

Doğrusal Hareket Yapan Servikal Disk Protezinin Etkisi: Kadavra ve Sonlu Eleman Çalışmaları

Effect of Cervical Disc Prosthesis with Translation Motion: In vitro and Finite Element Studies

Deniz U. Erbulut¹, İman Zafarparandeh², Ali F. Özer¹

¹ Biyomedikal Mühendisliği
İstanbul Medipol Üniversitesi
{derbulut,izafarparandeh}@medipol.edu.tr

² Beyin ve Sinir Cerrahisi
Koç Üniversitesi
alifahir@ku.edu.tr

Özetçe

Servikal omurga disk protezinin amacı omurga kinematiğini tekrar kazandırma ve günlük hareketlerden veya kafa ağırlığından doğacak yüklenmeleri diğer omurga bileşenlerine paylaşımını sağlamaktır.

Servikal disk protezinin çalışmaları yapılmış fakat doğrusal hareket kabiliyeti olan bir disk protez çalışması kısıtlıdır. Bu çalışmada insan boyun kadavrası ve sonlu eleman modelleme kullanılarak servikal disk protezinin omurga kinematiğindeki etkileri araştırılmıştır. Alınan sonuçlara göre kadavra çalışması ve sonlu eleman çalışmaları benzerlikler göstermiştir. Servikal disk protezinin segment kinematiğini koruduğu ve normal omurga kinematiği standart sapma değerleri arasında kaldığı gözlenmiştir. Doğrusal hareketli diskin indeks segmente diğer diske çok büyük bir üstünlük sağlanmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler — Servikal disk protezi; Kadavra çalışması; Sonlu eleman modelleme ve analizi; Omurga biyomekaniği.

Abstract

The aim of artificial disc replacements is to restore normal spinal kinematics and to share loads among the spinal segments as in a normal intact spine.

Although, there are many study that investigated effect of cervical total disc replacement on spine biomechanics, there is lack of investigation on disk translational function. This study involves in vitro and finite element analysis to understand effect of disc prosthesis on spine kinematics, specifically, translation functionality. The results showed that in vitro and finite element analysis predicted similar outcome in term of kinematic. Cervical disk prosthesis resorted segmental kinematic and stayed within the standard deviation from the in vitro studies. Translational function did not show any advantages over the normal disc design.

Keywords — Cervical disc prosthesis, In vitro study; Finite element modelling and analysis; Spine Biomechanics.

1. Giriş

Günümüze kadar bir çok servikal disk protezi çalışması yapılmıştır [1-3]. Bu çalışmalar sadece omurga kinematiğini değil aynı zamanda yapılan sonlu eleman çalışmalarıyla bir çok biyomekanik parametreler (stres analizleri, komşu segment yüklenmeleri vs.) raporlanmıştır. Yapılan çalışmalarda servikal disk protez tedavi yönteminin hasta segmenti stabilize ettiği ve füzyon tedavi yöntemine göre segment kinematiğini koruduğu gözlenmiştir.

Bu çalışma daha önceki literatürdeki çalışmalara ek olarak servikal disk protezinde doğrusal hareketin segment kinematiğine etkisi araştırılmıştır. Doğrusal hareket kabiliyeti olan bir disk protezinin normal omurga hareketlerine daha yakın olacağı hipotezi savunulmuştur.

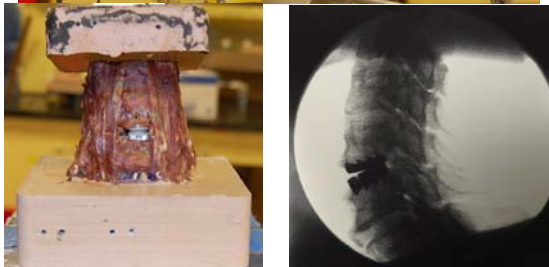
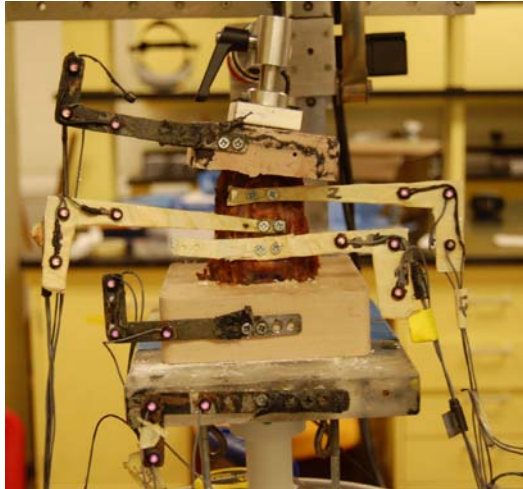
2. Yöntem

Bu yazıda kadavra ve sonlu eleman yöntemi olarak iki ayrı çalışma raporlanmıştır.

Kadavra çalışması için 6 ayrı taze insan boyun kadavrası kullanılmıştır. Bu kadavralar C3-C7 arası segmentleri kapsamaktadır. Kadavralar, yaş ortalaması 55 yıl olan insanlardan elde edilmiştir. Kadavraların herbiri -20 derecede saklanmıştır. Testlere başlanmadan önce omurga çevresindeki istenmeyen yumuşak dokular temizlenmiştir. Ligamentler, eklem kapsülleri, intervertebral disk biyomekanik olarak çok önemli olduklarından hiç zarar görmemesi sağlanmıştır. C7 omurgası polimer bir bloke sabitlenerek test aparatına bağlanmıştır. C3 omurgası ise yüklenmeler yapılmak üzere serbest bırakılmıştır (Şekil 1).

Her bir kadavraya diskektomi yapıldıktan sonra disk protezleri takılmış ve 0.5 Nm artışlarla maksimum 2Nm lik yüklenmeler sağlanmıştır. Momentler, Fleksiyon (Flk), Ekstansiyon (Eks), Yansal Eğilme (YE) ve Aksiyel Dönme (AD) yönlerinde yapılmıştır. Aşağıdaki test protokolü uygulanmıştır

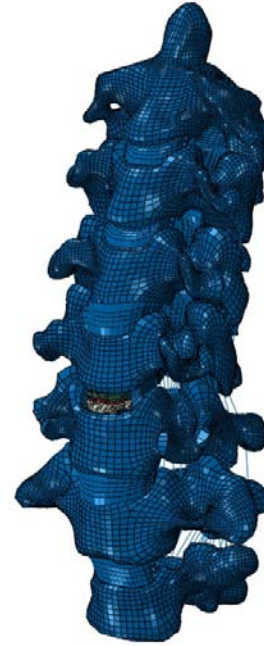
1. Sağlıklı
2. Diskektomi edilmiş omurga ve disk protezi (doğrusal hareket yeteneği olmayan)
3. Diskektomi ve disk protezi (doğrusal hareket yeteneği olan)



Şekil 1: Omurga servikal bölgesi (C3-C7) kadavra çalışması
a) LED markerlerin yerleştirildiği kadavranın test düzeneğindeki pozisyonu b) servikal disk protezi ameliyatı yapılmış kadavra c) servikal disk protezi ameliyatı yapılmış omurganın CT görüntüsü.

Sonulu Eleman çalışması için gerçek servikal omurga geometrisi, bilgisayar tomografi (CT) görüntülerinden alınmıştır. CT görüntülere önce görüntü işleme programı

(Mimics® Version 14.1; Materialise, Inc., Leuven, Belgium) kullanılarak maskeleme yapılmıştır. Daha sonra çözüm ağı atılarak (hexahedral mesh) analiz yapılmak üzere ABAQUS (ABAQUS®, Version 6.10-2; Abaqus, Inc., Providence, RI, USA) programı kullanılmıştır (Şekil 2). Omurga bileşenleri malzeme özellikleri Tablo 1 de verilmiştir. Fizyolojik yüklenme olarak 0.33Nm, 0.5Nm, 1Nm, 1.5Nm ve 2Nm momentler uygulanmıştır. Hexahedral çözüm ağı (mesh) tercih edilerek katı modeller meydana getirilmiştir. Beş tip ligament, her iki modelde de eşit sayıda kullanılarak TUSS element olarak eklenmiştir. Bu ligamentler: longitudinal ligament, capsular ligament, interspinous ligament, anterior longitudinal ligament, ligamentum flavum. Faset eklemleri üç boyutlu gap element (GAPUNI) kullanılarak oluşturulmuştur. Yüklenmeler C2 omurunun üst kısmına uygulanmıştır. C7 omurunun alt kısmı ise her yönde hareketi kısıtlanmıştır. Her iki modelin doğrulaması in vitro çalışmaları ile yapılmıştır. Modellemeler omurganın her bir segmentinin kinematik hareket değerleri dikkate alınarak yapılmıştır.



Şekil 2: Omurga Servikal bölgesi sonlu eleman modeli. Bu model üzerinde diskektomi çalışması yapılmış ve tasarlanan disk yerleştirilmiştir.

Tablo 1: Omurga için malzeme tanımlanması

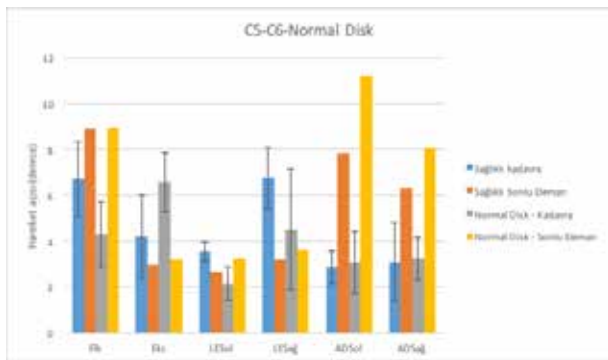
Biyomalzeme

Omurga elemanları	Element tipi	Young's Modulus (MPa)	Poisson ratio
Kemik			
Cortical Kemik	Isotropic, elastic 8 node elements	12000	0.3
Cancellous Kemik	Isotropic, elastic 8 node elements	100	0.2
Posterior Kemik	Isotropic, elastic 8 node elements	3500	0.25
Intervertebral Disk			
Annulus (Ground)	Neo Hookean, hex elements	4.2	0.45
Annulus (Fiber)	REBAR	175	X
Nucleus pulposus	Incompressible fluid, cavity elements	1	0.499
Ligaments			
Anterior ligaments	Tension only, truss elements	7.8(<12%), 20(>12%)	0.3
Posterior ligaments	Tension only, truss elements	10(<11%), 20(>11%)	0.3
Ligamentum flavum	Tension only, truss elements	15.0(<6.2%), 19.5(>6.2%)	0.3
Transverse ligament	Tension only, truss elements	10.0(<1.8%), 58.7(>1.8%)	0.3
Capsular ligament	Tension only, truss elements	7.5(<2.5%), 32.90(>2.5%)	0.3
Interspinous ligament	Tension only, truss elements	710(<1.4%), 11.6(>1.4%)	0.3
Supraspinous ligament	Tension only, truss elements	8.0(<20%), 15.0(>20%)	0.3
Eklem			
Apophyseal Eklemleri	Nonlinear soft contact, GAPUNI elements	-	-

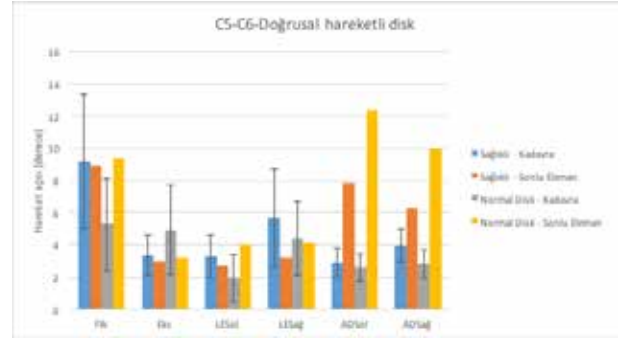
3. Sonuç

Flk hareketinde stabilizasyonu en çok omurganın posterior dediğimiz arka kısmındaki oluşmaları sağlamaktadır [4]. Bu nedenle sagittal düzlemdeki doğrusal hareket sonlu eleman çalışmasında yalnızca Eks yönünde gözlenmiştir (**Şekil**). Segmentin hareketi doğrusal hareket kabiliyetine göre % 10 farklılık göstermiştir. Doğrusal hareket segmente daha fazla hareket sağlamıştır fakat sağlıklı omurga hareketinden daha az olduğu gözlemlenmiştir.

Kadavra çalışmasında, sağlıklı omurga testleri ile karşılaştırıldığında. her iki disk protezi de Flk da hareketin azalmasına ve Eks için artmasına sebep olmuştur (**Şekil**). Fakat hareket açısı sağlıklı omurga hareket açısı standart sapma limitleri içerisinde olduğu gözlenmiştir.



2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma



Şekil 3: Hareketli ve normal disk biyomekanik çalışma sonuçları, a) Normal disk için kadavra ve sonlu eleman çalışma sonucu b) Doğrusal hareketli disk için kadavra ve sonlu eleman çalışması.

4. Tartışmalar

Bu çalışmanın amacı omurga servikal bölgesi için kullanılmakta olan disk protezlerini incelemek ve yeni disk protezinde kullanılan doğrusal hareket işlevinin servikal omurga biyomekanikine katkısı incelenmiştir. Diskektomi sonrası takılan her iki disk protezi, normal omurga kinematiği ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma aynı çevresel kondisyonların sağlandığı analiz ve test sonuçlarına göre yapılmıştır.

Yapılan kadavra çalışmasında her iki diskinde sağlıklı omurga sonuçlarına yakın olduğu gözlenmesine rağmen, fleksiyon hareketinde düşme ve ekstansiyon hareketinde yükselme gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak kullanılan disklerin her biri tek bir boyut olması ve kadvraların değişik boyutlarda ve kalitede olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Sonlu eleman çalışmalarına baktığımızda ise fleksiyon ve ekstansiyon hareket açıları sağlıklı omurga hareket açılarından %10 daha fazla olmasına rağmen, klinik değerler göz önüne alındığında çok önemli olmağı sonucuna varıyoruz. Sonlu eleman ve kadavra çalışmalarında bazı sınırlamalardan bahsetmek gerekir. Kadavra çalışmalarında kullanılan her bir kadavra değişik insanlardan alındığı için aynı boyutlarda bir diskin kullanılması çalışma sonuçlarını etkilemiştir. Sonlu eleman çalışmasında ise malzeme özellikleri, kas yapısının eksikliği, tek bir çeşit modelin olması çalışmaya kısıtlama getirmiştir. Fakat alınan analiz sonuçları gerçeğe yakın olması ve sadece sonlu eleman çalışmalarından elde edilebilecek biyomekanik parametrelerin olması nedeniyle, vazgeçilemez bir yöntemdir.



Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 1001 programı, PNo:112M130 ile desteklenmiştir.

5. Kaynakça

- [1] Goffin J, van Loon J, Van Calenbergh F, Plets C. Long-term results after anterior cervical fusion and osteosynthetic stabilization for fractures and/or dislocations of the cervical spine. *J Spinal Disord* 1995; 8:500–8.
- [2] Hilibrand AS, Carlson GD, Palumbo MA, Jones PK, Bohlman HH. Radiculopathy and myelopathy at segments adjacent to the site of a previous anterior cervical arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am* 1999; 81:519–28.
- [3] Goffin J, Geusens E, Vantomme N, et al. Long term follow-up after interbody fusion of the cervical spine. *J Spinal Disord Tech* 2004;17: 79–85.
- [4] Panjabi MM, Crisco JJ, Vasavada A, Oda T, Cholewicki J, Nibu K, et al: Mechanical Properties of the Human Cervical Spine as Shown by Three-Dimensional Load–Displacement Curves. *Spine* 26: 2692-2700,2001