

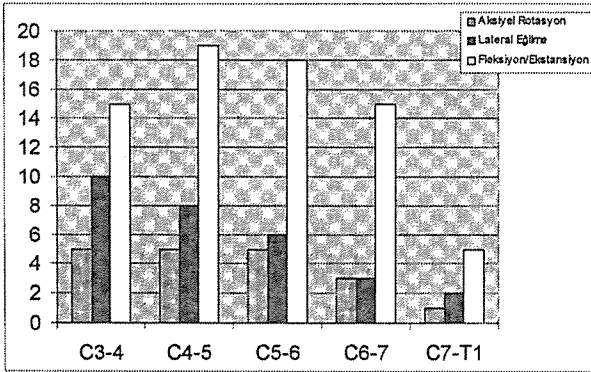
ORTA VE ALT SERVİKAL OMURGA BİYOMEKANİĞİ

Sedat ÇAĞLI*

Spinal travmalar en sık servikal omurgada görülür. Ayrıca miyelopati, radikülopati ve diğer dejeneratif hastalıklar da servikal bölgede sık görülmektedir. Vertebral kolon ile nöral yapılar arasındaki biyomekanik etkileşim sonucunda ağrı ve nörolojik bulgular ortaya çıkmaktadır. Bu bölgelerin biyomekaniğini öğrenmek bu hastalıklardan korunma, tanı ve tedaviyi anlamamızı sağlar.

Spinal hareketlerinin tanımlanması klinik olarak çok önemlidir. Servikal vertebranın kantitatif ve kalitatif hareketlerini sağlayan pasif elemanlar faset eklemleri, disk, ligamanlar ve kemik, aktif elemanlar kaslardır. Bir veya birden fazla servikal spinal düzeyde devinimsel anormallikler, hareket aralığında (ROM: range of motion), nötral zon (NZ), bağlantılılık paternleri ve ani rotasyon eksenini (IAR: instantaneous axis of rotation) değişikliğe yol açar.

Bu değişiklikleri tanıyabilmek için normal verileri bilmek gerekir. Bu veriler, in vitro veya in vivo çalışmalar ile elde edilebilir (Şekil 1).

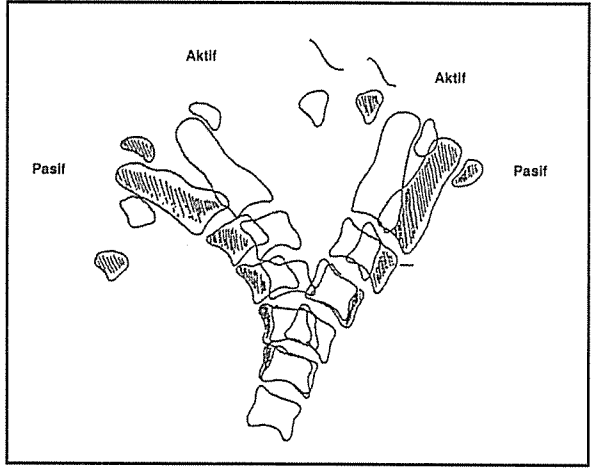


Şekil 1. Alt Servikal omurganın hareketler sırasındaki hareket aralığı (ROM)

ır. İn vitro deneylerde, hareketleri üç boyutlu ölçmek ve büyük yükler uygulamak kolaydır. Ölçümler kesindir ve

tekrarlanabilir. İn vitro çalışmaların en büyük dezavantajı, kasların etkilerinin olmamasıdır. Bu nedenle, in vitro çalışmalar iyi yorumlanmalıdır.

İn vivo çalışmalar çok gerçekçi olmasına rağmen, hareketlerin gerçek üç boyutlu ölçümleri zordur. Ayrıca aktif in vivo hareketler (hasta tarafından yapılan) ile pasif hareketler (dışarıdan kuvvet uygulamak ile) arasında farklılıklar vardır (Şekil 2).



Şekil 2. Servikal omurganın aktif ve pasif hareketleri

Servikal vertebra çeşitli yönlerde doğru hareket etmektedir. Atlantoaksial eklem, kraniumun fleksiyon ve ekstansiyonunda önemli bir eklem olduğu halde, aksiyel rotasyon için çok az rol almaktadır. Buna karşılık, atlanto-aksial kompleks (C1-C2), aksiyel rotasyonda çok etkili olup, ortalama 43° lik hareket aralığı vardır ve lateral eğilme ile birleştirir (2,4,12,16). Aksisten sonra (C2-C7) servikal vertebra hareketleri her yönde benzerdir. Ancak asıl hareket, fleksiyon/ ekstansiyondur.

Anormal vertebra hareketleri instabilite olarak tanımlanabilir ve füzyon gerektirebilir. Bir çok radyolojik yöntem ile bu instabilite ortaya konulabilir.

* Ege Üniversitesi, Tıp Fakültesi Nörolojik Cerrahi Anabilim Dalı, İzmir

HAREKET ARALIĞI (Range of Motion=ROM)

Fleksiyon/Ekstansiyon, in vivo ve in vitro olarak tanımlanmıştır. Üst servikal omurga, atlanto-oksipital eklem (C0-C1), kraniumun fleksiyon ve ekstansiyonunda çok etkilidir, ortalama 25°dir, C1-C2 20° dir. Orta ve alt servikal omurganın her bir düzeyi 10°'den 20°'ye kadar fleksiyon ve ekstansiyon sağlamaktadır. En büyük fleksiyon/ekstansiyon hareketi, C4 ile C6 arasında olur (20°) (15).

In vivo çalışmalarda, dışardan uygulanan kuvvetle aşırı fleksiyon ve ekstansiyon yapılır. Dvorak ve arkadaşları, pasif uygulamalarda hareket aralığının (ROM), aktif hareketlere karşılık 2°-3° daha büyük olduğunu göstermişlerdir (15).

Servikal omurganın aksiyel rotasyonunun %50-60'ı C1 ve C2 arasında olur. In vitro ölçümlerde, aksiyel rotasyonun C1 ve C2 arasında 23°'den 39°'ye kadar değiştiği, C0 ve C1 arasında ise 0° ile 5° arasında olduğu görülmüştür. Geri kalan aksiyel rotasyon miktarının orta ve alt servikal arasında dağıldığı görülmüştür (15).

Servikal omurganın aksiyel rotasyonu, in vivo olarak bilgisayarlı tomografi (2,13) ve goniometre (3) kullanılarak ölçülmüştür. Penning ve Wilmink, C1-C2 arasında tek taraflı aksiyel rotasyonun 40° olduğunu, ancak tüm servikal omurganın aksiyel rotasyonunun 72° olduğunu göstermişlerdir (13). Dvorak (3) ise, pasif hareket aralığının (ROM) aktif ten daha yüksek olduğunu; C0 ile T1 arasında tüm servikal omurgada pasif 91°, aktif ise 88° olduğunu göstermiştir.

Lateral eğilme ise, üst servikalde 5°, orta ve alt servikal omurgada ise 5° ile 10° arasındadır (15).

KAYMA (Translasyon)

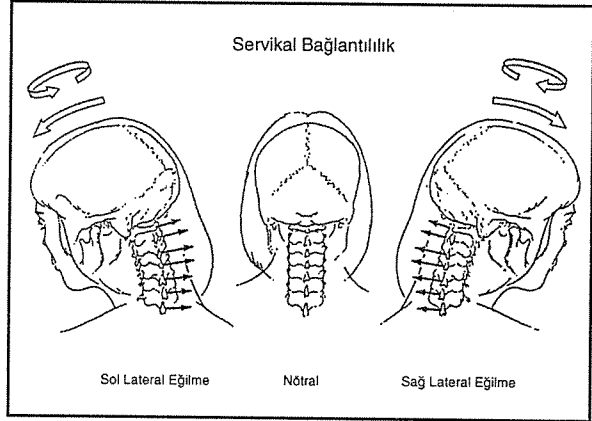
Kayma hareketi anormal spinal hareket olarak bilinmesine rağmen, normal spinal hareket olarak da kabul edilebilir. Sagittal planda ortalama kayma C0 ve C1 arasında fleksiyon/ekstansiyon hareketlerine bağlı olarak 1.5-1.6 mm. dir. Anterior-posterior çekme

kuvveti altında orta ve alt servikal omurgada (C2-C7) ortalama hareket aralığı (ROM) 3.5 mm. dir.

BAĞLANTILILIK

Bağlantılılık çalışmaları için üç boyutlu analiz gerekir. Ancak in vivo olarak bu çok zordur. Aksiyel rotasyon ve lateral eğilme birlikteliği, sagittal planda mümkündür.

Orta ve alt servikal omurgada, lateral eğilme sırasında spinöz çıkıntılar konveksite tarafına yönelir (sol lateral eğilme esnasında spinöz çıkıntılar sağa yönelir). Bu bağlantılılık en fazla C2-3 düzeyinde olur, aşağı inildikçe azalır (Şekil 3).



Şekil.3: Servikal omurganın bağlantılılık şeması. Üç boyutlu in vivo çalışmalarda, Mimura ve arkadaşları aksiyel rotasyon ile beraber olan hareketleri tanımlamıştır (8). C2-C3 üstündeki düzeylerde lateral eğilme yapılırken karşı tarafa doğru aksiyel rotasyon olmaktadır (sağ lateral eğilme olurken sola rotasyon). Bu düzeyin altında ise lateral eğilme yönünde aksiyel rotasyon olmaktadır. Bununla birlikte kafa gövde üzerinde dönerken bütün servikal vertebra aynı yöne doğru eğilir. Bundan başka aksiyel rotasyon ile birlikte C4-C5 üzerindeki düzeylerde ekstansiyon, altındaki düzeylerde fleksiyon görülür. Üst ve alt servikal vertebranın karşıt bağlantılılık paternleri Mimura ve arkadaşları tarafından tanımlanmıştır (8). Aksiyel rotasyon sırasında baş horizontal durumda kalabilir (8).

Bağlantılılık paternleri spinal postür ile

değişmektedir. Panjabi ve arkadaşları, yaptığı çalışmada spinal postürün özellikle üst servikal vertebrayı etkilediğini göstermişlerdir (10).

ANI ROTASYON EKSENİ

(IAR: Instantaneous Axis of Rotation)

C1 fleksiyon ve ekstansiyonunda rotasyon merkezi C1'in inferior kenarıdır. Bununla birlikte C2'nin C3 üzerinde ve diğer tüm alt düzeyler üzerindeki fleksiyonunda, rotasyon eksenini alt komşu vertebradır. C2'nin rotasyon merkezi C3'ün merkezinden posterior kenarına doğrudur. Alt servikal vertebrada rotasyon merkezi, C6-C7'ye kadar çapraz şekilde anterior ve süperior olarak hareket eder. C6-C7 bileşkesinde ise C7'nin süperior kenarıdır (3). Aksiyel rotasyonun ani rotasyon eksenini (IAR) omuriliğe çok yakın olduğundan omuriliğe herhangi bir zarar vermeden özellikle C1 ve C2 arasında aşırı rotasyonlara izin verir. Lateral eğilme için ise ani rotasyon eksenini (IAR) genellikle üst vertebra lokalizasyonludur (15).

OMURGANIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE FONKSİYONLARI

Disk: Anulus fibrozusun her bir lifi çember şeklinde olup bir diğer lif üzerinde 60 derece oblik olarak devam eder. Bu uyum, omurlar arasındaki çekme ve rotasyonel hareketi kısıtlar. İntervertebral disk, kompressif yükleri hareket aralığı boyunca baştan başa iletir. Bu durum bir vertebraya aşırı yüklenmeyi önler. Fleksiyon sırasında nukleus pulpozusun posteriora kayması, ekstansiyon sırasında anteriora kayması bu olayı sağlar (7).

Ligamanlar: Ligamanlar, eklemlerin stabilitesini, fizyolojik yükler sırasında eklemlerin hareketlerini ve travma sırasında çıkan enerjiyi absorbe eder. Bu fonksiyonlar ligamanların fizyolojik özelliklerine, lokalizasyon ve oryantasyonuna bağlıdır. Sert ve kalın ligamanlar eklemi daha fazla stabil hale getirir.

Servikal omurgada yer alan ligamanlar, paraservikal adalelerin yanında hareket sırasında

omuriliğin ve köklerin yaralanmasını önler. Ligamentum flavum, iki komşu vertebranın laminaları arasında uzanır. Bu ligaman hiperfleksiyon sırasında uzar ve incilir, hiperekstansiyon sırasında kısalır ve kalınlaşır. Ayrıca hiperekstansiyon sırasında 3.5 mm. kanal içine protrüde olur (5). Ancak hipertrofi veya dejenerasyon sonucu elastikiyetinin kaybolması ile kanalı daraltıp omuriliğe bası yapabilir.

Kapsüller ligamanlar, faset eklemine dikey olarak yönelmiştir (6,11). Bu mekanizma, fasetlerin distraksiyonunu önler, ancak kaymaya karşı direnci yetersizdir. Fasetler alındığında, fleksiyon azalır, ancak anterior horizontal yer değiştirme artar (14).

Diğer servikal ligamanlardan, posterior longitudinal ligaman, fleksiyon ve distraksiyonu, supraspinöz ve interspinöz ligamanlar fleksiyon ve anterior horizontal yer değiştirmeyi, tektoral membran ise fleksiyon ve ekstansiyonu sınırlar (1, 15).

Vertebra: Vertebra cismi, kompressif yüklerin taşınmasına hizmet eder. Servikal vertebra, torakal ve lomber vertebradan daha küçüktür. Vertebra büyüklüğü, C2'den C7'ye doğru büyür. Yük te aynı oranda artar. Spinoz çıkıntı uzunluğu, C5'ten C7'ye doğru uzar; başın öne eğilmesi sonucunda moment kolunun artması nedeniyle, C3'den C7'ye kadar eğilme momentinin artmasını dengelemek gerekir. Faset eklemleri, anterior kaymaya karşı direnç sağlar. Bu eklemler, transvers planda 45°'den 55°'ye kadar, sagittal planda 70°'den 85°'ye kadar yönlendirilir (9). Bu aksiyel rotasyon ve lateral eğilme arasındaki bağıntılılığı açıklar.

Kaslar: Omurga stabilizasyonunda hareket ve yüklerin taşınmasında kasların rolü vardır. İntervertebral kasların güçleri, intervertebral hareketler sırasında omuriliğin etkilenmesini önler.

Diskler, ligamanlar ve kaslar viskoelastik elemanlardır. İntervertebral eklemler yük ile yer değiştirme vektörü arasında set yapılar olarak tanımlanmıştır.

Klinik İstabilite: Fizyolojik yükler altında

omurganın diziliminin kaybolmasıdır. Bunu anlamak için hareket paternlerini, anatomik ilişkileri ve fonksiyonları ve stabilite kriterlerini bilmek gerekir.

Orta ve alt servikal omurganın, biyomekanik olarak stabilitesi, tüm anterior ve posterior elemanların fizyolojik yükler altında intakt kalması durumunda olur. Posterior elemanlar fleksiyon sırasında, anterior ligamanlar ekstansiyon sırasında stabiliteye katkıda bulunur (14).

White ve Panjabi, alt servikal vertebra instabilitesi için biyomekanik olarak üç ana özellik tanımlamışlardır: 1) Bütün anterior veya posterior elemanların ikisinden birinin hasarlanması veya fonksiyon görmemesi, 2) bir vertebra diğer vertebra üzerinde 3.5 mm.den fazla kayması, 3) komşu vertebra arasında 11°den fazla rotasyonel farklılık olması (15).

Ancak, sadece bu kriterler servikal omurganın instabil olarak kabul edilmesi için yeterli değildir. Ayrıca nörolojik tablo, ağrı ve deformite faktörleri önemlidir. Tablo 1'de orta ve alt servikal vertebra instabilite kriterleri belirtilmiştir.

Tablo 1. Orta ve alt servikal vertebra instabilite kriterleri (1)

Elemanlar	Puan
Anterior elemanların hasarlanması veya fonksiyonun kaybolması	2
Posterior elemanların hasarlanması veya fonksiyonun kaybolması	2
Pozitif germe testi	2
Radiyografik kriterler	4
Fleksiyon/ekstansiyon graflerinde	
Sagittal planda kayma >3.5mm veya %20	2
Sagittal planda rotasyon >20°	2
Nötr graflerde	
Sagittal planda kayma >3.5mm veya %20	2
Sagittal planda angulasyon >11°	2
Anormal disk daralması	1
Gelişimsel spinal kanal daralması	
Sagittal çap <13mm veya	
Pavlov oranı <0.8	2
Omurluk yaralanması	2
Kök yaralanması	1
Beklenen aşırı yüklenme	1

Toplam puan 5 ve daha fazla olursa instabil olarak kabul edilir (15).

KAYNAKLAR

- 1.Dvorak J, Panjabi MM: Functional anatomy of the alar ligaments. Spine 1987; 12:183-189.
- 2.Dvorak J, Hayek J, Zehnder R: CT functional diagnostics of the rotatory instability of the upper cervical spine. An evaluation on healthy adults and patients with suspected instability. Spine 1987; 12: 726-731.
- 3.Dvorak J, Loustalot D, Bonomo M: In vivo motion analysis of the cervical spine in a normal population. Presented at Cervical Spine Research Society Annual Meeting, Philadelphia, PA, December 4-6, 1991.
- 4.Dvorak J, Panjabi MM, Chang DG: Functional diagnostics of the rotatory instability of the upper cervical spine: 1. an experimental study on cadavers. Spine 1987; 12:197-205.
- 5.Jia L, Shen Q, Chen D: Dynamic changes of the cervical ligamental flavum in hyperextension-hyperflexion movement and their measurement. Chin Med J 1990; 103:66-70.
- 6.Johnson RM, Crelin ES, White AA: Some new observations on the functional anatomy of the lower cervical spine. Clin Orthop 1975; 111:192-200.
- 7.Krag MH: Biomechanics of the cervical: Including bracing, surgical constructs, and orthoses. The Adult Spine: Principles and Practice. Edited by JW Frymoyer, New York, Raven Press, 1991, pp 929-965.
- 8.Mimura M, Moriya H, Watanabe T: Three-dimensional motion analysis of the cervical spine with special reference to the axial rotation. Spine 1989; 14:1135-1139.
- 9.Panjabi MM, Oxland T, Takata K: Articular facets of the human spine. Quantitative three-dimensional anatomy. Spine 1993; 18:1298-1310.
- 10.Panjabi MM, Oda T, Crisco JJ: Posture affects motion coupling patterns of the upper cervical. J Orthop Res 1993; 11:525-536.
- 11.Panjabi MM, Oxland TR, Parks EH:

Quantitative anatomy of cervical spine ligaments. Part II. Middle and lower cervical spine. J Spinal Disord 1991; 4:277-285.

12.Penning L: Review paper: Difference in anatomy, motion, development and aging of the upper and lower cervical disk segments. Clin Biomech 1988; 3:37-47.

13.Penning L, Wilmink JT: Rotation of the cervical spine: A CT study in normal subjects. Spine 1987; 12: 732-738.

14.White AA, Johnson RM, Panjabi MM: Biomechanical analysis of clinical stability in the cervical spine. Clin Orthop 1975; 109:85-96.

15.White AA, Panjabi MM: Clinical Biomechanics of the Spine. Philadelphia, PA, Lippincott, 1990.

16.White AA, Panjabi MM: Clinical Biomechanics of the Spine. Philadelphia, JB Lippincott Company, 1978.

Yazışma Adresi:

Sedat ÇAĞLI

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi

Nörolojik Cerrahi Anabilim Dalı 35100

Bornova-İzmir