

## 전기와우도의 임상적 응용

부산대학교 의과대학 이비인후과학교실  
고 의 경

### Clinical Application of Electrocochleography

Eui Kyung Goh, M.D.

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

#### 1. 서 언

1930년 Wever와 Bray<sup>35)</sup>에 의해 음자극으로 내이의 전위가 발생한다는 보고가 있는 후 이 전기와우도(Electrocochleography, ECoG)는 많은 발전이 있었고, 측정 기술이 다소 어려운 점이 있으나 임상적으로 많이 응용되고 있다. 특히 메니에르병을 비롯한 내림프수종, 외임파루, 청신경종양 등의 진단과 치료, 난청의 진단, 수술시에 내이 기능의 monitoring 등에 사용되고 있다.

이 전기와우도는 전극의 위치에 따라 외이도유도법, 고막유도법, 경고막유도법 등으로 구분할 수 있으나 서로 장, 단점이 있어 사용 시술에 따라 조금씩 다른 방법으로 전위를 얻고 있는 실정이다. 그러나 우리나라에서는 아직 이 ECoG의 임상적 이용이 보편화 되어 있지 않고 있다. 이에 저자는 전기와우도의 원리, 측정방법, 정상치 및 이의 진단과 치료에의 응용에 대해서 언급하고자 한다.

#### 2. ECoG 구성 전위 및 그 기원

전기와우도는 와우의 인접한 곳에 전극을 위치시키고 음을 자극하는 동안 와우에서 발생하는 유발전위를 측정하는 방법으로 cochlear microphonics(CM), summing potential(SP), action potential(AP)의 세 전위를 측정한다.

세가지 전위중 가장 먼저 나타나는 CM은 자극이 와우에 도달한 후 즉시 나타나는 자극음과 같은 주파수의 교류전위로, 그 기원은 외유모세포라고 알려져 있다. CM은 저주파 혹은 중간주파수의 음자극을 가했을 때 기저막의 displacement 혹은 distortion 양상을 반영하나, 자극음에서 나오는 artifactual microphonics와의 구분이 힘들다. 따라서 아직 임상적으로 그다지 많이 응용되지 않고 있으며, 대부분의 시술에서는 condensation click과 rarefaction click을 교대로 자극하여 CM을 억제시켜 SP의 검출 및 해석을 용이하게 하고 있다<sup>6,13,32)</sup>.

SP는 CM과 같은 외유모세포에서 발생하며, 자극음의 지속시간과 일치하여 계속 나타나는 직류전위로 와우내에서 일어나는 nonlinearities와 distortion의 accumulation을 나타내는 복합적 반응이다. 정상 귀에서 가장 작은 음을

KEY WORDS : Electrocochleography · Transtympanic application · Meniere's disease

가할 때는 기저막은 대칭적 진동을 하여 동일한 negative와 positive deflection을 지나 강한 음으로 작용하면 기저막이 scala tympani 보다는 scala media 쪽으로 진동되어 negative SP가 발생한다. CM이 alternating polarity click에 의해 억제되면 더 분명하게 이 SP를 관찰할 수 있다. 이 SP는 적응(adaptation)현상이 나타나지 않는다<sup>6,13,32,33</sup>.

AP는 와우신경섬유의 집합이 동시에 나타나 는 활동전위로 click 음을 이용하여 얻어진 AP는 주로 와우의 기저부에 있는 청신경에서 유래한 것이다. 이 AP는 SP와 달리 적응현상이 나타나 자극속도를 빨리하면 AP가 작아지는 경향이 있다<sup>6,13,32</sup>

### 3. 전극의 위치에 따른 ECoG

와우에 가까울수록 좋은 활동전위를 얻을 수 있으므로 ECoG에 있어서 전극의 위치는 전위를 얻는데 가장 중요한 요소이다.

수술중에만 가능한 round window recording을 제외하면 고막을 통하여 promontory에 전극이 위치하는 경고막적 방법<sup>12)</sup>(transtympanic recording, 그림 1)이 전위가 클 뿐만 아니라, SP의 검출 및 해석이 쉽고, 재현성이 좋으며, 고막법(tympanic recording)이나 외이도법(meatal recording)보다 간단하고 통증이 적어 가장 보편적으로 임상에 응용되고 있다. 그러나 고막 마취후 이과적 술기가 필요하다는 단점이 있다. 그러나 고막 천자가 가능한 이비인후과 의사들에게는 기술적으로 어려움은 없다. 최근에 좋은 결과를 보고하고 있는 고막법이나 외이도법은 마취와 특별한 술기가 필요하지 않는 비침습적 방법이기도 하나 외이도 혹은 고막에 통증을 호소 할 수 있으며, 전위가 너무 작아 재현성이 좋지 않으며, 진단에 기본이 되는 SP 검출이 어렵다는 단점이 있다<sup>13,14</sup>. 최근에 silver ball electrode<sup>3)</sup>, Coat electrode(그림 2)<sup>4,12</sup>, HN-5<sup>20</sup> 등이 이러한 고막 혹은 고막 가까이 설치하는 전극으로 개발되고 있으나

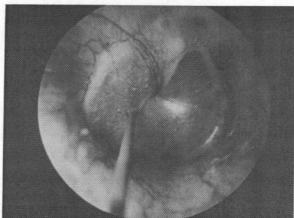


Fig. 1. Transtympanic electrode

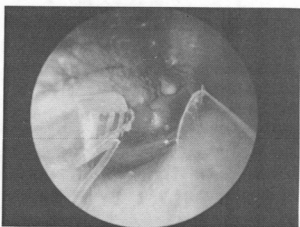


Fig. 2. Coat's extratympanic electrode

전위가 아직 작아 임상적으로 의의가 적다는 보고도 많다.

### 4. 정상 ECoG

그림 3과 같이 임상에서 응용되는 ECoG는 alternating polarity click을 이용하여 CM을 억제시켜 -SP의 검출을 용이하게 하고 있다<sup>13,16</sup>.

정상인에서 ECoG는 그림4와 같이 자극강도가 클수록 -SP와 AP의 검출이 쉽다. AP는 자극 강도 50 dB 까지는 진폭이 서서히 커지다가 60 dB 부터는 가파른 경사를 나타내며 잠시는 진폭과는 반대로 60 dB 부터는 완만한 경사를 보인다. 이러한 자극강도에 따른 진폭

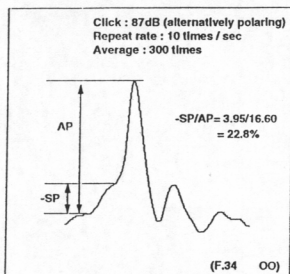


Fig. 3. Normal transtympanic electrocochleography.

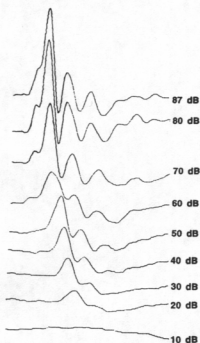


Fig. 4. Electrocochleography according to intensity

곡선에서 완만한 부분을 L curve(low response), 급격한 경사 부분을 H curve(high response)라고 하며 그 경계는 대개는 60 dB로 보고하고 있다<sup>3)</sup>.

-SP는 그림 5와 6에서 보는 바와 같이 대개 50 dB 부터 확실하게 검출되기 시작하여 자극

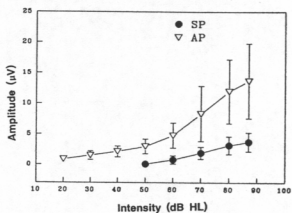


Fig. 5. Input-output relationship of SP and AP

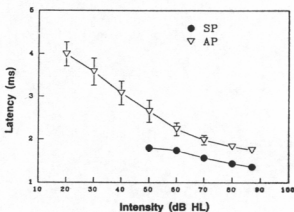


Fig. 6. Intensity-latency relationship of SP and AP

강도가 커질수록 진폭은 커지고, 잠시는 적어지나 AP에 비해서 급격하게 변하지는 않는다<sup>4)</sup>. 임상적으로 가장 의의가 있는 AP에 대한 -SP의 비율, 즉 -SP/AP는 표 2와 같이 같은 자극강도에서 자극속도(repetition rate)는 매초 10번인 경우가 가장 작으며, 같은 자극 속도(10회/sec)에서는 표 3과 같이 자극강도가 클수록 가장 컸다. 따라서 AP의 진폭이 가장 큰 매초 10회의 자극에서 87 dB 혹은 그 이상이 자극 강도가 AP의 진폭이 크며, SP의 검출이 용이하여 임상적으로 의의있는 ECoG를 얻을 수 있다<sup>15)</sup>.

## 5. ECoG의 특징

Table 1. Amplitudes and latencies in transtympanic electrode and Coat electrode(alternating click, stimulus intensity: 87 dB, repetition rate : 10 times/sec)

|                | (mean±SD)      |            |               |           |
|----------------|----------------|------------|---------------|-----------|
|                | Amplitude(±mV) |            | Latency(msec) |           |
|                | -SP            | AP         | -SP           | AP        |
| Transtympanic  | 3.70±1.56      | 13.68±6.11 | 1.36±0.06     | 1.75±0.06 |
| Coat electrode | 0.58±0.32      | 2.13±0.73  | 1.09±0.12     | 1.66±0.11 |

Table 2. Changes of the SP/AP ratio according to repetition rate(intensity, 87 dB)

| RR | -SP/AP    |
|----|-----------|
| 10 | 0.27±0.06 |
| 30 | 0.34±0.08 |
| 50 | 0.37±0.07 |
| 70 | 0.40±0.08 |

Table 3. Changes of the SP/AP ratio according to intensity(repetition rate, 10)

| Intensity(dB) | -SP/AP    |
|---------------|-----------|
| 87            | 0.27±0.06 |
| 80            | 0.26±0.05 |
| 70            | 0.24±0.09 |
| 60            | 0.19±0.08 |

ECoG 의 장점은 1) 와우와 와우신경의 병태에 관하여 상세한 정보를 얻을 수 있다. 예를 들어 손상부위의 진단, 메니에르병의 진단, 돌발성난청의 예후 판정 등을 시행할 수 있다. 2) 검사받지 않는 귀의 차폐(masking)가 필요없다. 3) 의식수준의 변화, 중추로부터의 영향을 거의 받지 않는다. 따라서 수면, 전신마취하에서도 시행이 가능하다. 4) 각 반응의 재현성, 민감도(sensitivity)가 다른 유발 반응에 비해 우수하다<sup>10)</sup>.

단점은 1) 경고막적 방법은 술기가 어렵다. 2) 피검자의 협조가 없을 경우, 예를 들어 유소아의 경우는 전신마취 혹은 잠을 깨워야 가능하다. 3) AP를 이용하는 검사의 경우는 저주파 영역에서는 주파수특성이 없다. 4) CM을 측정하는 경우 artifact와의 감별이 어렵다<sup>10)</sup>.

## 6. ECoG의 임상적 응용

ECoG는 임상적으로 1) 메니에르병을 비롯한 내이프수종의 진단<sup>2)</sup>, 2) 메니에르병의 원인을 추정하기 위한 antigenic challenge에 응용<sup>30)</sup>, 3) 내이프낭감압술에서 monitoring, 4) 돌발성난청의 예후 추정<sup>18,31)</sup>, 5) 청신경종양 수술 시 내이기능 monitoring<sup>30)</sup>, 6) 외이파루의 진단, 7) 유아 난청을 비롯한 난청의 진단 등에 널리 쓰이거나 여러 가지 응용에 대한 보고가 계속되고 있다.

### 1) 메니에르병을 비롯한 내이프수종의 진단

메니에르병에 있어서 ECoG는 1) -SP/AP에 의한 내이프수종의 진단<sup>2)</sup>, 2) 이노체 투여 후 ECoG dehydration test에 의한 진단<sup>3)</sup>, 3) 내이프낭감압술에서 청력변화의 예후 추정 4) 수술중 내이 기능 변화의 monitoring, 4) allergen challenge test에 의한 메니에르병의 원인 추정<sup>30)</sup>, 5) 지연성 내이프수종의 진단<sup>10)</sup>, 6) 치료후 불가역적 청력변화의 추정<sup>29)</sup> 등 다양하게 응용된다.

메니에르병의 진단에 있어서 ECoG는 dominant negative SP가 가장 특징적인 소견이다<sup>13, 15,16)</sup>. SP가 증가하는 기전에 대해서는 확실하지 않지만 내이프압의 증가로 기저막이 scala tympani쪽으로 전위되기 때문이라고 생각하고 있다. SP와 AP의 진폭은 개체차와 자극음의 종류, 전극의 위치에 따른 검사방법에 따라 차이가 있기 때문에 SP의 진폭의 증가보다는 -SP/AP가 가장 믿을 수 있는 소견으로 임상에

Table 4. Amplitude of AP and SP(mean±SD)

|         | AP(μV)   | -SP(μV) | -SP/AP      |
|---------|----------|---------|-------------|
| Normal  | 13.5±5.3 | 3.6±1.3 | 0.263±0.081 |
| Meniere | 14.0±7.2 | 6.5±3.2 | 0.462±0.141 |

Table 5. -SP/AP in normal and Meniere's disease group

|         | Total    | -SP/AP>0.4 | -SP/AP<0.4 |
|---------|----------|------------|------------|
| Normal  | 21(100%) | 1(4.7%)    | 20(95.3%)  |
| Meniere | 27(100%) | 19(70.3%)  | 8(29.7%)   |

Table 6. Results of -SP/AP and IV glycerol test in Meniere's disease group

|             | -SP/AP>0.40 | -SP/AP<0.40 | Total     |
|-------------|-------------|-------------|-----------|
| Glycerol(+) | 14          | 3           | 17(63.0%) |
| Glycerol(-) | 5           | 5           | 10(37.0%) |
| Total       | 19(70.3%)   | 8(29.7%)    | 27(100%)  |

응용되고 있다<sup>12,17)</sup>. 이외에도 AP 잠시의 연장<sup>37)</sup>이나 positive SP<sup>20)</sup>도 메니에르병의 소견으로 보고되고 있다. Table 4에서 보는 바와 같이 경고막적 방법에 의해 시행한 검사에서 정상군이나 메니에르병 군에서 AP의 진폭은 거의 비슷하나, -SP는 정상인에서는 3.6±1.3 μV, 메니에르병에서는 6.5±3.2 μV로 -SP의 진폭이 증가하였다는 것을 알 수 있다<sup>1)</sup>. 따라서 -SP/AP는 정상군은 0.263±0.081에 비해 메니에르병군은 0.462±0.141로서 증가되어 있음을 알 수 있다. 대체적으로 내림프 수종의 진단은 대부분의 보고자들이 -SP/AP가 0.37~0.43으로 보고 하고 있어<sup>7,20,25)</sup> 이 비율이 0.4 이상인 경우는 내림프수종으로 진단하는 것이 적당하다. Table 5와 같이 이 비율을 0.4 이상으로 했을 때 sensitivity는 70.3%, specificity는 95.3%로 상당히 높다는 것을 알 수 있다<sup>1)</sup>. Table 6에서는 정맥클리세롤 검사와 같이 시행하면 어느 한 검사라도 양성을 보일 가능성이 82.5%로 높아진다<sup>3)</sup>.

또한 글리세롤 등을 투여 전후 ECoG를 측정하여 비교하는 소위 ECoG-dehydration test는 병의 진행과정을 이해하고 치료후 예후를 추정하는데 유용하게 이용 될 수 있다. 이 검

사의 정확한 양성의 판정은 기준은 아직 확립되어 있지 않으나 투여전 ECoG의 -SP/AP보다 투여후가 대략 10%의 감소가 있으면 약물 투여나 수술에 의해 청각이 호전될 가능성이 높아진다<sup>3)</sup>.

이러한 -SP와 AP의 비율은 메니에르병 외의 내림프수종, 즉 내이 매독 등의 내림프수종의 진단에도 같은 방법으로 이용할 수 있으나, 내림프수종이 아닌 일반 감각신경성난청에서는 높아지지 않는다<sup>18,27)</sup>.

이 내림프수종의 진단을 위해서는 -SP 소견이 중요하기 때문에 -SP가 검출이 용이한 경고막적 방법에 의한 ECoG 검사가 필수적이다.

자연성임파수종에 있어서는 청력이 좋지 않기 때문에 ECoG는 측정이 어렵지만 contralateral type에서는 청력이 좋은 반대측에서 SP와 AP 비율의 증가를 통하여 진단이 가능하다고 보고하고 있다<sup>10)</sup>.

## 2) 메니에르병의 원인 추정을 위한 antigenic challenge에 응용

알레르기나 메니에르병을 일으킬 수 있다고 알려져 있다. King 등은 식품유발검사(provo-

cative food test) 후 귀충만감, 청력손실, 어지럼증, 이명 등이 나타나면 양성으로 판정하였고, 이를 객관적으로 증명하기 위하여 ECoG를 이용하였다. 이 때에도 역시 -SP/AP를 이용하여 식품이 메니에르병을 일으킬 수 있다는 것을 증명할 수 있었다<sup>30</sup>.

### 3) 내임프낭 수술에 응용

내임프낭감압술에 있어서 수술중 -SP/AP이 크게 감소하면 청기나 전정 증상의 개선될 수 있다는 것을 예측할 수 있으며, 술중에 endolymphatic duct를 정확히 확인 할 수 있도록 해준다<sup>10</sup>.

### 4) 돌발성난청의 예후

Saeki와 Kitahara<sup>31</sup>은 ECoG 및 글리세롤검사가 내임프낭을 암시하는 소견이 있으면 돌발성 난청이 예후가 좋다고 보고하고 있다. 대체적으로 돌발성 난청의 예후추정은 예후가 좋은 경우는 1) -SP/AP 진폭비가 큰 경우, 2) AP의 진폭이 큰 경우 등이며, 좋지 않은 경우는 1) AP 전위가 낮은 경우, 2) AP, SP 등이 나타나지 않는 경우 등이다. 5) 청신경종양 제거 수술에 있어서 내이 기능 monitoring 청력의 보존은 측두골 수술에 있어서 가장 주된 목표점에 틀림이 없다. Lenartz와 Ernst<sup>23</sup>은 청신경종 제거 수술시에 내이 기능을 보존하기 위한 최선의 monitoring으로 ECoG와 Brainstem auditory evoked potential(BAEP)를 같이 사용하는 것이라고 주장하였다. 특히 술전에 serviceable hearing이 있거나, BAEP나 N<sub>1</sub> 파가 잘 보존되어 있을 때, 종양의 크기가 3cm 이하로 작을 때 유용하다고 주장하였다.

### 6) 외임파루의 진단과 수술에 있어서 응용

Meyerhoff와 Yellin<sup>20</sup>은 외임파루(perilymphatic fistula)를 의심하여 exploratory tympanotomy를 받은 환자의 술전 ECoG 소견을 분석하였다. 술전 SP/AP가 정상이었던 19귀중 10귀에서, 비정상이었던 20귀 중에는 18귀에서 각각 외임파루가 발견되어 외임파루 진단에

ECoG가 이용될 수 있다고 하였다. 외임파루나 내임프낭양 양자 모두 내이액 불균형 때문에 SP/AP가 증가한다고 생각하고 있다.

Aso 등<sup>32</sup>은 흉강내압(intrathoracic pressure)을 증가시켜 ECoG를 기록하면 더욱 진단이 쉬어지며, 수술중 외임프 누출을 발견하지 못하면 electrode를 우선 정원창에 난원창을 suction하면 ECoG에 변화가 없고, 반대로 난원창에 electrode를 놓고 정원창을 suction 했을 때 분명한 ECoG에 변화가 생기면 외임프루를 진단할 수 있었다고 보고하고 있다. 이때의 변화는 AP는 급격히 감소하며, SP는 증가하기도 하고, 변하지 않는 경우도 있었다고 보고하였다.

### 7) 난청의 screening과 진단에 응용

ECoG는 유아의 난청의 평가와 진단에도 이용할 수 있다. 대개는 BERA와 함께 이용되는 데 이 때의 ECoG는 Wave I을 평가하기 위해 사용되며, 주파수별로 난청을 진단하고, BERA와 결과를 비교하여 ECoG나 BERA 단독으로는 진단이 불가능한 후미로성 여부를 진단할 수 있다. 그러나 ECoG가 침습적 방법이기 때문에 80 dB 이상의 난청의 진단에 응용하도록 권하고 있다<sup>30</sup>. 그리고 유아 난청 이외에도 BERA에서 Wave I이 나타나지 않는 경우에도 ECoG를 동시에 사용하여 Wave I에 대한 평가를 할 수 있다. 유아난청이나 다른 난청에서 BERA와 같이 ECoG를 이용할 때에는 tone burst를 이용하여 자극하면 주파수에 따른 청력 손실을 추정할 수 있다<sup>22</sup>.

신경감음성난청 환자에 있어서 SP 진폭의 절대치는 메니에르병이나 정상 청력자에 비해 작다. 따라서 이런 소견을 내이병변의 감별에 이용할 수 있다<sup>33</sup>.

또한 고도(profound) 난청을 가진 소아에서 cochlear implant 전에 잔청(residual hearing)을 평가하여 보청기의 적응이 되는지를 알기 위하여도 round window recording을 사용한다<sup>34</sup>.

## 7. 결 언

전기과우도는 내이 기능을 여러 방면에서 측정할 수 있는 우수한 검사법에 틀림이 없으나 아직 그 측정 방법이 표준화되어 있지 않고, 임상적 응용과 진단기준도 확립되어 있지 않다. 메니에르병 등의 진단에는 많이 이용되고 있으나 우리나라에는 아직 임상적 응용이 미진한 실정이다. 따라서 더 많은 연구를 통하여 임상적 응용이 기대되는 바이다.

### References

- 1) 고의경 : 메니에르병환자에서 고실내유도법에 의한 전기과우도의 SP/AP의 임상적 의의. 한이인지 37 : 885~889, 1994
- 2) 고의경 : 메니에르병의 진단. 임상이비 4 : 11~21, 1993
- 3) 김희남 : EcochG and dehydration test, In the neurootological practice of the vestibular science pp 96~105, 서울, 1995
- 4) 전경명 · 고의경 · 윤종근 등 : Coats Electrode를 이용한 고막외적 유도법에 의한 전기과우도. 임상이비 5 : 201~211, 1994
- 5) 전경명 · 고의경 · 왕수건 등 : 고실내 유도법에 의한 정상인의 전기과우도. 임상이비 5 : 29~37, 1994
- 6) Arenberg IK, Obert AD, Gibson WPR : Intraoperative electrocochleographic monitoring of inner ear surgery for endolymphatic hydrops. Acta Otolaryngol Suppl 485 : 53~64, 1991
- 7) 麻生伸, 水越鐵理, 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
- 8) Aso S, Gibson WP : Electrocochleography in profoundly deaf children. Am Otol 15 : 376~379, 1994
- 9) Aso S, Gibson WP : Perilymphatic fistula with no visible leak of fluid into middle ear : a new method of intraoperative diagnosis using electrocochleography. Am Otol 15 : 96~100, 1994
- 10) Aso S, Watanabe Y : Electrocochleography in the diagnosis of delayed endolymphatic hydrops. Acta Otolaryngol Suppl 511 : 87~90, 1994
- 11) Bojrab DI, Bhansali SA, Andreozzi MP : Intraoperative electrocochleography during endolymphatic sac surgery. Otolaryngol Head Neck Surg 111 : 478~484, 1994
- 12) Coat AC : The summing potential and Meniere's disease. I. summing potential in Meniere's and Non-Meniere's ear. Arch Otolaryngol 107 : 199~208, 1981
- 13) Gibson WP : The use of electrocochleography in the diagnosis of Meniere's disease. Acta Otolaryngol Suppl 485 : 46~52, 1991
- 14) Gibson WP : The use of intraoperative electrocochleography in Meniere's surgery. Acta Otolaryngol Suppl 485 : 65~73, 1991
- 15) Gibson WP, Moffat DA, Ramsden RT : Clinical electrocochleography in the diagnosis and management of Meniere's disease. Audiology 16 : 387~401, 1977
- 16) Gibson WP, Prasher DK : Electrocochleography and its role in the diagnosis and understanding of Meniere's disease. Otolaryngol Clin North Am 16 : 59~68, 1983
- 17) Gibson WP, Prasher DK, Kilkenny GPG : Diagnostic significance of transtympanic electrocochleography in Meniere's disease. Ann Otol Rhinol Laryngol 92 : 155~159, 1983
- 18) 時川銀一郎 : 初心者ための 聽性誘發反應アトラス. PP 151~165, 廣川書店, 東京, 1989

- 19) Kobayashi H, Mizukoshi K, Watanabe Y, Nagasaki T, Ito M, Aso S : Otoneurological findings in inner ear syphilis. *Acta Otolaryngol Suppl* 481 : 551~555, 1991
- 20) 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宿題報告 11~19, 1981
- 21) Lajtman Z, Marinovic F, Krpan D et al : Summating potentials in the differential diagnosis of cochlear pathology. *SE-RBO CROATIAN ROMAN* 115, 238~240, 1993
- 22) Laureano AN, McGrady MD, Campbell KC : Comparison of tympanic membrane recorded electrocochleography and the auditory brain stem response in threshold determination. *Am Otol* 16 : 209~215, 1995
- 23) Lenarz T, Ernst A : Intraoperative monitoring by transtympanic electrocochleography and brainstem electrical response audiometry in acoustic neuroma surgery. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 249 : 257~262, 1992
- 24) Meyerhoff WL, Yellin MW : Summating potential/action potential ratio in perilymph fistula. *Otolaryngol Head Neck Surg* 102 : 678~682, 1990
- 25) 森 望, 浅井 英世 : 蝸電圖 -内リンパ水腫の 診断法 日本耳鼻咽喉科頭頸部外科 Mook 7(メニエール病とその 周辺疾患) 80~85, 1988
- 26) Mori N, Koshimune A, Asai H : Clical significance of positive summating potential in Meniere's disease. *ORL* 51 : 235~245, 1989
- 27) Nagasaki T, Watanabe Y, Aso S et al : Electrocochleography in syphilitic hearing loss. *Acta Otolaryngol Suppl* 504 : 68~73, 1993
- 28) Nishida H, Noguchi Y, Komatsuzaki A et al : A new electrode(HN-5 for CM measurement in extra-tympanic electrocochleography. *Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho* 97 : 1613~1620, 1994
- 29) Okuno H, Watanabe I : Audiological findings of prolonged Meniere's disease. *Auris Nasus Larynx*, 17 : 157~163, 1990
- 30) Prijs VF : Evaluation of electrocochleographic audiogram determination in infants. *Acta Otolaryngol Suppl Stockh* 482 : 27~33, 1991
- 31) Saeki N, Kitahara M : Assesment of prognosis in sudden deafness. *Acta Otolaryngol Suppl* 510 : 56~61, 1994
- 32) Simmons FB, Glatrke TJ : Electrocochleography. In Bradford L.J.(Ed.), physiological measures of the audio-vestibular 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) Viscomi GJ, Bojrab DI : Use of electrocochleography to monitor antigenic challenge in Meniere's disease. *Otolaryngol Head Neck Surg* 107 : 733~737, 1992
- 35) Weber EG, Bray CW : Auditory nerve impulses. *Sciences* 71 : 225, 1930
- 36) Winzenburg SM, Margolis RH, Levine SC et al : Tympanic and transtympanic electrocochleography in acoustic neuroma and vestibular nerve section surgery. *14* : 63~69, 1993
- 37) Yoshie N : Diagnostic significance of electrocochleogram in clinical audiometry. *Audiology* 12 : 504~539, 1973