

# Servikal Omurganın Sensorimotor Kontroldeki Önemi ve Boyun Hastalıklarına Bağlı Sensorimotor Bozukluklarının Klinik Değerlendirme Yöntemleri

## Importance of Cervical Spine in Sensorimotor Control and Clinical Evaluation Methods of Sensorimotor Disturbances Due to Neck Disorders: Review

Ferda Özkan CİVELEK,<sup>a</sup>  
Barış NACIR,<sup>b</sup>  
Hatice Rana ERDEM<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Kliniği,  
Özel Lokman Hekim Hastanesi,

<sup>b</sup>Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Kliniği,  
Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi,  
Ankara

<sup>c</sup>Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon AD,  
Ahi Evran Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Kırşehir

Geliş Tarihi/Received: 19.05.2015

Kabul Tarihi/Accepted: 14.07.2015

Yazışma Adresi/Correspondence:

Barış NACIR  
Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi,  
Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Kliniği,  
Ankara,  
TÜRKİYE/TURKEY  
barisnacir@gmail.com

**ÖZET** Dengenin sağlanmasında vestibüler, oküler ve proprioseptif sistem birlikte rol oynamaktadır. Stabil dik postür ve baş ve göz hareketlerinin sensorimotor kontrolü santral sinir sisteminde birbirine yakın alanlar üzerinde vestibüler, vizüel ve proprioseptif sistemlerden gelen afferent "input"larla sağlanmaktadır. Servikal omurganın proprioseptif "impuls"un sağlanmasında önemli rolü vardır. Servikal intervertebral eklemlerin mekanoreseptörleri, boyun kasları ve ligamanların mekanoreseptörleri, servikal omurganın derin kaslarında lokalize kas içicikleri ve spinal kordun kornu posteriorundaki nöronlarla boyun proprioseptörlerini birleştiren sensitiv liflerden oluşan servikal proprioseptif sistemin dengenin sürdürülmesinde önemli bir yeri vardır. Boyun hastalıklarında proprioseptör reseptör disfonksiyonuna bağlı olarak sensorimotor bozukluklar yaygındır. Boyun hastalıklarında servikal reseptör disfonksiyonu sensorimotor kontrolün birleştirilmesi, zamanlaması ve dönüştürülmesini etkileyerek afferent "input"ta değişikliklere yol açabilmektedir. Boyun hastalığı olanlarda "dizziness", değişmiş servikal propriosepsiyon, baş-göz koordinasyonu ve postüral stabilitedeki bozuklukların değerlendirilmesi ve tedavisi önemlidir. Son çalışmalar, boyun hastalıklarında sensorimotor kontrol bozukluklarına dikkat çekmektedir. Servikal eklem pozisyon duygusu, okülomotor kontrol ve postüral stabilitede ölçülebilir değişikliklerin değerlendirilmesi sensorimotor kontroldeki bazı değişiklikler ile ilgili olabilir. Bu nedenle boyun ağrılı hastaların tedavisi planlanmadan önce sensorimotor bozukluk değerlendirilmeli ve dikkate alınmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Servikal omurga; boyun ağrısı; sensorimotor kontrol; propriosepsiyon, rehabilitasyon

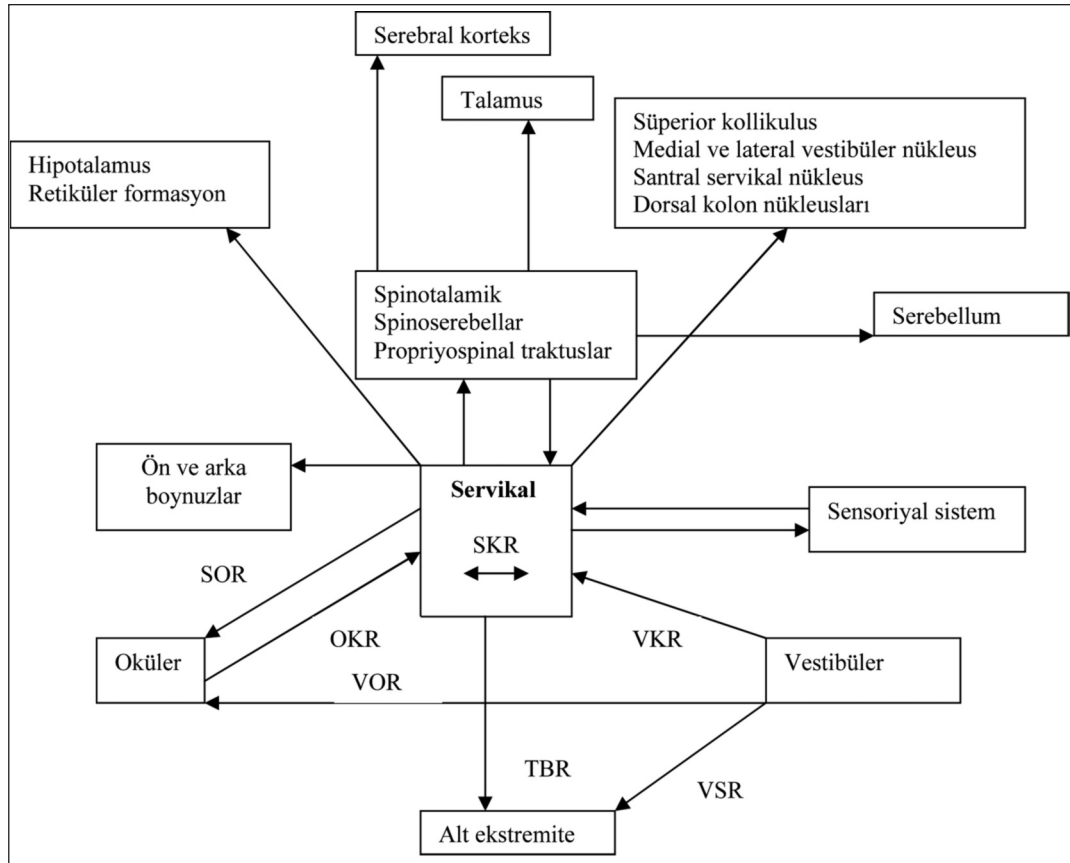
**ABSTRACT** Vestibular, ocular and proprioceptive systems acts together while achieving the proper balance. Sensorimotor control of stable upright posture and head and eye movement relies on afferent information from the vestibular, visual and proprioceptive systems, which converge in several areas throughout the central nervous system. The cervical spine has an important role in providing the proprioceptive input. Cervical proprioceptive system consisting of mechanoreceptors of cervical intervertebral joints, mechanoreceptors of neck muscles and ligament's insertions, muscle spindles located in deep short muscles of cervical spine and sensitive fibers connecting neck's proprioceptors with neurons of cornu posteriori of spinal cord, plays an essential part in maintaining bodily balance. Sensorimotor disturbances in neck disorders are common because of the proprioceptive receptor dysfunction. Dysfunction of the cervical receptors in neck disorders can alter afferent input subsequently changing the integration, timing and tuning of sensorimotor control. Assessment and management of the symptoms of dizziness, altered cervical proprioception, eye and head co-ordination and disturbances to postural stability in those with neck disorders are important. Recent research highlights sensorimotor control disturbances in those with neck disorders. Assessment of measurable changes in cervical joint position sense, oculomotor control and postural stability can be related to such alterations to sensorimotor control. Therefore, sensorimotor disturbances must be evaluated and should be taken into consideration before planning the treatment of patients with neck disorders.

**Key Words:** Cervical spine; neck pain; sensorimotor control; proprioception; rehabilitation

J PMR Sci 2017;20(1):37-43

Vücudun denge duyusunun düzenlenmesinde servikal omurganın önemli bir rolü olduğu bilinmektedir. Dengenin sağlanmasında vestibüler, oküler ve proprioseptif sistem birlikte rol oynamaktadır.<sup>1-3</sup> Stabil dik postür, santral sinir sistemi (SSS)'nde birbirine yakın alanlar üzerinde baş ve göz hareketleri ile birlikte vestibüler, vizüel ve proprioseptif sistemlerden gelen afferent "input"larla sağlanmaktadır. Servikal proprioseptif sistem (SPS), servikal intervertebral eklemlerin mekanoreseptörleri, boyun kasları ve ligamanların mekanoreseptörleri, servikal omurganın derin kaslarında lokalize kas içcikleri ve spinal kordun kornu posteriorundaki nöronlarla boyun proprioseptörlerini birleştiren sensitiv liflerden oluşmaktadır. Mekanoreseptörlerin santral ve refleks bağlantılarının yoğunluğu nedeni ile, servikal omurga proprioseptif "input" üretiminde önemli rol oynamaktadır.<sup>1</sup> Servikal afferentler aynı za-

manda baş, göz ve postüral stabiliteyi etkileyen refleksleri; servikokolik refleks (SKR), servikooküler refleks (SOR) ve tonik boyun refleksi (TBR)'ni içermektedir.<sup>2,4</sup> SKR; gerilmeye yanıt olarak boyun kaslarını aktive eder ve başın stabilizasyonunu sağlar.<sup>4</sup> SOR; vestibülooküler refleks (VOR) ve optokinetik refleksle beraber çalışır, ekstraoküler kaslar üzerinde etkilidir; hareketli görüntüyü netleştirmede yardımcıdır.<sup>5</sup> TBR, vestibülospinal refleksle birlikte postüral stabilitenin sağlanmasında etkilidir.<sup>6</sup> Bu refleksler, vizüel ve vestibüler "input"larla oluşan, baş-göz koordinasyonu ve postüral stabilitede etkili diğer reflekslerle bağlantılı olarak çalışmaktadır (Şekil 1). Aseptomatik bireylerde servikal santral ve refleks bağlantılarının önemi; iyatrojenik servikal afferent bozuklukların sonucunda da gözlenmiştir. Servikal sinirlerin kesisi ya da servikal bölgeye uygulanan anestezik enjeksiyonlar, nistagmus, sersemlik ve şiddetli ataksiye neden ola-



ŞEKİL 1: Servikal omurga afferentlerinin santral ve refleks bağlantıları.<sup>1</sup>

SKR: Servikokolik refleks, SOR: Servikooküler refleks, TBR: Tonik boyun refleksi, VOR: Vestibülooküler refleks, VSR: Vestibülospinal refleks, VKR: Vestibülokokolik refleks, OKR: Optokinetik refleks.

bilir.<sup>7</sup> de Jong, yukarı servikal bölgede dorsal kök afferent liflerine lokal anestezik uygulanması ile in-sanda deneysel olarak oryantasyon, koordinasyon bozukluğu ve dengesizlik oluşturmuştur.<sup>8</sup>

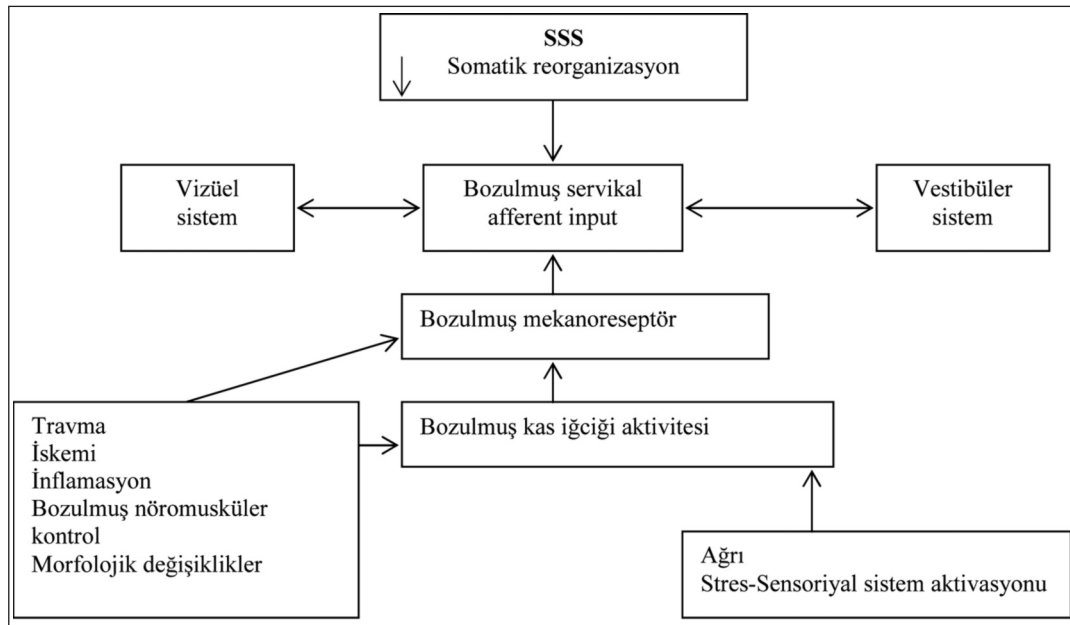
Boyun hastalıklarında proprioseptör reseptör disfonksiyonuna bağlı olarak sensorimotor bozukluklar yaygındır. Boyun hastalıklarında servikal reseptör disfonksiyonu sensorimotor kontrolün birleştirilmesi, zamanlaması ve dönüştürülmesini etkileyerek afferent “input”ta değişikliklere yol açabilir. Boyun hastalığı olanlarda “dizziness”, değişmiş servikal propriosepsiyon, baş-göz koordinasyonu ve postüral stabilitedeki bozuklukların değerlendirilmesi ve tedavisi önemlidir. Son çalışmalar, boyun hastalıklarında sensorimotor kontrol bozukluklarına dikkat çekmektedir. Servikal eklem pozisyon duygusu, okülomotor kontrol ve postüral stabilitede ölçülebilir değişikliklerin değerlendirilmesi sensorimotor kontroldeki bazı değişiklikler ile ilgili olabilir. Bu nedenle boyun ağrılı hastaların tedavisi planlanmadan önce sensorimotor bozukluklar değerlendirilmeli ve dikkate alınmalıdır.

Bu çalışmada, servikal bölge patolojilerinde sensorimotor kontrol bozuklukları ve bu bozuklukların değerlendirilmesine değinilmiştir.

## BOYUN HASTALIKLARINDA SENSORİMOTOR KONTROL BOZUKLUKLARI

Boyun ağrısı olan bazı hastalar vizüel şikâyetlerden, denge kaybından ve düşmeden yakınır. Deneysel kanıtlar dikkate alındığında, kronik ya da travmatik nedenlere bağlı boyun problemlerinde, servikal eklem pozisyon hissi bozuklukları, postüral stabilite, okülomotor kontrol (yavaş izlem, sakkadik göz hareketleri gibi) bozuklukları görülebilmektedir. Dengesizlik ve “dizziness” yakınmaları, kronik servikojenik baş ağrısı ve “whiplash” yaralanmalı hastalara eşlik edebilmektedir.<sup>1</sup> Artmış ya da azalmış servikal somatosensoryel aktivite, sensorimotor fonksiyon bozukluklarıyla sonuçlanabilmektedir. Servikal somatosensoryel “input” bozukluklarının olası mekanizmaları Şekil 2’de görülmektedir.

Uzayda başın gövde üzerinde oryantasyonu vizüel, vestibüler ve servikal propriosepsiyonla ilişkilidir.<sup>9-12</sup> Baş hareketleri sırasında sensorimotor etkileşimin amacı, boşlukta baş ve göz stabilizasyonunu sağlamaktır. Başın pozisyonu ve gövde üzerindeki hareketleri, servikal proprioseptörler yardımıyla “vestibüler end organlar” tarafından algılanmaktadır. End organlar kafatasının tabanında



ŞEKİL 2: Servikal somatosensoryel “input” bozukluklarının mekanizmaları.<sup>1</sup>

SSS: Santral sinir sistemi.

yerleştikleri için başın boşluktaki hareketlerini algırlarlar, ancak baş gövde üzerinde veya gövde ile birlikte hareket ettiğinde bunu fark edemezler. Bu durumda farkı görmek ve postüral kontrolde vestibüler formasyondan yararlanmak için servikal proprioepsiyon gereklidir.<sup>10</sup> Farklı sensoriyal “input”ların kapasite ve katkısını kavramak için hastalarda sensoriyal sistemin komponentlerinden bir veya birkaçının geçici olarak kaldırılması gerekir (örneğin; gözlerin kapatılması).<sup>10</sup>

Servikal mekanoreseptör fonksiyonları; direkt travma, kasların fonksiyonel yetersizliği (yorgunluk artışı) ya da kaslardaki dejeneratif değişiklikler (lif transformasyonu, yağ infiltrasyonu, kas atrofisi) ile bozulur. Ek olarak ağrının etkisiyle sinir sisteminin birçok seviyesindeki kas içiği sensitivitesi, kortikal sunum ve servikal afferent “input” modülasyonu değişebilir.<sup>13</sup> Nonspesifik servikal patolojilerde, kaslar ve artiküler reseptörlerin lezyonu veya fonksiyonel yetersizliği ile ilişkili olarak proprioepsiyon duyusu etkilenmiş ve kinestetik duyarlılık değişmiş olabilir. Psikososyal faktörler de kas içiği aktivitesini değiştirerek sempatik sinir sistemini aktive edebilir.<sup>14</sup>

Servikojenik “dizziness”; boyun anormal afferent aktivitesinden köken alan dengesizlik ve boşlukta değişen oryantasyonun nonspesifik duysal algılanması olarak tanımlanabilir.<sup>10</sup> Servikojenik “dizziness”ın en sık semptomu olan dezoryantasyon ve başta bulanıklık hissi dakikalar veya saatler sürebilir. Boyun hareketleri veya ağrı ile semptomların şiddeti artar, boyun ağrısının iyileşmesi ile genellikle düzelir.<sup>10</sup>

Servikal bölgede ağrıya yönelik spesifik tedavilerin servikal eklem pozisyon hissinde, ayakta durma dengesinde ve “dizziness”ta düzelmeye neden olduğu görülmüştür.<sup>13</sup>

Postüral kontrol sisteminde önemli yer tutan servikal somatosensoriyal “input” değişikliklerine neden olabilecek birkaç mekanizmadan söz edilebilir:

1. Servikal omurga eklem disfonksiyonu ve servikal kas spazmı servikojenik “dizziness”a neden olabilir. Servikal zigoapofizer eklemler tüm spinal eklemler içinde en yoğun inervasyona sahip olan-

lardır. Üst servikal artiküler mekanoreseptörler ve proprioseptörler statik postür ve denge hissine katkıda bulunurlar. Vestibüler nükleusta, nükleus abducens ile C2-C3 spinal sinirlerin dorsal kökleri sinaps yaparlar. Disfonksiyone eklemlerden çıkan Tip 1 servikal artiküler mekanoreseptörler ve proprioseptörler vestibüler nükleusa afferent enformasyon gönderirler; bu da normal afferent “input” kaybı ile sonuçlanır. Benzer şekilde servikal reseptörlere travma sonucunda salınan inflamatuvar mediyatörler kaslardaki ve eklemlerdeki kemosenitiv sinir sonlanmalarını aktive edebilir ve kas içiği aktivitesinde değişikliklere neden olabilir. Ağrının SSS ve spinal korddaki nosiseptör ve mekanoreseptör aktivitesiyle, afferent “input”un santral modülasyonu, postüral ve nöromusküler kontrol etkilenir.<sup>13</sup> Yani vestibüler sistem normal olmasına rağmen vertigo ve denge bozukluğu oluşabilir.<sup>12</sup>

2. Kronik ağrı, nöral “input”u değiştirerek kasın özelliklerini değiştirebilir. Kronik boyun ağrılı hastalarda servikal kaslarda bağ doku infiltrasyonu ve üst servikal kaslarda atrofi görülmektedir. Bu değişiklikler proprioepsiyonu etkileyebilir ve pozisyon duyusunda azalmaya neden olabilir.<sup>10,14</sup>

3. Kronik kas kontraksiyonları sonucunda ortaya çıkan metabolik ürünlerin ince miyelinli (III) ve miyelinsiz (IV) kas afferent liflerini stimüle edebileceği düşünülmektedir. Bu grup kas afferent lifleri, primer kasta refleks olarak artan tutukluk ve sekonder kasların etkilenmesi ile statik ve dinamik gama motor nöronlarda eksitator etki gösterebilirler. Daha sonra üst merkezlerden çıkan ve inen yollarla “feedback” mekanizmalar modifiye edilebilir ve farklı servikal proprioseptif sinyaller üretilebilir.<sup>15</sup>

Servikal kasların; özellikle de suboksipital kasların SSS’ye “input” gönderen ve SSS’den “input” alan servikal reseptörler, vizüel, vestibüler yollar ve sempatik sinir sistemi ile arasında spesifik bağlantılar vardır. Anormal servikal afferent “input” ve sensorimotor kontrolün integrasyon, zamanlama ve düzenlemesindeki değişikliklerin sonucunda postüral stabiliteyi, baş ve göz hareket kontrolünü etkileyen sensorimotor kontrol bozuklukları görülür. Ağrı, inflamasyon, değişmiş kas içiği sensitivitesi, fonksiyonel yetersizlik ve kastaki

morfolojik değişiklikler anormal servikal afferent “input”un olası nedenleridir.<sup>1</sup>

4. Postüral kontrol, yavaş izlem, sakkadik göz hareketleri, SKR ve SOR’dan gelen proprioseptif “input”ların etkileşimi ile sağlanır. Bütün bu sistemler orta serebellumda flokülde birleştirilirler. SKR; başın gövde üzerindeki stabilizasyonunu sağlayan servikal bir reflekstir.<sup>16</sup> SKR, olasılıkla derin boyun kaslarındaki gama kas içciklerinden sağlanır. Bu refleks arkı üst spinal kordda santral servikal çekirdeğe ulaştıktan sonra çaprazlaşarak floküle gider. Santral servikal nükleus nöronları, baş hareketlerinin dinamik ve statik durumunun proprioseptif ve vestibüler bütünleşmesi için de önemlidir. Serebral kortekste olduğu gibi parapontin retiküler formasyonda da vestibüloproprioseptif etkileşimden oluşan SKR meydana gelir. Normal şartlarda postüral kontrolün sağlanmasında SOR çok etkili değildir; boynun kas gerginliği arttığında veya bilateral vestibüler bozukluk olduğunda SOR, VOR ile sinerjik etkiye sahiptir. SKR ise VOR’u etkisiz hâle getirir, boynu stabilize etmeye çalışır ve aşırı rotasyondan korur.<sup>17</sup>

## SERVİKAL NEDENLERE BAĞLI SENSORİMOTOR KONTROL BOZUKLUKLARININ KLİNİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Fizik muayene ile sensorimotor kontrolün değerlendirilmesinde servikal eklem pozisyon duyusu (SEPD), okülomotor değerlendirme ve postüral stabilize yöntemleri kullanılmaktadır.

**Servikal eklem pozisyon duyusu:** SEPD ölçümü primer olarak boyun eklem ve kas reseptörlerinden gelen afferent “input”u yansıtır; servikal afferentlerin vestibüler sistem üzerindeki etkisini ölçmektedir. Servikal afferent bozukluklarında eklem pozisyon duyusu pivot testtir ve anormal olduğunda göz hareketleri ve denge kontrolündeki yetersizlikleri de yansıtır.<sup>18</sup>

Servikal afferentler ve diğer bölgeler arasındaki kompleks refleksler ve santral etkileşimler, postüral kontrol; kısmen de vestibüler ve vizüel sistemler için önem taşımaktadır. Revel ve ark. SEPD’nin değerlendirmesinde basit bir ölçüm yön-

temi olan saç bandı üzerine sabitlenmiş olan bir lazer “pointer” kullanmışlardır.<sup>19</sup> Bu yöntem uygulanırken hasta hedefe 90 cm uzaklıkta oturur ve lazer “pointer” ile hedef tahtası üzerinde başlangıç noktası belirlenir (Resim 1). Hastanın gözleri kapalı olarak aktif boyun hareketleri sonrası mümkün olduğunca başlangıç pozisyonuna dönmesi istenir. Aktif boyun hareketleri (ekstansiyon, fleksiyon ve rotasyon) sonrası lazerin yansıdığı nokta ile başlangıç noktası arası uzaklık ölçülerek hata payı değerlendirilir. Hata payının 3-4° (4-5 cm)’nin üzerinde olması SEPD bozukluğunu göstermektedir.<sup>14,19</sup> Genel olarak başın referans noktasına gelebilme becerisi servikosefalik kinestetik duyarlılık olarak adlandırılır.<sup>20,21</sup> Bu test sırasında sıçrayıcı hareketlerin görülmesi, başlangıç pozisyonunu arama davranışı, hedefi tutturamama, “dizziness” gelişmesi ya da servikal hareket paternlerinde gözle görülür farklılıkların olması da servikal kinestetik bozukluğu yansıtmaktadır.<sup>1</sup>

**Okülomotor değerlendirme:** Okülomotor değerlendirme ile bakış stabilizasyonu, yavaş izlem, sakkadik göz hareketleri ve baş-göz koordinasyonu değerlendirilir. Değerlendirme yöntemleri genellikle hasta oturur pozisyondayken uygulanır. Bazen gerekli olduğunda hasta supin pozisyonda yatarken de değerlendirilebilir.<sup>1</sup>

**Bakış stabilizasyonu:** Hastanın sabit bir hedefe gözlerini sabitlemesi ve daha sonra başını aktif olarak fleksiyon, ekstansiyon, sağa ve sola rotasyon yaptırması istenir; stabilizasyonun bozukluğu, boyun hareketlerinde kısıtlılık veya “dizziness”, görme bulanıklığı, bulantı gibi semptomların olması anormal yanıt olarak değerlendirilir.<sup>1,22</sup>



RESİM 1: Servikal eklem pozisyon duyusu ölçümü.



**Yavaş izlem:** Baş sabit olarak dururken yavaş hareket ettirilen (20°/sn, 40°'lik bakış açısında) hedefi takip etmesi istenir; bu test nötral pozisyonda ve gövde 45° rotasyonda iken yapılır. Test zıt yönde gövde 45° rotasyona getirilerek tekrarlanır. Rotasyon pozisyonunda nötral pozisyona göre yavaş izlem farklılığı veya semptom gelişmesi anormal yanıt olarak değerlendirilir.<sup>1</sup>

Boynun çevrilmesiyle yavaş izlem kontrolünde bozukluk, boyun ağrılı hastalarda görülmesine rağmen vestibüler sistem ya da SSS bozukluklarında izlenmez. Yavaş izlem bozukluğu, boyun afferent disfonksiyonunu yansıtmaktadır.<sup>17,23</sup>

**Sakkadik göz hareketleri:** Hastanın, klinisyen tarafından hızlıca ve farklı yönlerde hareket ettirilen hedefi takip etmesi istenir. Hastanın fiksasyon ve hedefi hızlı takip yeteneği değerlendirilir.<sup>1</sup>

**Baş-göz koordinasyonu:** Sol, sağ, yukarı ve aşağı yönlerde hareketli bir hedef takip edilirken baş ve göz aynı yönde hareket ettirilir.<sup>1</sup>

**Postüral stabilite:** Postüral stabilitenin değerlendirilmesinde modifiye duysal organizasyon testi kullanılabilir. Test sonuçları, görsel ve alt ekstremitelerden gelen proprioseptif "input"lara bağlı olarak değişebilmektedir.<sup>8</sup>

Destek yüzeyi geniş, dar ve yumuşak (10 cm kalınlıkta, orta sertlikte sünger) alanlarda gözler açık ve kapalı olarak 30 saniyelik izlem sırasında semptom oluşması, gözle görülür sallanma artışı veya süreyi tamamlayamama anormal yanıt olarak değerlendirilir.<sup>1</sup>

Servikal sorunları olan hastaların dengelerinin sağlanmasında görsel ve diğer somatosensoriyal "input"lar oldukça önem taşımaktadır. Bu "input"lardan herhangi birinin iletiminin engellenmesi bile ciddi kayıplara neden olmaktadır. Sensorimotor kontroldeki bozuklukların ortaya çıkarılabilmesi amacıyla hastalar tandem duruşta ya da süngerde tek bacak üzerinde dururken değerlendirilebilir. Tandem duruşta 30 saniyeyi tamamlayabilme yeteneği, sensorimotor kontrol bozukluklarının değerlendirilmesinde faydalı bir tarama testi olarak kullanılmaktadır.<sup>13,24,25</sup>

Baş-göz hareket kontrolü ve postüral stabilite testleri değerlendirildiğinde, "dizziness" yakınması olan travmatik boyun hastalarında ciddi bozukluklar saptanmıştır; bu bozukluklar "dizziness"ı olmayan idiyopatik boyun ağrısı olan hastalarda da görülebilir. Bozukluk nedenleri benzer olmasına rağmen bireysel farklılıklar görülmektedir. Örneğin; bireyde ılımlı göz hareket kontrol bozukluğu olabilir, ancak eklem pozisyon hissinde ya da dengeinde aynı düzeyde bozukluk olmayabilir.<sup>16</sup>

## SONUÇ

Servikal kökenli patolojilerde sensorimotor kontrol bozukluklarına sık rastlanmaktadır. Bu nedenle servikal bölgeye uygulanan lokal tedavi programlarının sensorimotor kontrolü artırmaya yönelik baş-boyun koordinasyon egzersizleri, okülomotor egzersizler ve dinamik egzersizler gibi vestibüler rehabilitasyon programları ile birleştirilmesi önem taşımaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Treleven J. Sensorimotor disturbances in neck disorders affecting postural stability, head and eye movement control. *Man Ther* 2008;13(1):2-11.
2. <http://www.chiroweb.com/archives/13/26/07.html>.
3. Ketenci A. Baş ve Boyun Ağrıları, Ayırıcı Tanı, Yansıyan Ağrılar. *Türk J Phys Med Rehab* 2010;56(Özel Sayı 1):34-7.
4. Peterson BW. Current approaches and future directions to understanding control of head movement. *Prog Brain Res* 2004;143:369-81.
5. Mergner T, Schweigart G, Botti F, Lehmann A. Eye movements evoked by proprioceptive stimulation along the body axis in humans. *Exp Brain Res* 1998;120(4):450-60.
6. Yamagata Y, Yates BJ, Wilson VJ. Participation of Ia reciprocal inhibitory neurons in the spinal circuitry of the tonic neck reflex. *Exp Brain Res* 1991;84(2):461-4.
7. Lennerstrand G, Han Y, Velay JL. Properties of eye movements induced by activation of neck muscle proprioceptors. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1996;234(11):70-9.
8. de Jong PT, de Jong JM, Cohen B, Jongkees LB. Ataxia and nystagmus induced by injection of local anesthetics in the Neck. *Ann Neurol* 1977;1(3):240-6.
9. Treleven J, Jull G, Sterling M. Dizziness and unsteadiness following whiplash injury: characteristic features and relationship with cervical joint position error. *J Rehabil Med* 2003;35(1):36-43.

10. Malmström Eva-Maj. Cervical influence on dizziness and orientation. Sweden: Department of Otorhinolaryngology, Head and Neck Surgery, Clinical Sciences, Lund and Department of Health Sciences, Division of Physiotherapy Lund University; 2008. p.57.
11. Malmström EM, Karlberg M, Melander A, Magnusson M, Moritz U. Cervicogenic dizziness - musculoskeletal findings before and after treatment and long-term outcome. *Disabil Rehabil* 2007;29(15):1193-205.
12. Reid SA, Rivett DA. Manual therapy treatment of cervicogenic dizziness: a systematic review. *Man Ther* 2005;10(1):4-13.
13. Field S, Treleaven J, Jull G. Standing balance: a comparison between idiopathic and whiplash-induced neck pain. *Man Ther* 2008; 13(3):183-91.
14. Gosselin G, Rassouliau H, Brown I. Effects of neck extensor muscles fatigue on balance. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2004;19(5):473-9.
15. Krabak BJ, Borg-Stein J, Oas JA. Chronic cervical myofascial pain syndrome: Improvement in dizziness and pain with a multidisciplinary rehabilitation program. A pilot study. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2000;15(2):83-7.
16. Hain T, Ramaswamy TS, Hillman MA. Anatomy and physiology of the normal vestibular system. In: Herdman SJ, ed. *Vestibular Rehabilitation*. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia: Davis; 2000. p.3-24.
17. Tjell C, Rosenhall U. Smooth pursuit neck torsion test: a specific test for cervical dizziness. *Am J Otol* 1998;19(1):76-81.
18. Taylor JL, McCloskey DI. Illusions of head and visual target displacement induced by vibration of neck muscles. *Brain* 1991;114(Pt 2):755-9.
19. Treleaven J, Jull G, LowChoy N. Smooth pursuit neck torsion test in whiplash-associated disorders: relationship to self-reports of neck pain and disability, dizziness and anxiety. *J Rehabil Med* 2005;37(4):219-23.
20. Humphreys BK. Cervical outcome measures: testing for postural stability and balance. *J Manipulative Physiol Ther* 2008;31(7):540-6.
21. Röjjezon U, Clark NC, Treleaven J. Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 1: Basic science and principles of assessment and clinical interventions. *Man Ther* 2015; 20(3):368-77.
22. Clark NC, Röjjezon U, Treleaven J. Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 2: Clinical assessment and intervention. *Man Ther* 2015;20(3):378-87.
23. Treleaven J, LowChoy N, Darnell R, Panizza B, Brown-Rothwell D, Jull G. Comparison of sensorimotor disturbance between subjects with persistent whiplash-associated disorder and subjects with vestibular pathology associated with acoustic neuroma. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89(3):522-30.
24. Witkin HA, Lewis HB, Hertzman M, Machover K, Meissener P, Wapner S. In: Witkin HA, ed. *Personality Through Perception: An Experimental and Clinical Study*. 1sted. New York: Harper; 1954. p.24-41.
25. Grod JP, Diakow PR. Effect of neck pain on verticality perception: a cohort study. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83(3):412-5.