

굴절이상에 따른 VEP 변화

김형태·김기산

=Abstract=

VEP Change in Refractive Errors

Hyeong Tae Kim, M.D., Ki San Kim, M.D.

In present, clinically, the VEP has special value in the areas of refraction, infant acuity, diseases of the optic nerve, color blindness, amblyopia and field defects.

VEP reflects the activity of the visual system from the level of the photoreceptors to the occipital cortex, and it is more directly related to vision than retinoscopy.

Authors studied the VEP change in refractive errors. We used Horizon computer with UTAS-E and the check sizes used were 16×16 (50 min.), 32×32 (25 min.), 64×64 (12.5 min.).

One eye was occluded and then lenses of different power were successively placed before the other eye, and a separate VEP was recorded for each lens power.

The result were as follows:

1. Amplitude change according to change of check size in different trial lens powers

1) +3, +4, +5D(64×64): statistically significant decrease

2) -D(except -6D, 32×32): statistically not significant

2. Latency change according to change of check size in different trial lens powers

1) +D(64×64 and +4, +5D(32×32)): statistically significant increase

2) -D(64×64) and -10D(32×32): statistically significant increase

3. Amplitude change according to change of trial lens power in different check sizes

1) All check size(+4, +5D) and 64×64 size(+3D): statistically significant decrease

2) All check size(-D): statistically significant decrease

4. Latency change according to change of trial lens power in different check sizes

1) 32×32 size(+4, +5D) and 64×64 size(+3, +4, +5D): statistically significant increase

2) 16×16 size($-6, -8, -10D$) 32×32 size($-4, -6, -8, -10D$) and 64×64 size (all D): statistically significant increase

5. Change of amplitude and latency between each trial lens power in different check sizes

1) +D (64×64), amplitude and Latency: statistically significant

2) -D amplitude-all check size: statistically significant, latency- 32×32 size: statistically significant

서 론

VEP는 시기능에 대한 객관적 검사 방법으로 주로 시신경 질환의 진단 및 중심와 기능의 검사에 이용되며, 약시^{2,25,28)} 및 양안시 기능 장애와 소아나 의사 소통이 어려운 대상의 시력 측정^{9,10,18,26)} 및 굴절이상의 결정^{11,17,19,23)}에 유용하며, 약 1세기전 Richard Caton이 evoked potential에 대해 처음 기술한 이래, 여러 분야에서 이용되어 왔고, 1968년 Harter & White가 flashing checkerboard를 사용하여 refraction에 최초로 이용했으며 그후 Goff & Colleagues(1969)는 난시측정시 VEP의 효과에 대해 보고했고, Millordot & Riggs¹⁷⁾(1970), Regan¹⁰⁾(1973)등이 VEP를 이용한 refraction에 대해 기술했다.

VEP는 망막에 맷히는 상의 촛점에 의해 아주 민감하게 반응하는 것으로 알려져 있는데, VEP의 전기적인 반응이 시력 자체와 같은 수용과정에 의존하므로 이것을 이용한 refraction이 어떤 면에서는 경영법보다 더 타당하다고도 할 수 있다²³⁾.

본 교실에서는 나안시력 1.0이상인 정상인 남자 60명(120안)을 대상으로 눈앞에 여러 도수의 +렌즈 및 -렌즈를 대어 근시 및 원시 상태로 만들어 Patterned stimuli를 사용하여 그 Amplitude 및 Latency 변화를 측정 비교하여 보았다.

대상 및 방법

대상은 20세부터 28세 사이의 나안시력 1.0 이상인 정상인 남자 60명(120안)을 대상으로 하였으며, 그중 굴절 이상군으로는 +1, +2, +3, +4, +5D 렌즈를 써운 15명(30안)과 -2, -4, -6, -8, -10D 렌즈를 써운 15명(30안)으로 하였고, 정상군으로는 30명(60안)을 비교 관찰하였다.

VEP를 측정하기 위하여 North star 사 제품 Computer인 Horizon과 LKC system 사 제품 UTAS-E

1,000(Universal and Analysis system-electrophysiologic 1,000)을 이용했다. 전극의 위치는 active electrode를 inion 상방 3 cm에 부착하고, reference와 ground electrode는 양쪽 earlobe에 각각 부착했다.

자극은 checker-board를 사용했으며 각각의 check size는 16×16 , 32×32 , 64×64 의 3종류이며 각 check와 피검자의 눈과의 시각은 각각 50 min., 25 min., 12.5 min.이며 TV화면 전체 크기는 13 deg. 16 min.이며 luminance는 일정하게 하고 화면 전체에서 reversal 시켜 검사하였다. pattern reversal frequency는 2 Hz로 하였으며 analysis time은 250 msec. artifact reject threshold는 $24 \mu\text{V}$ 로 하고 low-pass filter cut-off는 30 Hz, high-pass filter cut-off는 1 Hz로 하여, 피검자를 monitor에서 1 m 떨어진 거리에서 중심부를 주시하게 하여, 100회 연속자극을 주어 평균하여 $N_1 - P_1$ amplitude 및 P_1 latency를 측정하고 각각을 check-size와 Diopter의 변화에 따라 비교하였다.

결 과

1. Check size에 따른 Amplitude 변화

1) +Diopter 렌즈에서는 check size가 작아짐에 따라 Amplitude는 대체로 감소하는 양상을 보였으며, 특히 64×64 size의 +3, +4, +5D에서 통계학적으로 유의한 감소를 보였다.

+5D의 32×32 size에서의 4안(6.7%)과, 64×64 size의 12안(20%)에서 flat curve를 보였다(Table 1, Fig. 1).

2) -Diopter 렌즈에서는 check size에 따라 통계학적으로 의의 있는 변화가 없었으며, -10D의 32×32 size에서의 4안(6.7%)과 64×64 size의 2안(3.3%)에서 flat curve를 보였다(Table 2, Fig. 2).

2. Check size에 따른 Latency 변화

1) +Diopter 렌즈에서는, Check size가 작아짐에

—김형태·김기산: 굴절이상에 따른 VEP 변화—

Table 1. Amplitude change according to change of check size in different trial lens powers

Diopter \ Size	16×16	32×32	64×64
+1D	7.08±0.77	7.54±1.01	7.60±1.06
+2D	7.60±0.83	7.37±0.79	7.58±0.84
+3D	6.72±0.66	7.00±0.58	5.55±0.41**
+4D	6.55±0.59	6.03±0.44	3.81±0.36***
+5D	6.05±0.55	5.55±0.44	2.87±0.27***

p<0.01 *p<0.005

missing value; +5D 32×32: 6.7%, +5D 64×64: 20%

(mean±S.E.)

Table 2. Amplitude change according to change of check size in different trial lens powers

Diopter \ Size	16×16	32×32	64×64
-2D	5.70±0.46	5.59±0.47	5.91±0.42
-4D	5.10±0.44	4.87±0.40	5.68±0.46
-6D	4.77±0.42	4.26±0.36*	4.62±0.46
-8D	4.21±0.38	3.87±0.37	3.95±0.43
-10D	3.49±0.34	3.38±0.34	3.15±0.33

*p<0.05

missing value; -10D 32×32: 6.7%, -10D 64×64: 3.3%

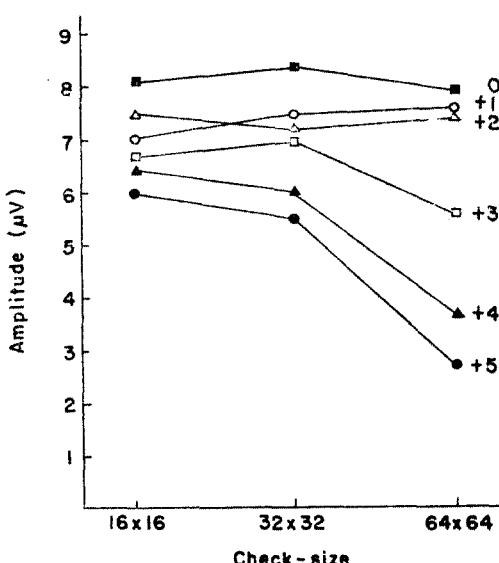


Fig. 1. Amplitude change according to change of check size in different trial lens powers

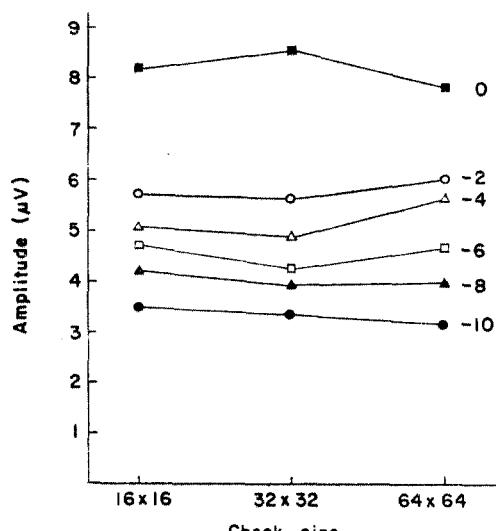


Fig. 2. Amplitude change according to change of check size in different trial lens powers

따라 Latency 는 전반적으로 증가되는 양상을 보였으며 특히 64×64 size 의 전 Diopter 와 32×32 size 의 +4, +5D에서 통계학적으로 유의한 증가를 보였다

(Table 3, Fig. 3).

2) - Diopter 렌즈에서는, Check size 가 작아짐에 따라 Latency 는 증가하였으며, 특히 64×64 size 의 전

Table 3. Latency change according to change of check size in different trial lens powers

Diopter \ Size	16×16	32×32	64×64
+1D	105.30±0.74	105.83±0.68	110.57±0.88***
+2D	105.33±0.67	105.63±0.66	110.60±1.14***
+3D	105.41±0.64	106.80±0.72	117.17±1.86***
+4D	106.40±0.73	110.47±1.48**	122.07±1.88***
+5D	106.70±0.66	116.14±1.93*	128.17±1.59***

*p<0.05 **p<0.01 ***p<0.005

missing value; +5D 32×32 : 6.7%, +5D 64×64 : 20%

(mean±S.E.)

Table 4. Latency change according to change of check size in different trial lens powers

Diopter \ Size	16×16	32×32	64×64
-2D	107.27±0.87	109.33±0.99	113.33±1.62***
-4D	108.47±0.95	109.73±0.93	113.17±1.50***
-6D	109.13±0.90	109.43±0.95	115.13±1.64***
-8D	109.83±1.02	111.37±1.09	115.77±1.84***
-10D	109.94±0.94	111.89±0.98**	116.35±2.12***

p<0.01 *p<0.005

missing value; -10D 32×32 : 6.7%, -10D 64×64 : 3.3%

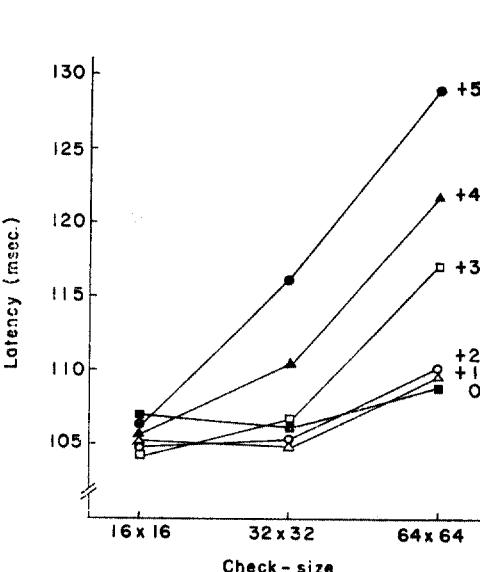


Fig. 3. Latency change according to change of check size in different trial lens powers

Diopter 와 32×32 size 의 -10D에서 통제학적으로 유의한 증가를 보였다(Table 4, Fig. 4).

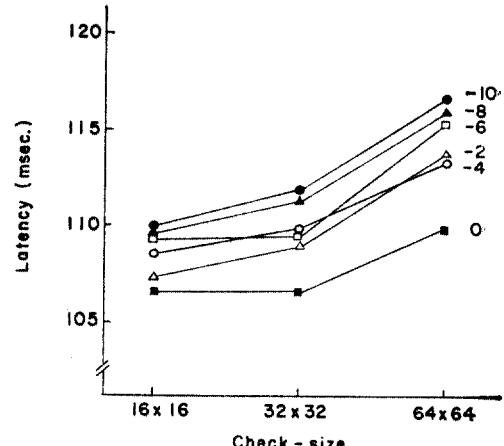


Fig. 4. Latency change according to change of check size in different trial lens powers

3. 각 Diopter에 따른 Amplitude 변화

1) +Diopter 렌즈에서는, Diopter의 증가에 따라 Amplitude는 감소하는 양상을 보였으며, 특히 전 check size의 +4, +5D와 64×64 size의 +3D에서 통제학적으로 유의한 감소를 보였고, 정상안에 비해 26%에서 63%까지의 감소를 보였다.

—김형태·김기산: 굴절이상에 따른 VEP 변화—

Table 5. Amplitude change according to change of trial lens power in different check sizes

Diopter \ Size	Normal	+1D	+2D	+3D	+4D	+5D
16×16	8.18±0.46	7.08±0.77 (13.4)	7.60±0.83 (7.1)	6.72±0.66 (17.8)	0.55±0.59* (19.9)	6.05±0.55** (26.0)
32×32	8.48±0.77	7.54±1.01 (11.1)	7.37±0.79 (13.1)	7.00±0.58 (17.5)	6.03±0.44* (28.9)	5.55±0.44* (34.6)
64×64	7.79±0.48	7.60±1.06 (2.4)	7.58±0.84 (2.7)	5.55±0.41** (28.8)	3.81±0.36*** (51.1)	2.87±0.27*** (63.2)

(): % Change from normal value

*p<0.05 **p<0.01 ***p<0.005

(mean±S.E.)

Table 6. Amplitude change according to change of trial lens power in different check sizes

Diopter \ Size	Normal	-2D	-4D	-6D	-8D	-10D
16×16	8.18±0.46	5.70±0.46*** (30.3)	5.10±0.44*** (37.7)	4.77±0.42*** (41.7)	4.21±0.38*** (48.5)	3.49±0.34*** (57.3)
32×32	8.48±0.77	5.59±0.47* (34.1)	4.87±0.40*** (42.6)	4.26±0.36*** (49.8)	3.87±0.37*** (54.4)	3.38±0.34*** (60.1)
64×64	7.79±0.48	5.91±0.42* (24.1)	5.68±0.46** (27.1)	4.62±0.46*** (40.7)	3.95±0.43*** (49.3)	3.15±0.33*** (59.6)

(): % Change from normal value

*p<0.05 **p<0.01 ***p<0.005

(mean±S.E.)

Table 7. Latency change of trial lens power in different check sizes

Diopter \ Size	Normal	+1D	+2D	+3D	+4D	+5D
16×16	106.79±0.55	105.30±0.74 (-1.6)	105.33±0.67 (-1.4)	105.41±0.64 (-1.3)	106.40±0.73 (-0.4)	106.70±0.66 (-0.1)
32×32	106.68±0.49	105.83±0.68 (-0.8)	105.63±0.66 (-1.0)	106.80±0.72 (0.1)	110.47±1.48*** (3.6)	116.14±1.93*** (8.9)
64×64	109.93±0.67	110.57±0.88 (0.6)	110.60±1.14 (0.6)	117.17±1.86*** (6.6)	122.07±1.88*** (11.0)	128.17±1.59*** (16.6)

(): % Change from normal value

***p<0.005

(mean±S.E.)

64×64 size에서의 Diopter 간 Amplitude 감소가 특히 의의있었고, +4D와 +5D간은 약 25%의 감소를 보였다(Table 5).

2) -Diopter 렌즈에서는, Diopter의 증가에 따라 Amplitude는 감소하는 양상을 보였으며, 전 check size의 모든 Diopter에서 통계학적으로 유의한 감소를 보였고, 정상안에 비해 57%에서 60%까지의 감소를 보였다(Table 6).

3) +Diopter 와 -Diopter 렌즈에서 Diopter의 증가에 따라 Amplitude는 감소했으며, 특히 64×64 size

에서 각 Diopter 간의 변화가 다른 size에서 보다 더 뚜렷했다(Fig. 5).

4. 각 Diopter에 따른 Latency 변화

1) +Diopter 렌즈에서는, 32×32 size의 +4, +5D와 64×64 size의 +3, +4, +5D에서 통계학적으로 유의한 증가를 보였고, 정상안에 비해 64×64 size에서 약 17%까지 증가되었다(Table 7).

2) -Diopter 렌즈에서는, Diopter의 증가에 따라 Latency는 대부분에서 통계학적으로 유의한 증가를

Table 8. Latency change according to change of trial lens power in different check sizes

Diopter Size \	Normal	-2D	-4D	-6D	-8D	-10D
16×16	106.78±0.55 (0.5)	107.27±0.87 (1.6)	108.47±0.95 (1.6)	109.13±0.90* (2.2)	109.83±1.02*** (2.8)	109.94±0.94*** (3.0)
32×32	106.68±0.49 (1.5)	108.33±0.99 (2.9)	109.73±0.93*** (2.9)	109.43±0.95** (2.6)	111.37±1.09*** (4.4)	111.89±0.98*** (4.9)
64×64	109.93±0.67 (3.1)	113.33±1.62* (2.9)	113.17±1.50* (2.9)	115.13±1.64*** (4.7)	115.77±1.84*** (5.3)	116.35±2.12*** (5.8)

():% Change from normal value

(mean±S.E.)

*p<0.05 **p<0.01 ***p<0.005

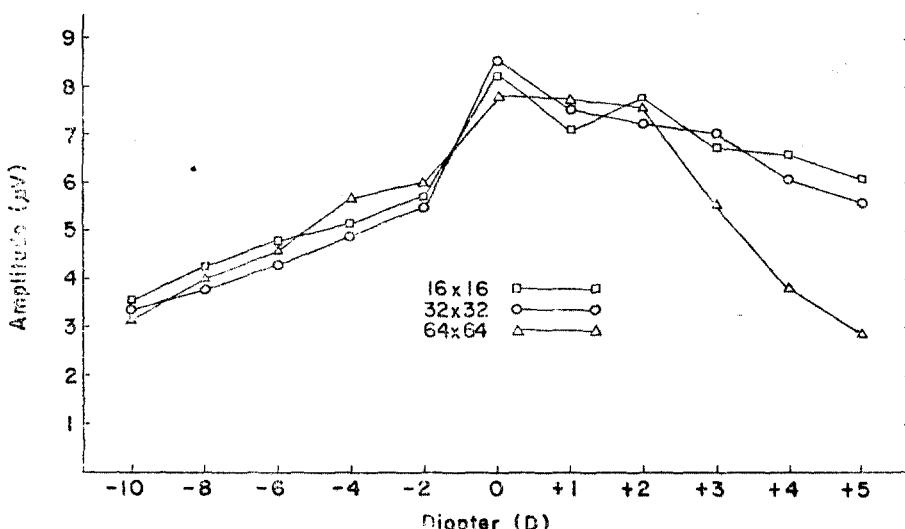


Fig. 5. Amplitude change according to change of trial lens power in different check sizes

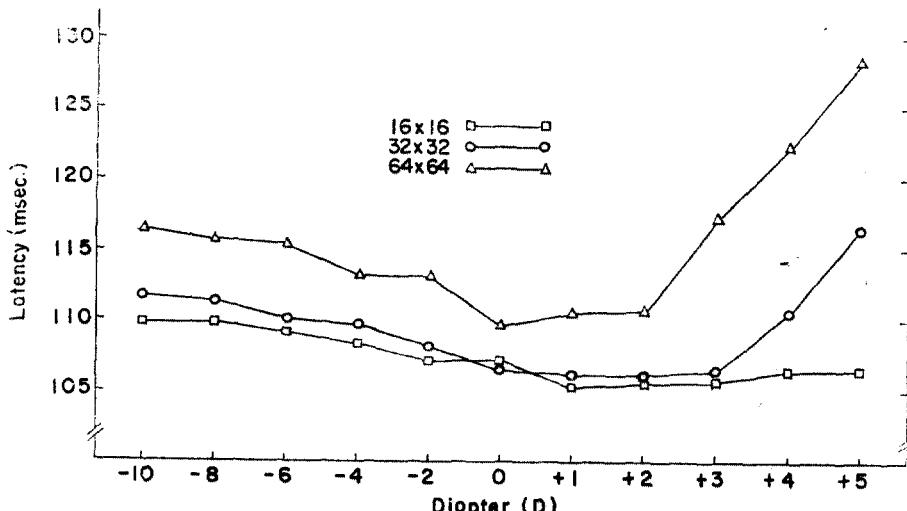


Fig. 6. Latency change according to change of trial lens power in different check sizes

보였으며, 정상안에 비해 64×64 size에서 약 6%까지 증가했으나 +Diopter 보다는 증가폭이 적었다 (Table 8).

3) +Diopter의 16×16 size를 제외하고는 Diopter의 증가에 따라 Latency는 대체로 증가되는 양상을 보였으며, 64×64 size에서 각 Diopter 간의 변화가 다른 size에서 보다 더 뚜렷했다(Fig. 6).

고 찰

빛에 의한 망막의 자극은 후두부의 대뇌피질에 전기적인 변화를 일으키며 이 작은 전기적 신호는 active electrode를 통해 들어와 preamplifier로 증폭시켜 기록되는데, 수차례의 반복된 기록을 computer를 통해 평균하여 VEP파형을 구하게 되며, 이때 시자극과 관계되지 않는 대뇌의 전위는 reference electrode를 통해 기록에서 제외되게 된다²³⁾.

VEP는 그 amplitude가 optical blurring에 민감하기 때문에 이 amplitude를 측정함으로써 굴절이상의 결정^{11,12,17)}에 이용되었고, 일반적으로 사용되는 방법인 retinoscopy는 정시안으로 만들기 위해 필요한 optical correction만을 반영하는데 비해, VEP는 시세포에서 후두부까지의 visual system의 activity를 반영하기 때문에 시력과 더 직접적인 연관이 된다고도 한다²³⁾.

VEP에 사용되는 시자극의 종류는 unpatterned flashing light와 patterned stimuli가 있으며, 이중 patterned stimuli에 시세포들이 더욱 잘 반응하며 이것은 일정한 밝기와 형태를 사용하므로 가장 시기능과 유사하다고 한다²³⁾. Patterned stimuli의 특성으로는 자극의 상이 망막에 얼마나 정확하게 맷히는가에 따라 VEP파형에 변화가 오는데, 상이 blurred해지면 amplitude는 감소하게 된다^{17,23)}. check size에 따라서도 amplitude의 변화를 보이는데, 10~20 min. 사이에서 최대의 amplitude^{3,11,21,23)}를 보이며, 작은 크기의 check는 contrast에 specific하고, 큰 크기의 check는 luminance에 specific하며, 그 경계되는 check size는 20 min.에서 30 min. 사이라고 한다. VEP측정시 20 min. 이하의 check size를 사용하면 망막의 중앙 3°내에 위치하게 되며 여기에 원추세포의 밀도가 높기 때문에 가장 큰 amplitude를 얻을 수 있다고 한다.

VEP는 1968년 Harter & White¹¹⁾가 flashing checker-board를 사용하여, 눈 앞에 여러가지 diopter의

렌즈를 써워 그 amplitude와 wave form의 변화를 측정하여 refraction에 이용한 이래, Duffy & Rengstorff(1969)¹⁶⁾는 modified Harter & White system으로 proximal accomodation과 convergence effect를 최소화하기 위해 20 feet 거리에서 VEP를 측정하여 0.25 diopter 변화까지 정확하게 측정할 수 있다고 했으며, retinoscope으로 측정한 값보다는 약간 myopic하다고 하였다. 1969년 Goff & Colleagues¹⁷⁾는 Harter & White의 방법을 이용해서 uncorrected astigmatism에 대한 VEP의 effect를 보고했고, Millordot & Riggs(1970)¹⁷⁾는 polaroid strips으로 만든 checker pattern을 이용해서 85 cm 떨어진 거리에서 VEP amplitude를 측정하여, 1 diopter의 defocussing에 대해 amplitude가 약 25% 감소함을 보고하였다. 1971년 Ludlam & Meyer는 망막에 맷히는 상의 선명도와 VEP파형이 연관^{11,16)}이 있으며, 적은 도수의 plus렌즈로 defocussing 시 minus렌즈에서 보다 amplitude 감소가 더 크다고 했고, 이것은 minus렌즈에서 일부 조절작용의 영향을 받기 때문이라고 하였다. 이 보고에서 조절마비제를 쓰지 않은 상태에서 VEP amplitude를 측정해서 구면렌즈는 0.25D까지, 원주렌즈는 0.5D까지 그리고 난시축은 $\pm 10^\circ$ 까지의 정확성을 보이며, 대상자의 피로도와 습관등의 요인에 의해 amplitude의 감소를 보이기 때문에 일반적으로 한쪽 눈검사에 소요되는 시간을 20분 이하로 하여 측정하는 것이 좋다고 하였다. 1973년 Regan¹⁹⁾은 rotating stenopeic slit을 이용해서 난시의 축을 알아낸 다음, 각각의 축에 대한 optimal Lens power를 보다 신속하게 측정하는 방법을 보고하였다. Sokol(1976)²³⁾은 VEP를 굴절이상 측정, 유아의 시력 측정, 시신경 질환, 색각이상, 시야결손 그리고 암시등 여러 분야에 걸쳐 이용하였다.

ERG도 VEP와 같이 refraction에 이용되었는데, VEP가 굴절이상의 적은 변화에 대해 보다 예민하게 반응한다고 하며, 이것은 ERG가 망막의 전체를 반영하는데 비해 VEP는 foveal region에 더욱 specific하기 때문인 것으로 생각된다¹⁷⁾.

VEP는 그 측정에 필요한 장비가 비싸고 복잡하며, 기록방법과 자극 상황에 따라 변화가 많으므로 일정한 장소에서 일정한 검사자에 의해 검사되어야 한다. 대상이나 검사하는 시간에 따라서도 차이가 있으며, 대상의 접종력, 습관, 전극 위치, muscle artifact 등에 따라서도 변화가 많아서 VEP의 절대적인 amplitude를 구하기가 어렵다고 하며, Latency가 amplitude 보

다 더 일관성을 보인다고 한다²³⁾.

이와같은 여러가지 문제점이 있지만 VEP는 시자극에 대해 아주 민감하게 반응하기 때문에 다른 방법으로는 가능하지 않은 visual system의 검사 목적으로 여러 임상 분야에서 연구되어 왔다²³⁾. Regan(1972)¹⁸⁾은 macular function test를 위해 VEP를 사용했고, Halliday(1973) 등⁸⁾은 demyelinating disease 검사에 대해 기술했다. Milner 등¹⁶⁾의 보고에서는 구후 시신경염 환자는 큰 check에서 latency 차이를 보이나 작은 check에서는 latency 변화를 보이지 않았다. Arden¹⁹⁾과 Sokol²⁰⁾은 patterned stimuli를 사용해서 약시안과 정상안에서의 amplitude 변화를 비교한 결과 일반적으로 약시안에서 amplitude가 더 적게 나타나지 않^{5, 14, 25, 27, 30)}. 30분 이상의 큰 check에서는 오히려 약시안에서 더 큰 amplitude를 보인다고 하였다. Arden 등²⁴⁾은 VEP를 stereopsis에 이용하여 binocular vision이 없을 때 VEP는 큰 변화를 보인다고 했는데, 한쪽 눈으로 보다 양안으로 볼 때 amplitude가 25~30% 더 크게 나타나며 이는 정상 binocular single vision과 관계가 있고 small angle esotropia 때라도 binocular vision이 상실되어 있으므로 amplitude 감소를 보인다고 하였다²²⁾. VEP는 시야검사에도 이용되는데^{4, 20)} 각각 다른 망막 부위를 같은 frequency의 stimulator로 자극함으로써 결손 부위를 찾아낼 수 있다.

결 론

20세부터 28세 사이의 나안시력 1.0이상이며 안과 및 신경과적 질환이 없는 정상인 남자 60명(120안)을 대상으로 하여 굴절이상 및 check size에 따른 VEP의 amplitude 및 latency를 측정하여 다음과 같은 성적을 얻었다.

1. Check size에 따른 amplitude 변화는, 64×64 size의 +3, +4, +5D에서 의의있게 감소했고, -Diopter에서는 대체로 의의있는 변화가 없었다.

2. Check size에 따른 latency 변화는, 64×64 size에서는 +, - Diopter 모두에서 의의있게 증가되었고, 32×32 size의 +4, +5D와 -10D에서 또한 의의있게 증가했다.

3. Diopter에 따른 amplitude 변화는, 전 -Diopter와 +4, +5D의 모든 check size에서, 그리고 +3D의 64×64 size에서 의의있게 감소했다.

4. Diopter에 따른 latency 변화는, +4, +5D의

32×32 size와 +3, +4, +5D의 64×64 size, 그리고 -Diopter의 대부분에서 의의있게 증가했다.

5. 각 Diopter 간 check size에 따른 amplitude와 latency 변화를 보면, +Diopter의 64×64 size에서 각 Diopter 간 amplitude와 latency가 모두 의의있었으며, -Diopter에서는 amplitude는 모든 check size에서, latency는 32×32 size에서 의의있었다.

REFERENCES

- 1) Arden, G.B.: *The visual evoked response in ophthalmology*, Proc. Roy. Soc. Med., 66:1037~1043, 1937.
- 2) Arden, G.B., Barnard, W.M. Mushin, A.S.: *Visually evoked responses in amblyopia*, Br. J. Ophth., 58:183~192, 1973.
- 3) Armington JC, Corwin TR, Marsetta R: *Simultaneously recorded retinal and cortical responses to patterned stimuli*, J. Opt. Soc. Am., 61:1541~1521, 1971.
- 4) Cappin, J.M., Nissim, S.: *Visual evoked responses in the assessment of field defects in glaucoma*, Arch. Ophth., 93:9~18, 1975.
- 5) Dawson, W.W., Perry N.W., Childer. D.G.: *Variation in human cortical response to patterns and image quality*, Invest. Ophth., 11:789~799, 1972.
- 6) Duffy FH, Rengstorff RH: *Ametropia measurements from the visual evoked response*, Am. J. Optom. Arch. Am. Acad. Optom., 48:717~728, 1971.
- 7) Goff, W., Y. Matsumiya, Allison T. & Goff. G.: *Cross Modality Comparisons of Average Evoked Potentials in Average Evoked Potentials Methods, Results and Evaluations*. E. Donchin and D. Lindsley, Eds. Office of Technology Utilization, National Aeronautics and Space Administration, Washington, D.C. pp. 95~141, 1969.
- 8) Halliday, A.M. Macdonald, W.I., Mushin, J.: *Visuale voked response in diagnosis of multiple sclerosis*, Br. Med. J., 4:661~664, 1973.
- 9) Harter M.R., Deaton, F.K., Odom, J.V.: *Maturuation of pattern visual evoked potential in*

- infants from six days to six months: visual acuity, refractive error and visual attention, in Desmedt J.(ED): *Cerebral Evoked Potentials in Man*, Oxford University Press, Oxford, 1976.
- 10) Harter MR, Suitt CD: Visually evoked cortical responses and pattern vision in the infant: A longitudinal study, *Psychon. Sci.*, 18:235~237, 1970.
- 11) Harter, M.R. White, C.T.: Effects of contour sharpness and check-size on visually evoked cortical potentials, *Vision Res.*, 8:701~711, 1968.
- 12) Harter, M.R., White, C.T.: Evoked cortical responses to checkerboard patterns: Effect of check size as a function of visual acuity, *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 8:28:48~54, 1970.
- 13) Karmel, B.Z., Hoffmann, R.F., Fegy, M.J.: Processing of contour information by human infants evidenced by pattern dependent evoked potentials, *Child Development*, 45:39~48, 1974.
- 14) Lombroso C, Duffy F, Robb R: Selective suppression of cerebral-evoked potentials to patterned light in amblyopia ex anopsia, *Electroenceph Clin Neurophysiol.*, 27:238~247, 1969.
- 15) Ludlam, WM., Meyers, R.R.: The use of visual evoked responses in objective refraction, *N.Y. Acad. Sci.*, 34:154~170, 1972.
- 16) Milner, B.A., Regan, D, Heron J.R.: Differential diagnosis of multiple sclerosis by visual evoked potential recording, *Brain*, 97:755~772, 1974.
- 17) Millordot, M., Riggs, L.A.: Refraction determined electrophysiologically: Responses to alternation of visual contours, *Arch. Ophthalm.*, 84:272~278, 1970.
- 18) Regan, D.: *Evoked Potentials in Psychology, Sensory Physiology and Clinical Medicine*, Chapman and Hall, London, p.328, 1972.
- 19) Regan, D.: Rapid objective refraction using evoked brain potentials, *Invest. Ophthalmol.*, 12:669~679, 1973.
- 20) Regan, D., Cartwright, R.F.: A method of measuring the potentials evoked by simultaneous stimulation of different retinal regions, *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 28:314~319, 1970.
- 21) Regan, D. Richard, W.: Brightness contrast and evoked potentials, *J. Opt. Soc. Am.*, 63: 606~611, 1973.
- 22) Sebro R.: The visual evoked response: Binocular facilitation and failure when binocular vision is disturbed, *Arch. Ophth.*, 96:839~844, 1978.
- 23) Sokol, S.: Visually evoked potentials: Theory, technique and clinical applications, *Surv. of Ophth.*, 21:18~39, 1976.
- 24) Sokol, S.: Visual evoked potentials to checkerboard pattern stimuli in strabismic amblyopia, in Desmedt J(ed): *Cerebral evoked potentials in man*, Oxford University Press, Oxford, 1976.
- 25) Sokol, S., Bloom, B.: Visually evoked cortical responses of amblyopes to a spatially alternating stimulus, *Invest. Ophthalmol.*, 12:936~939, 1973.
- 26) Sokol, S., Dobson, V.: Pattern reversal visually evoked potentials in infants, *Invest. Ophthalmol.*, 15:58~62, 1976.
- 27) Sokol, S., Shaterian, E.: The pattern evoked cortical potential in amblyopia as an index of visual function, in Moor, S., Mein. J., Stockbridge, L(Eds): *Transaction of the third international Orthoptic Congress.*, Syposia Speciales, Miami, pp.59~67, 1976.
- 28) Spekreijse, H., Khoe, L.H., Van der Tweel, L.H.: A case of amblyopia; Electrophysiology and psychophysics of luminance and contrast, in Arden G.B.(ED): *The Visual System Neurophysiology, Biophysics and Their Clinical Appli. Recent Advances in Experimental Biology and Medicine*, Plenum Press, New York, Vol. 24, pp.141~156, 1972.
- 29) Spekreijse, H., Van der Tweel, L.H., Zindema, T.H.: Contrast evoked responses in man, *Vision Res.*, 13:1577~1601, 1973.
- 30) Yinon, U., Jokobovitz, L. Auerbach, E.: The visual evoked response to stationary checkerboard patterns in children with strabismic amblyopia, *Invest. Ophth.*, 13:293~296, 1974.