J. Korean Oph. Opt. Soc.
Vol. 12, No. 4, pp. 111-117, November 2007

정상인에서 조도와 굴절이상도에 따른 시유발전위 검사 값의 변화

임현성[*,**] · **이군자**[***]

*대불대학교 안경광학과, **건국대학교병원 안과, ***을지대학교 안경광학과

(2007년 7월 10일 받음, 2007년 8월 7일 수정본 받음)

약시의 진단 및 치료와 자각하지 못하는 영유아의 시력검사에 유용하게 사용되는 VEP 검사는 검사실 조도와 굴절이상도에 따라 차이가 날 수 있다. 본 연구에서는 정상인에서 조도와 굴절이상도에 따라 나타나는 시유발전위(VEP) 검사값의 변화를 관찰하기 위하여 안과 및 신경질환이 없는 시력이 1.0(20/20) 이상인 성인 41명(남자 24명, 여자 17명)을 대상으로 조도와 굴절이상도에 따라 VEP P_{100} 잠복기와 진폭을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다. Scotopic 상태에서 N_{75} 잠복기는 75.83±3.69 msec, P_{100} 잠복기는 103.48±5.34 msec, P_{100} 진폭은 14.86±2.43 msec이며, photopic 상태에서 N_{75} 잠복기는 76.71±3.11 msec, P_{100} 잠복기는 107.26±5.54 msec, P_{100} 진폭은 10.35±1.75 msec으로 측정되었다. Photopic 상태에서 P_{100} 잠복기와 진폭은 scotopic 상태에서보다 모두 증가하였으며 두 값은 통계적으로 유의하게 차이가 있었다($p<0.01$). 굴절이상을 유발한 경우 P_{100} 잠복기는 scotopic 및 photopic 상태에서 모두 정시상태보다 지연되었으며($p<0.01$), photopic 상태에서 더 많이 지연되었다. P_{100} 진폭도 굴절이상을 유발한 경우 scotopic 상태와 photopic 상태에서 모두 정시상태보다 감소하였다. 정시상태의 P_{100} 잠복기와 진폭은 scotopic 상태에서는 근시를 유발한 상태 값과 상관성이 있는 것으로 나타났다. 이상의 결과로 정상인의 경우에 P_{100} 잠복기와 진폭은 검사실 조도에 따라, 굴절이상도에 따라 측정값이 달라진다는 것을 확인할 수 있었으며, 이 결과는 VEP 측정 시에 조도와 굴절이상도를 고려하여 측정값을 해석할 때 유용하게 사용되리라 생각된다.

주제어: 시유발전위, 조도, 굴절이상, 잠복기, 진폭

서 론

유발전위(Evoked potential)검사는 일차감각영역과 피질하 연결부위의 이상 유무를 판단하기 위하여 감각 수용체나 말초신경에 아주 짧은 시간 동안 자극을 가하여 자극과 관계된 반응을 관찰하는 방법이다. 그 중 VEP(Visual Evoked Potential, 시유발전위)검사는 비침투적이고 인체에 무해하여, 망막에 자극된 시각 자극이 시각 전달로를 통하여 후두엽에 도달하여 나타나는 전기적 파형을 측정하여 아주 짧은 시간 내에 신경계에서 발생하는 역학적 변화를 관찰할 수 있어 시각 기능을 평가하는데 유용하게 사용된다[1].

VEP는 자극의 영역에 따라서 전체시야, 반시야, 부분시야 범위로 나눌 수 있으며, 자극의 종류에 따라 PR(Pattern Reversal VEP, 문양자극시유발전위)와 섬광자극 시유발전위(Flash VEP)로 구분된다. 이 중 문양자극 시유발전위는 전기적 파형이 일정하며 개인 차이가 적고 시로에 손상이 있는 경우에 아주 예민하게 나타나며 좌우 시야를 분리해서 자극할 수 있기 때문에 시기능검사와 후방 시로의 시피질 질환을 진단하는데 이용된다[2]. 특히 시유발전위검사는 약시의 진단 및 치료와 영유아의 시력검사에 유용하게 쓰이고 있으며, 안과 영역에서는 주로 시신경질환의 진단과 황반부위의 기능검사, 색각장애와 입체시 검사 등에 이용이 증가되고 있다[3,4]. VEP를 입체시에 활용하면 큰 변화를 보여 단안으로 볼 때 보다 양안으로 볼 때 진폭이 25~30% 더 크게 나타나며[5], 사시각이 작은 내사시의 경우 양안시력이 감소되어 진폭이 감소된다고 보고되었다[6].

PR은 2개의 negative peak 와 1개의 positive peak로 나타나는데 P1 wave가 비교적 안정적이며 일정하게 나타나기 때문에 임상에서는 P_{100} 잠복기(latency)와 진폭(amplitude)을 가장 의의 있는 요소로 판단하고 있다. 또한 VEP 진폭은 피검자의 시력에 따라 민감하게 반응하므로 굴절이상에 따른 시력을 객관적으로 측정하는데 도움이 된다.

전기 생리적 반응인 VEP 검사는 시신경의 기능과 관계가 있기 때문에 그 자체만으로 시각 기능을 평가하는데 한계가 있으며 임상증상과 검안경 소견 그리고 시야검사의 해석이 함께 이루어져야 한다. 정상 검안경 소견을 보이면서 비정상 시유발전위를 보이는 환자는 시신경이나

주 저자 연락처: 임현성, 526-702 전라남도 영암군 삼호읍 산호리 72번지 대불대학교 안경광학과
TEL: 061-469-1315, FAX: 061-469-1317, E-mail: wisestar0724@paran.com

시각기능의 이상이 있다고 할 수 있고[7-9], 다발성경화증 환자에서 P1의 진폭은 정상수준에 가까운 반면 잠복기는 현저하게 증가하였는데 이것은 시신경 섬유의 탈수초화현상으로 신경전달 속도가 느려졌기 때문이다[10].

VEP 검사값은 여러 가지 요인에 의해서 영향을 받을 수 있는데 크게 개체적인 요인과 기술적인 요인으로 나눌 수 있다. 개체적인 요인으로는 연령, 성별, 굴절상태, 동공 크기 등이 있으며 나이가 많아지면 신경 전달 속도가 늦어져 진폭이 낮아지며[11], 성별에 따라서는 일반적으로 남자에 비해 여자에서 잠복기가 더 짧게 나타났으나 통계적인 의미는 없다고 하였다. 동공의 크기에 따라서도 동공이 확대되면 시유발전위 속도가 빨라지며 축소되면 반대로 느려지며 암실에서 동공크기를 일정하게 유지 할 경우에는 큰 영향을 주지 않는다고 보고되었다[12].

VEP 검사의 기술적인 요인은 자극의 크기, 검사거리, 위치, 자극의 종류와 조도, 대비 및 색상 등이 있으며[13], 명암, 문양의 크기 및 문양의 반전속도 등도 결과에 영향을 주며, 자극의 문양크기가 작아지면 잠복기가 길어지는 경향이 있다고 보고 되었다[14,15]. 특히 VEP 진폭은 흐린 상에 민감하게 반응하기 때문에 검사 값을 제시할 때에는 검사실의 밝기 등의 조건이나 기준이 제시되어야 한다[16]. 특히 VEP 검사는 굴절이상에 따라 예민하게 반응하며[17] 황반부위가 민감하게 반응하므로 조도가 밝을수록 굴절이상 정도가 심할수록 검사값이 달라진다고 보고되었다[18,19].

현재까지 연구자들이 보고한 VEP 검사값은 대부분 의식이 없는 환자 또는 유아 및 약시환자를 대상으로 측정한 값이며 정상안에서 VEP 검사값과 조도 및 굴절이상도에 따른 상관성에 대한 연구는 미미한 실정이기 때문에 조도와 굴절이상도에 따른 P_{100} 잠복기 및 진폭에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 정상안을 대상으로 검사실의 조도에 따라 VEP 검사 값을 측정하고 정시안에 (+) 및 (−) 굴절이상 상태를 유발시킨 후 조도에 따라 VEP P_{100} 진폭과 잠복기를 측정하여 비교하였다.

대상 및 방법

1. 대상자 선정

검사의 취지를 충분히 설명한 후 동의를 얻은 사람을 대상으로 안과 및 신경질환의 병력이 없으며 나안 또는 교정시력이 1.0 이상인 20대(22.96±1.87), 남자24명(48안), 여자17명(34안)을 대상으로 시행하였다.

2. 측정 방법

자극방법이나 전극의 위치 등은 국제임상시각전기생리학회(ISCEV) 표준지침을 따라서 실시하였으며[20], 기준전극점은 앞이마에, 활성전극은 외후두융기점 3 cm 위에, 접지전극의 저항은 5 kΩ 이하가 되도록 하였다.

PR VEP를 측정하기 위하여 자극의 화면크기는 가로 405 mm, 세로 300 mm의 TV 도형자극장치를 사용하였으며, 자극 문양의 크기는 16×16(60'×48')이며 흑백의 서양장기판(Square pattern)형태의 자극을 사용하였다. 자극의 빈도수는 1초에 4회 이하의 비교적 낮은 빈도로 자극하여 일시적인 유발전위가 관찰되는 transient VEP 방법을 사용하였다[21].

각 도형의 자극기간은 100 msec로, 매초 당 1.0 Hz에서 1.1회 도형이 전환되게 하였고, 자극의 횟수는 20 μV의 sensitivity를 기준으로 자동적 배제 처리과정을 이용하여 100회 평균가산을 실시하였으며, Low filter 0.3 Hz/High filter 100 Hz의 자극범위를 사용하였다.

조도에 따른 VEP 검사값의 변화를 관찰하고자 정시상태에서 일상적인 검사조명(어두운 scotopic 상태, 71Lux)과 밝은 조명(일반조명을 켠 photopic 상태, 530Lux) 상태에서 PR-VEP를 검사하였다. 검사거리는 1m 이하의 거리인 70 cm에서 피검사자를 편안하게 앉게 한 후 머리를 고정시키고 자극의 중심부를 주시하도록 하였으며, 우안을 먼저 검사 한 후 좌안 검사도 동일한 조건에서 실시하였다. 정시상태에서 검사하고 충분한 휴식을 갖게 한 뒤에 시험 테에 렌즈를 장착시켜 근시상태(−3D, −5D) 및 원시상태(+3D, +5D)를 유도한 후 조도에 따라 각각 PR-VEP 검사를 시행하였다. P_{100} 파의 진폭은 완전한 파형에서 자동측정위치표시기를 사용하여 주된 양성파까지 측정하였고, N_{75}-P_{100} 파형 사이의 잠복기는 주된음성파에서 주된 양성파까지 측정하였다.

3. 통계 분석 방법

자료의 분석은 Origin 6.0 통계프로그램을 이용하여 조도와 굴절이상도에 따라 t-Test (One Population), t-Test (Two Population), ANOVA, Pearson correlation을 이용하여 유의성을 검증하였고, 유의수준은 $p<0.05$ 이하로 하였다.

결과 및 고찰

1. 조도에 따른 VEP P_{100} 잠복기와 진폭의 변화

Scotopic 상태에서 측정한 N_{75} 잠복기는 75.83±3.69 msec, P_{100} 잠복기는 103.48±5.34 msec이며, photopic 상태에서 N_{75} 잠복기는 76.71±3.11 msec, P_{100} 잠복기는 107.26±5.54 msec로(Fig. 1) photopic 상태의 N_{75} 및 P_{100} 잠복기

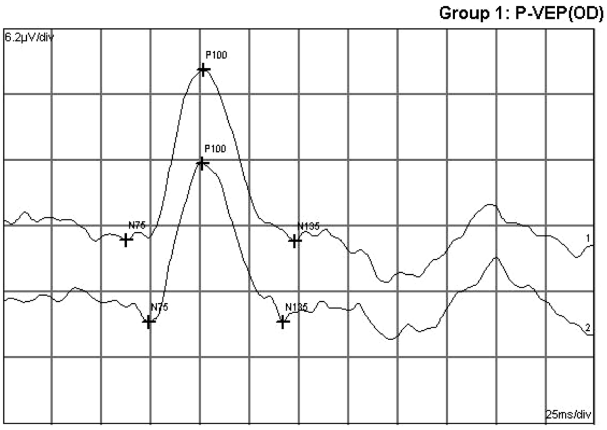

Fig. 1. Normal pattern reversal VEP.

Table 1. Average Latencies and amplitudes of normal PR-VE in the scotopic and photopic conditions

Feature	Mean±SD (msec)	Min (msec)	Max (msec)
Scotopic N_{75} latency	75.83±3.69	63	87
Photopic N_{75} latency	76.71±3.11	70	88
Scotopic P_{100} latency	103.47±5.34	93	127
Photopic P_{100} latency	107.26±5.54	95	121
Scotopic Amplitude (N_{75}-P_{100})	14.86±2.43	10.1	20.3
Photopic Amplitude (N_{75}-P_{100})	10.35±1.75	7.5	14.5

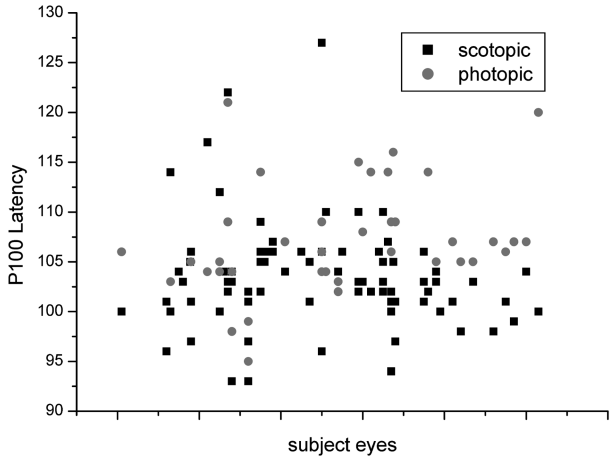

Fig. 2. The P_{100} latency of emmetropic eyes in scotopic and photopic condition.

는 모두 scotopic 상태보다 연장되었다(Table 1). 조도에 따라 P_{100} 잠복기는 통계학적으로 유의한 차이가 있으며 ($p<0.01$, Fig. 2) 상관성은 약한 것으로 나타났다($R=0.190$, $p=0.255$, Fig. 3).

VEP 잠복기 중 가장 중요한 P_{100} 잠복기는 사용하는 측정 장비의 종류와 자극의 종류 및 검사실의 환경에 따라 조금씩 차이가 나는데[22-24], 본 연구에서 측정된 값은 윤 등의 20대 성인의 검사값 95.09±5.50 msec 보다 큰 값으

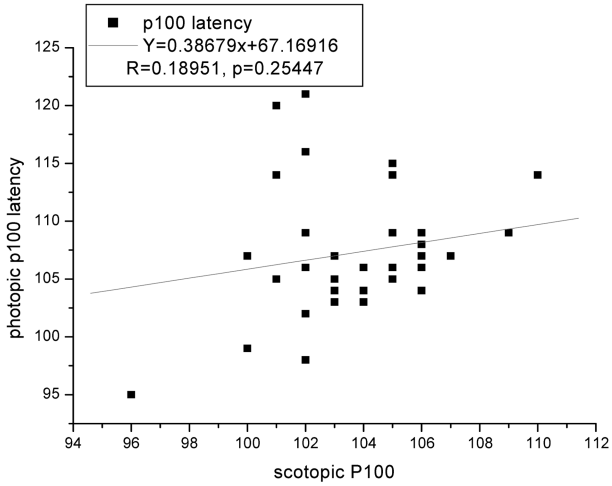

Fig. 3. The correlation of P_{100} latency between scotopic and photopic condition in emmetropic eyes.

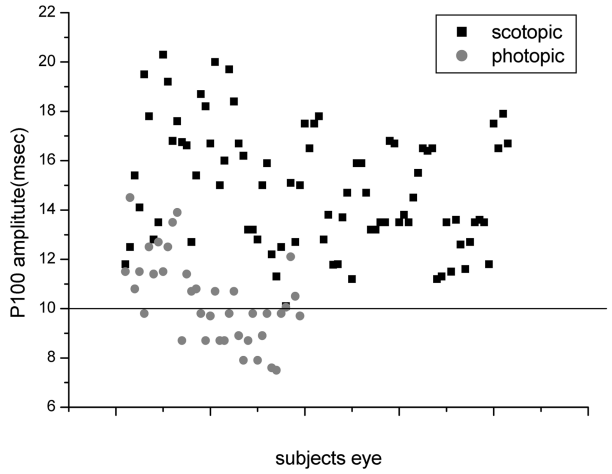

Fig. 4. The P_{100} amplitude of emmetropic eyes in Scotopic and photopic condition.

로 나타났다[25].

VEP 진폭은 N_{75}와 P_{100} 사이 그리고 P_{100}과 N_{135}의 파형 사이에서 값을 구할 수 있으나 이 중 N_{75}와 P_{100} 사이 값인 P_{100} 진폭이 임상적으로 활용도가 높은 것으로 보고 되었다[26,27]. 본 연구에서 측정된 P_{100} 진폭은 scotopic 상태에서 14.86 msec, photopic 상태에서 10.35±1.75 msec로 scotopic 상태에서 더 길게 측정되었으며(Table 1, Fig. 4), 야맹증 환자를 대상으로 photopic 상태에서 측정한 검사값 14.25 msec[28]와 차이가 있었다. P_{100} 진폭도 조도에 따라 통계학적으로 유의한 차이가 있으며($p<0.01$) 상관성은 약한 것으로 나타났다($R=0.285$, $p=0.082$, Fig. 5).

Hawkes 및 Stow[29]는 망막에 맺히는 상의 선명도와 밝기는 VEP 파형과 관계있고 주위 조명이 VEP 결과에 많은 영향을 미치기 때문에 검사실 밝기에 대한 기준이 필요하다고 주장하였다. 본 연구 결과에서 도 조도에 따라 P_{100} 잠복기와 P_{100} 진폭값이 차이가 있는 것으로 나타났으

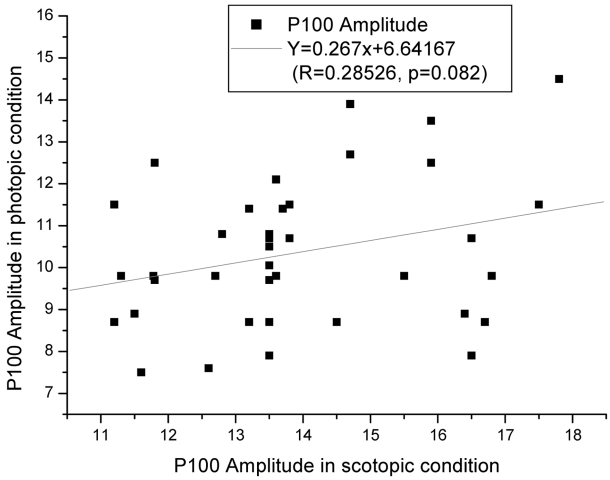

Fig. 5. The correlation of P_{100} amplitude between scotopic and photopic condition in emmetropic eyes.

며 scotopic 상태와 photopic 상태의 검사값이 서로 상관성이 약하기 때문에 조도에 따른 보정 인자를 제시하기 위해서는 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

동공 크기에 따라 P_{100} 잠복기는 동공크기가 1~2 mm인 경우에는 감소하나 3 mm 이상에서는 별다른 영향이 없다고 보고 되었고[30], 본 연구에서 측정한 동공크기는 scotopic 상태에서 평균 6.8 mm, photopic 상태에서 평균 3.4 mm로 측정되었기 때문에 조도에 따라 P_{100} 잠복기와 진폭의 평균값이 다른 것은 동공의 크기보다는 조도에 따른 망막상의 선명도 차이로 해석된다. 또한 photopic 상태에서 P_{100} 진폭은 짧아지고 잠복기는 길어지는 양상을 나타내었는데 이것은 조명의 밝기가 증가 할수록 문양자극의 대비감도가 감소하여 나타난 결과로 사료되며, scotopic 상태에서 VEP 검사를 실시해야 객관적인 결과를 얻을 수 있다는 것을 확인하였다.

2. 굴절이상도에 따른 P_{100} 잠복기와 진폭

Scotopic 상태에서 굴절이상도에 따라 P_{100} 잠복기는 정시상태에서 103.47±28.49 msec이며 +3D에서 120.83±6.73 msec, +5D에서 128.13±4.81 msec로 (+)굴절력이 증가함에 따라 측정값이 증가하였고, –3D에서 109.74±5.86 msec, –5D에서 124.45±5.71 msec으로 (–)굴절력이 증가함에 따라서도 증가하였고, Photopic 상태에서도 정시상태에서 107.26±30.68 msec에서 +3D에서 129.13±5.15 msec, 5D에서 132.58±5.91 msec, –3D에서 109.74±5.86 msec, –5D에서 124.45±5.71 msec(Table 2, Fig. 6)으로 증가하였다. 결과 굴절이상이 있는 경우 P_{100} 잠복기는 scotopic 상태에서는 정시상태보다 약 6~24% 지연되었고 photopic 상태에서는 정시상태보다 약 2~23.9% 지연되었고 (+)굴절력에서 더 큰 폭으로 지연되었다.

Table 2. Average P_{100} latencies of VEP according to the refractive errors

	Scotopic (msec)	Photopic (msec)
–5D	110.25±6.25	124.44±5.78
–3D	105.72±5.35	109.73±5.93
Plano	103.47±5.34	107.26±5.53
+3D	120.82±6.81	129.13±5.22
+5D	128.12±4.87	132.57±5.98

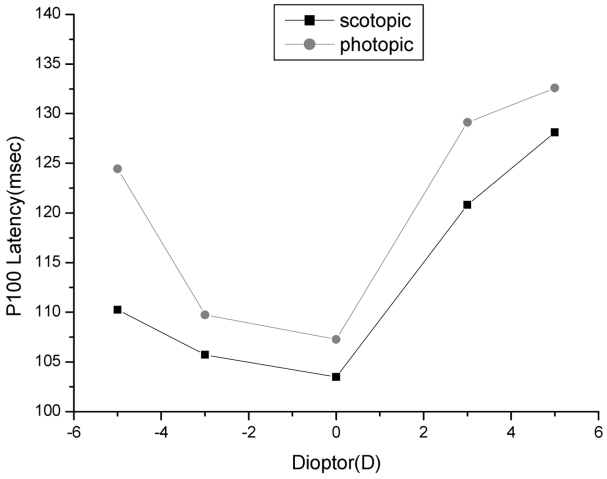

Fig. 6. The changes of latency in scotopic & Photopic condition according to the refractive errors.

Millodot 및 Newton은[31] (–)굴절력이 증가한 경우에는 (+)굴절력이 증가한 경우보다 조절력의 영향으로 정시안과 차이가 적게 나타난다고 하였으며, 이것을 본 연구에서도 확인할 수 있었다.

Scotopic 상태에서 VEP P_{100} 진폭은 정시상태 14.86±2.43 msec에서 +3D에서 8.15±0.25 msec, +5D에서 5.29±0.23 msec으로 (+)굴절력이 증가함에 따라 감소하였고, –3D에서 12.74±0.37 msec, –5D에서 12.76±0.36 msec으로 정시상태보다 감소하였다(Table 3, Fig. 7). Wright 등[32]은 +3D에서 6.72±0.66 msec, +5D에서 6.05±0.55 msec으로 본 연구 결과와 동일하게 (+)굴절력이 증가할수록 진폭이 더 감소한다고 보고하였다.

Table 3. Average P_{100} amplitudes of VEP according to the refractive errors

	Scotopic (msec)	Photopic (msec)
–5D	12.76±0.36	5.52±1.89
–3D	12.74±0.37	6.49±2.05
Plano	14.86±2.43	10.35±1.75
+3D	8.15±0.25	4.21±1.42
+5D	5.29±0.23	2.57±0.65

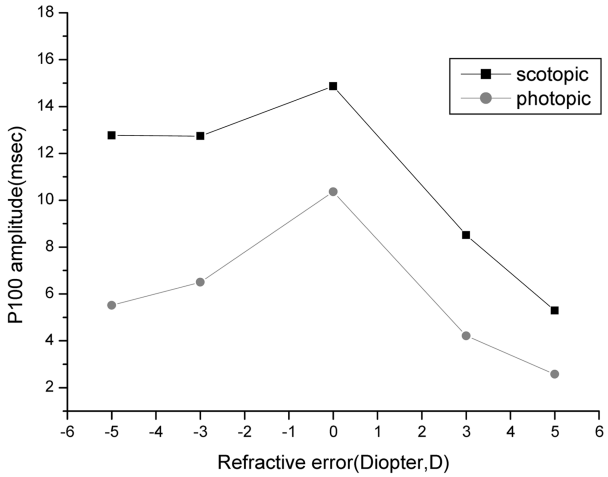

Fig. 7. The changes of amplitude in scotopic & photopic condition according to the refractive errors.

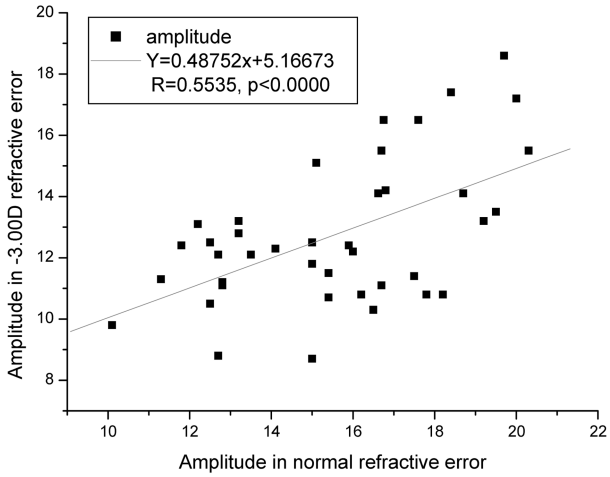

Fig. 9. The correlation of P_{100} amplitude between plano and –3.00D refractive error in scotopic condition.

Photopic 상태에서 굴절이상도에 따른 P_{100} 진폭은 정시상태 10.35±1.75 msec에서, +3D에서 4.21±1.42 msec, +5D에서 2.57±0.65 msec로 (+)굴절력이 증가함에 따라 상당히 감소하였고, –3D에서 6.49±2.05 msec, –5D에서 5.52±1.89 msec으로 (–)굴절력이 증가함에 따라서도 정시상태보다 감소하였으며 절대 값이 같은 굴절 값에서는 (+)굴절력이 (–)굴절력보다 변화폭이 더 컸다(Table 3, Fig. 7).

따라서 굴절이상이 있는 경우 P_{100} 진폭은 scotopic 상태에서는 정시상태보다 14~74% 감소했으며 photopic 상태에서는 37~75% 감소하였다.

PR-VEP 검사 상 망막에 맺히는 선명도는 VEP 파형과 관계가 깊고, 굴절이상도의 절대 값이 같은 경우에는 (–) 도수의 진폭이 높은데 그 이유는 조절에 의한 영향을 받기 때문이며[33], 본 연구에서도 유사한 결과가 나타났다.

Scotopic 상태에서 굴절이상과 P_{100} 잠복기 검사값과의 상관성을 관찰한 결과 정시상태의 P_{100} 잠복기는 –3.00D와 중등도(R=0.511, p<0.000)의 상관성이 있으며(Fig. 8) –3.00D와 –5.00D 사이에도 낮은 상관성(R=0.342, p< 0.05)이 있으나 정시상태와 (+)굴절력 사이에는 상관성이 없는 것으로 나타났다. Photopic 상태에서 정시상태의 P_{100} 잠복기는 –3.00D와 중등도(R=0.566, p<0.000)의 상관성이 있는 것으로 나타났다(Fig. 9).

Scotopic 상태에서 정시상태의 P_{100} 진폭은 –3.00D와 중등도(R=0.555, p<0.000)의 상관성이 있으며(Fig. 9), –3.00D와 –5.00D사이에는 높은 상관성(R=0.850, p<0.000)이 있으나 (+)굴절력과는 상관성이 없는 것으로 나타났다. Photopic 상태에서 정시상태의 P_{100} 진폭은 –3.00D와 중등도(R=0.554, p<0.000)의 상관성이 있으며(Fig. 10) –3.00D와 –5.00D 사이에도 높은 상관성(R=0.850, p<0.000)이 있으나 정시상태와 (+)굴절력 사이에는 상관성이 낮은

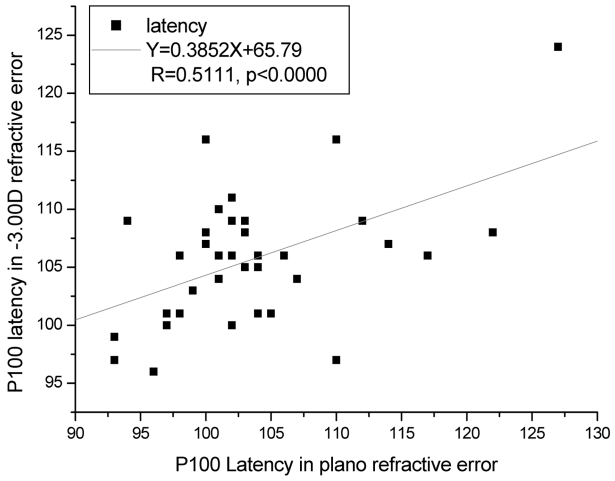

Fig. 8. The correlation of P_{100} latency between plano and –3.00D refractive error in scotopic condition.

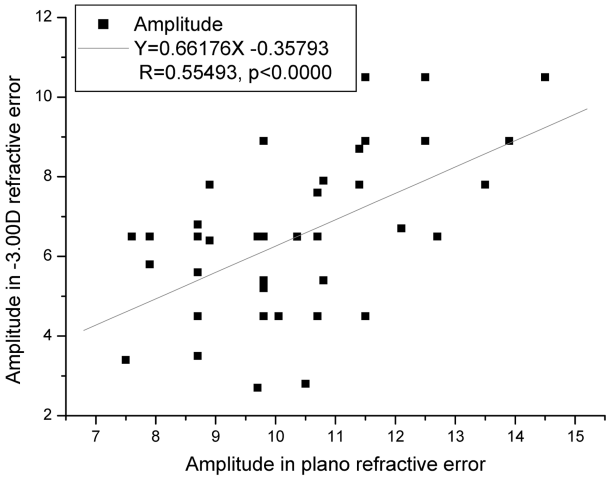

Fig. 10. The correlation of P_{100} amplitude between plano and –3.00D refractive error in photopic condition.

(R=0.304~0.353, p<0.05) 것으로 나타나 정시상태의 P_{100} 잠복기와 진폭은 조도에 관계없이 (–)굴절력과는 상관성이 있으나 (+)굴절력과는 상관성이 낮은 것으로 생각된다.

이상의 결과로 정상인의 경우에는 검사실 조도에 따라, 굴절이상이 있는 경우에는 굴절력에 따라 P_{100} 잠복기와 진폭이 다르게 측정된다는 것을 알 수 있었으며 이 결과는 검사실별 조도와 굴절이상에 따라 정상 값의 기준값을 정하는데 유용하게 사용되리라 생각된다.

결 론

1. 20대 성인의 VEP 검사 값은 scotopic 상태에서 N_{75}는 75.83±3.69 msec, P_{100}는 103.48±5.34 msec, photopic 상태에서 N_{75} 는 76.71±3.11 msec, P_{100}는 107.26±5.54 msec으로 P_{100} 잠복기는 scotopic 상태에서 더 지연되며 조도에 따라 측정된 두 값은 통계적으로 유의하게 차이가 있으나 (p<0.01) 상관성은 없는 것으로 나타났다(R=0.190, p=0.254).

2. VEP P_{100} 진폭은 scotopic 상태에서 14.86±2.43 msec, photopic 상태에서 10.35±1.75 msec으로 scotopic 상태에서 더 큰 값을 가지며 통계학적으로 유의한 차이가 있으나(p<0.01) 상관성은 미약한 것으로 나타났다.

3. 굴절이상도에 따라 scotopic 상태에서의 P_{100} 잠복기는 굴절이상도가 증가함에 따라 정시상태보다 약 6~24% 증가하였고 photopic 상태에서도 굴절이상도가 증가함에 따라 증가하여 정시상태보다 약 2~23.9% 증가하였다.

4. P_{100} 진폭은 scotopic 상태와 photopic 상태에서 모두 굴절이상도가 증가함에 따라 감소하였으며 (+)굴절력에서 (–)굴절력보다 변화폭이 더 크게 나타났다.

5. Scotopic 상태에서 정시상태의 P_{100} 잠복기는 –3.00D와 중등도(R=0.511, p<0.000)의 상관성이 있으나 (+)굴절력과는 상관성이 없는 것으로 나타났으며, photopic 상태에서는 –3.00D와 중등도의 상관성(R=0.566, p<0.000)이 있는 것으로 나타났다.

5. Scotopic 상태에서 정시상태의 P_{100} 진폭은 –3.00D와 중등도(R=0.555, p<0.000)의 상관성을, –3.00D와 –5.00D 사이에는 높은 상관성(R=0.850, p<0.000)이 있는 것으로 나타났으나 (+)굴절력과는 상관성이 없는 것으로 나타났으며, photopic 상태에서 는 –3.00D와 중등도의 상관성(R=0.554, p<0.000)이 있으며 (+)굴절력과는 상관성이 낮은 것으로 나타났다(R=0.304~0.353, p<0.05).

참고문헌

[1] Oh YD, Kwak HW, Kim SM, “Evaluation of clinically applied visual evoked potential in ophthalmological and neurological diseases”, J. Korean Ophthalmol Soc., 26:93-97(1985).

[2] Regan D, “Evoked potentials specific to spatial patterns of luminance and color”, Vision Res., 13:2381-2402 (1973).

[3] Kim SY, Kim SY, “Standardization of normal pattern VEP”, J. Korean Ophthalmol. Soc., 29:315-320(1988).

[4] Sokol S, “Abnormal evoked potential latencies in amblyopia”, Br. J. Ophthalmol., 67:310-319(1983).

[5] Kergoat H, Lovasik JV, “Visual neural performance for chromatic displays”, Optom. Vis. Sci., 67:695-704(1990).

[6] Fawcett S, Brich E, “Motion VEPs, stereopsis and bifoveal fusion in children with strabismus”, Invest Ophthalmol. Vis. Sci., 41:411-416(2000).

[7] Sokol S, Bloom B, “Visually evoked cortical response of amblyopes to a spatially alterating stimulus”, Invest. Ophthalmol., 15:58-62(1976).

[8] Hamer RD, Norcia AM, Tyler CW, Hsu-Winges C, “The development of monocular and binocular VEP acuity”, Vis. Res., 29:397-408(1989).

[9] Norcia AM, Tyler CW, “Spatial frequency sweep VEP: visual acuity during the first year of life”, Vis. Res., 25:1399-1408(1985).

[10] Lim MJ, Park SH, Shin HH, “The latency time of visual evoked potential in normal eyes”, J. Korean Ophthalmol. Soc., 27:103-107(1986).

[11] Halliday AM, McDonald WI, Mushin J, “Delayed visual evoked response in optic neuritis”, The Lancet, 1:982-987(1972).

[12] Sokol S, Nadler D. “Simultaneous electrograms and visually evoked potentials from adult amblyopes in response to a pattern stimulus”, Invest. Ophthalmol. Vis. Sci., 18:848-855(1979).

[13] Sokol S, Dobson V, “Pattern reversal visually evoked potentials”, Invest. Ophthalmol. Vis. Sci., 15:58-61(1976).

[14] Kuroiwa Y, Clesia GG, “Visual evoked potentials in sacoidosis”, Neurology, 45:31-39(1989).

[15] Kurita TS, Tobimatsu S, Nakayama HM, “Effect of check size on the pattern reversal visual evoked potential”. Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol, 80:161-172(1991).

[16] Van Diemen HA, Van Dongen MM, Nauta JJ, “Pupillary light reflex latency in patients with multiple sclerosiol”, Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol., 82:213-219(1992).

[17] Kim HT, Kim KS, “VEP Change in Refractive Errors”, J. Korean Ophtahlmol. Soc., 29:149-157(1988).

[18] Katz LM, Fox DA, “Prenatal ethanol exposure alters scotopic and photopic components of adult rat electroretinograms”, Invest. Ophthalmol. Vis. Sci., 32:2861-2872 (1991).

[19] Benedek G, Janaky M, Adamkovich N, Rubiczech G, “Scotopic pattern-reversal visual evoked potentials”, Clin. Vis. Sci., 8:47-54(1992).

[20] Kuba M, Kubova Z, “Photopic and scotopic VEPs in

patients with congenital stationary night-blindness", Documenta Ophthalmologica, 109:9-15(2004).
[21] Kupersmith MJ, Weiss PA, Carr RE, "The Visual-evoked potential in tobacco-alcohol and nutritional amblyopia", Am. J. Ophthalmol., 95:307- 314(1983).
[22] Block SS, Moore BD, Scharre JE, "Visual anomalies in young children exposed to cocaine", Optom. Vis. Sci., 74:28-36(1997).
[23] Pryds O, Greisen G, Trojaborg W, "Visual evoked potentials in preterm infants during the first hours of life". Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol., 71:257-265(1988).
[24] Hod Y, Pratt H, Schacham SE, "Comparison fo fiber optical and video monitors in normals and multiple sclerosis patients", Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol., 64: 411-416(1986).
[25] Yoon GJ, Choi GJ, Ji NC, "P100 Latency in normal persons by pattern reversal VEP and Flash VEP", J. Korean Ophthalmol. Soc., 37(1):78-85(1996).
[26] Clesia, GG, "Evoked potential techniques in the evaluation of visual function", J. Clin. Neurophysiol., 62:55-78 (1984).
[27] Celesia GC, Kaufman D, "Pattern ERG and visual evoked potentials in maculopathies and optic nerve disease", Invest. Ophthalmol. Vis. Sci., 26:726-735(1985).
[28] Odom JV, Bach M, Barber C, "Visual evoked potential standard", Documenta Ophthalmologica, 108:115-123 (2004).
[29] Hawkes CH, Stow B, "Pupil size and the pattern evoked visual response", J. Neurosurg and Psychiatry, 44:90-98 (1981).
[30] Maffei L, Fiorentini A, "Electroretinographic responses to alternating gradings before and after section of optic nerve", Science, 211:953-955(1981).
[31] Millodot M, Newton I, "VEP measurement of the amplitude of accommodation", Br. J. Ophthalmol., 62:294-281 (1981).
[32] Wright CE, Williams DE, Drasdo N, "The influence of age eletroretinogram and visual evoked potential", Doc. Ophthalmol., 30:365-384(1985).
[33] Brich E, Fawcett S, Morale SE, "Risk factor for accommodative esotropia among hypermetropic children", Invest Ophthalmol. Vis. Sci., 46:526-529(2005).

The Changes of VEP Values According to the Luminance Conditions and Refractive Errors in Normal Persons

Hyun Sung Leem*,** and Koon Ja Lee***

*Department of Optometry and Vision Science, Daebul University
**Department of ophthalmology, Konkuk University Hospital
***Department of Optometry, Eulji University

(Received July 10, 2007: Revised manuscript received August 7, 2007)

The visual evoke potential(VEP) is the effective method to diagnose and treat the amblyopia or to check the infants visual ability. In order to evaluate the changes of P100 latencies and amplitudes of VEP by intensity of illumination and refractive errors, we measured latencies and amplitudes of 41 normal adults (20/20 VA) who have no ocular diseases and neurologic diseases. The results were as follows: In the scotopic condition, the latencies were N7575.83±3.69 msec, P100103.48±5.34 msec, the P100 amplitude was 14.86±2.43 msec, and in the photopic condition, the latencies were N7576.71±3.11 msec, P100107.26±5.54 msec and the P100 amplitude was 10.35±1.75 msec. The latencies and amplitudes ofP100 in the photopic condition had higher values than those in the scotopic condition and the measures were significantly different between the scotopic and photopic condition ($p<0.01$). The P100 latencies were delayed both in the scotopic and photopic condition with the refractive errors and those measures were delayed more than in the photopic condition. The P100 amplitudes in the induced myopic and hyperopic conditionsreduced than in the emmetopes in both illumination conditions. The P100 latencies and amplitudes in emmetropes showed a correlation with the induced myopic conditions in the scotopic condition. Those results showed that P100 latencies and amplitudes are dependent on the illumination conditions and refractive errors. And we suggest that those results would be useful to determine and evaluate the normal range for the person considering patients' refractive errors and illumination of the test room.

Key words: VEP, Luminance, Refractive errors, Amplitude, Latency