

# Dizin posteromedial kapsülü yırtık ve sağlamken ligamentum collaterale mediale'nin biomekaniğinin deneysel incelenmesi

Celâl Bakı<sup>(1)</sup>, Ahmet U. Turhan<sup>(2)</sup>, Aydın Bıyıklıoğlu<sup>(3)</sup>, Çetin Önder<sup>(2)</sup>

Bu çalışma; dizde Ligamentum Collaterale Mediale'nin (LCM), Posteromedial Kapsül (PMK) sağlamken ve PMK kesildikten sonra valgus yüklemelerine karşı verdiği biomekanik cevaplara açıklık getirmek için yapılmıştır. PMK'nun medial stabiliteye katkısı incelenmiş ve sonuçları sunulmuştur.

PMK'nun insan dizinde; LCM'nin stabilitesine % 15 kadar katkısı olduğu tesbit edilmiştir. Müteaddit zorlamalarda dizde laksite olduğu gözlenmiştir. LCM koştuktan sonra zorlamaya devam edildiğinde arka çapraz bağın da koştığı görülmüştür. LCM'deki kopmalar genellikle femura yapışma yerinden olmuştur.

Dizin instabilite ve bağ yaralanmalarının rekonstrüksiyonunda, bu posteromedial kompleksin stabiliteyi sağlamada çok önemli bir yapı olduğu sonucuna varılmıştır.

## Experimental evaluation of the biomechanics of ligamentum collaterale mediale in intact and ruptured posteromedial capsule of the knee joint

*This work was planned to evaluate the biomechanical response of the ligamentum collaterale mediale (LCM) of the knee joint to valgus loading when the posteromedial capsule (PMC) was cut and when it was intact. The contributory role of the posteromedial capsule to medial stability was tested and the results were presented.*

*On human knee joint, it was shown that the PMC has a 15 % contributory role in the stability of LCM. Consequently applied forces had produced laxity of the joint. When it was continued to apply a force after LCM had ruptured, the posterior crossing ligament also had ruptured. Most ruptures of LCM was from the point of insertion to femur.*

*Posteromedial complex had been shown to be an important structure in restoration of knee instability and in reconstruction of ligament ruptures.*

Diz eklemi anatomik yapısı itibariyle vücudun en büyük eklemi olup, travmalara da en fazla maruz kalanıdır. (2,11).

Dizin etrafındaki bağlar primer olarak stabiliteden sorumludurlar. Adalelerin görevi ise sekonderdir, fakat dizin stabilitesini sağlamada birbirlerini tamamlarlar. Adalelerin zayıf olduğu durumlarda bağlar daha kolay yaralanır.<sup>(11)</sup>

Bu çalışmada amaç; posteromedial kapsülün (PMK) yırtık ve sağlam durumlarında, valgus zorlamasında ligamentum collaterale mediale'nin (LCM) biomekaniğinin deneysel incelenmesidir.

## Materyal ve Metod

Çalışmaya esas olmak üzere on dana dizi ve dört insan kadavra dizi kullanılmıştır. Dizler; biri 60 diğeri 80 öbür ikisi de 70 yaşlarında periferik arter hastalığı olan dört hastaya diz üstü amputasyonu yapıldıktan sonra hazırlanmıştır. Amputasyondan hemen sonra dizlere diseksiyon uygulanıp tibia ve femur 10 cm uzunlukta bırakılmıştır. Eklem kapsülü, patellar tendon, iç ve dış yan bağlar, distal iliotal band ve quadriseps tendonun bir kısmı sağlam bırakılıp diğer bütün dokular periost dahil sıyrılmıştır. Deneme çalışması ve metodun oturtulması için dana dizleri kullanılmıştır. Kullanılan taze dana diz-

leri de yukarıda uygulanan işleme tabi tutularak hazırlanmıştır. Sekiz dana dizine insan dizi ile mukayese etmek amacıyla artrotomi yapılmıştır. Karşılaştırma neticesinde dana dizinde; lateral femoral kondile yapışan intraartiküler bir tendonun bulunması (M. extansör digitorum longus) ve fibulanın yokluğundan başka büyük bir farkın olmadığı müşahade edilmiştir.<sup>(10)</sup> Dizler diseksiyondan sonra çalışma öncesi derin dondurucuda -20°C'de muhafaza edilmiş ve çalışma esnasında oda sıcaklığına getirilmiştir.

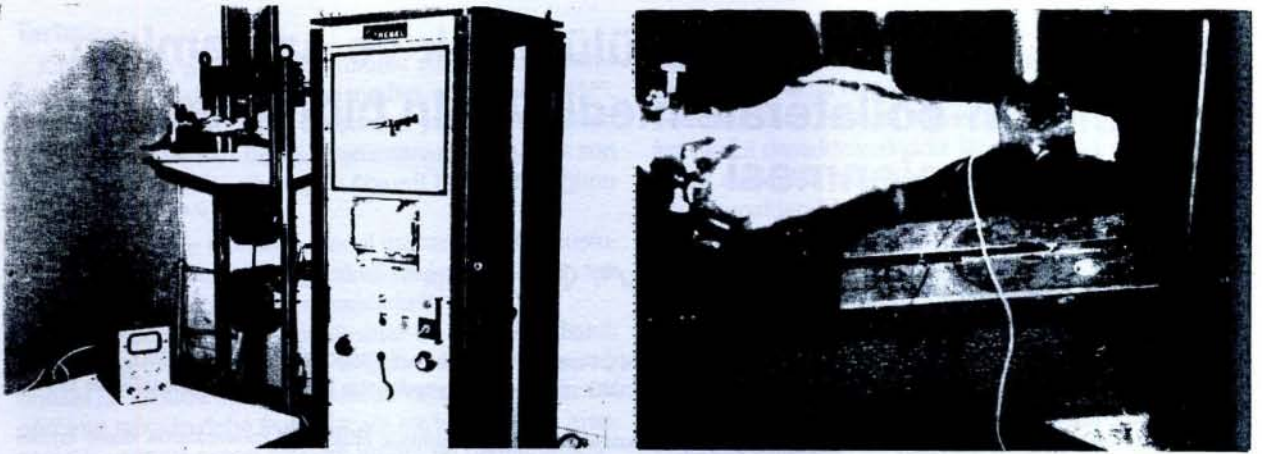
Dizler femur tarafından derinliği 6 cm olan bir silindir içine gömülerek tesbit edilmiştir. Yükleme esnasında ortaya çıkacak rotasyona, femur tutucusuna dıştan içe doğru yerleştirilen vidaların sıkılmasıyla tamamen mani olunmuştur. Tibia tutucusu ise yüklerle koluna monte edilen yarım silindir şeklinde bir kısımdır. Tibianın da rotasyonuna mani olmak için vidalar kullanılmış ve yükleme tibia tarafından yapılmıştır (Şekil 1). Çalışmada; dizi tesbit etmek için kullanılan alet KT.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Bölümünde planlanmış ve imal edilmiştir.

pi Üniversal test makinasına monte edilmiştir. Bu makina çekme ve sıkıştırma yapabilmektedir. Bu arada yük miktarı istenen hızda verilebilmekte ve göstergelerden takip edilebilmektedir.

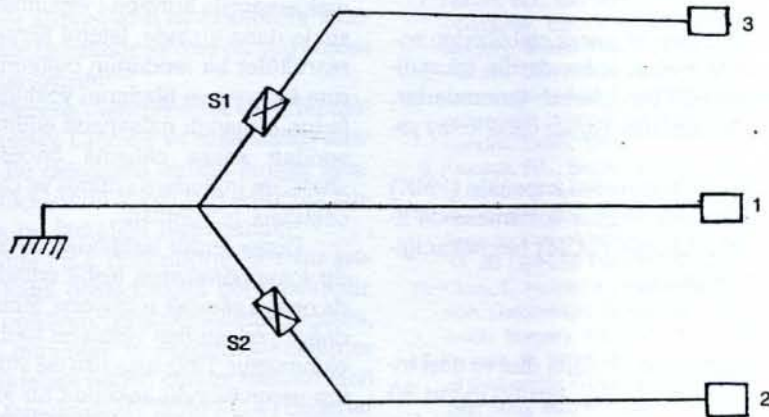
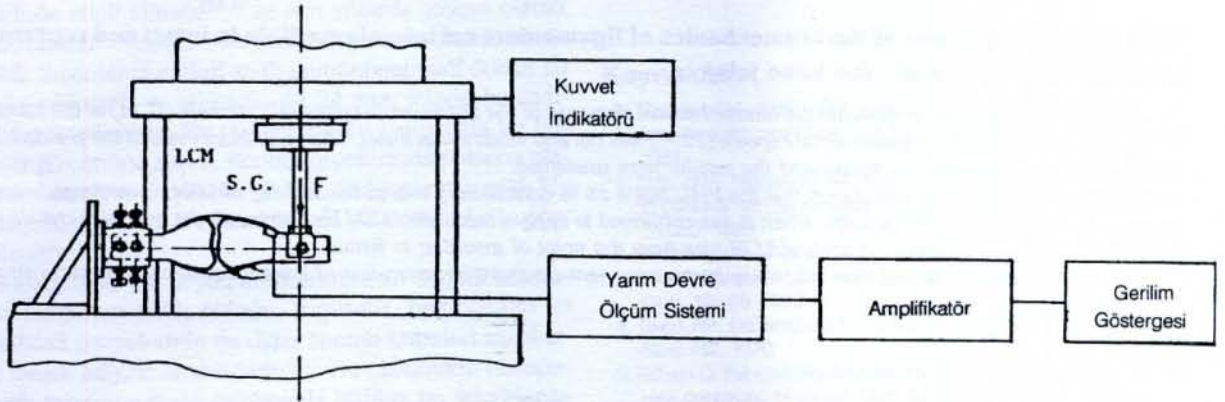
(1) KTÜ Tıp Fak. Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Doçenti.

(2) KTÜ Tıp Fak. Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Yardımcı Doçenti.

(3) KTÜ Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makina Bölümü Rekonstrüksiyon Anabilim Dalı Yardımcı Doçenti.



Şekil 1. Trebel Universal test makinesi, dizin konumu ve amplifikatörü



Şekil 2. Trebel test makinesi, strain gauge (gerilim ölçer) ve yarım devre ölçüm sistemi.

Gerilimleri ölçmek için HBM marka uzama ölçü şeritleri kullanılmıştır.

Uzama ölçü şeridinin, sıcaktan en az etkilendiği 15-30° C civarında çalıştırılmış ve bunlar LCM insersiyonunun hemen distaline yapıştırılmıştır. Yapıştırma yeri; yumuşak dokulardan tamamen temizlenmiş, düzeltilmiş ve sıcak hava akımında kurutulmuştur. Uzama ölçü şeri-

dini tesbit için kemik çimentosu kullanılmıştır. Gerilimleri göstermede kullanılan kuvvetlendirici (amplifikatör) KWS/T-5 tipi HBM markadır. Çalışmada yarım devre ölçüm sistemi kullanılmıştır. (Şekil 2)

Deney düzeninin oturtulması için on adet dana dizinde ön çalışma yapılmıştır. Müteakiben beş dana dizi üzerinde PMK sağlamken, beş dizde de PMK kesildik-

Tablo 1. PMK sağlamken LCM'nin biomekanik özellikleri.

Dizler	Kopma noktası (kg)	Kopma yeri	Kopmadan önce uzama miktarı (mm)	Koptuğu andaki miktar (mm)	Bağın başlan-gıçtaki boyu (cm)
1.Diz	180	Origo	3	10	11
2.Diz	190	Origo	5	10	11.5
3.Diz	160	Origo	3	8	11
4.Diz	180	Eklem aralığı	4	10	12
5.Diz	170	Insertio	5	10	11.5
İnsan Dizi	36	Origo	2	4	9
"	44	Origo	2	4	10

Tablo II. PMK kesik olduğu durumda LCM'nin biomekanik özellikleri

Dizler	Kopma noktası (kg)	Kopma yeri	Kopmadan önce uzama miktarı (mm)	Koptuğu andaki miktarı (mm)	Bağın başlan-gıçtaki boyu (cm)
1.Diz	150	Origo	3	10	12
2.Diz	130	Origo	4	10	12
3.Diz	140	Origo	5	10	11
4.Diz	140	Origo	5	9	11
5.Diz	150	Origo	5	9	11.5
İnsan Dizi	30	Origo	2	4	9
"	38	Origo	2	4	10

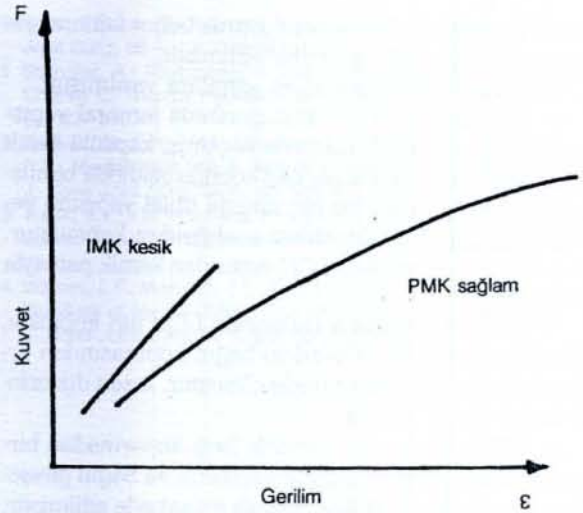
ten sonra çalışma yapılmıştır. Sonra insan dizlerine geçilmiş; iki dizde PMK kesilmiş, diğer ikisinde ise sağlam bırakılmıştır. Çalışma esnasında bütün dizlerdeki LCM'nin başlangıçtaki, uzamaya başladığı andaki ve kopma andaki uzunlukları kaydedilmiş ve LCM ve PMK yırtılıp koptuktan sonra yüklemeye bütün dizlerde devam edilmiştir. (Tablo I-II).

Femur ve tibia tutucuları TREBEL Üniversal test makinasına monte edildikten sonra, diz, transvers düzlemde, ve LCM üste gelecek şekilde, bağın origosunu dışarda bırakmak suretiyle silindirik yuvaya gömülmüş ve etrafındaki vidalar sıkılmıştır. Tibia tutucusu makinanın yükleyen koluna monte edilmiş ve rotasyonu engellemek için vidalar sıkılmıştır. Yüklemeler, tibia tutucusu vasıtasıyla vertikal ekseninde aşağıya doğru yapılmış, yüklemeler sırasında diz tam ekstansiyonda tutulmuş, yani diz saf valgusa zorlanmıştır. Yüklemeler bütün dizlerde makinanın % 40 hızıyla yapılmış ve verilen yük miktarı göstergeden takip edilmiştir. Yüklemeler esnasında hangi yük miktarında ne gibi değişiklikler olduğu kaydedilmiş, yüklemeler durdurulup ölçümler alınmış ve sonra tekrar yüklemeye devam edilmiştir.

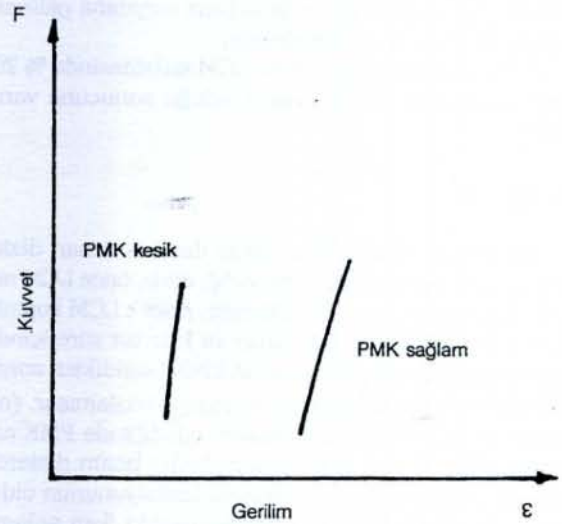
## Sonuçlar:

Bütün dana dizlerinin LCM'nin başlangıç uzunluğu ekstansiyonda ortalama 11.5 cm, insandaki 9 cm, uzama miktarı dana dizinde ortalama 4 mm, insan dizlerinde 2 mm, koptuğu anda ise dana dizindeki ligamentin 1 cm, insan dizlerinde ligamentin 4 mm uzadığı tesbit edilmiştir.

PMK sağlamken; LCM dana dizlerinde ortalama 180 kg kuvvetle, insan dizlerinde ise 40 kg kuvvetle kop-



Şekil 3. 3 Dana dizinde PMK kesik ve sağlamken ortaya çıkan kuvvet ve gerilim ilişkisi.



Şekil 4. İnsan dizinde PMK kesik ve sağlamken ortaya çıkan kuvvet ve gerilim ilişkisi.

muştur.

PMK kesik dizlerde ise; LCM dana dizlerinde 150 kg kuvvetle, insan dizlerinde 34 kg kuvvetle kopmuştur.

PMK'ün kesik ve sağlam olan dana dizlerinde uygulanan kuvvete göre LCM'de ortaya çıkan gerilimler mukayese edildiğinde; kapsülü sağlam olan dizlerdeki bağın, kesik olan dizlerdeki bağa göre daha fazla kuvvete dayandığı ve daha yüksek gerilim miktarına karşı koyduğu müşahade edilmiştir. PMK kesildiğinde LCM, hem daha düşük kuvvetlerde kopmuş, hem de gerilime karşı koyma gücü azalmıştır. (Şekil 3). İnsan dizlerinde de buna benzer sonuç alınmıştır. (Şekil 4). Valgus zorlaması PMK ve LCM'yi koparmadan birkaç kere tekrarlandığında eklem medialinde gevşeklik hasıl olduğu görülmüştür.

Bütün dizlerde PMK ve LCM yırtıldıktan sonra yük-

lemeye devam edilmiş ve arka çapraz bağın femoral yapışma yerinden kopmuş tesbit edilmiştir.

Bu çalışmada şu sonuç ve yargılara varılmıştır:

1- Dana dizlerinde LCM çoğunlukla femoral yapışma yerinden ve kemik parçayla kopmuş, kapsülü kesik olan dizlerde ise yırtılma saf bağ kopuğu şeklinde olmuştur. Kapsülü sağlam olan bir vakada tibial yapışma yerinden, bir diğerinde ise eklem aralığından kopmuştur. İnsan dizlerinin dördünde LCM femurdan kemik parçayla kopmuştur.

2- PMK kesilen dana dizlerinde LCM'nin kopması, kapsülü sağlam olan dizlerdeki bağın kopmasından ortalama 30 Kg. daha az kuvvetle olmuştur. İnsan dizlerinde ise bu fark 6 Kg.'dır.

3- PMK sağlam olan dizlerde bağı koparmadan birkaç kez kuvvet yüklediğinde kapsülün ve bağın gevşediği ve medialde instabilite geliştiği müşahade edilmiştir.

4- Çalışma esnasında meniskuslarda ve ön çapraz bağlarda bir değişiklik tesbit edilmemiştir.

5- İnsan ve dana dizlerinde PMK sağlamken yapılan ölçümlerde bağ kopmadan önce gerilim daha fazla olmakta ve bağ daha geç kopmaktadır. Böylece bağın, kapsülün desteğiyle kopmaya karşı daha fazla direnç gösterdiği tesbit edilmiştir. PMK kesik olduğu durumlarda, hem daha düşük kuvvetle kopma meydana gelmekte hem de gerilim az olmaktadır.

6- PMK'nun dana dizlerinde LCM stabilitesinde % 20, insan dizinde ise % 15 katkısı olduğu sonucuna varılmıştır.

## Tartışma:

Çalışmaya dahil edilen bütün dana ve insan dizlerinde valgus zorlamasına başlanıldığı anda, önce LCM'nin gerilmeye başladığı tesbit edilmiştir. Ancak LCM koştuktan sonra PMK'nun hızla gerildiği ve kısa bir süre içinde yırtılmaya başladığı görülmüştür. PMK kesildikten sonra LCM daha düşük kuvvetlerde kopmaya başlamıştır. (ortalama 34 kg). Zorlamaya devam edildiğinde PMK'nun kopmasından sonra, arka çapraz bağın bütün dizlerde kopması medial stabilitede önemli fonksiyonunun olduğunu düşündürmüştür. Diz ekstansiyonda iken anlamlı derecede instabilite gösteriyorsa sadece LCM ve PMK'nun zedelenmesi değil arka çapraz bağın da yırtıldığı düşünülmelidir. Bu durum çeşitli araştırmacılar tarafından tesbit edilmiştir.<sup>(4,7,9,14)</sup> O'Donoghue'nin mutsuz üçlüsünde ise mekanizma; fikse olan diz altı bölgesinin üzerinde, diz eklemine torsiyon (dönme) zorlamaları, fleksiyon, valgus ve dış rotasyon şeklindedir.<sup>(3)</sup> Bizim çalışmamızda ise; femur sabitken diz, tibiadan sadece valgusa zorlanmıştır. Bu valgus zorlamaları sırasında meniskuslarda ve ön çapraz bağda bir patoloji tesbit edilmemiştir. Ayrıca uzama ölçü şeritleriyle yapılan çalışmada PMK'nun medial stabiliteye katkısı rakam olarak gösterilmiştir.

Ekstansiyonda PMK'nin valgus stabilitesine katkısı hakkında fikir birliği vardır.<sup>(1,2,4,6,14)</sup>

LCM koştuktan sonra eklem aralığında anlamlı derecede açılma olmuştur. Bu açılma PMK sağlam bırakıldığı vakalarda bile önlenememiştir. Aynı duruma Sullivan ve arkadaşları da işaret etmişlerdir.<sup>(12)</sup>

Dana dizlerinde LCM'nin kopması çoğunlukla origosundan olmuştur. Bağın kendisinden olan kopmalarda ilk

önce, bağ uzunluğuna bandlara ayrılmakta ve bu bandların hepsi birden ve aynı anda kopmamaktadır. Bunun organizmada, aşırı yüklenme ve hasar sınırında bir zorlanma olduğunu gösteren tabii bir ihbar sistemi olduğu belirtilmiştir.<sup>(4)</sup>

İnsan dizlerinde bağlar femura yapışma yerinden, kemik parçayla kopmuş, yüzeysel ve derin oblik kısımları birbirinden ayrı özellik göstermemiştir.

Çalışmada bütün dizlerde arka çapraz bağın kopmasının sebebi bu bağın, LCM ile daha küçük açı yapmasını atfedilmiştir. Değişik bir ifadeyle arka çapraz bağın dizin mekanik eksenine daha yakın olmasındandır.<sup>(1,11)</sup>

Warren<sup>(14)</sup> ve arkadaşları, yaptıkları çalışmalarında LCM'nin valgus zorlamasına karşı dizin medial bölgesinin primer stabilize edicisi olduğunu tesbit etmişlerdir. Bağın derin liflerinin esas stabiliteye az iştirak ettiğini belirtmişlerdir. Bu durum bizim çalışmamızla da uygunluk göstermektedir.

Medial stabilize edici yapılar çıkarıldıktan sonra ekstansiyonda valgus instabilitesi varsa, çapraz bağların hasarlı olması hakkında fikir birliği vardır. Ayrıca, ekstansiyonda valgus instabilitesinin bulunması çapraz bağların hasarının bir göstergesi olarak belirtilmiştir.<sup>(5,7,8,11)</sup>

Hastings'in<sup>(7)</sup> dizin bağ instabiliteleleri ile ilgili yaptığı anatomik sınıflandırmada, tek plânda valgus instabilitesinde izole LCM ve her iki çapraz bağ, iki plandaki instabilitede ise valgus-anteriorda ise LCM ve ön çapraz bağ, valgus-posteriorda ise LCM ile arka çapraz bağın yırtık olduğunu belirtmiştir. Aynı araştırmacı ciddi valgus instabilitesinde LCM ile her iki çapraz bağın da yırtık olduğunu ifade etmiştir.

Rong ve Wang'ın<sup>(9)</sup> dizin çapraz bağlarının stabilitedeki rolüyle ilgili 70 vakalık serilerinin LCM'nun yırtık olduğu 41 vakasının 20'sinde ön çapraz bağda, 12'sinde arka çapraz bağda yırtık bulunmuş, 9'unda ise her iki çapraz bağ bu hasara iştirak etmiştir.

PMK kesik dizlerde yapılan yüklenme uygulanan F kuvveti yalnızca LCM tarafından taşındığı için; tibiaya yerleştirilen uzama ölçü şeridi daha az uzayıp, kapsülü yüklemesinden daha az bir kuvvetle kopmaktadır. Bu durum insan dizinde de aynen gözlenmiştir.

PMK sağlam dizlerdeki yüklemeye ise LCM'nin yanında kapsül de taşımaya katıldığı için, tibia, çevresel olarak tutulmuş bir vaziyette uygulanan kuvvet etkisinde; eğilme ile uzamaya başlamakta, bunun sonucu olarak aynı F kuvveti etkisinde tibia üzerinde ölçülen uzama daha fazla olmaktadır.

## Kaynaklar

1. D'Ambrosia, R.D.: Musculoskeletal Disorders, Regional Examination and Differential Diagnosis Second Edition. Lipincott Comp. Philadelphia London Mexico City New York St. Louis Sao Paulo Sydney, 1986. pp. 493-509.
2. Edmonson, A.S., Crenshaw, A.H.: Campbell's Operative Orthopaedics., Seventh Edition. Mosb. Comp. St. Louis Washington D.C. Toronto. 1987. pp. 2283-2298.
3. Ege, R.: Travma. Emel Matbaası. Ankara 1981. pp. 480-484.
4. Engin, A.A. and Korde, M.S.: Biomechanics of the Normal and Abnormal Knee Joint. J. Biomechanics. V. 17, 1974. pp. 325-334.

5. Everts, C.M.: Surgery of The Musculoskeletal System. New York Edinburgh London and Melbourne. Churchill Livingstone. 1983. V.3. Seç. 7. pp. 4-60.
6. France, E.P., Daniels, A.U., Goble, E.M. and Dunn, H.K.: Simultaneous Quantitation of Knee Ligament Force. J.Biomechanics. V 15. No.8, pp. 553-563. 1983.
7. Hastings, D.E.: Knee Ligament Instability A Rational Anatomical Classification, Clinical Orthopaedics and Related Research, No. 208, pp. 104-107. 1986.
8. Insall, J.N.: Surgery of The Knee. Churchill Livingstone: New York Edinburgh London and Melbourne. 1984. pp.4-24.
9. Rong, G. and Wang, Y.: The Role of Cruciate Ligaments in Maintaining Knee Joint Stability. Clinical Orthopaedics and Related Research No. 215, pp. 85-91. 1987.
10. Scott, F.D.: An Evolutionary Perspective of The Knee. J. Bone Joint Surg. 69-A, pp. 976-983. 1987.
11. Steindler, A.: Kinesiology of The Human Body. Fourth Printing. Charles C. Thomas Publisher. Springfield. Illinois. USA. 1973. pp. 327-340.
12. Sullivan, D., Levy, M.I., Skeskier, S., Torzilly, P.A. and Warren, R.F.: Medial Restraints to Antero-posterior Motion of The Knee. J. Bone Joint Surg. 66-A, pp. 930-937. 1987.
13. Turek, S.L.: Orthopaedics, Principles and their Application Third edition .Lppincott company. Philadelphia. Toronto. 1977. p. 1163.
14. Warren, L.F. Marshall, J.L., Girgis, F.: The Prime Static Stabilizer of Medial Side of The Knee. An Anatomical Analysis. J. Bone Joint Surg. 56-A, pp. 56-62. 1974.