

Bir, İki ve Üç Mesafe Laminektominin Servikal Omurga Biyomekaniğine Etkisi (Koyun Modelinde Deneysel Çalışma)

The Effect of One, Two and Three Level Cervical Laminectomy to the Cervical Spine Biomechanics (An Experimental Study on the Sheep Model)

ÖZ

AMAÇ: Bu çalışma, boyun omurgasına arkadan yaklaşımla, bir, iki ve üç seviye uygulanan laminektomi yönteminin stabiliteye etkisini biyomekanik olarak incelemek amacıyla planlandı.

YÖNTEM: Çalışma in vitro koyun boynu modelinde strain gauge tekniği kullanarak yapıldı. 35 adet koyun C3-C7 omurga parçasının 7'si, fleksiyon, ekstansiyon, sağ ve sol yana eğilme ve aksiyal rotasyon hareketleri için maksimal yüklenme düzeyinin ve elastik bölgenin saptanması için kullanıldı. Geri kalan 28'i dört gruba ayrıldı. A Grubuna cerrahi işlem uygulanmadı, B Grubuna bir mesafe, C Grubuna iki mesafe, D Grubuna üç mesafe laminektomi uygulandı. Tüm gruplarda fleksiyon, ekstansiyon, sağ ve sol yana eğilme ve aksiyel rotasyon hareketleri için sıfırdan 5 Newton-metre (N-m) 'ye kadar moment uygulanarak yük deformasyon eğrileri çizildi. Her bir harekette 2.5, 3, 4, 5 N-m momentlerde oluşan deplasman açı değerleri hesaplandı ve dört grubun sonuçları karşılaştırılarak istatistiksel değerlendirmeler yapıldı.

BULGULAR: Elastik sınırlar içinde kalınarak, kontrol grubuna (Grup A), bir (Grup B), iki (Grup C) ve üç (Grup D) mesafe laminektomi uygulanan omurga piyeslerine moment uygulandığında: fleksiyon, ekstansiyon, sağ yana eğilme, sol yana eğilme ve aksiyel rotasyonda, dört grubun deplasman açı değerleri arasında anlamlı farklar bulundu.

SONUÇ: Çalışma, boyun omurgasına arkadan yaklaşımla bir, iki, üç mesafe laminektominin boyun omurga stabilizasyonunu bozduğu görüşünü desteklemektedir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Boyun omurgası, laminektomi, stabilizasyon, biyomekanik

ABSTRACT

OBJECTIVE: This study was designed to examine the biomechanical effects to stability of one, two and three level laminectomy of the cervical spine by the posterior approach.

METHODS: Strain gauge techniques were used with in vitro sheep cervical models. Seven of thirty-five sheep C3-7 spinal segments were used to detect the maximal loading level and elastic zone for the motions of flexion, extension, right and left lateral bending, and axial rotation. The remaining twenty-eight segments were divided into four groups: Group A with no surgical intervention, Group B with one-level laminectomy, Group C with two-level laminectomy and Group D with three-level laminectomy. Load deformation curves were recorded for all groups by applying moment from zero to five N-m for flexion, extension, right and left lateral bending and axial rotation. Displacement angle values were measured at moments of 2.5, 3, 4, and 5 N-m for each motion. The four groups were compared and the results were evaluated statistically.

RESULTS: The displacement angle values of four groups were significantly different from each other with flexion, extension, right and left lateral bending, and axial rotation in the range of the elastic zone when moment was applied to the spinal segments.

CONCLUSION: The study supports the notion that one-, two- or three-level laminectomy of the cervical spine by the posterior approach upsets its stabilization.

KEY WORDS: Cervical spine, laminectomy, stabilization, biomechanics

Serdar KABATAŞ¹

Kemal Tanju HEPGÜL²

Ergün BOZDAĞ³

Emin SÜNBUĞLU⁴

^{1,2} İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul

^{3,4} İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Mukavemet Birimi, Biyomekanik Laboratuvarı, İstanbul

Geliş Tarihi: 23.12.2003

Kabul Tarihi: 15.04.2005

Yazışma adresi:

Serdar KABATAŞ

İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul

GİRİŞ

Omurgaya yönelik yaklaşımlar içinde en eski olanı arkadan yaklaşımdır. Aegina'lı Paulus günümüzden 1350 sene önce omuriliğe bası yapan kırıkların tedavisinde bu yaklaşımı uygulamıştır. İlk servikal laminektomi ise 1829 yılında Alban Smith tarafından yapılmıştır (13). Günümüzde genellikle servikal spondiloz, posterior servikal yapıların ossifikasyonu ve hipertrofisine bağlı omurga kanalındaki daralma, omurga ve omurilik tümörleri, nadiren de travmayla oluşan omurga yaralanmalarında tercih edilen bir yöntem olan laminektominin biyomekanik olarak değerlendirilmesi halen tartışmalı bir konudur (4).

Bu çalışma, boyun omurgasına arkadan yaklaşımla, bir, iki ve üç seviye uygulanan laminektomi yönteminin stabiliteye etkisini biyomekanik açıdan incelemektedir. Omurganın genel yapısının hayvandan hayvana, fazla değişiklik göstermemesi ve füzyon gibi süregelenlik gerektiren bir özelliğin değerlendirilmeyecek olması nedeniyle çalışma in vitro hayvan deneyi olarak yapıldı. Büyüklük, anatomik özellikleri, insan boyun omurgasına benzerliği, piyeslerin kolay elde edilmesi ve maliyetinin ucuz olmasından dolayı koyun boyun omurgası model olarak seçildi (10,17).

MATERYAL-METOD

Çalışmada, 35-40 kg ağırlıkta, 3-4 yaşında, erkek merinos cinsi koyunlardan alınmış 35 adet C3-C7 omurga parçası kullanıldı. Omurga canlı hayvan kesimi yapılan özel bir mezbahada kesim işleminin hemen ardından tarafımızdan çıkarıldı. Boyun, bağlar sağlam kalacak şekilde piyesteki diğer dokulardan temizlendi. Piyesin kurumaması için aralıklı olarak serum fizyolojik solüsyonu uygulanarak nemlendirildi. Omurga parçaları 6 saat içinde cerrahi işlem gerçekleştirilmek üzere streç film tabakasına sarılarak 4-6 °C'de buzdolabında saklandı. 7'si fleksiyon, ekstansiyon, sağ ve sol yana eğilme ve aksiyal rotasyon hareketleri için maksimal yüklenme düzeyinin ve elastik bölgenin saptanması için kullanıldı. Geri kalan 28 adet omurga parçası kontrol grubu (A), 1 mesafe laminektomi grubu (B), 2 mesafe laminektomi grubu (C), 3 mesafe laminektomi grubu (D) olarak 7'şerli 4 adet gruba ayrıldı. Grup A'ya herhangi bir cerrahi işlem uygulanmadı. Grup B'ye tek mesafe (C4), grup C'ye iki mesafe (C4-C5), grup D'ye üç mesafe (C4-C6) laminektomi yapıldı (ilk önce C4, sonra C5 ve son

olarak C6'ya). Cerrahi işlemden sonra omurga parçaları biyomekanik testler yapılana kadar streç filme sarılarak -20°C'de derin dondurucuda muhafaza edildi.

Biyomekanik olarak dayanıklılık testi uygulandı. Testler İstanbul Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi, Mukavemet Birimi, Biyomekanik Laboratuvarında yapıldı. Cerrahi işlem sonrası dondurulan piyesler biyomekanik testler uygulanması için 1 saat bekletilerek oda ısısına getirildi ve testler 6 saat içinde uygulandı. Piyeslerin C3 omur cisminin üst ve C7 omur cisminin alt yarısı, 7,5 cm çapında, 2,2 cm yüksekliğinde PVC borusu (Pimaş, Gebze) kalıp olarak kullanılarak, çelik macun (DYO, İzmit) içine gömüldü (Şekil 1). Üst ve alt kalıplar arasına yerleştirilen piyesler elektrohidrolik üniversal test cihazına (Universal Material Testing Machine, TecQuipmentLtd, Model/Serial No:SM 100/J1007/4, Made in England) yerleştirildi (Şekil 2). Üst kalıp üzerinden yük uygulanacak hale getirildi (Şekil 3). Omurgada uygulanan yük sonrası meydana gelen şekil değişikliğini ölçmek amacıyla strain gauge kullanılarak imal edilen deplasman transdüserleri kullanıldı. Çalışmada kullanılan strain gauge'ler, Hottinger Baldwine Messtechnik GmbH (HBM), firmasından sağlandı. Strain gauge'lerde (RY6, 120W, K=2.05) meydana gelen elektriksel direnç değişikliği Wheatstone köprüsü devrelerinden geçirilerek ve yükseltilmiş elektrik sinyali olarak kaydedildi. Algılayıcılar için daha önceden elde edilmiş olan kalibrasyon değerleri kullanılarak deplasman, açı ve kuvvet değişimi şeklinde elde



Şekil 1: Üç mesafe laminektomi yapılmış ve her iki ucu kalıp içine gömülmüş piyes



Şekil 2: Universal Material Testing Machine, TecEquipmentLtd, Model/Serial No:SM 100/J1007/4, England).

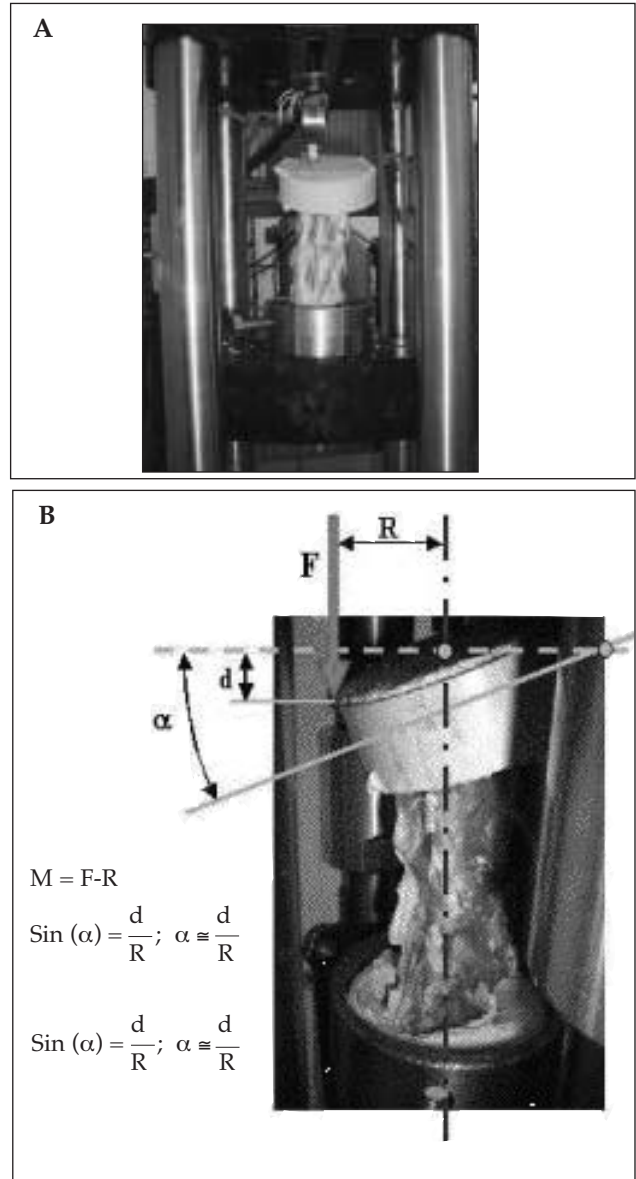


Şekil 3: Rotasyon için rulmanlı düzenekte piyese rotasyon momenti verilmesi

edildi. Eksen olarak; kemik nötral durumda iken kesit geometrik merkezlerinin oluşturduğu eksen kabul edildi. Fleksiyon, ekstansiyon, her iki yana eğilme ve aksiyel rotasyon için eksentrik kuvvetler uyguladığımızdan dolayı, deney sonuçları moment olarak hesaplandı.

Fleksiyon, ekstansiyon, sağa ve sola yana eğilme ve aksiyel rotasyon hareketlerinin her birinin yük-deformasyon eğrisinin çizilmesi ve maksimum yüklenme değerinin saptanması için, birer normal C3-C7 piyesi kullanıldı. Fleksiyon, ekstansiyon, sağa ve sola eğilmenin ölçülmesi için, 4 adet strain-gauge'den oluşturulan ring kuvvet transdüseri hazırlandı ve kuvvetler ağırlık merkezinin 3,5 cm önüne (fleksiyon için), arkasına (ekstansiyon için) ya da sağına ve soluna (yana eğilme için) uygulandı. Bunun yardımıyla, yer değiştirmeler, birim şekil değişimleri epsilon (e) cinsinden strain-gauge

köprüsü ve Data Logger (Tecquipment Ltd. England, Model/Serial no: E31/J3080/3) cihazından okundu. Bu değerler Data Logger cihazından bilgisayara aktarıldı. Terminal programı yardımıyla Excel dosyası şeklinde kaydedildi. Daha sonra bu birim şekil değişimi değerleri, kullanılan transduserlerin kalibrasyon değerlerine göre kuvvete çevrilerek maksimal yüklenme kuvveti tespit edildi. Sıfırdan başlanarak 300 N'a kadar değişen kuvvetler uygulandı. Bu kuvvetler etkisiyle piyeste oluşan kayma; elastisite modülü, dik kesit alanı, uzunluğu bilinen ve önceden kalibre edilen ayrı bir çelikten yapılmış kiriş tip deplasman algılayıcısı yardımıyla birim şekil değişikliği cinsinden kaydedildi. Aksiyel



Şekil 4A, 4B: Piyese eksantrik yük verilerek fleksiyonda moment uygulanması ve hesaplanması

rotasyon için, test cihazına ön yüklemesiz ve sürtünmesiz dönmeyi sağlayacak rulman sistemi yerleştirildi. Piyas alt ucu sabitlenip, üst uca 0.033 rad/sn sabit hızda sıfırdan 5 N-m'ye kadar, artan bir moment uygulandı. Ortaya çıkan rotasyon daha önceden karşılığı derece olarak kalibre edilmiş çubuk transduser yardımıyla birim uzama cinsinden kaydedildi ve yük-deformasyon eğrileri çizdirildi. Her test için beş kez yükleme uygulandı, ilk dördü viskoelastik etkiler sebebiyle değerlendirmeye alınmayarak, beşinci yükleme sonuçları ile eğriler çizildi (Şekil 4A, B).

Fleksiyon, ekstansiyon, sağ yana eğilme ve aksiyel rotasyon için grupların ortalamaları arasında fark olup olmadığını araştırmak amacıyla Tek Yönlü Varyans Analizi (One-way ANOVA) yapıldı. Varyans analizinin geçerliliği için (varyansların homojenliği) Levene Testi uygulandı. Varyans analizi sonucunda grupların birbirlerinden farklı olması nedeniyle hangi grupların farklı olduğunu araştırmak için Bonferoni ve Duncan Testleri yapıldı. Aksiyel rotasyon için Levene Testi sonucunda varyansların homojenliği kanıtlanamadığı için ANOVA uygulanamadı. Bunun yerine parametrik olmayan (non-parametrik) bir test olan Kruskal-Wallis One-way ANOVA Testi uygulandı. Kruskal-Wallis Testi sonucunda gruplar arasında anlamlı fark bulundu. Hangi grupların farklı olduğunu araştırmak için Mann-Whitney U-Wilcoxon W testi yapıldı. P değerinin 0.05'den küçük olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

DENEY SONUÇLARI

1-Fleksiyon: Fleksiyonun değerlendirilmesi için uygulanan momentlere karşılık ortaya çıkan deplasman açıları saptandı. Sonuçlar 4 grup (A, B, C, D) arasında istatistiksel olarak karşılaştırıldı. 2.5 N-m, 3 N-m, 4 N-m, ve 5 N-m yük altında; Grup B ve C arasında anlamlı fark saptanmazken, Grup B ve C'de Grup A'ya göre, Grup D'de ise, Grup B ve C'ye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla deplasman açısı değerleri olduğu belirlendi, (p<0.05) (Tablo I A, B).

2-Ekstansiyon: Ekstansiyonun değerlendirilmesi için uygulanan momentlere karşılık ortaya çıkan deplasman açıları saptandı. Sonuçlar 4 grup (A, B, C, D) arasında istatistiksel olarak karşılaştırıldı. 2.5 N-m, 3 N-m, 4 N-m, ve 5 N-m yük altında; Grup B ve C arasında anlamlı fark saptanmazken, Grup B ve C'de Grup A'ya göre, Grup D ise Grup B ve C'ye

göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla deplasman açısı değerleri olduğu belirlendi, (p<0.05) (Tablo IIA, B).

3-Sağ Yana Eğilme: Sağ yana eğilmenin değerlendirilmesi için uygulanan momentlere karşılık ortaya çıkan deplasman açıları saptandı. Sonuçlar 4 grup (A, B, C, D) arasında istatistiksel olarak karşılaştırıldı. 2.5 N-m, 3 N-m, 4 N-m, ve 5 N-m yük altında; Grup B'de Grup A'ya göre, Grup C'de Grup B'ye göre ve Grup D Grup C'ye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla deplasman açısı değerleri olduğu belirlendi, (p<0.05) (Tablo III A, B).

4-Sol Yana Eğilme: Sol yana eğilmenin değerlendirilmesi için uygulanan momentlere karşılık ortaya çıkan deplasman açıları saptandı. Sonuçlar 4 grup (A, B, C, D) arasında istatistiksel olarak karşılaştırıldı. 2.5 N-m, 3 N-m, 4 N-m, ve 5 N-m yük altında; Grup B ve C arasında anlamlı fark saptanmazken, Grup B ve C'de Grup A'ya göre, Grup D ise, Grup B ve Grup C'ye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla deplasman açısı değerleri olduğu belirlendi, (p<0.05) (Tablo IVA, B).

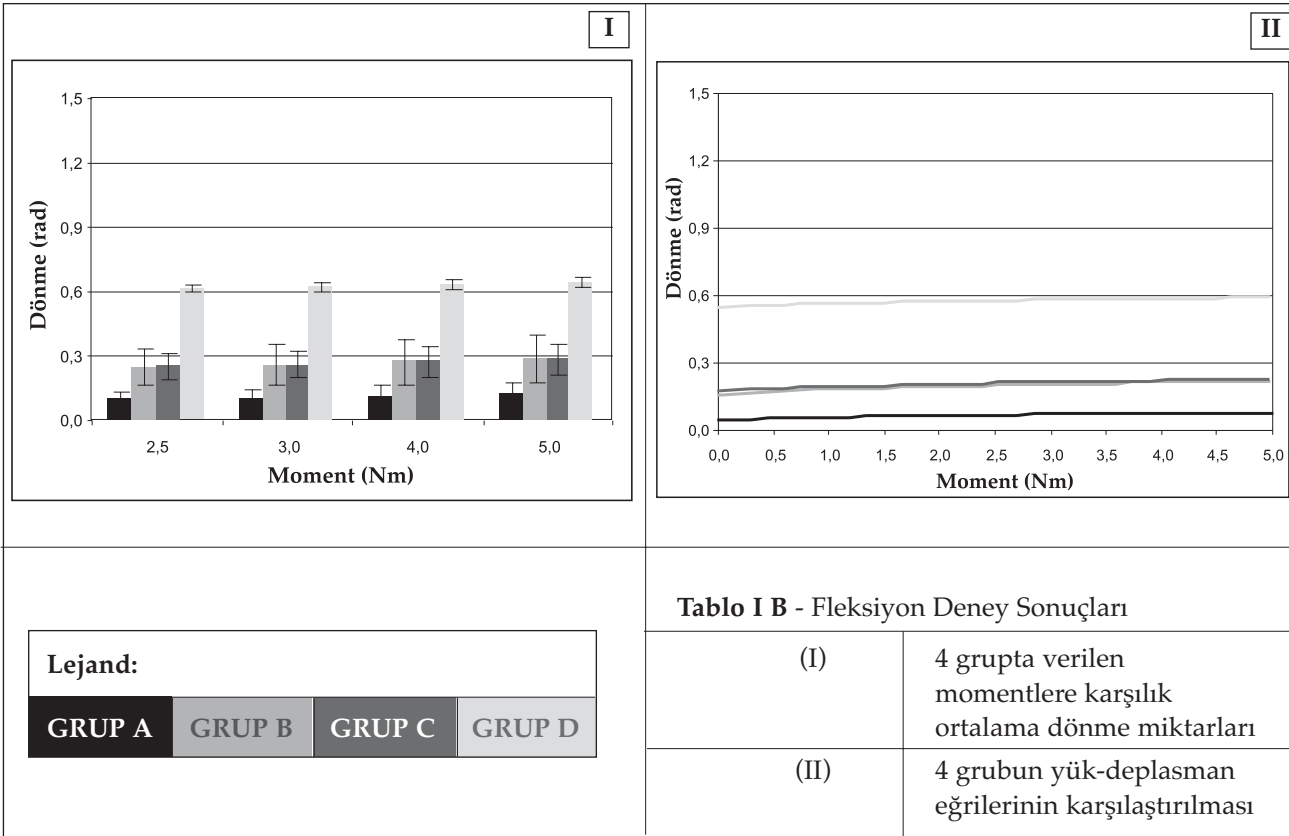
5-Aksiyel Rotasyon: Aksiyel rotasyonun değerlendirilmesi için uygulanan momentlere karşılık ortaya çıkan deplasman açıları saptandı. Sonuçlar 4 grup (A, B, C, D) arasında istatistiksel olarak karşılaştırıldı. 2.5 N-m, 3 N-m, 4 N-m, ve 5 N-m yük altında; Grup B ve C arasında anlamlı fark saptanmazken, Grup B'de Grup A'ya göre, Grup C'de Grup B'ye, Grup D ise Grup C'ye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla deplasman açısı değerleri olduğu belirlendi, (p<0.05) (Tablo V A, B).

TARTIŞMA

Servikal laminektomi, 1829 yılında Alban Smith tarafından uygulanmasından bu yana cerrahların en sık kullandığı yaklaşım olmuştur (13). Ancak, laminektomi sonucu oluşan kemik ve ligaman hasarı, servikal omurgada dayanıklılık ve stabilite değişikliğine neden olur. Servikal omurganın yük taşıma kapasitesi azalır ve bölgesel hareketliliği artar (3). Geniş laminektomi sonrasında postoperatif omurga deformiteleri %42 oranında görülür. Bunların %24'ü kifotik deformiteler ve %18'i düz deformitelerdir. Postoperatif omurga deformiteleri ya hiç bulgu vermezler ya da progresyon gösterirler. Özellikle ossifiye posterior longitudinal ligaman (OPLL)'lı hastalarda laminektomi sonrasında

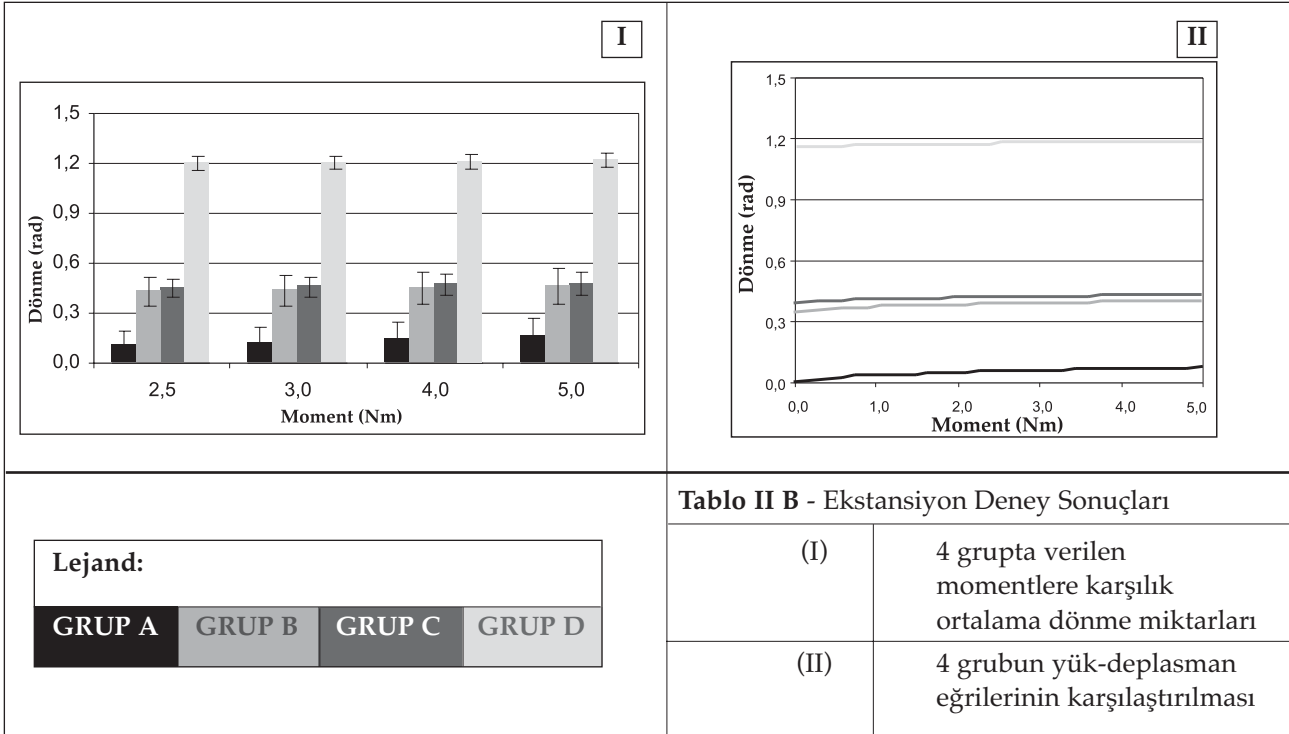
Tablo I A – Fleksiyon İstatistik Sonuçlar Tablosu

		Moment (Nm)			
		2.5	3	4	5
	Grup A	0.097±0.041	0.103±0.044	0.114±0.049	0.122±0.054
	Grup B	0.249±0.086	0.259±0.092	0.275±0.104	0.289±0.114
	Grup C	0.25±0.057	0.259±0.061	0.273±0.069	0.285±0.075
	Grup D	0.614±0.017	0.622±0.018	0.635±0.021	0.646±0.023
	F	108.004	92.6699	73.6030	62.0575
	p	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000



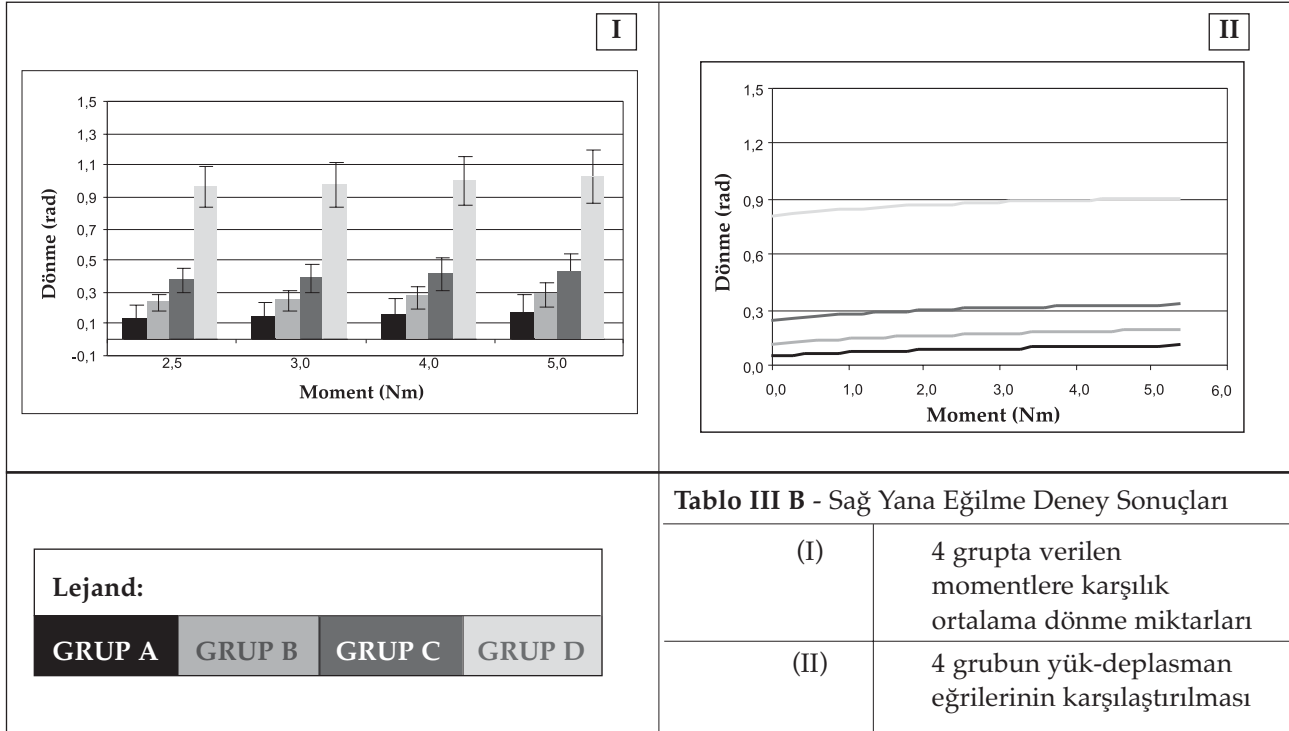
Tablo II A – Ekstansiyon İstatistik Sonuçlar Tablosu

		Moment (Nm)			
		2.5	3	4	5
	Grup A	0.111±0.084	0.123±0.091	0.142±0.104	0.158±0.115
	Grup B	0.428±0.082	0.436±0.088	0.451±0.1	0.462±0.109
	Grup C	0.45±0.049	0.457±0.055	0.467±0.065	0.476±0.073
	Grup D	1.199±0.039	1.204±0.04	1.212±0.043	1.219±0.045
	F	338.0094	282.2149	216.4719	176.3962
	p	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000



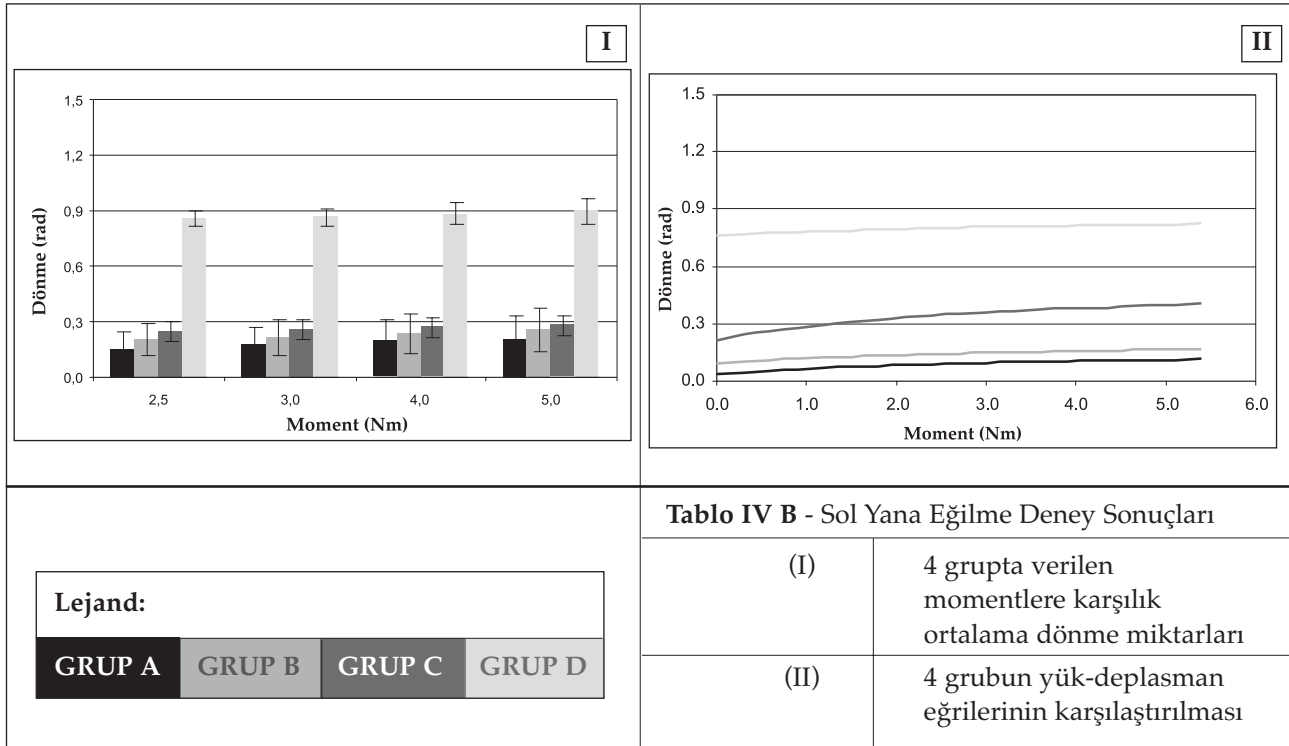
Tablo III A – Sağ Yana Eğilme İstatistik Sonuçlar Tablosu

		Moment (Nm)			
		2.5	3	4	5
	Grup A	0.134±0.087	0.143±0.093	0.16±0.102	0.173±0.109
	Grup B	0.234±0.056	0.247±0.061	0.27±0.070	0.289±0.077
	Grup C	0.374±0.083	0.388±0.089	0.411±0.098	0.431±0.106
	Grup D	0.957±0.129	0.973±0.138	1.001±0.153	1.024±0.165
	F	111.0912	98.4033	81.6340	71.1075
	p	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000



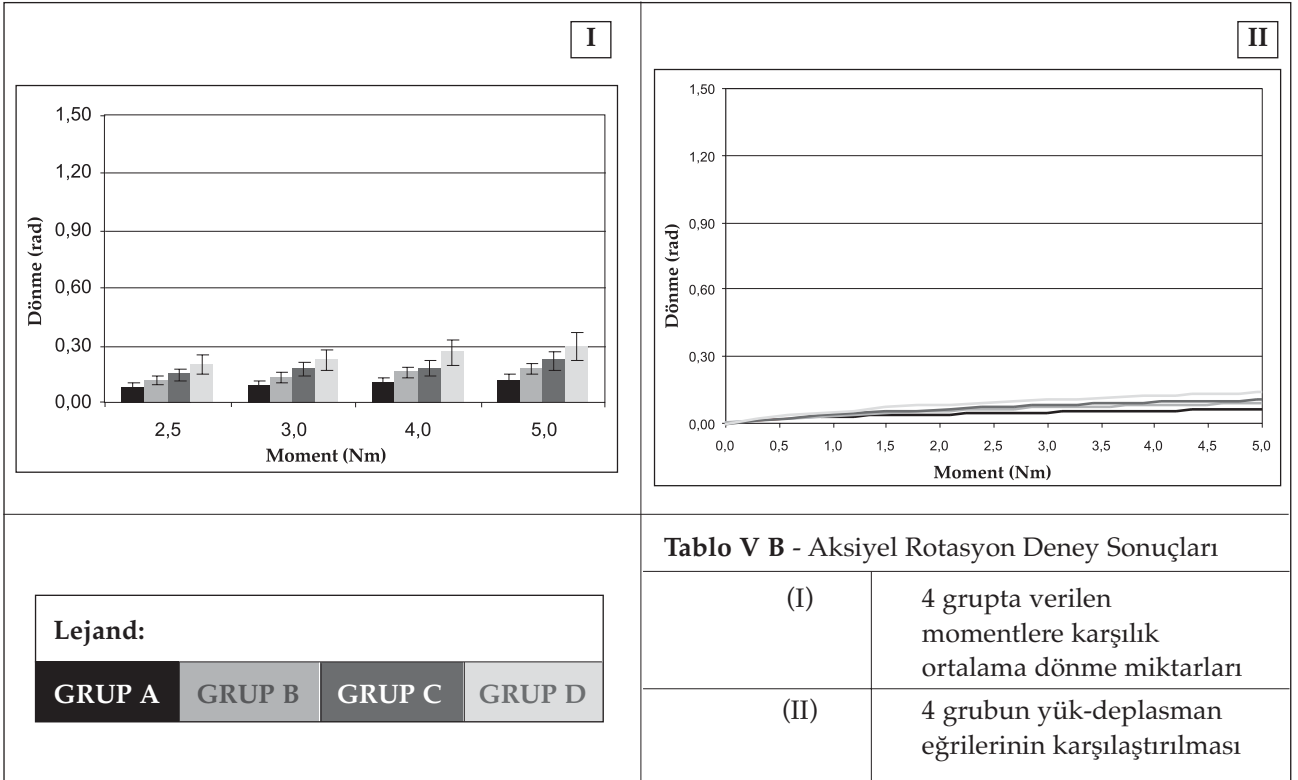
Tablo IV A – Sol Yana Eğilme İstatistik Sonuçlar Tablosu

		Moment (Nm)			
		2.5	3	4	5
	Grup A	0.155±0.094	0.168±0.102	0.19±0.116	0.208±0.127
	Grup B	0.203±0.088	0.216±0.096	0.236±0.108	0.253±0.117
	Grup C	0.246±0.054	0.254±0.052	0.267±0.051	0.277±0.050
	Grup D	0.854±0.045	0.865±0.051	0.883±0.06	0.897±0.068
	F	140.0694	121.3749	96.3497	80.6012
	p	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000



Tablo V A - Aksiyel Rotasyon İstatistik Sonuçlar Tablosu

		Moment (Nm)			
		2.5	3	4	5
	Grup A	0.078±0.026	0.088±0.028	0.104±0.033	0.117±0.037
	Grup B	0.121±0.022	0.136±0.024	0.160±0.028	0.180±0.03
	Grup C	0.149±0.031	0.179±0.035	0.183±0.041	0.222±0.047
	Grup D	0.202±0.049	0.226±0.055	0.265±0.065	0.298±0.073
	F	1.9211	1.8968	1.8512	1.8241
	p	0.0476	0.0476	0.0350	0.0253



omurga deformiteleri ilerler. Omurilik gevşer ve geriye doğru yer değiştirir. Buna karşı lordoz azaldığı zaman omurilik gerilir ve öne doğru gelir. C3 düzeyinin altındaki laminektomilerde üst servikal kifoz görülmez, alt servikal düzeylerde başlangıçta kifotik angulasyon görülür, sonrasında S-tipi deformiteye ilerler (7). Total laminektomi ameliyatları uzun dönemde kifoz oluşma riskinden dolayı çocuklarda ve kifotik boyunu olan hastalarda tavsiye edilmez (4).

Laminektominin bilinen birçok olumsuz sonuçlarına rağmen, bazı yayınlarda laminektomiyle omurilikte oluşan esnekliğin faydalı olduğundan bahsedilmiştir. Rogers 1961 yılında servikal spondilolitik miyelopati (CSM)'nin tedavisinde geniş servikal laminektomi tanımlamıştır. 33 hastayı 12-17 yıl takip etmiş, sadece 1 hasta dışında diğer hastalarda iyi sonuç elde ederek operasyon tekniğinin önemli olduğunu belirtmiştir. Stabilizasyonda en önemli faktörün faset eklemleri olduğunu ve geniş servikal laminektominin omurga instabilitesine neden olmadığını iddia etmiştir (8).

Laminektomiye bağlı deformiteler laminektominin instabil bir yaklaşım olduğunu göstermiştir (1,15). Saito ve ark., laminektomi sonrası çocuk ve erişkinlerdeki biyomekanik değişiklikleri finite element analiziyle açıklamışlardır. Çocuk modellerde yüklenme noktasının fazla geriye gitmesinden dolayı üst servikal segmentlerde lordoz artması, orta ve alt seviyelerde ise kifoz görülür. Erişkin modellerde ise end-plate ve ligamanlardaki elastikiyet, deformitenin gelişmesini kısmen engeller. Bu yazarlar laminektomi sonrası gerilebilir stresin; omurga cismini etkileyen streste dengesizlik sonucu fasetlere bindiğini saptamışlardır (12). Nowinski çok seviyeli laminektomi ile birlikte fasetin %25'inin bile alınmasının hareketliliğin artmasına yol açacağını, Zdeblick faset kapsülünün %50'den fazla alınması durumunda ise, ciddi kaymalar geliştiğini bildirmişlerdir (11,18). Tek seviye laminektomiyle beraber %50'den fazla yapılan fasetektomi sonrasında fleksiyon ve ekstansiyonda instabilite gelişebilir (16).

Bu klinik çalışmaların yanısıra, birçok biyomekanik çalışma da yapılmıştır. İnsan kadavra modeli kullanılan biyomekanik çalışmanın sonucunda fleksiyon, ekstansiyon, yana eğilme ve aksiyel rotasyon yüklenmeleri piyesteki hareketliliği artırmıştır. Buradaki problem yaşayan bir dokunun yüklenmelere zaman içinde gösterdiği direncin

değişmesidir ve ameliyatın hemen sonrasında yapılan biyomekanik değerlendirmelerin klinik kullanımı sınırlıdır (5,9). Bununla birlikte, Cusick ve ark., oniki tane taze insan kadavrasında (C2-T1) yapılan in vitro biyomekanik bir çalışmada; fleksiyon ve kompresyon yüklenmeleriyle, intakt ve üç seviye (C4-C6) laminektomiye güç, deplasman ve kinematik olarak her seviyede karşılaştırmışlardır. Sagittal rotasyon açısı anlamlı bir şekilde ($p<0.05$) intakt seviyede 3.6° , laminektomililerde 8° olarak bulmuşlardır. Laminektomili deneklerde, intakt deneklere göre rotasyonlar daha fazladır. Rotasyon açıları üst seviyelerde (C3-C4) fazla, kaudale indikçe azalır. Bu çalışma göstermiştir ki, fasetler korunarak yapılan çok seviyeli servikal laminektomi servikal omurganın esnekliğini ve segmental hareketini artırır. En fazla hareket alt seviyelerde (C6-C7) görülür (3). Bundan dolayı deneyimizde uygulamadığımız halde, ilk laminektomi yapılan mesafe, en üst mesafe olarak seçildiği için eğilme momenti yüklenme koşullarından daha kolay etkilenebilir. C4 laminektomi ilk olarak yapıldığından; üstte tek bir hareket segmenti (C3-4) kalırken, altta üç tane hareketli segment (C4-5, C5-6, C6-7) kalmaktadır. Deneyimizde, hesaplanan dönme açısı değerleri tüm servikal omurga üzerinden deplasman transduseri ile ölçülen genel değerdir. Her bir segment arasında oluşan dönme açısı değerleri bu deneyde hesaplanmamıştır. Bu nedenle ilk laminektomi yapılan mesafe C5 veya C6 olsaydı farklı sonuçlar alınabilirdi.

In vitro insan kadavra modellerinin elde etme gücü, yüksek maliyetleri ve fazla değişkenlik göstermesinden dolayı biyomekanik çalışmalarda değişik hayvanlar kullanılmıştır. En sık kullanılan hayvanlar köpek, koyun ve keçidir. Köpek başını öne eğik tutması yüzünden çok da uygun bir hayvan değildir (17). Bundan dolayı farklı hayvan çalışmaları yapılmıştır. Lee ve ark., 24 immatür ve 24 matür kedide C3-C6 arası uyguladıkları geniş servikal laminektomi sonucunda postoperatif servikal kifozun 4.cü ayda geliştiğini, buna karşı matür kedilerde servikal lordozun bozulmadığını ve 12 aylık periyotta deformitesinin gelişmediğini bildirmişlerdir. İmmatür kedilerde geç dönemde gelişen kuğu boynu deformitesinin ise, spontan subluksasyon, omurga cisminin kama şeklini alması, ilerleyici kifoz ve laminektomi segmentinde kompensatuar lordoz sonucu oluştuğu sonucuna varmışlardır (6).

Çalışmamızda in vitro koyun boynu modeline; bir, iki, üç mesafe laminektomi uygulandı. İn vitro hayvan modeli kullanmamızın sebebi hayvan kadavrasının kolay elde edilmesi, ucuz olması ve fazla değişkenlik göstermemesidir. Hayvan modeli olarak koyunu tercih etmemizin nedeni ise, koyunun başını dik tutması nedeniyle biyomekanik açıdan insan omurgasına yakın olmasıdır. Ayrıca koyunda boyun omurgasının hem anatomik hem de biyomekanik yönden insan için uygun bir model olduğu deneysel çalışmalarda gösterilmiştir (2,14). Yalnız koyunun boyun omurgasında insanda bulunan unkovertebral eklemler yoktur. Son plakların dış kenarında bulunan ve alttaki ve üstteki omurların birleşmesini sağlayan bu yapının görevi tam olarak bilinmiyorsa da omurun arkaya kaymasını önlediği ve lateral fleksiyonu kısıtladığı düşünülmektedir (2).

Biyomekanik çalışmalarda temel ünite hareket segmentlerinden oluşur. Bir hareket segmenti komşu iki omur ile aralarındaki disk eklem kapsülleri ve bağlardan meydana gelir. Bununla beraber hareket segmentinin incelenmesi ile elde edilen sonuçlar tüm omurgaya genellenemez. Çünkü omurga homojen değildir ve test sonuçları doğrusal özellik göstermez. Omurganın bütününde hareketler izole olarak değil, kombinasyonlar halinde gerçekleşir. Örneğin aksiyal rotasyonla birlikte lateral fleksiyon ya da fleksiyonla birlikte yana kayma ortaya çıkar. Hareketlerin bu şekilde çiftler halinde gerçekleşmesine çiftleşme (coupling fenomeni) yasası adı verilir. Biyomekanik laboratuvarların çoğunda omurganın bir bütün halinde kullanılması tercih edilir. Bu durum daha fizyolojik sonuçlar sağlasa da, uzun bir omur segmenti kullanıldığında coupling yasası devreye girdiğinden, çalışmayı daha kontrolsüz hale getirir ve biyolojik varyasyonlardan daha fazla etkilenmeye yol açar. Bunu önlemek için bu çalışmada kısa hareket segmentleri kullanmayı tercih ettik. Fleksiyon, ekstansiyon, her iki yöne yana eğilmede moment uygulandığında coupling yasasının devreye girip piyesin her iki yönde de olabilecek translasyon hareketinin engellenmesi için sürtünmesi asgariye indirilmiş bir kızak sistemi oluşturuldu.

Deney sonuçlarını incelediğimizde; Grup B ve C ile kontrol grubu arasında fleksiyon ve ekstansiyon yüklemelerinde istatistiksel anlamlı farklılık varken, tek (Grup B) ve iki seviyeli (Grup C) laminektomi

sonrasında fleksiyon ve ekstansiyon yüklemeleri arasında istatistiksel anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır. Bu sonucu kliniğe özdeşleştirirsek; tek veya iki mesafeli servikal laminektomi yapılan hastaların postoperatif deformitelerinin aynı oranda olacağını söyleyemeyiz. Tablo 3 ve 4 karşılaştırıldığında; Grup A'daki sağ yana eğilmeler deplasman açıları yönünden yaklaşık 0.1 radyan dönmeye (standart derivasyon 0.09), Grup A'daki sol yan eğilmeler ise yaklaşık 0.1 radyan dönmeye (standart derivasyon 0.09)'a ulaşmıştır. Yani, sağ ve sol yan eğilmeler arasında fark olmadığı görülmektedir. Ancak, iki mesafe laminektomi yapılan Grup C'de sağ yana eğilmede 0.4 radyan deplasman açısı (standart sapma 0.08), aynı grupta sol yana eğilme 0.2 radyanlık (standart sapma 0.06) deplasman açısı elde ediliyor. Bunun nedeni deplasman transdüserinin hata payından kaynaklanabilir şeklinde yorumlanabilir. Deneyimizde, maksimum yüklenme değeri olan 5 N-m sonrasında Grup B, C ve D'de (laminektomi yapılan gruplar) dönme açıları en fazla ekstansiyonda artmaktadır. Bunun sebebi laminektominin ekstansiyonda normalden daha fazla hareket oluşturmasındandır. Buna rağmen bir ve birden fazla mesafe laminektomi etkisinin aksiyal rotasyonda diğer hareket yönlerine göre daha az olduğu söylenebilir.

Bir, iki ve üç mesafe laminektominin stabilizasyonu bu şekilde bozması servikal omurganın hareket veya kinematik büyüklükte sağlayan kasların, kemik ve ligamanların hasarına bağlandı. Laminaların ve ligamentum flavumun alınmış olması servikal omurganın posterior mekanik desteğinin kaybolmasıyla deneklerdeki ekstansiyon hareketindeki artışı izah etmektedir. İnterspinöz ligamanlar ise fleksiyon ve eksenel rotasyonu kısıtlayan yapılardır. Bu yapıların hasarında fleksiyon ve eksenel rotasyon hareketlerindeki artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Çalışmamızın sonucunda elde ettiğimiz bulgular, boyun omurgasına arkadan yaklaşımla bir, iki ve üç mesafe laminektominin, boyun omurga stabilizasyonunu bozduğu görüşünü desteklemektedir.

KAYNAKLAR

1. Bell DF, Walker JL, O'Connor G, Tibshirani R: Spinal deformity after multiple-level cervical laminectomy in children. Spine 19: 406-411, 1993
2. Cain CCMJ, Fraser RD: Bony and vascular anatomy of the normal cervical spine in the sheep. Spine 20: 759-765, 1995

3. Cusick JF, Pintar FA, Yoganandan N: Biomechanical Alterations Induced by Multilevel Cervical Laminectomy. Spine 20: 2392-2399, 1995
4. Frederick A, Simeone FA: Surgical management of cervical radiculopathy: posterior approach. In Rothman RH, Simeone FA (eds), Philadelphia: WB Saunders, 1992: 608-613
5. Goel VK, Pope VH: Biomechanics of fusion and stabilization. Spine 20(suppl): 85-99, 1995
6. Grubb MR, Currier BL, Shih JS, Bonin V, Grabowski JJ, Chao EYS: Biomechanical evaluation of anterior cervical spine stabilization. Spine 23: 886-892, 1998
7. Ishida Y, Kazuhiro S, Ohmori K, Kikata Y, Hattori Y: Critical analysis of extensive cervical laminectomy. Neurosurg 24: 215-222, 1989
8. Jenkins DHR: Extensive cervical laminectomy. Long term results. Brit J Surg 60: 852-854, 1973
9. Kaufman HH, Jones E: The principles of bony spinal fusion. Neurosurgery 24: 264-270, 1989
10. Lee KS, Moon MS: The effect of multilevel laminectomy on the cervical spine of growing cats. An experimental study. Spine 18(3):359-363, 1993
11. Nowinski GP, Visarius H, Nolte LP, Herkowitz HN: A biomechanical comparison of cervical laminectomy, and cervical laminoplasty with progressive fasetectomy. Spine 18: 1995-2004, 1993
12. Saito T, Yamamuro T, Shikata J, Oka M, Tsutsumi S: Analysis and prevention of spinal column deformity following cervical laminectomy I: Pathogenetic analysis of postlaminectomy deformities. Spine 16: 494-502, 1991
13. Sonntag VKH: History of spinal disorders. In Menezes AH and Sonntag VKH(eds): Principles of spinal surgery, New York, McGraw-Hill, 1996: 3-23
14. Wilke HJ, Kettler, Claes LE: Are sheep spines a valid biomechanical model for human spines? Spine 22: 2365-2374, 1997
15. Yasuoka S, Peterson HA, MacCarty CS: Incidence of spinal column deformity after multilevel laminectomy in children and adults. J Neurosurg 57: 441-445, 1982
16. Zdeblick TA, Zau D, Warden KE, McCabe RP, Kunz DN, Vanderby R: Cervical stability after foraminotomy. J Bone Joint Surg(Am) 74: 22-29, 1992
17. Zdeblick TA, Cooke ME, Wilson D : Anterior cervical discectomy, fusion and plating. A comparative animal study. Spine 18: 1974-1983, 1993
18. Zdeblick TA, Abitol JJ, Kunz DN, McCabe RP, Garfin S: Cervical stability after sequential capsul resection. Spine 18: 2005-2008, 1993