

망막전위도검사에서 ERG-Jet 단극전극과 Burian-Allen 양극전극의 파형 비교

박지현 · 이호경 · 박성준 · 김윤화

건양대학교 의과대학 김안과병원, 명곡안연구소

목적: ERG-Jet 전극과 Burian-Allen 전극의 망막전위도 측정결과를 비교하고자 하였다.

대상과 방법: 29명을 대상으로 ERG-jet 전극과 Burian-Allen 전극을 이용하여 양안의 망막전위도를 측정하였다. 별도의 6명을 대상으로 두 가지 전극을 이용하여 좌안의 망막전위도를 3회씩 측정하였다. 망막전위의 진폭 및 반응도달시간을 양안 간에, 또한 두 전극 간에 비교하였고, 개체 간 변동 및 개체 내 변동을 두 전극 간에 비교하였다.

결과: 망막전위도의 진폭과 반응도달 시간의 양안 차이는 전극의 종류에 유의한 영향을 받지 않는 것으로 나타났으나, ERG-jet 전극과 달리 Burian-Allen 전극을 이용하여 얻은 진폭은 양안 간에 차이를 보였다. ERG-jet 전극이 대체적으로 Burian-Allen 전극에 비해 진폭이 크고, 반응도달 시간이 짧은 것으로 나타났으며, 개체간 변동 및 개체 내 변동이 적은 것으로 나타났다.

결론: 망막전위도 측정에 있어서 ERG-Jet 전극은 Burian-Allen 전극에 비해 진폭이 크고, 일관성이 있어 우수하다고 할 수 있다.
(대한안과학회지 2010;51(9):1217-1223)

망막전위도는 빛자극에 대한 망막의 반응을 전기적 신호의 파형으로 기록하는 검사이다. 기록전극으로는 높은 진폭과 안정된 기록을 얻을 수 있는 접촉렌즈전극이 주로 사용되며, 단극전극인 ERG-Jet 전극(Fabrinol SA, La Chaux-De-Fonds, SZ)과 양극전극인 Burian-Allen 전극(Hansen Ophthalmic Development Laboratory, IA, US)이 임상적으로 가장 많이 쓰이고 있다(Fig. 1).¹

ERG-Jet 전극은 상대적으로 비용이 저렴하고 안검열의 크기가 작은 동양인의 눈에 편안하다는 장점이 있어 널리 사용되고 있으며, 일회용으로 반복사용에는 적합하지 않다. Burian-Allen 전극은 렌즈-개검기 일체형이며 전기적으로 가장 안정된 구조로 선호되고 있으나, 비교적 가격이 비싸다.¹ 국내에서 ERG를 시행하는 19개 병원을 대상으로 한 전화설문 결과, ERG-Jet 전극만을 사용하는 병원은 13곳, Burian-Allen 전극만을 사용하는 병원은 6곳, 두 전극 모두를 사용하는 병원은 2곳으로 조사되었다.

기록전극의 종류에 따라 망막전위도 측정 결과가 어떻게

달라지는지에 대해 지금까지 여러 보고가 있었다.²⁻⁹ 국내에서는 1999년 Choi et al²이 Burian-Allen 각막전극을 ERG-jet 각막전극과 비교한 논문을 발표하였다. 그러나 이 논문에서 사용된 ERG-jet 각막전극의 결과 자료는 1996년 Lee et al¹⁰이 국내에서 발표한 ERG-jet 각막전극에 관한 논문에서 제시한 자료로서, 실제로 동일한 대상에 대해 두 전극으로 검사가 이루어진 것은 아니어서 그 비교가 제한적이라고 생각된다. 이처럼 같은 피실험자를 대상으로 ERG-Jet 전극과 Burian-Allen 전극을 비교한 연구는 많지 않으며, 한국인을 대상으로 한 연구는 특히 부족한 것으로 생각된다.

이에 이번 연구에서는, ERG-Jet 전극과 Burian-Allen 전극을 이용하여 망막전위도를 측정하되 혼란변수를 최소화하도록 고안하여 임상시험을 시행하였으며, 두 전극의 측정치와 재현성을 직접적으로 비교함으로써, 망막전위도 측정 시 기록전극 선택의 참고 자료로 삼고자 하였다.

대상과 방법

20대 여자 지원자 중 양안의 최대교정시력이 0.8 이상이고, 굴절이상 ± 5 디옵터 이하이며, 안압이 정상이고, 안과 질환 및 안과적 합병증을 유발할 수 있는 당뇨병, 고혈압 등의 전신질환이 없고, 망막전위도에 영향을 미치는 약물을 사용한 과거력이 없는 35명을 대상으로 하였다. Roland

■ 접수 일: 2010년 3월 29일 ■ 심사통과일: 2010년 5월 17일

■ 책임저자: 이 호 경

서울시 영등포구 영등포동 4가 156
건양대학교 김안과병원
Tel: 02-2639-7777, Fax: 02-2677-9214
E-mail: hokyung@kimeye.com

* 본 논문의 요지는 2007년 10월 고려대학교에서 열린 한국임상시각전기생리학회에서 발표된 바 있다.

* 본 연구는 건양의료재단 김안과병원으로부터 연구비 지원을 받은 바 있다.

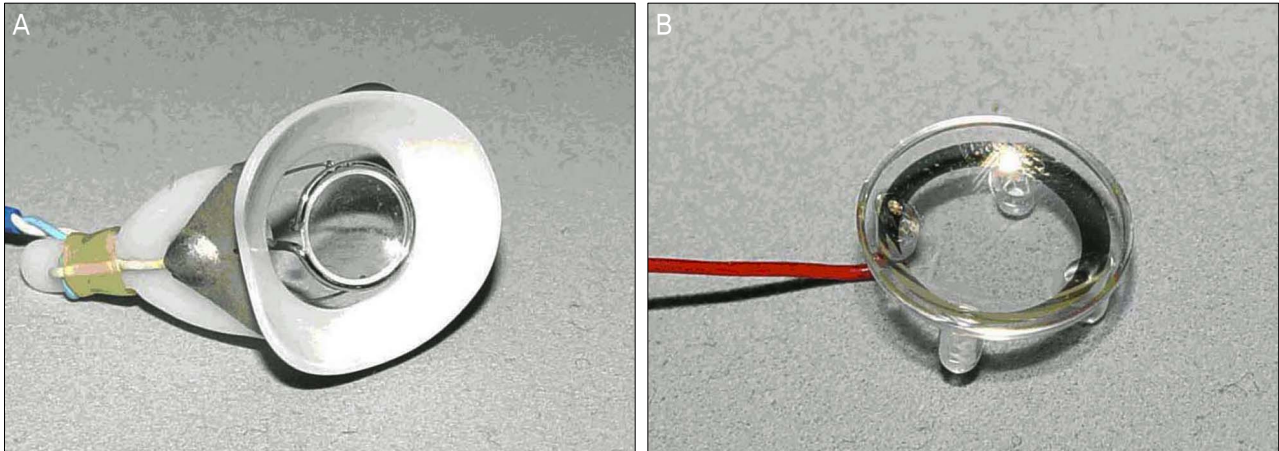


Figure 1. Burian-Allen electrode (A) and ERG-jet electrode (B).

Consult사의 RETI-port system (Roland consult, Brandenburg, Germany)을 사용하여 전체시야 망막전위도를 측정하고, ISCEV에 의해 표준화된 5가지 기본 반응인 간체반응(rod response), 최대복합반응(maximal combined response), 진동소파전위(oscillatory potentials), 단일섬광추체반응(single flash cone response), 30 Hz 점멸반응(flicker response)을 기록하였다. 실험은 검사에 대해 환자에게 충분히 설명한 후 동의를 얻고 진행하였다.

35명 중 29명은 두 차례에 걸쳐 ERG-Jet 전극과 Burian-Allen 전극을 이용하여 양안의 망막전위도를 측정하였다. 검사는 모든 피검자에 대해 동일한 환경에서 동일한 방법으로 같은 검사자에 의해 진행되었다. 양안에 Phenylephrine hydrochloride/tropicamide 5 mg/5 mg/ml (Mydrin-P®, Santen)을 수회 점안하여 충분히 산동된 후 30분 동안 암순응을 시켰다. 0.5% proparacaine hydrochloride (Alcaine® 0.5%, Alcon)를 점안하여 국소마취를 하고, 양안에 ERG-Jet 전극을 삽입하였으며, 이때 전극에 hydroxypropylmethylcellulose (Hycell soln®, Sam Il Pharm)를 도포하여 전도를 좋게 하고 피검자의 각막을 보호하도록 하였다. 접지전극은 이마중심에, 기준전극은 검사안과 같은 쪽의 외안각 바깥쪽에 부착시킨 후, 피검자가 stimulus dome에 머리를 고정하고 중앙의 붉은 빛을 주시하게 하면서 Full-field (Ganzfeld) stimulator로 빛자극을 주었다. -25 dB ($0.01 \text{ cd} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$)의 약한 백색광을 2초 간격으로 주면서 간체반응을 기록하고, 백색의 0 dB ($2.5 \text{ cd} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$) 표준빛자극을 2초 간격으로 주면서 복합반응을 기록하였다. 5분 가량의 명순응 후 배경조명을 $25 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ 로 조정하고, 백색의 0 dB의 표준빛자극을 1초에 30회 주면서 30 Hz 점멸반응을 기록하였다.

이와 같이 ERG-Jet 전극을 이용하여 망막전위도를 측정하고 24시간 이상 경과한 후 같은 방법으로 Burian-Allen

전극을 이용하여 양안의 망막전위도를 측정하였다. Burian-Allen 전극의 경우 기준전극이 렌즈-개검기 복합체에 포함되어 있으므로 이마에 기준전극을 별도로 부착하지 않았다.

35명 중 6명에 대해서는 ERG-Jet 전극과 Burian-Allen 전극을 이용하여 좌안의 망막전위도를 각각 3회씩 측정하였다. 검사 방법은 앞서 기술한 것과 동일하였으며, 매회 측정에는 24시간 이상의 시간 차이를 두었다.

29명의 간체반응에서 b파의 진폭과 반응도달시간, 최대 복합반응에서 a파의 진폭과 반응도달시간, b파의 진폭과 반응도달시간, 30 Hz 점멸반응에서 진폭과 반응도달 시간을 대응표본 *t*-검정을 이용하여 양안 간에 비교하였고, 또한 두 전극 간에 비교하였다. 각 변수의 변동계수(COV; 표준편차/산술평균 $\times 100$)를 통해 두 전극 간에 개체간 변동을 비교하였고, 6명의 좌안에서 얻은 3회 반복 측정치의 변동계수를 통해 개체내 변동을 비교하였다. 통계분석은 SPSS (version 15.0)를 이용하였고, 통계적 유의성은 $p < 0.05$ 인 경우로 정하였다.

결 과

피검자 35명의 평균연령은 25.5 ± 4.7 세로 모두 여자였다. 양안의 망막전위도를 측정한 29명에서 우안과 좌안의 망막전위도를 비교했을 때, ERG-jet 전극을 이용한 경우 각 반응의 진폭과 반응도달 시간은 양안 간에 유의한 차이가 없었다(Table 1). Burian-Allen 전극을 이용한 경우 간체반응에서 b파의 진폭은 우안이 $266.5 \pm 66.8 \mu\text{V}$, 좌안이 $282.9 \pm 79.5 \mu\text{V}$ 로 우안에 비해 좌안이 유의하게 큰 것으로 나타났으며($p = 0.025$), 30 Hz 점멸반응의 진폭 역시 우안($35.5 \pm 10.4 \mu\text{V}$)과 좌안($37.7 \pm 11.3 \mu\text{V}$) 사이에 유의한 차이를 보였다($p = 0.044$). 반응도달 시간은 Burian-Allen

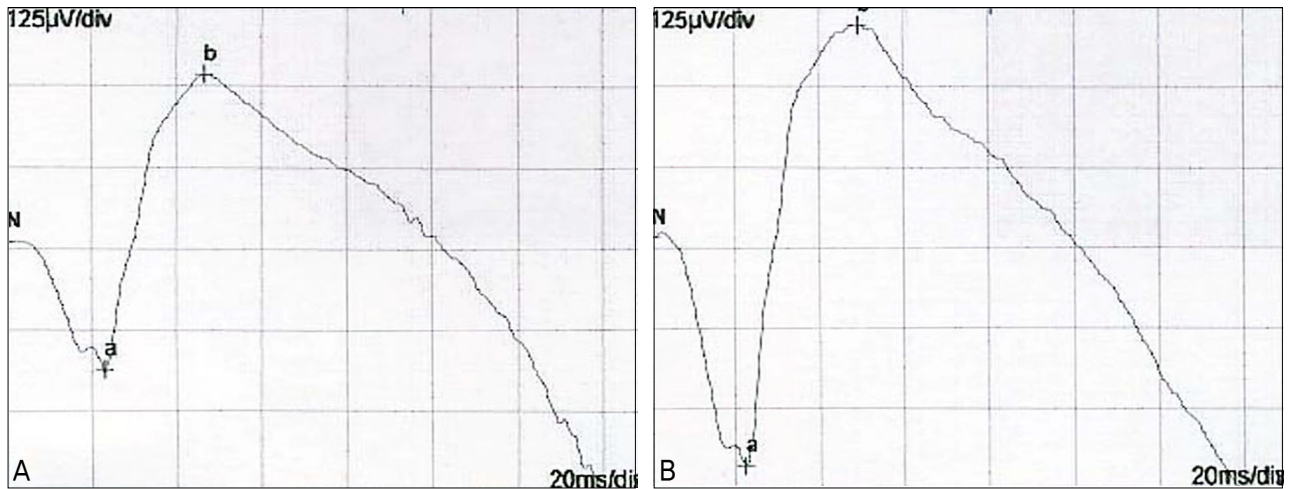


Figure 2. Representative waveform of maximum combined response acquired from same eye of same person using Burian-Allen electrode(left) and ERG-jet electrode(right). The amplitudes of a and b wave acquired using ERG-jet electrode are higher.

Table 1. Comparison of the amplitude and the implicit time of each response between right and left eye (N=29). *p*-value* by paired *t*-test

| Parameter | Right eye mean | Left eye mean | <i>p</i> -value* |
|----------------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| ERG-jet | | | |
| Amplitude | | | |
| Rod response b wave | 352.7 ± 58.7 | 358.1 ± 83.6 | 0.417 |
| Maximal combined response a wave | 306.3 ± 44.6 | 302.9 ± 39.8 | 0.470 |
| Maximal combined response b wave | 574.2 ± 86.1 | 568.3 ± 89.7 | 0.407 |
| 30 Hz flicker response | 46.2 ± 11.0 | 46.7 ± 9.9 | 0.555 |
| Implicit time | | | |
| Rod response b wave | 84.2 ± 4.1 | 83.6 ± 4.4 | 0.446 |
| Maximal combined response a wave | 20.8 ± 2.3 | 20.6 ± 2.4 | 0.234 |
| Maximal combined response b wave | 44.4 ± 4.3 | 44.6 ± 4.4 | 0.605 |
| 30 Hz flicker response | 32.1 ± 2.8 | 32.3 ± 3.0 | 0.537 |
| Burian-Allen | | | |
| Amplitude | | | |
| Rod response b wave | 266.5 ± 66.8 | 282.9 ± 79.5 | 0.025 |
| Maximal combined response a wave | 214.7 ± 40.8 | 225.6 ± 44.4 | 0.080 |
| Maximal combined response b wave | 458.8 ± 64.2 | 462.2 ± 86.3 | 0.654 |
| 30 Hz flicker response | 35.5 ± 10.4 | 37.7 ± 11.3 | 0.044 |
| Implicit time | | | |
| Rod response b wave | 92.4 ± 9.1 | 91.0 ± 9.6 | 0.352 |
| Maximal combined response a wave | 22.1 ± 1.6 | 21.5 ± 2.3 | 0.136 |
| Maximal combined response b wave | 45.8 ± 3.4 | 46.2 ± 3.0 | 0.396 |
| 30 Hz flicker response | 31.2 ± 2.6 | 31.2 ± 2.2 | 1.000 |

전극을 이용한 경우에도 양안 간에 유의한 차이가 없었다.

T-검정을 통해 양안의 망막전위도 차이의 평균이 두 전극 간에 다른지 비교한 결과, 간체반응의 b파, 최대복합반응의 a파와 b파, 30 Hz 점멸반응에서 진폭 및 반응도달시간에서 양안의 차이는 전극의 종류에 유의한 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

ERG-jet 전극과 Burian-Allen 전극의 비교에 있어서는, 우안과 좌안을 구분하지 않고 58안을 대상으로 통계 분석을 하였다. ERG-jet 전극을 이용하여 얻은 망막전위도에서

간체반응의 b파의 진폭은 $355.4 \pm 64.0 \mu\text{V}$ 로 Burian-Allen 전극을 이용한 경우의 진폭 $274.7 \pm 73.2 \mu\text{V}$ 에 비해 유의하게 큰 것으로 나타났다($p < 0.001$)(Table 2). 최대복합반응의 a파와 b파 및 30 Hz 점멸반응의 진폭도 ERG-jet 전극을 이용했을 때가 Burian-Allen 전극을 이용했을 때보다 유의하게 컸다(모두 $p < 0.001$). 반응도달 시간의 경우, 간체반응의 b파와 최대복합반응의 a파, b파는 ERG-jet 전극을 이용한 경우가 Burian-Allen 전극을 이용했을 때보다 반응도달 시간이 유의하게 짧았으며(각각 $p < 0.001$, $p < 0.001$,

Table 2. Comparison of the amplitude and the implicit time of each response between Burian-Allen electrode and ERG-jet electrode(N=58). *p*-value* by paired *t*-test

| Parameter | ERG-jet mean | Burian-Allen mean | <i>p</i> -value* |
|----------------------------------|-----------------|----------------------|------------------|
| Amplitude | | | |
| rod response b wave | 355.4 ± 64.0 | 274.7 ± 73.2 | < 0.001 |
| maximal combined response a wave | 304.6 ± 42.0 | 220.2 ± 42.6 | < 0.001 |
| maximal combined response b wave | 571.3 ± 87.2 | 460.5 ± 75.4 | < 0.001 |
| 30 Hz flicker response | 46.4 ± 10.4 | 36.6 ± 10.8 | < 0.001 |
| Implicit time | | | |
| rod response b wave | 83.9 ± 4.3 | 91.7 ± 9.3 | < 0.001 |
| maximal combined response a wave | 20.7 ± 2.3 | 21.8 ± 2.0 | < 0.001 |
| maximal combined response b wave | 44.5 ± 4.3 | 46.0 ± 3.2 | 0.009 |
| 30 Hz flicker response | 32.1 ± 2.9 | 31.2 ± 2.4 | 0.039 |

Table 3. Interpersonal coefficients of variation (COV) (N=29)

| Response | ERG-jet | | Burian-Allen | |
|----------------------------------|---------|-----------|--------------|-----------|
| | COV (%) | 95% CI* | COV (%) | 95% CI* |
| Right eye | | | | |
| Amplitude | | | | |
| rod response b wave | 16.7 | 15.7-17.7 | 25.1 | 23.0-27.6 |
| maximal combined response a wave | 14.6 | 13.8-15.4 | 19.0 | 17.8-20.4 |
| maximal combined response b wave | 15.0 | 14.2-15.9 | 14.0 | 13.3-14.7 |
| 30 Hz flicker response | 21.2 | 19.6-23.0 | 30.0 | 27.0-33.8 |
| Implicit time | | | | |
| rod response b wave | 4.9 | 4.8-5.0 | 9.9 | 9.5-10.3 |
| maximal combined response a wave | 11.3 | 10.8-11.7 | 7.3 | 7.1-7.5 |
| maximal combined response b wave | 9.7 | 9.4-10.0 | 7.5 | 7.3-7.7 |
| 30 Hz flicker response | 8.8 | 8.5-9.1 | 8.3 | 8.1-8.6 |
| Left eye | | | | |
| Amplitude | | | | |
| rod response b wave | 19.5 | 18.2-21.0 | 28.1 | 31.3-25.5 |
| maximal combined response a wave | 13.2 | 12.6-13.8 | 19.7 | 18.4-21.2 |
| maximal combined response b wave | 15.8 | 14.9-16.7 | 18.7 | 17.5-20.0 |
| 30 Hz flicker response | 23.8 | 21.9-26.1 | 29.3 | 26.5-32.9 |
| Implicit time | | | | |
| rod response b wave | 5.3 | 5.2-5.4 | 10.5 | 10.1-10.9 |
| maximal combined response a wave | 11.5 | 11.1-12.0 | 10.9 | 10.5-11.3 |
| maximal combined response b wave | 9.9 | 9.6-10.3 | 6.5 | 6.4-6.7 |
| 30 Hz flicker response | 9.2 | 8.9-9.5 | 7.0 | 6.8-7.2 |

*95% CI: 95% confidence interval.

$p=0.009$), 30 Hz 점멸반응은 Burian-Allen 전극의 경우가 더 짧았다($p=0.039$).

29명의 양안을 대상으로 각 변수의 변동계수를 구해 ERG-jet 전극과 Burian-Allen 전극의 개체간 변동을 비교하였다(Table 3). 우안의 진폭의 경우 간체반응의 b파, 최대복합반응의 a파, 30 Hz 점멸반응에서 ERG-jet 전극을 통해 얻은 망막전위도가 개체간 변동이 적었으며, 좌안의 진폭은 모든 반응에서 ERG-jet 전극의 개체간 변동이 적었다. 반면, 반응도달시간은 간체반응의 b파를 제외하고는 우안과 좌안 모두 Burian-Allen 전극의 개체간 변동이 적었다.

6명의 좌안에서 3회에 걸쳐 측정한 망막전위도를 통해 두 전극의 변동계수를 비교한 결과 대체적으로 ERG-jet 전극을 이용하여 얻은 망막전위도가 Burian-Allen 전극의 경우보다 변동계수가 작았으며, 특히 간체반응의 b파의 진폭은 통계적으로 유의하게 ERG-jet 전극의 개체내 변동이 적었다($p=0.046$; Wilcoxon 부호순위 검정)(Table 4).

고 찰

망막전위도 측정에 사용되는 전극은 검사자 간에 또는 매 회 측정 간에 변동성이 적고, 잡음이 적으며, 사용이 편

Table 4. Intrapersonal coefficients of variation (COV)(N=6). *p*-value* by Wilcoxon signed rank test

| Response | ERG-jet | Burian-Allen | <i>p</i> -value* |
|----------------------------------|---------|--------------|------------------|
| | COV (%) | COV (%) | |
| Amplitude | | | |
| rod response b wave | 5.8 | 11.0 | 0.046 |
| maximal combined response a wave | 4.4 | 9.3 | 0.116 |
| maximal combined response b wave | 5.2 | 5.1 | 0.753 |
| 30 Hz flicker response | 6.9 | 10.2 | 0.249 |
| Implicit time | | | |
| rod response b wave | 5.5 | 7.7 | 0.248 |
| maximal combined response a wave | 4.9 | 5.4 | 0.917 |
| maximal combined response b wave | 6.7 | 2.9 | 0.144 |
| 30 Hz flicker response | 2.8 | 2.3 | 0.684 |

리하고 부작용이 없어야 한다. 망막전위도의 결과가 측정 전극의 종류에 영향을 받는다는 사실은 여러 연구를 통해 익히 알려져 있으며, ISCEV에서는 양극 각막 전극인 Burian-Allen 전극을 사용할 것을 추천하고 있다.²⁻⁹ 국내에서는 현재 ERG-jet 전극과 Burian-Allen 전극이 상용화되고 있다.

ERG-jet 전극은 값이 저렴하고 구입 경로가 용이하다. 원래 1회용이지만 수차례 사용하여도 무방하다고 여겨 재 사용하는 곳이 많다. 양극을 각막에 접촉시키고 음극을 외안각 피부에 부착시키게 되어 있어 양극 사이의 저항이 피검자마다 일정치 않을 수 있다는 단점이 있고, 여러 번 사용할 경우 양극의 금속코팅이 마모되어 측정치에 영향을 줄 수 있다. Burian-Allen 전극은 개검기에 음극이 고정적으로 장착되어 있고 그 가운데 부분에 양극을 부착한 콘택트렌즈가 삽입되어 있어, 눈꺼풀을 안정적으로 벌리면서 동시에 콘택트렌즈 전극을 각막에 접촉시킬 수 있다. 양극과 음극 간의 간격이 가깝게 고정되어 있어 일정한 저항을 유지할 수 있고 잡음이 적으며 반영구적으로 사용할 수 있다는 장점이 있다.¹¹ 반면에, 고가이며 주문 후 장시간이 지나야 구입할 수 있고 성인을 위한 표준 크기가 어린 아이들에게 사용하기에 너무 커서 아이들을 위한 크기를 따로 준비해야 한다.

기존의 사람 및 동물을 대상으로 한 몇몇 실험에서 ERG-jet 전극을 통해 얻은 망막전위도의 진폭이 Burian-Allen 양극전극보다 큰 것으로 보고되었다.^{3,4} ERG-jet 전극이 아닌 단극전극을 Burian-Allen 전극과 비교한 연구도 있는데, 역시 단극전극을 사용한 경우가 a파와 b파의 진폭이 양극전극보다 크다고 보고하였다.^{5,6} 반면, Burian-Allen 전극을 이용한 경우의 진폭이 ERG-jet 전극보다 컸다는 보고도 있으며 전극의 종류와 전위의 진폭과의 관계는 명확하지 않다고 한 보고도 있다.^{7,8}

이번 연구 결과 간체반응의 b파, 최대복합반응의 a파와 b파, 30 Hz 점멸반응 모두 ERG-jet 전극의 진폭이 Burian-Allen

전극보다 유의하게 컸다(모두 $p < 0.001$). 병의 초기에는 망막전위도의 진폭 감소가 크지 않을 수 있기 때문에, 망막전위도의 진폭이 크게 표현될수록 초기 병변을 가려내는 데 유리하다.^{4,9} 따라서 진폭이 큰 ERG-jet 전극의 망막전위도가 임상적으로 더 유용하게 쓰일 수 있다.

두 전극 간에 망막전위도의 진폭에 차이가 나는 이유는 Burian-Allen 전극이 개검기 일체형으로 되어 있기 때문으로 생각된다. 눈의 움직임은 망막전위도의 결과에 큰 영향을 미칠 수 있다. Burian-Allen 전극의 개검기가 눈에 너무 끼게 되면, 전극이 각막에 정확히 위치하지 못하게 되고 눈 깜빡임이나 눈의 움직임에 더 쉽게 영향을 받게 된다. 특히 안검 사이의 크기가 작은 한국인에게서는 Burian-Allen 전극이 잘 맞지 않는 경우가 많다. 또한 Burian-Allen 전극의 기준전극이 접지전극과 가깝게 위치해 있다는 점도 망막전위도의 진폭을 작게 하는 원인이 될 수 있다. Mentzer et al⁴은 기준전극의 위치가 눈에서 멀어질수록 망막전위도의 진폭이 커진다고 보고하고, Burian-Allen 전극의 진폭이 낮은 것도 같은 이유로 설명할 수 있다고 하였다. 즉, Burian-Allen 전극의 경우 개검기에 내장되어 있는 기준전극을 사용하기 때문에 접지전극과 가까운 눈꺼풀결막으로부터 전기장을 얻게 되고, 따라서 망막전위도의 진폭이 작아진다는 것이다. Bui et al⁵과 Cringle et al¹²도 비슷하게 보고하였다. ERG-jet 전극의 단점 중의 하나가 음극을 외안각 피부에 부착하게 되어 있어 양극 사이의 저항이 일정치 않다는 점이다. ERG-jet 전극의 음극을 외안각으로부터 항상 일정한 거리를 두고 부착한다면, 높은 진폭의 망막전위도를 얻으면서 진폭의 변동성도 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

이번 연구에서 반응도달 시간의 경우 양안 간 차이는 없었지만, 간체반응의 b파, 최대복합반응의 a파와 b파에서 ERG-jet 전극이 더 짧게 나타난 반면, 30 Hz 점멸반응에서는 오히려 Burian-Allen 전극의 반응도달 시간이 더 짧게 나타났다. Choi et al²은 전체적으로 Burian-Allen 전극

의 반응도달 시간이 ERG-jet 전극보다 길다고 하였고, Mentzer et al⁴은 ERG-jet 전극, Burian-Allen 전극, DTL fiber 전극을 비교하고, 전체적으로는 반응도달 시간에 차이가 없지만, a파만을 비교했을 때 Burian-Allen 전극이 유의하게 길다고 보고하였다. 망막전위도 반응도달시간에 대해서는 진폭에 비해 보고가 적으며, 비교 결과가 갖는 의의에 대해서 추후 논의가 필요할 것으로 생각된다.

매 검사 간의 변동성은 검사의 신뢰도에 큰 영향을 주는 요소이다. 망막전위도는 개체내, 개체간 변동성이 커서 정량적 검사로 사용되는 데 제한이 있다. 변동계수는 변동성을 측정하는데 많이 쓰이는 방법으로, 이번 연구에서는 전반적으로 ERG-jet 전극을 이용하여 얻은 망막전위도에서 변동계수가 작았으며, 특히 진폭의 경우 그러하였다. 반면, Gjötterberg³는 측정치의 변동성은 ERG-Jet 전극이 13%, Burian-Allen 전극이 9%로 ERG-Jet 전극이 더 크다고 보고하였다. Bradshaw et al⁸은 망막전위도 진폭의 변동성은 전극의 종류와 관계 없어 보이며, Burian-Allen 전극을 이용하여 얻은 망막전위도의 진폭이 변동성이 큰 것은 Burian-Allen 전극이 개검기 일체형으로 되어 있어 각막과 밀착되지 않는 경우가 있기 때문이라고 보고하였다.

임상적으로는 검사의 편이성도 고려해야 한다. 이번 연구에서 정량적으로 수치화하지는 않았지만, 피검자가 검사 중 느낀 주관적 불편함은 Burian-Allen 전극에서 더 크게 나타났다. 특히 안검열의 크기가 작은 경우 불편함이 더욱 심했다. Gjötterberg³ 역시 4종류의 전극을 비교한 연구에서 피검자의 불편함은 Burian-Allen 전극이 가장 크고, ERG-Jet 전극은 비교적 불편함이 적다고 보고하였다.

이번 연구의 의의는 같은 사람을 대상으로 같은 조건에서 ERG-jet 전극과 Burian-Allen 전극을 직접 비교했다는 데 있다. 망막전위도에 관한 여러 보고를 검토해 보면, 측정하는 시스템이나 장비가 매우 다양하고 명시하지 않은 경우도 있다. 경험상, 피검자나 전극의 종류가 같아도 측정 시스템이 다를 경우 망막전위도의 결과가 달라지는 것으로 생각된다. 따라서 두 종류의 전극으로 측정한 망막전위도가 피검자가 다르거나 측정 시스템이 다른 경우 직접적으로 비교하기 어렵다. 또한 이번 연구에서는 두 전극 간에 변동계수를 비교함으로써 ERG-jet 전극을 이용하여 얻은 망막전위도의 진폭이 재현성이 더 좋음을 보였다. 그리고 피검자들의 연령을 20대로 제한함으로써 연령차에 의한 오류를 최소화하고, 성별을 여성으로 정하여 성별이 검사결과의 분석에 미치는 영향을 배제하였다.

망막전위도 측정 결과의 유용성, 재현성, 편이성 등의 관점에서 본 연구 및 다른 저자들의 보고를 고려할 때, ERG-Jet 전극은 Burian-Allen 전극에 비해 진폭이 크고,

변동성이나 불편함이 적어 보다 우수하다고 할 수 있다. 특히 간체반응의 b파와 최대복합반응의 a파에서 이와 같은 양상이 일관되게 나타났다. ISCEV에서는 Burian-Allen 전극을 추천하고 있지만, 특히 안검열이 작은 한국인에게에는 ERG-Jet 전극이 더 적합할 것으로 생각된다. 다만 일회용으로 제작된 ERG-jet 전극이 현 실정에서처럼 재사용되는 경우 측정치에 영향을 미칠 수 있음을 고려해야 한다. 재사용된 단극전극을 이용하여 망막전위도를 측정했을 때 진폭에는 영향이 없지만 변동성에 영향을 줄 여지가 있다는 보고가 있다.^{13,14} 마지막으로, 다른 조건이 모두 같아도 측정 시스템에 따라 검사 결과가 달라질 수 있으므로, 사용 전극, 전극의 부착 부위를 포함하여 다각적인 면에서 망막전위도의 결과를 표준화하기 위한 다기관 연구가 추후 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- 1) Marmor MF, Holder GE, Seeliger MW, et al. Standard for clinical electroretinography (2004 update). *Doc Ophthalmol* 2004;108:107-14.
- 2) Choi SH, Ohn YH, Shin H. Normal value of standard electroretinography and change with age and sex. Results using Burian-Allen electrode and comparison with results using ERG-jet electrode. *J Korean Ophthalmol* 1999;40:129-40.
- 3) Gjötterberg M. Electrodes for electroretinography. A comparison of four different types. *Arch Ophthalmol* 1986;104:569-70.
- 4) Mentzer AE, Eifler DM, Montiani-Ferreira F, et al. Influence of recording electrode type and reference electrode position on the canine electroretinogram. *Documenta Ophthalmologica* 2005;111:95-106.
- 5) Bui BV, Weisinger HS, Sinclair AJ, Vingrys AJ. Comparison of guinea pig electroretinograms measured with bipolar corneal and unipolar intravitreal electrodes. *Doc Ophthalmol* 1998;95:15-34.
- 6) Hennessy MP, Vaegan. Amplitude scaling relationships of Burian-Allen, gold foil and Dawson, Trick and Litzkow electrodes. *Doc Ophthalmol* 1995;89:235-48.
- 7) Esakowitz L, Kriss A, Shawkat F. A comparison of flash electroretinograms recorded from Burian Allen, JET, C-glide, gold foil, DTL and skin electrodes. *Eye* 1993;7:169-71.
- 8) Bradshaw K, Hansen R, Fulton A. Comparison of ERGs recorded with skin and corneal-contact electrodes in normal children and adults. *Doc Ophthalmol* 2004;109:43-55.
- 9) Prager TC, Saad N, Schweitzer FC, et al. Electrode comparison in pattern electroretinography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1992;33:390-4.
- 10) Lee YI, Ohn YH, Shin HH. Normal Values of Standard Electroretinography and Change with Age and Sex. *J Korean Ophthalmol Soc* 1996;37:1813-21.
- 11) Berson EL. Electrical Phenomena in the Retina. In : Wiliam M Hart, Jr, eds. *Adler's Physiology of the Eye*, 9th ed. Missouri: Mosby Year Book, 1992; Chapter 21, p 655.
- 12) Cringle SJ, Alder VA, Brown MJ, Yu DY. Effect of sclera recording location on ERG amplitude. *Current Eye Research* 1986;5:959-65.

- 13) Arden GB, Hogg CR, Holder GE. Gold foil electrodes: a two-center study of electrode reliability. *Doc Ophthalmol* 1994;86:275-84.
14) Wong VA, Graham SL. Effect of repeat use and coating defects of

gold foil electrodes on electroretinogram recording. *Vision Res* 1995;35:2795-9.

=ABSTRACT=

Comparison of Electroretinogram Waveforms Acquired Using Monopolar ERG-Jet Electrode and Bipolar Burian-Allen Electrode

Jihyun Park, MD, Hokyung Lee, MD, Sung Joon Park, MD, Yoon Hwa Kim

Department of Ophthalmology, Kim's Eye Hospital, Konyang University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To compare electroretinogram (ERG) waveforms acquired using an ERG-jet electrode and a Burian-Allen electrode.

Methods: ERGs were recorded with an ERG-jet electrode and a Burian-Allen electrode from both eyes of 29 volunteers. Three consecutive recordings were obtained with both electrodes from the left eye of another 6 volunteers. Peak-to-trough amplitudes and peak implicit times were compared between both eyes, and between the 2 types of electrodes. Interpersonal and intrapersonal variation were also compared.

Results: The differences in amplitude and implicit time between the right and left eyes were not influenced by the type of electrode. The amplitude of the ERG acquired using the Burian-Allen electrode, however, showed significant differences between both eyes, contrary to the amplitude acquired using the ERG-jet electrode. ERG recordings obtained using the ERG-jet electrode generally showed higher amplitude, shorter implicit time, and less interpersonal and intrapersonal variation than ERG recordings obtained using the Burian-Allen electrode.

Conclusions: In this application, the ERG-jet ERG electrode appeared to be superior to the Burian-Allen electrode in terms of both usefulness and consistency.

J Korean Ophthalmol Soc 2010;51(9):1217-1223

Key Words: Burian-Allen electrode, Electroretinogram, ERG-Jet electrode

Address reprint requests to **Hokyung Lee, MD**

Department of Ophthalmology, Kim's Eye Hospital, Konyang University College of Medicine

#156 Youngdeungpo-4th, Youngdeungpo-gu, Seoul 150-034, Korea

Tel: 82-2-2639-7777, Fax: 82-2-2677-9214, E-mail: hokyung@kimeye.com