

## Click음으로 유발된 전정-경반사의 근유발전위

연세대학교 의과대학 영동세브란스병원 신경과 · 이화여자대학교 이비인후과\*

최영철 · 정운교\* · 김원찬 · 이명식

### Myogenic Potential Evoked by Auditory Stimulation in Vestibulocollic Reflex

Young Chul Choi, M.D., Woon Kyo Chung, M.D.\*,  
Won Chan Kim, M.D., Myung Sik Lee, M.D.

Department of Neurology, Yongdong Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea  
Department of Otorhinolaryngology, Ewha Womans University, College of Medicine, Seoul, Korea\*

#### —Abstract—

**Background and Objectives:** Click sound can evoke myogenic potentials in active sternocleidomastoid(SCM) muscle. These potentials are due to the activity of the vestibular rather than cochlear afferents, which produce very short latency inhibition of ipsilateral motor unit activity and is best detected by averaging the unrectified surface electromyogram(EMG) from the muscle. We investigated the click-evoked vestibulocollic reflexes in neck muscles to find out the significance and relationship of latency and amplitude of myogenic potentials between two different methods of muscle activation. **Methods:** EMGs were recorded from surface electrode evoked by sound stimuli (95dB, 5/sec repetitive rate, 512 times) over SCM muscles on each side. Myogenic potential have two biphasic responses, which are termed P1, N1, P2 and N2 based on the polarity of their components. The subjects were 24 normal volunteers. Surface EMG activities from 12 subjects(Group I) were recorded by neck flexion to activate bilateral SCM muscles through the averaging runs(bilateral SCM muscle activation method). EMGs from another 12 subjects(Group II) were recorded by rotating head to the opposite side to activate SCM muscle throughout the proce-

\* 본 연구는 연세대학교 의과대학 1996년도 일반과제(교수)연구비에 의해 이루어졌음(과제번호:96-13).

dure(unilateral SCM muscle activation method). The latencies and amplitudes of myogenic potential in the SCM muscle after stimulation were analysed and compared between each method. Results: The latencies(msec) of P1 and N1 were  $11.2 \pm 2.4$ ,  $21.7 \pm 1.1$  in Group I, respectively and  $13.3 \pm 2.4$ ,  $23.0 \pm 1.1$  in Group II, respectively. The amplitudes( $\mu V$ ) of P1-N1 were  $38.7 \pm 8.1$  in Group I and  $33.2 \pm 8.1$  in Group II. There was no significant difference in latencies and amplitudes of P1 and N1 between each group( $p > 0.05$ ) and was no asymmetry of latency and amplitude in P1-N1 between each side. Conclusions: The myogenic potential was constantly evoked by click stimulation and we think it could be a simple method of examining vestibulocollic reflex.

## 서 론

전정기관이 자극되었을 때 신체 각 부위의 골격근에 다양한 반응이 초래된다(Melvill 등, 1971; Greenwood와 Hopkins, 1976; Markham, 1987). 예를 들면 동물을 일축으로 회전시켰을 때는 머리가 반대 반향으로 회전되고 몸통과 사지의 근육에도 일련의 반응이 야기된다. 동물을 전방으로 기울이 하면 경부의 배측근이 수축하여 경부의 신전을 일으키고 머리는 원위치를 다시 회복하게 되며 이때 앞다리와 뒷다리의 골격근의 긴장성에도 변화가 유발되어 사지의 반사적 반응이 야기된다. 이러한 반사는 전정핵으로부터 하행하여 척수의 운동신경세포에 연결되는 전정척수로(vestibulospinal tract)를 통하여 근긴장도 변화가 야기됨으로 전정-척수반사(vestibulospinal reflex)라 불리며 특히 경부근육에 근긴장도 변화를 유발하는 반사를 전정-경반사(vestibulocollic reflex)라고 한다(Markham, 1987; Robert와 Deralde, 1994a). 뇌간 기능을 평가하는 검사 방법은 많으나(Baloh와 Honrubia, 1979) 이 전정-척수 연결 경로의 기능을 임상에서 유용하게 평가하는 검사는 없는 실정이었다(Brandt, 1991). 기존의 전정안구반사검사, 네온 교대검사 및 회전자극검사 등을 전정기능증 일부는 평가할 수 있으나 전정-척수기능은 평가할 수 없다. Bickford 등(1964)은 click음으로 자극을 가했을 때 긴장된 경부근육에서 비교적 짧은 참복기를 가지는 근긴장도의 변화를 측정할 수 있었다. 이것을 근유발전위(myogenic potential)라고 하였고, 그 이후

많은 연구를 통해서 이 근유발전위의 전달경로는 와우신경계(cochlear afferent)를 통해서 전달되는 것이 아니라 전정계(vestibular afferent)를 통해서 전달되는 것으로 밝혀졌다(Cody와 Bickford, 1969; Townsend와 Cody, 1971; Colebatch와 Halmiagyi, 1992; Colebatch 등, 1994).

본 연구에서는 정상인에서 click을 자극시 흥색유돌근에서 근유발전위가 항상 일정하게 유발되는지 확인하고, 이 근유발전위의 참복기와 전위폭을 측정하여 정상치를 구하고, 또한 이 검사법의 임상적 유용성을 알아보려고 한다.

## 대상 및 방법

신경학적 진찰상 이상 소견이 없는 건강한 남녀 24명을 대상으로 하여, 영동세보란스병원 신경학 검사실에서 검사를 시행하였다. 환자를 편한 자세로 누운 다음 양측 흥색유돌근에 표면 전극을 부착하고 click음으로 자극후 근전도기로 평균화 무수정 근전위변화(averaged unrectified surface electromyogram)를 측정하였다. Click음의 자극 강도는 95 dB으로 초당 5회로 자극하여 총 512회로 전위화를 평균화하여 검출하였다. 검사시 흥색유돌근을 최대한 수축시키면서(tonic contraction) 시행하였다. 최대 근육수축시키는 방법으로는 두위를 굽곡(neck flexion)시키는 방법과 자국 반대측으로 회전시키면서 굽곡(rotation flexion)시키는 방법등 두 가지로 시행하여 비교 분석하였다. 1군은 정상인 12명을 대상으로 click을 자극하에 두위를 굽곡시키면서 검사를 시행하였으며, 그 후 충분한 휴식 후에

click을 자극 없이 같은 조건하에 검사를 시행하였다. 또한 2군은 정상인 12명을 대상으로 click을 자극하면서 같은 조건하에 두위를 회전굴곡시키면서 좌우에서 각각 검사를 시행하였다.

평균화 무수정 근전위변화를 검출하기 위한 검사 기기는 Excel(Cadwell)을 사용하였다. 전극은 표면뇌과 전극을 사용하였는데 활동전극은 양측 흉쇄유돌근 상부 3분의 1지점에, 기준전극은 흉쇄골 상부에 부착하였고, filter는 3-2,000Hz로 하였다.

검출된 근유발전위파는 첫번 째 양성정점 및 음성정점을 각각 P1 및 N1, 두번째 양성정점 및 음성정점을 각각 P2, N2로 명명하고 각각의 잠복기와 전위폭을 측정하여 (그림 1) 각군간의 비교 분석을 시행하였다. 결과의 통계처리는 SPSS/PC+를 이용하여 t-검정으로 분석하였다.

## 결과

1군 12명을 대상으로 경부근육을 최대한 수축시키면서(두위를 굽곡) click 음으로 자극시 양측 흉쇄유돌근에서 양성-음성파가 12명 모두에서 일정하게 검출되었으며 평균 잠복기 P1, N1, P2, N2는 각각  $11.2 \pm 2.4$  msec,  $21.7 \pm 1.1$  msec,  $39.4 \pm 0.7$  msec,  $55.5 \pm 1.1$  msec이었고, 평균 전위폭 P1-N1, P2-N2는 각각  $38.7 \pm 8.1$   $\mu$ V,  $34.0 \pm 9.9$   $\mu$ V 이었다. 또 한 같은 조건하에서 click을 자극없이 검사를 시행한 결과 12명 모두에서 근유발전위가 검출되지 않았다(그림 2).

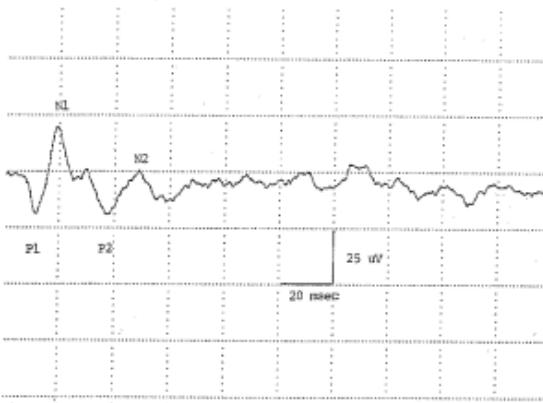


Fig. 1. Myogenic potential evoked by click stimulation (95dB)

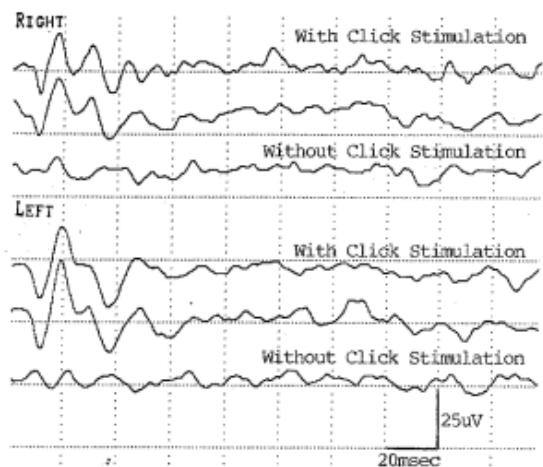


Fig. 2. Myogenic potentials obtained by neck flexion with and without click stimulation (95 dB)

$13.3 \pm 2.4$  msec,  $23.0 \pm 1.1$  msec,  $43.3 \pm 0.7$  msec,  $61.7 \pm 1.1$  msec였고, 평균 전위폭 P1-N1, P2-N2는 각각  $33.2 \pm 8.1$

$\mu$ V,  $40.9 \pm 9.9$   $\mu$ V 으로 1군의 평균 감복기 및 전위폭과 통계적으로 의의 있는 차이는 없었다 ( $p > 0.05$ ) (표 1). 또한 각 군에서의 근유발전위 P1의 감복기 및 전위폭의 좌우 차이는 별로 심하지 않았다 (30% 이하) (표 2).

## 고 칠

전정신경핵 (vestibular nuclei)은 안구신경핵 (ocular motor nuclei), 대뇌, 소뇌, 망양체 (reticular formation), 그리고 쇠수와 연결되기 때문에 (Brodal, 1981) 반사적인 자세나 운동의 조절에 중요한 역할을 하고 있다. 전정반사에 관한 연구는 1907년 Barany에 의하여 시작된 이후 전정기관의 해부학적 구조 및 생리학적 기능이 밝혀졌으며, 특히 1950년대에 Szentagothai가 전정안구반사 (vestibulocular reflex)를 제시한 이후, 경부와 자지에서 반사적인 운동을 조절하는 전정 쇠수반사가 연구되어 왔다. 사람은 눈을 감아도 바로 서 있을 수 있고 혼들림없이 보행할 수 있는데, 이러한 기능의 일부는 전정기관을 통해 자지의 근육을 조절하기 때문이

다. 전정기관에서 쇠수로의 하행경로로는 내측 전정 쇠수로 (medial vestibulospinal tract)와 외측 전

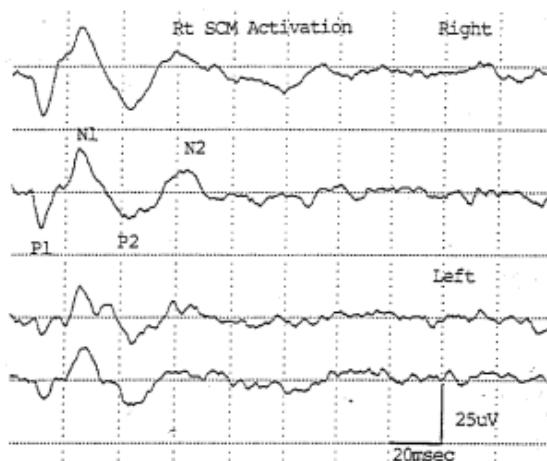


Fig. 3. Myogenic potentials evoked by click stimulation in the right SCM muscle were obtained by neck rotation to the left.

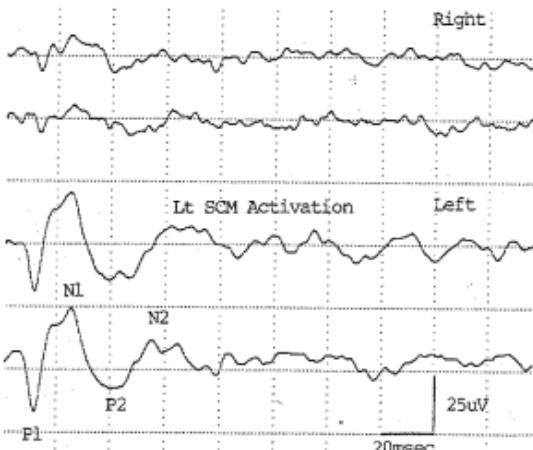


Fig. 4. Myogenic potentials evoked by click stimulation in the left SCM muscle were obtained by neck rotation to the right.

**Table 1.** The latency and amplitude of myogenic potential in group I and II

	Group I(N=12)	Group II(N=12)
Latency (msec)	P1*	11.2±2.4
	N1*	21.7±1.1
	P2	39.4±0.7
	N2	55.5±1.1
Amplitude (μV)	P1-N1*	38.7±8.1
	P2-N2	34.0±9.9

\* p > 0.05

정좌수로(lateral vestibulospinal tract)의 두 가지가 있다(Markham, 1987; Robert와 Deralde, 1994b). 내측 전정좌수로는 뇌간을 통해 척수를 하강하여 운동신경세포에 도달하여 경부근육을 조절하여 두부를 중력에 대해 수직으로 유지 조절한다. 외측 전정좌수로는 뇌간에서 흥수 요수까지 하강하여 글곡근에서는 억제하고 신전근에서 흥분하여 결과적으로는 관절이 중력에 대해서 수직이 되도록 유지 한다. 이러한 반사는 전정좌수반사(vestibulospinal reflex)와 전정경반사(vestibulocollic reflex)가 있으며(Robert와 Deralde, 1994a) 일반인에서는 근전도를 사용하지 않으면 관찰할 수 없다. 특히 전정경반사는 두위가 변하여 전정기관이 자극되면 두위를 원상태로 유지하기 위해서 경부근육 및 사지근육의 근긴장도 변화를 가져다 주는데, 이러한 반사는 전정기관이 자극되어 전정신경핵, 광양체(reticular formation)를 통해 척수로 전달되는 것으로 생각되고 있다(Wilson과 Maeda, 1974; Markham, 1987). 전정기관을 직접 자극, 홍분시켜 척수로 전달되는 경로를 평가하는 임상적인 검사법은 최근까지는 없는 실정이었다(Brandt, 1991). 그러나 Bickford 등(1964)이 click음에 의해서 inion에서 특징적인 반응을 발견하였으며("inion response") 이러한 반응을 근유발전위라 하였다. 또한 이 근유발전위는 감음신경성 난청(sensorineural deafness) 환자에서도 유발된다는 점으로 보아 외우신경계(cochlear system) 라기보다는 전정계(vestibular system)의 의해서 유발된다고 하였다(Cody와 Bickford, 1969; Townsend과 Cody, 1971). 그러나 Meier-Ewart 등(1974)은 이

**Table 2.** The asymmetry\* of latency and amplitude in myogenic potential between right and left side

	Group I(N=12)	Group II(N=12)
Latency	P1 (%)	1.4±7.4
	N1 (%)	1.6±4.4
	P2 (%)	0.1±8.6
	N2 (%)	2.2±7.1
Amplitude	P1-N1 (%)	2.9±22.9
	P2-N1 (%)	3.2±16.4

\* Asymmetry(%) : [(difference of left and right)/(sum of left and right)] x 100

러한 "inion response"는 외우신경을 경유하여 나타나는 반응이라고 하였고, 청자극에 의해서만 유발되는 것이 아니고 전기자극에 의해서도 유발되며(Cody와 Bickford, 1964), 또한 click음으로 유발되는 근유발전위는 일정하지 않기 때문에 전정기관의 기능을 측정하는데 유용성이 있다고 하였다(Douek, 1981). 최근 Colebatch 등(1994)은 새로운 방법으로 흥색유돌근에서 click음으로 유발된 근유발전위를 측정할 수 있었으며 이 검사법은 전정경반사기능을 객관적으로 평가할 수 있는 새로운 검사법이라고 주장하였다. 본 연구에서도 이러한 근유발전위가 정상인에서 click음으로 자극시 수축한(tonic contraction) 흥색유돌근에서 일정하게 측정되었다. 또한 click음으로 자극하지 않았을 때 이 반응이 나오지 않은 것으로 보아 click음에 의해 유발됨을 확인할 수 있었다. 이 근유발전위는 경부근육에서 얻어지는 복합적인 근전위 반응(complex EMG responses)이며 click을 자극이 없을 때는 평균화 무수정 표면 근전도(averaged unrectified surface EMG)상에 반응이 없이 평평(flat)한 상태로 측정된다. 이것은 비동시성(asynchronous) 운동단위 활동전위의 음성파와 양성파의 소거(cancellation)에 의한 것으로 생각된다. Click음으로 자극했을 때 일부 운동단위 활동전위의 억제가 일어나 비동시성 운동활동전위의 소거(cancellation)가 불완전하게 이루어져 결과적으로 양성-음성 전위파가 생겨 평균화 무수정 근전도상에서 짧은 잡복기의 근유발전위파가 측정된다(Colebatch과 Rothwell, 1993). 이러한 반응은 경부근육을 굽게시키는 것보

다 측부로 회전 굴곡시킬 때 더 잘 나오며 한쪽 귀에 click을 가했을 때 등측 흥채유돌근과 반대측 후경부 근육이 의해 된다고 한다 (Colebatch과 Rothwell, 1993).

이 근유발전위는 두 개로 구분되는 전위파로 구성되어 있다. 즉 첫번째 양성-음성 전위파(P1-N1)와 두번째 음성-양성 전위파이다. Colebatch등(1994)에 의하면 P1-N1 전위파는 전정신경을 경유하여 비교적 일정하게 유발되나, 두번째 전위파는 와우신경을 경유하여 유발되며 광장인에서 항상 일정하게 유발되는 것은 아니라고 한다. P1-N1 전위파는 전정신경, 뇌간, 뇌교, 흥채유돌근의 운동핵, 흥채유돌근의 경로로 disynaptic pathway를 통해 전달되는 것으로 생각되고 있다. 본 연구에서 확인된 바와 같이 이 전달시간은 약 10-14 msec 소요되며 순속반사의 초기반응의 잠복기 10 msec와 비슷하여 뇌간을 통해서 속수로 전달되는 것으로 추정되나 향후 click음에 의해서 유발되는 근유발전위의 정확한 전달경로의 규명이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 흥채유돌근을 최대수축(tonic contraction)시키는 방법으로 2가지 방법 즉 두워를 굽곡(neck flexion)시키거나 한쪽으로 회전하면서 굴곡시키는 방법(neck rotation)을 사용하였는데 이 두 가지 방법 모두에서 근유발전위가 측정되었고, 이 유발전위(P1)의 잠복기 및 전위폭에도 두 검사법 간의 차이가 없었다. 또한 각 군에서 근유발전위(P1) 잠복기 및 전위폭의 좌우 차이가 30%이하였다. 근유발전위(P1)는 비교적 일정한 잠복기를 갖고 있지만, 전위폭은 자극강도가 강할수록, 그리고 근수축이 강할수록 전위폭이 증가한다고 한다 (Colebatch등, 1994). 검사 대상자에 따라서 근육이 수축되는 정도의 차이가 있고 좌우 근육 수축 강도의 차이가 있을 수 있어 유발전위(P1) 전위폭의 개인차 및 좌우차가 심해 임상적 의의가 없을 수 있다. 특히 좌우 각각 흥채유돌근을 회전굴곡시킬 때 좌우에서 수축 강도의 차이가 있어 전위폭의 좌우 비교시 어려움이 많았으나, 이것은 검사시 양축을 뭔 수 있는 한 같은 강도로 수축하게 하면 이러한 양축간의 차이는 사라질 것으로 생각되며, 사실 본 검사결과에서 좌우 차이가 심하지 않았다(30%이하). 따라서 근유발전위(P1)의 전위폭보다는 잠복기 를 비교하는 것이 임상적 의의가 더 있기는 하지만

검사시 양축을 가능한 같은 강도로 수축한다면 근유발전위(P1) 전위폭 자체의 비교는 의의가 없더라도 좌우 차이가 약 30%이상일 때 비정상으로 간주할 수 있을 것이다. 향후 이에 대한 구체적인 검증이 필요하리라고 생각된다.

## 결 론

신경과 영역에서 뇌간 기능을 평가하는 검사법으로는 순속 반사(blink reflex), 뇌간유발전위 검사 등이 있으나 전정-최수 경로, 특히 전정최수로의 기능을 측정하는 검사법은 아직까지는 없었다. 근유발전위는 전정기관이 자극되어 전정핵, 경부운동신경을 통해서 유발되므로 이 과정을 평가하는데 임상적으로 매우 유용한 검사법이다. 또한 검사 자체가 단순하고 비교적 용이하며 임상적으로 유용성이 매우 높은 새로운 검사법이므로 향후 이에 대한 임상적 의의에 대한 연구가 좀더 진행된다면 전정최수로의 기능을 평가하는데 있어서 훌륭한 검사법이 될 것으로 사료된다.

## REFERENCES

- Baloh RW, Honrubia V (1979): *Clinical neurophysiology of the vestibular system*. Philadelphia: FA Davis, 132.
- Barany R (1907): *Physiological und Pathologie des Bogengangsapparates*, Bein Menschen. Deuticke, Vienna.
- Bickford RG, Jacobson JI, Cody DTR (1964): *Nature of averaged evoked potentials to sound and other stimuli in man*. Ann N Y Acad 112:201-233.
- Brandt T Man in motion (1991): *Historical and clinical aspects of vestibular function*. Brain 114:2159-2174.
- Brodal A (1981): *Neurological anatomy*. 3rd edn. New York: Oxford University Press.
- Cody DTR, Bickford RG (1969): *Averaged evoked myogenic responses in normal man*. Laryngoscope 79:400-416.
- Cody DTR, Jacobson JI, Walker JC, Bickford

- RG (1964): *Averaged evoked myogenic potentials to sound in man*. Ann Otol Rhinol Laryngol 80:769-780.
- Colebatch JG, Halmiagyi GM (1992): *Vestibular evoked responses in human neck muscles before and after unilateral vestibular deafferentation*. Neurology 42:1635-1636.
- Colebatch JG, Halmiagyi GM, Skuse NF (1994): *Myogenic potentials generated by a click-evoked vestibulocollic reflex*. J Neurol Neurosurg Psychiatr 57:190-197.
- Colebatch JG, Rothwell JC (1993): *Vestibular-evoked EMG responses in human neck muscles*. J Physiol 473:18P.
- Douek E (1981): *Auditory myogenic response*. In: Beagleby Ha, ed. *Audiology and audiological medicine*. Oxford: Oxford University Press, 769-780.
- Greenwood R, Hopkins A (1976): *Muscle responses during sudden falls in man*. J Physiol 254:501-518.
- Markham (1987): *Vestibular control of muscular tone and posture*. Can J Neurol Sci 14:493-496.
- Meier-Ewert K, Gleitsmann K, Reiter F (1974): *Acoustic jaw reflex in man: its relationship to other brain-stem and microreflexes*. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 36:629-637.
- Melvill JG, Watt DGD (1971): *Muscular responses of landing from unexpected falls in man*. J Physiol 219:729-737.
- Robert KJ, Deralde B (1994a): *Neurotology St. Louis*. Mosby, pp87-88.
- Robert KJ, Deralde B (1994b): *Neurotology St. Louis*. Mosby, pp90-92.
- Szentagothai J (1950): *The elementary vestibulo-ocular reflex arc*. J neurophysiol 13:395-407.
- Townsend GL, Cody DTR (1971): *The averaged nion response evoked by acoustic stimulation: its relation to the saccule*. Ann Otol Rhinol Laryngol 80:121-131.
- Wilson VJ, Maeda M (1974): *Connections between semicircular canals and neck motoneurons in the cat*. J Neurophysiol 37:345-357.