












# SUPİN VE PRON POZİSYONLARDA SERİ MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME İLE KONUS MEDULLARİS HAREKET ARALIĞININ ANALİZİ: 40 ARDIŞIK SAĞLIKLI İNSAN DENEKTE ELDE EDİLEN SONUÇLAR

THE MOTION RANGE OF THE CONUS MEDULLARIS MOVEMENT WITH SERIAL MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN SUPINE AND PRONE POSITIONS: RESULTS OF FOURTY HEALTHY SUBJECTS

Cengiz GÖMLEKSİZ<sup>1</sup> , Halil CAN<sup>1</sup> , Umut YAKA<sup>2</sup> , Burcu GÖKER<sup>3</sup> , Aydın AYDOSELİ<sup>2</sup> , Mehmet BARBUROĞLU<sup>4</sup> , Altay SENCER<sup>2</sup> , Utku ÖZGEN<sup>2</sup> , Serra SENCER<sup>5</sup> , Ali Güven YÖRÜKOĞLU<sup>6</sup> , Talat KIRIŞ<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Kolan Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

<sup>3</sup>İstinye Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Liv Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi, İstanbul, Türkiye

<sup>4</sup>Koç Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

<sup>5</sup>İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

<sup>6</sup>Gaziosmanpaşa Avrasya Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi, İstanbul, Türkiye

**ORCID IDs of the authors:** C.G. 0000-0002-7884-4639; H.C. 0000-0002-6792-9987; U.Y. 0000-0002-2405-9504; B.G. 0000-0002-3916-7540; A.A. 0000-0002-4695-8295; M.B. 0000-0001-8551-4796; A.S. 0000-0001-9925-5422; U.Ö. 0000-0001-8381-0700; S.S. 0000-0002-3942-093X; A.G.Y. 0000-0002-2388-5839; T.K. 0000-0002-0938-5221

**Cite this article as:** Gömleksiz C, Yaka U, Can H, Yörükoğlu HC, Göker B, Aydoseli A, et al. The motion range of the Conus medullaris movement with serial magnetic resonance imaging in Supine and Prone positions: Results of forty healthy subjects. J Ist Faculty Med 2019;82(1):12-7. doi: 10.26650/IUITFD.435784

## ÖZET

**Amaç:** Bu çalışmada seri halde supin ve pron pozisyonlarda T1 ve T2 ağırlıklı aksiyal ve sagittal manyetik rezonans görüntüleme yapılan 40 sağlıklı insanda meduller konusunun supin-pron pozisyon değişikliği ile uyarılan hareket aralığı değerlendirildi.

**Yöntem:** Her bir denekte konus medullarisin ucu seviyesinde elektronik ölççekler kullanılarak konus medullaris ve ön dural yüzey arasındaki mesafeyi ve dural kesenin genişliğini ölçtük. Elde edilen veriler SPSS 15 kullanılarak değerlendirildi.

**Bulgular:** Konus ucunun, denekler supin pozisyondan pron pozisyona getirildiğinde ortalama değer olarak spinal kanal genişliğinin  $30 \pm 14$ 'ü oranında yer değiştirdiği saptandı (p:0,0001). Yaş (0-18 ve >19 yaş) ve cinsiyet farklılığı konus ucunun hareketliliğinde istatistiksel olarak anlamlı faktörler değildi.

**Sonuç:** Çalışmamız klinik olarak gergin omurilik şüphesi bulunan normal uzanımlı konus vakalarında güvenilir bir diyagnostik referans aralığı sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Supin, pron, manyetik rezonans görüntüleme, gergin omurilik sendromu, meduller konus

## ABSTRACT

**Objective:** In this study, using a series of supine and prone positions T1 and T2 with weighted axial and sagittal magnetic resonance imaging, the movement interval of the conus medullaris stimulated by the supine-prone position change was assessed in 40 healthy subjects.

**Method:** We measured the distance between the conus medullaris and the front dural surface and the width of the dural sac using electronic scales at the tip level of the conus medullaris in each subject. The data obtained was evaluated using SPSS 15.

**Results:** It was determined that the spinal canal width was decreased by 30% (p:0.0001) as the average value when the conical tip was brought to the prone position from supine. Age (0-18 and >19 years) and gender diversity were not statistically significant factors in the movement of the conus medullaris.

**Conclusion:** Our study offers a reliable diagnostic reference range in cases of normal extension conus with clinically tense spinal cord suspicion.

**Keywords:** Supine, prone, magnetic resonance imaging, tense spinal cord syndrome, medullary conus

**İletişim kurulacak yazar/Corresponding author:** utkuozgen3661@hotmail.com

**Geliş tarihi/Received Date:** 22.06.2018 • **Kabul tarihi/Accepted Date:** 26.10.2018

©Telif Hakkı 2019 J Ist Faculty Med - Makale metnine jmed.istanbul.edu.tr web sayfasından ulaşılabilir.

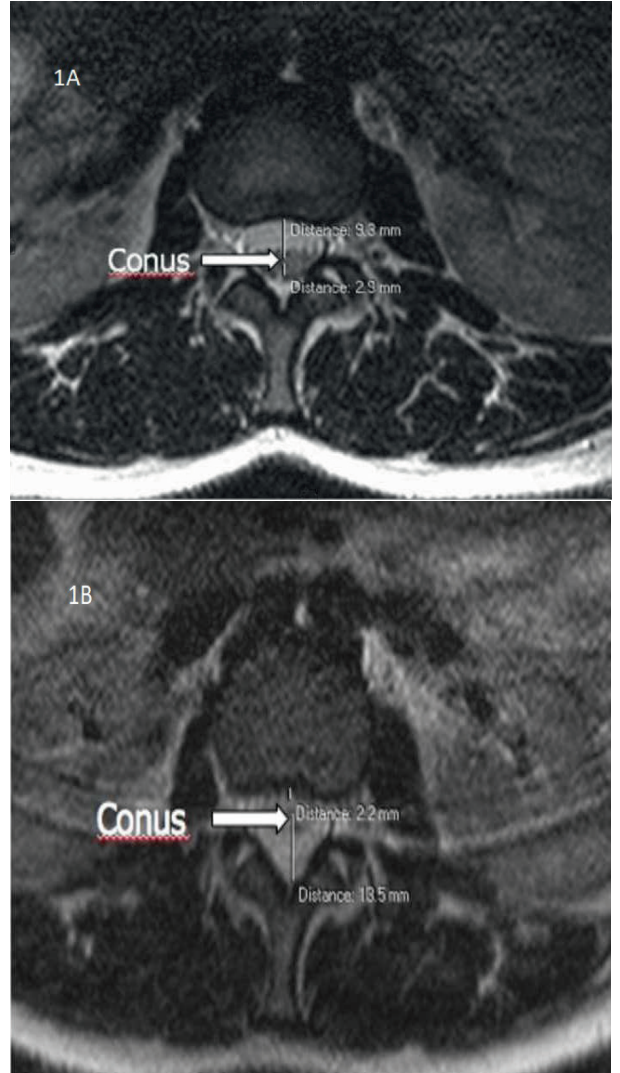
©Copyright 2019 by J Ist Faculty Med - Available online at jmed.istanbul.edu.tr

## GİRİŞ

Omurilik, sinir kökleri, filum terminale (FT) ve her biri kollajenöz yapılardan oluşan ve subpial bağ dokusu ile devamlılık gösteren ve aralıklı olarak duraya yapışan dentat ligamanlar tarafından askıda tutulmaktadır (1). Dentat ligamanlar, subpial kolljeni duraya bağlar ve omuriliği stabil halde tutar. En aşağı yerleşimli dentat ligaman 11. torakal vertebra seviyesinde bulunur ve bu anatomik yerleşim konus medullarisin (KM), omuriliğin diğer kısımlarına göre daha rahat hareket edebilmesine imkân sağlar (1). Bununla birlikte özellikle fleksiyon-ekstansiyon veya supin-pron gibi pozisyon değişimleri sırasında fizyolojik şartlarda konus medullarisin hareketlerini değerlendirmek zordur. Kadavra çalışmaları sadece KM ve sakral köklerin yerleşimleri hakkında fikir vermektedir. Aynı şekilde, konus medullarisin hareketini non-invaziv şekilde değerlendirmeyi amaçlayan birçok dinamik manyetik rezonans görüntüleme (MRG) çalışması, büyük ihtimalle yetersiz hasta/sağlıklı denek sayısından dolayı bilimsel olarak kabul edilebilir değildir (2-4). Bu çalışmada, bir insan denek supin pozisyondan pron pozisyona getirildiğinde konus medullarisin hareketi temel alınarak dinamik MRG kullanılarak konus medullarisin hareket aralığını kantitatif olarak değerlendirdik. Bu veriler klinik olarak gergin omurilik sendromu (GOS) olduğu düşünülen normal uzanımli konus medullarisi olan hastaların ayırıcı tanısında bir referans aralığı sağlayabilir.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Fakültemiz Radyodiagnostik Anabilim Dalına lomber MR çekimi için yönlendirilen, gergin omurilik sendromuna ait bir belirti veya bulgusu olmayan ardışık 40 hasta çalışmaya dahil edildi. Bütün katılımcılar çalışmanın protokolü hakkında ayrıntılı bir şekilde bilgilendirildi ve onamları alındı. Bütün MRG çalışmaları 1,5 Tesla ana manyetik alan gücü olan bir süperkondüktif magnet (Siemens, Vision, Symphony, Erlangen, Germany) kullanılarak gerçekleştirildi. Tarama protokolü supin ve pron pozisyonlarda KM seviyesinde T-1 ağırlıklı (TR/TE/NEX/FOV; 1200msn/600msn/2/120) ve T-2 ağırlıklı (TR/TE/NEX/FOV; 4000msn/800msn/2/120) sagittal ve aksiyal taramalardan oluşuyordu. Çocuk hastalara ihtiyaç durumunda sedasyon için kloralhidrat (0,3 ml/kg) verildi. Yetişkinlerde pron pozisyon sırasında yumuşak doku kalınlığından ve/veya solunumdan kaynaklanan artefaktlar, uygun tarama parametreleri kullanılarak yok edildi. Elde edilen görüntüler bağımsız bir üniteye (konsola) gönderildi ve KM ve filum terminale (FT) seviyeleri tespit edildi. KM seviyesinde supin (SA) ve pron (PA) pozisyonlarda dural kesenin ön sınırı ile KM arasındaki mesafe aksiyal T2 ağırlıklı kesitlerde elektronik araçlar kullanılarak milimetre cinsinden ölçüldü (Resim 1 ve 2). SA değerleri PA değerlerinden çıkarıldı ve elde edilen değerler KM hareketini radyolojik olarak göstermek için kullanıldı. Ayrıca aşağıdaki formül kullanılarak



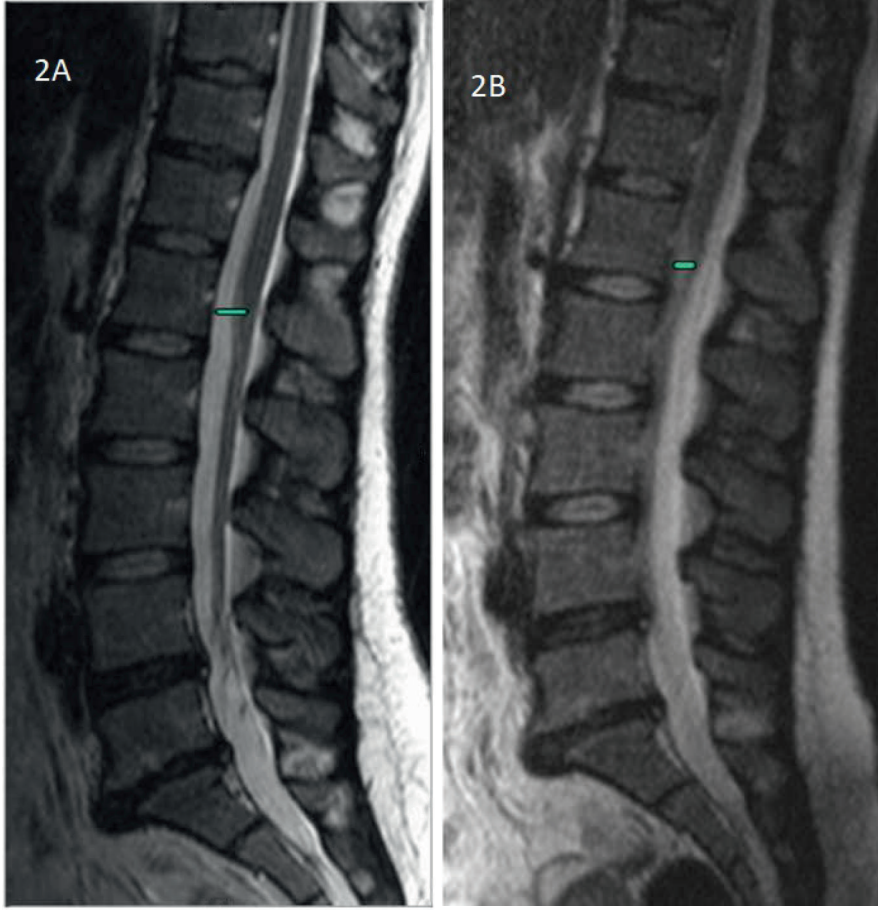
Resim 1a ve b: Konus Medullaris- supin (a) ve pron (b) pozisyonlarda T2-W Aksiyal MR görüntüleri

hareket yüzdesi hesaplandı:  $KM \text{ hareketinin } \% = \frac{SA-PA}{\text{dural kese genişliği}} \times 100$ .

İstatistiksel veri analizi SPSS 15.0 (Statistical Package for the Social Sciences) kullanılarak gerçekleştirildi. Wilcoxon sıra toplamı ve Mann-Whitney U testleri sırasıyla 2 bağımlı ve 2 bağımsız değişken için uygulandı. Anlamlılık düzeyi  $p < 0.005$  idi.

## BULGULAR

SA ve PA ortalama değerleri arasında belirgin fark mevcuttu ( $p < 0.0001$ ). SA için ortalama  $9,18 \pm 1,74$  mm (5,2 mm'den 13 mm'ye değişen aralıkta) iken PA için ortalama  $4,65 \pm 1,68$  mm (2,3 mm'den 12 mm'ye değişen aralıkta) idi. Pron pozisyondan supin pozisyona geçişte konus ucu hareketinin ortalama değeri  $4,40 \pm 1,90$  mm (0,3 mm'den 9,1 mm'ye değişen aralıkta) ve KM hareketinin ortalama



Resim 2a ve b: Konus Medullaris- Supin (a) ve pron (b) pozisyonlarda T2-W Sagittal MR görüntüleri

ma yüzdesi  $30 \pm 14$  (%2'den %76'ya değişen aralıkta) idi (Tablo 1). Ayrıca dişi cinsiyette ve 19 yaşından büyük grupta konus ucunun hareketi daha fazla gibi görünse de bu farklar cinsiyet ve yaş dikkate alındığında istatistiksel olarak anlamlı değildi (Tablo 2 ve Tablo 3).

## TARTIŞMA

Mevcut klasik çekim protokolleri ve görüntüleme teknikleri omuriliğin hareketini gerçek zamanlı olarak gösterme kapasitesine sahip değildir. Bununla birlikte MRG, omuriliğin ve onun en distal ucu olan konus medullarisin hareketinin dinamik olarak ve aynı zamanda non-invaziv şekilde incelemek için çok kullanışlı ve en gelişmiş araç olarak ortaya çıkmaktadır. Manyetik rezonans görüntüleme teknolojik ilerlemeler son zamanlarda dinamik çalışmaları mümkün kılmıştır. Bu çalışmada da bir yüksek alanlı magnet ve uygun bir protokol kullanarak seri dinamik MRG ile sağlıklı insan deneklerde konus medullarisin hareketi ölçüldü. Elde ettiğimiz veriler, denekler supin pozisyondan pron pozisyona döndüğünde ortaya çıkan KM hareketini ( $30 \pm 14$ ) açık bir şekilde ortaya koymuştur. Aynı şekilde Witkamp ve ark. 15 sağlıklı kişi ile yaptıkları dinamik MRG

çalışmasında konus medullarisin benzer hareket oranlarını (%33) ortaya koymuşlardır (5). Konus medullaris hareketi hakkındaki bulgularımız Witkamp ve ark.'nın bulgularıyla benzer özellikler taşıyordu. Dolayısıyla bizim çalışmamız, daha önceki anatomik, ultrasonografik, miyelografik ve dinamik MRG çalışmaları ile ortaya atılan KM'nin, omuriliğin, diğer segmentlerine kıyasla daha serbestçe hareket etmesi gerektiği hipotezini desteklemektedir (6-8). Bu hipotezi desteklemenin dışında, elde ettiğimiz veriler ileride yapılacak benzer çalışmalarda konus medullaris hareketi için bir referans aralığı belirlenmesinde faydalı olabilir. Bu bağlamda dinamik MRG, normal konumlu konusu bulunan şüpheli GOS hastalarında klinik tanıda önemli bir rol oynayabilir. Aslında, rutin supin MRG düşük yerleşimli konus (L1-2 mesafesinin altında) ve/veya kalın filum terminale ( $>2$  mm) gibi durumların varlığında sıklıkla tanı koymak için yeterlidir. Bununla birlikte, konjenital gerginlik veya cerrahi müdahale sonrası yeniden gerilme gibi değerlendirmenin ve karar vermenin zor olduğu sınırdaki vakalar da mevcuttur. Bu noktada, pron incelemeyi de içeren dinamik MRG, KM ve filum terminalenin ikisinin birden hareketini gözlemlemeye imkân verdiği için çok kullanışlı bir uygulamadır. Biz

**Tablo 1:** Sağlıklı 40 kişide konus hareketi ölçümlerinin sonuçları

Denek #	Yaş-cinsiyet	KM hareket seviyesi	SA* (mm)	PA **(mm)	KM hareketi (mm)	KM hareketi %
1	36-K	L1	12,4	5,4	7	0,40
2	30-E	D12-L1	10,4	4,7	5,7	0,34
3	10-K	L1	10,7	4,7	6	0,41
4	10-K	L1-L2	10,4	5,9	4,5	0,29
5	11-K	D12-L1	8,7	3,7	4	0,30
6	11-E	L1-L2	7,4	4,6	2,8	0,21
7	25-E	L1	7,7	2,3	5,4	0,33
8	26-K	L1	8,7	3,3	5,4	0,29
9	14-E	L1-L2	5,2	4,9	0,3	0,02
10	22-K	L1	12,4	3,3	9,1	0,48
11	19-K	L1-L2	7,8	3	4,8	0,33
12	28-K	L1	10	3,3	6,4	0,41
13	25-E	L1-L2	13,4	11,7	1,7	0,10
14	29-E	L1	10,4	3,7	6,7	0,43
15	28-E	L1	8,7	5	3,7	0,26
16	20-E	D12-L1	8	3,3	4,7	0,36
17	18-K	L1-L2	10	5,7	4,3	0,21
18	20-K	L1-L2	8,7	5,8	2,9	0,16
19	27-E	L1-L2	8,4	3,7	4,7	0,27
20	36-E	L1-L2	8,4	5	3,4	0,23
21	17-E	L1-L2	9,4	4,7	4,7	0,30
22	28-E	L1-L2	8,4	4,2	4,2	0,27
23	15-E	L1-L2	7,4	5	2,4	0,17
24	20-E	D12-L1	8,4	4	4,4	0,35
25	17-E	L1-L2	9,4	5,5	3,9	0,28
26	17-E	L1	8,4	4,7	3,7	0,21
27	26-K	L2	10,3	8,7	1,6	0,11
28	35-K	L1-L2	8,4	3	5,4	0,41
29	15-E	L1-L2	7,6	4,6	3	0,18
30	17-E	L1	7,7	6,4	1,3	0,08
31	15-E	L1	10,4	5,7	4,7	0,25
32	17-E	L1-L2	8,4	3,7	4,7	0,36
33	31-K	L1	10,7	3,3	7,4	0,48
34	36-E	L1	10,4	2,7	7,7	0,53
35	17-E	L1-L2	7,3	3	4,3	0,32
36	12-E	L1	10,7	3,7	7	0,48
37	30-M	L1	10,4	5,7	4,7	0,30
38	15-K	L1	8,7	5	3,7	0,26
39	11-E	L1	8,2	3,7	4,5	0,75
40	19-E	L1-L2	5,9	5,5	0,4	0,02
Ortalama±SD	21,40±7,8	L1.20±0,35	9,18±1,73	4,65±1,68	4,40±1,90	0,30±0,14

\*Konusun ucu ile dural kesenin ön sınırı arasında supin (SA) ve \*\* Pron (PA) pozisyonlardaki mesafe, KM: Konus medullaris

**Tablo 2:** Cinsiyete göre konus medullaris (KM) hareketi

İnsan Denekler	Cinsiyet	#	Ortalama	ST	Mann-Whitney U	p
KM'nin Hareketi	Kadın	14	5,18	1,94	122,5	0,091
	Erkek	26	4,03	1,82		
KM'nin Hareket %	Kadın	14	0,33	0,11	141	0,245
	Erkek	26	0,29	0,16		

**Tablo 3:** Yaşa göre konus medullaris (KM) hareketi

İnsan Denekler	Yaş	#	Ortalama	SD	Mann-Whitney U	p
KM'nin Hareketi	0-18	18	3,88	1,55	127	0,053
	>19	22	4,88	2,10		
KM'nin Hareket %	0-18	18	0,29	0,16	151	0,201
	>19	22	0,32	0,13		

çalışmamızda denekler supin pozisyondan pron pozisyona döndürüldüğünde KM ve filum terminalenin bütün çalışma grubunda birlikte hareket ettiğini gözlemledik. Bu bulgu, KM ve filum terminalenin normal anatomisi ve fizyolojisiyle uyumludur, dolayısıyla KM ve FT subaraknoid boşlukta serbestçe yüzmektedir. Warder ve Oakes yaklaşık 12 yıllık bir periyod boyunca GOS'lu 73 hastada supin MRG'de %18 oranında normal yerleşimli konus bildirmişlerdir. Bundan dolayı, bu özel vakalarda KM ve filum terminalenin hareketinin araştırılması GOS'un teşhisinde anahtar rol oynayabilir (9, 10). Her ne kadar pron pozisyonda ek çekimin 10 dakikalık bir ek süreye ve muhtemelen ilave maliyete sebep olacağı düşünülse de potansiyel faydaları bu göreceli dezavantajlardan çok daha fazla görünmektedir. Witkamp ve ark. klinik olarak GOS olduğundan şüphelenilen 25 hastada pron MRG sekanslarında konus hareketinde anlamlı bir değişiklik saptamadıklarını belirtmiş ve yazarlar GOS şüphesi bulunan fakat rutin supin MRG'nin konus seviyesi ve/veya intradural lipom hakkında herhangi bir patolojiye işaret etmediği hastalarda pron MRG'nin ek veriler sağlayabileceğini belirtmişlerdir (5). Bauer ve ark. Rhesus (Macaca mulatta) maymunlarında omurganın fleksiyonu ve ekstansiyonu sırasında konus hareketini gözlemek için MR görüntülemeyi kullanarak bir çalışma yapmışlardır (2). Yazarlar fleksiyon veya ekstansiyonda konusun nötral pozisyonundan herhangi bir hareketlenme olmadığını gözlemlemiş ve insan dışı primatların omurgasındaki fleksiyon ve ekstansiyonun konus medullarisin pozisyonunda herhangi bir değişikliğe sebep olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Aynı şekilde Bauer ve ark. beş tane taze yetişkin kadavrada T12-L3 laminektomi yapıp konus ve kauda equinayı ortaya koymuş ve bütün deneklerde pron pozisyonda konusun T12 ve L1 seviyeleri arasında sonlandığını gözlemlemişlerdir (3). Yazarlar ayrıca fleksiyon esnasında konus pozisyonunun stabil kaldığını bildirmişlerdir. Dolayısıyla supin-pron pozisyon değişimleri temel alınarak konus hareketinin ölçülmesi daha güvenilirdir.

## SONUÇ

Çalışmamızda, konus hareketinin aralığı literatürdeki en geniş sağlıklı popülasyonda tespit edilmiş olup, bu bulgular klinik olarak GOS şüphesi bulunan normal yerleşimli konus vakalarında teşhis koyucu bir kriter olarak kullanılabilir.

**Bilgilendirilmiş Onam:** Katılımcılardan bilgilendirilmiş onam alınmıştır.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkıları:** Çalışma Konsepti/Tasarım- C.G., U.Y., H.C., A.G.Y., B.G., A.A., M.B., U.Ö., A.S., T.K., S.S.; Veri Toplama- A.G.Y., U.Ö., A.A.; Veri Analizi/Yorumlama- U.Y., H.C., A.G.Y.; Yazı Taslağı- A.G.Y., U.Ö., A.S., T.K., S.S.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi- A.S., T.K., S.S.; Son Onay ve Sorumluluk- C.G., U.Y., H.C., A.G.Y., B.G., A.A., M.B., U.Ö., A.S., T.K., S.S.; Malzeme ve Teknik Destek- C.G., B.G., M.B., A.S., T.K., S.S.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Yazarlar finansal destek beyan etmemişlerdir.

**Informed Consent:** Written consent was obtained from the participants.

**Peer Review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Conception/Design of Study- C.G., U.Y., H.C., A.G.Y., B.G., A.A., M.B., U.Ö., A.S., T.K., S.S.; Data Acquisition- A.G.Y., U.Ö., A.A.; Data Analysis/Interpretation- U.Y., H.C., A.G.Y.; Drafting Manuscript- A.G.Y., U.Ö., A.S., T.K., S.S.; Critical Revision of Manuscript- A.S., T.K., S.S.; Final Approval and Accountability- C.G., U.Y., H.C., A.G.Y., B.G., A.A., M.B., U.Ö., A.S., T.K., S.S.; Technical or Material Support- C.G., B.G., M.B., A.S., T.K., S.S.

**Conflict of Interest:** Authors declared no conflict of interest.

**Financial Disclosure:** Authors declared no financial support.

#### KAYNAKLAR

1. Tubbs RS, Salter G, Grabb PA, Oakes WJ. The denticulate ligament: anatomy and functional significance. *J Neurosurg* 2001;94(2):271-5. [\[CrossRef\]](#)
2. Bauer DF, Tubbs RS, Chambers MR. Study of the effects of flexion on the position of the conus medullaris: follow-up study using MR imaging in non-human primates. *Childs Nerv Syst* 2009;25(8):977-9. [\[CrossRef\]](#)
3. Bauer DF, Shoja MM, Loukas M, Oakes WJ, Tubbs RS. Study of the effects of flexion on the position of the conus medullaris. *Childs Nerv Syst* 2008;24(9):1043-5. [\[CrossRef\]](#)
4. Fettes PD, Leslie K, McNabb S, Smith PJ. Effect of spinal flexion on the conus medullaris: a case series using magnetic resonance imaging. *Anaesthesia* 2006;61(6):521-3. [\[CrossRef\]](#)
5. Witkamp TD, Vandertop WP, Beek FJ, Notermans NC, Gooskens RH, van Waes PF. Medullary cone movement in subjects with a normal spinal cord and in patients with a tethered spinal cord. *Radiology* 2001;220(1):208-12. [\[CrossRef\]](#)
6. Naidich TP, Radkowski MA, Britton J. Real-time sonographic display of caudal spinal anomalies. *Neuroradiology* 1986;28(5-6):512-27. [\[CrossRef\]](#)
7. Schumacher R, Kroll B, Schwarz M, Ermert JA. M-mode sonography of the caudal spinal cord in patients with meningomyelocele. Work in progress. *Radiology* 1992;184(1):263-5. [\[CrossRef\]](#)
8. Yamamura A, Niwa J, Hashi K, Nakamura T. [Tethered cord syndrome of adult onset: report of a case and a review of the literature]. *No Shinkei Geka* 1989;17(1):69-73. (Article in Japanese).
9. Warder DE, Oakes WJ. Tethered cord syndrome: the low-lying and normally positioned conus. *Neurosurgery* 1994;34(4):597-600. [\[CrossRef\]](#)
10. Warder DE, Oakes WJ. Tethered cord syndrome and the conus in a normal position. *Neurosurgery* 1993;33(3):374-8.

Copyright of Istanbul Tip Fakültesi Dergisi is the property of Istanbul Tip Fakültesi Dergisi and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.