

YÜKSEK TIBIAL OSTEOTOMISININ MEDIAL MENISEKTOMI UYGULANAN DIZLERDE TIBIA KIKIRDAĞI ÜZERİNDEKİ YÜKLENMEYİ AZALTICI ETKİSİ: SONLU ELEMANLAR MODEL ÇALIŞMASI

HALİL ATMACA

Midyat Devlet Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği/Mardin

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada normal ve çeşitli derecelerde medial menisektomi uygulanan sonlu eleman modellerinde tibia kıkırdağı üzerindeki maksimum eşdeğer gerilmeler (MES) ve medial menisektomi sonrasında uygulanan proksimal tibial valgus osteotomisinin (PTO) tibia kıkırdağı üzerinde oluşan MES'e etkisi araştırılmıştır.

Yöntem: Medial menisektomi tipinin MES'e etkisini araştırmak için onbir tip model (MD) oluşturuldu. Modellemelerde yüzde olarak oransal menisektomi uygulandı. MD 0, normal diz yapılarına sahip olan referans modeldir. MD 1; longitudinal %25, MD 2, %50, MD 3, %75 menisektomi modeli, MD 4; posterior %25, MD 5, %50, MD 6, %75 menisektomi modeli, MD 7; anterior %25, MD 8, %50, MD 9, %75 menisektomi modeli iken MD 10 total menisektomi modelidir.

Bulgular: Bilgisayar destekli çalışmamızda tibia kıkırdağı üzerindeki MES MD 0'da 0.860 MPa olarak ölçülürken bu değer; %25 menisektomi uygulanan grupta ortalama %78 (1.531 MPa), %50 menisektomi uygulanan grupta %177.9 (2.390 MPa), %75 menisektomi uygulanan grupta %473.8 (4.935 MPa) ve total menisektomi uygulanan grupta %752.6 artarak 7.333 MPa olarak ölçüldüğü görüldü. Ardından bütün modellere 0°'den 2.5°, 5°, 7.5°, 10°, 12.5° ve 15°'ye kadar PTO uygulandı ve tüm analizlerde mekanik aks valgusa ilerledikçe tibia kıkırdağı üzerine binen yükün (MES) azaldığı görüldü. Menisektomi tipleri incelendiğinde PTO sonucunda MD 0 ile MD 1, MD 4, MD 5, MD 7 ve MD 8 arasında istatistiki olarak anlamlı fark olmadığı görüldü.

Çıkarımlar: Bu çalışmanın sonucu olarak; anterior, posterior ve longitudinal parsiyel medial menisektomiler ile anterior ve posterior segmental menisektomiler sonucunda varus deformitesi oluşmasa da, tibia kıkırdağında oluşacak dejenerasyonun önlenmesi amacıyla profilaktik PTO'nun gerekli ve faydalı olabileceği düşünülmüştür.

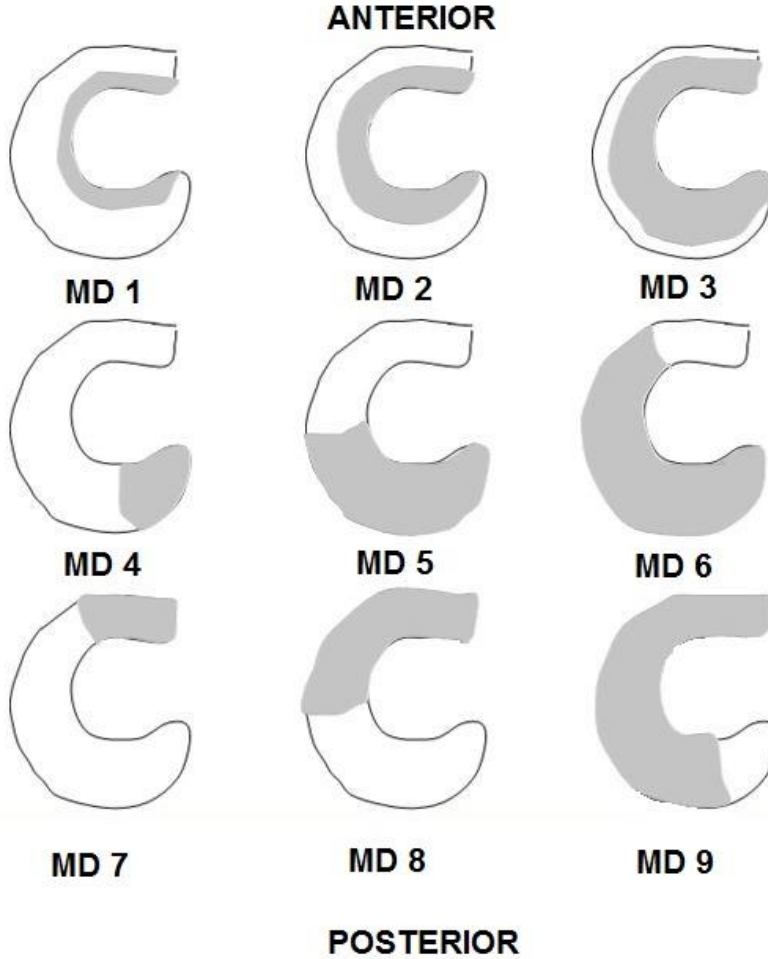
1. GİRİŞ

Menisküslerin kısmi ya da total eksize edilmesi tibia kıkırdağına aktarılan yüklerin artmasına sebep olmaktadır (1-3). Bu yük artışı erken dönem osteoartrite neden olmaktadır. Literatürde menisektomi sonrası diz ekleminde dejeneratif değişikliklerin geliştiğini ifade eden yayınlar mevcuttur (4-8). Sturmeier medial menisektomi uygulanmış hastaların yürümenin midstance fazında artmış varus kuvvetlerine maruz kaldıklarını ve medial kompartmanlarına aşırı yük bindiğini bildirmiştir (9,10). Covall ve Wasilewski artroskopik menisektomi uyguladıkları hastalardan tibio-femoral açıları 4°'den az olan dizlerin %50 sinde Fairbank kriterlerine göre evre 1 dejenerasyon, %43 ünde ise evre 2 veya daha üst evrede dejenerasyona rastlamışlardır (4,11). Proksimal tibial valgus osteotomisi (PTO) medial kompartmanda yüklenmeyi azaltarak dekompresyon sağlayıp, bu kompartmanda oluşacak kıkırdak harabiyetini önler (12-15). Literatürde menisektomi sonrası uygulanacak tibial osteotominin faydalı olabileceği bildirilmiştir (7,9). Bizde çalışmamızda bu hipotezden yola çıkarak, PTO'nun menisektomi uygulanan hastalarda tibia kıkırdağı üzerinde oluşan maksimum eşdeğer gerilmeleri (MES) yani tibia kıkırdağına binen yükleri azaltacağını düşündük. Bu çalışmada sonlu elemanlar metodu ile oluşturulan modellerde çeşitli oranlarda medial menisektomi sonrası tibia

kıkırdağında oluşan MES'ler ve farklı açılarda uygulanan PTO'nun kıkırdağ üzerinde oluşan stres kuvvetlerini azaltıcı etkisi araştırıldı.

2. MATERYAL- METOD

Bu modelleme için TÜBİTAK destekli 107M327 numaralı bilimsel araştırma projesi dahilinde Kocaeli Üniversitesi Radyoloji A.B.D 'da Toshiba® Aquilion multi slice BT cihazında supin pozisyonda her iki kalça ve diz eklemi tam ekstansiyonda, her iki patella tam yukarıda olacak şekilde kalça ekleminden iç rotasyon verilerek alt ekstremité mekanik aksına aksiyel planda dik olarak 0.5 mm kesit aralığı ile çekilen alt ekstremité uzunluk BT kesitleri DICOM (The Digital Imaging and Communications in Medicine) formatında alınarak Hewlett-Packard® HP Pavillon Dv6-1370et 15.6 inch Notebook PC kullanılarak MIMICS® (Materialise's Interactive Medical Image Control System, Materialise-Belgium) programında 3D katı model haline getirildi. MIMICS FEA ile son halini alan sonlu elemanlar modeli üzerinde medial menisküs hacmi ölçüldü ve hacimsel olarak medial menisküste %25, %50, %75 ve %100 menisektomi planlandı. Menisektomi miktarı ve menisektomi çeşidinin tibia kıkırdağı üzerinde oluşan MES'e etkisini araştırabilmek için referans model dahil 11 (onbir) adet model oluşturuldu (Şekil 1). Buna göre Model 0 (MD 0) herhangi menisektomi uygulanmayan referans modeldir. Model 1 (MD 1); longitudinal %25, Model 2 (MD 2) %50, Model 3 (MD 3) %75 menisektomi modeli, Model 4 (MD 4); posterior %25, Model 5 (MD 5) %50, Model 6 (MD 6) %75 menisektomi modeli, Model 7 (MD 7); anterior %25, Model 8 (MD 8) %50, Model 9 (MD 9) %75 menisektomi modeli iken Model 10 (MD 10) total menisektomi modelidir (Tablo 1)



Şekil 1: Modellerde uygulanan menisektomi bölgeleri. Gri dolgular menisektomi bölgelerini göstermektedir.

Tablo 1: Modellerdeki menisektomi tipleri

MODEL TİPİ	Menisektomi Tipi
MD 0	Menisektomi yok – Referans
MD 1	Longitudinal % 25 menisektomi
MD 2	Longitudinal % 50 menisektomi
MD 3	Longitudinal % 75 menisektomi
MD 4	Posterior % 25 menisektomi
MD 5	Posterior % 50 menisektomi
MD 6	Posterior % 75 menisektomi
MD 7	Anterior % 25 menisektomi
MD 8	Anterior % 50 menisektomi
MD 9	Anterior % 75 menisektomi
MD 10	Total menisektomi

PTO'nun tibia kırıkdağı üzerindeki MES'e etkisini araştırmak için tüm 3D katı modellere 2.5°, 5°, 7.5°, 10°, 12.5° ve 15° valgus osteotomisi uygulandı.

Menisektominin oransal etkisini genelleyebilmek için değerler gruplandırıldı. Buna göre;

1. Grup 1: %25 menisektomi (MD 1+ MD 4+ MD 7)
2. Grup 2: %50 menisektomi (MD 2+ MD 5+ MD 8)
3. Grup 3: %75 menisektomi (MD 3+ MD 6 +MD 9)
4. Grup 4: Total menisektomi (MD 10)

Bu gruplardaki modellerin ortalaması alınarak menisektominin oransal etkisi hesaplandı.

2.1. İstatistik Değerlendirme Metodu

Sürekli değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler ortalama ve standart sapma (SD) değerleri ile gösterildi. Kesikli değişkenler için ise medyan değerleri hesaplandı. Verilerin normal dağılımı varsayımı Kolmogorov-Smirnov testi ile test edildi. Grup ortalamaları ANOVA testi ile analiz edildi. Grup ortalama değerleri farklı bulunduğu için, farklılığın hangi gruptan kaynaklandığını bulmak amacıyla Post-Hoc testi olan Bonferroni testi ile ikişerli karşılaştırıldı.

PTO uygulanan ve uygulanmayan iki grup değerleri Non-parametrik testlerden Wilcoxon Signed Ranks test ile karşılaştırıldı. Menisektomi yüzdesine göre her bir grubun ortalama değeri ile referans model için standart değer olan 0,860 MPa ve total menisektomi uygulanan grupta elde edilen 7,333 MPa değerleri ile farklılıkları 'sabit bir değer ile ortalama değeri karşılaştıran Student's t Testi' ile karşılaştırıldı. Hipotezler çift yönlü olup, $p \leq 0.05$ ise istatistiksel olarak anlamlı sonuç kabul edildi. İstatistiksel analizler SPSS 15.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) paket programı kullanılarak yapıldı.

3. SONUÇLAR

Menisektominin oransal etkisini tespit edebilmek için gruplandırdığımız değerleri incelediğimizde; 0.860 MPa olan referans MES'in Grup 1'de ortalama %78 artarak 1.531 MPa, Grup 2'de %177.9 artarak 2.390 MPa, Grup 3'de %473.8 artarak 4.935 MPa, Grup 4'de %752.6 artarak 7.333 MPa olarak ölçüldüğü görülmüştür. Grup 1,2 ve 3 de elde edilen değerler referans modele kıyasla artarak, istatistiki olarak anlamlı derecede farklılık göstermiştir. Fakat total menisektomi uygulanan Grup 4 ile kıyaslandığında,  grupta da elde değerler sayısal olarak total menisektomiden daha az olsada %75 menisektomi uygulanan Grup 3'n total menisektomiden istatistiki olarak farklı olmadığı görülmüştür ($p = 0.06$).Tüm menisektomi modellerine uygulanan valgus osteotomileri sonrası yapılan analizler sonucu tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'de gösterilen tüm modellerde elde edilen veriler karşılaştırıldığı zaman değerler arası farklılıkların istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p=0.000$). Mevcut tüm modellerin PTO sonrası elde edilen verileri kendi aralarında istatistiki olarak karşılaştırıldığında; MD 0 ile MD 1, MD 4, MD 5,

MD 7 ve MD 8 arasında anlamlı fark olmadığı; MD 1 ile MD 0, MD 2, MD 4, MD5, MD 7 ve MD 8 arasında anlamlı fark olmadığı; MD 2 ile MD 0, MD 3 ve MD 10 arasında anlamlı fark olduğu; MD 3 ile MD 6 ve MD 10 arasında anlamlı fark olmadığı; MD 4 ile MD 3, MD 6, MD 9 ve MD 10 arasında anlamlı fark olduğu; MD 5 ile MD 3, MD 6 ve MD 10 arasında anlamlı fark olduğu; MD 6 ile MD 2, MD 3 ve MD 9 arasında anlamlı fark olmadığı; MD 7 ile MD 3, MD 6, MD 9 ve MD 10 arasında anlamlı fark olduğu; MD 8 ile MD 3, MD 6, MD 9 ve MD 10 arasında anlamlı fark olduğu; MD 9 ile MD 2, MD5 ve MD 6 arasında anlamlı fark olmadığı; MD 10 ile MD 3 arasında ise anlamlı fark olmadığı görülmüştür.

Tablo 2: Maksimum eşdeğer gerilmeler.

MAKSİMUM EŞDEĞER GERİLMELER (MES)			
MODEL TİPİ	P-MAX (MPa)	MODEL TİPİ	P-MAX (MPa)
REFERANS MODEL (MD 0)	0,860		
MD 1	1,588	MD 6	4,453
MD 1- 2.5° VALGUS	1,261	MD 6- 2.5° VALGUS	4,050
MD 1- 5° VALGUS	1,012	MD 6- 5° VALGUS	3,645
MD 1- 7.5° VALGUS	0,943	MD 6- 7.5° VALGUS	3,240
MD 1-10° VALGUS	0,890	MD 6-10° VALGUS	2,835
MD 1-12.5° VALGUS	0,839	MD 6-12.5° VALGUS	2,432
MD 1- 15° VALGUS	0,787	MD 6- 15° VALGUS	2,084
MD 2	2,660	MD 7	1,725
MD 2- 2.5° VALGUS	2,513	MD 7- 2.5° VALGUS	1,587
MD 2- 5° VALGUS	2,363	MD 7- 5° VALGUS	1,449
MD 2- 7.5° VALGUS	2,212	MD 7- 7.5° VALGUS	1,339
MD 2-10° VALGUS	2,059	MD 7-10° VALGUS	1,172
MD 2-12.5° VALGUS	1,905	MD 7-12.5° VALGUS	1,033
MD 2- 15° VALGUS	1,751	MD 7- 15° VALGUS	0,895
MD 3	6,155	MD 8	2,192
MD 3- 2.5° VALGUS	5,555	MD 8- 2.5° VALGUS	2,021
MD 3- 5° VALGUS	4,953	MD 8- 5° VALGUS	1,848
MD 3- 7.5° VALGUS	4,348	MD 8- 7.5° VALGUS	1,675
MD 3-10° VALGUS	3,743	MD 8-10° VALGUS	1,500
MD 3-12.5° VALGUS	3,406	MD 8-12.5° VALGUS	1,445
MD 3- 15° VALGUS	3,210	MD 8- 15° VALGUS	1,428
MD 4	1,281	MD 9	4,199
MD 4- 2.5° VALGUS	1,222	MD 9- 2.5° VALGUS	3,770
MD 4- 5° VALGUS	1,162	MD 9- 5° VALGUS	3,341
MD 4- 7.5° VALGUS	1,139	MD 9- 7.5° VALGUS	2,913
MD 4-10° VALGUS	1,013	MD 9-10° VALGUS	2,554
MD 4-12.5° VALGUS	0,981	MD 9-12.5° VALGUS	2,383
MD 4- 15° VALGUS	0,949	MD 9- 15° VALGUS	2,209
MD 5	2,318	MD 10	7,333
MD 5- 2.5° VALGUS	2,173	MD 10- 2.5° VALGUS	6,622
MD 5- 5° VALGUS	2,026	MD 10- 5° VALGUS	5,912
MD 5- 7.5° VALGUS	1,867	MD 10- 7.5° VALGUS	5,204
MD 5-10° VALGUS	1,724	MD 10- 10° VALGUS	4,499
MD 5-12.5° VALGUS	1,571	MD 10-12.5° VALGUS	3,799
MD 5- 15° VALGUS	1,532	MD 10- 15° VALGUS	3,373

4. TARTIŞMA VE ÇIKARIMLAR

Bu çalışmanın sonucu olarak; anterior, posterior ve longitudinal parsiyel medial menisektomiler ile anterior ve posterior segmental menisektomiler sonucunda varus deformitesi oluşmasa da, tibia kırıkdağında oluşacak dejenerasyonun önlenmesi amacıyla profilaktik PTO'nun gerekli ve faydalı olabileceği düşünülmüştür. Çalışmamız çeşitli oranlarda ve yerleşimlerde uygulanan medial menisektomi sonrası tibia kırıkdağı üzerinde oluşan stres yüklerini (MES) ve ardışık derecelerde uygulanan PTO'nun menisektomi sonrası oluşan bu eş değer gerilmelere etkisini araştıran bir sonlu elemanlar analiz çalışmasıdır. Modellerimizin sadece tam ekstansiyonda incelenmesi, biyomekanik açıdan önemli yere sahip olan patellofemoral eklem bu çalışmalarda yer almaması ve çalışmaların

sadece statik ortam analizlerden oluşması, çalışmamızın limitasyonları olarak görülse de, diz eklemi biyomekaniğini dinamik olarak inceleyen ve diz eklemi kinematığını de içerecek ileriki çalışmalar açısından referans oluşturabilecek analizler içermektedir.

KAYNAKLAR

1. Ihn JC, Kim SJ, Park IH. In vitro study of contact area and pressure distribution in the human knee after partial and total meniscectomy. *Int Orthop*. 1993; 17:214-218.
2. Lee SJ, Aadalen KJ, Malaviya P, Lorenz EP, Hayden JK, Farr J, Kang RW, Cole BJ. Tibiofemoral contact mechanics after serial medial meniscectomies in the human cadaveric knee. *Am J Sports Med*. 2006; 34:1334-1344.
3. Spang JT, Dang BC, Mazzocca A, Rincon L, Obopilwe E, Beynnon B, Arciero RA. The effect of medial meniscectomy and meniscal allograft transplantation on knee and anterior cruciate ligament biomechanics. *Arthroscopy* 2010; 26:192-201.
4. Fairbank T. Knee joint changes after meniscectomy. *J Bone Joint Surg Am*. 1948; 30: 664-670.
5. Huckell JR. Is meniscectomy a benign procedure? A long-term follow-up study. *Can J Surg*. 1965; 8:254-60.
6. Veth RP. Clinical significance of knee joint changes after meniscectomy. *Clin Orthop Relat Res*. 1985; 198:56-60.
7. Allen PR, Denham RA, Swan AV. Late degenerative changes after meniscectomy. Factors affecting the knee after operation. *J Bone Joint Surg Br*. 1984; 66:666-71.
8. Kruger-Franke M, Siebert CH, Kugler A, et al. Late results after arthroscopic partial medial meniscectomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1999; 7:81-4.
9. McDermott ID, Amis AA. The consequences of meniscectomy. *J Bone Joint Surg Br*. 2006; 12:1549-56.
10. Sturnieks DL, Besier TF, Mills PM, Ackland TR, Maguire KF, Stachowiak GW, Podsiadlo P, Lloyd DG. Knee Joint Biomechanics following Arthroscopic Partial Meniscectomy. *J Orthop Res* 2008 ;26:1075-1080.
11. Covall DJ, Wasilewski SA. Roentgenographic changes after arthroscopic meniscectomy: five-year follow-up in patients more than 45 years old. *Arthroscopy* 1992; 8:345-9
12. Coventry MB. Osteotomy about the knee for degenerative and rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Am* 1973; 55:23-48.
13. Coventry MB. Upper tibial osteotomy for gonarthrosis. The evolution of the operation in the last 18 years and long term results. *Orthop Clin North Am* 1979;10:191-210.
14. Coventry MB. Proximal tibial osteotomy. *Orthop Rev* 1988; 17:456-458.
15. Lobenhoffer P, Agneskirchner JD. Improvements in surgical technique of valgus high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2003;11:132-138.