

고실내 유도법에 의한 정상인의 전기와우도

부산대학교 의과대학 이비인후과학교실

전경명 · 고의경 · 왕수건 · 방의경 · 윤종근 · 홍대영

= Abstract =

Transtympanic Electrocholeography in normal persons

Kyong Myong Chon, M.D., Eui Kyung Goh, M.D., Soo Geun Wang, M.D.,
Eui Kyung Bang, M.D., Jong Geun Yoon, M.D., Dae Young Hong, M.D.

*Department of Otolaryngology, College of Medicine,
Pusan National University*

Electrocochleography(ECoG) is a clinically useful method for diagnosis of endolymphatic hydrops. Transtympanic ECoG was performed on 21 normal persons for obtaining basic data to diagnose Meniere's disease. We measured the SP, AP and SP/AP ratio, and evaluated the effect of stimulus rate & intensity on these parameters.

The results were as follows :

1) As the stimulus rate was increased, the latencies of SP and that of AP were increased, the amplitude of AP was decreased due to adaptation, but the amplitude of SP was not changed.

2) As the intensity was decreased, the amplitude of SP and AP were decreased and the latencies of SP and that of AP were lengthened. In normal persons, the amplitude of SP and that of AP were $3.70 \pm 1.56 \text{ mV}$ and $13.68 \pm 6.11 \text{ mV}$ respectively and the average of latencies of SP and AP are $1.36 \pm 0.06 \text{ msec}$ and $1.75 \pm 0.06 \text{ msec}$ respectively.

3) The SP/AP ratio was 0.27 ± 0.06 .

KEY WORDS : Transtympanic ECoG · Action potential · Summating · potential · SP/AP ratio.

서 론

전기와우도(Electrocochleography, ECoG)는 와우의 인접한 곳에 전극을 놓고, 음자극으로 와우와 청신경의 생체전위를 유발하여 측정하는 방법으로 cochlear microphonics(CM), summating potential(SP) 및 action potential(AP)의 3가지 전위를 측정할 수 있다. 이 중

SP는 메니엘씨병을 포함한 내임파수종에서 난청의 정도와 관계없이 증가하며, 이러한 dominant SP 소견이 내이질환의 진단에 유용한 정보를 제공해 줄 수 있다.

이 전기와우도를 측정하는 방법은 전극을 놓는 방법에 따라 보통 수술중에만 실시할 수 있는 round window recording, 활성전극을 고막을 통하여 정원창 가까이의 고실갑각에 놓는

transtympanic recording, 활성전극을 고막과 가까이 놓는 extratympanic tympanic recording 및 외이도에 전극을 놓는 extratympanic meatal recording의 4가지로 대별될 수 있다. 이들 중 수술중에만 실시할 수 있는 round window recording을 제외하면 임상적으로 SP를 가장 잘 돌출해 낼 수 있는 방법은 고막을 통한 고실내 유도법이며, 고막외적 방법으로는 SP 검출 및 해석이 어렵다고 알려져 있다²⁰.

이에 저자들은 내임파수종의 진단에 전기와우도를 응용하기 위한 기초자료를 얻고자, 정상인에서 고막을 통한 고실내 유도법을 이용한 전기와우도를 시행하여, 전위를 가장 잘 얻을 수 있는 조건을 비교하여 찾고, 자극빈도와 자극강도에 따른 SP와 AP의 진폭의 변화, 잠복기, SP/AP비를 분석하여 정상치를 구하였다.

연구대상 및 방법

국소소견상 고막이 정상이며, 신경이과학적 질환이 없고, 순음정밀 청력검사의 역치가 모든 주파수에서 20dB 이내인, 20세에서 54세 사이의 남자 11명, 여자 10명의 지원자를 대상으로 하였다.

Iontophoresis를 이용하여 고막 마취를 시행한 후, 추골병의 축을 지나는 선상에서 고막륜과 제와의 거리의 중간지점의 고막 긴장부에 needle 형태의 transtympanic electrode를 찔러 고실의 갑각에 활성전극을 고정시켰으며 (Fig. 1), 기준전극은 동측 유양돌기부분에, 접지전극은 비근에 부착시켰다.

검사기계는 Cadwell Quantum 84형의 전위 유발계기와 TDH-39형의 ECoG headphone을 사용하였다. 음자극은 100msec 교대상 click음을 1초당 10회, 30회, 50회, 70회의 빈도로 하여, 각각에 대해 총 자극 횟수는 300회를 시행하였다. 자극강도에 따른 변화의 관찰은 매초 10회의 빈도로, 87dB 크기에서 시작하여, 80dB에서부터는 10dB씩 감소시켜 AP와 SP의 진폭과 잠복기를 측정하였다.

진폭과 잠복기의 측정은 기준선에서 AP극점의 최대 굴곡이 되는 점까지를 AP진폭으로, 같은 기준선에서 AP의 상향곡선의 굴곡점까지를 SP진폭으로 하였고, 자극음의 개시부터 각각의 극점의 최대 굴곡이 되는 점까지의 경과시간을 잠복기로 하였다 (Fig. 2).

자극에 따른 SP와 AP의 진폭과 잠복기 및 -SP/AP비의 차이는 t-test를 이용하여 통계학적으로 분석하였다.

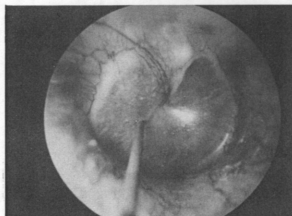


Fig. 1. The active needle electrode.

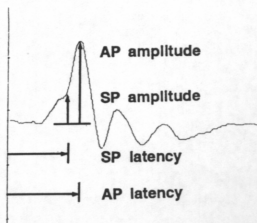


Fig. 2. Measuring method of amplitude and latency of SP and AP.

결 과

1. 자극빈도와 진폭, 잠복기와의 관계 (Table. 1)

Table. 1. Changes of the amplitude and the latency according to repetition rates(stimulus intensity, 87dB)

Repetition rates	Amplitude(μ V)		Latency(msec)	
	SP	AP	SP	AP
10	-3.55 \pm 1.38	13.49 \pm 5.30	1.35 \pm 0.05	1.76 \pm 0.07
30	-3.34 \pm 1.29	10.34 \pm 4.08	1.42 \pm 0.06	1.85 \pm 0.08
50	-3.33 \pm 1.27	9.15 \pm 3.68	1.47 \pm 0.07	1.90 \pm 0.09
70	-3.32 \pm 1.33	8.60 \pm 3.72	1.50 \pm 0.08	1.94 \pm 0.09

87dB에서 초당 10회의 자극을 주었을 때 SP, AP의 진폭의 평균은 각각 -3.55 \pm 1.38 μ V, 13.49 \pm 5.30 μ V이었다. 87dB에서 매초 10, 30, 50, 70회로 자극빈도를 증가시키면 SP진폭은 거의 변화를 보이지 않으나, AP진폭은 감소하였다(Fig. 3, 4).

초당 10회의 자극에서 SP, AP잠복기의 평균치는 각각 1.35 \pm 0.05msec, 1.76 \pm 0.07msec이었고(Fig. 5), SP와 AP의 잠복기는 자극빈도가 초당 10, 30, 50, 70회로 증가할수록 길어졌다.

자극빈도를 10, 30, 50, 70회로 증가시키에 따라 변화한 진폭과 잠복기는 서로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

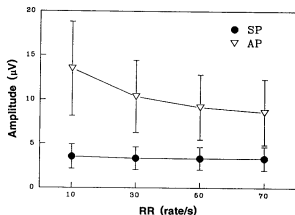


Fig. 4. The relationship between repetition rate and amplitude of SP and AP.

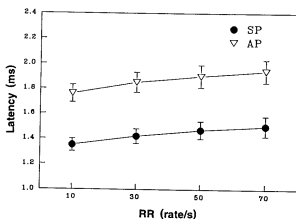


Fig. 5. Repetition rate-latency relation curve of SP and AP.

2. 자극강도와 진폭, 잠복기와의 관계 (Table. 2)

자극빈도를 매초 10회로 하여 자극강도를 87, 80, 70, 60dB로 감소시킬수록 SP와 AP의 진폭은 감소하였다(Fig. 6).

SP 진폭은 87dB에서 -3.70 \pm 1.56 μ V이었고, SP파는 60dB까지는 전례에서 출현하며, 50dB에서는 21명중 2명에서만 나타났으며, 그 이하의 자극강도에서는 나타나지 않았다.

AP진폭은 87dB에서 13.68 \pm 6.11 μ V이었으며, 20dB에서 AP파가 전례에서 나타났고, 대부분 10~20 μ V사이에서 기록되었다(Fig. 7). 자극강도가 감소함에 따라 SP와 AP의 진폭이 서로

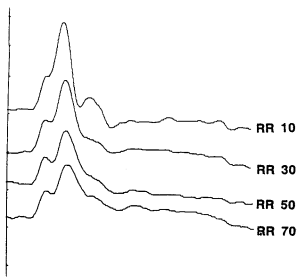


Fig. 3. ECoG according to repetition ratio.

Table 2. Changes of the amplitude and the latency according to intensity (repetition rate, 10/sec)

Intensity (dB)	Amplitude(μ V)		Latency(ms)	
	SP	AP	SP	AP
87	-3.70 \pm 1.56	13.68 \pm 6.11	1.36 \pm 0.06	1.75 \pm 0.06
80	-3.16 \pm 1.46	11.97 \pm 5.22	1.44 \pm 0.08	1.83 \pm 0.07
70	-1.90 \pm 1.00	8.31 \pm 4.50	1.57 \pm 0.09	1.98 \pm 0.11
60	-0.79 \pm 0.68	4.78 \pm 2.07	1.74 \pm 0.09	2.23 \pm 0.15
50	-0.07 \pm 0.22	2.97 \pm 1.20	1.80 \pm 0.09	2.65 \pm 0.26
60		2.13 \pm 0.90		3.08 \pm 0.28
30		1.48 \pm 0.71		3.58 \pm 0.32
20		0.86 \pm 0.46		3.99 \pm 0.28

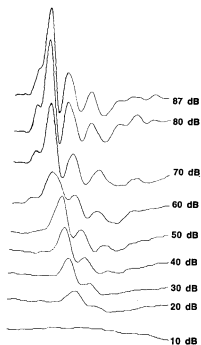


Fig. 6. ECoG according to intensity.

비례하여 감소하지는 않았고, 경사가 가파른 H-curve와 경사가 완만한 L-curve의 경계는 60 dB에서 이루어졌다(Fig. 7, 8).

자극강도가 강할수록 SP와 AP의 잠복기는 짧아졌고, 87dB에서부터 SP가 피검자 모두에게서 나타나는 최저강도인 60dB까지는 SP와 AP잠복기의 감소비율이 비슷하였다(Fig. 8).

60dB에서 70, 80, 87dB로 강도가 증가함에 따라 SP와 AP의 진폭은 유의하게 증가하나 ($p<0.05$), 잠복기는 반대로 70dB에서 10dB씩 감소할수록 의미있게 증가하였다($p<0.05$).

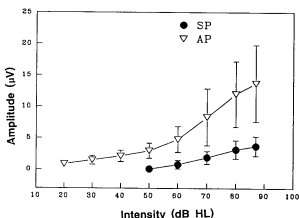


Fig. 7. Input-output relation of SP and AP.

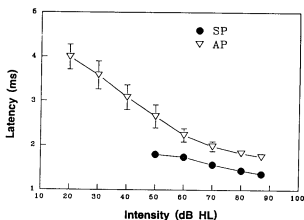


Fig. 8. Intensity-latency relation of SP and AP.

3. 자극빈도, 자극강도와 SP/AP비와의 관계 (Table. 3, 4)

87dB의 일정한 강도로 자극할 때 자극빈도의 증가에 따라 SP는 거의 일정하여 큰 차가 없고, AP는 감소하여, -SP/AP비는 증가하였다 ($p<0.05$)(Fig. 9).

일정한 자극빈도인 매초 10회의 자극을 가 하였을 때 87dB에서 -SP/AP비는 87, 80, 70 dB에서 각각 평균 0.27 ± 0.06 , 0.26 ± 0.05 , 0.24 ± 0.09 로 거의 비슷하였다(Fig. 10).

Table 3. Changes of the SP/AP ratio according to repetition rate(intensity, 87dB)

RR	mean \pm SD
10	0.27 \pm 0.06
30	0.34 \pm 0.08
50	0.37 \pm 0.07
70	0.40 \pm 0.08

*RR : repetition rate

Table 4. Changes of the SP/AP ratio according to intensity(repetition rate, 10)

Intensity(dB)	mean \pm SD
87	0.27 \pm 0.06
80	0.26 \pm 0.05
70	0.24 \pm 0.09
60	0.19 \pm 0.08

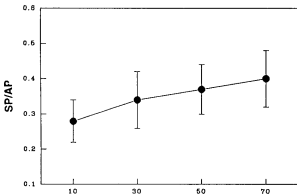


Fig. 9. SP/AP ratio changes as a function of repetition rate.

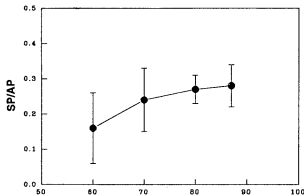


Fig. 10. SP/AP ratio changes as a function of stimulus intensity.

전기 와우도는 와우의 근접한 곳에 전극을 놓고 음을 자극하는 동안 내이로부터 발생하는 생체유발전위를 측정하는 방법으로^{2,8,32)} cochlear microphonics, summing potential 및 action potential의 3가지 전위를 측정할 수 있다.^{2,15,16,18,27)}

CM은 3가지 전위중 가장 먼저 나타나는 것으로, 자극이 와우에 도달된 후 즉각적으로 나타나며³²⁾, CM의 기원은 외유모세포라고 알려져 있다.^{2,16)} CM은 저음과 중감음 자극을 가하였을 때 기저막의 displacement 혹은 distortion pattern을 반영하며, 자극음의 wave form에서 나오는 artifactual microphonics와의 구별이 힘들어 아직까지 임상적 가치는 불분명하다.¹⁶⁾

SP는 그 다음으로 발생하는 전위로서, 기저막의 displacement pattern에 따라 나타나는 DC전위이고²⁾, 주로 유모세포의 CM으로부터 생성되며¹⁶⁾, 와우내에서 일어나는 다양한 nonlinearities와 distortion의 accumulation을 나타내는 복합적 반응이다. 정상귀에서 가장 작은 음을 가할 때 기저막은 중간부위에서 대칭적 진동을 하여 동일한 negative와 positive 분포를 가지나, 강한 음으로 자극할 때에는 기저막이 고실계단(scala tympani)보다는 중간계단(scala media)쪽으로 진동되어 negative SP가 발생한다. SP의 강도와 극성은 자극음, 기록방법 및 와우의 유모세포상태에 따른 상호 복합적 관계에 의존한다^{32,33)}. 만약 CM이 교대상 자극음에 의해 억제된다면 SP를 더 분명하게 볼 수 있다²⁾.

AP는 수천개의 청신경단위(auditory neuron)가 동시에 일으키는 부하(synchrony)의 총합을 나타내며^{15,27,29,32,34)}, click음을 이용하여 얻어진 AP는 주로 와우의 기저부에서 놓여있는 청신경으로부터 유도된 것이다.^{27,34,38)}

이중 SP는 AP와 비교할 때 메니엘씨병 등의 내이과수종에서 난청의 정도와 관계없이 증가하며, 이러한 dominant -SP조건이 내이질환의 진단에 유용한 정보를 제공해 줄 수 있

다^{2,8,9,12,17,23,24,30,31}). 그러나 Coats⁶⁾, Gibson¹⁹⁾과 Eggermont¹¹⁾ 등은 SP의 진폭이 개인에 따라 차이가 많기 때문에, 진단적 가치를 얻기 위하여 SP와 AP진폭을 비율의 형태로 표현하였다. 이 SP/AP 진폭비는 개체간의 차가 적어 내일파수율을 진단하는 가장 효과적이고 민감한 지표이다^{6,8,17,18,20~22}).

전기와우도에서 전위를 가장 잘 기록할 수 있는 방법은 와우내에서 전극을 설치하는 것이지만 임상적으로 사람에서는 cochlear implant가 추천되는 사람을 제외하고는 불가능하며, SP를 가장 잘 들출해낼 수 있는 방법은 고막을 통한 고실내유도법이다¹⁶⁾.

고막외적 방법은 전위가 너무 작고, 특히 임상에서의 재현성이 좋지 않으며, 시간이 많이 걸리고, 통증이 있으며, SP 검출 및 해석이 어려워 실용성이 없는 반면, 고막을 통한 고실내유도법은 전극의 장치가 간단하고, 전위가 크기 때문에 해석하는 것이 쉬우며, 단점은 전극을 장착할 때 이과적 술기가 필요한 점이다¹⁶⁾. Yoshie와 Yamaura³⁸⁾도 고실내유도법이 와우반응을 보는데 더 정확하며, 민감한 측정에 필요하다고 하였다.

자극빈도가 증가할수록 SP진폭은 거의 변하지 않으나, AP진폭은 adaptation 현상에 의하여 감소하게 되는데 이것을 이용하여 SP가 분명하지 않을 경우 자극 강도를 증가시켜 AP로부터 SP를 분리할 수 있으며^{110,14)}, SP 측정도 용이하게 된다. Yoshie 등³⁷⁾은 자극빈도가 초당 25회 이상에서 진폭은 빠르게 감소하고, 100회 이상에서는 더욱 급격하게 감소된다고 하였으며, 다른 보고³⁶⁾에서는 자극반복횟수가 매초 10회 이상으로 증가할 때 진폭이 현저하게 감소된다고 하였다. 본 연구에서도 지극반복횟수가 10, 30, 50, 70회로 증가할수록 진폭의 감소하는 것을 관찰할 수 있었다.

SP와 AP의 잠복기는 자극빈도가 감소할수록, 자극강도가 강할수록 짧아졌고, 자극강도가 감소할수록 SP와 AP의 진폭은 작게 나타났다. 이들이 서로 비례하여 감소하지는 않았다. Yoshie 등³⁷⁾은 자극강도가 증가할수록 잠복기가 짧아지고, 60dB에서는 뚜렷하게 표

준편차가 작아진다고 하였다. Eggermont와 Odenthal¹³⁾은 85dB에서 AP의 잠복기는 1.60 msec이고, 45dB과 60dB 사이에서 잠복기의 갑작스러운 변화가 관찰된다고 하였다. Kumagami 등²⁰⁾은 90dB에서 AP의 잠복기가 1.03 ± 0.04 msec라고 하였다. 본 연구에서는 AP, SP의 잠복기가 각각 1.75 ± 0.06 , 1.36 ± 0.06 msec라고 하였다. 본 연구에서는 AP, SP의 잠복기가 각각 1.75 ± 0.06 , 1.36 ± 0.06 msec이었고, 강도-잠복기 곡선에 의하면 60dB 이하에서는 급격한 경사를 이루고, 60dB 이상에서는 완만한 경사를 이루고 있다. 표준편차는 자극강도가 작아질수록 커지는 경향을 보였다.

SP의 진폭은 Mori 등²⁶⁾은 80dB의 click음으로 자극하였을 때 $-3.50 \pm 2.36 \mu V$ 이었고, 100 dB SPL, 4kHz tone burst를 주었을 때 $-3.10 \pm 2.53 \mu V$ 이었으며, Aso⁴⁾는 $-4.52 \pm 3.48 \mu V$ 라고 보고하였다. 본 연구에서는 87dB의 click음으로 매초 10회로 자극하였을 때 $-3.70 \pm 1.58 \mu V$ 이었고, 80dB에서는 $-3.10 \pm 2.52 \mu V$ 이었다. -SP는 자극음이 강도가 높을 때만 출현하는데, Ohashi 등³¹⁾은 tone burst로 자극하였을 때 60dB-SPL 이하에서는 SP진폭이 소실된다고 보고하였고, 차 등¹⁾은 자극음의 강도가 65dB SPL 이상일 때 대부분의 동물에서 SP가 관찰되었다고 하였고 Yoshie 등³⁷⁾도 60dB SPL 이하에서는 AP만 나타난다고 하였다. 본 연구에서는 자극음의 강도가 60dB 이상은 전체에서 SP가 관찰되었고, 50dB에서는 21명중 2명만 SP가 관찰되었다.

Mori 등²⁶⁾에 의하면 정상청력에서는 click음의 자극으로 positive SP는 전혀 나타나지 않으며, 100%에서 negative SP를 보인다고 하였는데, 이는 본 연구의 결과와 일치하였다. Ohashi 등³¹⁾은 SP극성은 자극음의 주파수와 전극의 위치에 의해 좌우된다고 하였고, Dautman 등⁹⁾과 Mori 등²⁶⁾에 의하면 정상청력, 혹은 메니엘씨병을 제외한 감각신경성 난청을 가진 환자에 비하여 positive SP는 메니엘씨병에서 많이 관찰할 수 있고, 진단에 이용할 수 있다고 하였다. Eggermont와 Odenthal¹³⁾은 정상인에 서 positive SP보다는 negative SP가 훨씬 많

다고 하였으며, Ueda 등³⁵⁾은 positive SP가 주로 정원창이나 기저부의 고실계단에서 발생된다고 추정하였고, 이러한 positive SP는 고막외적 방법으로는 기록되지 않는다고 하였다²⁵⁾.

AP 진폭의 크기에 대해서는 Mori 등²⁶⁾은 80 dB의 click음으로 자극했을 때 $24.82 \pm 17.62 \mu V$ 라고 하였고, Aso⁴⁾는 $18.56 \pm 14.16 \mu V$ 라고 보고하였다. Arenberg 등³⁾은 정상인에서 AP는 18.05 ± 14.55 , Gibson 등¹⁶⁾은 17.61 ± 12.38 , Eggermont와 Odenthal¹³⁾은 100dBHL에서는 $20 \sim 30 \mu V$, 60dBHL에서는 $2 \mu V$ 가 기록된다고 하였다. 본 연구에서는 AP진폭은 87dB에서 $13.68 \pm 6.11 \mu V$ 이었고, 20dB까지 AP진폭이 나타났으며, 대부분 $10 \sim 20 \mu V$ 사이에서 기록되었다.

Yoshie 등³⁷⁾은 강도에 따른 진폭 curve에서 초기에는 천천히 증가하나 약 60dB 이상에서는 좀 더 빠르게 증가하는 것을 관찰하고, 경사가 가파른 H-curve(High response)와 경사가 완만한 L-curve(Low response)로 나누었다. 본 연구에서 이 경계는 60dB에서 이루어졌고, Eggermont와 Odenthal¹³⁾도 이 경계는 60dB이라 하였으며, Yoshie³⁶⁾의 또다른 보고에서는 이 경계가 $40 \sim 50$ dB사이에서 관찰된다고 하여 비슷한 성적을 보여주고 있다.

메니에르병의 진단에 가장 민감한 지표인 SP/AP비는 주파수와 자극강도 및 자극빈도에 따라 변할수 있다고 한다^{14,31)}. Arenberg 등³⁾은 정상인에서 -SP/AP비는 0.25 ± 0.04 , 메니엘씨병은 0.37이상이라 하였고, Gibson¹⁶⁾은 정상인에서 SP/AP비는 0.21이라 하였고, 다른 보고¹⁹⁾에서는 평균 0.25 ± 0.14 이고 내임파수종은 0.35 이상이라고 하였다. Kitahara 등²¹⁾, Aso 등⁵⁾, Nagasaki 등²⁸⁾은 0.37을 넘으면 비정상으로 간주하였다. SP/AP비는 자극반복횟수가 증가할수록, 자극강도가 클수록 증가하였으나 비례하지는 않았고, 매초 10회로 87dB의 자극음을 주었을 때 SP/AP비는 평균 0.28 ± 0.06 이었으며, 이와 같은 성적의 차이는 각각의 자극음의 종류와 측정부위 및 자극빈도의 차이에 기인하는 것으로 사료된다.

결론적으로 와우의 상태를 알기 위한 방법으로 와우전위를 측정할 수 있으며 이들 SP,

AP, SP/AP비를 이용한 내임파수종과 기타 미로성 질환의 감별진단에 유용하다는 보고들이 점차 늘어나고 있다.

이에 저자들은 외래에서 와우전위를 얻을 수 있는 가장 민감한 방법인 고막을 통한 고실내 유도법으로 전기와우도를 시행하여 내임파수종의 진단에 응용하기 위한 기초자료를 얻고, 자극음의 종류, 자극강도와 자극빈도에 따라 생길 수 있는 차이점을 정량화하여 전위를 잘 얻을 수 있는 조건과 정상치를 구하였다.

결 론

저자들은 내임파수종의 진단에 전기와우도를 이용하기 위한 기초자료를 얻기 위하여, 임상적으로 SP를 가장 잘 얻을 수 있다고 알려진 고막을 통한 고실내 유도법을 시행하여, 전위를 가장 잘 얻을 수 있는 조건을 찾고, 정상인에서 SP, AP의 진폭, 잠복기 및 SP/AP비를 구하였다.

1) 자극은 80dB이상, 100msec 교대상 click음을, 매초당 10회, 총 300회를 가하였을 때 적절한 전기와우도를 얻을 수 있었다.

2) 자극음의 빈도를 초당 10, 30, 50, 70회로 증가시키에 따라 SP와 AP의 잠복기가 증가되었으며, SP의 진폭은 변화없었고, AP의 진폭은 감소하였다.

3) 자극음의 강도를 감소시켰을 때 SP와 AP의 진폭은 감소하였고, 잠복기는 증가하였다. 정상인에서의 SP진폭은 평균 $3.70 \pm 1.56 \mu V$, AP진폭은 평균 $13.68 \pm 6.11 \mu V$ 이고 SP, AP의 잠복기의 평균치는 각각 1.36 ± 0.06 , 1.75 ± 0.06 msec이었다.

4) SP/AP 비는 0.28 ± 0.06 이었다.

References

1. 차동철 · 김희남 · 심윤주 등 : Guinea Pig의 정원 창에서 측정된 Action potential과 Summating potential의 정상치에 관한 연

- 구. 한이인지 31 : 194~201, 1988
2. Arenberg IK, Obert AD, Gibson WPR : Intraoperative electrocochleographic monitoring of inner ear surgery for endolymphatic hydrops. *Acta otolaryngol suppl* 485 : 53~64, 1991
3. Arenberg K, Kobayashi A, Obert AD : Intraoperative electrocochleography of endolymphatic hydrops surgery using click and tone burst. *Acta Otolaryngol suppl* 504 : 58~67, 1993
4. 麻生伸 : メニエール病に對する臨床蝸電圖の研究. *日耳鼻* 93 : 1093~1105, 1990
5. 麻生伸, 水超鐵理, 大井秀載, 他 : メニエール病の 蝸電圖所見, *臨床耳鼻補* 8 : 242~248, 1986
6. Coats AC : The summing potential and Meniere's disease : I. Summing potential amplitude in Meniere and non-Meniere ears. *Arch Otolaryngol*, 107 : 199~208, 1981
7. Coats AC : Electrocochleography : Recording techniques and clinical applications. *Semin. Hear.* 7 : 247~266, 1986
8. Coats AC, Alford BR : Meniere's disease and the summing potential : III. Effect of glycerol administration. *Arch Otolaryngol*. 107 : 469~473, 1981
9. Dauman R, Aran JM, Portmann M : Summing potential and water balance in Meniere disease. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 95 : 389~395, 1986
10. Eggermont JJ : Basic principles for electrocochleography. *Acta Otolaryngol Suppl* 316 : 7~15, 1974
11. Eggermont JJ : Summing potentials in electrocochleography : Relation to hearing disorders. In Ruben RJ Elberling C & Salomon G(Eds.), *Electrocochleography*. Baltimore, University Park Press, pp. 67~87, 1976.
12. Eggermont JJ : Summing potentials in Meniere's disease. *Archs Otol-Rhinol-Laryngol* 222 : 63~75, 1979
13. Eggermont JJ, Odenthal DW : Action potentials and summing potentials in the normal human cochlea. *Acta otolaryngol Suppl* 316 : 39~61, 1974
14. Eggermont JJ, Spoor A : Cochlear adaptation in guinea pigs. *Audiology* 12 : 193~220, 1973
15. Ferraro JA, Best LG, Arenberg IK : The use of electrocochleography in the diagnosis assessment and monitoring of endolymphatic hydrops. *Otolaryngol Clin North Am* 16 : 69~81, 1983
16. Gibson WPR : The use of electrocochleography in the diagnosis of Meniere's disease. *Acta otolaryngol Suppl* 485 : 46~52, 1991
17. Gibson WPR, Moffat DA, Ramsden RT : Clinical electrocochleography in the diagnosis and management of Meniere's disease. *Audiology* 16 : 387~401, 1977
18. Gibson WPR, Prasher DK : Electrocochleography and its role in the diagnosis and understanding of Meniere's disease. *Otolaryngol Clin North Am* 16 : 59~68, 1983
19. Gibson WPR, Prasher DK, Kilkenny GPG : Diagnostic significance of transtympanic electrocochleography in Menier's disease. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 92 : 155~159, 1983
20. Goin DW, Staller SJ, asher DL et al : summing potential in Meniere's disease. *Laryngoscope* 92 : 1383~1389, 1982
21. 北原正章 : メニエール病の基礎と臨床. 第82回日本耳鼻咽喉科学會總會宿題報告 11~19, 1981
22. Kumagami H, Nishida H, Baba M : Electrocochleographic study of Meniere's disease, *Arch Otolaryngol* 108 : 284~288, 1982

23. Moffat DA, Gibson WPR, Ramsiden T, et al : Transtympanic electrocochleography during glycerol dehydration. *Acta otolaryngol* 85 : 158~166, 1978
24. Mori N, Asai H, Doi K, et al : Diagnostic value of extratympanic electrocochleography in Meniere disease. *Audiology* 26 : 103~110, 1987
25. Mori N, Asai H, Sakagami M, et al : Comparison of summing potential in Meniere's disease between trans-and extratympanic electrocochleography. *Audiology* 26 : 348~355, 1987
26. Mori N, Koshimune A, asai H : Clinical significance of positive summing potential in Meniere's disease. *ORL* 52 : 10~15, 1990
27. Morrison AW, Moffat DA, O'Connor AF : Clinical usefulness of electrocochleography in Meniere's disease : An analysis of dehydrating agents. *Otolaryngol Clin North Am* 13 : 703~721, 1980
28. Nagasaki T, Watanabe Y, Aso S, et al : Electrocochleography in syphilitic hearing loss. *Acta otolaryngol Suppl* 504 : 68~73, 1993
29. Naunton RF, Zerlin S : Human whole nerve response to clicks of various frequency. *Audiololgy* 15 : 1~9, 1976
30. Ohashi T, Ochi K, Okada T et al : Long-term follow-up of electrocochleogram in Meniere's disease. *ORL* 53 : 131~136, 1991
31. Ohashi T, Takeyama I : Clinical significance of SP/AP ratio in ear disease. *ORL* 51 : 235~245, 1989
32. Simmons FB, Glatrke TJ : Electrocochleography. In Bradford LJ.(Ed.), physiological measures of the audio-vesibular system. New York : Academic Press, pp. 147~175, 1975
33. Staller S. : Electrocochleography in the diagnosis and management of Meniere's disease. *Semin Hear* 7 : 267~277, 1986
34. Tasaki I : Nerve impulses in individual auditory nerve fibers of guinea pig. *J Neurophysiol* 17 : 97~122, 1954
35. Ueda S, Aso S, Takeda S, et al : Clinical electrocochleography for different electrode position. *Audiol Japan* 32 : 739~745, 1989
36. Yoshie N : Auditory nerve action potential responses to click in man. *Laryngoscope* 78 : 198~202, 1968
37. Yoshie N, Ohashi T, Suzuki T : Non-surgical recording of auditory nerve action potential in man. *laryngoscope* 77 : 76~85, 1967
38. Yoshie N, Yamaura K : Cochlear microphonic responses to pure tone in man recorded by a nonsurgical method. *Acta Otolaryngol Suppl* 252 : 36~45, 1969