





Research Article

Medial Açık Kama Yüksek Tibial Osteotomide Monoplanar ve Biplanar Tekniklerin Radyolojik ve Klinik Sonuçlarının Karşılaştırılması

Sinan YILMAZ¹  Osman TECİMEL¹  Umut ÖKTEM²  Alperen KORUCU³  Durmuş Ali ÖÇGÜDER⁴ ¹ Department of Orthopedics and Traumatology, Memorial Sağlık Grubu, Ankara, Türkiye² Department of Orthopedics and Traumatology Ankara Şehir Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Ankara, Türkiye³ Department of Orthopedics and Traumatology, İstanbul, Türkiye⁴ Department of Orthopedics and Traumatology, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Tekirdağ, Türkiye

ARTICLE INFO

Article history:
Submitted March 23

Accepted May 5

Publication June 30

Keywords:
Osteotomy

Osteoarthritis

Knee

Patella

Tibial Slope

**ORCID IDs of the
Corresponding:**Sinan Yılmaz, MD
0000-0002-6683-8178

ABSTRACT

Background: The aim of this study was to compare the effects of monoplanar and biplanar medial open-wedge high tibial osteotomy on patellar height, posterior tibial slope, union time, and clinical outcomes in patients with medial compartment osteoarthritis and varus alignment.**Methods:** Fifty-nine knees of 57 patients who underwent medial open-wedge high tibial osteotomy between 2015 and 2020 were retrospectively evaluated. Patients were divided into two groups according to the osteotomy technique: monoplanar (n=27) and biplanar (n=32). Preoperative and postoperative mechanical axis, patellar height indices (Caton–Deschamps, Blackburne–Peel, Insall–Salvati), posterior tibial slope, and union time were assessed radiographically. Clinical outcomes were evaluated using the Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS).**Results:** Both techniques significantly corrected varus alignment, with no difference in postoperative mechanical axis values. Patellar height decreased slightly in both groups but remained within normal limits, with no significant intergroup difference. However, the change in patellar height was greater in the monoplanar group (p<0.01). Posterior tibial slope did not change significantly in either group. Union time also did not differ significantly between the groups. KOOS scores improved significantly in both groups postoperatively.**Conclusion:** Medial open-wedge high tibial osteotomy is an effective treatment for medial compartment osteoarthritis in appropriately selected patients. Both monoplanar and biplanar techniques preserve patellar height, although the biplanar technique may allow more precise adjustment. The two techniques provide similar results in terms of posterior tibial slope, union time, and clinical outcomes.

Future studies involving newer multimodal versions of large language models may clarify their potential role in medical education and assessment.

Doi:

10.5281/zenodo.20745718

Co-Author ORCID IDs:

Umut Yılmaz, MD
0000-0001-8436-8934Alperen Korucu, MD
0000-0002-2861-1749Durmuş Ali Öçgüder,
Prof.Dr.
0000-0003-3610-0938Osman Tecimel, Prof.Dr.
0000-0001-8181-1128**Corresponding
author:**
Sinan YILMAZ

drsinany@gmail.com



GİRİŞ

Diz eklemi osteoartriti (gonartroz), diz eklemi kronik ve progresif dejenerasyonu ile seyreden, özellikle ileri yaş popülasyonda aktivite kısıtlılığına neden olan kompleks bir hastalıktır. Yaşam boyu semptomatik diz osteoartriti görülme oranı normal popülasyonda ortalama %45 olup, yaşlı nüfusun artışına bağlı olarak bu oran artış göstermektedir (Hunter & Bierma-Zeinstra, 2019; Michael et al., 2010).

Diz osteoartritinde hastalığın evresine göre konservatif ve cerrahi tedavi seçenekleri mevcuttur. Cerrahi seçenekler arasında diz çevresi osteotomilerinden unikonidler veya total protezlere kadar farklı tedaviler uygulanmaktadır. Artroplastinin başarılı sonuçlarından dolayı diz çevresi osteotomileri zamanla önemini yitirmiş olsa da, özellikle son 10 yılda yeni implant tasarımları ile osteotomi teknikleri tekrar popülaritesini kazanmıştır. Özellikle hafif-orta dereceli osteoartriti olan genç ve aktif hastalarda halen etkili bir tedavi seçeneğidir (Hussain et al., 2016; Brinkman et al., 2008). Varus deformitesinin eşlik ettiği diz osteoartritinde en sık kullanılan osteotomi tekniği proksimal tibianın valgizasyon osteotomileri olup yüksek tibial osteotomi (YTO) olarak adlandırılmaktadır. Uygun hasta grubuna uygun endikasyonlarda uygulandığı takdirde oldukça başarılı sonuçlar elde edilmektedir (Murray et al., 2021; Dal Fabbro et al., 2024).

Bu işlemde en sık tercih edilen teknik, açısız olarak stabil kilitli plaklarla uygulanan medial açık kama yüksek tibial osteotomi (MAKYTO) olup monoplanar (tek planda) veya biplanar (çift planda) uygulanabilmektedir. Monoplanar osteotomi, koronal düzlemde deformitenin düzeltilmesinde etkili olsa da sagittal planda patellar tendonun rölatif olarak kısılması sonucu patella baja gelişimi, patellofemoral temas artışı ve bunun sonucunda patellofemoral eklem artritisi görülebilmektedir. Sagittal plandaki bir diğer sorun ise tibial eğim artışıdır. Tibial eğimin artışıyla birlikte anterior tibial translyasyon meydana gelir ve ön çapraz bağ (ÖÇB) üzerine binen yük artar (Javidan et al., 2013; Kim et al., 2017).

Monoplanar osteotominin aksine, biplanar teknik ile hem koronal hem sagittal plandaki deformiteler düzeltilebilmekte, patellar yükseklik ve posterior tibial eğim ayarlamaları daha kolay yapılabilmektedir. Lateral korteksteki yüklenme daha kontrollü uygulandığından kırık gelişme riski daha düşüktür. Ayrıca daha stabil fiksasyona izin vermesi ve osteotomi hattının daha hızlı kaynaması gibi avantajları da bildirilmiştir (Hauer et al., 2026; Presutti et al., 2021). Literatürde monoplanar ve biplanar tekniklerin patellar yükseklik ve klinik sonuçlar üzerindeki etkilerini karşılaştıran çalışmalar sınırlıdır. Çalışmamızda monoplanar ve biplanar medial açık kama proksimal tibial osteotomi uygulanan hastaların ameliyat sonrası takiplerinde patellar yükseklik değişiklikleri ve bunun hasta fonksiyonlarına etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL- METOD

Hasta Seçimi

Çalışmaya T.C. Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 09.09.2020 Tarih, 70 Sayılı Kurul Kararı ile Onay No:26379996/78 etik kurul onayı alınmasının ardından başlanmıştır.

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniğinde 2015 ve 2020 yılları arasında medial kompartman osteoartriti ve varus dizilimi nedeniyle MAKYTO uygulanan hastalar retrospektif olarak taranmıştır. 18-65 yaş arası, izole medial kompartman artrozu olan, vücut kitle indeksi (VKİ) <30 erkek ve kadın hastalar çalışmaya dahil edildi. Aynı cerrah tarafından, tek çeşit sabit açılı kilitle medial açık kama YTO plağı kullanılan, monoplanar ve biplanar (tibial tüberkülün distalde bırakıldığı) YTO uygulanan hastalar çalışmaya dahil edildi. Çalışmaya dahil edilen hastalar cerrahi tekniğe göre monoplanar ve biplanar) osteotomi uygulanan hastalar olmak üzere 2 gruba ayrıldı. Hastaların tamamına rutin olarak tanısal artroskopi uygulanmış olduğu görüldü. Kriterlere uygun olan 57 hastanın 59 dizinin verileri toplandı.

Verilerin Toplanması

Hastane radyoloji PACS sistemi üzerinden hastaların grafileri tarandı. Ameliyat öncesi ve sonrası 1.gün ve 6,9, 12,24,52. haftalarda çekilmiş olan diz ön arka (AP) ve lateral, bacak uzunluk grafileri ele alındı (Şekil 1). Ortoröntgenogramlarında; preoperatif ve postoperatif görüntülerde alt ekstremite mekanik varus açısı hesaplandı. Fujisawa noktasına göre düzeltme dereceleri belirlendi.

Preoperatif ve postoperatif dönem ve takiplerdeki diz lateral grafilerde, sagittal planda patella yüksekliğinin ölçümü için Caton- Deschamps (C-D), Blackburne-Peel (B-P) ve Insall- Salvati (I-S) indeksleri değerlendirildi (11,12). Ayrıca tibial eğim (slope) hesaplandı. Her iki grupta ameliyat öncesi ve sonrası değişiklikler değerlendirildi.

Hastaların takip grafilerinde kaynama haftaları da kayıt edildi. İyileşme için hastaların osteotomi hattındaki lateralden başlayan kemik köprünün olması ve osteotomi hattındaki ağrının kaybolması olarak değerlendirildi (Şekil 2)

Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası şikayet, fizik muayene bulguları değerlendirildi. Hastaların ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası erken postoperatif, 3.ay ve 1.yıl takiplerindeki şikayetleri, fonksiyonel kapasiteleri ve Diz İncinme Ve Osteoartrit Sonuç Skorları (Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score; KOOS) tarandı.

Şekil 1. Ameliyat öncesi ve sonrası dizilim grafileri



Şekil 2. Osteotomi hattının iyileşme süreci



İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler IBM SPSS Statistics for Windows v20.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) kullanılarak yapıldı. Sürekli değişkenler normal dağılım göstermesi durumunda ortalama±standart sapma, normal dağılım göstermemesi durumunda ortanca (minimum-maksimum) olarak; kategorik değişkenler sayı ve yüzde olarak sunuldu. Normal dağılım Shapiro-Wilk testi ile değerlendirildi.

Gruplar arası karşılaştırmalarda normal dağılım gösteren sürekli değişkenler için bağımsız örneklem t testi, normal dağılım göstermeyenler için Mann-Whitney U testi kullanıldı. Kategorik değişkenler Ki-kare veya uygun olduğunda Fisher'in kesin testi ile karşılaştırıldı. Grup içi preoperatif ve postoperatif karşılaştırmalarda normal dağılım gösteren veriler için eşleştirilmiş t testi, normal dağılım göstermeyen veriler için Wilcoxon işaretli sıralar testi uygulandı.

Sürekli değişkenler arasındaki ilişkiler Spearman korelasyon katsayısı ile analiz edildi. Radyolojik ölçümlerin güvenilirliği iki bağımsız gözlemci tarafından değerlendirilmiş olup ölçümler 2 hafta arayla tekrarlanmıştır. Gözlemci içi ve gözlemciler arası uyum intraclass correlation coefficient (ICC) ile hesaplandı (iki yönlü rastgele etkiler modeli, mutlak uyum; %95 güven aralığı). Tüm analizlerde p<0,05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

BULGULAR

Hastaların cinsiyetine göre oranı; 13 erkek, 44 kadın olarak saptandı. Toplamda 36 sol, 23 sağ diz olarak belirlendi. 2 hastada bilateral osteotomi uygulandığı tespit edildi. Yaş ortalaması 49,44±7.39 (18-60) idi (Şekil 3).

Şekil 3. Cinsiyete göre dağılım



59 vakadan 27'sinin (%45.8) Monoplanar Medial Açık Kama Yüksek Tibial Osteotomi (Mono-MAKYTO), 32'sinin ise (%54.2) ise Biplanar Medial Açık Kama Yüksek Tibial Osteotomi (Bi-MAKYTO) olduğu tespit edildi (Tablo 1). Çalışmaya dahil edilen hastalarda preoperatif varus açısı en fazla 13°, en az 5° olarak ölçüldü. Varus açısı ortalama değeri monoplanar osteotomi yapılan grupta 8.25° iken biplanar grupta 8.53° olarak ölçüldü, istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (Mann Whitney U, p=0.819). Preoperatif C-D indeksi ortalaması monoplanar grupta 1.06, biplanar grupta 1.0 olarak hesaplandı, anlamlı fark saptanmadı (Mann Whitney U, p=0.229). B-P değerleri monoplanar grupta 0,83, biplanar grupta 0,87 olarak bulundu, anlamlı fark saptanmadı (Mann Whitney U, p=0.150). I-S değerleri monoplanar grupta 1,19; biplanar grupta 1,12 olarak bulundu. İstatistiksel açıdan preop I-S ortalama değerleri arasında anlamlı fark saptandı (Mann Whitney U,

p=0.021).

Preoperatif tibial eğim açıları monoplanar grupta 11,5; biplanar grupta 11 olarak hesaplandı. İstatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (Mann Whitney U, p=0.241). Preoperatif KOOS skorları monoplanar grupta 57,48, biplanar grupta 62,5 olarak hesaplandı. İstatistiksel olarak anlamlı fark saptandı (Mann Whitney U, p<0.001) (Tablo 2).

Tablo 1. Osteotomi tipine göre taraf ve cinsiyet dağılımları

			CİNSİYET		Toplam
			Erkek	Kadın	
Monoplanar	SOL		4	12	16
			25,0%	75,0%	100,0%
	SAĞ		2	9	11
			18,2%	81,8%	100,0%
	TOPLAM		6	21	27
			22,2%	77,8%	100,0%
Biplanar	SOL		7	13	20
			35,0%	65,0%	100,0%
	SAĞ		0	12	12
			0,0%	100,0%	100,0%
	TOPLAM		7	25	32
			21,9%	78,1%	100,0%
TOPLAM	SOL		11	25	36
			30,6%	69,4%	100,0%
	SAĞ		2	21	23
			8,7%	91,3%	100,0%
	TOPLAM		13	46	59
			22,0%	78,0%	100,0%

Tablo 2. Osteotomi tipine göre preoperatif ölçüm değerlerinin ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri

Preoperatif	Monoplanar (n=27)	Biplanar (n=32)
Preop Varus açısı	8,25±1,43(5-11)	8,53±1,31(6-13)
Preop C-D	1,06 ±0,19 (0,72-1,39)	1,00±0,19(0,70-1,37)
Preop B-P	0,83±0,14(0,60-1,21)	0,87±0,15(0,61-1,20)
Preop I-S	1,19±0,24 (0,81-1,62)	1,12±0,16(0,88-1,48)
Preop Tibial Eğim	11,59±2,34(6-16)	11,03±1,30(9-14)
Preop KOOS	57,48±5,20(49-68)	62,5±3,89(56-70)

Postoperatif ortalama valgus açısı monoplanar grupta 2,92 (1-5); biplanar grupta 2,9 (1-5) olarak bulundu, istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (Mann Whitney U, p=0.891). Postoperatif ortalama C-D indeksi monoplanar grupta 0,90 (0,71-1,19); biplanar grupta 0,97 (0,71-1,34) olarak ölçüldü, istatistiksel fark saptanmadı (Mann Whitney U, p=0.048).

Postoperatif ortalama B-P indeksi monoplanar grupta 0,69 (0,56-0,91), biplanar grupta 0,86 (0,63-1,24) olarak ölçüldü, istatistiksel fark saptandı (Mann Whitney U, p<0,001). Postoperatif ortalama I-S indeksi monoplanar grupta 1,28 (0,00-1,77) biplanar grupta 1,16 (0,82-1,45) olarak ölçüldü, istatistiksel fark saptandı. (Mann Whitney U, p=0.009). Ortalama tibial eğim (slope) monoplanar grupta 11,4 (4-17), biplanar grupta 10,96 (8-14) olarak ölçüldü, istatistiksel fark saptanmadı (Mann Whitney U, p=0.425). Postoperatif ortalama kaynama haftası monoplanar grupta 8,71 (6-12), biplanar grupta 8,7 (6-12) olarak ölçüldü, istatistiksel fark saptanmadı (Mann Whitney U, p=0.975). Postoperatif ortalama KOOS skorları monoplanar grupta 80,7 (64-92), biplanar grupta 85,9 (75-91) olarak ölçüldü, istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı, (Mann Whitney U, p<0.005) (Tablo 3).

Monoplanar gruptaki hastaların preoperatif ve postoperatif mekanik aks açısı değerleri 8,25 varus ile 2,92 valgus değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptandı (Wilcoxon, p<0.001). Ortalama C-D preoperatif 1,06 (0,72-1,39) ve postoperatif 0,9 (0,71-1,19) değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (Wilcoxon, p=0.860). Ortalama B-P preoperatif 0,83 (0,60-1,21) ve postoperatif 0,69 (0,56-0,91) değerleri arasında anlamlı fark saptanmadı (Wilcoxon, p=0.377). Ortalama I-S preoperatif 1,24 (0,81-1,62) ve postoperatif 1,28 (0,00-1,77) değerleri arasında anlamlı fark saptanmadı (Wilcoxon, p=0.052). Ortalama tibial eğim preoperatif 11,59 (6-16) ve postoperatif 11,4 (4-17) değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (Wilcoxon, p=0.774). Ortalama KOOS preoperatif 57,48 (49-68) ile postoperatif 80,7 (64-92) değerleri arasında ise istatistiksel fark saptandı, klinik iyileşme olduğu görüldü (Wilcoxon, p<0.001) (Tablo 4).

Biplanar gruptaki hastaların preoperatif ve postoperatif ortalama mekanik açı 8,53 (6-12) varus ile 2,9 (1-5) valgus değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptandı (Wilcoxon, p<0.01). Ortalama C-D preoperatif 1(0,7-1,37) ile postoperatif 0,97 (0,71-1,34) değerleri arasında istatistiksel fark saptanmadı (Wilcoxon, p=0.537). Ortalama B-P preoperatif 0,87 (0,61-1,20) ile postoperatif 0,86 (0,63-1,24) değerleri arasında istatistiksel fark saptanmadı (Wilcoxon, p=0.757), Ortalama I-S preoperatif 1,12 (0,88-1,48) ile postoperatif 1,16 (0,82-1,45) değerleri arasında istatistiksel fark saptanmadı (Wilcoxon, p>0.05). Ortalama tibial eğim preoperatif 10,96 (8-14) ile postoperatif 11,03 (9-14) değerleri arasında istatistiksel fark saptanmadı (Wilcoxon, p>0.05). Ortalama KOOS preoperatif 62,5 (56-70) ile postoperatif 85,9 (75-91) değerleri arasında ise istatistiksel fark saptandı, klinik iyileşme olduğu görüldü (Wilcoxon, p<0.01) (Tablo 5).

Monoplanar ve biplanar gruptaki hastaların, preoperatif ve postoperatif mekanik açı değişiklikleri karşılaştırıldığında monoplanar grup -5,33 ile biplanar grup -5,62 değerleri arasında istatistiksel fark saptanmadı (Mann Whitney U, p=0.890). Ortalama skor değişiklikleri karşılaştırıldığında C-D indeksi değişimi monoplanar grup -0,16 ile biplanar grup -0,02 değerleri arasında istatistiksel fark saptandı (Mann Whitney U, p<0.001). B-P indeksi değişimi monoplanar grup -0,14 ile biplanar grup -0,01 değerleri arasında istatistiksel fark saptandı (Mann Whitney U, p<0,001). I-S indeksi değişimi monoplanar grup 0,03 ile biplanar grup 0,04 değerleri arasında istatistiksel fark saptanmadı. (Mann Whitney U, p=0.283). Tibial eğim değişimleri monoplanar grup -0,17 ile biplanar grup -0,06 değerleri arasında istatistiksel fark saptanmadı (Mann Whitney U, p=0.689). KOOS değişimleri monoplanar grup 23,22 ile biplanar grup 23,4 değerleri arasında istatistiksel fark saptanmadı (Mann Whitney U, p=0.760) (Tablo 6).

İki hastada ameliyat sırasında lateral korteks kırığı gelişmiş olduğu görüldü. Hastalardan birine kortikal vida, diğerine U çivisi ile fiksasyon uygulandı görüldü. Hastalarda ek komplikasyon ve kaynama gecikmesi saptanmadı.

Tablo 3. Osteotomi tipine göre postoperatif ölçüm değerleri, kaynama haftaları ve klinik skorlarının ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri

Postoperatif	Monoplanar (n=27)	Biplanar (n=32)
Postop Valgus açısı	2,92±0,91(1-5)	2,90±1,00(1-5)
Postop C-D	0,90±0,11(0,71-1,19)	0,97±0,15(0,71-1,34)
Postop B-P	0,69±0,09(0,56-0,91)	0,86±0,15(0,63-1,24)
Postop I-S	1,28±0,35(0,00-1,77)	1,16±0,15(0,82-1,45)
Postop Tibial Eğim	11,4±3,19(4-17)	10,96±1,46(8-14)
Kaynama Haftası	8,71±1,88(6-12)	8,70±1,5(6-12)
Postop KOOS	80,70±7,34(64-92)	85,90±4,71(75-91)

Tablo 4. Monoplanar gruptaki hastaların preoperatif ve postoperatif ölçüm değerlerinin ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri

Monoplanar grup	Preoperatif	Postoperatif
Dizin Mekanik açısı	8,25±1,43(5-11)	-2,92±0,91(-1-5)
C-D	1,06 ±0,19 (0,72-1,39)	0,90±0,11(0,71-1,19)
B-P	0,83±0,14(0,60-1,21)	0,69±0,09(0,56-0,91)
I-S	1,24±0,24 (0,81-1,62)	1,28±0,35(0,00-1,77)
Tibial Eğim	11,59±2,34(6-16)	11,4±3,19(4-17)
KOOS	57,48±5,20(49-68)	80,70±7,34(64-92)

Tablo 5. Biplanar gruptaki hastaların preoperatif ve postoperatif ölçüm değerlerinin ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri

Biplanar grup	Preoperatif	Postoperatif
Diz Mekanik Açısı	8,53±1,31(6-12)	2,90±1,00(1-5)
C-D	1,00±0,19(0,70-1,37)	0,97±0,15(0,71-1,34)
B-P	0,87±0,15(0,61-1,20)	0,86±0,15(0,63-1,24)
I-S	1,12±0,16(0,88-1,48)	1,16±0,15(0,82-1,45)
Tibial Eğim	10,96±1,46(8-14)	11,03±1,30(9-14)
KOOS	62,5±3,89(56-70)	85,90±4,71(75-91)

Tablo 6. Osteotomi tipine göre ölçüm değerleri, iyilik hali skorlarının ortalama fark değerlerinin ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri

Pre-Postoperatif Fark	Monoplanar (n=27)	Biplanar (n=32)
Fark Mekanik Açısı	-5,33±2,00(-9-0)	-5,62±2,29(-11-1)
Fark CD	-0,16±0,17(-0,45-0,13)	-0,02±0,11(-0,35-0,16)
Fark B-P	-0,14±0,14(-0,51-0,15)	-0,01±0,11(-0,45-0,16)
Fark I-S	0,03±0,29(-1,23-0,43)	0,04±0,10(-0,24-0,35)
Fark Tibial Eğim	-0,17±2,78(-6-9)	-0,06±1,16(-5-2)
Fark KOOS	23,22±6,09(10-35)	23,40±4,68(12-33)

TARTIŞMA

Medial kompartman artrozu olan hastalarda uygulanan yüksek tibial osteotomi günümüzde halen tercih edilen bir yöntemdir. Uygun endikasyon ve hasta grubunda diz osteoartriti tedavisinde artroplastiye alternatif olarak geçerliliğini sürdürmekte olup, uzun dönem sonuçları başarılıdır (Hui et al., 2011; Guarino et al., 2023).

YTO için en uygun hasta popülasyonu genç (<60 yaş), obez olmayan (VKİ <30), aktif ve fonksiyon düzeyi yüksek, sabit yapısal deformitesi olmayan ve izole medial kompartman artrozu bulunan hastalardır. Ek olarak hastanın genel durumu, osteoartritin tipi, kıkırdak durumu, tek kompartman artriti ve sabit yapısal deformite varlığı gibi birçok faktör birlikte değerlendirilmelidir. Yaş tek başına sınırlayıcı bir etken olmayıp uygun endikasyonlarda 60 yaş üzerindeki hastalara da uygulanabilmektedir (Loia et al., 2016; Dawson et al., 2024). Bizim çalışmamızda maksimum yaş 60 olarak görülmüş olup hasta yaşı ortalama 50 olarak hesaplandı. Hastaların çoğunlukla kadın olduğu (13 erkek; 46 kadın) tespit edildi. Ek olarak hastaların tamamında izole medial kompartman artrozu ve varus dizilim bozukluğu olması, obez hasta olmaması (VKİ <30) nedeniyle örneklem aralığımızın cerrahi endikasyonlarla uyumlu olduğu görüldü.

Yüksek tibial osteotomi medial açık kama veya lateral kapalı kama şeklinde uygulanabilmektedir. Medial açık kama tekniğinin lateral kapalı kama tekniğine göre çeşitli avantajları bulunmaktadır. Özellikle patella alta, eşlik eden bağ yetmezlikleri ve instabilite durumlarında tercih edilmekte, aynı seansta artroskopik bağ rekonstrüksiyonu da yapılabilmektedir. En önemli avantajları arasında fibula osteotomisi gerektirmemesi, tek insizyonla uygulanabilmesi, daha az yumuşak doku diseksiyonu gerektirmesi ve peroneal sinir hasarı riskinin düşük olması yer almaktadır. Bacak boyunda kısalmaya neden olmaması, kemik kaybı oluşturmaması, daha fazla düzeltmeye olanak sağlaması, sagittal ve koronal planda düzeltme yapılabilmesi ve gerektiğinde artroplastiye geçişin daha kolay olması diğer avantajlarıdır. Ayrıca ameliyat sonrası kıkırdak dejenerasyonunda azalma ve kıkırdak yenilenmesi görülebildiği bildirilmiştir (Lobenhoffer & Agneskirchner, 2003; McNamara et al., 2013; Parker et al., 2011). Bizim çalışmamızdaki hastaların tamamı medial açık kama tekniği ile yüksek tibial osteotomi uygulanan hastalardan oluşmaktaydı.

Medial açık kama YTO uygulanacak hastalarda preoperatif değerlendirmede varus deformitesinin 15°'nin altında olması ve düzeltme sonrasında medial proksimal tibial açı (MPTA) ile eklem hattı obliklik (JLO) açı değerlerinin normal sınırlar içinde kalması uygun endikasyon olarak kabul edilmektedir. Daha ileri derecedeki deformitelerde lateral korteks kırığı, kaynamama, tibial eğim (slope) değişiklikleri, eklem çizgisi değişiklikleri ve patella baja gelişimi gibi komplikasyon riskleri artmaktadır (Sherafat Vaziri et al., 2025). Çalışmamızda hastaların preoperatif varus açısı en fazla 13° ve en az 5° olarak belirlendi.

Düzeltilme derecesi YTO'nun başarısını etkileyen önemli bir faktördür. Literatürde tam bir fikir birliği olmasa da çoğu yazar fazla düzeltmeyi (over-correction) önermektedir. Mekanik eksenden sapma derecesinin üzerine 3-5° düzeltme yapılmasının iyi sonuçlar verdiğini bildiren çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Ivarsson et al., 1990; Kornah et al., 2019; Sabzevari et al., 2016). Bizim çalışmamızda ameliyat sonrası yapılan ölçümlerde dizin mekanik açısının postoperatif dönemde en fazla 5°, en az 1° valgus olduğu görüldü. Ortalama olarak monoplanar grupta 2.92° valgus, biplanar grupta ise 2.90° valgus olarak hesaplandı. Her iki grupta da varus dizilim bozukluğunun istenilen şekilde düzeltildiği tespit edildi.

Monoplanar teknikte sagittal planda rölatif patellar tendon kısalmasına bağlı olarak patella baja ve bunun sonucunda patellofemoral artrit meydana gelebilmektedir. Buna alternatif olarak geliştirilen biplanar teknik, özellikle medial kompartman artrozuna ek olarak patellofemoral artrozu bulunan hastalarda tercih edilmektedir.

Biplanar teknikte patellar yükseklik daha kolay ayarlanabilmekte ve patellofemoral sorunların önüne geçilebilmektedir (Gaasbeek et al., 2004; Elmalı et al., 2013). Otsuki et al. (2018) tarafından gerçekleştirilen 75 vakalık bir çalışmada patellar yüksekliği değerlendirmek amacıyla Caton-Deschamps indeksi kullanılmış ve preoperatif ortalama 0.93 olan C-D indeksinin postoperatif dönemde 0.73'e düştüğü bildirilmiştir. Zheng et al. (2022), 71 hastayı içeren ve monoplanar ile biplanar osteotomi sonrası değişiklikleri karşılaştırdıkları çalışmalarında, her iki grupta da C-D ve B-P indekslerinde azalma olduğunu, ancak değişikliğin biplanar grupta daha belirgin olduğunu göstermiştir. Kim et al. (2021) ise biplanar osteotomi tekniği içerisinde supratüberküler ve retrotüberküler osteotomi uygulanan hastaları karşılaştırmış; C-D ve B-P indeksleri ile yapılan değerlendirmelerde supratüberküler osteotomi grubunda patellar yüksekliğin anlamlı düzeyde azaldığını, retrotüberküler grupta ise korunduğunu bildirmiştir.

Bizim çalışmamızda hem monoplanar hem de biplanar grup kendi içerisinde ayrı ayrı değerlendirildiğinde ameliyat öncesi ve sonrası patellar yükseklik değerlerinde anlamlı bir değişiklik olmadığı görüldü. Bu açıdan her iki tekniğin de patellar yüksekliği normal sınırlar içerisinde koruyarak düzeltmeye olanak sağladığı söylenebilir. Ancak monoplanar ve biplanar teknikler karşılaştırıldığında C-D ve B-P indeks değerlerinin monoplanar grupta biplanar gruba göre daha fazla değiştiği, dolayısıyla patellar yükseklik azalmasının monoplanar grupta daha belirgin olduğu görüldü. Patellar yükseklikteki değişikliklerin hasta klinik sonuçlarını etkileyebileceği düşünüldüğünde, patellofemoral artriti bulunan hastalarda öncelikle biplanar, özellikle de tibial tüberkülün korunduğu retrotüberküler tekniklerin tercih edilmesi uygun olabilir.

Diz çevresi osteotomilerinde posterior tibial eğimin ayarlanması da literatürde tartışılmalı konulardan biridir. Tibial eğimdeki artış anterior tibial translasyonun artmasına ve ön çapraz bağ üzerine daha fazla yük binmesine neden olurken, posterior tibial translasyon ve arka çapraz bağ (AÇB) üzerine binen yükü azaltmaktadır. Bu nedenle ön çapraz bağ yetmezliği bulunan dizlerde tibial eğimin azaltılması, AÇB yetmezliği bulunan dizlerde ise kontrollü tibial eğim artışı hedeflenebilmektedir (Novaretti et al., 2018).

Genel olarak tibial eğim medial açık kama osteotomilerde artma eğilimindeyken, kapalı kama osteotomilerde azalma eğilimindedir (Ducat et al., 2012). Tibial eğim ile monoplanar ve biplanar teknikler arasındaki ilişki ise halen net değildir. Biplanar osteotomi sonrasında posterior tibial eğimin uniplanar tekniğe göre daha fazla arttığını bildiren çalışmalar bulunmakla birlikte, iki teknik arasında anlamlı fark olmadığını bildiren çalışmalar da mevcuttur (Suh et al., 2022; Lauwers et al., 2023). Biz de çalışmamızda hem biplanar hem de monoplanar gruplarda ameliyat öncesi ve sonrası tibial eğim açısından anlamlı bir değişiklik olmadığını saptadık. Ayrıca gruplar birbiriyle karşılaştırıldığında da tibial eğim değişikliği bakımından anlamlı bir farklılık bulunmadı. Bu yönüyle bulgularımızın mevcut literatürle uyumlu olduğu görülmektedir.

YTO sonrası osteotomi hattının kaynama süresi ortalama 12 hafta olarak kabul edilmektedir. Kaynamama riski ile en sık ilişkilendirilen faktörler arasında sigara kullanımı, açık kama genişliği, lateral korteks kırığı ve anterior plak yerleşimi yer almaktadır (Araya et al., 2024). van Houten et al. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, kaynamama için en önemli risk faktörünün sigara içiciliği olduğu belirtilmiş, diğer faktörlerin ise bağımsız prediktif değer taşımadığı sonucuna varılmıştır. Siboni et al. (2018) tarafından 41 hasta üzerinde gerçekleştirilen retrospektif çalışmada ise lateral korteks kırığı bulunan, 10° üzerinde düzeltme yapılan ve obezite mevcut olan hastalarda kaynamama riskinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Biplanar osteotomi tekniğinde monoplanar tekniğe kıyasla kaynama problemlerinin daha az görüldüğünü bildiren çalışmalar mevcuttur. Lobenhoffer ve Agneskirchner (2003), biplanar osteotomide düzeltme kaybı ve kaynamama oranlarının monoplanar tekniğe göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada anterior osteotominin tibial eğimdeki değişimi sınırladığı ve rotasyonel stabiliteye katkı sağladığı bildirilmiştir (Lobenhoffer & Agneskirchner, 2003). Ayrıca Brinkman et al. (2008) ve Lobenhoffer ve Agneskirchner (2003) tarafından bildirildiği üzere,

kaynamanın lateralden mediale doğru ilerlediği, osteotomi hattının yaklaşık altı hafta sonra üçte birinde kemik teması olduğu gözlenmiştir. Özellikle anterior osteotomi hattında daha hızlı kemik konsolidasyonu geliştiği (ortalama üç hafta) ve bu bölgenin iyileşme sürecinde stabilizatör kolon görevi gördüğü ifade edilmiştir (Brinkman et al., 2008; Lobenhoffer & Agneskirchner, 2003).

Bizim çalışmamızda ameliyat sonrası radyolojik kaynama süresi ortalama 9 hafta olarak saptanmış olmakla birlikte, biplanar ve monoplanar gruplar karşılaştırıldığında iki grup arasında anlamlı bir fark olmadığı görüldü. Bununla birlikte hastaların beslenme durumları ve sigara kullanımı ile ilgili yeterli verinin bulunmamasının sonuçları etkilemiş olabileceği düşünülmektedir. Daha geniş hasta serileri ve kaynamayı etkileyebilecek faktörlere göre oluşturulacak alt gruplarla yapılacak çalışmaların konuya daha fazla açıklık getireceği kanaatindeyiz.

Literatürde yüksek tibial osteotominin klinik sonuçlarını değerlendiren çalışmalarda, erken dönemde elde edilen başarılı sonuçlara karşın uzun dönem sonuçların özellikle 10. yıldan sonra giderek kötüleştiği bildirilmektedir (Loke et al., 2025). Insall et al. (1984), iki yıllık takipte %97, beş yıllık takipte ise %85 oranında çok iyi ve iyi sonuç bildirmiş; ancak dokuz yıldan uzun takiplerde bu oranın %37'ye düştüğünü göstermiştir. Benzer şekilde Papachristou et al. (2006), yüksek tibial osteotomi sonrası uzun dönem sonuçları değerlendirdikleri çalışmalarında kısa ve orta dönemde iyi sonuçlar elde edilmesine rağmen, 10. yıldan itibaren klinik bulgularda kötüleşme görüldüğünü bildirmişlerdir.

Bizim çalışmamızda hem monoplanar hem de biplanar grupta postoperatif KOOS skorlarında erken ve orta dönemde anlamlı iyileşme saptandı. Her iki teknikte de erken ve orta dönemde anlamlı derecede olumlu klinik sonuçlar elde edildi. Ancak çalışmamızda uzun dönem sonuçlara ilişkin veri bulunmamaktadır.

Medial açık kama YTO'da greft kullanımı halen tartışmalı bir konudur. Osteotomi hattındaki defektin doldurulmasında olog kemik grefti altın standart olarak kabul edilmektedir (Yacobucci & Cocking, 2008). Ayrıca Brinkman et al. (2008) ve Lobenhoffer ve Agneskirchner (2003) tarafından geniş düzeltme yapılan olgularda otogreft kullanımının önerildiği bildirilmiştir (Brinkman et al., 2008; Lobenhoffer & Agneskirchner, 2003). Bizim çalışmamızda 13 mm açıklığı bulunan bir hastada osteotomi hattı iliak kanattan alınan otogreft ile doldurulmuştur. Menteşe bölgesinde lateral korteks kırığı gelişen iki hastada ise literatürde yaygın olarak önerildiği şekilde kompresyon vidası kullanılmıştır.

SINIRLILIKLAR

Çalışmanın en temel kısıtlılığı retrospektif olması idi. Retrospektif tasarımı nedeniyle seçim ön yargısı tamamen dışlanmamaktadır. Hastaların dahil edilmesi, yukarıda belirtilen dahil edilme ve dışlama kriterlerinin yanı sıra, mevcut tıbbi kayıtların erişilebilirliği ve veri tamlığına dayandığından, çalışma örnekleme genel popülasyonu tam olarak temsil etmeyebilir. Ayrıca retrospektif tasarımı nedeniyle gruplar randomize şekilde oluşturulmamış olup, başlangıçtaki klinik farklılıklar sonuçlar üzerinde etkili olmuş olabilir.

Bir diğer önemli kısıtlılık, monoplanar veya biplanar cerrahi tekniğin hangi hastada hangi kriterlere göre tercih edildiğinin retrospektif veri seti üzerinden net olarak belirlenememesidir. Bu durum, elde edilen sonuçların yorumlanmasını güçleştirmektedir.

Tüm hastalara rutin artroskopik girişim uygulanmış olup, ÖÇB tamiri, menisküs tamiri veya her ikisinin birden uygulandığı hastalar çalışmaya dahil edilmiştir. Ayrıca bir hastada greft kullanımı ihtiyacı olmuş, iki hastaya da lateral korteks kırığı nedeniyle fiksasyon uygulanması gerekmiştir. Hasta sayısının bu alt gruplarda sınırlı olması nedeniyle, farklı artroskopik prosedürlerin ve diğer ek cerrahi işlemlerin sonuçlara etkisinin değerlendirilememiş olması başka bir kısıtlayıcı faktördür.

Ayrıca, osteotomi hattının kaynama süresi açısından önemli olabilecek sigara kullanım bilgisine tüm hastalarda net olarak ulaşılamamış olması nedeniyle bu değişken analizlere dahil edilememiştir. Yüksek tibial osteotomi tekniğinde uzun dönem takiplerde klinik ve radyolojik sonuçların kötüleştiği (36-38) göz önünde bulundurulduğunda, elde edilen sonuçların erken ve orta dönem sonuçlar olarak, uzun dönem takip sonuçların mevcut olmaması çalışmanın bir diğer kısıtlayıcı faktörü olarak karşımıza çıkmaktadır. Daha geniş hasta serileri ve daha uzun takip süreleri ile yapılacak çalışmaların daha sağlıklı sonuçlar vereceği kanaatindeyiz.

SONUÇ

Medial kompartman artrozu olan hastalarda medial açık kama yüksek tibial osteotomi başarılı sonuçlar vermektedir. Uygun hasta seçimi ve detaylı preoperatif değerlendirme ameliyat başarısında en kritik hususlardır. Monoplanar ve biplanar osteotomi arasında patellar yükseklik değişimi, tibial eğim ve hasta skorları açısından anlamlı fark bulunamamış olsa da biplanar teknik de kaynama süresi açısından monoplanar tekniğe göre bir miktar daha avantajlıdır. Uygun şekilde uygulandığında her iki teknikte de tatminkar klinik sonuçlar alınabilmektedir.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır (Onay no:26379996/78, tarih:09.09.2020 / 78 Sayılı Kurul Kararı) Çalışma Helsinki Bildirgesi ilkelerine uygun olarak yürütülmüştür. Çalışma retrospektif olarak tasarlandığından bilgilendirilmiş gönüllü onam formu kullanılmamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Finansal Destek

Bu çalışma için herhangi bir kurum veya kuruluştan finansal destek alınmamıştır.

Veri Paylaşımı

Bu çalışma kapsamında elde edilen veriler kurumsal veri koruma politikaları nedeniyle kamuya açık değildir. Ancak makul talep halinde sorumlu yazardan temin edilebilir.

KAYNAKLAR

Araya, N., Koga, H., Nakagawa, Y., et al. (2024). Risk factors for delayed bone union in opening wedge high tibial osteotomy. *Journal of Orthopaedic and Related Surgery*, 35(3), 546-553. <https://doi.org/10.52312/jdrs.2024.1636>

Brinkman, J. M., Lobenhoffer, P., Agneskirchner, J. D., Staubli, A. E., Wymenga, A. B., & van Heerwaarden, R. J. (2008). Osteotomies around the knee: Patient selection, stability of fixation and bone healing in high tibial osteotomies. *Journal of Bone and Joint Surgery British Volume*, 90(12), 1548-1557. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.90B12.21198>

Dal Fabbro, G., Grassi, A., Agostinone, P., et al. (2024). High survivorship rate and good clinical outcomes after high tibial osteotomy in patients with radiologically advanced medial knee osteoarthritis: A systematic review. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 144, 3977-3988. <https://doi.org/10.1007/s00402-024-05254-0>

Dawson, M., Elson, D., Claes, S., et al. (2024). Osteotomy around the painful degenerative varus knee has broader indications than conventionally described but must follow a strict planning process: ESSKA formal consensus part I. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 32(7), 1891-1901. <https://doi.org/10.1002/ksa.12256>

- Ducat, A., Sariali, E., Lebel, B., et al. (2012). Posterior tibial slope changes after opening- and closing-wedge high tibial osteotomy: A comparative prospective multicenter study. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 98(1), 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2011.08.013>
- Elmalı, N., Esenkaya, I., Can, M., & Karakaplan, M. (2013). Monoplanar versus biplanar medial open-wedge proximal tibial osteotomy for varus gonarthrosis: A comparison of clinical and radiological outcomes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 21(12), 2689–2695. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-2040-4>
- Gaasbeek, R. D., Sonneveld, H., van Heerwaarden, R. J., et al. (2004). Distal tuberosity osteotomy in open wedge high tibial osteotomy can prevent patella infera: A new technique. *Knee*, 11(6), 457–461. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2004.02.002>
- Guarino, A., Farinelli, L., Iacono, V., et al. (2023). Long-term survival and predictors of failure of opening wedge high tibial osteotomy. *Orthopaedic Surgery*, 15(4), 1002–1007. <https://doi.org/10.1111/os.13674>
- Hauer, T. M., Vieider, R. P., Wasserstein, D., et al. (2026). Technical tips and tricks for complex biplanar high tibial osteotomies. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 34(1), 229–247. <https://doi.org/10.1002/ksa.70083>
- Hunter, D. J., & Bierma-Zeinstra, S. (2019). Osteoarthritis. *The Lancet*, 393(10182), 1745–1759. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)30417-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30417-9)
- Hui, C., Salmon, L. J., Kok, A., et al. (2011). Long-term survival of high tibial osteotomy for medial compartment osteoarthritis of the knee. *American Journal of Sports Medicine*, 39(1), 64–70. <https://doi.org/10.1177/0363546510377442>
- Hussain, S. M., Neilly, D. W., Baliga, S., Patil, S., & Meek, R. (2016). Knee osteoarthritis: A review of management options. *Scottish Medical Journal*, 61(1), 7–16. <https://doi.org/10.1177/0036933015619588>
- Insall, J. N., Joseph, D. M., & Msika, C. (1984). High tibial osteotomy for varus gonarthrosis: A long-term follow-up study. *Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*, 66(7), 1040–1048.
- Ivarsson, I., Myrnerets, R., & Gillquist, J. (1990). High tibial osteotomy for medial osteoarthritis of the knee: A 5- to 7- and 11-year follow-up. *Journal of Bone and Joint Surgery British Volume*, 72(2), 238–244. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.72B2.2312563>
- Javidan, P., Adamson, G. J., Miller, J. R., et al. (2013). The effect of medial opening wedge proximal tibial osteotomy on patellofemoral contact. *American Journal of Sports Medicine*, 41(1), 80–86. <https://doi.org/10.1177/0363546512462810>
- Kim, J. S., Lee, J. I., Choi, H. G., et al. (2021). Retro-tubercle biplanar opening wedge high tibial osteotomy is favorable for the patellofemoral joint but not for the osteotomized tubercle itself compared with supra-tubercle osteotomy. *Arthroscopy*, 37(8), 2567–2578. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2021.03.009>
- Kim, K. I., Kim, D. K., Song, S. J., Lee, S. H., & Bae, D. K. (2017). Medial open-wedge high tibial osteotomy may adversely affect the patellofemoral joint. *Arthroscopy*, 33(4), 811–816. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2016.09.027>
- Kornah, B., Abdel-Hameed, S., & Abdel-AAL, M. (2019). Biplanar open-wedge high tibial osteotomy with locking plate for treatment of osteoarthritic varus knee. *Open Journal of Orthopedics*, 9, 1–13. <https://doi.org/10.4236/ojo.2019.91001>
- Lauwers, R., van Beek, N., Goossens, D., et al. (2023). Clinical and radiological outcomes of medial opening-wedge monoplanar and biplanar high tibial osteotomy using a triangular allograft impaction technique. *Knee*, 44, 21–30. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2023.06.012>
- Loia, M. C., Vanni, S., Rosso, F., et al. (2016). High tibial osteotomy in varus knees: Indications and limits. *Joints*, 4(2), 98–110. <https://doi.org/10.11138/jts/2016.4.2.098>
- Loke, R. W. K., Chan, Y. K., Lim, Y. H., et al. (2025). Conversion to total knee arthroplasty after high tibial osteotomy: A systematic review and meta-analysis. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 13(2), 23259671241310963. <https://doi.org/10.1177/23259671241310963>
- McNamara, I., Birmingham, T. B., Fowler, P. J., & Giffin, J. R. (2013). High tibial osteotomy: Evolution of research and clinical applications—A Canadian experience. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 21(1), 23–31. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-2218-9>
- Michael, J. W., Schlüter-Brust, K. U., & Eysel, P. (2010). The epidemiology, etiology, diagnosis, and treatment of osteoarthritis of the knee. *Deutsches Ärzteblatt International*, 107(9), 152–162. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2010.0152>
- Murray, R., Winkler, P. W., Shaikh, H. S., & Musahl, V. (2021). High tibial osteotomy for varus deformity of the knee. *JAAOS Global Research & Reviews*, 5(7), e21.00141. <https://doi.org/10.5435/JAAOSGlobal-D-21-00141>
- Novaretti, J. V., Sheean, A. J., Lian, J., et al. (2018). The role of osteotomy for the treatment of PCL injuries. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 11(2), 298–306. <https://doi.org/10.1007/s12178-018-9488-x>
- Otsuki, S., Murakami, T., Okamoto, Y., et al. (2018). Risk of patella baja after opening-wedge high tibial osteotomy. *Journal of Orthopaedic Surgery*, 26(3), 2309499018802484. <https://doi.org/10.1177/2309499018802484>
- Papachristou, G., Plessas, S., Sourlas, J., et al. (2006). Deterioration of long-term results following high tibial osteotomy in patients under 60 years of age. *International Orthopaedics*, 30(5), 403–408. <https://doi.org/10.1007/s00264-006-0098-7>
- Parker, D. A., Beatty, K. T., Giuffre, B., et al. (2011). Articular cartilage changes in patients with osteoarthritis after osteotomy. *American Journal of Sports Medicine*, 39(5), 1039–1045. <https://doi.org/10.1177/0363546510392702>
- Presutti, M., Goderecci, R., Palumbo, P., et al. (2021). A novel biplanar medial opening-wedge high tibial osteotomy: The Z-shaped technique. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*, 22(1), 53. <https://doi.org/10.1186/s10195-021-00617-4>
- Sabzevari, S., Ebrahimipour, A., Roudi, M. K., & Kachooei, A. R. (2016). High tibial osteotomy: A systematic review and current concept. *Archives of Bone and Joint Surgery*, 4(3), 204–212.
- Sherafat Vaziri, A., Ahmadzadeh, H., & Hosseinzadeh, N. (2025). How to perform an accurate and safe medial open wedge high tibial osteotomy: A technical note. *Archives of Bone and Joint Surgery*, 13(6), 378–382. <https://doi.org/10.22038/ABJS.2025.81222.3703>
- Siboni, R., Beauflis, P., Boisrenoult, P., et al. (2018). Opening-wedge high tibial osteotomy without bone grafting in severe varus osteoarthritic knee: Rate and risk factors of non-union in 41 cases. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 104(4), 473–476. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2018.01.014>
- Suh, D. W., Nha, K. W., Han, S. B., et al. (2022). Biplane medial opening-wedge high tibial osteotomy increases posterior tibial slope more than uniplane osteotomy. *Journal of Knee Surgery*, 35(11), 1229–1235. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1722659>
- van Houten, A. H., Heesterbeek, P. J. C., van Heerwaarden, R. J., et al. (2014). Medial open wedge high tibial osteotomy: Can delayed or nonunion be predicted? *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 472(4), 1217–1223. <https://doi.org/10.1007/s11999-013-3387-7>

Vella-Baldacchino, M., Cipolla, A., Asghar, Z., et al. (2025). Patella height ratios diagnose the same healthy knees differently. *Scientific Reports*, 15, 89. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-83663-2>

Verhulst, F. V., van Sambeek, J. D. P., Olthuis, G. S., van der Ree, J., & Koëter, S. (2020). Patellar height measurements: Insall-Salvati ratio is most reliable method. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 28(3), 869–875. <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05531-1>

Yacobucci, G. N., & Cocking, M. R. (2008). Union of medial opening-wedge high tibial osteotomy using a corticocancellous proximal tibial wedge allograft. *American Journal of Sports Medicine*, 36(4), 713–719. <https://doi.org/10.1177/0363546507312646>

Zheng, Y., Wang, Z., Lv, H., et al. (2022). Patellofemoral joint after opening wedge high tibial osteotomy: A comparative study of uniplane versus biplane osteotomies. *Orthopaedic Surgery*, 14(10), 2607–2617. <https://doi.org/10.1111/os.13472>