


DERLEME / REVIEW

Üst Servikal Omurga: Anatomi, Patofizyoloji ve Klinik Tablo

Upper Cervical Spine: Anatomy, Pathophysiology and Clinic Picture

Mehmet Ünal 

Fizik Tedavi Kliniği İzmit/Kocaeli

Geliş tarihi/Received: 19.11.2020

Kabul tarihi/Accepted: 05.01.2021

İletişim/Correspondence:

Mehmet ÜNAL, Dr. Fzt

Yahyakaptan Mah. Şehit Ergün Köncü Sok. No:22

Akasyapark 2 Sitesi A bBlok Daire 2, 41040- Fizik

Tedavi Kliniği İzmit/Kocaeli

E-posta: fztmehmet6@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4927-649X

Öz

Kranioservikal bileşke "foramen magnum (oksiput), C1 (atlas), C2 (axis) ve araya giren tendonlar ve bağları çevreleyen oksipital kemik dahil olmak üzere kafatasının tabanı ile "servikal omurganın birleşimi" olarak tanımlanır. Oksipital kondiller ve kompleks bağ sistemi arasındaki özel eklemler, bu üç yapıyı tek bir fonksiyonel birime bağlar. Bu sistem, kafa tabanından C2'ye uzanan nörovasküler yapıları içerir. C1 ve C2 disfonksiyonu, doğrudan medulla spinalisin mekanik irritasyonu yoluyla ve dolaylı olarak vasküler yapıları etkileyerek nörolojik hasar oluşturabilir. Ayrıca Dentate ligaman aracılığı ile medulla spinalise benzersiz bir şekilde bağlanmalarından dolayı üst servikal omurga disfonksiyonları, medulla spinalise doğrudan bası yaparak deforme edebilir. Mekanik irritasyon, damarlarda staz ile beraber venöz tıkanmaya neden olur. Bu durum, üst servikal kordun belirli bölgelerinde anoksiye neden olabilir. Sonuç olarak üst servikal omurga disfonksiyonları vücutta nörolojik ve kas iskelet sistemi problemlerinin gelişmesine neden olur.

Anahtar Kelimeler: Üst servikal omurga, anatomi, fizyoterapi, manuel terapi, patofizyoloji.

Abstract

The craniocervical junction is defined as "the fusion of the base of the skull with the cervical spine, including the foramen magnum (occiput), C1 (atlas), C2 (axis), and the occipital bone surrounding the intervening tendons and ligaments". This includes neurovascular structures extending from the skull base to C2. C1 and C2 dysfunction may cause neurological damage directly through mechanical irritation of the spinal cord and indirectly by affecting vascular structures. Because of their unique attachment to the spinal cord via dentate ligaments, upper cervical spine dysfunctions can directly compress and deform the spinal cord. Mechanical irritation may cause venous occlusion together with stasis in the veins. This condition can cause anoxia in certain areas of the upper cervical cord. As a result, upper cervical spine dysfunctions lead to the development of neurological and musculoskeletal system problems in the body.

Keywords: Upper cervical spine, anatomy, physiotherapy, manual therapy, pathophysiology.

1. Giriş

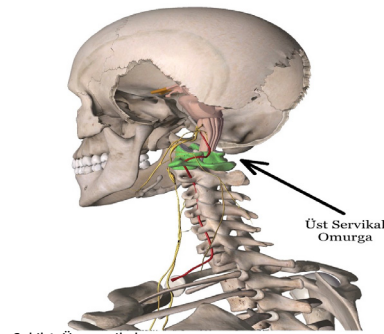
C1 ve C2 vertebraları, üst servikal omurgayı oluşturur. Atlas ve Axis, beyin sapı bölgesine yakın seyredir. Beyin sapı, vücudun birçok hayati işlevinin kontrolünden ve koordinasyonundan sorumludur. Genellikle travmalar ve yanlış postür nedeniyle bağ dokularında değişiklik olduğunda Atlas ve Axis disfonksiyona uğrayabilir ve stresli anormal bir pozisyonda kilitlenebilir; bu da basınç, gerginlik, sinir irritasyonu, kan akışının bozulması ve serebrospinal sıvının dolaşımının etkilenmesi durumlarına yol açabilir. Bu disfonksiyon, bel ağrısı, boyun ağrısı, baş ağrısı, vertigo, tinnitus ve migren gibi problemlerin gelişimine neden olabilir (1)

Bu makalenin amacı, üst servikal omurganın disfonksiyon patofizyolojisini ve klinik olarak önemini araştırmaktır.

2. Anatomi ve Patofizyoloji

Omurganın üst servikal bölgesinde veya kranioservikal bileşkede disfonksiyonların meydana geldiği teorisi, yetmiş yıldan fazla deneysel bir gözleme dayanır (2). Kranioservikal

bileşke "foramen magnum (oksiput), C1 (atlas), C2 (axis) ve araya giren tendonlar ve bağları çevreleyen oksipital kemik dahil olmak üzere kafatasının tabanı ile "servikal omurganın birleşimi" olarak tanımlanır. Oksipital kondiller ve kompleks bağ sistemi arasındaki özel eklemler, bu üç yapıyı tek bir fonksiyonel birime bağlar. Bu, kafa tabanından C2'ye uzanan nörovasküler yapıları içerir (Şekil 1) (3).



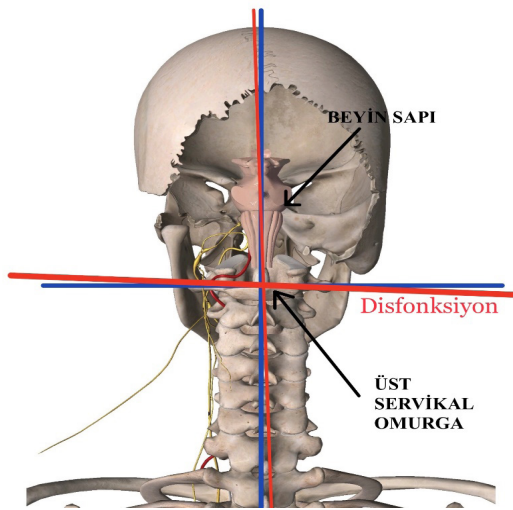
Şekil 1. Üst servikal omurga

Üst servikal vertebral disfonksiyonu, Dünya Sağlık Örgütü tarafından şu şekilde tanımlanmaktadır:

Eklem yüzeyleri arasındaki temas bozulmadan kalmasına rağmen hizalama, hareket bütünlüğü ve / veya fizyolojik fonksiyonun değiştiği bir eklem veya hareket segmentindeki bir lezyon veya işlev bozukluğudur. Esasen, biyomekanik ve sinirsel bütünlüğü etkileyebilecek işlevsel bir durum mevcuttur (4)

Atlas disfonksiyonunun, oksipital-atlanto-axial eklemler üzerine binen yükü değiştirerek sinir sistemini etkilediği ve böylece eklem mekanoreseptörlerini uyardığı tahmin edilmektedir. Sonuç olarak ortaya çıkan refleksler, fonksiyonel bir bacak uzunluğu eşitsizliği ve gözlemlenebilir postural asimetri yaratabilir. Araştırmacılar, eklem mekanoreseptörlerinin servikal omurgada yüzey alanı başına en yoğun olduğunu belirtir (1,5,6). Seaman, eklem kompleks disfonksiyonunun, eklem mekanik reseptör disferantasyonu yoluyla semptomlar yarattığını belirten bir nörolojik mekanizma belirtmiştir. Seaman'a göre üst servikal disfonksiyonun düzeltilmesi, merkezi sinir sistemine afferent girdiyi modüle etmede en büyük potansiyele sahip yöntem olabilir (7).

1986'da Grostic tarafından öne sürülen Dentate Ligament Cord Distortion Hipotezi, Atlas anormal olarak konumlandırıldığında oluşan omurilik deformasyonu için olası bir açıklama sağlar. C1 ve C2 disfonksiyonu, doğrudan medulla spinalisin mekanik irritasyonu yoluyla ve dolaylı olarak vasküler yapıları etkileyerek nörolojik hasar oluşturabilir. Dentate ligaman aracılığı ile medulla spinalise benzersiz bir şekilde bağlanmalarından dolayı üst servikal omurga disfonksiyonlarının, medulla spinalise doğrudan bası yapıp deforme edebileceği belirtilir. Mekanik irritasyon, damarlarda staz ile venöz tıkanmaya neden olabilir. Bu durum, üst servikal kordun belirli bölgelerinde anoksiye neden olabilir (8,9). Bu distorsiyon mekanizması, üst servikal omurganın MRI çalışmaları gözlenen kord deformasyonu tarafından desteklendiğini göstermektedir. Son araştırmalar, dentate kord distorsiyonu ile bağlantılı veya bunun bir sonucu olarak Atlas disfonksiyonuna bağlı serebrospinal sıvı ve kan akışı dinamiklerine odaklanmaktadır (Şekil 2) (10,11).



Şekil 2. Üst servikal omurga disfonksiyonu

Medulla spinalis yollarının doğrudan mekanik irritasyonuna ek olarak, bu mekanizma bir vasküler bileşeni de içerebilir. Gillian bir araştırmasında, servikal medulla spinalisin venöz drenaj sisteminin üst bölümünde küçük radiküler venleri gözlemledi. Bu damarların mekanik olarak tıkanmasının, medulla spinalisin bu damarlar tarafından drene edilen bölümünde kan akışının durmasına ve iskemiye neden olabileceğini öne sürdü. Venöz stazın ilk olarak medulla spinalisin lateral kolonlarında iskemiye neden olma eğiliminde olduğunu belirtti. Gillian, bu damarların bu kadar düşük basınçlarda çalıştıkları için basınç kuvvetleri tarafından kolayca tıkanmalarına dikkat çekti. Sonuç olarak ortaya çıkan iskemi, sinir irritasyonunu arttırır (9).

3. Klinik

3.1. Üst Servikal Disfonksiyon Kaynaklı Bacak Boyu Kısaldığı

Spinocerebellar yol, omurilikte en büyük aksonlardan oluşur (A tipi lifler). Bu aksonlar, mekanik irritasyon sahasında bulunurlar. Üst servikal disfonksiyona bağlı dentate kord distorsiyonu ile, ilk olarak spinocerebellar sisteme bağlı kas tonusu ve eklem pozisyon hissi etkilenir. En fazla, lateral lifleri innerve eden kaudal yapılar etkilenir. Dorsal spinocerebellar yolda lateral lifler, alt lomber ve sakral bölgeyi innerve eder ve kas içcikleri ile tendon afferentleri tarafından bu bölgeye monosinaptik olarak etki eder. Ventral yolun lateral liflerinin çoğu, kas içcikleri ve tendon organı afferentleri ve rensaw hücreleri hakkında bilgi taşıyabilir. Her iki kanalın da tutulumu pelvik kuşak kaslarını ve alt ekstremitayı etkiler. Dentate bağ traksiyonunun neden olduğu medulla spinalis irritasyonu, pelvik kuşak ve alt ekstremitelerin kaslarını etkileyebileceği ve ilgili kaslarda hipertoniye, hatta spastisite oluşturabileceği varsayılmaktadır. Pelvis ve alt ekstremitedeki büyük kaslarda artan tonus, pelvik distorsiyonuna neden olarak fonksiyonel bir kısa bacak oluşumuna neden olabilir (12).

3.2. Üst Servikal Disfonksiyona Bağlı Bel Ağrısı

Spinotalamik yolun, dentate ligaman bağlantı noktalarına yakın olduğu gösterilmiştir. Spinocerebellar yollar gibi, spinocerebellar kanallar da sakral ve alt lomber sinir dağılımlarına etki eder ve ağrı ve sıcaklık hisleri taşıyan lateral lifler ile laminar şekilde düzenlenir. Spinocerebellar yolun mekanik irritasyonu, dentate ligamanın mekanik olarak traksiyonuna (Servikal kord) neden olarak bel ve bacaklarda ağrıya neden olabilir. Bu durum, bazı bel ağrısı ve siyatik olgularında, ispatlanabilir lokal bir nedenin yokluğunda, üst servikal disfonksiyonun düzeltilmesi ile anında rahatlayan ağrıları açıklayabilir (13).

3.3. Üst Servikal Disfonksiyona Bağlı Trigeminal Nevralji

Trigeminal nevralljide ağrının paroksizmal yapısı, trigeminal sinirin irritasyonunun bir sonucu olarak ani bir nöron boşalması şeklinde ortaya çıkar. Ayrıca, gasserian ganglion veya trigeminal sinirin spinal çekirdiğinde de meydana gelebilir. Trigeminal sinirin spinal nükleusu, 4. servikal vertebraya kadar uzanır. Atlasın lateral deviasyonu ile beraber anterior rotasyonu, C1 ve C2 vertebra seviyesinde trigeminal sinirin duyu nükleusuna direk olarak traksiyon kuvvetleri uygular. Atlasın rotasyonel olarak disfonksiyonu, şiddetli trigeminal nevrallji ataklarına neden olabilir (14,15).

3.4. Üst Servikal Disfonksiyona Bağlı Vertigo, Tinnitus ve İşitme kaybı

Vertigo, tinnitus ve işitme kaybı semptomları genellikle vestibüler sisteme atfedilir. Ancak bu belirtilerin arkasında daha karmaşık bir mekanizma yatar (16). Servikal afferentlerin, servikojenik vertigo ve işitme kaybının nedeni olduğu belirtilir. Servikal omurganın eklem reseptörlerinde meydana gelen anormal sinyaller, yukarı çıkan yollar ile beyin sapına gönderilir. Bu durum uygun olmayan tepkilerin ortaya çıkmasına neden olur (16).

Atlasın 3 yönlü disfonksiyonu, nöral kanal boşluğunun boyutunu tehlikeye atabilir ve medulla'nın bazı işlevlerini etkileyebilir (16,17). Hack ve arkadaşları, posterior atlantookspital membran yoluyla dura üzerine yönlendirilen atlanto-okspital bağlantı ile rektus capitus posterior minör kastan iyi organize olmuş bir bağ dokusu köprüsü buldular. Posterior atlanto-okspital membran, birkaç ince bağ dokusu lifi ile duraya sağlam bir şekilde bağlanır (18). Hinson ve Zeng, diseksiyon yoluyla fibröz bağ dokusunun, posterior longitudinal ligaman ve duranın, odontoid prosesin üstünden C2'nin alt gövdesine köprü görevi gördüğünü gözlemlediler. Posterior longitudinal ligamanın bu seviyede ön kanal periostuna sıkıca tutturulduğu ve buna ek olarak, C1'in posterior arkına ve C2'nin lamineasına köprü oluşturan posterior bağ dokusunun belirgin olduğu görüldü (19). Bu bulgular, kraniyo-vertebral birleşme yerindeki kordun, servikal radyografi görüntülerinde görülen üst servikal omurgadaki biyomekanik aberasyonlardan etkilenebileceğini düşündürmektedir. Bu seviyelerde sinir yollarının kesintiye uğraması, vertigo, tinnitus ve işitme kaybı gibi semptomların gelişmesini tetikleyebilir (17,20).

Başka bir teori, sempatik sinirlerin irritasyonu vertebral arterde spazmlara neden olabileceğini, beyin sapına ve beyne kan akışında bir azalmaya yol açabileceğini öne sürdü. Terret, yanlış hizalanmış omurların, üst servikal omurgadaki arterleri beyne yönlendiren lümeni daraltmak için arterler üzerinde yeterli stres yaratabileceğini bildirdi. İşitme ve vestibüler merkezlere kan dolaşımında bir azalma, bu durumda ortaya çıkan belirti ve semptomlara neden olabilir (21).

Atlas (C1) disfonksiyonu yoluyla ilk 4 servikal spinal sinirin, ilk 5 torasik spinal sinirin veya superior servikal sempatik ganglionun etkilenmesi, belirtilen semptomları ortaya çıkarabilir. İlk 2 servikal spinal sinir ve superior servikal ganglion, Atlas disfonksiyonundan doğrudan etkilenebilir ve böylece işlevlerini değiştirebilir. Üçüncü ve dördüncü servikal spinal sinirler ve üst 5 torasik spinal sinir, Atlas disfonksiyonunun bir sonucu olarak meydana gelen yapısal kompresyonlarla oluşan biyomekanik değişiklikler nedeniyle tehlikeye girebilir (16).

3.5. Üst Servikal Disfonksiyona Bağlı Baş Ağrısı

Baş ağrılarının çeşitli nedenleri vardır. Bu durumdan kraniyoservikal bileşkenin işlev bozukluklarının özellikle sorumlu olduğu düşünülmektedir (22). Bu işlev bozuklukları, üst servikal omurga ve trigeminal sistem disfonksiyonlarını içerir (23). Üst servikal omurga bölgesinden üst servikal medullaya giden afferentler ile trigeminal sinir afferentleri, spinal trigeminal çekirdeklerin WDR (geniş dinamik aralık) internöronlarında birleşir (24).

Kraniyal dura mater'in trigeminal sinir lifleri yoluyla innervasyonu, 19. yüzyılın ortalarında Arnold ve Luschka tarafından tanımlanmıştır. İnsanlarda intrasürjikal stimülasyon ile 20. yüzyıldan itibaren deneysel çalışmalar bir sonuç vermiş olup, son birkaç yılda yapılan çalışmalar, trigeminovasküler sistemlerin meningeal nosisepsiyon için önemini kanıtlamıştır. Dura mater'e nosiseptif afferentler, artık gerilim tipi baş ağrılarının ve migren nedenlerinin merkezi olarak görülmektedir (25).

Üst 3 servikal omurun sinirleri tarafından innerve edilen trigeminoservikal çekirdeğin, baş ağrılarında rol oynadığı düşünülmektedir. Birçok intrakraniyal ve ekstrakraniyal kan damarı, trigeminal çekirdek tarafından innerve edilir. C1-C3 vertebralarından gelen sinir kökleri, ayrıca dura mater ve suboksipital kasları da innerve eder (26). Korteks, talamus, hipotalamus ve C1- C3 servikal köklerinden gelen afferent ağrı lifleri, trigeminal sinirin spinal çekirdeği ile iletişim kurar. Bu uyarılar, daha sonra internal ve external karotis arterlerin parasempatik dilatasyonunu sağlamak için facial sinir (CN VII) yoluyla yönlendirilir. Internal karotidin vazodilatasyonu yoluyla trigeminal ganglionun uyarılması da durada ödem oluşturabilir. Vazodilatasyonun etkisi ile, trigeminal sinirin spinal çekirdeğine olan feedback mekanizması ile baş ağrısı tetiklenebilir (27).

Her spinal seviyenin arkasında 2 küçük faset eklem vardır ve bu eklemler, C2 ile C3 arasında olduğu gibi bitişik vertebralar arasında kısıtlı hareketlere izin verir. Servikal omurgadaki faset eklemler, başı desteklerken gerçekleştirdikleri ağırlık taşıma işlevi nedeniyle yaralanmaya eğilimlidir. C1-C3 ile ilgili üst servikal faset eklemleri, yaygın olarak servikojenik baş ağrısına neden olur (28). Servikojenik baş ağrısının nörofizyolojik temeli, C1-C3 servikal sinirlerin afferent uyarıları ile trigeminal çekirdekten gelen nosiseptif afferentler arasında gerçekleşen yakınsamayı içerir. İlk 3 servikal sinir tarafından innerve edilen yapılar, servikojenik baş ağrısına neden olma potansiyeli göstermiştir (29). Hack ve ark. tarafından yapılan anatomik bir çalışma, servikojenik baş ağrısının, üst servikal omurganın kompleks disfonksiyonu sonucu geliştiğini göstermektedir. Bu çalışmada rektus kapitis posterior minör kas ile atlanto-okspital bileşkede posterior spinal dura arasında bir bağ doku köprüsü olduğu bulunmuştur. C1-C2 disfonksiyonu, rektus kapitis posterior minör kasını etkileyerek dura mater üzerinde bir gerilim yaratıp baş ağrısının gelişimine neden olmaktadır (18).

3.6. Üst Servikal Omurga ve Postür İlişkisi

Tempora mandibular eklem (TME) hareketi, C2 ile çok yakından ilişkilidir. Guzay Çeyrek Teoremine göre mandibulanın dönme eksenini, tam olarak C2'nin odontoidinde yer alır. Mandibula aşağı doğru hareket ettiğinde, C2 çevresindeki kasları gevşeten bir çekme kuvveti oluşturur. Mandibula yukarı doğru hareket ettiğinde, C2 çevresindeki kasları sıkılaştıran bir basınç oluşturur. Bu durum, düşürülmüş dikey boyutu olan bir oklüzyonda, ağız kapalıyken C2 çevresindeki kas spazmını arttıracak anlamına gelir. Omurgada odontoidi olan sadece bir vertebra vardır. Bu nedenle C2, tüm omurga dengesinde önemli bir rol oynar. C2' de meydana gelecek bir disfonksiyon, pelvis ve kranial kemikleri etkileyerek omurgada postürel bozuklukların gelişmesine neden olur. Bu, Lovett reaktör ilişkisi ile açıklanmaktadır. Lovett

Reactor ilişkisine göre, C1 + L5, C2 + L4 ve C3 + L5 otomatik olarak aynı yönde hareket eder. Diğer vertebra çiftleri, örneğin C4 + L2, ters yönde hareket eder. Bu nedenle, bir vertebra üzerindeki etki, omurgadaki diğer vertebralardan pozisyonunu etkiler. C2 disfonksiyonu, omurgada postüral problemlerin gelişmesini tetikler (30)

4. Sonuç

Üst servikal omurga, tüm omurganın en hareketli bölümü olduğundan, disfonksiyon ve yaralanmalara karşı son derece hassastır. Atlas ve Axis anormal bir pozisyonda kilitlenir ise nörovasküler yapıları, beyin sapını ve postürü etkileyerek bir takım nörolojik ve ortopedik problemlerin gelişmesine neden olacaktır. Literatürde, üst servikal omurga disfonksiyonu ve bunun etkilerine çok fazla değinilmemiştir. Bu nedenle bu çalışmanın önemli katkıları olacaktır. Ancak yine de bu konu ile ilgili daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

5. Alana Katkı

Üst servikal omurga disfonksiyonları ve bunların etkilerine literatürde çok fazla yer verilmemiştir. Bazı nörolojik ve ortopedik problemlerin temelinde üst servikal omurga disfonksiyonları yatmaktadır. Üst servikal bölge disfonksiyonlarını tedavi edebilmek için sağlık profesyonellerince bölgenin anatomisi ve patofizyolojisi iyi bilinmelidir. Bu nedenle bu araştırmanın alana önemli katkıları olacaktır.

Çıkar Çatışması

Bu makalede herhangi bir nakdi/ayni yardım alınmamıştır. Herhangi bir kişi ve/veya kurum ile ilgili çıkar çatışması yoktur.

Yazarlık Katkısı

Fikir/Kavram:MÜ; **Tasarım:**MÜ; **Denetleme:**MÜ; **Kaynak ve Fon Sağlama:**Yok; **Malzemeler:**Yok; **Veri Toplama ve/veya İşleme:**Yok; **Analiz/Yorum:**Yok; **Literatür Taraması:** MÜ; **Makale Yazımı:** MÜ; **Eleştirel İnceleme:** MÜ.

Kaynaklar

1. Knutson GA. Abnormal upper cervical joint alignment and the neurologic component of the atlas subluxation complex. *Chiropr Res J*. 1997;4(1):5-9.
2. Cooperstein R, Schneider MS. Assessment of chiropractic techniques and procedures. *Top Clin Chiropr*. 1996;3:44-51.
3. Taylor CS, Mangano FT. Craniocervical abnormalities. *Encycl Otolaryngol head neck surgery New York Springer Ref*. 2013;619-28.
4. Organization WH. WHO guidelines on basic training and safety in chiropractic. World Health Organization; 2005.
5. Crowe T, Kleinman H. Upper cervical influence on the reticular system. *Up Cerv Monogr*. 1991;5(1):12-4.
6. Knutson GA. Vektored upper cervical manipulation for chronic sleep bruxism, headache, and cervical spine pain in a child. *J Manipulative Physiol Ther*. 2003;26(6):395.
7. Seaman DR, Winterstein JF. Dysafferentation: a novel term to describe the neuropathophysiological effects of joint complex dysfunction. A look at likely mechanisms of symptom generation. *J Manipulative Physiol Ther*. 1998;21(4):267-80.
8. Demetrious J. Post-traumatic upper cervical subluxation visualized by MRI: a case report. *Chiropr Osteopat*. 2007;15(1):1-7.

9. Grostic JD. Dentate ligament-cord distortion hypothesis. *Chiropr Res J*. 1988;1(1):47-55.

10. Damadian R V, Chu D. The Possible Role of Cranio-Cervical Trauma and Abnormal CSF Hydrodynamics in the Genesis of Multiple Sclerosis *Physiological Chemistry and Physics and Medical NMR* September 20, 2011; 41: 1-17. *Physiol Chem Phys Med NMR*. 2011;41:1-17.

11. Woodfield III HC, Becker WJ, Hasick DG, Rose S. Observed Changes in Quality of Life Measures and Cerebrospinal Fluid Flow Parameters in Migraine Subjects Receiving Chiropractic Care. *J Altern Complement Med*. 2014;20(5):A50-a50.

12. Eriksen K. Upper cervical subluxation complex: a review of the chiropractic and medical literature. Lippincott Williams & Wilkins; 2004.

13. Bland JH. Disorders of the cervical spine: Diagnosis and medical management. Saunders; 1994.

14. Breeze R, Ignelzi RJ. Microvascular decompression for trigeminal neuralgia: Results with special reference to the late recurrence rate. *J Neurosurg*. 1982;57(4):487-90.

15. Rodine RJ, Aker P. Trigeminal neuralgia and chiropractic care: a case report. *J Can Chiropr Assoc*. 2010;54(3):177.

16. Kessinger RC, Boneva D V. Vertigo, tinnitus, and hearing loss in the geriatric patient. *J Manipulative Physiol Ther*. 2000;23(5):352-62.

17. Blair WG. Blair upper cervical spinographic research; primary and adaptive malformations; procedures for solving malformation problems; Blair principle of occipito-atlanto misalignment. 1968;

18. Hack GD, Koritzer RT, Robinson WL, Hallgren RC, Greenman PE. Anatomic relation between the rectus capitis posterior minor muscle and the dura mater. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1995;20(23):2484-5.

19. Kirk Eriksen DC. Your Upper Neck: The Science of Your Upper Neck.

20. Gottlieb MS. Absence of symmetry in superior articular facets on the first cervical vertebra in humans: implications for diagnosis and treatment. *J Manipulative Physiol Ther*. 1994;17(5):314-20.

21. Terrett AGJ. Cerebral dysfunction: a theory to explain some of the effects of chiropractic manipulation. *Chiropr Tech*. 1993;5(4):168-73.

22. Chaibi A, Russell MB. Manual therapies for cervicogenic headache: a systematic review. *J Headache Pain*. 2012;13(5):351.

23. Heymann W v, Köneke C. Tinnitus bei „Hirnstamm-Irritations-Syndrom“. *Man Medizin*. 2009;47(4):239.

24. Heymann W, Locher H, Böhni U, Habring M. Neuroanatomie-Teil 1. *Man Medizin-Heidelberg*. 2011;49(6):473-80.

25. Standen C. *Textbook Osteopathic Medicine*. Elsevier Health Sciences; 2017.

26. Linde M. Migraine: a review and future directions for treatment. *Acta Neurol Scand*. 2006;114(2):71-83.

27. Diamond S. Head pain. Diagnosis and management. *Clin Symp*. 199;46(3):2-34.

28. Alix ME, Bates DK. A proposed etiology of cervicogenic headache: the neurophysiologic basis and anatomic relationship between the dura mater and the rectus posterior capitis minor muscle. *J Manipulative Physiol Ther*. 1999;22(8):534-9.

29. Bogduk N. The anatomical basis for cervicogenic headache. *J Manipulative Physiol Ther*. 1992;15(1):67-70.

30. Knutson GA, Jacob M. Possible manifestation of temporomandibular joint dysfunction on chiropractic cervical X-ray studies. *J Manipulative Physiol Ther*. 1999;22(1):32-7.