

Şiddetli Obstrüktif Uyku Apnesi Sendromunda Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyellerde Oluşan Değişimler

Changes in Cervical Vestibular Evoked Myogenic Potentials in Severe Obstructive Sleep Apnea Syndrome

¹Serkan DEDEOĞLU^a, ²Muhammed AYRAL^b, ³Serdar Ferit TOPRAK^b

^aSağlık Bilimleri Üniversitesi Diyarbakır Gazi Yaşargil Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ABD, Diyarbakır, Türkiye
^bDicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ABD, Diyarbakır, Türkiye

ÖZET Amaç: Obstrüktif uyku apnesi sendromu (OUAS), uyku sırasında solunum yolunun kısmen tıkanması ile karakterize bir hastalıktır ve şiddetli vakalarda hipooksijenasyona bağlı olarak beyin sapı hasarı gözlenebilir. Servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller [vestibüler evoked myogenic potentials (sVEMP)] testi beyin sapı hasarının tespitinde kullanılan kolay, noninvasif bir testtir. Bu çalışmanın amacı, şiddetli OUAS hastalarında gelişebilecek beyin sapı hasarının tespitinde sVEMP testinin geçerliliğini ortaya koymaktır. **Gereç ve Yöntemler:** Bu çalışma, Eylül 2021-Ocak 2022 tarihleri arasında uyku merkezine başvuran 40 hasta (80 kulak) üzerinde gerçekleştirildi. Çalışma, kontrol ve şiddetli OUAS olmak üzere 2 grup üzerinden planlandı. Apne-Hipoapne İndeksi (AHİ) değeri 5'in altında olan 20 hasta kontrol grubuna, AHİ değeri 30'un üzerinde ve oksijen saturasyonu %65'in altında olan 20 hasta OUAS grubuna dâhil edildi. Hastalara rutin odiyometrik muayeneye ilave olarak sVEMP testi uygulandı. **Bulgular:** İstatistiksel olarak karşılaştırıldığında yaş, cinsiyet ve beden kitle indeksi değerleri açısından kontrol ve OUAS grubu arasında anlamlı bir farklılık gözlenmedi ($p>0,05$). sVEMP sonuçlarına bakıldığında p1, n1, p2, n2, p1n1 amplitüd ve p1n1 interval değerleri açısından 2 grup arasında anlamlı farklılık gözlenirken, n2p2 amplitüd ve interval değerleri açısından anlamlı farklılık gözlenmedi. **Sonuç:** Yapılan çalışmalarda sVEMP testinin başta Parkinson, multipl skleroz ve inme gibi hastalıklarda gelişen beyin sapı hasarını değerlendirmede kullanılan bir yöntem olduğu gösterilmiştir. Bu sonuçlar ucuz ve noninvasif bir yöntem olan sVEMP testinin şiddetli OUAS hastalarında beyin sapı hasarını ortaya koymak amacıyla kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller testi; obstrüktif uyku apnesi sendromu; hipoksi; oksidatif stres; nörokognitif bozukluklar

ABSTRACT Objective: Obstructive sleep apnea syndrome (OSAS) is a disease characterized by partial obstruction of the airway during sleep, and in severe cases, brainstem damage may be observed due to hypoxoxygenation. The cervical vestibular evoked myogenic potentials (cVEMP) test is an easy, non-invasive test for detecting brainstem damage. The aim of this study is to demonstrate the validity of the cVEMP test in detecting brain stem damage that may develop in severe OSAS patients. **Material and Methods:** This study was carried out on 40 patients (80 ears) who applied to the sleep center between September 2021 and January 2022. The study was planned over two groups as control and severe OSAS. Twenty patients with an Apnea-Hypoapnea Index (AHI) value below 5 were included in the control group, and 20 patients with an AHI value above 30 and oxygen saturation below 65% were included in the OSAS group. In addition to the routine audiometric examination of the patients, the cVEMP test was performed. **Results:** When statistically compared, no significant difference was observed between the control and OSAS groups in terms of age, gender and body mass index values ($p>0.05$). Considering the cVEMP results, there was a significant difference between the two groups in terms of p1, n1, p2, n2, p1n1 amplitude and p1n1 interval values, but no significant difference was observed in terms of n2p2 amplitude and interval values. **Conclusion:** Studies have shown that the cVEMP test is a useful method for evaluating brainstem damage, especially in diseases such as Parkinson's, multiple sclerosis, and stroke. These results show that the cVEMP test, which is an inexpensive and non-invasive method, can be used to detect brainstem damage in severe OSAS patients.

Keywords: Vestibular evoked myogenic potentials test; obstructive sleep apnea syndrome; hypoxia; oxidative stress; neurocognitive disorders

Obstrüktif uyku apnesi sendromu (OUAS), uyku sırasında solunum yolunun kısmen tıkanması ve bunun sonucunda kan oksijen saturasyonunun düş-

mesi ile karakterize bir hastalıktır.¹ Oldukça sık görülen bir uyku hastalığı olup, bir çalışmaya göre hastalığın erişkinlerdeki prevalansı %6-13 arasında

Correspondence: Serkan DEDEOĞLU

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Diyarbakır Gazi Yaşargil Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ABD, Diyarbakır, Türkiye

E-mail: drserkandedeoglu@gmail.com



Peer review under responsibility of Journal of Ear Nose Throat and Head Neck Surgery.

Received: 06 Apr 2022

Received in revised form: 16 May 2022

Accepted: 01 Aug 2022

Available online: 15 Aug 2022

1307-7384 / Copyright © 2022 Turkey Association of Society of Ear Nose Throat and Head Neck Surgery. Production and hosting by Türkiye Klinikleri.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

değişmektedir.² En sık rastlanan semptomları horlama, aşırı uyku hâli ve yorgunluktur.^{2,3} Hastalığın ilerlemiş hâlinde yetersiz oksijenasyona bağlı olarak konsantrasyon ve hafıza bozuklukları görülebilmektedir.⁴ Son zamanlarda yapılan araştırmalarda OUAS'de düşük oksijen saturasyonunu takip eden yeniden oksijenlenmenin serbest oksijen radikallerinde artışa yol açtığı, inflamasyona, oksidatif strese ve endotel disfonksiyonuna neden olduğu ortaya konulmuştur.⁵ Hipoksi ve ardından gelen reoksijenasyon atakları santral ve periferik sistemde nöron hasarına neden olabilmektedir. Santral sinir sistemindeki hasar özellikle ön beyin ve beyin sapında oluşmaktadır.^{5,6} Güncel tıp pratiğinde hipoksi nedeniyle beyin sapında meydana gelen değişiklikleri belirlemede beyin sapı odyometri (işitsel beyin sapı davranımı (auditory brainstem respons "ABR")) sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak son zamanlarda yapılan araştırmalarda OUAS hastalarında gelişen beyin sapı hasarını değerlendirmede farklı yöntemler üzerinde yoğunlaşmıştır.⁷

Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller [vestibular evoked myogenic potentials (VEMP)] testi vestibülokolik refleksi değerlendirmek amacıyla kullanılır ve yüksek ses uyarısına karşı meydana gelen ekstraoküler veya boyun kaslarındaki inhibitör potansiyellerin kayıt edilmesi esasına dayanır.⁸ Sternokleidomastoid kasta elde edilen VEMP yanıtlarına servikal-VEMP (sVEMP), inferior rektal kasta elde edilen yanıtlara ise oküler-VEMP (oVEMP) adı verilmektedir.⁹ sVEMP ilk defa 1992 yılında Colebatch ve ark. tarafından tanımlanmıştır.² Normal sVEMP yanıtı pozitif ve negatif olabilen bifazik bir patern gösterir. İlk bifazik yapı p1-n1, ikinci bifazik patern n2-p2 olarak adlandırılır.¹⁰ Yıllar içinde bu konuda yapılan çalışmalarla sVEMP yanıtının özellikle beyin sapı lezyonlarında, multipl skleroz (MS), vestibüler nörit ve inme gibi durumlarda değişebildiği ortaya konulmuştur.⁷⁻¹⁰ sVEMP testi beyin sapını değerlendirmede kullanılan diğer yöntemlerden farklı olarak daha ucuz ve noninvaziv olması bu testin avantajı olarak görülmüştür.¹¹

Bu çalışmada, şiddetli OUAS vakalarında beyin sapı hasarını değerlendirmek amacıyla sVEMP testinin geçerliliğinin araştırılması hedeflendi. Bu amaçla şiddetli OUAS hastalığı bulunan ve bulunmayan has-

talar çalışmaya dâhil edilerek deneklerin sVEMP testi cevapları analiz edildi.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmamız, Helsinki Deklarasyonu Prensipleri'ne uygun olarak yapıldı. Prospektif ve çift kör olarak planlanan bu çalışma etik kurul izni (Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulunun 25 Ekim 2021 tarihli 444 numaralı etik kurul kararı onayı alınmıştır) ile Eylül 2021-Ocak 2022 tarihleri arasında yapıldı. Çalışma 2 grup (kontrol ve OUAS grubu) üzerinden planlanmış olup, toplam 40 denek (80 kulak) çalışmaya dâhil edildi. Denekler yukarıda belirtilen 3 aylık sürede horlama şikâyeti ile Dicle Üniversitesi Hastanesi Uyku Merkezine başvurup buradan konsültasyon nedeni ile Kulak Burun Boğaz Kliniğine yönlendirilen hastalardan seçildi. Tüm olgular ilk ziyaretlerinde otoskopik muayeneye, odyometrik ve timpanometrik incelemeye tabi tutuldu. Hastalar polisomnografi analizine tabi tutuldu. Apne-Hipoapne İndeksi (AHİ) değeri 5'in altında olan 20 hasta kontrol grubuna, AHİ değeri 30'un üzerinde ve oksijen saturasyonu %65'in altında olan 20 hasta OUAS grubuna dâhil edildi. Çalışmaya 18 yaşın üzerinde olan hastalar dâhil edilmiş olup önceden nörolojik sorunların olan, herhangi bir orta veya iç kulak eksikliği bulunan, işitme eşiği 25 dB HL üzerinde olan, diyabet, kontrolsüz hipertansiyon, servikal hastalık, servikal cerrahi öyküsü bulunan ve beden kitle indeksi (BKİ) 32 kg/m²'nin üzerinde olan hastalar çalışma dışı bırakıldı.

sVEMP KAYDI

Kayıtlar oturur pozisyonda, hasta sırtını sandalyenin sırt desteğine yasladığı pozisyonda yapıldı. Kayıtlar için sternokleidomastoid kas hedeflendi. Kayıtlar sırasında hastanın başını öne ve her iki yana 30° hareket ettirmesi istendi. Elektrotlar simetrik bölgelere dikkatli bir şekilde bilateral olarak yerleştirildi. Elektrotlardan biri sternal manubriyum merkezine, diğeri aynı taraftaki klavikulanın ortasına yerleştirildi. Referans elektrot ise sternokleidomastoid kasa orta üçte birlik bölümüne kondu. Yüzey kas aktivitesi, Epic-Plus uyarılmış akustik potansiyeller sistemi (Labat Srl Mestre, İtalya) ile kaydedildi. Ses üretebilen kulaklıklar (ER-3A, Etymotic Research Inc., Elk Grove

Village, IL, ABD) kullanılarak akustik uyarı olarak oturum açma tipi bir uyarı (500 Hz; 120 dB işitme seviyesi yoğunluğu; uyarı hızı 4/s) kullanıldı. İşitme seviyesi, >110 dB, standart odyolojik frekanslar arasında (0,5-4 kHz) elektromiyografi sinyali güçlendirildi ve bant geçişi filtre edildi (10-1,500 Hz). Ortalama 200 uyarı üzerinden kayıtlar alındı ve tekrarlanabilirliği değerlendirmek için her testten 2 iz alındı.

VERİ ANALİZİ

sVEMP yanıtlarında birinci bifazik dalgada pozitif (p1) ve negatif (n1) piklerin, ikinci bifazik dalganın negatif (n2) ve pozitif (p2) piklerin varlığı değerlendirildi. Her iki dalgadaki amplitüd (p1n1 ve n2p2) ve intervaller (p1n1 ve n2p2) ölçüldü.

Çalışmada elde edilen nicel veriler ortalama± standart sapma (minimum-maksimum) olarak ifade edildi. Verilerin homojenliği Kolmogrov-Smirnov testi ile değerlendirildi. Numerik verilerin analizinde Mann-Whitney U testi, kategorik verilerin analizinde ki-kare testi kullanıldı. İstatistiksel analizlerde R 4.1.2 for Windows (Microsoft Corporation, Redmond, WA, ABD) programı kullanıldı ve anlamlılık düzeyi olarak $p<0,05$ belirlendi.

BULGULAR

Çalışmaya her grupta 40 olmak üzere toplam 80 denek dâhil edildi. Kontrol grubundaki deneklerin

yaş ortalaması $41,2\pm 8,9$ (18-57), OUAS grubunun yaş ortalaması ise $42,3\pm 9,8$ 'dir (26-57). Kontrol grubunun %80,0'ı, OUAS grubunun %77,5'i erkek deneklerden oluşmaktadır. BKİ değerleri kontrol grubunda $34,1\pm 3,0$ (24-39), OUAS grubunda $34,3\pm 2,5$ (24-38) şeklindedir. İstatistiksel olarak karşılaştırıldığında yaş, cinsiyet ve BKİ değerleri açısından kontrol ve OUAS grubu arasında anlamlı bir farklılık gözlenmedi ($p>0,05$).

OUAS ve kontrol grubundaki deneklerin sVEMP kaydı sonuçları Tablo 1'de sunulmuştur. Gecikme değerleri (n1, p1, n2, p2) açısından bakıldığında her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p=0$). Amplitüd ve interval değerleri açısından karşılaştırıldığında gruplar arasında p1n1 amplitüd ve interval değerleri açısından anlamlı bir fark gözlenirken ($p=0$), her iki grubun n2p2 amplitüd ve interval değerleri arasında anlamlı bir farklılık gözlenmedi ($p>0,05$).

TARTIŞMA

sVEMP doğal olmayan bir uyarana karşı oluşan kısa süreli kas kasılmalarının kayıt edilmesi esasına dayanır. sVEMP invaziv olmayan bir test olup kısa sürede uygulanıp kolaylıkla yorumlanabilir. sVEMP testinin ölçümlendiği refleks arkı sakküler sinir, inferior vestibüler sinir, lateral vestibüler nükleus, mediyal vestibulospinal yolak ve spinal motor sinirlerden oluşur.^{2,12} Yapılan çalışmalarda bu testin

TABLO 1: Kontrol ve OUAS grubuna ait sVEMP testi sonuçları.

	Kontrol (n=40) X̄±SS (minimum-maksimum)	OUAS (n=40) X̄±SS (minimum-maksimum)	p değeri
Gecikme (ms)			
n1	25,0±1,3 (23,0-27,6)	29,8±1,1 (28,0-31,3)	0
p1	14,7±0,7 (13,1-15,6)	17,9±1,1 (16,0-19,3)	0
n2	35,6±1,1 (35,5-37,5)	38,1±0,8 (37,0-39,9)	0
p2	29,0±2,2 (22,6-30,6)	31,4±0,4 (30,6-32,0)	0
Amplitüd (µV)			
p1n1	168,1±34,4 (107,0-204,7)	47,2±32,4 (20,4-106,0)	0
n2p2	19,4±2,1 (16,0-22,0)	19,3±2,4 (10,0-22,0)	>0,05
Interval (ms)			
p1n1	10,2±1,0 (8,6-12,6)	11,9±0,5 (10,9-12,6)	0
n2p2	7,8±1,9 (5,1-10,5)	7,3±0,6 (6,5-8,0)	>0,05

OUAS: Obstrüktif uyku apnesi sendromu; sVEMP: Servikal-vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller; SS: Standart sapma.

özellikle sağlıklı kişilerde kullanılan cihaza, hastanın yaşına ve testin yapılış pozisyonu gibi birçok faktörden etkilendiği gösterilmiştir.^{8,13} Bu dezavantajlarına rağmen bu testin nörotojik hastalıklardaki popülaritesi gittikçe artmaktadır.⁵ Yapılan çalışmalarda sVEMP testinin başta Parkinson, MS ve inme gibi hastalıklarda gelişen beyin sapı hasarını değerlendirmede kullanışlı bir yöntem olduğu gösterilmiştir.^{7,14,15} Başka bir çalışmada MS’de hastalarında sVEMP testinin beyin sapı tutulumunu göstermede klinik gözlem, manyetik rezonans görüntüleme ve ABR testinden daha duyarlı olduğu ortaya konulmuştur.⁷ Bu konu hakkında yapılan başka çalışmalarda ise sVEMP testinin beyin sapında meydana gelen hasarı değerlendirmede kullanışlı bir seçenek olduğu gösterilmiştir.^{7,14} OUAS’ye birçok farklı problem neden olabilmektedir. Bunlar arasında solunum yolları anatomisindeki farklılıklar, üst solunum yolları kaslarındaki fonksiyonel bozukluklar ve solunum ritmindeki problemler sayılabilir. Farklı nedenlerden kaynaklanmış olsa da OUAS’nin ortak sonucu uyku sırasında solunum yollarında meydana gelen daralmadır. Bu durum yetersiz oksijenasyona, oksidatif strese artışa ve nörokognitif fonksiyonlarda bozulmalara yol açabilmektedir.^{16,17} Yapılan çalışmalarda OUAS’nin lokal nörolojik problemler yanında motor nöron hasarına yol açtığı gösterilmiştir. Zhang ve ark. yaptıkları deneysel çalışmada, hipoksinin beyin sapını negatif yönde etkilediği özellikle solunum ve kardiyovasküler merkezlerin bu durumdan etkilendiğini ortaya koyabilmiştir.¹⁸

Bu çalışmanın amacı, şiddetli OUAS vakalarında gelişen beyin sapı hasarını ortaya koymada sVEMP testinin kullanılabilirliğini ortaya koymaktır. Literatüre bakıldığı bu konuda az sayıda çalışma göze çarpmaktadır. Mutlu ve ark. 2015 yılında yaptıkları çalışmada, sVEMP testinde şiddetli OUAS ile kontrol grubu arasında p1n1 ve n2p2 amplitüdüleri açısından fark bulurken, gecikme ve interval değerleri açısından gruplar arasında anlamlı bir farklılık gözlememişlerdir. Araştırmacılar, çalışmaların sonunda sVEMP testinin şiddetli OUAS vakalarında beyin sapı hasarını belirlemede kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.² Bir başka çalışmada ise araştırmacılar aynı

testte interval ve amplitüd değerlerinin her ikisinin de subklinik olsa bile beyin sapı hasarını belirlemede kullanılabileceğini söylemişlerdir.¹⁵ Gao ve ark. ise OUAS erken döneminde yapılacak teşhiste sVEMP testinin oldukça değerli olabileceğini göstermişlerdir.⁶ 2021 yılında yapılan bir çalışmada ise araştırmacılar şiddetli OUAS vakalarında sVEMP testinde bozulmalar veya kaybolmalar gözlenebileceğini ortaya koymuşlardır.⁹

Bu çalışmada, kontrol grubunda 40, şiddetli OUAS grubunda 40 olmak üzere toplam 80 sVEMP sonucu elde edilmiştir. Test sonuçlarına bakıldığında n1, p1, n2 ve p2 gecikmelerinin OUAS grubunda anlamlı olarak arttığı gözlenmiştir. Amplitüd ve interval değerleri açısından bakıldığında p1n1 dalga amplitüd ve intervalinin OUAS grubunda kontrol grubundan ayrıştığı göze çarparken aynı durum n2p2 dalgasında gözlenmemiştir. Yapılan çalışmalarda sağlıklı insanlarda VEMP testinin ilk dalgası deneklerin birçoğunda ortaya çıkarken, ikinci dalganın tutarlılığında problemlerle karşılaşmıştır. Bu nedenle pratik uygulamada daha çok sVEMP testinin ilk dalgası sonuçları dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada, hasta ve kontrol grubu arasında özellikle ilk dalga verilerinde farklılıkların ortaya çıkması bu açıdan literatürle uyumaktadır.

SONUÇ

Sonuç olarak bu çalışmada elde edilen veriler ışığında ucuz, noninvasif ve uygulaması kolay olan sVEMP testinin şiddetli OUAS hastalarındaki beyin sapı hasarını ortaya koymada kullanılabileceğini göstermektedir.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi

bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Serkan Dedeoğlu, Muhammed Ayrıl, Serdar Ferit Toprak; **Tasarım:** Serkan Dedeoğlu, Muhammed Ayrıl, Serdar

Ferit Toprak; **Denetleme/Danışmanlık:** Serkan Dedeoğlu, Muhammed Ayrıl; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Serkan Dedeoğlu, Serdar Ferit Toprak; **Analiz ve/veya Yorum:** Serkan Dedeoğlu, Muhammed Ayrıl, Serdar Ferit Toprak; **Kaynak Taraması:** Serkan Dedeoğlu, Muhammed Ayrıl; **Makalenin Yazımı:** Serkan Dedeoğlu, Serdar Ferit Toprak.

KAYNAKLAR

1. Uçar E, Çekiç Nagaş I. Obstrüktif uyku apne sendromunda tanı ve tedavi yöntemlerinde güncel yaklaşımlar [Current approaches in diagnosis and treatment modalities of obstructive sleep apnea syndrome]. Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi. 2021;42(1):37-48. [Crossref]
2. Mutlu M, Bayır Ö, Yücege MB, Karagöz T, Fırat H, Özdek A, et al. Vestibular evoked myogenic potential responses in obstructive sleep apnea syndrome. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2015;272(11):3137-41. [Crossref] [PubMed]
3. Arıtürk AZ, Abakay A, Ülgen S. Tıkaçıcı uyku apne sendromu ve kardiyovasküler sorunlar [Obstructive sleep apnea syndrome and cardiovascular problems]. Dicle Med J. 2011;38(2):253-6. [Link]
4. Demir M, Erten Bucaktepe PG, Taylan M, Yılmaz S, Kaya H, Coşkunsel M, et al. Obstrüktif uyku apne sendromu semptomları ile okul performansı arasındaki ilişki [The association between symptoms of obstructive sleep apnea syndrome and school performance]. Dicle Tıp Dergisi. 2019;43(1):146-50. [Link]
5. Peppard PE, Young T, Barnett JH, Palta M, Hagen EW, Hla KM. Increased prevalence of sleep-disordered breathing in adults. Am J Epidemiol. 2013;177(9):1006-14. [Crossref] [PubMed] [PMC]
6. Gao T, Zhang Q, Hou J, Zhu K, Sun B, Chen J, et al. Vestibular-evoked myogenic potentials in patients with severe obstructive sleep apnea. J Int Med Res. 2020;48(3):300060520909717. [Crossref] [PubMed] [PMC]
7. Di Stadio A, Dipietro L, Ralli M, Greco A, Ricci G, Bernitsas E. The role of vestibular evoked myogenic potentials in multiple sclerosis-related vertigo. A systematic review of the literature. Mult Scler Relat Disord. 2019;28:159-64. [Crossref] [PubMed]
8. Başak HS, Tiğ O, Akar YC, Eryılmaz A. Genç erişkinlerde servikal ve oküler vestibüler uyarılmış miyogenik potansiyellerin normatif değerleri [Normative values of cervical and ocular vestibular myogenic potentials in young adults]. KBB ve BBC Dergisi. 2020;28(3):247-54. [Crossref]
9. Luo HP, Yu J, Xu XD, Wang J, Zhang Q, Wu HT, et al. Characteristic manifestation of ocular and cervical vestibular evoked myogenic potentials findings in severe obstructive sleep apnea patients. Acta Otolaryngol. 2021;141(8):754-61. [Crossref] [PubMed]
10. Rosengren SM, Colebatch JG, Young AS, Govender S, Welgampola MS. Vestibular evoked myogenic potentials in practice: methods, pitfalls and clinical applications. Clin Neurophysiol Pract. 2019;4:47-68. [Crossref] [PubMed] [PMC]
11. Birk R, Dietz M, Sommer JU, Stuck BA, Hörmann K, Rötter N, et al. Nightly hypoxia does not seem to lead to otolith dysfunction in patients with obstructive sleep apnea. Ear Nose Throat J. 2021;100(9):667-72. [Crossref] [PubMed]
12. Pace A, Milani A, Rossetti V, Iannella G, Maniaci A, Cocuzza S, et al. Evaluation of vestibular function in patients affected by obstructive sleep apnea performing functional Head Impulse Test (fHIT). Nat Sci Sleep. 2022;14:475-82. [Crossref] [PubMed] [PMC]
13. Khan FK, Balraj A, Lepcha A. Normative data for vestibular evoked myogenic potential in different age groups among a heterogeneous Indian population. Indian J Otolaryngol Head Neck Surg. 2014;66(2):149-54. [Crossref] [PubMed] [PMC]
14. de Natale ER, Ginatempo F, Paulus KS, Pes GM, Manca A, Tolu E, et al. Abnormalities of vestibular-evoked myogenic potentials in idiopathic Parkinson's disease are associated with clinical evidence of brainstem involvement. Neurol Sci. 2015;36(6):995-1001. [Crossref] [PubMed]
15. Ulusoy B, Gül O, Elsürer Ç, Bozkurt MK, Tülek B, Körez MK, et al. The relationship between the findings of vestibular evoked myogenic potentials and severity of obstructive sleep apnea syndrome. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2020;277(1):37-46. [Crossref] [PubMed]
16. Wong AM, Wang M, Garner DJ, Bowditch S, Paul E, Adams MJ, et al. Obstructive sleep apnoea predicted by the STOP-BANG questionnaire is not associated with higher rates of post-operative complications among a high-risk surgical cohort. Sleep Breath. 2020;24(1):135-42. [Crossref] [PubMed]
17. Xia Y, Fu Y, Xu H, Guan J, Yi H, Yin S. Changes in cerebral metabolites in obstructive sleep apnea: a systemic review and meta-analysis. Sci Rep. 2016;6:28712. [Crossref] [PubMed] [PMC]
18. Zhang JH, Fung SJ, Xi M, Sampogna S, Chase MH. Apnea produces neuronal degeneration in the pons and medulla of guinea pigs. Neurobiol Dis. 2010;40(1):251-64. [Crossref] [PubMed]