



Proksimal tibiya açık fokal kubbe osteotomisinin diz eklemi mediyal laksitesi üzerine etkinliği

Efficacy of proximal tibial focal-dome type osteotomy on medial joint laxity

Taner Güneş¹, Cengiz Şen¹, Bora Bostan¹, Mehmet Erdem¹, Ahmet Kalaycıoğlu²

1. Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi
Tokat, Türkiye
2. Anatomi Anabilim Dalı, Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi
Trabzon, Türkiye

Amaç

Medial laksite medial kompartman gonartrozunun önemli bir unsurdur ve osteoartritin ilerlemesine neden olabilir. Bu nedenle yüksek tibial osteotomi sırasında mekanik dizilimin düzeltilmesinin yanında medial laksitenin giderilmesi de önemlidir. Bu çalışmada, açık fokal-kubbe tipi yüksek osteotomi tekniğinin medial laksite üzerine etkisi araştırıldı.

Gereç ve yöntem

Bu çalışmada 2 kadavranın (74 yaşında erkek ve 52 yaşında bayan) 4 dizi kullanılmıştır. Dizlerde medial laksite yaratmak için, erkek kadavranın 2 dizinde total medial menisektomi yapılırken, bayan kadavranın 2 dizinde menisektomiye ek olarak medial femoral kondil distalinden ve medial tibia platosundan 5'er mm'lik rezeksiyonlar yapıldı. Sonrasında, tuberositasın altından, yüzeysel medial kollateral ligamentin insersiyosunun proksimaline uzanan açık fokal-kubbe osteotomisi gerçekleştirildi. Sirküler eksternal fiksatorün motor ünitesi yardımı ile osteotomi hattına 15° valgus açılması uygulandı. Osteotomi öncesi ve sonrası diz eklemine varus ve valgus zorlamaları yapılarak medial eklem aralığında oluşan açılma değerleri ölçüldü.

Bulgular

Osteotomi sonrasında medial eklem aralığında oluşan açılmada osteotomi öncesine göre ortalama %70 azalma saptandı.

Çıkarım

Açık fokal-kubbe osteotomisi, yüzeysel medial kollateral ligamenti gererek medial laksiteyi etkili bir şekilde azaltmaktadır.

Anahtar sözcükler: Diz, Osteoartrit, Medial kollateral ligament, Osteotomi.

Objectives

Medial laxity is an important problem in medial-compartment gonarthrosis and it can cause progression of degeneration. Therefore, during high tibial osteotomy, in addition to the correction of mechanical axis, managing of medial laxity is very important. In this study, the effect of opening focal-dome osteotomy on the medial laxity was investigated.

Materials and methods

Four knees of two cadavers (74-year-old male and 52-year-old female) were used in this study. To create medial laxity in the knee, while total medial meniscectomy was performed in two knees in the male cadaver, and 5 mm of resection of both joint surfaces of the medial femoral condyle and medial tibial plateau in addition to the meniscectomy was performed in two knees of female cadaver. Then, opening focal-dome type osteotomy was initiated passing under the tuberositas tibia and extending to the proximal point of insertion of superficial medial collateral ligament, and 15° valgus angulation was applied to the osteotomy line by motor unit of the circular fixator. Varus and valgus angulation were applied to the knee joint, and medial opening was measured before and after the osteotomy.

Results

After osteotomy, the average decrease of medial opening was 70%.

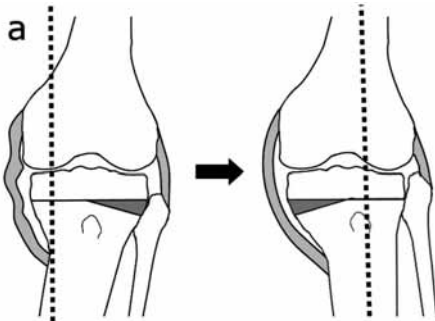
Conclusion

Opening focal-dome osteotomy decreases medial laxity effectively by tightening the superficial medial collateral ligament.

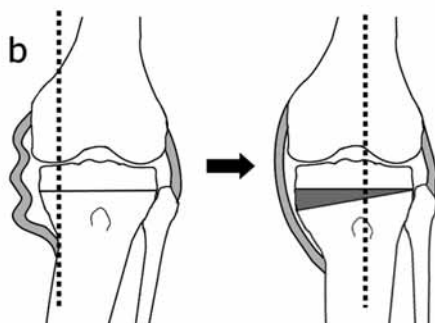
Key words: Knee, Osteoarthritis, Medial collateral ligament, Osteotomy.

Tek kompartman gonartrozlarının ana nedenlerinden birisi alt ekstremite diziliminin ve buna bağlı olarak dizin mekaniğinin bozulmasıdır. Mekanik dizilim bozukluğu kemiksel veya dinamik deformitelere bağlı olabilir^[1,2,3]. Bu nedenle dize gelen yüklenmelerin değerlendirilmesinde statik etmenlerin yanında dinamik etmenler de önemlidir^[4]. Frontal planda dinamik deformiteyi oluşturan ana neden ligamentöz laksitedir^[1,2,5,6]. Laksite mekanik dizilim bozukluğuna bağlı olabileceği gibi, tek başına mekanik dizilim bozukluğunun nedeni de olabilir.^[1] Varus gonartrozlarda medial laksiteye bağlı gelişen instabiliteye karşı stabilitenin sağlanmasına yönelik olarak dizin medial kaslarında aşırı kontraksiyon geliştiği gösterilmiştir.^[6,7] Bu aşırı kontraksiyon nedeniyle, medial eklem aralığındaki kompresyon artmakta ve bunun sonucunda oluşan makaslama kuvvetler kıkırdak dejenerasyonuna neden olmaktadır.^[6,7] Bu nedenlerle varus gonartrozlu dizlerde laksiteye bağlı frontal plan instabilitesinin giderilmesi oldukça önemlidir.^[1,5,6,7]

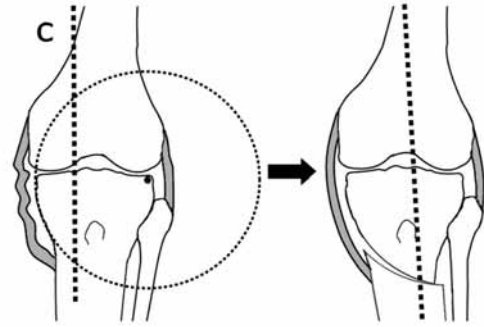
Dizde tek kompartman artrozlarının tedavisinde yüksek tibial osteotomi (YTO) ile başarılı sonuçlar alınabilmektedir.^[8,9,10] Bu cerrahi teknik mekanik eksen düzeltirken aynı zamanda medial laksitenin azalmasını da sağlayabilmelidir.^[1,5,6] Osteotomi sırasında medial laksitenin azaltılması için önerilen teknik yüzeysel medial kollateral ligamentin (yMKL) gerilmesidir.^[1,5] Varus gonartrozlu dizlerde yMKL'in gerilmesi ve laksitenin giderilmesi için kombine açık-kapalı kama osteotomisi (Şekil 1a), medial açık-kama osteotomisi (Şekil 1b) ve açık fokal-kubbe osteotomisi (Şekil 1c)



Şekil 1. Osteotomi Tipleri. a. kombine açık-kapalı kama osteotomisi,



Şekil 1. Osteotomi Tipleri. b. medial açık-kama osteotomisi,



Şekil 1. Osteotomi Tipleri. c. açık fokal-kubbe osteotomisi. Kesikli çizgi mekanik aksı göstermektedir.

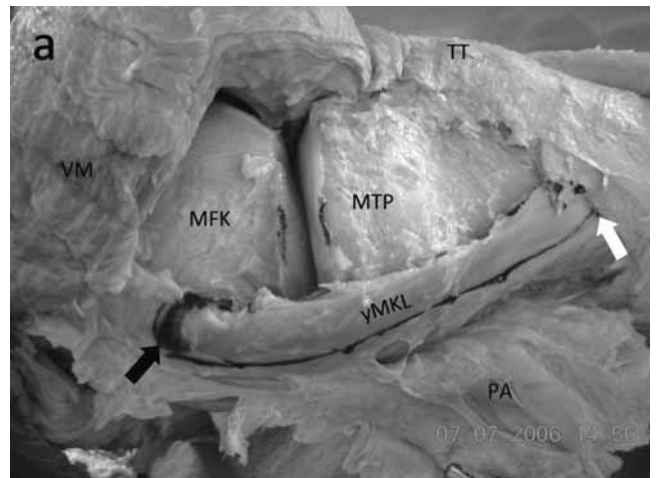
kullanılmaktadır.^[1,5] Paley, açık fokal-kubbe osteotomisi ile distal fragmanın hem distale hem de laterale doğru yer değiştirdiğini ve diğer osteotomilere göre yMKL'de daha fazla gerilme elde edilebileceğini belirtmiştir.^[1] Bilgilerimize göre; literatürde, bu tekniğin medial laksite üzerine etkisini araştıran bir çalışma yoktur. Bu çalışmanın amacı açık fokal-kubbe tipi osteotominin yMKL'in gerginliği ve dolayısıyla diz eklemdeki medial laksite üzerindeki etkisini araştırmaktır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Cerrahi diseksiyon

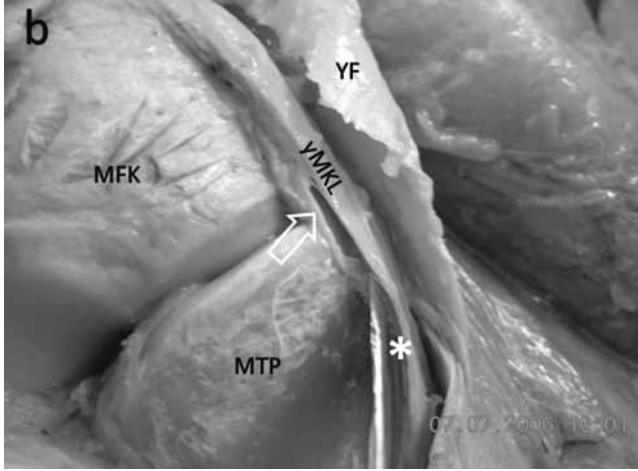
Çalışma biri erkek (74 yaşında, diz 1 ve 2) ve biri bayan (52 yaşında, diz 3 ve 4) olmak üzere 2 kadavranın 4 dizinde gerçekleştirilmiştir.

Tüm dizlerde cilt ve cilt altı yüzeysel fasyadan tamamen ayrıldıktan sonra dizin anteromedial kısmındaki yüzeysel fasya kaldırıldı. Yüzeysel fasyanın altında yMKL'in sınırları bulundu. yMKL ve patellar tendon arasındaki kapsül, yağ yastıçığı ve sinovya diz eklemine anteromedial olarak tamamen ortaya çıkartılacak şekilde eksize edildi (Şekil 2a).



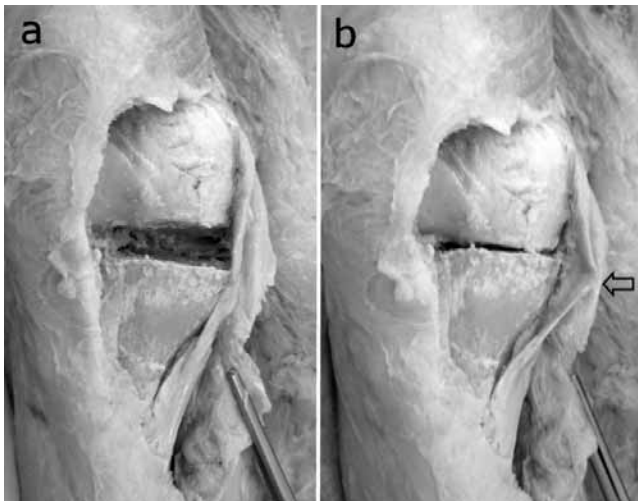
Şekil 2. a. Dizin medial ligament kompleksinin cerrahi diseksiyonu. yMKL: yüzeysel medial kollateral ligament, MFK: medial femoral kondil, MTP: medial tibial plato, TT: tuberositas tibia, VM: vastus medialis kasi, YF: yüzeysel fasya, PA: pes anserinus (inersiyosundan ayrılmış halde), YF: dolu siyah ok: yMKL'in origosu, dolu beyaz ok: yMKL'nin inersiyosu,

Superiorda vastus medialis kasının inferior kenarı sınır olarak kullanıldı. yMKL'nin insersiyosunun tamamının ortaya konması amacı ile pes anserinus tibiya yapıştığı yerden tamamen ayrıldı ve posteriora ekarte edildi. Bu aşamada derin mediyal kollateral ligament, yMKL'in izole gerilmesinin amaçlanması nedeniyle ile tamamen eksize edildi (Şekil 2b).



Şekil 2. b. Dizin medial ligament kompleksinin cerrahi diseksiyonu. yMKL: yüzeysel medial kollateral ligament, MFK: medial femoral kondil, MTP: medial tibial plato, TT: tuberositas tibia, VM: vastus medialis kası, YF: yüzeysel fasya, PA: pes anserinus (insersiyosundan ayrılmış halde), dolu siyah ok: yMKL'in origosu, dolu beyaz ok: yMKL'nin insersiyosu.

Böylece dizin medial ligament kompleksi içinde yMKL ve posteromedial kapsül (PMK) sağlam bırakılmış oldu. Takiben total medial menisektomi uygulandı. Diz 3 ve 4'te ek olarak, medial femoral kondilin inferiyorundan ve medial tibia platosundan 5 mm'lik rezeksiyon yapıldı (Şekil 3 a,b).



Şekil 3. (a) 3 nolu dizde yalnızca medial laksite oluşturmak için yapılan osteokondral rezeksiyon. yMKL valgus stres altında gerginken (b), varus stres altında gevşemektir (boş siyah ok).

Fiksatorün uygulanması ve Osteotomi

Yüksek tibial osteotomi için kullanılan sirküler eksternal fiksator osteotomi hattında düzeltme

(valgus etkisi) amacı ile kullanıldı. Bu fiksatorde menteşe eklem seviyesinde ve tibia proksimalinin merkezine lateralinde olacak şekilde yerleştirildi. Tibia proksimaline ve distaline referans K-telleri geçildikten sonra fiksator halkaları kuruldu. Takiben proksimal ve orta halkaya birer adet Schanz vidası uygulandı. Fiksator uygulandıktan sonra tuberositas tibiyanın (TT) altından, proksimali yMKL'in insersiyosunun proksimaline uzanan ve distali ise inferolaterale doğru uzanan açık fokal-kubbe osteotomisi gerçekleştirildi. Osteotominin proksimalinde yMKL insersiyosunun yaralanmamasına özen gösterildi. Tüm dizlerde, osteotominin medial kısmının eklem çizgisinden itibaren 40 mm olmasına özen gösterildi. Osteotomi tamamlandıktan sonra fiksatorün proksimal ve orta halkaları arasında ve her iki menteşeye eşit mesafede medialde yerleştirilmiş olan motor ünite üzerinden osteotomiye 15° valgus açılması uygulandı.

Ölçümler ve Laksitenin değerlendirilmesi

Yüzeysel medial kollateral ligamentin diseksiyonu sonrasında ligamentin boyu, eni ve insersiyosunun eklem düzeyinden uzaklığı kaydedildi. Oluşturulan laksitenin osteotominin manüplasyonundan önceki ve sonraki miktarı, osteotominin medialindeki açılma ve laterale translyasyon miktarları kaydedildi. Laksite ölçümü için, Moore ve arkadaşlarının^[11] yöntemine uygun olarak, dize uygulanan varus zorlaması sırasındaki medial eklem aralığındaki mesafe, valgus zorlaması ile medial eklem aralığında oluşan açılma miktarından çıkarılarak bulundu. Valgus zorlamasının sınırı için, yMKL'nin maksimum uzunluğunun sağlanması göz önüne alındı. Ölçümler dijital resimler üzerinde Image J bilgisayar programı (National Institute of Health, USA) kullanılarak yapıldı. Programın kalibrasyon için şerit cetveller kullanıldı.

SONUÇLAR

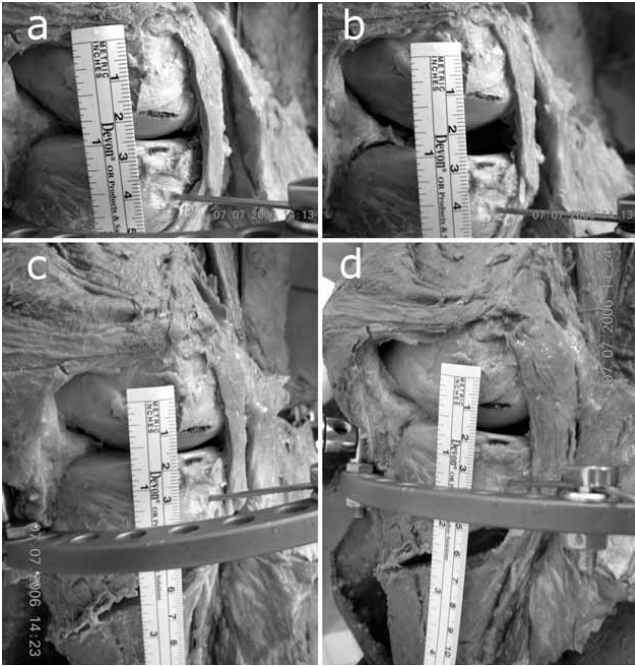
Tüm dizlerde anatomik diseksiyon ile yMKL, dMKL ve PMK tam olarak ortaya konuldu. Ölçüm sonuçları Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1
Kadavra dizlerinde yapılan ölçüm değerleri.

	yMKL uzunluğu (mm)	yMKL insersiyosu seviyesi (mm)	yMKL eni (mm)	Osteotominin medialinde açılma miktarı (mm)	Distal Fragmanın Lateral translyasyon miktarı (mm)	Osteotomi Seviyesi (mm)	Medial Laksite (mm)		ML'de azalma miktarı (mm)	ML'de azalma yüzdesi (%)
							Maniplasyon Öncesi	Maniplasyon Sonrası		
Diz 1	102	62	12	9,8	4	40	8,5	2,6	5,9	69
Diz 2	98	60	11	10	5	38	10	3	7	70
Diz 3	110	68	13	9,8	5	39	13	4	9	69
Diz 4	112	68	12	9,8	4	38	9,7	2,9	6,8	70

yMKL'nin uzunluğu ortalama 106±6,6 mm ve eni ortalama 12±0,8 mm olarak bulundu. yMKL'nin insersiyosu eklem seviyesinden itibaren ortalama 65±4,1 mm (60 - 68 mm) olarak saptandı. Tüm dizlerde uygulanan her iki deney modeli ile ortalama

10±1,9 mm yalancı medial laksite oluşturuldu. Fiksator üzerinden osteotomi hattına uygulanan 15°'lik maniplasyon ile osteotomi hattının medial kısmında 10±0,1 mm açılma ve lateral kısmında ortalama 5±0,6 mm translasyon oluştu. Bu işlem sonrasında medial laksite miktarı ortalama 3±0,6 mm olarak ölçüldü. Osteotomi ile, medial laksistede ortalama %70'lik azalma sağlandı (Şekil 4).

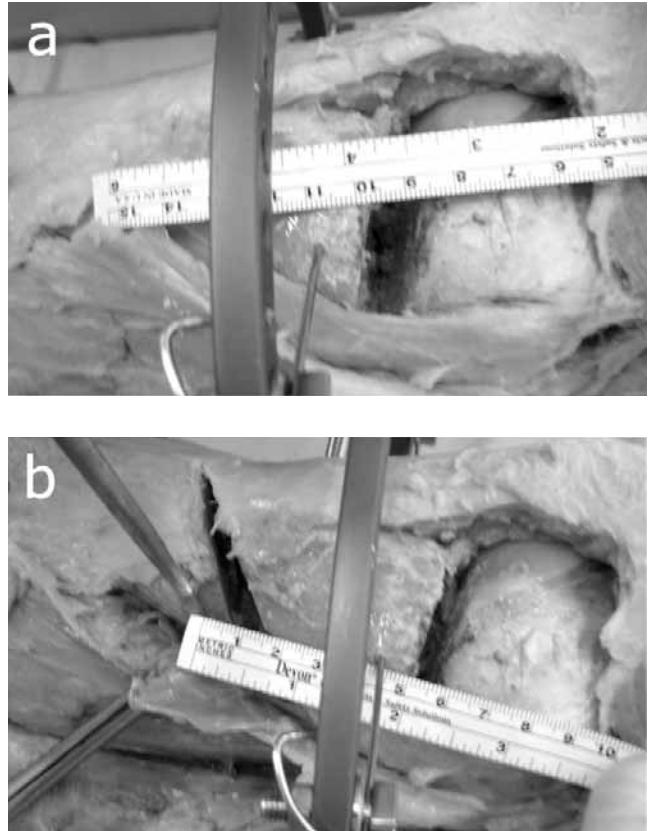


Şekil 4: 2 nolu dizde yalancı medial laksite oluşturmak için total medial menisektomi yapılmıştır. Açık fokal-kubbe osteotomisi ile manüplasyon yapılmadan önce varus (a) ve valgus (b) stresi ile medial eklem aralığı miktarı. c ve d: Açık fokal-kubbe osteotomisi sonrasında dize yapılan varus (c) ve valgus (d) zorlaması ile medial eklem aralığı açıklığında görülen değişiklikler. Bu dizde osteotomiye 15°'lik valgus uygulandıktan sonra 10 mm'lik medial laksite 3 mm'ye düşmüştür.

Buna göre fiksator üzerinden yapılan her 2,15°'lik açılma ile medial laksistede 1 mm'lik azalma olduğu saptandı. Osteotomi medialindeki her 1,4 mm'lik açılma ile medial laksistede 1 mm'lik azalma meydana geldi. Şekil 4'te menisektomi ile yalancı medial laksite oluşturulan bir dizin (diz 2) osteotomi öncesi ve sonrası valgus ve varus stresleri ile eklem aralığında oluşan değişim görülmektedir. Şekil 5'te osteokondral rezeksiyon ile yalancı medial instabilite oluşturulan bir dizde (diz 4) osteotomi öncesi ve sonrası valgus stresi ile medial eklem aralığındaki açılma miktarı görülmektedir.

TARTIŞMA

Tek kompartman diz osteoartritin patogenezi açıklayan teoriye göre dizdeki addüksiyon momentinin karşılanabilmesi için dizin lateral kaslarında aşırı kontraksiyon oluşmaktadır. Dizdeki varus miktarının artması ile birlikte lateral kaslarda yetmezlik ve ligamentlerde kronik gerilmeye bağlı lateral laksite



Şekil 5. 4 nolu dizde, açık fokal-kubbe osteotomisinin valgus etkisinin yMKL gemesi ile medial laksite 11,3 mm'den 4,5 mm'ye düşmüştür.

oluşmakta ve bu da addüksiyon momentinin daha da artmasına, dolayısıyla dizin medial kompartmanındaki yüklenmenin artmasına ve kırıkarak dejenerasyonunun ilerlemesine neden olmaktadır.^[2]

Lewek ve arkadaşları^[6], yürüme analizi ile değerlendirdikleri varus gonartrozlu hastaların hepsinde medial laksite saptamıştır. Aynı hastalardaki lateral laksite miktarını ise kontrol grubu ile aynı bulmuşlardır. Ayrıca, hem kontrol grubunda hem de varus gonartrozlu hastalarda dizin lateral kaslarında aşırı kontraksiyon görmüşler ve bunun yürümenin duruş fazındaki addüksiyon momentini kontrol eden normal mekanizma olduğunu savunmuşlardır. Ayrıca yazarlar medial laksitenin kontrol altına alınabilmesi için dizin medial kaslarında aşırı kontraksiyon oluştuğunu, bu aşırı kontraksiyonun da dizin medial kompartmanında kompresyona neden olarak osteoartritin ilerlemesine neden olabileceğini öne sürmüşlerdir.

Dizde varus gonartrozu ile birlikte olan medial laksitenin iki nedeni vardır; 1) medial kompartmanda kırıkarak veya kemik yükseklik kaybına bağlı olarak medial ligamentlerin origo ve insersiyolarının birbirine yaklaşmasından kaynaklanan yalancı laksite ve 2) tibia platosunun femura göre laterale sublüksiyonuna bağlı medial ligamentlerin kronik gerilmesi sonucunda gerçek laksite oluşur.^[1,5]

Dizde osteoartritin şiddeti arttıkça dizdeki laksitenin arttığı, ayrıca frontal plan laksitesinin osteoartrit riskini artırabileceği ve osteoartritin ilerlemesine katkıda bulunabileceği belirtilmektedir.^[12,13] Eğer medial gonartroz tedavisi sırasında dizdeki frontal plan laksitesi giderilemezse laksitenin neden olduğu anormal hareket dizini ve dolayısıyla osteoartrit sürecin ilerlemesinin süreceği savunulmaktadır.^[6] Yapılacak cerrahi girişim ile tek başına statik kemik deformitesinin düzeltilmesi dinamik deformiteyi düzeltmez.^[1,2,14] Bunun nedeni olarak statik ve dinamik etmenlerin farklılığı öne sürülmektedir.^[4] Bu nedenlerle eğer varus gonartrozlu bir dizde frontal planda medial laksite bulunuyorsa, yapılacak osteotominin medial laksiteyi de azaltabilmesi gereklidir.^[1,5,6]

Medial ligament kompleksi yüzeysel medial kollateral ligament (yMKL), derin medial kollateral ligament (dMKL) ve posteromedial kapsülden (PMK) oluşur.^[19] Yüzeysel medial kollateral ligament, 80-112 mm uzunluğunda ve 10-13 mm genişliğindedir.^[15] Origosu medial femoral epikondilin hemen distalindeyken insersiyosu tibianın eklem yüzünün 60-80 mm distalinde pes anserinusun üst kenarındadır.^[15] Gerçekleştirdiğimiz ölçümlerde de benzer değerler elde edilmiştir. Bu bağ, dizin valgus zorlanmasına karşı birincil kısıtlayıcıdır.^[16] Diğer iki anatomik yapıya göre hem daha güçlüdür hem de sertliği daha fazladır.^[17] Dizin medial stabilitesinin ana olarak yMKL ve PMK sağlar.^[16] Derin medial kollateral ligament, 45° fleksiyonda stabilizeye katkı sağlar ancak bu katkı çok büyük değildir. Medial kollateral ligament kompleksi ile medial kaslar arasında refleks yanıt ilişkisi bulunmaktadır. Normal insan dizinde MKL'in elektrik uyarımı ile, medial kaslarda refleks yanıt oluşmaktadır.^[18] Ayrıca dize uygulanan ani valgus zorlaması ile dizin medialindeki kaslarda refleks yanıt oluştuğu gösterilmiştir.^[19] Medial ligament kompleksi ile medial kaslar arasındaki bu ilişki nedeni ile, medial instabilitenin giderilemediği dizlerde ortaya çıkan nöromusküler eklem stabilizasyon mekanizmasının artrozun ilerlemesine neden olacağı belirtilmektedir.^[7]

Varus gonartrozlu dizlerdeki medial laksitenin giderilmesi için önerilen kombine açık-kapalı kama osteotomisi, medial açık-kama osteotomisi ve açık fokal-kubbe osteotomisi içinde en fazla gerilmenin açık fokal-kubbe tipi osteotomi ile uygulanabileceği belirtilmektedir.^[1] Kombine açık-kapalı kama ve medial açık-kama osteotomilerinde yMKL'nin gerilme miktarı, kamanın taban ölçüsü ile sınırlıdır. Paley^[1], açık fokal-kubbe osteotomisi ile osteotominin distalindeki fragmanın distale ve laterale doğru yer değiştirmesi sayesinde, yMKL'de diğer tekniklere göre daha fazla gerilme sağlanabileceğini belirtmektedir. Bundan başka açık fokal-kubbe osteotomisi sirküler

eksternal fiksatorle birlikte uygulandığında, mekanik akstaki düzeltme ameliyat sonrasında tedrici olarak ayarlanabilir. Ayrıca tedrici olarak yMKL'ye uygulanan germe işlemi, diğer osteotomilerde uygulanan akut germeye göre medial eklem aralığında meydana gelebilecek sıkışma açısından daha avantajlı olacaktır.. Diğer taraftan, medial kollateral ligament laksitesi olması durumunda özgün olarak medial açık-kama osteotomisi endikasyonunun olmadığı, çünkü bu şekilde dMKL'in gerilemeyeceği ve yMKL'i germeye çalışmanın mekanik aksta yetersiz düzelmeye yol açacağı savunulmaktadır.^[20]

Bu çalışmada, proksimal tibia açık fokal-kubbe osteotomi hattına, fiksatorün motor ünitesi üzerinden valgus açılanması uygulandığında, medial eklem aralığındaki laksitede azalma olduğu gözlemlendi. Her ne kadar bu çalışmadaki deneysel model, klinik uygulama ile tam örtüşmeyecek olsa da açık fokal-kubbe osteotomi tekniğinin medial laksite üzerindeki etkinliğini göstermesi açısından önemli olduğunu düşünüyoruz. Sonuç olarak açık fokal-kubbe osteotomisinin yMKL'i gererek dizdeki medial laksiteyi azalttığı gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Paley D, Bhatnagar J, Herzenberg JE, Bhavne A. New procedures for tightening knee collateral ligaments in conjunction with knee realignment osteotomy. *Orthop Clin North Am* 1994;25:533-55.
2. Andriacchi TP. Dynamics of knee malalignment. *Orthop Clin North Am* 1994;25:395-403.
3. Tetsworth K, Paley D. Malalignment and degenerative arthropathy. *Orthop Clin North Am* 1994;25:367-77.
4. Johnson F, Leitz S, Waugh W. The distribution of load across the knee. A comparison of static and dynamic measurements. *J Bone Joint Surg Br* 1980;62:346-9.
5. Cameron JC, Saha S. Management of medial collateral ligament laxity. *Orthop Clin North Am* 1994;25:527-32.
6. Lewek MD, Rudolph KS, Snyder-Mackler L. Control of frontal plane knee laxity during gait in patients with medial compartment knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* 2004;12:745-51.
7. Lewek MD, Ramsey DK, Snyder-Mackler L, Rudolph KS. Knee stabilization in patients with medial compartment knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum* 2005;52:2845-53.
8. Majima T, Yasuda K, Katsuragi R, Kaneda K. Progression of joint arthrosis 10 to 15 years after high tibial osteotomy. *Clin Orthop* 2000;381:177-84.
9. Weale AE, Lee AS, MacEachern AG. High tibial osteotomy using a dynamic axial external fixator. *Clin Orthop* 2001;382:154-67.
10. Insall JN, Joseph DM, Msika C. High tibial osteotomy for varus gonarthrosis. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Am* 1984;66:1040-48.
11. Moore TM, Meyers MH, Harvey JP Jr. Collateral ligament laxity of the knee. Long-term comparison between plateau

- fractures and normal. *J Bone Joint Surg Am* 1976;58:594-8.
12. Wada M, Imura S, Baba H, Shimada S. Knee laxity in patients with osteoarthritis and rheumatoid arthritis. *Br J Rheumatol* 1996;35:560-3.
 13. Sharma L, Lou C, Felson DT, Dunlop DD, Kirwan-Mellis G, Hayes KW, Weinrach D, Buchanan TS. Laxity in healthy and osteoarthritic knees. *Arthritis Rheum* 1999;42:861-70.
 14. Harrington IJ. Static and dynamic loading patterns in knee joints with deformities. *J Bone Joint Surg Am* 1983;65:247-59.
 15. Robinson JR, Sanchez-Ballester J, Bull AM, Thomas Rde W, Amis AA. The posteromedial corner revisited. An anatomical description of the passive restraining structures of the medial aspect of the human knee. *J Bone Joint Surg Br* 2004;86:674-81.
 16. Wymenga AB, Kats JJ, Kooloos J, Hillen B. Surgical anatomy of the medial collateral ligament and the posteromedial capsule of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006;14:229-34.
 17. Robinson JR, Bull AM, Amis AA. Structural properties of the medial collateral ligament complex of the human knee. *J Biomech* 2005;38:1067-74.
 18. Kim AW, Rosen AM, Brander VA, Buchanan TS. Selective muscle activation following electrical stimulation of the collateral ligaments of the human knee joint. *Arch Phys Med Rehabil* 1995;76:750-7.
 19. Buchanan TS, Kim AW, Lloyd DG. Selective muscle activation following rapid varus/valgus perturbations at the knee. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:870-6.
 20. Poilvache P. Osteotomy for the arthritic knee: A european perspective. In: Insall JN, Scott WN(eds). *Surgery of the knee.*, Newyork, Edinburg, London, Philadelphia, San Francisco: Churchill Livingstone 2001; p 1465-505.