

전정유발근전위

부산대학교 의학전문대학원 이비인후과학교실
고 의 경

Vestibular Evoked Myogenic Potential

Eui-Kyung Goh, MD

Department of Otolaryngology, Pusan National University Medical School, Busan, Korea

전정유발근전위(vestibular evoked myogenic potential, VEMP)는 소리 자극에 의해 구형낭(sacculle)이 반응하여 흉쇄유돌근(sternocleidomastoid muscle, SCM)에서 발생하는 전위를 말한다. 이 전위는 주로 구형낭에서 시작하여 하전정신경(inferior vestibular nerve)을 거치는 반사가 관여하고 있으며 최근 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있고, 또한 전정기능 검사로 임상에 응용되고 있다. 현재 임상에서 응용되고 있는 전정기능검사인 회전외자검사나 온도안진반응 등은 주로 수평반규관과 전정안반사(vestibulo-ocular reflex, VOR)에 대한 검사이며 구형낭과 하전정신경에 대한 검사는 보편적으로 시행할 수 있는 검사가 없어 VEMP 검사가 앞으로 임상에 많이 응용될 것으로 기대된다.

1994년 Colebatch와 Halmagyi 등¹⁾이 click 음을 이용하여 신뢰할 수 있는 검사법을 확립하면서부터 구형낭과 하전정신경에 대한 전정기능검사로 많이 이용되고 있는 VEMP에 대해 이론적 배경, 검사방법, 응용되고 있는 검사 지표, 정상치에 대해 임상자에게 도움이 될 수 있도록 기술하고, 또한 최근 연구되기 시작한 ocular VEMP에 대해 간단히 언급하고자 한다.

이론적 배경

Bickford 등²⁾은 VEMP가 전정기능이 정상인 전농(to-

tal deafness) 환자에서 나타나는 반면 전정기능이 없는 난청환자에서는 반응이 나타나지 않음을 관찰하였으며 이러한 전위가 와우보다는 전정계를 통해 유발된다고 생각하였다. 또한 streptomycin의 이독성에 의해 양측전정기능이 소실된 경우나³⁾ 전정신경을 절단하기 전후의 환자에서 VEMP의 초기 파형이 소실되었다는 관찰 등도⁴⁾ VEMP가 전정계가 그 기원임을 시사하는 소견이라 할 수 있으며, Dider⁵⁾는 이 전위가 구형낭에서 기원하였다고 추정하였다.

VEMP가 구형낭에서 시작하여 어떠한 경로를 거쳐 SCM 근에서 전위가 측정되는지에 대해서는 이견이 있어 아직도 연구되고 있다. 구형낭, 내측 및 하전정신경핵, 내측중속로를 거쳐 동측의 SCM 근육에 도달한다는 이론이 여러 연구결과에서 확인되고 있다.¹⁾⁶⁾ 그러나 구형낭, 구심성신경, 전정신경핵, 전정척수로, SCM 근육을 거친다는 주장⁷⁾⁸⁾도 있어 이에 대한 연구는 더 계속되고 있다.

VEMP의 반응은 Fig. 1과 같이 biphasic curve로 나타나며 전기 반응과 후기 반응으로 구분할 수 있다. 전기 반응은 13 msec 정도의 잠복기를 가지는 양전위(p13)와 23 msec 정도의 음전위(n23)로 구성되며 전정계가 그 기원이다. 후기반응은 큰 변동성이 있고, 정상인에서 40% 정도만 나타나며 기원은 와우라고 추정하고 있다.¹⁾⁵⁾ 따라서 임상적으로는 응용되고 있는 VEMP는 전기반응이고, 후기 반응은 이용되고 있지 않다.

검사방법

VEMP 검사에 영향을 주는 요소는 자극음의 종류, 자극음의 강도, 전극의 위치, 피검자의 자세, 연령 등이 있다.

검사자세

VEMP 검사에서 SCM 근육을 긴장시키기 위해 Fig. 2와 같이 여러가지 자세에서 검사하고 있다. 앉은 자세에

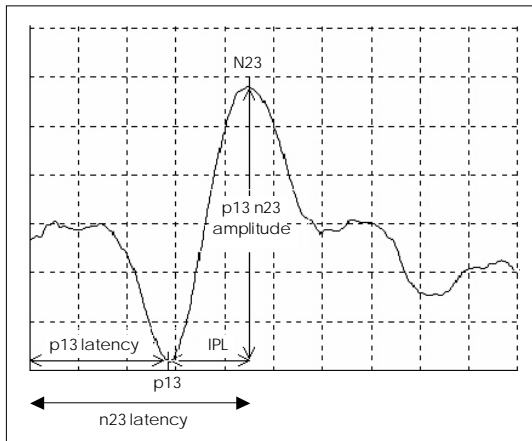


Fig. 1. Typical VEMP responses evoked by a loud acoustic stimulation. The terms such as p13 latency, n23 latency, p13n23 interpeak latency (IPL) and amplitude of first positive-negative waveform are indicated.

서 반대쪽 어깨 위로 고개를 돌린 자세, 앉은 자세에서 머리를 숙여 다시 반대쪽으로 돌린 자세, 누워서 반대쪽으로 머리를 돌린 자세, 누워서 머리를 약간 든 자세 등이 SCM 근의 긴장을 위해 이용되고 있다.⁹⁾¹⁰⁾ 그러나 아직 어떤 자세가 가장 적당한지에 대해서는 통일된 방법이 없다. 자세에 따라서 SCM 근육이 긴장 정도에 따라 측정률, 진폭 등이 달라질 수 있으나 자세를 취하기 어려운 경우는 피로를 유발하고, 환자의 순응도가 떨어질 수 있다.⁹⁾ 이러한 점을 고려하여 요즈음은 앉은 자세에서 고개를 반대쪽으로 돌린 자세에서 시행하는 것이 가장 보편화되어 있다. 최근에는 정확한 근육의 긴장을 유지하기 위해 SCM 근육의 긴장도를 monitoring 하면서 측정하는 계기들이 보급되고 있다.

자극음

안정된 결과를 얻기 위해서는 여러 자극방법들이 이용되고 있다. 클릭음과 tone burst에 의한 방법이 있다. 클릭음을 이용한 검사는 차,¹⁰⁾ de Waele 등¹¹⁾에 의해 연구되었고, Cheng 등¹²⁾은 클릭음이 tone burst에 비해 높은 반응률과 짧은 잠복기, 큰 진폭을 나타낸다고 하였으나 김 등⁹⁾은 클릭음 자극이 500 Hz tone burst보다 p13과 n23의 잠복기, 파간 잠복기는 짧게 나타났으나 진폭은 500 Hz tone burst가 클릭보다 크다고 보고하였다.

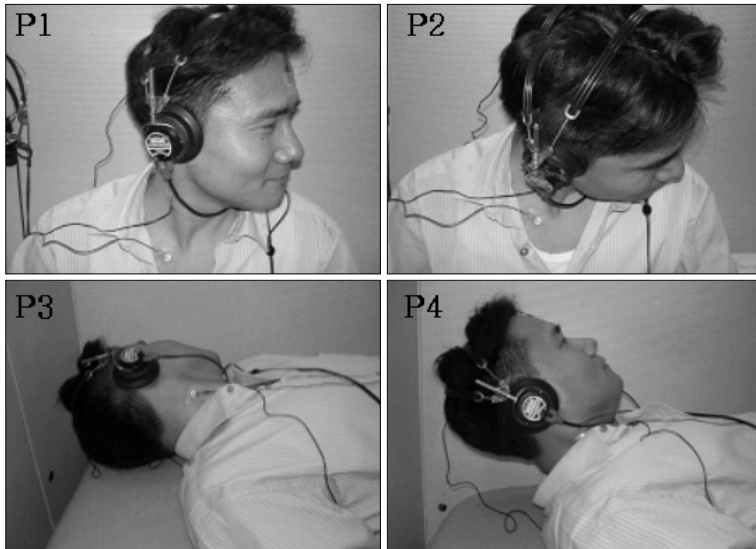


Fig. 2. Test positions of vestibular evoked myogenic potentials for sternocleidomastoid muscle tonic activation. P1 : seated upright with chin turned over the contralateral shoulder. P2 : seated downward with chin turn over the contralateral shoulder. P3 : supine position with head turning to the contralateral side. P4 : supine position with slight raising head.

그러나 전정신경의 주파수 특성 곡선에서 보면 최적 주파수는 500 Hz 내외의 저음역에서 주로 나타나므로 500 Hz tone burst 자극이 가장 뚜렷한 반응을 얻을 수 있다고 하였으며, Murofushi 등¹³⁾은 short tone burst, 특히 500 Hz에서 전정유발전위가 잘 나타난다고 하였다. 시설에 따라 두 가지 자극음을 선택하여 이용하고 있으나 최근 국내에서는 500 Hz tone burst로 자극하여 VEMP를 검사하는 시설이 가장 많은 것으로 조사되었다.¹⁰⁾

검사 지표

전기반응의 p13과 n23의 잠복기, 파간 잠복기(inter-peak latency), 진폭 등을 임상 지표로 이용하고 있다.⁹⁾¹⁰⁾ 진폭은 청력역치, 연령, 검사 자세나 근육 긴장도에 따라 영향을 많이 받으므로 좌, 우 진폭의 차를 좌, 우 진폭의 합으로 나눈 값을 VEMP asymmetry라 하며,¹⁴⁾ 최근 임상에 많이 이용되고 있다. 즉 VEMP asymmetry(%) = $(Ar - Al / Ar + Al) \times 100$, Ar : amplitude of right, Al : amplitude of left이다. 여기서 정상인과 비교하여 2 표준편차 이상 차이가 있을 때를 병변 측이 진폭이 감소하여 비대칭이 증가하였다고 할 수 있다. 검사 지표의 판정에 있어 기관마다 차이가 있으나 차 등¹⁰⁾은 1) p13, n23 등의 파형을 육안적으로 확인할 수 없고 peak나 amplitude를 구할 수 없는 경우를 VEMP의 미형성, 2) p13과 n23의 각각의 잠복기가 정상인의 2 표준편차 이상인 경우를 각각 잠복기의 연장, 3) 파간 잠복기(inter-peak latency)가 정상인보다 2 표준편차 보다 짧은 경우 감소된 잠복기차로, 4) VEMP asymmetry는 2 표준편차 이상인 경우를 이상으로 판정하고 있다. 이러한 지표 외에 VEMP의 반응을 일으키는 소리 자극 역치가 감소(decreased threshold)되어 있는 경우도 임상에 응용되고 있다.

임상적 응용

기초적인 연구에 비해 아직 임상에서 VEMP가 널리 이용되고 있지는 않다. Colebatch는 VEMP 검사가 신뢰도가 떨어지는 등 여러 점에서 임상적으로 아직 널리 이용되고 있지는 않으나 VEMP가 미세 중력연구에 중요한 이석기능검사라는 점과, 하전정신경을 경유하고, 전정목반사(vestibulocervical reflex)를 반영한다는 점에서 다음과 같은 영역에서 이용될 수 있음을 시사하고 있다.²⁴⁾

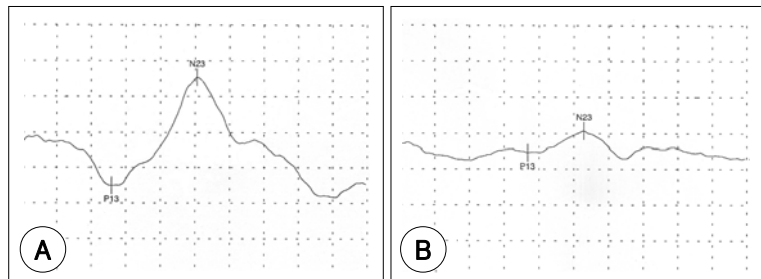
- 1) 청신경 종양의 감별진단 및 발생신 경에 따른 분류
- 2) 후반고리관의 양성돌발성두위 현훈의 진단
- 3) 전정척수반사의 객관화 및 재활의 경과 관찰
- 4) 메니에르병의 감별진단
- 5) 상반고리관의 dehiscence 의 진단
- 6) 어지럼증의 말초성과 중추성의 감별
- 7) 2차 신경의 활성화에 의한 속도저장기준 연구
- 8) 노인성 어지럼증의 연구

VEMP는 전정신경염(Fig. 3), 메니에르병, BPPV, Superior canal dehiscence syndrome 등의 말초성 현훈 질환에서 VEMP의 이상이 나타날 수 있다.

특히 전정신경염 중에서 하전정신경을 침범하는 경우는 좋은 적용이 될 수 있으며 국내에서도 전정신경염 환자의 74.9%에서 VEMP에 이상 소견이 있었다는 보고가 있다.¹⁵⁾ 전정신경염에서 음자극에 의해 전위가 나타나지 않는 경우는 12~39%에서 보고되고 있다.¹⁶⁾¹⁷⁾ 또한 click 자극과 전기 자극(galvanic stimulation)을 이용하여 VEMP가 두 자극 모두 나타나지 않으면 신경염의 형태로, click 자극에서만 파형이 나타나면 미로염의 형태로 생각할 수 있다.¹⁸⁾¹⁹⁾

메니에르병에서는 클릭자극에서 전위가 관찰되 않는

Fig. 3. A VEMP of vestibular neuritis patient. The finding of left affected side (B) shows decreased amplitude and lengthened latencies of P13 and N23 in comparison with right normal side (A).



경우가 35~45%에서 보고되고 있으며,²⁰⁾ 글리세롤검사에서 VEMP를 이용하여 메니에르병의 확진에 이용하기도 한다.²¹⁾

Superior canal dehiscence syndrome에서는 소리에 대한 민감도가 증가되므로 VEMP의 역치가 55~75 dB로 감소할 수 있다.²⁰⁾

Murofushi 등은 하전정신경, 혹은 하전정신경이 지배하는 부위에 병변이 있을 경우 VEMP는 형성되지 않는다고 하였으며, 뇌간 유발전위검사나 온도안진검사에서 정상소견을 보이는 청신경 종양 환자에서 VEMP가 비정상적으로 나타날 수 있음을 보고하였다.²²⁾ 이는 뇌간 유발전위검사, 온도안진 검사로 측정할 수 없는 하전정신경의 기능을 알 수 있는 검사라고 주장하였다.²²⁾

VEMP는 말초질환 뿐만 아니라 중추질환에서도 이용되고 있다. 다발성 경화증, 뇌간의 경색 혹은 출혈,²³⁾ 뇌간의 병변으로 인한 현훈증⁸⁾ 등에 임상적으로 이용되고 있음이 보고되고 있다.

홍 등⁸⁾은 VEMP가 뇌간의 하행경로를 평가하는 검사로 하부 뇌간에 경색을 가지는 중추성 현훈 환자의 평가에 도움을 줄 수 있다고 하면서 p13의 연장이 가장 중요한 소견이라고 주장하였다.

정 상 치

본 교실에서 500 Hz tone burst(Table 1)와 click(Table 2)을 자극음으로 사용하여 측정된 VEMP의 정상치는 다음과 같다. 각각에서 앉은 자세에서 머리를 반대쪽으로 돌린 자세와 누운 자세에서 고개를 반대쪽으로 돌린 자세에서 측정된 것이다. 500 Hz tone burst와 click음 모두 두 자세 간에 잠복기, 파간 잠복기, 진폭에 차이가 없었다.

VEMP를 유도 할 수 있는 다른 방법

Rosengren 등은 골도 자극에 의해 외안근에서 VEMP를 유도할 수 있었으며 이 전위는 안구 운동에 의해 생기는 망막전위(electroretinal potential)와는 다르다고 하였다.²⁵⁾ 이 전위는 안구 바로 하방 외안근에 전극을 유치하고 안구를 상내측으로 주시하였을 때 가장 큰 반응

Table 1. Parameters of VEMP in healthy normal persons according to test positions on 500 Hz short tone burst

VEMP	Positions		Mean±SD	
	P1	P3		
p13 latency (msec)	14.54 ± 1.03	14.57 ± 0.94		
n23 latency (msec)	24.73 ± 1.39	25.14 ± 1.15		
p13n23 IPL (msec)	10.19 ± 1.12	10.53 ± 0.88		
p13n23 amp (μV)	195.25 ± 77.72	228.16 ± 106.39		

IPL : interpeak latency, amp : amplitude, P1 : seated upright with chin turned over the contralateral shoulder, P3 : supine position with head turning to the contralateral side

Table 2. Parameters of VEMP in healthy normal persons according to test positions on the clicks

VEMP	Position		Mean±SD	
	P1	P3		
p13 latency (msec)	12.27 ± 0.99	12.37 ± 1.11		
n23 latency (msec)	21.73 ± 1.69	22.48 ± 1.62		
p13n23 IPL (msec)	9.46 ± 1.29	10.11 ± 1.14		
p13n23 amp (μV)	120.34 ± 47.53	122.63 ± 56.02		

IPL : interpeak latency, amp : amplitude, P1 : seated upright with chin turned over the contralateral shoulder, P3 : supine position with head turning to the contralateral side

을 보인다고 하였다. 골도 자극뿐만 아니라 기도자극에 의해서도 외안근 VEMP를 유도할 수 있으며 안구가 상내측(spuperomedial) 혹은 상외측(superolateral) 주시할 때 가장 큰 반응을 보인다.²⁶⁾

이 전위를 vestibular-evoked extraocular myogenic potential이라고 하며 보통 oVEMP라고 줄여 쓴다. 경부에서 기록되는 통상적인 전정유발전위는 cVEMP라고 줄여 쓰기도 한다. oVEMP의 기초적, 임상적 의미에 대해서는 아직 연구 중에 있다.

맺 는 말

VEMP의 원리, 측정, 임상적 의의 및 본 교실에서 사용하는 정상치에 대해서 기술하였다. VEMP가 최근 활발히 연구되고 있으나 임상적 응용에 대해서는 더 많은 연구를 통해 밝혀져 진단에 도움이 되기를 바라는 바이다.

중심 단어 : 전정유발근전위 · Vestibular myogenic evoked potential · VEMP · oVEMP · cVEMP.

REFERENCES

- 1) Colebatch JG, Halmagyi GM, Skuse NF. Myogenic potentials generated by a click-evoked vestibulocollic reflex. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1994;57:190-7.
- 2) Bickford RG, Jacobson JL, Cody DT. Nature of average evoked potentials to sound and other stimuli in man. *Ann N Y Acad Sci* 1964;112:204-23.
- 3) Cody DT, Bickford RG. Averaged evoked myogenic responses in normal man. *Laryngoscope* 1969;79:400-16.
- 4) Colebatch JG, Halmagyi GM. Vestibular evoked potentials in Human neck muscles before and after unilateral vestibular deafferentation. *Neurology* 1992;42:1635-6.
- 5) Didier A, Cazzals Y. Acoustic responses recorded from the saccular bundles on the eighth nerve of the guinea pig. *Hear Res* 1989;37:123-8.
- 6) Stein BM, Carpenter MB. Central projections of portions of the vestibular ganglia innervating specific parts of the labyrinth in the Rhesus monkey. *Am J Anat* 1967;120:281-318.
- 7) Murofushi T, Matsuzaki M, Mizuno M. Vestibular evoked myogenic potentials in patients with acoustic neuromas. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1998;124:509-12.
- 8) Hong SM, Cha CI, Byun JY, Yeo SG. The results of vestibular evoked myogenic potentials in the patients with central vertigo. *Korean J Otolaryngol* 2006;49:1061-4.
- 9) Kim JD, Goh EK, Lee YO, Kong SK, Cho KS, Chon KM. The effects of test positions and acoustic stimulations on the vestibular evoked myogenic potentials. *J Korean Balance Soc* 2007;6 (1):21-8.
- 10) 차창일. 전정유발근전위, 서울; 중앙문화사; 2006.
- 11) de Waele C. VEMP induced by high level clicks. A new test of saccular otolith function. *Adv Otorhinolaryngol* 2001;58:98-109.
- 12) Cheng PW, Huang TW, Young YH. The influence of click versus short tone burst on the vestibular evoked myogenic potentials. *Ear Hear* 2003;24 (3):195-7.
- 13) Murofushi T, Matsuzaki M, Wu CH. Short tone burst-evoked myogenic potentials on the sternocleidomastoid muscle: are these potentials also of vestibular origin? *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1999;125:660-4.
- 14) Mulch G, Petermann W. Influence of age on results of vestibular function tests. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 1979;88:1-17.
- 15) Kim H, Cha CI, Byun JY, Moon JH, Hong SM, Kim KH. Clinical usefulness of VEMP (vestibular Evoked Myogenic Potential) in the evaluation of dizzy patients. *Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg* 2003;46 (5):391-5.
- 16) Chen CW, Young YH, Wu CH. Vestibular neuritis: three-dimensional videonystagmography and vestibular evoked myogenic potential results. *Acta Otolaryngol* 2000;120:845-8.
- 17) Ochi K, Ohashi T, Watanabe S. Vestibular-evoked myogenic potential in patients with unilateral vestibular neuritis: abnormal VEMP and its recovery. *J Laryngol Otol* 2003;117:104-8.
- 18) Murofushi T, Takegoshi H, Ohki M, Ozeki H. Galvanic-evoked myogenic responses in patients with an absence of click-evoked vestibulo-collic reflexes. *Clin Neurophysiol* 2002;113:305-9.
- 19) Murofushi T, Monobe H, Ochiai A, Ozeki H. The site of lesion in "vestibular neuritis": study by galvanic VEMP. *Neurology* 2003;61:417-8.
- 20) Welgampola MS, Colebatch JG. Characteristics and clinical applications of vestibular evoked myogenic potentials. *Neurology* 2005;64:1682-8.
- 21) Murofushi T, Mastuzaki M, Takegoshi H. Glycerol affects vestibular evoked myogenic potentials in Meriere's disease. *Auris Nasus Larynx* 2001;28:205-8.
- 22) Murofushi T, Curthoys IS. Physiological and anatomical study of click-sensitive primary vestibular afferents in the guinea pig. *Acta Otolaryngol* 1997;117:66-77.
- 23) Chen CH, Young YH. Vestibular myogenic potentials in brainstem stroke. *Laryngoscope* 2003;113:990-3.
- 24) Colebatch JG. Vestibular evoked potentials. *Curr Opin Neurol* 2001;14:21-6.
- 25) Rosengren SM, McAngus Todd NP, Colebatch JG. Vestibular-evoked extraocular potentials produced by stimulation with bone-conducted sound. *Clin Neurophysiol* 2005;116:1938-48.
- 26) 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;118:2745-51.