

영상반전과 light emitting diodes 자극시 시각유발전위 반응에 관한 연구

계명대학교 의과대학 신경과학교실

오희종 · 서순천 · 박영춘

- Abstract -

Comparison of the Pattern Reversal and Light Emitting Diodes Stimulating Visual Evoked Responses

Hee Jong Oh, M.D., Soon Chun Suh, M.D., Young Choon Park, M.D.

Department of Neurology, Keimyung University School of Medicine, Taegu, Korea

This study was carried out to establish normal values and to compare the pattern reversal and light emitting diodes(LED) stimulating visual evoked potential(VEP) in 30 healthy volunteers(20 men and 10 women, age ranged from 24 to 56 years, with a mean age of 34 years).

The result summarized in table 1, 2 and 3. VEP wave patterns were similar and easily reproducible with those different types of visual stimulation. As compared of normal values of pattern reversal and LED stimulating visual evoked responses, there are no significant variations of absolute latencies, amplitudes, absolute amplitude differences between two eyes, proportional amplitude differences between eyes, and duration differences between two eyes. Only differences were significant in latency differences between two eyes and duration of p.100.

These results suggest that pattern reversal and LED stimulating VEP test will be useful in clinical test according to various patient's conditions.

서 론

유발전위(evoked potential)는 감각신경을 자극하여 발생하는 신경계의 전기적 반응으로서 근래에 와서 유발전위검사는 신경학적 진단의 보조적 수단으로 매우 가치있게 이용되고 있으며 특히 임상적으로 또는

타 검사로서 발견되지 않는 중추 감각계의 병소를 발견하는데 매우 도움이 된다(Chiappa, 1983; Spehlmann, 1985).

시각유발전위(visual evoked potential, VEP)는 시각을 자극할 때 후두부에서 묘기되는 전기적 반응으로서 시각자극의 방법에 따라 얻어지는 파형에 다소의 차이가 있다. 영상반전(pattern reversal, PR)시각자극은 타 자극 종류에 비해 얻어지는 파형이 피검자에 따른 차이가 적고 병변에 대한 감수성이 높으므로 널리 이용되고 있다. 그러나 그 검사에 절차가 되지않는

* 본 논문은 계명대학교 동산의료원 1988년도 특수과제 연구비의 보조로 이루어졌음.

조건 즉, 혼수 또는 마취환자, 소아 그리고 시력이 매우 불량한 사람 등에게는 적용할 수 없는 것이 단점이다. 이러한 단점은 선풍이나 light emitting diodes(LED)에 의한 시각 자극 VEP 검사로 보완할 수 있으나 이들 자극검사는 번개가 심하고 병원에 대한 감수성이 적은 것이 또한 단점이며서 임상검사에서는 이용하지 않고 피검자가 검사에 협조하지 못하는 경우에 이용되고 있다(Spehlmann, 1985). 따라서 본 연구는 실지 임상에서 환자의 VEP 검사시 협조여부에 따라 PR 또는 LED 시각 자극에 의한 VEP 검사를 시도할 때 그 각각의 정상 한계치와 파형의 차이점을 비교 관찰하여 그 결과를 임상에 응용하기 위하여 건강한 성인 30명을 대상으로 동일인에서 PR과 LED 시각 자극 시 전시아와 좌·우 반시아 VEP를 측정하여 그 성적을 비교 관찰하였다.

재료 및 방법

관찰대상으로는 병력과 신경학적 검사로써 시신경계 질환이 없고 교정시력이 정상 범위인 성인 30명(남자 20명, 여자 10명)을 관찰대상으로 하였으며 이들의 연령분포는 24세에서 56세 사이로 평균 34세였다.

검사기기는 Medelec sensor형 기기를 이용하였으며 시각 자극 방법은 35×27cm의 텔레비전(TV)에 의한 바둑판 모양의 영상반전(chekerboard pattern reversal, CPR) 자극검사를 한 후 동일인에서 LED 자극 VEP 검사를 하였다. 검사시 피검자를 차광된 어둡고 조용한 방에서 편안하게 앉히고 CPR 자극검사는 검사인의 반대측 눈을 가리고 TV 화면의 중심부에 있는 작은 검은 촛점에 눈을 고정시켰으며 TV 화면은 눈으로부터 1m 거리에 두고 수평 20°와 수직 15°시야(check size 70분)를 가지고 반전빈도(reversal rate)는 2Hz로 조정하였다. 반시아 PRVEP 검사 때는 TV 화면의 중심으로부터 좌 또는 우측면에 checkerboard pattern이 보이지 않게 하고 각 눈의 오른쪽과 왼쪽 반시아를 각각 자극하였다.

LED 자극검사를 할 때는 LED goggles을 피검자의 눈에 가발체 착용시키고 2Hz로 좌·우 눈을 각각 자극하였다. TV-PR 자극과 LED 자극을 하여 얻은 256회의 signal을 전산평균 가산기에 입력하여 얻은 VEP 파를 X-Y plotter기로 묘기하였다.

기준전극은 Oz, O₁, 그리고 O₂(international 10-

20 system)에, 그리고 기준전극은 전두부(Fz)에 부착하였으며 각 전극의 impedance는 2000ohm 이하로 하였다. Analysis time은 300msec, high filter는 250 Hz, low filter는 0.3Hz, sweep limit는 256, amplifier gain은 50μV 그리고 display gain은 10μV로 조정하였다.

VEP의 잠복기는 자극 시점부터 처음 양성파의 정점(P100)까지 측정하였으며 VEP의 진폭은 첫 음성파와 그 다음의 음성파의 정점을 직선으로 연결하고 양성파의 정점에서 수직으로 그어서 만나는 점까지의 거리를 μV로 환산하였다.

성 적

전시아 또는 좌·우 반시아 PR 자극 및 LED로 자극하였을 때 P100파의 절대잠복기(absolute latency), 양안 간 잠복기 차이, 진폭, 양안 간 진폭차이, 양안 간 대소파의 진폭의 비율, 주양성파(P100파)의 기간 그리고 양안 간 주양성파의 기간의 차이 등을 측정하여 얻은 성적의 평균치와 그 표준편차치는 표 1, 2, 3과 같다.

대상 30명의 60안에서 기록한 전시아 자극 VEP는 후두부(Oz)에서 최대진폭으로서 음성-양성-음성파로 구성된 삼상파(triphasic wave)였는데(그림 1), 그중 주양성파의 잠복기(P100)의 범위는 82.8msec에서 112msec로서 평균 97.3msec였고, 양안 간 잠복기 차이는 0~10msec로 평균 2.4msec였다. 그리고 주양성파의 진폭의 범위는 2.1μV에서 18μV로서 평균은 4μV였다. 양안 간 진폭차이는 0~4.5μV로서 평균 1.4μV였고, 양안 간의 대소파의 진폭의 비율은 57.9~100%로서 평균 83.3%였으며 주양성파의 기간은 31.2~96.4msec로서 평균 62msec였고, 양안 간의 주양성파의 기간의 차이는 0.6~23.4msec로서 평균 7.3msec였다(표 1).

반시아 영상반전 시각유발전위 반응은 모든 대상자에서 좌·우측 후두부(O₁과 O₂)에서 비대칭으로 기록되었다. 자극된 시야의 동측 전극에서 표기된 PR-VEP는 진폭이 높은 음성-양성-음성파(NPN complex)로 구성된 삼상파였고 자극된 시야의 반대편 전극에서도 같은 NPN complex로 표기되나 그 진폭은 자극된 시야의 동측의 진폭보다 현저히 낮았다. 그리고 후두부의 중심부(Oz)에 기록된 좌는 반시아 자극

Table 1. Full-field pattern reversal visual evoked potentials normal values.

	No.	Mean	SD	Mean+3SD	Range
Latency of P100	60 eyes	97.3 msec	± 6.0	115.3 msec	82.8-112 msec
Latency difference between two eyes	30 subj.	2.4 msec	± 2.4	9.6 msec	0 - 10.0 msec
Amplitude of P100	60 eyes	7.4 μ V	± 3.3	17.3 μ V	2.1-18.0 μ V
Absolute amplitude difference between two eyes	30 eyes	1.4 μ V	± 1.3	5.3 μ V	0 - 4.5 μ V
Proportional amplitude difference between two eyes					
Smallest amp. $\times 100$	30 subj.	83.3 %	±12.2	46.7 %	57.9-100 %
Largest amp.					
Duration of P100	60 eyes	62.0 msec	±12.0	98.0 msec	31.2-96.4 msec
Duration difference between two eyes	30 subj.	7.3 msec	± 5.2	22.9 msec	0.6-23.4 msec

amp : amplitude
subj : subjects

Table 2. Light emitting diodes normal values

	No.	Mean	SD	Mean+3SD	Range
Latency of P100	60 eyes	99.5 msec	± 8.4	124.7 msec	81.6-120 msec
Latency difference between two eyes	30 subj.	6.4 msec	± 5.5	22.9 msec	0 - 16.8 msec
Amplitude of P100	60 eyes	5.8 μ V	± 2.1	12.1 μ V	2.4-12.0 μ V
Absolute amplitude difference between two eyes	30 subj.	1.4 μ V	± 1.4	5.6 μ V	0 - 5.0 μ V
Proportional amplitude difference between two eyes					
Smallest amp. $\times 100$	30 subj.	80.8 %	±15.2%	35.2 %	44.4-100 %
Largest amp.					
Duration of P100	60 eyes	56.3 msec	±15.0	101.3 msec	36.8-99.6 msec
Duration difference between two eyes	30 subj.	8.8 msec	± 9.0	35.8 msec	0 -41.2 msec

amp : amplitude
subj : subjects

의 등측에서 기록된 좌와 유사했으며 오히려 더 일정한 모양으로 표기되었다(그림 2-1, 2-2). 좌·우 반시야 PRVEP의 절대잠복기와 양안 간 잠복기 차의 평균치는 표 3에서와 같다. 표 3에서 left field는 좌측 반시야 PR 자극대 등측 후두부(O₁)에서 기록된 VEP의 절대잠복기를 측정하였으며 right field는 우측 반시야 자극대 우측 후두부(O₂)에서 기록된 VEP의 절

대잠복기를 측정한 것이다.

동일대상에서 PRVEP검사 후에 시행한 LED-VEP 검사에서도 전시야 PRVEP에서와 같이 후두부(O₂)에서 최대전폭을 가진 시각유발전위 반응을 볼 수 있었던 데(그림 3), 주양성파의 정점까지의 절대잠복기는 81.6-120msec로서 평균 99.5msec였으며 이는 PRVEP에 비해 유의한 차이는 없었다(그림 4). 그리

Table 3. Normal Latencies of Partial Field PSV EP(msec)

	Mean $\pm$ SD	Range
Absolute latency		
Left field	96.9 $\pm$ 5.7	86.4-109
Right field	96.8 $\pm$ 6.0	85.2-112
Full field	97.3 $\pm$ 6.0	82.8-112
Full-left field	3.6 $\pm$ 3.3	-16.4- 9.0
Full-right field	3.0 $\pm$ 3.0	-16.0-11.4
Left-right field	4.0 $\pm$ 3.2	-10.0-13.0
Inter-eye difference		
Left field	3.2 $\pm$ 2.7	0-10.0
Right field	4.8 $\pm$ 4.6	0-20.8
Full field	2.8 $\pm$ 3.2	0-13.8

Normal latency values for sequential partial and full field PSVEPs in 30 normal persons. For half fields, latency taken at electrode 5Cm from midline ipsilateral to stimulated field; for full field, latency taken at midline electrode 5Cm aboveinion.

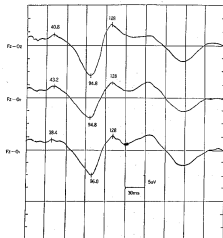


Fig. 1. Full field pattern reversal visual evoked potential from a normal person.

고 주양성파의 진폭의 범위는 2.4 μ V에서 12 μ V로서 평균 5.8 μ V였으며 양안 간의 잠복기 차이는 평균 6.4msec로 전시아 PRVEP에 비해 유의하게 길어져 있었다($p<0.05$). 양안 간의 진폭차이는 0 $\sim$ 5 μ V로서 평균 1.4 μ V였고, 양안 간의 대소파의 진폭의 비율은

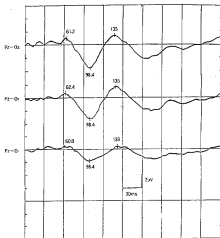


Fig. 2-1. Right half field PRVEP of right eye from a normal person.

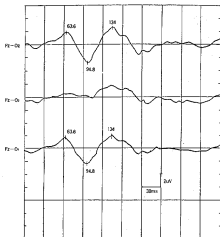


Fig. 2-2. Left half field PRVEP of right eye from a normal person.

4 $\sim$ 100%로서 평균 80.8%였으며 양안 간의 주양성파의 기간의 차이는 0 $\sim$ 41.2msec로서 평균 8.8msec였는데 이들 모두는 PRVEP에 비해 유의한 차이가 없었다. 그러나 주양성파의 기간은 36.8 $\sim$ 99.6msec로서 평균 56.3msec였으며 PRVEP에 비해 유의하게 단축되었다($p<0.05$).

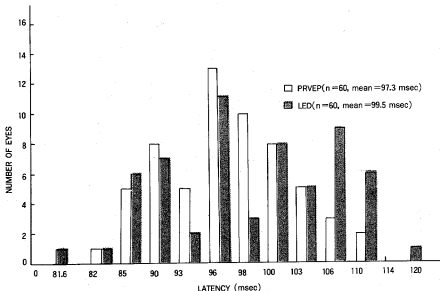


Fig. 4. Distribution of latencies of PRVEP and LED-VEP in 60 normal eyes.

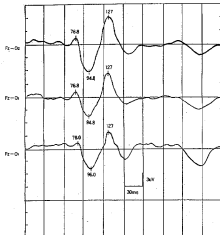


Fig. 3. Light emitting diodes stimulating visual evoked potential from a normal person.

고 찰

시각유발전위검사는 시각자극에 대한 대뇌피질의

전기적 반응으로(Ducati등, 1988), 시신경에서 후두부에 이르는 시각경로의 이상 유무를 객관적으로 평가할 수 있는 안전하고 예민한 신경생리학적 검사 방법이며 Halliday등(1972)이 시신경염 환자에서 PRVEP를 시행한 이래 여러 학자들에 의해 시각경로의 병변에서 PRVEP의 잠복기가 연장되거나 파가 소실된다는 보고가 있었다(Asselman등, 1975; Celesia와 Cone, 1985; Celesia와 Kaufman, 1985; Halliday등, 1976).

시각유발전위(VEP)는 시각을 자극하여 망막, 외측슬상체(lateral geniculate body)를 거쳐 후두피질(occipital cortex)에서 P100파를 생성하는데, 아직까지 P100파의 발생원이 정확하게 밝혀지지 않았지만 많은 임상적 연구 및 동물실험결과 striate와 prestriate 후두피질에서 발생된다고 추정하고 있다(Chappa, 1983; Phleps등, 1981; Spehlmann등, 1977; Celesia등, 1980).

VEP는 보통 3개의 정점으로 기록되는데 이것은 자극 후 약 70msec후에 나타나는 첫 음성파(N70), 약 100msec 정도에서 나타나는 양성파(P100), 그리고 약 135msec에서 나타나는 음성파(N135)로 구성되어

있는데, 그 중 P100파가 가장 진폭이 크고 뚜렷하며 항상 일정한 모양으로 나타나며 병변으로 인해 유발전위의 진폭이 낮을때도 유일하게 존재하는 양성파이다. 그리고 P100파가 비정상적인 잠복기와 진폭을 가질때 N70이 나타나지 않는 경우가 많은데 여기에 대한 기전은 아직 밝혀지지 않았으며, 또한 P100파의 기간의 증가는 항상 비정상적인 잠복기나 진폭과 관계가 있으나 임상적 의의는 없다고 하였다(Chiappa, 1983).

시각을 자극하는 방법으로는 광도(luminance)의 변동없이 자극하는 checkerboard pattern과 광도에 차이가 있는 strobe light 또는 pattern flash로 크게 나눌 수 있는데 strobe light나 pattern flash는 checkerboard pattern보다 덜 민감하고, 유발전위 반응에서 변이가 많기 때문에(Halliday 등, 1973b; Shalrockhi 등, 1978) 마취중이나, 혼수환자, 소아 또는 비협조적인 환자를 검사할 때에만 제한되어 사용한다.

전시아 PRVEP는 각 눈의 좌·우 시야를 동시에 자극함으로써 유발되고, 가장 널리 사용되는 방법이나, 병소 부위를 정확히 아는 데는 상당한 제한이 있다. 즉, 자극시 한쪽 눈에서만 비정상이 나타나면 병소는 시교차 앞쪽으로 생각할 수 있으나, 자극시 양안에서 비정상이 발견되면 병소 부위를 정확히 알 수 없다. 이것은 한쪽 눈이 양측 후두엽으로 투시되기 때문에 시교차 뒷쪽에 있는 병소가 P100파의 이상을 생성할 수 없기 때문이다. 그래서 이러한 교차 또는 후교차 시각경로의 병변으로 인한 시각장애를 감별하기 위해 Cobb와 Morton(1970)이 처음으로 반시아 PRVEP를 측정하여 좌·우 대뇌반구의 반응을 관찰하여 시신경 뒷쪽에 있는 시각경로의 기능적인 장애를 전기생리학적으로 증명할 수 있는 한 방법이라고 보고하였다.

반시아 PRVEP에 대한 일반적인 임상적 해석으로는 양안의 동측 반시아로부터 얻어진 시각유발전위 반응이 비슷하기 때문에 시교차 전방에 병변이 있을 때는 양안의 동측 반시아 자극으로부터 얻어진 반응 사이에 차이가 있으며, 시교차 뒷쪽의 병소때는 양안의 동측 시각자극에서 다같이 이상소견(uncrossed asymmetry)을 얻을 수 있다. 또한 시교차쪽을 분리하는 병변이 있을때는 양안의 다른 반시아 자극에서 같은 이상소견(crossed asymmetry)을 얻을 수 있다고 하였다(Halliday 등, 1972; Blumhardt 등, 1977; Blumhardt 등 1978; Blumhardt와 Halliday, 1979).

반시아자극에서 기록되는 VEP의 특이한 현상은 "paradoxical lateralization"인데 이것은 반시아 자극 때 주양성파(P100파)는 자극된 시야의 동측 후두피위의 전극에서 뚜렷하게 기록되고 동시에 시야의 반대측 후두피에는 다양한 음성파가 기록된다(Barrett 등, 1976). 이러한 P100파의 paradoxical lateralization은 자극된 반시아에 의해 활성화되는 신경원의 피질분포와 그 전류방향(current vector)과 관계가 있는데, 자극 시야 동측의 후두부 위에 기록되는 P100파는 반대편 occipital pole의 내부에 인접한 신경원에 의해 발생하는 전류방향에 거의 수직으로 놓여있는 동측 기록전극에 반영되기 때문이라 한다(Blumhardt와 Halliday, 1979). 그리고 동측 P100파는 시야의 중심부의 자극에 의해서 발생하며 동시에 발생하는 반대편 음성파는 보다 주변시야의 자극에 의해 발생된다. 실험적으로 중심암절이 있는 경우는 동측 P100파는 진폭이 상당히 감소되는 반면, 반대편 음성파는 진폭이 증가될 수 있다고 하였다(Blumhardt 등, 1978). 그러나 Haimovic와 Pedley(1982b)는 중심암절을 가진 군과 중심시야만 자극한 군을 서로 비교한 결과 주변시야를 자극할 때는 확실히 반대편 음성파(N100)를 발생하는데, 중심시야를 자극할 때 보다 더 많은 영향을 주는 것 같지만, 동측 P100파의 발생에는 황반과 주변시야가 다 같이 중요한 역할을 한다고 주장함으로써 반시아 PRVEP의 진폭이나 극성으로 시야 결손의 정확한 위치를 결정하는데 이용될 수 있다는데 대해서는 반대하였다.

최근에는 영상반전 자극기기들의 내구성, 간섭성 및 안전시간 등에 있어서 결점을 가지고 있기 때문에 이를 보완하기 위해서 Evans 등(1974)은 light emitting diodes(LED)을 처음으로 제시하였다. 이는 LED는 섬광 강도, 기간 및 빈도를 직접 조절할 수 있으며 작고 간편해서 혼수환자를 비롯한 비협조적 환자에서도 사용할 수 있는 장점을 가지고 있다(Epstein, 1979; Mushin 등, 1984; Spydel, 1983). 또한 Mushin 등(1984)은 실험실에서 LED와 stroboscope 섬광자극에 대한 반응을 비교한 결과 잠복기의 차이를 발견하지 못했으나 오히려 LED의 장점을 강조하였다.

VEP파형의 절대잠복기와 진폭에 영향을 줄 수 있는 인자로서 성별, 연령, 시력 자극 종류, check크기, 동공 크기, 광도와 대조(contrast) 등이 있으므로 항상 일정한 조건하에서 검사하는 것이 중요하다(Chi-

appa, 1983). 연령과 성별이 VEP에 미치는 영향은 연령이 40대까지는 P100파의 잠복기에 변화는 없으며, 그 이후 10세씩 증가 할수록 2~5msec 증가한다고 하였으며, 여자에서 남자보다 약간 짧다고 하였다(Asselman등, 1975; Hennerici등, 1977; Stockard등, 1979). 그리고 시력도 상당한 영향을 미치는데 P100파의 잠복기는 시력이 적정 수준일때 가장 짧으며 영상반전 자극에서 시력이 20/200까지 감소할때 P100파의 잠복기는 20msec 증가한다고 하였다(Sokol과 Moskowitz, 1981; Collins등, 1979). 또한 check 크기가 P100파의 절대잠복기에 미치는 효과에 대하여 많은 보고가 있는데 Meredith와 Celesia(1982)는 작은 check크기와 자극 시야는 안와(fovea)에 적절한 자극을 하고, 보다 큰 check크기와 자극 시야는 안와의 주변부에서 자극된다고 하였다. Asselman등(1975)은 18도의 checkerboard반전자극할 경우 30분과 57분의 check크기를 비교할 때 30분 check에서 더 큰 진폭을 얻었다고 하였다.

Yiannikas와 Walsh(1983)는 자극 시야의 중심 4도를 자극할 때, 27분 check에서 최대 진폭반응을 얻었고, 더 큰 자극시야로 자극할 때(32도) 최대 진폭반응은 55분 check에서 나타났다고 하였다. Hughes등(1987)은 check크기와 자극 종류를 비교하기 위하여 다발성 경화증(MS) 환자에서 28분 PR, 56분 PR 및 섬광자극의 반응을 비교한 결과 28분 PR이 definite MS의 진단에 가장 좋은 방법이며, possible MS에서는 28분의 PR이 섬광자극과 같은 효과가 있다고 보고하였다. 또한 시각자극 종류가 VEP파형의 절대잠복기나 진폭에 상당한 영향을 주는데, Wilson과 Keyer(1980)는 definite MS환자에서 PRVEP와 산광(diffuse light) VEP반응을 비교한 결과 PR이 산광보다 잠복기에 있어서 더욱 민감하다고 하였다. 그리고 Mushin(1984)은 신생아에서 LED와 stroboscope 섬광자극에 대한 VEP반응에서 차이를 발견할 수 없다고 보고하였다. 그리고 광도와 대조의 감소는 P100파의 잠복기를 증가시키는 요인이 된다(Cant등, 1978). 또한 동공크기가 광각 조명에 영향을 주기때문에 P100파의 잠복기에도 영향이 미치는데 Hawkes와 Stow(1981)는 평균 동공크기가 1.75mm 축소되면 평균잠복기는 4.6msec증가하며 동공으로 들어오는 빛의 양이 잠복기 변동에 근본적인 원인이 될 것이라 주장하였다.

본 연구에서 얻은 전시아 PRVEP 성적을 타 검사실에서 보고한 정상치와 비교해 보면, 절대잠복기는 홍등(1989)에 의하면 $94.15 \pm 4.48\text{msec}$ 였고, Shahrokhii등(1978)은 $102.3 \pm 5.1\text{msec}$ 였으며, 본 연구에서는 $97.3 \pm 6\text{msec}$ 로서 홍등의 성적보다는 약간 길었으나 Shahrokhii등의 성적보다는 약간 짧았다. 진폭은 Shahrokhii등에 의하면 $10.1 \pm 4.2\mu\text{V}$ 이었고, 본 연구에서는 $7.4 \pm 3.3\mu\text{V}$ 로서 큰 차이가 없었다. 양안 간의 잠복기 차이는 Shahrokhii등(1978)은 $1.3 \pm 2.0\text{msec}$ 이었고 본 연구에서는 $2.4 \pm 2.4\text{msec}$ 로서 큰 차이가 없었다. 그러나 LED와 PR자극에 대한 VEP반응을 비교한 보고는 거의 없으며, 본 연구에서 PR과 LED시각자극을 동일인에서 각각 시행해서 그 반응을 비교한 결과 그중 절대잠복기와 진폭, 양안 간의 절대 진폭의 차, 양안 간 대소파의 진폭 비율 그리고 양안 간의 파기간의 차 등의 성적은 양군 간에 유의한 차이가 없었으며, 양안 간의 잠복기 차와 파기간은 양군간에 유의한 차이가 있었으나, 이는 임상적으로 큰 의미가 없으므로 PR과 LED 전시아 자극 VEP는 임상적으로 환자의 검사조건에 따라 편리하게 이용할 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

시각유발전위검사시 피검자의 조건에 따라 PR 또는 LED자극 VEP검사를 시행할 때 그 각각의 정상한계치와 파형의 차이점을 비교 관찰하여 그 결과를 임상에 응용하기 위하여 건강한 성인 남녀 30명을 대상으로 동일인에서 PR과 LED 시각자극시 전시아와 좌·우 반시아 VEP를 모기하고 각 VEP파의 절대잠복기, 양안 간의 잠복기 차이, 진폭, 양안 간 진폭 차이, 양안 간의 대소파의 진폭의 비율, 주양성파의 기간 그리고 양안 간의 양성파의 기간의 차이 등을 측정하여 얻은 성적은 표 1, 2, 3과 같다. 절대잠복기와 진폭, 양안 간의 절대 진폭의 차, 양안 간 대소파의 진폭 비율 그리고 양안 간의 파기간의 차 등의 성적은 PR과 LED-VEP간에 유의한 차이가 없었으며 양안 간의 잠복기 차와 파기간은 PR과 LED-VEP간에 유의한 차이가 있었다. 따라서 PR과 LED-VEP는 환자의 검사조건에 따라 편리하게 이용할 수 있다고 사료된다.

참 고 문 헌

- 홍성욱, 김동훈, 최문성, 박규현, 김상욱(1989) : 시신경 위축에 있어서 위상변이성 시각유발전위와 실험성 망막전도에 관한 연구. 대한신경과학회지 7(1) : 35-41.
- Asselman P, Chadwick DW, Marsden CD(1975) : Visual evoked responses in the diagnosis and management of patients suspected of multiple sclerosis. *Brain* 98 : 261-282
- Barrett G, Blumhardt LD, Halliday AM, Halliday E, Kriss A(1976) : A paradox in the lateralization of the visual evoked response. *Nature* 261 : 253-255.
- Blumhardt LD, Barrett G, Halliday AM(1977) : The asymmetrical visual evoked potential to pattern reversal in one half field and its significance for the analysis of visual field defects. *Brit. J. Ophthalmol.* 61 : 454-461.
- Blumhardt LD, Barrett G, Halliday AM, Kriss A (1978) : The effect of experimental scotoma on the ipsilateral and contralateral responses to pattern reversal in one half-field defects. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 45 : 376-392.
- Blumhardt LD, Halliday AM(1979) : Hemisphere contribution of the composition of the pattern evoked potential waveform. *Exp. Brain Res.* 36 : 59-69.
- Cant BR, Hume AL, Shaw NA(1978) : Effects of luminance on the pattern visual evoked potential in multiple sclerosis. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 45 : 496-504.
- Celesia GG, Archer CR, Kuroiwa Y, Goldfader PR(1980) : Visual function of extrageniculocalcarine system in man. Relation to cortical blindness. *Arch Neurol* 37 : 704-706.
- Celesia GG, Cone S(1985) : Visual evoked potentials : A practical approach within the guideline for clinical evoked potential studies. *Am J EEG Technol* 25 : 93.
- Celesia GG, Kaufman D(1985) : Pattern ERGs and visual evoked potentials in maculopathies and optic nerve disease. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 26 : 726.
- Chiappa KH : Evoked potentials in clinical medicine. New York, Raven Press, 1983, Preface pp.1-104.
- Cobb WA and Morton HB(1970) : Evoked potentials from the human scalp to visual half-field stimulation. *J. Physiol.* 208 : 39-40.
- Collisons DWK, Carroll WM, Black JL, Walsh M (1979) : Effect of refractive error on the visual evoked response. *Br Med J* 1 : 231-232.
- Ducati A, Fava E, Motti EDF(1988) : Neuronal generators of the visual evoked potentials : intracerebral recording in awake humans. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 71 : 89-99.
- Epstein CM(1979) : True checkerboard pattern reversal with light emitting diodes. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 47 : 611-613.
- Evans BT, Binnie CD, Lloyd DS(1974) : A simple visual pattern stimulator. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 37 : 403-406.
- Haimovic IC, Pedley TA(1982a) : Hemi-field pattern reversal visual evoked potentials. I. Normal Subjects. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 54 : 111-120.
- Haimovic IC, Pedley TA(1982b) : Hemi-field pattern reversal visual evoked potentials. II. Lesions of the chiasm and posterior visual pathways. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 54 : 121-131.
- Halliday AM, McDonald WI, Mushin J(1972) : Delayed visual evoked response in optic neuritis. *Lancet* i : 982-985.
- Halliday AM, McDonald WI, Mushin J(1973b) : Visual evoked responses in the diagnosis of multiple sclerosis. *Br Med J* 4 : 661-664.
- Halliday AM, Halliday E, Kriss A, McDonald WI, Mushin J(1976) : The pattern evoked potential in compression of the anterior visual pathways. *Brain* 99 : 357-374.
- Hawkes CH, Stow B(1981) : Pupil size and the pattern evoked response. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 44 : 90-91.
- Hennerici M, Wenzel D, Freud HJ(1977) : The comparison of small size rectangle and checkerboard stimulation for the evaluation of delayed visual evoked responses in patients suspected of multiple sclerosis. *Brain* 100 : 119-136.
- Hughes JR, Stone JL, Fino JJ, Hart LA(1987) : Usefulness of different stimuli in visual evoked potential. *Neurology* 37 : 656-662.
- Mushin J, Hogg CR, Dubowitz LMS, Skouteli H, Arden GB(1984) : Visual evoked responses to light emitting diode(LED) photostimulation in newborn infants. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 58 : 317-320.

- Phelps ME, Mazziotta JC, Kuhl DE, Nuwer M, Packwood J, Metter J, Engel J(1981) : *Tomographic mapping of human cerebral metabolism: visual stimulation and deprivation*. *Neurology* 31 : 517-529.
- Shahroohi F, Chiappa KH, Young RR(1978) : *Pattern shift visual evoked responses: Two hundred patients with optic neuritis and/or multiple sclerosis*. *Arch Neurol* 35 : 65-71.
- Sokol S, Moskowitz A(1981) : *Effect of retinal blur on the peak latency of the pattern evoked potential*. *Vision Res* 21 : 1279-1286.
- Spehlmann R, Gross RA, Ho Su, Leestma JE, Norcross KA(1977) : *Visual evoked potentials and postmortem findings in a case of cortical blindness*. *Ann Neurol* 2 : 531-534.
- Spehlmann R : *Evoked potential primer*. Boston, Butterworth Publishers, 1985, pp.70, 95-115.
- Spydell JD(1983) : *A low cost light emitting diode photic stimulator*. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 55 : 485-486.
- Stockard JJ, Hughes JF, Sharbrough FW(1979) : *Visually evoked potentials to electronic pattern reversal: Latency variations with gender, age and technical factors*. *Am J-EEG Technol* 19 : 171-204.
- Wilson WB, Keyser RB(1980) : *Comparison of the pattern and diffuse light visual evoked responses in definite multiple sclerosis*. *Arch Neurol* 37 : 30-34.
- Yiannikas C, Walsh JC(1983) : *The variation of the pattern shift visual evoked responses with the size of the stimulus field*. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 55 : 427-435.