Click음으로 유발된 전정 척수 반사의 Myogenic Potential

연세대학교 이비인후과학교실, 이화여자대학교 이비인후과학교실*
정운교 · 이원상 · 권오휘 · 박상일*

= Abstract =

Click Evoked Myogenic Potentials in Vestibulocollic Reflex

**Woon Kyo Chung, M.D., Won Sang Lee, M.D.,
Oh Hwi Kwon, M.D., Sang Il Park, M.D.***

*Department of Otorhinolaryngology, College of Medicine, Yonsei University, Seoul, Korea
Department of Otolaryngology,* College of Medicine, Ewha Womans University, Seoul, Korea*

Click sound can evoke myogenic potentials in active sternocleidomastoid(SCM) muscle. These are due to activity of vestibular afferent rather than cochlear, which produce very short latency inhibition of ipsilateral motor unit activity. 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 muscles activation. EMGs were recorded from surface electrode evoked by sound stimuli(95dB SPL, 5/sec repetitive rate, 512 times) over SCM muscles on each side. Myogenic potentials have two biphasic responses which were termed P1, N1, P2, N2 based on the polarity of their components. The subjects were 24 normal volunteers. EMG recordings were obtained from 12 subjects(Group 1) who keeped head 10 cm above ground in supine position to activate their neck flexors to the degree required through the averaging runs(bilateral SCM muscles activation method). EMGs from another 12 subjects(Group 2) were recorded by rotating head to the opposite side to activate SCM muscle throughout the procedure(unilateral SCM muscle activation method).

The latencies and amplitudes of myogenic potentials in the SCM muscle after stimulation were analysed and compared between the two methods. The latencies(msec) of P1 and N1 were 11.2±2.4, 21.7±1.1 respectively in Group 1 and 13.3±2.4, 23.0±1.1 respectively in Group 2. The amplitude(uV) of P1-N1 were 38.78.1 in Group 1 and 33.28.1 in Group 2. There were no significant differences in latencies and amplitudes of P1 and N1 between the groups($p > 0.05$). Unilateral muscle activation is easier and comfortable than the bilateral muscle activation and there were no significant difference in latency and amplitude of P1. The myogenic potential of unilateral vestibular function loss disappeared in a patient who was labyrinthectomized but there was normal response of potential

논문접수일 : 1996년 9월 19일
심사통과일 : 1997년 1월 30일

in a patient who is profound sensory neural hearing loss. Click evoked myogenic potentials is a simple method of examining vestibulocollic reflex. Click evoked myogenic potential is related to vestibular status. **(Korean J Otolaryngol 40 : 4, 1997)**

KEY WORDS : Myogenic Potential · Vestibulocollic reflex · Click evoked EMG.

서 론

전정 척수 반사는 개체의 자세를 유지하기 위한 중요한 반응으로 전정계가 이를 이용하여 근육의 긴장 상태를 조절하는 것으로 알려져 있다[13]. 이러한 현상은 개체가 급성 편측 전정 기능 소실시에 목과 눈의 강직성 편측 편위가 동측으로 되는 것으로 쉽게 알 수 있다[25)27)].

소리자극으로 유발되는 이니온 반응(inion reflex)은 1960년대 이후로 많은 연구가 되었다[3)4)6)9)10)11)14)15)16)17)24)28)34)35)]. 최근에 흉쇄유돌근에서 쉽게 이니온 반응과 같은 성격의 클릭음 유발 근 전위(click - evoked myogenic potential)가 와우의 상태와 관계없이 전정계의 상태에 영향을 받는 전정 척수 반사라는 연구 보고가 있었다[13].

이에 저자들은 정상 흉쇄유돌근의 클릭음 유발 근전위를 구하고 전정 기능 검사로서의 유용성을 알아보기 위한 기초 연구를 하기 위하여 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

대상으로는 이신경학적으로 정상인 20대에서 30대의 성인 24명을 두 개의 군으로 나누어서 1군(n=12)은 누운 자세에서 머리를 바닥에서 10cm정도 간격을 유지하여 양측 흉쇄유돌근의 수축을 유발시킨 후 양측 흉쇄유돌근에서 근 전위를 동시 측정한 군이며 2군(n=12)은 누운 상태에서 머리를 오른쪽이나 왼쪽으로 회전시키려는 힘을 주면서 우측 회전 시에 좌측의 흉쇄유돌근을 수축시켜 좌측의 근 전위를 측정하고 좌측 회전 시에는 우측의 근 전위를 측정하는 군으로 구분하였다. 소리 자극은 95 dB의 크기로 초당 5회의 속도로 512회 반복하여 클릭음을 양측 귀에 동시에 주었으며 모든 군에서 소리 자극을 주는 경우와 안주는 경우를 측정하고 근전도 기계는 Cadwell사의 Excel model을 이용하였다. 각각의 검사는 모두 10분간의 간격으로 검사를 재 시행하여 두 개의 값을 구하고, 흉쇄유돌근에 피부 부착 전극을 이용하여 하나는 흉쇄유돌근 중앙의 상부 가운데의 최대 수축부위와 다른 하나는 흉쇄돌기에 부착한 후 근 전위를 측정하였으며 이상성의(biphasic) 반응 중에서 첫 번째와 두 번째 나타나는 파중에 positive wave는 P1, P2로 negative wave는 N1, N2로 구분하였다. P1, P2, N1, N2의 각각의 파에서 정점까지의 latency와 P1 - N1과 P2 - N2의 amplitude를 측정하였다. 통계 분석을 위하여 paired t - test를 이용하였다.

대조군을 위하여 양측의 고도의 감각신경성 난청이 있는 환자 1명과 메니에르 환자 중에서 미로절제술 후 편측 전정기능이 완전 소실된 환자 1명의 근 전위를 같은 방법으로 측정하였다.

결 과

동시 측정방법으로 측정한 경우와 단일 측정법에서 정상인에서 나타나는 이상성 파를 볼 수 있으며 소리 자극을 주지 않은 경우는 모든 예에서 반응이 없는 것을 볼 수 있었다(Fig. 1).

Latency의 변화는 P1의 경우 1군에서 11.2msec, 2군은 13.3msec이고 N1은 1군에서 21.7msec, 2군에서 23.0msec이었고 P2는 1군에서 39.4msec, 2군에서 43.3msec이고 N2는 1군에서 55.5msec, 2군에서 61.7msec이었으며 두 군간에 통계적 차이는 없었다 ($p > 0.05$) (Table 1).

Amplitude는 P1 - N1에서 1군의 경우 38.7uV, 2군에서 33.2uV이며 P2 - N2는 1군에서 34.0uV, 2군에서 40.9uV로 두 군간의 통계적 차이는 없었다($p > 0.05$). 그러나 amplitude는 latency에 비하여 값의 변화

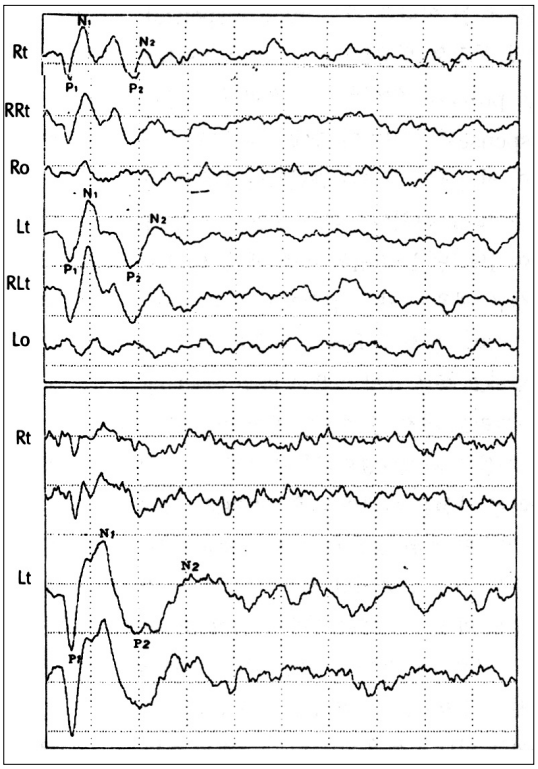

Fig. 1. (A ; upper) Normal click evoked myogenic potential shows two biphasic wave on both side of SCM muscle by both activation method. Retest of potential is same wave as the first(RRt ; retest of right SCM potential, RLt ; retest of left). The normal biphasic wave is not shown when there is no click sound(Ro, Lo). (B ; Lower) Normal biphasic wave of left SCM is shown by unilateral muscle activation method.

Table 1. Mean of latency and amplitude of click evoked myogenic potentials

		Group 1(n=12)	Group 2(n=12)
Latency	P1	11.2±2.4*	13.3±2.4*
(msec)	N1	21.7±1.1*	23.0±1.1*
	P2	39.4±0.7*	43.3±0.7*
	N2	55.5±0.1*	61.7±1.1*
Amplitude	P1-N1	38.7±8.1*	33.2±8.1*
(uV)	P2-N2	34.0±9.9*	40.9±9.9*

*mean standard deviation, there were no significant differences between two groups($p > 0.05$).
P1 : latency of first positive wave, P2 : latency of second positive wave, N1 : latency of first negative wave, N2 : latency of second negative wave, P1-N1 : amplitude of first wave, P2-N2 : amplitude of second wave

Table 2. Asymmetry of myogenic potentials recorded over SCM muscles on each side after two different muscle activations

Asymmetry	Group 1(%)	Group 2(%)
P1	1.4± 7.5	0.9± 7.7
N1	1.6± 4.4	0.3±12.7
P2	0.1± 8.6	2.3±10.6
N2	2.2± 7.1	3.5±11.6
P1-N1	2.9±22.9*	2.2±27.4*
P2-N2	3.2±16.4*	2.5±25.7*

There is no significant differences between two groups ($p>0.05$). *degree of asymmetry of amplitude was larger than latency

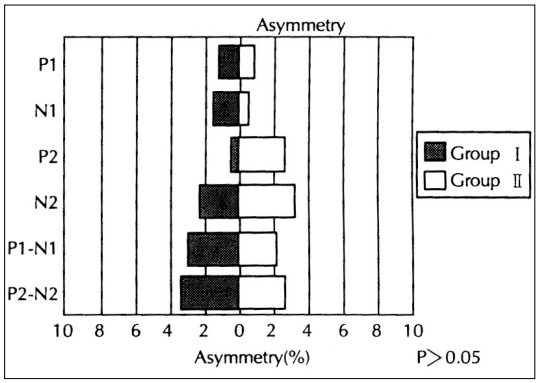

Fig. 2. The asymmetry of myogenic potential. There is no difference between group I and group II. All of the values are less than 30%. The asymmetry of amplitude is larger than latency.

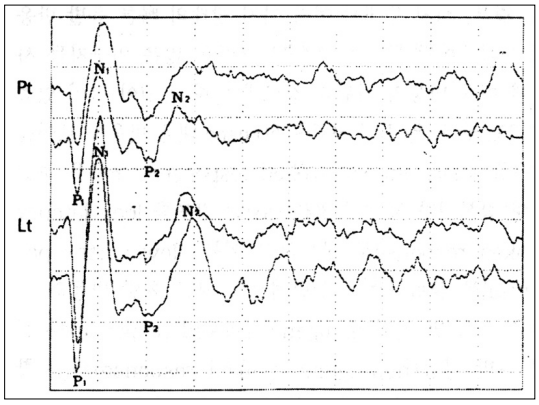

Fig. 3. The patient who has both severe sensory neural hearing loss shows normal myogenic potential on both side.

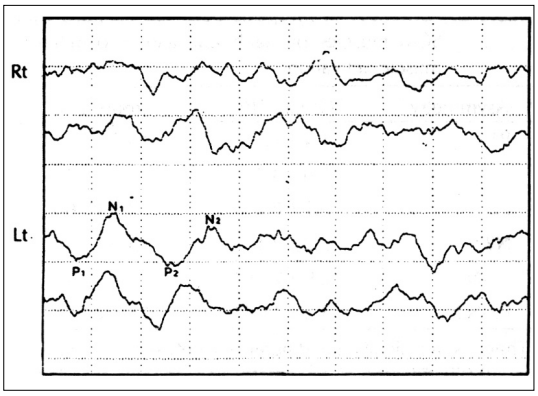

Fig. 4. There is no myogenic potential of right SCM but normal myogenic potential of left SCM after right vestibular function loss by labyrinthectomy.

가 커서 편차가 크게 나타났다(Table 1).

좌측과 우측의 근 전위에 대한 좌우 대칭값은 latency와 amplitude에서 모두 평균값이 10이내로 latency에서는 95%의 신뢰구간에서 30%내에 있었으나 amplitude는 값의 변화의 폭이 크게 나타났으며(Table 2)(Fig. 2), 양측 고도의 감음 신경성 난청이 있는 환자에서 측정한 근 전위는 난청이 있음에도 불구하고 좌우 정상 반응을 보였으며(Fig. 3), 우측의 미로 절제술 시행후 우측 편측 전정기능이 소실된 환자에서 좌측은 근 전위가 이상성으로 나타났지만 우측은 소실되었다(Fig. 4).

고 찰

1958년 Geisler 등이 소리 자극에 의하여 두개 외에서 컴퓨터에 의한 평균법이나 합산법으로 측정되는 빠른 유발 반응(fast evoked response)을 도입한 이래로[21)22)] 두피, 경부, 사지 등에서 여러 가지 형태의 빠른 유발 반응이 기록되어[3)4)5)6)9)11)14)15)16)24)28)29)31)34)35)39)] 많은 연구자들 사이에 이들 반응의 기원과 경로에 대한 논쟁이 많이 있었다. Davis 등은 소리 자극후 50msec 내에 반응을 보이는 경우를 short latency evoked response로 구분을 하였으며 잠복기가 50에서 300 msec인 경우를 long latency evoked response로 구분하고 이를 slow vertex potential로 불렀다[14)15)]. 일반적으로 빠른 유발 반응의 기원은 근 유발 전위(myogenic evoked response)와 신경 유발 반응(neurogenic evoked response)의 혼합 반응으로 이야기하였으나[16)34)39)] Bickford와 Cody는 빠른 유발반응의 주된 부분은 근발생성 기원이고 이를 sonomotor response나 audiomotor response라고 하였다[3)4)5)11)]. 이는 다시 정립되어 3가지의 반응으로 구분되었는데 1) 이니온 반응(inion response)[4)] 2) 짧은 잠복기의 두정부 반응(short-latency vertex and parietal response)[23)24)34)35)], 3) 후이개 반응(postauricular response)[28)29)]이며 이 중에 이니온 반응은 청력과 관계가 없이 전정계의 기능과 관련되어 있으며 높은 역치를 지닌 반응이라고 하였다[4)]. 빠른 유발 반응의 기전과 경로에 대하여 1967년 Ruhm은 이중 체계(dual system)를 지닌 가설을 세우고 와우 신경계에 의한 반응은 낮은 역치의 반응이며, 전정 근육계의 반응은 높은 역치의 반응으로 설명하고 빠른 유발 반응은 와우 근육반응과 와우 신경반응, 그리고 전정 근 반응의 종합 반응으로 나타날 수 있다는 가설을 제기하였으나[39)] 실제로 여러 연구자에 의하여 이러한 가설은 아래와 같은 3가지로 구분이 되었다. 후이개 반응의 주된 성분은 와우 근육계의 발생이며, 이니온 반응은 전정 근육계의 발생이고, 짧은 잠복기의 두정부 반응은 와우 신경계와 와우 근육계, 전정 근육계의 반응으로 구성되어 있다고 하였다[44)]. 그러므로 소리 자극에 의하여 유발되는 두 가지 순수한 short latency 근전위는 첫째는 이니온 반응으로 이는 두피의 이니온에서 가장 크게 측정되어 두개외 근육에서 발생된 것으로[4)22)] Cody 등은 이니온 반응이 와우의 기능과 관계가 없이 전정신경의 상태와 관계가 있다고 하고[11)] 정상인에서 이니온 반응이 loud tone-burst에 의하여 후경부 근육의 긴장 상태에 대항하여 발생된다고 하였다[10)]. 두 번째 반응은 후이개 반응으로[29)] 이는 후이개 근육에서부터 기원하여[28)] 와우의 기능과 관련되고[44)] 정상인에서 일정하게 측정되므로 청력검사로 이용되고 있다[12)]. 1971년 Townsend 등은 이러한 두 가지 반응을 구분하고 정상인에서의 이니온 반응을 연구하여 이니온 반응과 후이개 반응은 서로 다른 반응이며 이니온 반응의 말초 수용체를 구형낭이라고 정리하였다[41)].

이러한 클릭음 유발 전위가 순수한 근 발생성인지 아

니면 와우의 기능에 따른 피질 성분이 포함되어 있는지에 대한 의문점과 와우의 기능 뿐 아니라 전정계의 기능과 관련된 혼합 반응인지에 대한 문제를 풀기 위하여 여러 연구자들이 연구하여 클릭음 유발 전위는 순수한 근발생성이며 전정계의 기능과 관련있다고 결론 지었다. William과 Davis 등에 의하면 순수한 피질 성분은 인간에서 두정부에서 측정될 수 있다고 하였으며[17)42)], Cody는 이니온 반응이 경부 근육의 긴장에 따라 진폭의 차이가 있다고 하였으며 경부의 굴곡 시에는 반응의 크기가 증가하고 경부의 신전 시에는 감소하는 것을 보고하였다[4)11)]. 또한 경부를 완전히 이완시키면 반응이 전부 소실되는 것으로 보아 이니온 반응이 완전히 근발생이라고 하였다[11)]. 더욱이 이러한 연구는 다른 부위 근육의 긴장 측정에서 상지에서는 latency가 25에서 30msec, 그리고 하지에서는 50에서 60msec의 latency를 지니는 클릭음 자극에 의한 반응이 있음을 보고하였으며, 또한 이러한 반응이 모두 curare에 의하여 억제되는 것을 보고하여 클릭음 유발 이니온 반응이 순수한 근발생성 반응임을 증명하였다[11)]. 그러므로 이러한 이니온 반응이 근 발생성이며 전정 기능과 관련이 있다는 것은 의심할 여지가 없는 것이다[11)39)]. 와우의 기능과 관련된 두정부 반응과 이니온 반응의 다른 점은 최대 반응의 측정 위치가 서로 다른 부위라는 점과, 두정부 반응은 이니온 반응보다 잠복기가 길며(이니온은 10msec내외, 두정부 반응은 70msec내외) 이니온 반응은 경부의 근육의 긴장에 의하여 영향을 크게 받지만 두정부 반응은 영향을 받지 않는다는 점이며 또한 이니온 반응은 두정부 반응보다 빠른 속도의 클릭음에 반응을 할 수 있다는 점이다[11)]. 본 연구에서는 클릭음을 준 경우는 재검사하여도 모두 같은 정도의 반응이 나타났으나 소리 자극을 제거한 뒤에는 반응이 모두 소실되는 것으로 보아 클릭음에 의하여 유발되는 반응임을 알 수 있었으며, 양측에 고도의 청력 소실이 있는 환자에서 95dB SPL 소리자극을 주어도 정상인과 같은 근전위가 측정되어 청력의 상태와는 관계없는 것을 알 수 있었다.

Colebatch등은 경부의 흉쇄유돌근에서 전위를 처음으로 측정하여 이것이 순수한 근 발생성 기원이며 와우에 관계없이 전정계의 상태에 영향을 받음을 최근 보고하였고[13)], 편측 흉쇄유돌근의 수축 방법과 양측 흉쇄유돌근의 측정 방법을 동시에 시행한 결과 최대 잠복기의 변화는 first positive wave의 latency는 13.3(1.5) msec이었으며 first negative latency는 22.6(2.4) msec로 본 연구자의 결과와 비슷하였고 second positive latency는 28.6(2.3)msec이며 second negative latency는 33.8(2.4)msec로 second latency는 일정하지 않고 변화의 폭이 많은 것으로 나타났다. 이것은 본 저자의 연구에서 표준편차의 차이가 second positive와 negative wave에서 큰 것과 같은 결과로 근 전위가 잠복기가 길어 질수록 와우 신경 반응이나 다른 전정 신경계 반응 등 다른 요인들에 영향을 쉽게 받기 때문으로 생각되며 클릭음 유발 전위의 분석에는 첫 번째 반응의 positive와 negative 파의 분석만이 전정척수반사의 임상적용이 될 것이라고 본다.

흉쇄유돌근의 수축을 유지하는 방법중에 머리를 지면으로부터 10cm 정도 들어올린 상태로 측정하는 동시 측정방법(bilateral muscle activation)은 소리자극을 512번 줄 때까지 적어도 100초이상 자세를 유지해야 하는데 전정계에 질환으로 인한 평형장애 환자나 나이가 많은 환자에서 시행하는 것이 매우 힘들다. 그러나 단일 측정 방법은 피검사자가 동시 측정 자세보다 검사자세를 계속 유지하기가 쉬우며 반복하여 측정할 수 있는 장점이 있다. 그러므로 본 연구 결과에서 동시 측정방법과 단일 측정방법에 의한 근 전위의 값을 비교한 결과에 차이가 없기 때문에 앞으로 전정척수 반사의 클릭음 유발 전위 검사는 단일 측정 방법을 사용하여 쉽게 임상 적용을 할 수 있으리라 사료된다.

실제 근 전위의 분석시 문제점은 근전위의 amplitude가 경부 근육의 활성도의 크기에 따라 영향을 받는 것인데, 근육의 최대 수축을 유도하여 나오는 반응은 평균 60uV정도이지만 대상자가 근육 수축의 정도를 일정하게 할 수 없으며 개체간의 차이가 많이 있으므로 amplitude 변화의 폭이 크기 때문에 이에 대한 분석에 한계가 있다[4)13)]. 그러므로 근육의 수축을 검사자의 모두에게 쉽게 그리고 일정하게 유지시킬 수 있는 방법이나 개체간의 차이를 수정할 수 있는 방법의 연구가 반드시 필요하다.

이니온 반응의 말초 수용체에 대한 연구로 세반규관보다 난형낭과 구형낭이 주된 수용체라는 보고가 있다. 이는 streptomycin 이독성에 의하여 반규관의 기능이 없는 환자에서도 이니온 반응이 나타나며 streptomycin은 난형낭과 구형낭에 손상을 적게 한다는 사실과 온도 자극에 반응이 없는 내림프 수종 환자에서는 이니온 반응이 잘 유발되지 않는데 이는 내림프 수종의 경우 주로 난형낭과 구형낭에 손상을 주기 때문으로 해석하고 있다[36)41)]. 위와 같은 사실을 보면 이니온 반응이 난형낭과 구형낭과 관련되어 있으며, 또한 내림프 수종 환자에서 난형낭보다는 구형낭에 손상이 더 많이 나타나는 것으로 보아[1)30)] 구형낭과 더욱 관련되어 있다고 생각하고 있다. Tait와 McNally 등은 개구리의 구형낭이 진동의 수용체라고 보고하였으며[40)], Asheroft와 Hallpike 등은 구형낭에서 활동성 전위를 측정하여 512 Hz 이상의 주파수를 가진 진동에 반응을 하는 것을 발견하였다[2)]. 그리고 Lowenstein과 Roberts는 구형낭과 난형낭을 저주파로 자극하려 하였으며 120Hz의 주파수까지 구형낭이 자극을 수용하는 것으로 이야기하였다[32)33)]. 그러나 난형낭은 구형낭에서 반응하는 120Hz 정도로 높은 진동에 반응을 한다는 보고가 없다. 이러한 추측이 사실이라면 인간의 구형낭은 고음역의 소리에 반응을 한다고 사료된다[41)]. 그러므로 동물 실험에서 클릭음이 구형낭의 구심성 수용체를 자극 활성화 시킨다고[18)] 결론 지으며 Bickford와 Cody 등이 이에 대한 선구자적인 연구를 하였다[4)10)]. 원숭이에서도 구심성 전정계는 소리 뿐만이 아니라 진동에 의하여 자극된다고 알려져 있다[45)]. 최근에 이러한 자극방법을 이용하여 Halmagyi 등은 두개골을 가볍게 두드리는 방법을 이용하여 흉쇄유돌근에서 클릭 유발 전정 척수 반사와 유사한 반응을 보고하였다. 이것을 Tapevoked response라고 하고 초기 유발반응의 잠복기가 10msec내에 있으며 이는 전정계에서 발생하는 것으로 두개골을 통한 진동이 자극을 하여 나타내는 클릭음 유발 반응의 일종으로 전정계를 진동 자극에 대한 말초 수용체로 설명하였고[26)] 최근에 Colebatch 등에 의하면 클릭음 유발 근전위가 전정 신경 절단에 의하여 소실되는 경우를 보고하여 구형낭과 난형낭의 자극 정보가 전정 신경을 타고 뇌간으로 전달됨을 추측하였다[12)].

근유발 반응의 경로는 초기 반응이 빠른 전도 속도로 두 개의 신경 연결부를 가지는데 여기에서 관찰되는 latency의 합은 수용체의 활성과 뇌간까지 전달, 뇌교로부터 흉쇄유돌근의 근육의 운동핵까지의 전달, 그리고 운동핵에서 근육까지 전달되는 데에 걸리는 시간의 합으로 나타난다. 기니아픽에서 클릭음에 의한 자극이 하전정신경까지 나타나는데 걸리는 시간은 0.05msec라고 하였으며[18)] 고양이에서는 전정신경의 전기적 자극 시에 축삭에서 나타나는 유발전위가 뇌간에 들어가는데 걸리는 시간이 0.66msec라고 하였다[37)]. 원숭이와 기니아픽에서 전정 신경 섬유의 굵기가 비슷하다고 가정하고[20)] 인간에서 가장 큰 전도성을 인정할 때 말초 수용체에서 뇌간까지의 전달 시간은 적어도 1msec임을 추측할 수 있다. 흉쇄유돌근에 분포하는 신경은 2번째에서 5번째 척추 신경으로[7)] Brown은 척수에서 흉쇄유돌근까지의 delay는 5.2msec라고 이야기하였으며[8)], 이후에 이러한 연구에서 결론적으로 positive potential까지의 걸리는 잠복기는 8msec라는 보고가 많이 있다. 본 연구에서는 잠복기가 10msec 전후로 동물실험에서 측정된 것과 2msec 정도의 차이가 있지만 개체 크기의 해부학적인 차이를 생각한다면 인간에서의 근전위 유발후 잠복까지의 경로에 대한 이해를 할 수 있다.

전정 척수 신경핵은 대부분 단일 신경접합을(monosynaptic) 하며 동측의 미로로부터 자극을 받는 것으로 알려져 있고[38)], 외측 전정 척수 경로(lateral vestibulospinal tract)는 lateral(Deiter's) nucleus에서 기원하여 동측으로 방사된다고 한다. 동측의 전정 신경에서부터 자극은 주로 복측 외전정 척수 경로를 통하여 경부로 전달된다고 한다[43)]. 구형낭의 구심성 신경도 외측 전정 척수 경로에서 끝나며 이 중 적어도 하나가 흉쇄유돌근의 핵에 도달하는 것으로 보인다[19)]. 본 연구에서 정상인의 클릭음 유발전위의 latency와 amplitude의 좌우 값의 비대칭성이 10 이내로 좌우 차이가 적고, 미로절제술을 시행하여 전정기능이 완전 소실된 환자에서 동측의 유발 근전위가 없으나 건측에는 정상 유발 근전위가 나오는 것을 확인할 수 있어 유발 근 전위가 동측 전정기능의 상태에 영향을 받음을 추측할 수 있다. 이

는 편측 신경절단술을 시행한 경우 클릭음 유발 근 전위가 소실되는 연구[13]와 결과가 같으나 이에 대한 해부 생리학적인 연구 및 임상적 유용성에 대한 많은 연구가 있어야 할 것이다.

결 론

흉쇄유돌근의 클릭음 유발 근 전위는 단일 측정과 동시 측정 방법에서 amplitude와 latency에 차이가 없음을 알 수 있으며, first positive wave와 first negative wave가 다른 wave보다 일정하게 나타나고 와우의 상태와 관계없이 전정계의 상태에 영향을 받는 것을 알 수 있다. 그러므로 클릭음 유발 근 전위가 전정기능의 병적인 상태를 측정할 수 있는 새로운 검사 방법이 될 수 있을 것으로 생각되지만 이들에 대한 해부 생리학적 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

References

1) Altmann F, Kornfeld M : *Histological studies of Meniere's disease. Ann Otol 74 : 915-946, 1965*
2) Asheroft DW, Hallpike CS : *On the function of the saccule. J Laryngol 49 : 450-460, 1934*
3) Bickford RG, Galbraith RF, Jacobson JL : *The nature of averaged evoked potentials recorded from the human scalp. Electroenceph clin Neurophysiol 15 : 720-725, 1963*
4) Bickford RG, Jacobson JL, Cody DTR : *Nature of averaged evoked potentials to sound and other stimuli in Man. Ann NY Acad Sci 112 : 204-223, 1964*
5) Bickford RG, Jacobson JL, Garbraith RF : *A new audiomotor system in man. Electroenceph Clin Neurophysiol 15 : 992, 1963*
6) Borsanyi SJ, Blanchard CL : *Auditory evoked brain responses in man. Arch Otolaryngol 80 : 149-153, 1964*
7) Brodal A : *Neurological anatomy. 3rd Ed, New York, Oxford university Press, 1981*
8) Brown P, Thompson PD, Rothwell JC, et al : *Axial myoclonus of propriospinal origin. Brain 114 : 197-214, 1991*
9) Celesia GG, Broughton RJ, Rasmussen T, et al : *Auditory evoked responses from the exposed human cortex. Electroenceph Clin Neurophysiol 2 4 : 458-463, 1968*
10) Cody DTR, Bickford RG : *Averaged evoked myogenic responses in normal man. Laryngoscope 79 : 400-416, 1969*
11) Cody DTR, Jacobson JL, Walker JC, et al : *Averaged evoked myogenic and cortical potentials to sound in man. Ann Otol 73 : 763-777, 1964*
12) Colebatch JG, Halmagyi GM : *Vestibular evoked potentials in human neck muscles before and after unilateral vestibular deafferentation. Neurol 42 : 1635-1636, 1992*
13) Colebatch JG, Halmagyi GM, Skuse NF : *Myogenic potentials generated by click-evoked vestibulocollic reflex. J Neurol Neurosurg Psychiatry 57 : 190-197, 1994*
14) Davis H : *Slow cortical responses evoked by acoustic stimuli. Acta Otolaryngol 59 : 179-183, 1965*
15) Davis H : *Sonomotor reflexes : Myogenic evoked potentials. In The Young Deaf Child : Identification and Management (Ed : Davis H). Acta Otolaryngol Suppl 206 : 122-128, 1965*
16) Davis H, Engebretson M, Lowell EL, et al : *Evoked responses to clicks recorded from the human scalp. Ann N Y Acad Sci 112 : 224-230, 1964*
17) Davis H, Yoshie N : *Human evoked cortical responses to auditory stimuli. Physiologist 6 : 164-169, 1963*
18) Didier A, Cazals Y : *Acoustic responses recorded from the saccular bundle on the eighth nerve of the guinea pig. Hear Res 37 : 123-128, 1989*
19) Didier A, Cazals Y, Aurousseau C : *Brainsteam connections of the anterior and posterior parts of the saccule of the guinea pigs. Acta Otolaryngol 104 : 385-391, 1987*
20) Gacek RR, Rasmussen GL : *Fiber analysis of the steroacoustic nerve of guinea pigs, cat, and monkey. Anat Rec 139 : 455-463, 1961*
21) Geisler CD : *Average responses to clicks in man recorded by scalp electrodes. Res Lab Electron, Mass Inst Technol, Tech Rept No. 380*
22) Geisler CD, Frishkopf LS, Rosenblith WA : *Extracranial responses to acoustic clicks in man. Sci 128 : 1210-1211, 1958*
23) Goldstein R : *Sonomotor reflexes : Myogenic evoked potentials. In the young deaf child : Identification and Management (Ed : Davis H). Acta*

Otolaryngol Suppl 206 : 127-131, 1965

24) Goldstein R, Rodman LB : *Early components of averaged evoked responses to rapidly repeated auditory stimuli. J Speech Hearing Res 10 : 167-170 , 1967*

25) Halmagyi GM, Curthoys IS, Brandt T, et al : *Ocular tilt reaction : Clinical sign of vestibular lesion. Acta Otolaryngol Suppl 481 : 47-50, 1991*

26) Halmagyi GM, Yavor RA, Colebach JG : *Tapping the head activates the vestibular system : A new use for the clinical reflex hammer. Neurol 45 : 1927-1929, 1995*

27) Holrmes G : *Introduction to clinical neurology, Edinburgh, Livingstone, pp139-140, 1952*

28) Jacobson JL, Cody DTR, Lambert EH, et al : *Physiological properties of the post-auricular response (sonomotor) in man. Physiologist 7 : 167-171, 1964*

29) Kiang NYS, Christ AH, French MA, et al : *Postauricular electric response to acoustic stimuli in humans. Quart Prog Rep, Res Lab Electronics, Mass Inst Tech, Cambridge, Massachusetts 68 : 218-225, 1963*

30) Lindsay JR, Kohut RI, Sciarra PA : *Meniere's disease : Pathology and manifestations. Ann Otol 76 : 5-22, 1967*

31) Lowell EL : Sonomotor reflexes : *Myogenic evoked potentials. In the young deaf child : identification and management (Ed : Davis H). Acta Otolaryngol Suppl 206 : 124, 1965*

32) Lowenstein O, Roberts TDM : *Oscillographic analysis of the gravity and vibration responses from the labyrinth of the thornback ray (Raja Clavata). Nature 162 : 852-853, 1948*

33) Lowenstein O, Roberts TDM : *The localization and analysis of the responses to vibration from the isolated elasmobranch labyrinth : A contribution to the problem of the evolution of hearing in vertebrates. J Physiol 114 : 471-489, 1951*

34) Mast T : *Muscular vs. cerebral sources for the short-latency human evoked responses to clicks. Physiologist 6 : 229-234, 1963*

35) Mast T : *Short-latency human evoked responses to clicks. J appl Physiol 20 : 725-729, 1965*

36) McGee TM, Olszewski J : *Streptomycin sulfate and dihydrostreptomycin toxicity : Behavioral and histopathologic studies. Arch Otolaryngol 75 : 295-311, 1962*

37) Precht W, Shimazu H : *Functional connections of tonic and kinetic vestibular neurons with primary vestibular afferents. J Neurophysiol 28 : 1014-1028, 1965*

38) Rapoports S, Susswein A, Uchino Y, et al : *Properties of vestibular neurons projecting to neck segments of the cat spinal cord. J Physiol 268 : 493-510, 1977*

39) Ruhm H, Walker E, Flangin H : *Acoustically-evoked potentials in man : Mediation of early components. Laryngoscope 77 : 806-822, 1967*

40) Tait J, MaNally WJ : *An analysis of the limb responses to semicircular canal stimulation in the frog. Ann Otol 38 : 1121-1144, 1929*

41) Townsend GL, Cody DTR : *The averaged inion response evoked by acoustic stimulation : Its relation to the saccule. Ann Otol (St. Louis), 80 : 121-131, 1971*

42) Williams HL, Tepas DI, Morlock HC Jr : *Evoked responses to clicks and electro-encephalographic stage of sleep in man. Sci 138 : 685-686, 1962*

43) Wilson VJ, Peterson BW : *Vestibulospinal and reticulospinal system. In : Books VB, Ed. Handbook of Physiology, section 1 : motor control. Bethesda, MD : American Physiological Society 2 : 667-702, 1981*

44) Yoshie N, Okudaira T : *Myogenic evoked potential responses to clicks in man. Acta Otolaryngol Suppl 252 : 89-103, 1969*

45) Young ED, Fernandez C, Goldberg JM : *Responses of squirrel monkey vestibular neurons to audio-frequency sound and head vibration. Acta Otolaryngol 84 : 352-360, 1977*