

ERİŞKİNDE MR GÖRÜNTÜLEME İLE ODONTOİD ÇIKINTI MORFOMETRİSİ VE ATLANTOAKSİYEL MESAFE DEĞERLENDİRİLMESİ

THE EVALUATION OF ATLANTOAXIAL DISTANCE AND ODONTOID PROCESS MORPHOMETRY WITH MR IMAGING

Bülent ÇAPAR*, İ. Teoman BENLİ**, BERK GÜÇLÜ***
Selçuk ÇAMUŞCU****, Çağatay Tuğrul ÖZSEÇEN*****

ÖZET:

Kraniyoservikal bileşke, vertebral sütunun en hareketli ve yaralanmalara en duyarlı bölgesi olup, kafatasından ikinci servikal omura kadar uzanan, nörovasküler ve karmaşık osseoligamentöz yapılar içeren bir bölgedir. Bu bölge ile ilgili yapılan anatamomorfometrik çalışmalar oldukça kısıtlı sayıdadır. Bu çalışmada önceki çalışmalardan farklı olarak MR inceleme ile odontoid çıkıntı boyutları ve atlantoaksiyel mesafe (AAD) değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme ile AAD'nin 20-40 yaş popülasyonunda ortalama değerleri, kadın erkek ve kronolojik farklılıkların olup olmadığı ve odontoid fiksasyonunda Türk popülasyonu için güvenli ölçülerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla başka amaçlarla yapılan 60 erişkin hastanın aksiyel ve sagittal MR görüntüleri üzerinde ölçümler yapılmıştır.

Hastaların 30'u erkek ve 30'u kadın olup, tüm hastalar dâhil edildiğinde hastaların yaş ortalaması 30.7 ± 4.7 olduğu belirlenmiştir. Tüm

hastalar dâhil edildiğinde odontoid çıkıntının transvers ve sagittal çaplarının sırasıyla ortalama 8.45 ± 1.11 mm ve 6.70 ± 0.84 mm, odontoid yüksekliğinin ortalama 31.49 ± 2.53 mm ve atlantoaksiyel mesafenin ortalama 1.40 ± 0.29 mm olduğu belirlenmiştir. Erkeklerde ve kızlardaki bu değerlerin ortalamaları Tablo-1'de görülmektedir. Erkek ve kadın grupları karşılaştırıldığında, odontoid çıkıntının odontoid çıkıntının hem yükseklik ortalamaları (t: 3.09, $p<0.05$) hem de ön-arka (t: 2.27, $p<0.05$) ve transvers çap ortalamaları (t:6.61, $p<0.05$), istatistikî olarak anlamlı olacak şekilde farklı olduğu saptanmıştır. Diğer taraftan atlantoaksiyel mesafe ortalamaları da erkek ve kadınlarda istatistikî olarak farklı bulunmuştur (t: 3.33, $p<0.05$). Başka bir deyişle odontoid boyutları ve atlantoaksiyel mesafe ortalamaları, kadınlara nazaran erkeklerde daha büyük bulunmuştur. Bu çalışmada MR incelemeler üzerinde ölçülen odontoid çıkıntı boyutları (yükseklik; r: +0.887, ön-arka çap; r: +0.801 ve

(*) Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Hisar Intercontinental Hospital, İstanbul.

(**) Prof. Dr., Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Hisar Intercontinental Hospital, İstanbul.

(***) Yar. Doç.Dr., Ufuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Ankara.

(****) Radyoloji Uzmanı, Hisar Intercontinental Hospital, İstanbul.

(*****) Dr., Acil Servis Sorumlusu, Hisar Intercontinental Hospital, İstanbul.

Adres: Prof. Dr. İ. Teoman Benli

Hisar Intercontinental Hospital, Siteyolu Sokak, No:7

Ümraniye, İstanbul

Tel: 0212 524 13 00

e-posta: tbenli@hisarhospital.com.tr

transvers çap; $r: +0.808$) ile hastaların yaşları arasında ileri derecede pozitif korelasyon olduğu ($p<0.05$), buna karşın atlantoaksiyel mesafe ile yaş arasında istatistiki olarak anlamlı bir korelasyon ($r: +0.401$) olmadığı ($p>0.05$) belirlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlardan birincisi 20-40 yaş arası erişkinlerde atlantoaksiyel mesafenin ortalama 1.4 mm olduğu ve bu değerin en fazla 2 mm olduğu saptanmıştır. Bu bilgi, literatürle uyumlu olmakla birlikte genel olarak daha küçük bir değer olduğu görülmektedir. Bu nedenle, bu çalışmaların verileri ışığı altında atlantoaksiyel

mesafe, özellikle 20 – 40 yaş arası erişkinde 2 mm üzerinde ise atlantoaksiyel instabiliteden şüphe etmek gerektiği fikri elde edilmiştir. Diğer taraftan bu çalışmanın verileri ışığı altında, odontoid fiksasyonunda, erkeklerde en fazla 30 mm, kadınlarda 28 mm uzunluğunda vidaların kullanılması gerektiği, Türk popülasyonunda da her iki cinsten de en fazla 2.5 mm çaplı vidaların güvenle kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kranioservikal bileşke, normal anatomi, morfometrik analiz, odontoid fiksasyon.

Kanıt Düzeyi: Retrospektif klinik çalışma, Düzey III

SUMMARY:

Craniocervical junction lies from cranium to 2nd cervical vertebrae. This area contains both neurovascular and complex osseoligamentous structures. Craniocervical junction is most active and most sensitive part of the whole vertebral column. The anatomical morphometric studies about this zone are rather limited in number. In this study, odontoid process sizes and atlantoaxial distance (AAD) are evaluated with MRI, differently from other studies. The goal of this evaluation to determine the mean value of ADD in 20-40 years old people and to specify if there is any difference in genders, chronological age and to define the accurate measures for Turkish population in odontoid fixation. Above-mentioned measurements are taken from axial and sagittal MRI of 60 adult patients, which performed for different diseases.

30 of the patients are men, 30 of them are woman, and the mean age of all patients is 30.7 ± 4.7 . Mean transvers diameter of all patients is 8.45 ± 1.11 mm, mean sagittal diameter is 6.70 ± 0.84 mm mean odontoid height is 31.49 ± 2.53 mm mean atlantoaxial distance is 1.40 ± 0.29 mm respectively.. When the groups of both sexes are compared, the mean values of both odontoid process height (t: 3.09, $p < 0.05$) and anteroposterior diameter (t: 2.27, $p < 0.05$) transverse diameter (t: 6.61, $p < 0.05$), were significantly different as statistical. On the other hand atlantoaxial mean values of men and

women are determined different as statistically (t: 3.33, $p < 0.05$). In other words, the odontoid process sizes and atlantoaxial distance mean values are determinate bigger in women than in men. In this study, there is evident correlation between odontoid process sizes (height r: +0.887, anteroposterior diameter; r: +0.801, and transverse diameter r: +0.808) measured on MRI scan and ages of patients ($p < 0.05$), after all there is not a strong correlation (r: +0.401) as statically between atlantoaxial distance and age ($p > 0.05$). In this study, first of the result is that the average of atlantoaxial space is 1.4mm, maximally 2 mm at 20-40 years of age. Although this knowledge is in accordance with literature, it seems to be smaller value generally. On the basis of obtained values from this study we can have an idea that atlantoaxial instability is suspected in cases if measurement of atlantoaxial distance is above 2 mm especially at 20-40 years of ages. On other hand according to data on this study, it must be mandatory to use maximum 30 mm screws for men and 28 mm screws for women in the odontoid fixation. Screws that have maximal 2, 5 mm diameter can be safely used for both sexes in Turkish population.

Key words: Vertebroplasty, kyphoplasty, osteoporotic vertebral fracture

Level of evidence: Retrospective clinical study, Level III

GİRİŞ:

Kafatası tabanı, atlas ve aksis kemikleri kraniyoservikal bileşkenin 3 kemik bileşenini oluşturur. Bileşkenin 5 eklemlili karmaşık yapısının stabilitesi çok katmanlı ligamentöz yapıların sağlam olmasına bağlıdır. Çok eksenli hareketler için bu ligamentöz yapı, dens aksis ve atlasın bir çubuk-somun ilişkisinin bütünlüğünü sağlar⁽²⁾. Servikal omurganın tüm rotasyon hareketlerinin yaklaşık % 60'ı, fleksiyon – ekstansiyon hareketlerinin % 40'ı bu fonksiyonel ünite sayesinde yapılır⁽⁷⁾. Aksiyel düzlemde C1-C2 arasındaki rotasyon yaklaşık 80° olmasına karşın fleksiyon ve yana eğilme daha sınırlıdır^(4-6,10-15). Bu durum, özellikle trafik kazalarında manivela etkisi ile odontoid çıkıntı ile atlas arası stabilitede en önemli rol oynayan alar ve transvers bağların hasarı ve zayıf kemik yapısı nedeniyle odontoid çıkıntının kırıklarının ortaya çıkmasına sıkça yol açar⁽²⁾. Alar ligament, kraniyoservikal bileşkenin rotasyonunu, transvers ligament ise atlantoaksiyel birimin stabilitesini sağlayan en önemli yapılar olup 350-400 newtonluk dirence karşı koyabilirler^(2,6-7). Sağlam bir ligamentöz ilişkide atlantoaksiyel mesafenin, erişkinde 3 mm'nin altında olduğu belirlenmiştir⁽⁷⁾.

Servikal bölgenin anatomik ve radyolojik çalışmaların çoğu bu nedenle bileşkenin instabil hale geldiği durumları belirlemek üzere yapılan çalışmalardır. Kadavra çalışmalarından elde edilen veriler genellikle az sayıda olgu içerdiğinden yüksek kanıt düzeyine sahip çalışmalar değildir. Radyolojik çalışmaların çoğu da konvansiyonel veya tomografik çalışmalar şeklindedir

Non deplase odontoid kırıkların çoğu konservatif metotlarla tedavi edilebilir. Deplase kırıklar ve atlantoaksiyel subluksasyonu olduğu ve özellikle nörolojik defisitini eşlik ettiği Dvorak kırıklarında ise transoral veya anterior

yaklaşımla odontoidin fiksasyonu gerekli olabilir⁽²⁾. Literatürde özellikle odontoid ölçülerinin belirlenmesine ait çalışmalar sınırlı sayıdadır. Çalışmaların büyük çoğunluğu vida giriş yerinin ve aksinin belirlenmesine yönelik çalışmalardır.

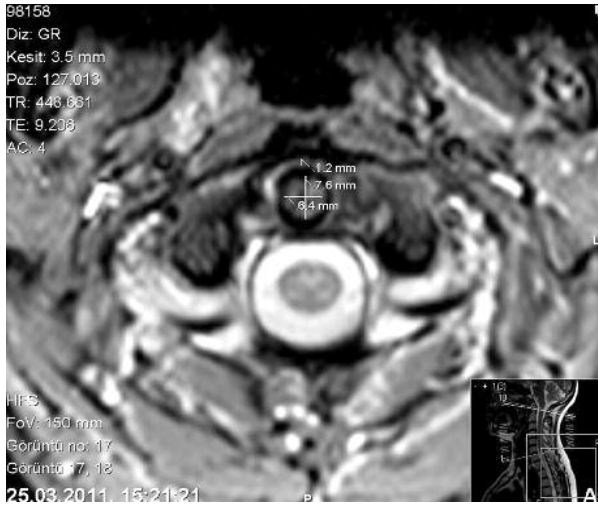
Bu nedenle bu çalışmada odontoid çıkıntının ölçümleri manyetik rezonans (MR) inceleme ile yapılmış, ayrıca 20-40 yaş arası erişkinlerde atlantoaksiyel mesafenin (AAD) belirlenmesine çalışılmıştır. Bu değerlerin cinsiyet ve yaşa göre dağılımları da incelenmiştir. Bu yolla hem AAD ortalama değerleri hem de güvenli odontoid vida fiksasyonu için odontoid çıkıntının ortalama yükseklik ve çapının ne olduğunun ortaya konulması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOD:

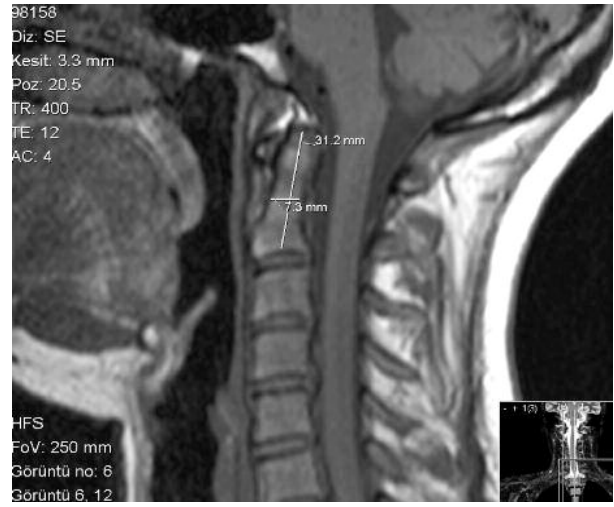
2010 yılları arasında hastanemize başka bir sebeple gelen ve kraniyoservikal bileşke patolojisi olmayan yaş ortalaması 30.67 ± 4.69 (20-39 yaş) olan 30'u kadın (yaş ortalaması: 31.67 ± 4.16), 30'u erkek (yaş ortalaması: 29.67 ± 5.04), 60 hasta bu çalışmaya dâhil edilmiştir. Kadın ve erkek hastaların yaş, kilo ve boy ortalamalarının istatistikî olarak benzer olduğu belirlenmiştir (t: -1,74, p > 0.05).

Hastaların yapılan servikal MR incelemelerinde, odontoid çıkıntının aksiyel kesitlerde transvers ve sagittal çapları ile atlantoaksiyel mesafeleri mm cinsinden ölçülmüştür (Şekil-1). Ayrıca Sagittal MR incelemesinde odontoid yüksekliği de ölçülmüştür (Şekil-2). Yapılan ölçülerin ortalama ve standart sapmaları belirlenmiş, kadın ve erkek ortalamaları karşılaştırılmıştır. Ayrıca ölçümlerin kronolojik yaşla korelasyonu incelenmiştir.

İstatistikî incelemelerde SPSS 16.0 for Windows programı ile iki ortalama arası farkın



Şekil-1. Kraniyoservikal bileşke aksiyel MR incelemesinde odontoid ön-arka ve transvers çapların ve atlantoaksiyel mesafenin ölçümü.



Şekil-2. Kraniyoservikal bileşke sagittal MR incelemesinde odontoid yükseklik ölçümü.

anlamlılık testi ve Pearson korelasyon testi kullanılmış, olasılık değeri 0.05 olarak alınmıştır.

SONUÇLAR:

Tüm hastalar dâhil edildiğinde odontoid çıkıntının transvers ve sagittal çaplarının sırasıyla ortalama 8.45 ± 1.11 mm ve 6.70 ± 0.84 mm, odontoid yüksekliğinin ortalama 31.49 ± 2.53 mm ve atlantoaksiyel mesafenin ortalama 1.40 ± 0.29 mm olduğu belirlenmiştir.

Erkeklerde ve kızlardaki bu değerlerin ortalamaları Tablo-1'de görülmektedir. Erkek ve kadın grupları karşılaştırıldığında, odontoid çıkıntının odontoid çıkıntının hem yükseklik ortalamaları (t: 3.09, $p < 0.05$) hem de ön-arka (t: 2.27, $p < 0.05$) ve transvers çap ortalamaları (t: 6.61, $p < 0.05$), istatistikî olarak anlamlı olacak şekilde farklı olduğu saptanmıştır. Diğer taraftan atlantoaksiyel mesafe ortalamaları da erkek ve kadınlarda istatistikî olarak farklı bulunmuştur (t: 3.33, $p < 0.05$). Başka bir deyişle odontoid boyutları ve atlantoaksiyel mesafe ortalamaları, kadınlara nazaran erkeklerde daha büyük bulunmuştur.

Bu çalışmada MR incelemeler üzerinde ölçülen odontoid çıkıntı boyutları (yükseklik; r: +0.887, ön-arka çap; r: +0.801 ve transvers çap; r: +0.808) ile hastaların yaşları arasında ileri derecede pozitif korelasyon olduğu ($p < 0.05$), buna karşın atlantoaksiyel mesafe ile yaş arasında istatistikî olarak anlamlı bir korelasyon (r: +0.401) olmadığı ($p > 0.05$) belirlenmiştir.

TARTIŞMA:

Kraniyoservikal bileşke bölgesi kafatası kaidesi ile 1. ve 2. servikal omurların birlikte oluşturduğu ve oldukça komplike ve çok katmanlı ligamentöz yapıların stabilitesini sağladığı yaşamsal nörovasküler yapılara yakın komşuluğu olan bir bölgedir ⁽²⁾. Bir takım enflamatuvar hastalıklarda ve özellikle trafik kazalarında ortaya çıkan boyun travmalarında tekrarlayan subluksasyonlar ve odontoid çıkıntının kırıkları oldukça sık görülmektedir. Odontoid kırıklarının hemen büyük çoğunluğu konservatif metotlarla tedavi edilmesine karşın, önemli bir kısmında anterior veya transoral yaklaşımla vida fiksasyonu gerekli olmaktadır.

Tablo-1. Hastaların MR incelemede morfometrik ölçüm ortalamaları

	Ön-arka çap (mm)	Transvers çap (mm)	Yükseklik (mm)	Atlantoaksiyel mesafe (mm)
Erkek				
(n:30 hasta)	6.94 ± 0.88	9.15 ± 0.89	32.74 ± 2.35	1.53 ± 0.29
Kadın				
(n: 30 hasta)	6.47 ± 0.74	7.74 ± 0.83	30.23 ± 2.05	1.28 ± 0.21
t	2.27	6.61	3.09	3.33
p	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Toplam				
(n: 60 hasta)	6.7 ± 0.8	8.5 ± 1.2	31.5 ± 2.5	1.4 ± 0.3

Diğer taraftan bir çok çalışmada, atlantoaksiyel mesafenin, instabilitenin belirlenmesinde yol gösterici olduğu ve erişkinde bu değerin ise 3 mm altında olması gerektiği rapor edilmiştir⁽⁶⁻⁷⁾. Bu değerin üstündeki olgularda instabilitenin varlığının düşünülmesi gerekmektedir⁽²⁾.

Literatürde kraniyoservikal bileşkenin morfometrik analizlerine ait çalışmaların sayısı oldukça kısıtlıdır ve çoğu konvansiyonel radyografik veya bilgisayarlı tomografik (BT) çalışmalardır^(1,3,8-9,16-20). Şimşek ve arkadaşları gibi bazı araştırmacılar ise odontoid fiksasyonunda vida giriş deliğinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapmışlardır⁽¹⁶⁾. Bu çalışmaların büyük kısmı hastalarda ve kadavra materyallerindedir. Sağlam bireylerde 20- 40 yaş arası erişkinlerde MR inceleme ile morfometrik analize ait çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada eşit sayıda ve istatistikî olarak yaş, kilo boy ortalamaları benzer olan toplam 60 hastanın MR inceleme ile odontoid çıkıntı boyutları ve atlanto aksiyel mesafe ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler Türk nüfusunda odontoid fiksasyonda güvenle kullanabilecek vida boy ve çaplarının belirlenmesi ve bu değerlerin literatür verileri ile karşılaştırılması büyük önem taşıdığı açıktır.

Tun ve arkadaşları güvenli ve etkin bir odontoid fiksasyonu için kuru kadavra kemiklerinin konvansiyonel ve BT incelemelerinde, odontoidin iç çapının ortalama

6.5 ± 1.9 mm, yüksekliğinin 37.6 ± 3.3 mm olduğunu, odontoid eksizyonu çalışmalarında ise odontoidin transvers çapının ise 9.8 ± 0.8 mm olduğunu saptamışlardır⁽¹⁷⁻¹⁸⁾. Agrawal ve arkadaşları, kadavra çalışmalarında odontoid çaplarını ortalama 11.0 ± 1.0 mm ve 17.0 ± 1.0 mm olduğunu rapor etmişlerdir⁽¹⁾. Yosuf ve arkadaşları, 18-80 gibi geniş bir yaş aralığındaki 85 hastanın yine radyografik ve BT incelemelerinde odontoidin ön-arka ve transvers çaplarının erkeklerde 10.2 ± 0.8 mm ve 11.3 ± 0.7 mm, kadınlarda 10.9 ± 0.8 mm ve 10.1 ± 0.9 mm olduğunu belirlemişler, Malezya nüfusu için 3.5 mm çaplı vidaların kalın olduğunu, fiksasyonda 2.7 mm vidaların daha güvenli kullanılabileceğini rapor etmişlerdir. Tüm hastalar dâhil edildiğinde odontoid çıkıntının transvers ve sagittal çaplarının sırasıyla ortalama 8.45 ± 1.11 mm ve 6.70 ± 0.84 mm, odontoid yüksekliğinin ortalama 31.49 ± 2.53 mm ve atlantoaksiyel mesafenin ortalama 1.40 ± 0.29 mm olduğu belirlenmiştir. Erkeklerde ve kızlardaki bu değerlerin ortalamaları istatistikî olarak farklı bulunmuş, erkeklerde boyutların daha büyük olduğu saptanmıştır (p < 0.05).

Chatzigiani ve arkadaşları, CT ile yapılan incelemelerinde odontoid boyutlarının kronolojik yaşla güçlü bir korelasyona sahip olduğunu saptamışlardır⁽³⁾. Çalışmamızda da benzer olarak boyutların yaşla istatistiki olarak anlamlı olacak şekilde korele olduğu belirlenmiştir

($p<0.05$). Ne var ki, atlantoaksiyel mesafe ile yaş arasında anlamlı bir korelasyon olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$)

Bu çalışmada elde edilen sonuçlardan birincisi 20-40 yaş arası erişkinlerde atlantoaksiyel mesafenin ortalama 1.4 mm olduğu ve bu değer en fazla 2 mm olduğu saptanmıştır. Bu bilgi, literatürle uyumlu olmakla birlikte genel olarak daha küçük bir değer olduğu görülmektedir. Bu nedenle, bu çalışmaların verileri ışığı altında atlantoaksiyel mesafe, özellikle 20 – 40 yaş arası erişkinde 2 mm üzerinde ise atlantoaksiyel instabiliteden şüphe etmek gerektiği fikri elde edilmiştir. Diğer taraftan bu çalışmanın verileri ışığı altında, odontoid fiksasyonunda, erkeklerde en fazla 30 mm, kadınlarda 28 mm uzunluğunda vidaların kullanılması gerektiği, Türk popülasyonunda da her iki cinste de en fazla 2.5 mm çaplı vidaların güvenle kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR:

1. Agrawal A, Cavalcanti DD, Garcia-Gonzalez U, Chang SW, Crawford NR, Sonntag VK, Spetzler RF, Preul MC. Comparison of extraoral and transoral approaches to the craniocervical junction: morphometric and quantitative analysis. *World Neurosurg* 2010; 74(1): 113-114.
2. Bono CM, Carreras E. Cervical spine fractures and dislocations. In: Bucholz RW, Heckman JD, Court-Brown CM, Tornetta P. *Rockwood and Green's Fractures in Adult*, 7th Edition, Wolters Kluwer, Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, Volume 2, Section 3, Spine, Chapter 42, 2010; p: 1312-1324.
3. Chatzigianni A, Halazonetis DJ. Geometric morphometric evaluation of cervical vertebrae shape and its relationship to skeletal maturation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; 136(4): 481-489.
4. Crisco JJ, Panjabi MM, Dvorak J. A model of the alar ligaments of the upper cervical spine in axial rotation. *J Biomechanics* 1991; 24(7): 607-614.
5. Crisco JJ, Chen X, Panjabi MM, Wolfe SW. Technical note: optimal marker placement for calculating the instantaneous center of rotation. *J Biomechanics* 1994; 27(9): 1183-1187.
6. Dvorak J, Panjabi MM. Functional anatomy of the alar ligaments. *Spine* 1987; 12: 183-189.
7. Dvorak J, Schneider E, Saldinger P, Rahn B. Biomechanics of the craniocervical region: the alar and transverse ligaments. *J Orthop Res* 1988; 6: 452-461.
8. Jia W, Bai G, Yang B, Zheng T, Xu Y, Yun D, Sun H. Clinical application and personal X-ray film and CT design of screw-plate system by pedicle of atlanto-axis manipulatively. *Eur Spine J* 2008; 17(6): 853-856.
9. Oh SH, Perin NI, Cooper PR. Quantitative three-dimensional anatomy of the subaxial cervical spine: implication for anterior spinal surgery. *J Orthop Surg* 2007; 15(1): 67-72.
10. Panjabi M, Dvorak J, Crisco J III, Oda T, Hilibrand A, Grob D. Flexion, extension, and lateral bending of the upper cervical spine in response to alar ligament transections. *J Spinal Disord* 1991, 4:157-167.
11. Panjabi MM, Dvorak J, Crisco JJ, Oda T, Grob D. Alar ligament instability: a biomechanical model. *Orthop Res* 1991; 20: 112-120.
12. Panjabi M, Dvorak J, Crisco JJ, Oda T, Wang P, Grob D. Effects of alar ligament transection on upper cervical spine rotation. *J Orthop Res* 1991; 9(4): 584-593.
13. Panjabi MM, Oda T, Crisco JJ, Dvorak J, Grob D. Posture affects motion coupling patterns of the upper cervical spine. *J Orthop Res* 1993; 11(4): 525-536.
14. Panjabi MM, Lydon C, Vasavada A, Grob D, Crisco JJ, Dvorak J. On the understanding of clinical instability. *Spine* 1994; 19(23): 2642-2650.

15. Panjabi MM, Crisco JJ, Lydon C, Dvorak J. The mechanical properties of human alar and transverse ligaments at slow and fast extension rates. *Clin Biomechanics* 1998; 13(2):112-120.
16. Simsek S, Yigitkanli K, Seçkin H, Comert A, Acar HI, Belen D, Tekdemir I, Elhan A. Ideal screw entry point and projection angles for posterior lateral mass fixation of the atlas: an anatomical study. *Eur Spine J* 2009; 18(9): 1321-1325.
17. Tun K, Kaptanoglu E, Cemil B, Karahan ST, Esmer AF, Elhan A. A neurosurgical view of anatomical evaluation of anterior C1-C2 for safer transoral odontoidectomy. *Eur Spine J* 2008; 17(6): 853-856.
18. Tun K, Kaptanoglu E, Cemil B, Yorubulut M, Karahan ST, Tekdemir I. Anatomical study of axis for odontoid screw thickness, length, and angle. *Eur Spine J* 2009;18(2): 271-275.
19. Yue B, Kwak DS, Kim MK, Kwon SO, Han SH. Morphometric trajectory analysis for the C2 crossing laminar screw technique. *Eur Spine J* 2010; 19(5): 828-832.
20. Yusof MI, Yusof AH, Abdullah MS, Hussin TM. Computed tomographic evaluation of the odontoid process for two-screw fixation in type-II fracture: a Malaysian perspective. *World Neurosurg* 2010; 74(1): 178-188.