriyle karşılaştırılmamıştır. Çalışmanın diğer kısmında ise aksiyel menteşe aksının lateral ve medial PTE üzerinde ayrı ayrı etkili olduğunu, bunun menteşenin konumunu etkilediğini anterolateral temelli menteşede PTE açısında azalmanın posterolateral temelli menteşede ise artmanın olduğunu göstermişlerdir. Bu bulgular çalışmamızın sonuç ve çıkarımlarını destekler niteliktedir (34).

Çalışmamıza başlamadan önce YTO sonrası medial ve lateral platonun sagittal düzlemdeki değişimini ayrı ayrı değerlendiren bir çalışmanın literatürde olmadığını biliyorduk. Lateralde sağlam menteşe kaldığı durumda medialin ve lateralin ayrı değişebileceğini, platoda esneme olabileceğini ve bu esnemenin daha çok medialde gerçekleşeceği için eğimin medialde daha fazla değişeceğini düşünmüştük. Ancak verileri ve tomografi kesitlerini incelediğimizde posterior korteksi daha çok açtığımız koyun tibialarında menteşenin anteriolateralinin sağlam kaldığını, posteriora yakın lateral kısmının kırıldığını, anteriordan daha fazla kaldırdığımız örneklerde ise anterior menteşenin kırılarak sadece lateral menteşenin sağlam kaldığını gördük.

Wang ve ark., gerçek lateral menteşeli açıklığın sagittal düzlemi değiştiremeyeceğini, ancak MAKYTO'nun posterolateral menteşede yapılması halinde sagittal düzlemde değişikliklere neden olabileceğine dikkat çekmiştir (11). Posterolateral menteşe, ön ve arka boşluklar arasında uyumsuzluğa neden olarak PTE açısında artışa yol açar. Bu nedenle, doğru lateral menteşeli osteotominin PTE'yi normal bir aralıkta tutabileceğini öne sürdüler. Marti ve ark. posterior korteksin tam olmayan osteotomisinin de PTE açısındaki artışların bir nedeni olduğunu ileri sürmüşlerdir. Medial açık kama osteotomide tam bir posterior kesi, posterior tibial eğimin artmasını önlemek için önemlidir (35).

Wang ve ark., posterior korteks kesisi tamamlanmayan osteotomilerde menteşenin posterolateral temelli olduğunu farketmişlerdir (11). Posterior açıklığın

daha fazla bırakılarak oluşacak PTE düzenlemesinin menteşe kırılmadan olamayacağını, temel olarak PTE açısı değişiminin menteşe konumuna göre olacağı yorumunu yapmışlardır. Bizim çalışmamızın tekniği Wang, Noyes ve Lee'nin temelde aynı şeyi anlattıklarını göstermektedir. 1. grupta posterior korteksin kademeli açılması sırasında lateral menteşenin posterior kısmının yavaşça kırılarak anterolateral temelli bir menteşenin oluştuğu gözlemlenmiştir. 2. grupta ise lateral temelli menteşenin anteriorunun yavaşça kırıldığı ve sadece lateral temelli bir menteşenin kaldığı gözlemlenmiştir. Çalışmamıza göre osteotomi açıklığı ayarlaması esnasında menteşenin konumu da değişmektedir.

Çalışmamızda koyun tibiaları kullanılmıştır. Koyun tibiası insan anatomisinden farklı olarak medial ve lateral platolarının sagittal eğimleri daha fazla, daha dik bir lateral posterior tibial eğime sahiptir. Çalışmamızda 1. grupta PTE'yi arttırarak, 2. grupta ise azaltarak kendi içlerinde lateral PTE ve medial PTE değerlerini değerlendirdik. 24 koyun tibiası ile yaptığımız bu çalışmada proksimal tibiofibular eklem bulunmamaktadır ve yumuşak dokuları sıyrılmıştır. 7 koyun tibiasının lateral menteşesi tamamen kırılmıştır. Bu yaklaşım yüzde 29'luk oran aslında yumuşak doku ve proksimal tibiofibular eklem desteği olmadan gap aralığı düzenleme işleminin lateral menteşenin kırılma oranını yükselttiğini göstermiştir. Menteşesi kırılanlarda medial ve lateral posterior tibial eğimin osteotomi öncesi ve sonrasında eşit derecede değişmiş olmasını menteşenin kırılması neticesinde platoda esneme olamayacağından kaynaklı olduğunu düşünmekteyiz. Menteşesi sağlam olan çalışma gruplarından Grup 1'de lateral platoda muhtemel bükülme lateral PTE'de mediale kıyasla daha fazla azalma meydana gelmiş olabileceğini düşünmekteyiz.

Kaya ve ark., tanımladıkları posteromedial MAKYTO tekniğinde testerenin posteromedialden anterolaterale doğru yönlendirerek, MCL liflerinin arkasından yapılan açık kama osteotomisi ile PTE açısını azaltabildiklerini gösterdiler. Posteromedialden anterolaterale doğru yapılan bu osteotomi tekniği ile anterolateral yerleşimli bir menteşe bırakılmış olabileceğini, bu sayede PTE açısı üzerinde azaltıcı etki yaratabildiklerini göstermişlerdir. Bu çalışma bulguları, bizim çalışmamızdaki 1. Gruba benzemektedir. Ancak çalışmamızda ek olarak lateral tibial plato eğimindeki değişimin medialden daha fazla olduğunu da tespit ettik ve bunu sadece anterolateral menteşenin sağlam kaldığı ve lateral anterior plato üzerindeki

referans telinin uzaysal konumunun değişmemesine bağlamaktayız.

Hinterwimmer ve ark., standartlara uygun yapılmış eğim koruyucu bir MAKYTO'da distal tibia'nın 5 derece iç rotasyon yaptığı ve bunun frontal plan düzeltmesiyle bir ilişkisi olmadığını göstermişlerdir. Ayrıca gözlemsel olarak hamstring tendonları ÖÇB cerrahisi nedeniyle greft olarak alınan hastalarda rotasyonel değişikliklerin daha az olduğunu söylemişlerdir (36).

Baumgarten ve ark. yumuşak doku içermeyen tibia-fibula yapılarını kullanan bir kadavra çalışmasında MAKYTO ile koronal düzlem değişikliklerini raporlamıştır. Tüm örneklerde açık kama düzeltme miktarı ile ilişkili olarak distal tibia'nın iç rotasyonuna eşit olan proksimal tibia'nın dış rotasyonu raporlanmıştır (37). Yazarlar, kadavra deneylerinde gözlemlenen bu değişiklikleri sağlam fibula ve sağlam tibia-fibular eklem ile açıklamaktadırlar. Sağlam fibula, tibia-fibula yapısında gelişen açısız düzeltmeye ve artan gerilime direnecek ve sağlam fibulanın etrafında tibia rotasyonu sayesinde rahatlatılacaktır. Bizim çalışmamız, in-vitro bir ortamda yumuşak doku ve fibula etkenlerinden uzak, dolayısıyla yumuşak doku geriliminin olası etkileri olmadan gerçekleştirilmiştir.

Chang. Ve ark. yaptıkları 3 boyutlu sonlu eleman analizinde anterior, posterior ve ortaya koyulan 10 mm distraksiyon bloğunu, -5 , 0 ve 5 derece testere açısı ve -10 , 0 ve 10 derece rotasyonel yönlü osteotomi açısı şeklinde 3 parametreyi kullanarak 27 değişkenli bir osteotomi modeli oluşturmuşlardır. Tibianın 3 ekseninde hareketini incelemiş, sonuç olarak iç ve dış rotasyonun birlikte olduğunu ve bunun nedenselliğini göstermekte eksik kalmışlardır (38).

Jang ve ark. 2015'te 35 HTO üzerinde yaptıkları çalışmada istenmeyen  $3 \pm 7^\circ$ lik bir iç rotasyon gösterdi. Bu çalışmada, sadece bu değişikliklerin gözlenmesi rapor edildi ve açıklık miktarı ile rotasyon arasında bir korelasyon görüldü. Fakat bu çalışma, yumuşak doku yapılarının rotasyonel değişiklikler üzerindeki etkilerini değerlendirmemiştir (39).

Kim ve ark., MAKYTO ve LKKYTO hastalarında rotasyonel değişiklikleri karşılaştırdı. Sonuç olarak, LKKYTO ve MAKYTO sonrası distal fragmanın iç rotasyonu gerçekleşti. Ancak MAKYTO sonrası proksimal fragmanda eksternal rotasyon ve TT-TG mesafesinde artış meydana geldi. Bu tür rotasyonel değişiklikler diz önü ağrısını etkileyebileceğini belirtti (40).

Bizim çalışmamızda ise 1. Grupta proksimal fragmanın dış rotasyon yaptığı, 2. grupta ise iç rotasyon yaptığı ortaya koyulmuştur. 1.grup ve eğim azaltıcı osteotomi için posterior korteks açıklığı daha fazla olması gerekmektedir. Çalışmamızın 1. Grubu ile Hinterwimmer ve Baumgarten'ın çalışmalarındaki örnekler karşılaştırıldığında sonuçların benzer olduğu görülmektedir (36,37). Menteşenin frontal ve sagittal eksen hareketleri üzerine etkisi ile ilgili çalışmalar yeterli düzeyde mevcutken, horizontal düzlem hareketleri ile ilgili yeterli çalışma bulunmamaktadır. Proksimal fragmanın bu hareketleri, patella dizilimi üzerine etkili olabilir, patella yüklenim basıncı ve stresi rotasyonel değişikliklerle yönetilebilir. Gelecekte bununla ilgili çalışmalar artırılması gerekmektedir.

### **Limitasyonlar**

Çalışmamız koyun tibiaları üzerinde yapılmıştır, koyun tibiasında proksimal tibiofibular eklem olmayışı, anatomik olarak lateral tibial eğimin daha fazla olması kısıtlılıklardan bir tanesidir. Ayrıca örneklem sayısının görece azlığı ve yumuşak doku ve proksimal tibiofibular eklem olmayışı menteşesi kırılan örnekleri arttırmış, örneklem sayımızı düşürmüştür. Ayrıca grafide ölçüm kolaylığı için koyduğumuz pinlerin aksiyel rotasyon esnasında uzaysal konumlarında minimal da olsa rotasyon meydana gelmiş olabilir, bu da PTE açısı değişimini minimal da olsa etkilemiş olabilir.

## 6.SONUÇLAR

Posterior korteks açıklığı daha fazla olan grupta lateral plato eğiminin medial platodan anlamlı olarak daha fazla azaldığını saptadık. Bu farkın oluşması sağlam kalan menteşenin anterolateral kortekste olması ve lateral plato anteriorunda osteotomi sonrası uzaysal konumun değişmeyerek ve platonun kendi içinde esnemesine bağlı olabilir. Bunun yanında proksimal fragmanın aksiyel rotasyonu PTE açısını azaltıcı osteotomide dışa doğru olurken, arttırıcı osteotomide ise içe doğru olmaktadır. Bu değişim literatürle uyumlu bulunmuştur.



## 7. KAYNAKLAR

1. Noyes FR, Goebel SX, West J. Opening wedge tibial osteotomy: The 3-triangle method to correct axial alignment and tibial slope. *Am J Sports Med* 2005;33:378-387.
2. Moon SW, Park SH, Lee BH, et al. The effect of hinge position on posterior tibial slope in medial open-wedge high tibial osteotomy. *Arthroscopy* 2015;31:1128-1133
3. Patond KR, Lokhande AV. Medial open wedge high tibial osteotomy in medial compartment osteoarthritis of the knee. *Natl Med J India*. 1993 May-Jun;6(3):104-8. PMID: 8329986.
4. Billings A, Scott DF, Camargo MP, Hofmann AA (2000) High tibial osteotomy with a calibrated osteotomy guide, rigid internal fixation, and early motion. *J Bone Joint Surg Am* 82:70– 79
5. Ozel O, Yucel B, Mutlu S, Orman O, Mutlu H. Changes in posterior tibial slope angle in patients undergoing openwedge high tibial osteotomy for varus gonarthrosis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2017;25:314-318.
6. Kim GB, Kim KI, Song SJ, Lee SH. Increased posterior tibial slope after medial open-wedge high tibial osteotomy may result in degenerative changes in anterior cruciate ligament. *J Arthroplasty* 2019;34:1922-1928.
7. Imhoff FB, Mehl J, Comer BJ, et al. Slope-reducing tibial osteotomy decreases ACL-graft forces and anterior tibial translation under axial load. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2019;27:3381-3389.
8. Bernhardson AS, Aman ZS, DePhillipo NN, et al. Tibial slope and its effect on graft force in posterior cruciate ligament reconstructions. *Am J Sports Med* 2019;47: 1168-1174.
9. Lee YS, Park SJ, Shin VI, Lee JH, Kim YH, Song EK. Achievement of targeted posterior slope in the medial opening wedge high tibial osteotomy: A mathematical approach. *Ann Biomed Eng* 2010;38:583-593.
10. Chung JH, Choi CH, Kim SH, Kim SJ, Lee SK, Jung M. Effect of the Osteotomy Inclination Angle in the Sagittal Plane on the Posterior Tibial Slope of the Tibiofemoral Joint in Medial Open-Wedge High Tibial Osteotomy: Three-Dimensional Computed Tomography Analysis. *J Clin Med*. 2021 Sep 21;10(18):4272. doi: 10.3390/jcm10184272.
11. Wang JH, Bae JH, Lim HC, Shon WY, Kim CW, Cho JW. Medial open wedge high tibial osteotomy: The effect of the cortical hinge on posterior tibial slope. *Am J Sports Med* 2009;37:2411-2418.
12. Maheu E, Bannuru RR, Herrero-Beaumont G, Allali F, Bard H, Migliore A. Why we should definitely include intra-articular hyaluronic acid as a therapeutic option in the management of knee osteoarthritis: Results of an extensive critical literature review. *Semin Arthritis Rheum* 2019;48(4):563–72.
13. Marques Luís N, Varatojo R. Radiological assessment of lower limb alignment. *EFORT Open Rev*. 2021 Jun 28;6(6):487-494. doi: 10.1302/2058-5241.6.210015. PMID: 34267938; PMCID: PMC8246117.
14. Fick R. *Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke*. 3 Teil: Spezielle Gelenkund

- Muskelmechanik Jena. Gustav Fischer; 1911. 15.110 Staubli AE, Jacob HA. Evolution of open-wedge high-tibial osteotomy: experience with a special angular stable device for internal fixation without interposition material. *Int Orthop* 2010;34:167–72.
16. Stanley JC, Robinson KG, Devitt BM, Richmond AK, Webster KE, Whitehead TS, et al. Computer assisted alignment of opening wedge high tibial osteotomy provides limited improvement of radiographic outcomes compared to fluoroscopic alignment. *Knee* 2016;23:289–94
  17. Hsu RW, Himeno S, Coventry MB, Chao EY. Normal axial alignment of the lower extremity and load-bearing distribution at the knee. *Clin Orthop Relat Res.* 1990; 255:215-27
  18. Fujisawa Y, Masuhara K, Shiomi S. The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee. An arthroscopic study of 54 knee joints. *Orthop Clin North Am* 1979;10:585–608.
  19. Moore J, Mychaltchouk L, Lavoie F. Applicability of a modified angular correction measurement method for open-wedge high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2017;25:846–52.
  20. Ivarsson I, Myrnerets R, Gillquist J. High tibial osteotomy for medial osteoarthritis of the knee. A 5 to 7 and 11 year follow-up. *J Bone Joint Surg* 1990;72:238–44.
  21. Hernigou P, Medevielle D, Debeyre J, Goutallier D. Proximal tibial osteotomy for osteoarthritis with varus deformity. A ten to thirteen-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am* 1987;69:332
  22. Jackson JP, Waugh W. Tibial osteotomy for osteoarthritis of the knee. *Acta Orthop Belg* 1982;48(1):93–6.
  23. Amendola A, Fowler PJ, LitchfieldR, KirkleyS, ClatworthyM. Opening wedge high tibial osteotomy using a novel technique: early results and complications. *J Knee Surg* 2004;17(3):164– 9.
  24. El-Assal MA, Khalifa YE, Abdel-Hamid MM, Said HG, Bakr HMA. Opening-wedge high tibial osteotomy without bone graft. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2010 Jul;18(7):961–6.
  25. Nha KW, Kim HJ, Ahn HS, Lee DH. Change in posterior tibial slope after open-wedge and closed-wedge high tibial osteotomy. *Am J Sports Med* 2016;44:3006-3013.
  26. Pape D, Madry H. The preclinical sheep model of high tibial osteotomy relating basic science to the clinics: standards, techniques and pitfalls. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013 Jan;21(1):228-36. doi: 10.1007/s00167-012-2135-y. Epub 2012 Jul 21. PMID: 22820740.,
  27. Madry H, Ziegler R, Orth P, Goebel L, Ong MF, Kohn D, Cucchiari M, Pape D. Effect of open wedge high tibial osteotomy on the lateral compartment in sheep. Part I: Analysis of the lateral meniscus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013 Jan;21(1):39-48. doi: 10.1007/s00167-012-2176-2. Epub 2012 Aug 17. PMID: 22898914.
  28. Ziegler R, Goebel L, Cucchiari M, Pape D, Madry H. Effect of open wedge high tibial osteotomy on the lateral tibiofemoral compartment in sheep. Part II: standard and overcorrection do not cause articular cartilage degeneration. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014 Jul;22(7):1666-77. doi: 10.1007/s00167-013-2410-6. Epub 2013 Jan 23. PMID: 23340838
  29. Kim JI, Kim BH, Han HS, Lee MC. Rotational Changes in the Tibia After High Tibial Valgus Osteotomy: A Comparative Study of Lateral Closing Versus Medial Opening Wedge Osteotomy.

- Am J Sports Med. 2020 Dec;48(14):3549-3556. doi: 10.1177/0363546520960114. Epub 2020 Oct 22. PMID: 33090892.
30. Kim GB, Kim KI, Song SJ, Lee SH. Increased Posterior Tibial Slope After Medial Open-Wedge High Tibial Osteotomy May Result in Degenerative Changes in Anterior Cruciate Ligament. *J Arthroplasty*. 2019 Sep;34(9):1922-1928. doi: 10.1016/j.arth.2019.04.032. Epub 2019 Apr 20. PMID: 31103360.
  31. Hashemi J, Chandrashekar N, Gill B, Beynnon BD, Slauterbeck JR, Schutt RC Jr, Mansouri H, Dabezies E (2008) The geometry of the tibial plateau and its influence on the biomechanics of the tibiofemoral joint. *J Bone Joint Surg Am* 12:2724–2734. <https://doi.org/10.2106/JBJS.G.01358>
  32. Stijak L, Herzog RF, Schai P (2008) Is there an influence of the tibial slope of the lateral condyle on the ACL lesion? A casecontrol study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 16(2): 112–7. <https://doi.org/10.1007/s00167-007-0438-1>. Epub. 2007, 16:18239948. <https://doi.org/10.1007/s00167-007-0438-1>
  33. Jagadeesh N, Paidipati R, Parameshwar A, Shivalingappa VM. Correlation of tibial parameters like medial, lateral posterior tibial slope and medial plateau depth with ACL injuries: randomized control study. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2022 May 24. doi: 10.1007/s00590-022-03288-x. Epub ahead of print. PMID: 35608693.
  34. Teng Y, Mizu-Uchi H, Xia Y, Akasaki Y, Akiyama T, Kawahara S, Nakashima Y. Axial But Not Sagittal Hinge Axis Affects Posterior Tibial Slope in Medial Open-Wedge High Tibial Osteotomy: A 3-Dimensional Surgical Simulation Study. *Arthroscopy*. 2021 Jul;37(7):2191-2201. doi: 10.1016/j.arthro.2021.01.063. Epub 2021 Feb 11. PMID: 33581296.
  35. Marti CB, Gautier E, Wachtl SW, Jakob RP. Accuracy of frontal and sagittal plane correction in open-wedge high tibial osteotomy. *Arthroscopy*. 2004;20: 366-372
  36. Hinterwimmer S, Feucht MJ, Paul J, Kirchoff C, Sauerschnig M, Imhoff AB, Beitzel K. Analysis of the effects of high tibial osteotomy on tibial rotation. *Int Orthop*. 2016 Sep;40(9):1849-54. doi: 10.1007/s00264-015-3100-4. Epub 2016 Jan 12. PMID: 26753845.
  37. Baumgarten KM, Meyers KN, Fealy S et al (2007) The coronal plane high tibial osteotomy. Part II: a comparison of axial rotation with the opening wedge high tibial osteotomy. *HSS J* 3:155–158
  38. Chang SS, Lin SC, Chan YS, Wu CT, Hsu KY, Chen CM, Hsu CP. How do lateral hinge and distraction affect three-dimensional rotation in open wedge high tibial osteotomy? *J Orthop Sci*. 2021 Nov;26(6):1056-1063. doi: 10.1016/j.jos.2020.10.006. Epub 2020 Nov 10. PMID: 33183940.
  39. Jang KM, Lee JH, Park HJ et al (2015) Unintended rotational changes of the distal tibia after biplane medial open-wedge high tibial osteotomy. *J Arthroplasty* 31(1):59–63
  40. Kim JI, Kim BH, Han HS, Lee MC. Rotational Changes in the Tibia After High Tibial Valgus Osteotomy: A Comparative Study of Lateral Closing Versus Medial Opening Wedge Osteotomy. *Am J Sports Med*. 2020 Dec;48(14):3549-3556. doi: 10.1177/0363546520960114. Epub 2020 Oct 22. PMID: 33090892.