

경부 전정유발근전위와 외안근 전정유발근전위의 동시 측정

신현준 박영애^a 오선영

전북대학교 의학전문대학원 전북대학교병원 신경과, 전북대학교병원 신경계검사실^a

Simultaneous Recordings of Cervical and Ocular Vestibular-Evoked Myogenic Potentials

Hyun-June Shin, MD, Young-Ae Park, BSc^a, Sun-Young Oh, MD, PhD

Department of Neurology, Chonbuk National University Hospital, Chonbuk National University Medical School, Jeonju, Korea

Neurophysiology Laboratory^a, Chonbuk National University Hospital, Jeonju, Korea

Background: Cervical (cVEMP) and ocular (oVEMP) vestibular-evoked myogenic potentials are short-latency manifestations of vestibulo-ocular and vestibulocollic reflexes that originate from the utricle and saccule. The aim of this study was to determine whether simultaneously recording cVEMP and oVEMP more reliably detects the reflex responses than when making separate recordings.

Methods: Both simultaneous recordings and conventional separate recordings of the cVEMP and oVEMP responses to air-conducted tone bursts were obtained in 39 healthy subjects. p13 and n10 latencies, and p13-n23 and n10-p16 amplitudes of cVEMP and oVEMP waveforms were measured, respectively. The asymmetry ratios (ARs) of the amplitudes were calculated.

Results: In cVEMP testing, the p13 latencies and p13-n23 amplitudes did not differ significantly between simultaneous and conventional separate recordings. In oVEMP testing, the n10 latencies measured in simultaneous recordings showed a small but statistically significant prolongation compared to the results in separate recordings. Moreover, the n10-p16 amplitudes were significantly larger in the simultaneous recordings. The AR of simultaneous recordings of cVEMP and oVEMP did not differ between the two recording methods.

Conclusions: Simultaneously recording cVEMP and oVEMP provides a reliable test and could be a clinically useful and simplified diagnostic tool for evaluating dizzy patients.

J Korean Neurol Assoc 33(3):156-161, 2015

Key Words: Vestibular-evoked myogenic potentials (VEMP), Cervical VEMP, Ocular VEMP

서 론

전정유발근전위(vestibular-evoked myogenic potentials, VEMP)는 어지럼 환자에서 이석기관의 기능과 그 경로를 평가하는데

Received March 5, 2015 Revised April 6, 2015

Accepted April 6, 2015

Address for correspondence: Sun-Young Oh, MD, PhD

Department of Neurology, Chonbuk National University Hospital,
Chonbuk National University Medical School, 20 Geonji-ro,
Deokjin-gu, Jeonju 561-712, Korea
Tel: +82-63-250-1896 Fax: +82-63-251-9363
E-mail: ohsun@jbnu.ac.kr

유용한 검사이다. 1964년 Bickford 등¹은 소리자극에 의한 경부 근육의 근전위는 전정계에서 기인한다고 보고하였고 이를 바탕으로 1994년 Colebatch 등²이 경부전정유발근전위(cervical VEMP, cVEMP)를 이석기능검사로 임상에 적용하였다. cVEMP는 소리자극 의한 공기전도(air-conducted sound, ACS)나 진동자극에 의한 골전도(bone-conducted vibration, BCV)에 의해서 형성된 근전위를 수축된 흉쇄유돌근(sternocleidomastoid muscles, SCM)의 표면전극(surface electrodes)에서 억제성 전위(p13)를 기록하는 방법이다. cVEMP는 주로 동측의 소낭(saccule)과 하전정신경(inferior vestibular nerve)의 기능을 반영하는 것으로 알려져 있다.³ 이러한 경로는 뇌간부에서는 하행하는 동측의 내전정적

추경로(medial vestibulo-spinal tract)를 따라 부신경핵(accessory nucleus)을 거쳐 흥채유돌근으로 가는 경로를 따른다.

최근에 이러한 전정유발근전위를 하직근(inferior rectus)과 하사근(inferior oblique)과 같은 외안근에서도 표면전극을 이용하여 기록이 가능한한데 이를 눈전정유발근전위(ocular VEMP, oVEMP)라 한다. cVEMP와 다르게 oVEMP는 흥분성 전위로서 교차하는 이석기관-외안근경로(crossed otolithic-ocular pathway)를 반영하는 유발전위로,^{4,5} 상전정신경(superior vestibular nerve)과 타원낭(utricle)의 기능을 반영하는 것으로 생각된다.⁶ oVEMP는 뇌간부에서 교차하여 내측종속돌기(medial longitudinal fasciculus, MLF)를 따라 상행하는 전정안구반사(vestibular-ocular reflex, VOR)를 따른다. 즉, 각각 cVEMP와 oVEMP는 두 개의 이석기관인 소낭과 타원낭, 그리고 상전정신경과 하전정신경을 거쳐 뇌간부에서 동측 하행경로인 내전정척수경로와 상행하는 교차하는 전정안구반사 경로를 평가하는데 상호보완적인 검사로써, 어지럼 환자에서 두 가지 평가를 모두 시행하는 것이 바람직하다.

하지만 현재까지 동일한 자극 방법(소리나 진동자극)을 사용하지만 cVEMP와 oVEMP 검사를 각각 시행하는 방법은 환자의 협조가 절대적이며 시간이 소요되는 단점이 있다. 특히 어지럼을 호소하는 고령의 환자나 중상이 심한 급성기 환자, 집중력이 떨어지는 환자에서는 각각 검사를 평가하는 것이 어려운 경우가 있어왔다. 따라서 본 연구에서는 좌우 양측에서 동일한 소리자극에 의해 유발된 cVEMP와 oVEMP를 한번에 동시에 기록한 경우와 cVEMP와 oVEMP를 각각 기록하였을 때 얻은 결과에 차이가 있는지를 보고자 하였다. 소리자극을 주고 환자는 눈을 위로 향한 채 고개를 들어 한쪽으로 돌린 상태에서 cVEMP와 oVEMP를 동시에 기록하여 얻은 유발전위의 신뢰도를 밝혀 임상에서 사용 가능성을 살펴보고자 하였다.

대상과 방법

1. 대상

2014년 10월부터 2015년 2월까지 신경이과적 질환이나 뇌졸중의 기왕력이 없는 정상인 40명을 대상으로 하였다. 회전성 어지럼의 기왕력이 있는 경우, 순음청력검사에서 20 dB 이상의 청력 손실을 보인 경우, 두부충동검사와 온도안진검사 양성 소견이 있는 경우와 기타 신경학적 이상소견을 보이는 경우는 제외하였다. VEMP 검사 결과 좌우 양측에서 진폭의 비대칭비가 60% 이상을 보인 한 명은 분석에서 제외하여 총 39명을 최종분석하였다. 본 연구는 전북대학교병원 연구윤리심의위원회의 승인하에 이루어졌다.

2. 검사방법

1) cVEMP와 oVEMP의 단일 검사

cVEMP를 측정하기 위해 피험자가 바로 누운 자세에서 표면전극을 부착한다(self-adhesive Ag/AgCl electrodes). cVEMP를 기록하기 위한 활성전극(active electrode)은 흥채유돌근의 위쪽 1/3 지점에 붙이고, 기준전극(reference electrode)은 쇄골(clavicle) 안쪽에 부착하였다. cVEMP 검사를 하는 동안 적절한 흥채유돌근의 수축을 위해 피험자가 바로 누운 상태에서 머리를 약 30° 들고 기록하고자 하는 쪽의 반대 방향으로 돌리도록 하였다. 양쪽 흥채유돌근의 근전도 평균정류전압(mean rectified voltage)을 모니터링하고 근육수축 정도를 정량화하여 양측의 수축력을 일치시켰다.²

oVEMP 기록은 활성전극을 안구의 아래눈꺼풀(lower eyelid) 중심에서 1 cm 아래 안와하농선(infra-orbital ridge)에 붙이고, 기준전극은 활성전극에서 1-2 cm 아래 안면부에 세로축으로 부착하였다. 접지전극(earth electrode)은 이마(forehead)에 부착하였다. oVEMP 검사 시에는 눈동자만 수평에서 25° 위를 향해 보도록 눈에서 대략 30 cm 정도 떨어진 곳에 작은 주시점을 제시하였다.^{3,6,7}

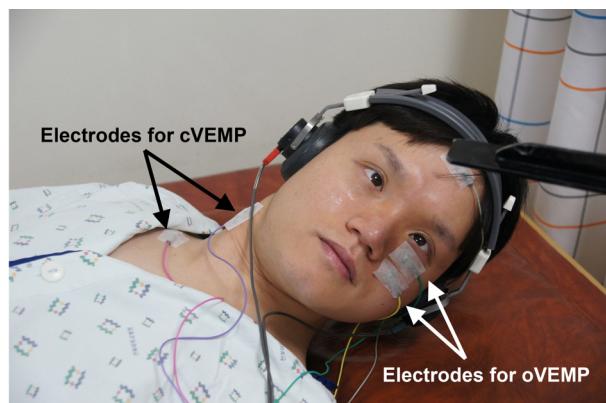


Figure 1. Photograph of the simultaneous recording of cervical vestibular-evoked myogenic potentials (cVEMP) and ocular vestibular-evoked myogenic potentials (oVEMP). The subject was supine on a bed, raised his head approximately 30° from the horizontal, and rotated it contralaterally to the stimulated ear. During the recording the subject looked up approximately 25° upward and maintained a small fixation point about 30 cm distance from the eye. The active electrodes for cVEMP and oVEMP were placed over the belly of the sternocleidomastoid muscles and about 1 cm below inferior to lower eyelids, respectively. The reference electrodes were attached to medial clavicles and about 2 cm below the ocular active electrodes. The earth electrode was on the forehead. The subject gave written informed consent for photographs.

자극은 공기전도자극을 이용하였다. 유발전위기의 상용화된 프로그램을 통해 신호를 형성하여 1,000 Hz의 순음자극(tone burst)을 5 ms 동안 100 dB nHL의 정도로 헤드폰(calibrated headphones)과 이어폰을 통해 전달하였다. 최대 순음자극의 진폭은 50 μ V이고 5 Hz 간격으로 총 100번의 자극을 주어 반응을 평균하여 구하였다. 표본추출률(sampling rate)은 10 kHz로 60 ms 동안 기록하는데 자극 전 10 ms와 자극 이후 50 ms 동안을 기록하였다(Fig. 1).

이렇게 얻은 cVEMP의 파형에서 초기 양전위-음전위 이상파(biphasic waveform) 최대점을 구하여 각각 p13, n23 값으로 하고, p13 잠복기와 p13-n23 진폭, 진폭의 비대칭비(asymmetry ratio of amplitude; %)를 구하였다. 잠복기는 파형의 peak 지점으로 구하였다. 진폭의 비대칭비는 좌, 우 진폭의 차를 좌, 우 진폭의 합으로 나누는 방법으로, 즉 (larger amplitude-smaller amplitude)/(larger amplitude+smaller amplitude)×100으로 계산하였다. oVEMP는 초기 음전위와 양전위가 형성하는 음전위-양전위 이상파 최대점을 구하여 각각 n10과 p16값으로 하고, n10 잠복기와 n10-p16 진폭, 진폭의 비대칭비를 구하였다(Fig. 2).

2) cVEMP와 oVEMP의 동시 검사

양쪽의 cVEMP와 oVEMP를 각각 기록한 다음 같은 대상자에서 각 쪽에서 cVEMP와 oVEMP를 동시에 기록하였다. 즉 오

른쪽 소리자극에 의한 동시 검사 방법은, cVEMP 기록을 위한 표면전극을 오른쪽(자극과 동측)의 흥쇄유돌근과 쇠골 안쪽에 붙이고, 접지전극은 이마에 붙인다. 동시에 oVEMP 기록을 위한 활성전극과 기준전극을 부착하는데, 자극하는 귀의 반대쪽, 즉 왼쪽 안와하늘선과 그 아래부위에 부착한다(Fig. 1). 적절한 흥쇄유돌근의 수축을 위해 피험자는 누운 상태에서 머리를 수평에서 약 30° 정도 고개를 들어 왼쪽방향으로 돌린다. 또한 동시에 눈동자를 수평에서 25° 위를 향해 보도록 하며 대략 30 cm 정도 떨어진 곳에 작은 주시점을 제시하였다. 마찬가지로 동시 측정에서 얻은 cVEMP, oVEMP의 파형에서 초기 양전위-음전위 이상파(biphasic waveform) 최대점을 구하여 각각 p13 잠복기와 p13-n23 진폭, n10 잠복기와 n10-p16 진폭, 그리고 각 진폭의 비대칭비(asymmetry ratio of amplitude; %)를 역시 구하였다(Fig. 2).

3. 통계분석

통계분석은 SPSS version 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. VEMP 파형에서 구한 잠복기, 진폭, 비대칭비의 비교는 정규성 여부에 따라 대응표본 t검정(paired t-test)과 Wilcoxon 부호순위검정(Wilcoxon signed rank test)을 이용하였고, $p<0.05$ 를 통계적으로 유의하다고 판단하였다. 각 임상변수

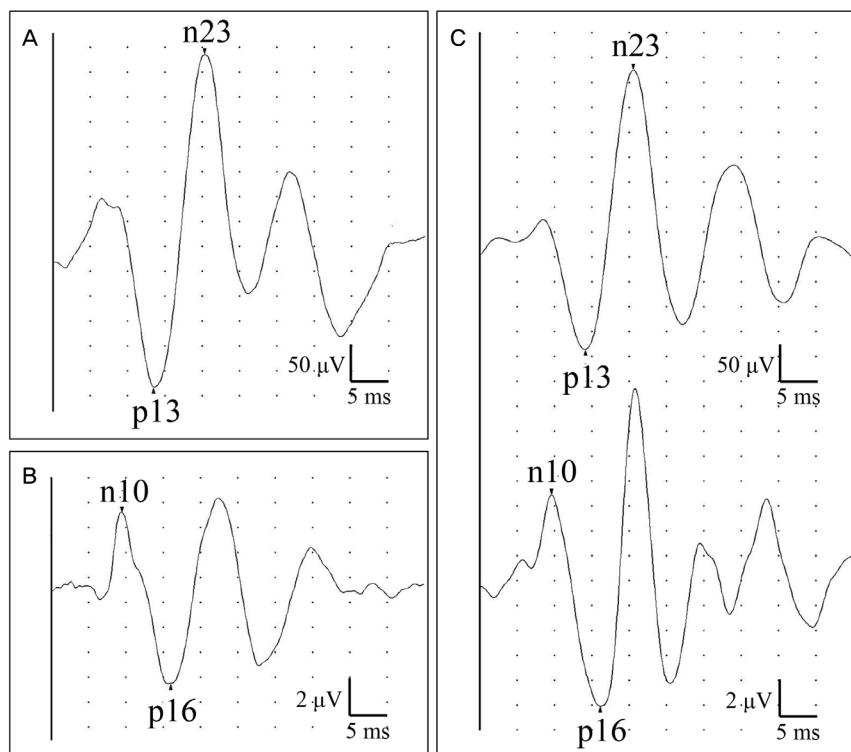


Figure 2. Vestibular-evoked myogenic potentials of a healthy subject (23 year-old male) produced by sound stimuli of 5 ms tone bursts at 1,000 Hz. (A) Conventional recordings of cervical vestibular-evoked myogenic potentials (cVEMP). The peak latency of the inhibitory component, p13 was 13.82 ms and the amplitude defined as the difference of p13 and n23 was 502 μ V. (B) Conventional recordings of ocular vestibular-evoked myogenic potentials (oVEMP). The peak latency of the excitatory component, n10 was 9.48 ms and the amplitude defined as the difference of n10 and p16 was 10.5 μ V. (C) Simultaneous recordings of the cVEMP and oVEMP. The latency of p13 was 13.98 ms and amplitude of cVEMP was 432 μ V and the latency of n10 was 9.61 ms and amplitude of oVEMP was 12.7 μ V.

의 정규성 여부는 Kolmogorov-Smirnov 검정을 이용하여 확인하였다.

결 과

분석 대상군 39명 중 남성이 17명(43.6%)이고, 평균 나이는 37.5 ± 19.6 세(15-75세)였다. cVEMP와 oVEMP 단일 검사와 동시 검사에서 기록한 파형에서 구한 잠복기, 진폭, 비대칭비는 Table 1, 2에 정리하였고 예시는 Figure 2에 제시하였다. cVEMP 결과를 보면(Table 1), 단일 검사의 좌측과 우측을 비교할 때 p13 잠복기와 진폭의 유의한 차이는 없었다. 진폭의 비대칭비는 $12.4 \pm 10.4\%$ ($0.2-36.7\%$)였다. cVEMP와 oVEMP의 동시 기록한 cVEMP 결과도 좌우측의 잠복기와 진폭의 유의한 차이는 없었고 진폭의 비대칭비는 $11.8 \pm 11.5\%$ ($0.1-43.7\%$)였다. cVEMP 검사의 단일 검사와 동시 검사 간의 임상변수를 비교하였을 때 좌우측 모두에서 잠복기, 진폭, 진폭의 비대칭비가 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 1).

oVEMP검사는 단일 검사와 동시 검사 각각에서 좌측과 우측을 비교하였을 때 유의한 차이가 없었으나 단일 검사와 동시 검사 간 비교 시에는 잠복기와 진폭에서 모두 차이를 보였다. 동시 검사에서 측정한 n10의 잠복기가 유의하게 더 길었고(우측, 10.49 ± 0.73 vs. 10.29 ± 0.54 , $p=0.038$; 좌측, 10.64 ± 0.91 vs. 10.38 ± 0.68 , $p=0.014$), 진폭은 유의하게 더 커졌다(우측, 9.1 ± 5.5 vs. 7.8 ± 4.4 , $p=0.004$; 좌측, 9.6 ± 5.6 vs. 7.3 ± 4.8 , $p<0.001$) (Table 2). 하지만, 진폭의 비대칭비는 단일 검사에서 $17.1 \pm 13.0\%$ ($0.2-46.9\%$), 동시 검사에서 $18.1 \pm 16.2\%$ ($0.6-58.1\%$)로 검사 방법에 따라 유

의한 차이를 보이지 않았다(Table 2).

고 칠

VEMP는 전정기관의 자극으로 생성되는 근전위를 표면전극으로 기록하는 검사법으로 어지럼 환자에서 임상증상을 유발 또는 악화시키지 않고 비침습적으로 이석기능을 평가할 수 있다. 공기전도 소리자극, 골전도 진동자극, 그리고 갈바니전정자극(galvanic vestibular stimulation) 등 VEMP를 유발하는 자극 방법에 따라 소낭이나 타원낭 또는 특정 구심성 전정회로가 선택적으로 활성화되는지 논란의 여지가 있지만, 자극의 방법에 상관 없이 두 이석기간이 모두 활성화될 수 있다는 근거가 제기되고 있다.⁸⁻¹⁰ 이러한 선행 연구들을 바탕으로 본 연구에서는 동일한 소리자극($1,000$ Hz 순음 자극)에 의해서 동시적으로 유발된 cVEMP와 oVEMP를 기록하여 단일 기록결과와 비교하였다.

본 연구에서 cVEMP와 oVEMP를 동시에 기록하였을 때 cVEMP는 통상적인 단일 cVEMP검사와 비교 시 p13 반응의 잠복기, 진폭, 비대칭비에서 모두 유의한 차이를 보이지 않았고 좌우측 비교 시에도 유의한 차이가 없어 신뢰성 있는 검사로 생각된다. 동시 기록 oVEMP는 n10 반응의 잠복기가 통상적인 단일 oVEMP 검사와 비교해서 0.23 ms (우측 0.20 ms, 좌측 0.26 ms) 연장되어 측정되었으며 약 2%에 해당하는 적은 차이지만 통계적으로 유의하게 길었다. 평균 진폭은 $1.8 \mu\text{V}$ 차이로 약 24% 크게 측정되었다(Table 2). 이러한 차이 즉, cVEMP는 동시 검사와 단일 검사 사이에 자세 차이가 없었으나 oVEMP는 동시검사가 단일 검사에 비해 유의하게 잠복기가 길고 진폭이 큰 이유는 VEMP

Table 1. Comparison of cVEMP between simultaneous and separate recordings

cVEMP	p13 Latency (ms)		<i>p</i> value	Amplitude (μV)		<i>p</i> value	AR (%)
	Right	Left		Right	Left		
Simultaneous recording	13.36 ± 0.80	13.25 ± 0.77	0.373 ^a	493 ± 271	473 ± 253	0.398 ^a	11.8 ± 11.5 ($0.1-43.7$)
Separate recording	13.41 ± 0.65	13.36 ± 0.68	0.582 ^a	483 ± 247	450 ± 246	0.078 ^a	12.4 ± 10.4 ($0.2-36.7$)
<i>p</i> value	0.617 ^a	0.265 ^a		0.679 ^a	0.232 ^a		0.955 ^b

Values are presented as mean \pm SD unless otherwise indicated.

^a*p*-value by paired *t*-test; ^bWilcoxon signed rank test for trend as appropriate.
cVEMP; cervical vestibular-evoked myogenic potentials, AR; asymmetry ratio.

Table 2. Comparison of oVEMP between simultaneous and separate recordings

oVEMP	n10 latency (ms)		<i>p</i> value	Amplitude (μV)		<i>p</i> value	AR (%)
	Right	Left		Right	Left		
Simultaneous recording	10.49 ± 0.73	10.64 ± 0.91	0.127 ^a	9.1 ± 5.5	9.6 ± 5.6	0.630 ^a	18.1 ± 16.2 ($0.6-58.1$)
Separate recording	10.29 ± 0.54	10.38 ± 0.68	0.402 ^a	7.8 ± 4.4	7.3 ± 4.8	0.429 ^b	17.1 ± 13.0 ($0.2-46.9$)
<i>p</i> value	0.038 ^a	0.014 ^a		0.004 ^a	<0.001 ^b		0.706 ^b

Values are presented as mean \pm SD unless otherwise indicated.

^a*p*-value by paired *t*-test; ^bWilcoxon signed rank test for trend as appropriate.
oVEMP; ocular vestibular-evoked myogenic potentials, AR; asymmetry ratio.

파형을 기록할 때 피검자의 자세의 차이에 의한 것으로 추정된다. oVEMP는 단일 검사 시에는 바로 누운 자세에서 눈동자만 상방 주시하지만 동시 검사 시에는 바로 누운 자세에서 고개를 들고 소리 자극의 반대 방향으로 고개를 돌린 상태에서 눈을 상방주시하는 차이다. 이러한 자세변화에 대한 oVEMP의 n10 반응의 잠복기와 진폭의 변화에 대해서는 연구된 바가 없다. 하지만 최근에 Govender 등¹¹은 소리 전도 자극으로 유발된 oVEMP에서 여러 가지 주시 방향과 자세에 따른 효과를 보고하면서 머리를 바로 세운 자세(upright position)와 좌우로 머리를 돌렸을 때, 그리고 바로 누운 자세를 비교하였는데 각각의 자세에서 잠복기는 유의한 차이가 없었으나, 머리를 바로 세운 자세와 비교 시 바로 누운 자세에서 진폭이 유의하게 크게 측정되었다. 이는 자세 변화에 따라 중력을 감지하는 소낭의 기능에 영향을 받았을 것으로 추정하였다. 반면 최근에 Todai 등¹²이 보고한 바에 따르면, 눈을 뜨고 상방 주시를 하는 경우 바로 누운 자세와 앉은 자세에서 n10 잠복기와 진폭은 유의한 차이를 보이지 않았고 그 결과를 바탕으로 앉은 자세를 유지하기 어려운 환자에서는 누운 자세에서 기록한 oVEMP가 신뢰도 있는 대안 검사가 될 수 있음을 제안하였다. Iwasaki 등¹³은 말이면(roll plane)을 따라 머리기울임 정도를 변화시키면서 oVEMP 반응을 기록하였는데 골진동자극에 대해서 아래에 위치한 귀에서 진폭이 작게 측정되었다. 이때 잠복기는 귀의 위치에 영향을 받지 않았고 공기전도자극에 대해서는 진폭과 잠복기 모두 차이를 보이지 않았다. 저자들은 머리기울임 자세에서 양측 이석기관이 자극받는 중력 전단력(gravitational shear force)의 비대칭에 기인하여 진폭의 비대칭을 설명하였으며, 골진동자극과 공기전도자극에 따른 차이는 흥분되는 전정구심자극의 분포에 있어서 자극 방법에 따른 편향이 있을 것으로 추정하였다. Taylor 등¹⁴은 정반대의 결과를 보고하였는데, 머리를 바로 세운 자세에서 롤 면을 따라 머리와 체간의 방향을 변화시킬 때 골진동자극에 대해서는 진폭의 비대칭비가 차이를 보이지 않았지만 소리전도자극에 대해서는 진폭의 비대칭비가 증가하였다. Taylor 등¹⁴은 중력과 두개내압 상승이 내이의 역학적 제약을 유발하였을 것으로 제안하였고 그에 더하여 자극 방법에 따른 소낭과 타원낭의 중추성 수렴(central convergence) 차이가 영향을 끼칠 것으로 보았다. 또한 Iwasaki 등¹³이 보고한 선행결과와 비교할 때 중력 전단력의 영향은 부인하였다.

앞서 언급한 선행연구들과 본 연구에서 피검자의 자세 차이를 살펴보면, 본 연구에서는 동시 기록 oVEMP 검사 시 피검자는 롤 면, 피치 면(pitch plane), 요 면(yaw plane)의 구성 요소가 벡터합으로 구성된 자세를 취하게 된다. 본 연구의 목적 상 자세 변화에 대한 두 이석기관의 선별적 자극을 알아보고자 실험적으

로 머리기울임을 통제하기 않았기 때문에 본 연구의 결과를 바탕으로 자세변화가 미치는 상세한 기전을 논하기에는 한계가 있다. 다만 자세변화가 VEMP에 미치는 영향에 대한 선행연구들이 발산된 결과를 보고하고 있으며 때로는 정반대의 결과로 불일치를 보이고 있는데 이것은 자세변화에 대응하는 내재적 생리적 반응보다 검사실 상황과 검사방법에 따른 세부요건들이 oVEMP의 진폭과 잠복기에 더 큰 영향을 미치는 것을 시사하는 것으로 생각된다. Taylor 등¹⁴이 Iwasaki 등¹³의 보고와 정반대의 결과를 보인 이유를 주시 고정점의 사용 유무, 머리 고정 여부, 골진동 자극기의 차이 등으로 고찰한 점은 이러한 시사점과 일치한다.

본 연구에서 동시 기록 oVEMP는 단일 검사에 비해 좌우 양 측에서 동등한 정도로 잠복기와 진폭의 크기가 증가하였으며 진폭의 비대칭비는 차이를 보이지 않았다. 동시 기록 oVEMP의 검사 방법상 상방에 위치한 귀가 자극되는데, 해부학적 측면을 고려할 때 이러한 자세에서는 난원창(oval window)에 가해지는 내림프액의 압력이 낮아지고 이소골의 정렬 축이 중력방향에 가까워지므로 고막에 가해지는 공기전도 자극의 압력을 보다 용이하게 내이로 증폭 전달할 것으로 예측해 볼 수 있다. 이러한 역학적 기제에 따라 진폭의 증가를 설명할 수 있는데 실험적 근거가 부족하고 잠복기의 증가를 설명할 수 없는 한계가 있다. 피검자는 동일한 자세에서 양측의 oVEMP를 동시 기록한 것이 아니라 입체적인 거울상(mirror image) 관계의 동등성을 지닌 자세, 즉 오른쪽 귀를 자극할 때는 머리를 들고 왼쪽으로 돌린 자세, 왼쪽 귀에 대해서는 머리를 들고 오른쪽으로 돌린 자세에서 검사가 이루어졌기 때문에 진폭의 증가는 양측 귀에서 동등하게 이루어졌을 것이다. 그에 따라 진폭의 비대칭비는 동시 검사와 단일 검사에서 차이가 없는 것을 설명할 수 있다. 머리 자세 변화에 따른 잠복기와 진폭의 변화는 양측에서 통계적으로 동등한 것으로 측정되어(Table 2) 동시 기록 oVEMP는 신뢰성 있는 검사로 판단된다. 다만 통상적인 oVEMP 단일 검사에 대비하여 동시 기록 oVEMP의 정상 잠복기와 진폭의 범위를 제시하기 위해서는 연령과 성별에 따른 정상범위를 정하는 추가 연구가 필요하다.

본 연구에서는 대상군의 나이별 분포가 고르지 못하여 정상인 모집단에 대한 대상군의 대표성이 떨어지는 한계가 있다. 또한 VEMP 검사가 두개골의 크기나 모양, 미로기관의 다양성, 근육 등 주변조직의 영향 등 개인 간의 차이에 의해서뿐만 아니라 검사실 상황에 따라 다양하게 측정될 수 있기 때문에 통상적인 단일 검사에서처럼 각 검사실에서 동시측정에 대한 정상인에 대한 참고값(reference value)을 정하는 것도 중요하다. 본 저자들의 이전 보고에서 본 연구와 동일한 순음 자극에 대해 20대에서 70대 사이의 정상군(평균 연령 51세)의 oVEMP의 n10 평균 잠

복기는 9.4 ± 1.8 ms, 평균 진폭은 6.74 ± 5.20 μ V, 비대칭비는 $14.4 \pm 11.3\%$ 임을 보고한 바 있으며,⁶ 이번 연구에서는 평균 잠복기 10.34 ± 0.61 ms, 평균 진폭 7.54 ± 4.61 μ V, 비대칭비 $17.1 \pm 13.0\%$ 로 약간의 차이를 보인 이유는 대상자의 연령의 차이로 생각된다. VEMP는 검사의 반응률뿐만 아니라 잠복기의 연장, 진폭, 그리고 진폭의 비대칭비에 의해서도 전정기능의 평가가 가능하므로 향후 검사의 표준화를 통해 연령과 성별 등 각 임상 변수에 대한 참고값 구축이 필요하고 질병군을 대상으로 후속연구가 필요하겠다.

결론적으로 본 연구에서 공기전도 소리자극을 이용한 cVEMP와 oVEMP의 동시 기록 검사는 cVEMP와 oVEMP 각각을 독립적으로 시행한 단일 검사와 비교할 때 신뢰할 수 있는 결과를 보였다. 어지럼 환자에서 두 개의 이석기관과 뇌간부의 전정안반사(oVEMP)와 전정척수반사(cVEMP)의 경로를 평가할 때 cVEMP와 oVEMP 두 가지 검사가 상호보완적인 평가가 필요하며, 두 검사를 한번에 동시에 측정함으로써 간소화된 방식으로 검사 시간을 단축시키고 검사자와 피검사자의 편리성을 향상시켜 임상적인 유용성의 증대가 기대된다.

REFERENCES

- Bickford RG, Jacobson JL, Cody DT. Nature of Average Evoked Potentials to Sound and Other Stimuli in Man. *Ann N Y Acad Sci* 1964;112:204-223.
- Colebatch JG, Halmagyi GM, Skuse NF. Myogenic potentials generated by a click-evoked vestibulocollic reflex. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1994;57:190-197.
- Rosengren SM, Welgampola MS, Colebatch JG. Vestibular evoked myogenic potentials: past, present and future. *Clin Neurophysiol* 2010; 121:636-651.
- Curthoys IS, Kim J, McPhedran SK, Camp AJ. Bone conducted vibration selectively activates irregular primary otolithic vestibular neurons in the guinea pig. *Exp Brain Res* 2006;175:256-267.
- Suzuki JI, Tokumasu K, Goto K. Eye movements from single utricular nerve stimulation in the cat. *Acta Otolaryngol* 1969;68:350-362.
- Shin BS, Oh SY, Kim JS, Kim TW, Seo MW, Lee H, et al. Cervical and ocular vestibular-evoked myogenic potentials in acute vestibular neuritis. *Clin Neurophysiol* 2012;123:369-375.
- Iwasaki S, Smulders YE, Burgess AM, McGarvie LA, Macdougall HG, Halmagyi GM, et al. Ocular vestibular evoked myogenic potentials to bone conducted vibration of the midline forehead at Fz in healthy subjects. *Clin Neurophysiol* 2008;119:2135-2147.
- Murofushi T, Curthoys IS, Topple AN, Colebatch JG, Halmagyi GM. Responses of guinea pig primary vestibular neurons to clicks. *Exp Brain Res* 1995;103:174-178.
- Curthoys IS. A critical review of the neurophysiological evidence underlying clinical vestibular testing using sound, vibration and galvanic stimuli. *Clin Neurophysiol* 2010;121:132-144.
- Murofushi T, Curthoys IS. Physiological and anatomical study of click-sensitive primary vestibular afferents in the guinea pig. *Acta Otolaryngol* 1997;117:66-72.
- 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;120:1386-1391.
- Todai JK, Congdon SL, Sangi-Haghpeykar H, Cohen HS. Ocular vestibular evoked myogenic potentials in response to three test positions and two frequencies. *Laryngoscope* 2014;124:E237-E240.
- Iwasaki S, Chihara Y, Egami N, Fujimoto C, Murofushi T, Yamasoba T. Different effects of head tilt on ocular vestibular-evoked myogenic potentials in response to bone-conducted vibration and air-conducted sound. *Exp Brain Res* 2012;223:389-396.
- Taylor RL, Xing M, Black DA, Halmagyi M, Welgampola MS. Ocular vestibular evoked myogenic potentials: the effect of head and body tilt in the roll plane. *Clin Neurophysiol* 2014;125:627-634.