Erişkin Bireylerde Oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel Test Bulgularının İncelenmesi

Investigation of Ocular Vestibular Stimulated Myogenic Potential Test Findings in Adult Individuals

Sibel Turhan[1], Gurbet İpek Şahin Kamişli[1,2], Bülent Gündüz[2], Çağıl Gökdoğan[3], Yusuf K. Kemaloğlu[1,4], Nebil Göksu[4]

[1]Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Prof. Dr. Necmettin Akyıldız İşitme, Konuşma, Ses ve Denge Merkezi, Ankara, Türkiye
[2]Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü, Ankara, Türkiye
[3]Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı, Muğla, Türkiye
[4]Gazi University Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

ÖZET

Amaç: Utrikül ve süperior vestibüler siniri değerlendiren ve Vestibulo-oküler refleks ağı ile ilgili bilgi veren objektif bir nöro-otolojik test olan Oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (OVEMP) testinin belirlenen uygulama standartları çerçevesinde, klinik değerlendirme ve öğrenci eğitiminde kullanılmak üzere normalizasyon verilerini oluşturmaktır

Yöntemler: Çalışma grubu otolojik, nörolojik, nöropskiyatrik ve oto-nörolojik yakınması ve bu alanlarda geçirilmiş ameliyat öyküsü olmayan, sağlıklı 18-60 yaş aralığında 33 kadın ve 33 erkek bireyden oluşmaktadır. OVEMP değerlendirme parametreleri; latans, amplitüd ve interpeak latans değerleri olup ayrıca kulaklar arası amplitüd asimetri oranı da hesaplanmış ve ±1 standart sapma içine giren değerler bulunmuş ve yaş, cinsiyet ve sol-sağ taraflar arasında fark olup olmadığına da bakılmıştır.

Bulgular: Çalışmaya dahil edilen 132 kulağın tamamında, belirlenen uygulama standartları çerçevesinde literatür ile uyumlu OVEMP cevapları elde edilmiş; verilerin cinsiyet, yaş ve sol-sağ taraflar arasında farklılık göstermediği bulunmuş olup N1 Latans (msn), P1 Latans (msn), N1-P1 Amplitüd (µV) ve N1-P1 interpeak latans (msn) ortalamaları, sırasıyla 10.44, 15.26, 9.81 ve 4.82 olup bu değişkenlerin tamamında ölçümlerin %90'dan fazlasının ±1 standart sapma içinde olduğu görülmüştür. Kulaklar arası amplitüd asimetri oranı ise %16.88 olarak hesaplanmış olup % 95,45'i ±2 standart sapma içinde yer almaktadır.

Sonuç: OVEMP'in belirlenen uygulama standartları elde edile normalizasyon değerleri çerçevesinde uygulamada ve eğitimde güvenle kullanılabileceği görülmektedir. Aynı test koşulları sağlandığı taktirde tüm klinikler de vestibuler hastalıkların değerlendirilmesinde ve OVEMP'in uygulamalı eğitimde kullanılabilir.

Anahtar sözcükler: Vestibüler uyarılı miyojenik potansiyel, vestibular sinir, otolit, refleks, vestibülo-oküler

Geliş Tarihi: 07.03.2021 **Kabul Tarihi:** 27.05.2021

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study is to determine normalized values of the ocular vestibular myogenic potential (OVEMP) test, which measures the potentials originated from the utricle, transmitted via superior vestibular nerve to VOR pathway, in relation to the determined application standards.

Methods: The study group composed of 33 male and 33 female healthy subjects aged between 18 and 60 years of age, who were free of any neurologic, neuropsychiatric and otoneurologic complaint and with no history of otologic, otoneurologic or intracranial surgery. OVEMP variables measured in this study were latency, amplitude and interpeak latency values, and further interaural amplitude asymmetry ratio (AAR) was calculated.

Results: The OVEMP responses were detected and the study variables were clearly observed in all of 132 ears in relation to the determined application standards. It was seen that none of the variables presented any sex, age and side differences, and means of N1 latency (msn), P1 latency (msn), N1-P1 amplitude (µV) and N1-P1 interpeak latency (msn) were 10.44, 15.26, 9.81 and 4.82, respectively. It was observed that more 90% of the detected values in these variables were within the ±1 standard deviation AAR value was calculated as %16.88 and it was within ±2 standard deviation.

Discussion: Since the OVEMP variables which was revealed in relation to the determined application standards in this study was in accordance with the data in the literature, they could be conveniently used in clinical researchs and for practical training. When the same standarts of practice are met, these data can be safely transferred to other clinics.

Keywords: Vestibular evoked myogenic potentials, vestibular nerve, otolith, reflex, vestibulo-ocular, vestibulocochlear nerve

Received: 03.07.2021 **Accepted:** 05.27.2021

ORCID ID: S.T.0000-0002-0951-7212, G.Ş.K. 0000-0001-9385-3229, B.G.0000-0001-9826-7990, Ç.G. 0000-0002-8811-5931, Y.K.K. 0000-0001-7236-5576

Yazışma Adresi / Address for Correspondence: Dr. Ody. Gurbet İpek Şahin KamişliGazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü ve Gazi Üniversitesi Prof. Dr. Necmettin Akyıldız İşitme, Konuşma, Ses ve Denge Merkezi, Ankara, Türkiye E-posta: gurbetsahin@gmail.com

©Telif Hakkı 2021 Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi - Makale metnine http://medicaljournal.gazi.edu.tr/ web adresinden ulaşılabilir.
©Copyright 2021 by Gazi University Medical Faculty - Available on-line at web site http://medicaljournal.gazi.edu.tr/

doi:http://dx.doi.org/10.12996/gmj.2021.124

GİRİŞ

Ses uyaranların iç kulakta sadece kokleayı değil, vestibüler bölgeyi de uyardığı bilinmekte olup bu bağlamda ön çıkan vestibüler yapılar utrikül ve sakküldür. Bilindiği üzere; ses dalgasının utrikülü uyarmasıyla ya da galvanik uyarım ile utrikülde ortaya çıkan akım süperior vestibüler sinir (SVS) ile beyin sapına ulaşır ve vestibülo-oküler refleks (VOR) ağına dahil olarak uyarılan kulağın karşı tarafındaki inferior oblik kas (IOK)'nın kasılması sağlanır; kulağa hava ya da kemik yoluyla verilen ses uyarı sonucu IOK'de oluşan myojenik potansiyelin ölçülmesi, Oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (OVEMP) olarak tanımlanan objektif nöro-otolojik bir testtir; bu test hem belirli sınırlar içinde işitmeyi hem de denge bozukluğuna yol açan farklı hastalıkların utrikül, SVS, beyin sapı ve VOR ağına olan etkisini değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır (1, 2).

İşitmenin iletim bileşenin de 10 dB'den fazla işitme kaybı olanlarda ve iletim bileşeni iyi olsa bile, dış kulak, kulak zarı ve orta kulak hasarı olanlarda (3, 4), afferent yolun iletim bileşeninin yetersizliği nedeniyle havayolu uyaran ile OVEMP elde edilemez. Utrikül hasarında uyaran oluşamaz ya da yetersiz oluşur; SVS'i etkileyen hastalık ve kitleler afferent yolun sinirsel bileşeninin uyaranı geçirmemesi nedeniyle OVEMP alınamaz ya da yetersiz alınır. Beyin sapı ve oradan çıkarak IOK'ya giden sinirleri tutan hastalık veya kitle basılarıysa hem OVEMP'i bozar hem de VOR ağının ve beyin sapının diğer refleks, motor ve duysal işlevlerini etkiler (5, 6).

OVEMP testinin başlıca çıktıları; dalga morfolojisi ile latans ve amplitüd değerleri olup testin uygulanışı ve seçilen parametreleri test değişkenlerini etkilemektedir (7). Bu bağlamda; OVEMP testinin kliniklerde tanıya yardımcı olarak kullanılabilmesi için sabit test parametreleri ve test koşullarının sağlanması gerekir. Uyaran tipi, uyaran şiddeti, test pozisyonu ve bakış açısı gibi test ve uyaran parametreleri her hastada aynı şekilde uygulanmalı ve her klinik kendi ortam şartları ve el becerilerine göre olan normatif verilerini oluşturmalı ve özellikle de eğitim klinikleri bu becerileri öğrencilerine nakledebilmelidir.

Bu çalışmanın amacı; kliniğimizde kullanılan cihaz ve ideal test şartlarında erişkin sağlıklı bireylerden elde edilecek OVEMP değişkenlerine ait latans, ampliüd ve interpeak latans, kulaklar arası amplitüd asimetri oranı bulgularının normatif değerlerinin saptanmasıdır. Bu şekilde hem vestibüler bozukluk şüphesiyle değerlendirilecek olgular için kıyas verisi elde edilecek hem de öğrenci ve personel eğitimine rehberlik edecek verilere sahip olunacaktır.

YÖNTEMLER

Bu çalışma için Gazi Üniversitesi Etik Kurulu'ndan 26.09.2012- 332 tarih ve sayısı ile onay alınmış olup tüm katılımcılar gönüllü olur formunu imzalamıştır.

Çalışma; otolojik, nörolojik, nöropskiyatrik ve oto-nörolojik yakınması ve bu alanları içeren geçirilmiş ameliyat öyküsü olmayan 18-60 yaş aralığında sağlıklı ve her iki kulağı da otoskopik olarak doğal olan gönüllü erişkinler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Test değerlendirme parametrelerinin yaşa göre değişimini incelemek için katılımcılar iki yaş aralığında (18-39 yaş aralığındaki katılımcılar Grup A, 40-60 yaş aralığındakiler Grup B) değerlendirilmişlerdir. Servikal bölgede hareketlerini sınırlandıracak bir hastalığın ve göz kaslarını ve/veya orbitayı içine alan bir hastalık ve/veya kusur ya da ameliyat öyküsünün olmaması deneklerde aranan diğer içleme kıstasları olmuştur. Saf ses ortalaması (500-1000-2000-4000 Hz) 20 dB'den daha kötü olan, iletim veya karma tip işitme kaybı olan (hava – kemik yolu eşikleri arasında 10 dB'den fazla fark olan), akustik refleksleri mevcut olmayan ve testleri tamamlamayan olgular çalışma dışında bırakılmışlardır.

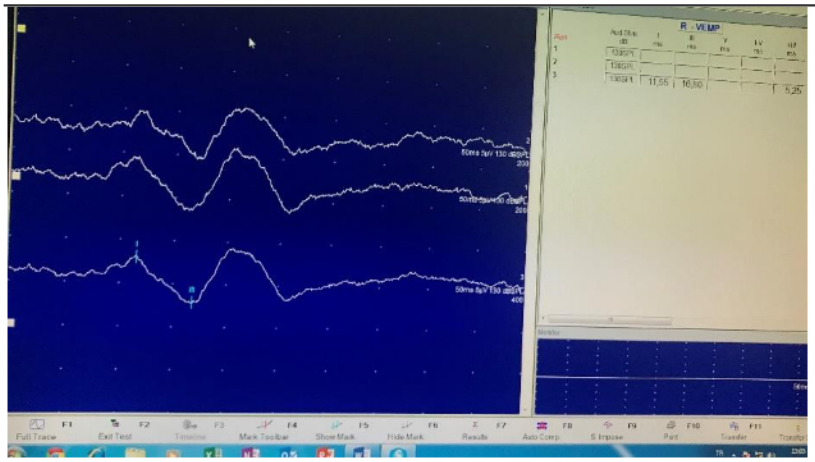
Tüm odyometrik değerlendirmeler, "Industrial Acoustic Company" standartlarındaki sessiz odalarda yapılmıştır. Saf ses odyogram testleri, Intercoustic marka, AC-40 model klinik odyometre kullanılarak uygulanmıştır. Hava yolu işitme eşikleri; 125-8000 Hz aralığında TDH-39 transduser supra-aural kulaklıklar ile kemik yolu işitme eşikleri 500-4000 Hz aralığında Radio Ear B-71 kemik yolu vibratörü kullanılarak ölçülmüştür. İmmitansmetrik değerlendirmeler Interacoustic Model AT235 diagnostik immitansmetre ile yapılmıştır. Timpanometrik değerlendirmede 226 Hz probe tone kullanılarak, orta kulak esnekliği ve basınç değerleri belirlendi. İpsilateral ve kontralateral aksutik refleks testi yapılmıştır. Bilateral Tip A timpanogram ve akustik refleksleri olan bireyler çalışmaya dahil edilmiştir.

OVEMP testi; Medelec Synergy versiyon 10 (Oxford Instruments) cihazıyla yapılmıştır. Çalışmaya katılan gönüllü bireylere test süreci hakkında bilgi verildikten sonra, ilk olarak ile cilt temizliği yapılmıştır. Elektrotların direncinin, önerildiği şekilde (8) 5 kΩ altında olması sağlanmıştır. Her test için tek kullanımlık beş adet (EEG/EP Natus Jelly Tab Sensor REF: 040517) yüzey elektrotu kullanılmıştır. Aktif (kayıt) elektrotlar (+) göz çukurunun 5 mm altına, IOK'nın üzerine gelecek şekilde, kontralateral orbita alt kısmının 15-30 mm altına yerleştirilmiş, referans elektrotlar (-) aktif elektrotların 1 veya 2 cm altına, (ground) toprak elektrodu ise alnına yerleştirilmiştir (Resim 1-A). Kayıt sırasında oturur pozisyondaki gönüllü bireye, 1 metre uzaklıkta göz nötral bakış çizgisi ile horizantal eksende 30-40 derecelik açı oluşturacak şekilde önceden yerleştirilmiş objelere sırasıyla sesin geldiği yöne göre, uyaranın başlamasıyla birlikte hedef objeye bakması istenmiştir (Resim 1-B). Uyaran; 130 dB SPL şiddetinde, 1 ms rise-plato-fall süreleri 1-2-1 ms, 50 ms durasyon süresi olan 500 Hz Tone burst uyaran, 5pps *rate* ile condensation polaritede sunuldu ve uyaran deneğin kulağına TDH-49P (C074276 Telephonics) kulaklıkla gönderilerek test gerçekleştirilmiştir. Averajlama 200 uyaran ile yapılmıştır. 3 Hz- 1 kHz filtre kullanılmış ve analiz süresi 50 ms olarak ayarlanmıştır. Kulaklar arası geçişte bireyler gözler kapalı olarak dinlendirilmiştir.



Resim 1: OVEMP testi elektrot yerleşimi ve bakış pozisyonu.

Uyaran verilmesini takiben IOK'da oluşan bifazik yanıt dalga formunun; başlangıçta 10 -12 msn de görülen negatif (eksitasyon) ve 15-20 msn de ortaya çıkan pozitif (inhibisyon) dalga formu) tepe noktaları N1 ve P1 olarak belirlenmiştir. Dalgaların latans ve amplitüd değerleri kaydedilmiştir. (Şekil 1)



Şekil 1: OVEMP dalga formu

Verilerin Analizi: Kulaklar arası amplitüd asimetri oranı (AAO) şu formülle hesaplandı:

$$AAO = \left|\frac{Sol\ amplitüd - Sağ\ amplitüd}{Sol\ amplitüd + Sağ\ amplitüd}\right| * \%\ 100$$

Elde edilen sonuçların normal dağılıma uygunluğu, sol-sağ kulak ve cinsiyet ve yaş grupları arasındaki fark istatistiksel yöntemler ile SPSS 20. Program sürümü kullanılarak test edilmiştir. Verilerin Kolmogorov Smirnov testi ile normal dağılıma uygunluğu değerlendirilmiştir. Tanımlayıcı istatistiklerde, ortalama, standart sapma, minimum maksimum değerler belirlenmiştir. Amplitüd, latans, amplitüd asimetri oranı gibi nicel değişkenlerin değerlendirilmesinde parametrik test koşulu sağlanan sağ-sol kulak grupları için Student t testi, parametrik test koşullarının sağlanamadığı değişkenler olan cinsiyet ve yaş grupları (Grup A: 18-39 yaş, Grup B: 40-60 yaş) karşılaştırılmasında Mann Whitney U testi kullanıldı. Yaş ile amplitüd ve latans ilişkisi Spearman's korelasyon analizi yapılmıştır.

BULGULAR

İçleme ve dışlama kıstaslarına göre çalışmaya dahil edilen 33 erkek (yaş ortalaması: 35.33 ± 10.76; min.=18, maks=55) ve 33 kadın (yaş ortalaması 33.48 ±11.68; min.= 18, maks.=60) deneğin tamamında OVEMP cevapları elde edilmiştir. Katılımcıların sağ ve sol kulak N1, P1 latansı, P1N1 amplitüd, ve interpeak latans değerlerinin normal dağıldığı görülmüştür (Kolmogorov-Smirnov, p>0,05).

Katılımcıların sağ ve sol kulak için OVEMP değerlendirme parametreleri N1, P1 latansları, N1-P1 amplitüdleri, N1-P1 interpeak latans ve interaural amplitüd asimetri oranı tanımlayıcı bilgileri Tablo 1'de verilmiştir. Kulaklar arası bu parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir (Student t test, p>0.05) (Tablo 1).

Tablo 1: OVEMP Test değerlendirme parametrelerinin kulaklara göre tanımlayıcı istatistikleri ve kulaklar arası karşılaştırma test sonuçları.

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma	t*	p*
Sol kulak -N1 Latansı (msn)	66	9.1	18.1	10.4	1.1	0.015	0.988
Sağ kulak-N1 Latansı (msn)	66	8.8	18.2	10.4	1.1		
Sol kulak-P1 Latansı (msn)	66	13.1	21.6	15.3	1.1	0.958	0.340
Sağ kulak-P1 Latansı (msn)	66	13.2	21.9	15.1	1.1		
Sol kulak-N1-P1 Amplitüd (µV)	66	2.7	29.2	9.8	5.7	0.011	0.991
Sağ kulak-N1-P1 Amplitüdü(µV)	66	2.7	22.4	9.8	5.3		
Sol kulak-N1-P1 Interpeak Latansı	66	3.5	6.8	4.9	0.7	1.870	0.064
Sağ kulak-N1 P1 Interpeak Latansı (msn)	66	3.0	6.5	4.7	1.2		

* Kulaklar arası karşılaştırma Student- t test kullanılarak yapılmıştır.

Yaş grupları yönünden; Grup A (18-39 yaş) ve Grup B (40-60 yaş) arasında fark saptanmamıştır. Kadın ve erkek denekler arasında da bu parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı farka rastlanmamıştır (Mann-Whitney U test, p>0.05) (Tablo 2).

Ancak genç grupta amplitüdlerin, istatistiksel fark yaratmasa da, daha yüksek olduğu görülmüştür. Yaş ile sağ ve sol kulak N1P1 amplitüd, N1 latans, P1 latans, amplitüd asimetri oranı, N1P1 interpeak latans arasında korelasyon bulunmamıştır (Spearman's test p>0.05).

Tablo 2: Cinsiyet ve yaş gruplarına göre OVEMP bulguları ve karşılaştırma sonuçları

	Cinsiyet		N	Ortalama	Std. Sapma	p*
Sol-N1 Latansı (msn)	Erkek		33	10.4	1.46	0.059
	Kadın		33	10.21	0.65	
Sol-P1 Latansı (msn)	Erkek		33	15.58	1.54	0.590
	Kadın		33	15.21	0.74	
Sol-N1-P1 Amplitüd (µV)	Erkek		33	9.76	5.60	0.944
	Kadın		33	9.91	5.99	
Sol-N1-P1 Interpeak Latansı (msn)	Erkek		33	4.94	0.86	0.847
	Kadın		33	5.06	0.70	
Sağ-N1 Latansı (msn)	Erkek		33	10.61	1.48	0.783
	Kadın		33	10.27	0.72	
Sağ-P1 Latansı (msn)	Erkek		33	15.18	1.61	0.681
	Kadın		33	15.09	0.77	
Sağ-P1-N1 Amplitüdü(µV)	Erkek		33	9.85	5.45	0.995
	Kadın		33	9.88	5.24	
Sağ-N1-P1 Interpeak Latansı (msn)	Erkek		33	4.70	0.73	0.852
	Kadın		33	4.73	0.80	
Kulaklar Arası Amplitüd Asimetri Oranı	Erkek		33	18.9	14	0.608
	Kadın		33	14.8	13.1	
Sol-N1 Latansı (msn)	Grup (n=44)	A	44	10.4	1.3	0.231
	Grup (n=22)	B	22	10.5	0.5	
Sol-P1 Latansı (msn)	Grup (n=44)	A	44	15.3	1.1	0.876
	Grup (n=22)	B	22	15.2	0.9	
Sol-N1-P1 Amplitüd (µV)	Grup (n=44)	A	44	10	5.7	0.321
	Grup (n=22)	B	22	9.3	5.9	
Sol-N1-P1 Interpeak Latansı (msn)	Grup (n=44)	A	44	4.9	0.7	0.358
	Grup (n=22)	B	22	4.9	0.7	
Sağ-N1 Latansı (msn)	Grup (n=44)	A	44	10.5	1.3	0.340
	Grup (n=22)	B	22	10.2	0.6	
Sağ-P1 Latansı (msn)	Grup (n=44)	A	44	15.2	1.2	0.935
	Grup (n=22)	B	22	14.9	0.8	
Sağ-N1-P1 Amplitüdü(µV)	Grup (n=44)	A	44	9.9	5.2	0.558
	Grup (n=22)	B	22	9.4	5.4	
Sağ-N1-P1 Interpeak Latansı (msn)	Grup (n=44)	A	44	4.7	0.6	0.913
	Grup (n=22)	B	22	4.7	0.7	
Kulaklar Arası Amplitüd Asimetri Oranı	Grup (n=44)	A	44	14.4	11.5	0.159
	Grup (n=22)	B	22	16.4	15.6	

*Yaş ve cinsiyet gruplarının karşılaştırmaları Mann-Whitney U test ile yapılmıştır.
Grup A: 18-39 yaş, Grup B: 40-60 yaş.

Elde edilen bulgulara göre, sağlıklı olgularda; yaş, cinsiyet, sol ve sağ kulak değerleri sonuçları etkilemediği için OVEMP değişkenlerinin ortalama, standart sapmaları toplam 132 kulak için hesaplanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3: OVEMP Test değerlendirme parametrelerinin tüm katılımcılar üzerinden tanımlayıcı istatistikleri.

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
N1 Latans (msn)	132	8.85	18.2	10.44	1.11
P1 Latans (msn)	132	13.1	21.9	15.26	1.10
N1-P1 Amplitüd (µV)	132	2.70	29.2	9.81	5.05
N1-P1 Interpeak latans (msn)	132	3.05	6.80	4.82	0.67
Kulaklar arası amplitüd asimetri oranı	132	0	53.6	16.88	13.66

Tablo 4'de görüldüğü üzere; her dört değişken için de olguların en az %90'ı +/- 1 SD içinde yer almaktadır. En az sapma gösteren değişken amplitüd olarak karşımıza çıkmaktadır; amplitüd değerlerinin %95'i birinci SD değerleri içindedir. Değişkenlerin sol ve sağ kulak bağlamında birinci SD dışına sapma oranları bakıldığında; amplitüd'ün taraf farkı göstermediği, ancak istatistiksel fark göstermese de N1 latansının sağda, P1 ve interpeak latansın da solda biraz daha fazla dağıldığı görülmektedir. Buna karşın üçüncü SD ve daha ötesine saçılan değerler, istatistiksel fark göstermemekle birlikte, bütün değişkenler için sol tarafta daha fazladır. Ancak; kulaklar arası amplitüd asimetri oranı için, ± SD içinde kalma oranı oldukça düşüktür; bu değişken için %95'i aşan bir saçılma aralığı ancak ±2 SD içinde elde edilebilmektedir.

Tablo 4: OVEMP değerlendirme parametrelerinin (132 kulak için) ortalamaları ve ±1 SD, ±2 ≤ SD ve ±3≤ SD içerisinde kalan bireylerin yüzde değerleri.

	Ortalama	Standart deviasyon (SD)	±1 SD (%)	±2 ≤ SD (%)	±3≤ SD (%)
SOL-N1 latans (msn)	10.44	1.153	93.93	6.07	4.55
SAĞ-N1 latans (msn)	10.44	1.165	90.9	9.1	3.03
SOL-P1 latans (msn)	15.35	1.214	92.42	7.58	4.55
SAĞ-P1 latans (msn)	15.16	1.251	96.96	3.04	0
SOL-N1-P1 interpeak latans (msn)	4.94	0.784	90.9	9.1	4.55
SAĞ-N1-P1 interpeak latans (msn)	4.7	1.251	96.96	3.04	1.52
SOL-N1-P1 amplitüd(µV)	9.82	5.75	95.45	4.55	4.55
SAĞ-N1-P1 amplitüd (µV)	9.81	5.306	95.45	4.55	3.03
Kulaklar arası amplitüd asimetri oranı	16.89	13.66	63.63	36.66	4.55

TARTIŞMA

OVEMP testi utrikülün ses ve vibrasyon ile vestibüler olarak uyarılmasıyla VOR refleksi yoluyla ortaya çıkan ekstraoküler göz kaslarında oluşan aktivasyonunun oluşturduğu EMG kaydıdır. Bu bağlamda OVEMP ile ölçülen VOR'un varlığı, iletimsel olarak sağlam bir işitmeyi, çalışan bir utrikül ve SVS'i olduğu kadar, refleks ağının sonraki kısımları olan vestibüler nucleus, medial longitudinal fasciculus, okulomotor çekirdekler, III., IV. Ve VI kraniyal sinirler, extra oküler kasların da çalışır durumda olduğunu göstermektedir.

Elektrofizyolojik testlerin yorumlanması; spesifik test parametreleriyle normal fizyolojik ve anatomik yapıdaki sağlıklı bireylerden elde edilen verilerle hasta veya anomalili gruplara ait verilerin kıyaslanması ya da aynı bireyde sol ve sağ kulak arasındaki asimetriyi değerlendirmek yoluyla yapılmaktadır. Bu nedenle belirlenen normal veriler, aynı test koşullarını kullanmak kaydıyla, aynı klinikte yapılacak çalışmalar için referans niteliğindedir. *The American EEG Society Evoked Potential* Committe uyarılmış potansiyel ölçümleri için yayınladıkları rehberde normalize değerlerin saptanmasının önemini vurgulamıştır (9). Rosengren ve diğ. amplitüd, latans ve simetri için üst ve alt limitlerin belirlenmesinde kurumsal normal verinin elde edilmesinin, çok önemli olduğunu vurgulamıştır (7). Test parametreleri ve koşullarının aynı olduğu durumda normalizasyon değerlerinin farklı çalışmalarda ve kliniklerde kullanılabileceği düşünülmektedir. Elektrofizyolojik bir testin ayırıcı tanıda kullanılabilmesi için, test parametrelerinin ve koşullarının aynı olması, uygulama prosedürünün sabit olması gerekmektedir; bu bilgi bu alanda eğitim alan bireylerin uygulamalı eğitimlerinde hataları ve ideali belirlemeleri bağlamında da önemlidir.

Bu bağlamda elde ettiğimiz veriler, olası klinik olguların değerlendirilmesi kadar kliniğimizde verilen odyoloji eğitimi için de önemli bir rehber olma niteliği taşımaktadır. Ayrıca, aynı teknik ekipmana sahip olup aynı standartları oturtarak klinik ve eğitim hizmeti vermeyi amaçlayan laboratuvarlar için de kendi verilerini oluşturana kadar bir temel referans daha sonrasındaysa bir kontrol referansı olma değeri taşımaktadır. Bizim çalışmamız da bu amaç hedeflenerek yapılmıştır.

Miyojenik bir aktivitenin ölçümünden elde edilen latans amplitüdü adelenin kasılmasına bağlı olduğundan, test sırasında kasın doğru şekilde kasılması oldukça önemlidir. Birincil görevi eksternal rotasyon ve elevasyon olan kasın en iyi kasıldığı pozisyonun 30 derece yukarı bakış pozisyonu olduğu bilinmektedir (10, 11). Bizim çalışmamızda da oturur pozisyondaki katılımcıya 30 derece yukarıda sabit bir objeye bakarak uyaran verildi ve kayıt alınmıştır. Elektrot yerleşimi de myojenik aktivitenin doğru ve güvenilir ölçülmesi için önem taşımaktadır; bu nedenle çalışmamızda elektrot, hemen orbita altına kasın orta noktasına yerleştirilmiştir. Uyaran özelliklerinin dalga amplitüd ve latansı üzerinde etkili olduğu bilinmektedir (7, 12, 13). Geleneksel olarak VEMP testleri vibrasyon etkisinin fazla olması nedeniyle 1000 Hz altı frekanslarda özellikle 500 Hz Tone Burst uyaran ile yapılmaktadır. OVEMP cevabını, 500 Hz tone burst uyaranda elde edilme oranının, diğer frekanslarda oranla daha yüksek olduğu görülmüştür (7, 14, 15). Ancak farklı çalışmalar OVEMP frekans "tuning" özeliklerini araştırmıştır. Singh ve Barman 250-2000 Hz arası oktav ve yarı oktav frekanslarda uyaran ile yaptıkları testlerde en belirgin ve yüksek amplitüdlü dalganın 500 Hz frekansta elde edildiğini bulmuştur (15). Bizim çalışmamızda da 500 Hz'de Tone Burst uyaranı kullanılmıştır ve bu standartlar ile, bu çalışmada, işitmesi 20 dB'den iyi olan bireylerde OVEMP cevaplarının 10.44 – 15.26 msn'lik bir süre içinde 9.81 µV amplitüdde oluştuğunu saptanmıştır.

Bu standartlar çerçevesinde; OVEMP'İn ölçülen değişkenlerinin arasında; amplitüd değişkeninin en az ve N1 latansı sağda ve P1 ve interpeak latansları da solda en fazla sapma gösteren değişkenler olduğu da görülmüştür.

Özdek ve diğ. çalışmalarında N1 latansının 10,8 msn'den uzun ve P1 latansının da 16.5 msn den uzun olmasını, uzamış latans olarak belirtmişlerdir (16). Bu değerler bizim çalışmamızda bulduğumuz latans değerleri içerisindedir. Baş ve diğ., "tone-burst", "click" ve "chirp" uyaranları karşılaştırdığı çalışmasında, 105 dB nHL 500 Hz tone burst uyaran ile sağ kulak latansları N1'i 10.01 msn, P1'i 14.89 msn, amplitüdleri N1-P1'i 7.09; sol kulak N1 10.08 msn, P1 15.09 msn ve N1-P1 7.5 (μV) olarak elde etmiştir (17, 18).

Test sırasında sırt üstü pozisyonda 30 derece yukarı bakışı tercih eden çalışmacıların N1-P1 dalga amplitüdlerinin (μV) dalga bizim çalışmamızla (N1-P1 amplitüdü 9.81 (μV)) kıyaslandığında daha küçük olduğu görülmektedir. Karaçaylı ve diğ. 100 dB nHL 500 Hz "tone-burst" ve "chirp" uyaranlar ile yaş ortalaması 25.8 olan 66 sağlıklı bireyde oturur pozisyonda 30 derece yukarı bakış pozisyonunda OVEMP yanıtını karşılaştırmış, sağ kulakta P1 latansını 15.31, N1 latansını 10.73, P1N1 amplitudü (μV) 12.66; sol kulakta P1 latansını 15,70 N1 latansını 10.53, P1N1 amplitudü (μV) 11.87 olarak bulmuştur (19). "Chirp" uyaranda dalga amplitüdlerinin daha yüksek, latansların daha kısa, dalga morfolojisinin daha iyi olduğu görülmüştür. Bizim çalışmamızda, yaş ortalamaları 34.4 olan 66 sağlıklı bireyde N1 latansı 10.44, P1 latansıysa 15.26 msn olarak bulunmuştur. Sonuçlarımızın dalga latansları açısından, Karaçaylı ve diğ. ile uyumlu olduğu, P1N1 dalga amplitüdünün ise bizim çalışmamızda daha küçük olduğu görülmektedir.

Unilateral vestibuler kaybı tayin etmede kulaklar arası amplitüd asimetri oranı önemli bir yol göstericidir. AAO'nun genel olarak yaş ve cinsiyetten etkilenmediği bilinmektedir (20). Piker amplitüd asimetri oranını 18-49 yaş aralığında 13±10 bulmuştur ve yaş ve diğer değişkenlerle değişmediğini belirtmiştir. Piker amplitüd asimetri oranının üst limitini %34 (ortalama+2SD) olarak belirtmiştir (13). Bu sonuçlar bizim çalışmamızda elde edilen sonuçlarla uyumludur. Nguyen ve diğ. ise 20-70 yaş aralığını değerlendirdiği çalışmasında asimetri oranının yaşa göre değişmediğini bildirmiş ve AAO değerini ilk testte 30.7±30 tekrar testte ise 20.0±15 olarak bulmuştur. Ülkemizde yapılan çalışmalarda Karaçaylı ve diğ. AAO değerini 13±11 (19), Baş ve diğ. ise 19-59 yaş aralığında yaş gruplarına göre 13.45 ile 21.92 arasında değişen değerlerde bulmuştur (17). Bizim çalışmamızda AAO değeri, 16.88 ± 13.66 olarak bulunmuş olup birinci SD üst sınırı %30.54'dür. Çalışmaya katılan bireylerin %95.5'i ortalama+2SD aralığında bulunmaktadır.

OVEMP test parametrelerinin cinsiyetten etkilenmediği kulaklar arasında fark olmadığı, pek çok çalışmada olduğu gibi (17, 20, 21), bizim çalışmamızda da görülmüştür. Ancak bazı çalışmalarda latans parametreleri olmasa da amplitüdün cinsiyetten etkilenebileceği belirtilmektedir (22).

Yaşın, uyaranın özelliğiyle birlikte elde edilecek dalganın latans ve amplitüd değerlerini etkileyebileceği düşünülmüştür. Singh ve Firdose 10 yaştan 60 yaş üzerine kadar olan bireylerde OVEMP bulgularının yaş ve frekans özelliklerinin her on yıllık yaş diliminde nasıl değiştiğini araştırmış olup P1N1 amplitüdlerinin 20-30 yaş aralığında en yüksek olduğu ve her on yıllık yaş diliminde amplitüdlerin giderek azaldığını bulmuşlardır (14). Piker ve diğ. ise yaşa ve frekansa bağlı değişiklikleri incelediği çalışmasında servikal VEMP'in her frekansta yaş artışına göre amplitüdlerinin küçüldüğünü, ancak OVEMP dalga amplitüdlerinde yaşla birlikte belirgin bir değişiklik olmadığını bildirmekle birlikte 60 yaş üzerinde belirgin düşüş olduğunu saptamışlardır (23). Baş ve diğ., 19-59 yaş aralığındaki katılımcılarla yaptığı çalışmasında 500 Hz tone burst uyaranda her on yıllık yaş diliminde P1N1 dalga amplitüdlerini incelemiş ve yaşa bağlı amplitüdlerde düzenli bir değişim eğilimi bulmamışlardır (17, 18). Bununla birlikte; Piker ve diğ. çalışmalarında nörolojik ve otolojik olarak sorunsuz olan 65 yaş üzerindeki yaşlı yetişkinlerin %25'inde 95 dB nHL şiddetinde 500 Hz'lik "tone burst" uyaranda OVEMP elde edememişlerdir (13). Nguyen ve diğ. N1P1amplitüdün 50 yaş üzerinde klik, tone ve shaker ile uyarıldığında önemli derecede düştüğünü bildirmiştir. Ancak sürekli değişken olarak yaş incelendiğinde bizim çalışmamızda olduğu gibi anlamlı bir ilişki bulmamışlardır (24). Biz çalışmamızda sağlıklı denekleri, 18-39 (n=44), 40-60 (n=22) yaş olarak iki gruba ayırdığımızda amplitüd değerlerinin genç grupta biraz daha yüksek olduğunu saptamamıza karşın gruplar arasında P1N1 amplitüdü bakımından, Piker ve diğ. ve Baş ve diğ.'nin çalışmalarında da olduğu gibi, anlamlı fark bulunmamıştır.

Çalışmamızda yaşa bağlı P1, N1 latans ve interpek latans ve amplitüd asimetri oranlarında da bir fark görülmemiştir. Tseng, Chou ve Young 60 yaş üzerinde OVEMP cevaplarının azaldığı, dalga amplitüdlerinin küçüldüğünü ve dalga latanslarının uzadığını ifade etmişlerdir (25). Nguyen ve diğ. yaşın latans ve asimetri oranlarını etkilemediğini bildirmişlerdir. Çalışmalar erişkin grupta yaşın OVEMP üzerindeki etkisinin tartışmalı olduğunu düşündürmekle birlikte, 60 yaş üzerinde amplitüd ve latans parametrelerinde belirgin değişiklikler olduğu neredeyse tüm çalışmalarda dile getirilmektedir. OVEMP sonuçlarında yaşa bağlı değişikliklerin olması klinik normalizasyonda yaşa göre düzenleme yapılması gerekliliğini de ortaya koymaktadır. Biz çalışmamızda 18-39 ve 40-60 yaş olarak iki grupta inceledik; ancak klinik normalizasyon verilerinin her on yıllık yaş diliminde belirlenmesinin test sonuçları sağlıklı değerlendirilmesi ve klinik durumların tespitinin doğru yapılabilmesinde etkili olacağı açıktır. Bu bağlamda, OVEMP testinin geriatrik grupta da güvenle kullanılabilmesi için ileri çalışmalara gereksinim vardır.

OVEMP vestibüleo-oküler refleks arkının tamamını değerlendiren bir test olduğu için, otolit fonksiyon kaybını göstermede faydalı testler olduğu gibi, vestibuler sinir ya da santral vestibuler yolda bir hasar olduğunda ya da inme durumunda da önemli bilgiler verir. Test yanıtlarının elde edilememesi ya da kulaklar arasında asimetri olması, normatif verilerin dışında latans ve amplitüd değerinde olması, bu refleks arkındaki yapılarda hasar ya da bası yapan lezyon olabileceğini düşündürmektedir. Literatüre bakıldığında; OVEMP'in özellikle süperior semisirküler kanal dehissansı (SSKD) (26, 27), vestibüler nörinit (28, 29), bening paroksismal pozisyonel vertigo (30, 31), vestibüler schwannoma (32) gibi hastalıkların tanısında ve terapi/tedavi sonrasındaki değişimi belirlemede işlevsel bir test olduğu görülmektedir. SVS nöriniti olan vakalarda kulaklar arası N1 asimetri oranı yüksek olup patoloji olan tarafta N1 amplitüdleri küçülmektedir (33, 34). Vestibüler nörinitte sıklıkla SVS'nin tutulduğu göz önünde alındığında, OVEMP'in, servikal VEMP'e göre ayırıcı tanıda daha etkili olduğu söylenebilir. SSKD patolojisinde alçak frekanslarda yalancı iletim tip kayıp görülmesi ve iletim tip kayıpta VEMP elde edilmemesi bu hastalığın belirlenmesinde VEMP testlerini önemli bir yol gösterici yapmaktadır. SSKD vakalarında VEMP eşiklerinin anormal derecede düşmekte yani çok düşük uyaran şiddetinde dahi elde edilebilmektedir. SSKD olan kulakta amplitüdlerin çok yüksek elde edildiği bilinmektedir (35), bu nedenle kulaklar arası amplitüd karşılaştırması da önemli bir bulgu olmaktadır. Vestibüler schwannomalı çoğu hastada süperior ve inferior vestibuler sinirlerin birlikte etkilendiği görülmektedir. Tümörün boyutuna göre OVEMP bulguları da değişiklik göstermektedir; tümör büyüdükçe asimetrinin artması ya da VEMP cevabı alınamaması söz konusu olmaktadır (36). Saf ses eşiklerindeki asimetri ve VEMP testindeki anormal bulgular ve/veya asimetri mutlaka görüntüleme yöntemlerine başvurmayı düşündürmelidir.

VEMP testleri nöral iletimin yavaşlamasına karşı da hassas testlerdir, latans bu açıdan önemli bir test parametresidir ve uzamış olması klinisyeni düşündürmelidir. Ancak bu uzamayı yorumlarken elektrot yerleşimi gibi teknik faktörlere bağlı olup olmadığını dikkate almakta fayda vardır. VEMP anormallikleri her zaman diğer vestibuler testler ve işitme testleriyle birlikte yorumlanmalıdır. Santral patolojilerde dalga latansların uzadığı amplitüdlerin küçüldüğü bildirilmiştir. Bazı çalışmalar multiple skleroz gibi beyin sapını tutan hastalıkların ve Miller-Fisher sendromu, Gullian-Barre sendromu gibi bazı nörolojik hastalıkların belirlenmesinde ve takibinde önemli bilgiler sağladığını bildirmektedir (37, 38). OVEMP cevabının elde edilememesi iletim tip kayıp ekarte edildikten sonra değerlendirilmelidir. OVEMP cevaplarının santral düzeyde etkilenmesi patoloji, iskemi ve inme yerine bağlı olarak değişir. OVEMP çaprazlaşan utrikülo-oküler yolu değerlendiren bir test olduğu için orta beyin lezyonlarında yüksek oranda etkilenir, medulla ve pontin lezyonlarının yarısında ve bazı serebellar infarktlarda OVEMP cevapları etkilenmektedir (7, 39, 40).

Sonuç olarak OVEMP noninvaziv, ucuz, kolay uygulanabilen ve utrikül ve SVS'nin fonksiyonunun kantitatif bir ölçümüdür. Diğer vestibüler değerlendirme testleriyle birlikte kullanıldığında hastanın klinik tablosu ve diğer bulgularıyla birleştirildiğinde tanı koymada değerli bir testtir. Her kliniğin normal verilerini, yaş gruplarına göre oluşturması en doğrusu olmakla birlikte çalışmamızda belirttiğimiz test parametreleri ve uygulama koşullarına sadık kalınarak normalizasyon verilerimizin her klinikte kullanılabilmesi mümkündür. Ayrıca; kliniklerin sağlıklı bireylerden elde ettikleri normatif değerleri esas alarak; OVEMP'i etkilediği bilinen klinik tablolar ile gelen olgularda elde edilen verilerini de yayınlamaları, farklı klinik durumların "normalden sapma değerlerini" de ortaya koyacak ve OVEMP ile yapılan klinik değerlendirmeleri çok daha güvenilir hale getirecektir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

Teşekkür
Bu çalışma 01/2013-08 proje kod numarası ile Gazi Üniversitesi tarafından Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

1.Murofushi T, Shimizu K, Takegoshi H, Cheng P-W. Diagnostic value of prolonged latencies in the vestibular evoked myogenic potential. JAMA Otolaryngol Head Neck Surg 2001;127(9): 1069-72.
2.Todd N. The ocular vestibular evoked myogenic potential (OVEMP), ten years old. Clin Neurophysiol 2013;125(3): 439-41.
3.Yang T-L, Young Y-H. Comparison of tone burst and tapping evocation of myogenic potentials in patients with chronic otitis media. Ear Hear 2003;24(3): 191-4.
4.Halmagyi G, Colebatch J, Curthoys I. New tests of vestibular function. Baillieres Clin Neurol 1994;3(3): 485-500.
5.de Natale ER, Ginatempo F, Paulus KS, Manca A, Mercante B, Pes GM, et al. Paired neurophysiological and clinical study of the brainstem at different stages of Parkinson's Disease. Clin Neurophysiol 2015;126(10): 1871-8.
6.Gabelić T, Krbot Skorić M, Adamec I, Barun B, Zadro I, Habek M. The vestibular evoked myogenic potentials (VEMP) score: a promising tool for evaluation of brainstem involvement in multiple sclerosis. Eur J Neurol 2015;22(2): 261-e21.
7.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.
8.Thomas, Matthew Zachary, "Best practices for ocular and cervical VEMP tests" (2015). Independent Studies and Capstones. Paper 701. Program in Audiology and Communication Sciences, Washington University School of Medicine. https://digitalcommons.wustl.edu/pacs_capstones/701
9.Nine G. Guidelines on evoked potentials. J Clin Neurophysiol 1994;11: 40-73.
10. Chihara Y, Iwasaki S, Ushio M, Murofushi T. Vestibular-evoked extraocular potentials by air-conducted sound: another clinical test for vestibular function. Clin Neurophysiol 2007;118(12): 2745-51.
11. Govender S, Rosengren SM, Colebatch JG. The effect of gaze direction on the ocular vestibular evoked myogenic potential produced by air-conducted sound. Clin Neurophysiol 2009;120(7): 1386-91.
12. Felipe L, Kingma H. Ocular vestibular evoked myogenic potentials. Int Arch Otorhinolaryngol 2014;18(1): 077-9.
13. Piker EG, Jacobson GP, McCaslin DL, Hood LJ. Normal characteristics of the ocular vestibular evoked myogenic potential. J Am Acad Audiol 2011;22(4): 222-30.
14. Singh NK, Firdose H. Characterizing the age and stimulus frequency interaction for ocular vestibular-evoked myogenic potentials. Ear Hear 2018;39(2): 251-9.
15. Singh NK, Barman A. Characterizing the frequency tuning properties of air-conduction ocular vestibular evoked myogenic potentials in healthy individuals. Int J Audiol 2013;52(12): 849-54.
16.Özdek A, Keseroğlu K, Er S, Ünsal S, Gündüz M. Periferik vestibüler hastalıklarda o-VEMP ve v-HIT test sonuçlarının kalorik test sonuçları ile karşılaştırılması. Journal of Academic Research in Medicine 2017;7(1): 26-31.
17. Bas B, Keseroglu K, Er S, Ozdek A, Korkmaz MH. Is chirp more effective than click and tone-burst during oVEMP test? Annals of Medical Research 2020;27(3): 819-24.
18. Baş B. OVEMP'te Uygulanan Farklı Uyaranların ('KLİK','tone-burst','CHIRP') Farklı Yaş Gruplarındaki Sağlıklı Bireyler Üzerinde Karşılaştırılması. Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. 2016.
19. Karaçaylı C, Öçal FCA, Çoban VK, Satar B. Normative Data of Ocular Vestibular Evoked Myogenic Potentials in Response to Chirp Stimulus. J Int Adv Otol 2020;16(3): 378-81.
20. Kantner C, Gürkov R. Characteristics and clinical applications of ocular vestibular evoked myogenic potentials. Hearing research 2012;294(1-2): 55-63.
21. Rosengren SM, Govender S, Colebatch JG. Ocular and cervical vestibular evoked myogenic potentials produced by air-and bone-conducted stimuli: comparative properties and effects of age. Clin Neurophysiol 2011;122(11): 2282-9.
22. Sung P-H, Cheng P-W, Young Y-H. Effect of gender on ocular vestibular-evoked myogenic potentials via various stimulation modes. Clin Neurophysiol 2011;122(1): 183-7.
23. Piker EG, Jacobson GP, Burkard RF, McCaslin DL, Hood LJ. Effects of age on the tuning of the cVEMP and oVEMP. Ear Hear 2013;34(6).
24. Nguyen KD, Welgampola MS, Carey JP. Test-retest reliability and age-related characteristics of the ocular and cervical vestibular evoked myogenic potential tests. Otol Neurotol 2010;31(5): 793.
25. Tseng C-L, Chou C-H, Young Y-H. Aging effect on the ocular vestibular-evoked myogenic potentials. Otology & Neurotology 2010;31(6): 959-63.
26. Hunter JB, Patel NS, O'Connell BP, Carlson ML, Shepard NT, McCaslin DL, et al. Cervical and ocular VEMP testing in diagnosing superior semicircular canal dehiscence. Otolaryngology–Head and Neck Surgery 2017;156(5): 917-23.
27. Zuniga MG, Janky KL, Nguyen KD, Welgampola MS, Carey JP. Ocular vs. cervical VEMPs in the diagnosis of superior semicircular canal dehiscence syndrome. Otol Neurotol 2013;34(1): 121.
28. Walther LE, Blödow A. Ocular vestibular evoked myogenic potential to air conducted sound stimulation and video head impulse test in acute vestibular neuritis. Otology & Neurotology 2013;34(6): 1084-9.
29. Govender S, Rosengren SM, Colebatch JG. Vestibular neuritis has selective effects on air-and bone-conducted cervical and ocular vestibular evoked myogenic potentials. Clin Neurophysiol 2011;122(6): 1246-55.
30. Lee JD, Park MK, Lee BD, Lee TK, Sung K-B, Park JY. Abnormality of cervical vestibular-evoked myogenic potentials and ocular vestibular-evoked myogenic potentials in patients with recurrent benign paroxysmal postitional vertigo. Acta Otolaryngol 2013;133(2): 150-3.
31. Xu H, Liang F-y, Chen L, Song X-c, Tong MCF, Thong JF, et al. Evaluation of the utricular and saccular function using oVEMPs and cVEMPs in BPPV patients. Otolaryngol Head Neck Surg 2016;45(1): 1-6.
32. West N, Møller MN, Hansen S, Cayé-Thomasen P. Audiovestibular loss of function correlates in vestibular schwannomas. J Int Adv Otol 2018;14(2): 161.
33. Iwasaki S, Chihara Y, Smulders Y, Burgess A, Halmagyi G, Curthoys I, et al. The role of the superior vestibular nerve in generating ocular vestibular-evoked myogenic potentials to bone conducted vibration at Fz. Clin Neurophysiol 2009;120(3): 588-93.
34. Aw S, Fetter M, Cremer P, Karlberg M, Halmagyi G. Individual semicircular canal function in superior and inferior vestibular neuritis. Neurology 2001;57(5): 768-74.
35. Streubel PDC, John P. Carey, Noah Weg, Lloyd B. Minor, Sven-Olrik. Vestibular-evoked myogenic potentials in the diagnosis of superior canal dehiscence syndrome. Acta Otolaryngol 2001;121(545): 41-9.
36. Taylor RL, Kong J, Flanagan S, Pogson J, Croxson G, Pohl D, et al. Prevalence of vestibular dysfunction in patients with vestibular schwannoma using video head-impulses and vestibular-evoked potentials. Journal of neurology 2015;262(5): 1228-37.
37. Crnošija L, Skorić MK, Gabelić T, Adamec I, Habek M. Vestibular evoked myogenic potentials and MRI in early multiple sclerosis: Validation of the VEMP score. Journal of the neurological sciences 2017;372: 28-32.
38.Güven H, Bayır Ö, Aytaç E, Özdek A, Çomoğlu SS, Korkmaz H. Vestibular-evoked myogenic potentials, clinical evaluation, and imaging findings in multiple sclerosis. Neurological Sciences 2014;35(2): 221-6.
39. Oh S-Y, Kim H-J, Kim J-S. Vestibular-evoked myogenic potentials in central vestibular disorders. Journal of neurology 2016;263(2): 210-20.
40. Oh S-Y, Kim JS, Lee J-M, Shin B-S, Hwang S-B, Kwak K-C, et al. Ocular vestibular evoked myogenic potentials induced by air-conducted sound in patients with acute brainstem lesions. Clin Neurophysiol 2013;124(4): 770-8.