

당뇨망막병증 환자의 시야검사와 다국소망막전위도 검사의 상관관계

김정규 · 장지혜 · 조영욱

대구파티마병원 안과

목적: 당뇨망막병증 환자에서 다국소망막전위도 검사(mfERG)를 이용하여 황반부 기능을 평가하고, 시야검사(VF)의 역치와 비교하여 상관관계를 알아보고자 한다.

대상과 방법: 당뇨망막병증 환자군 16명 16안과 대조군 14명 14안을 대상으로 후향적 연구를 시행하였다. mfERG와 VF는 황반중심으로부터 6도 간격으로 동심원 Ring 1, Ring 2, Ring 3를 구분하고, 각 영역의 진폭, 반응도달시간 및 역치를 구하여 상관관계를 분석하였다.

결과: 당뇨망막병증 환자군은 대조군에 비해 mfERG의 진폭은 모든 영역에서 감소하고, 반응도달시간은 Ring 2에서만 지연되며, VF의 역치는 Ring 2와 Ring 3에서 의미있게 감소하였다($p < 0.05$). 환자군에서 VF의 역치는 mfERG의 진폭과 Ring 2와 Ring 3에서 양의 상관관계를 보였고, 반응도달시간은 Ring 3에서 음의 상관관계를 보였다($p < 0.05$).

결론: 당뇨망막병증에서 mfERG의 진폭은 반응도달시간에 비해 VF의 역치와 더 유의한 상관관계를 보였다. VF와 더불어 mfERG도 황반부 기능을 평가하는 유용한 검사이고, 두 검사를 동시에 시행한다면 초기에 정확한 황반부 기능 변화를 발견할 수 있을 것이다. (대한안과학회지 2014;55(2):202-208)

당뇨망막병증은 지속적인 고혈당에 따른 미세혈관이상 및 폐쇄로 망막허혈이 발생하는 미세혈관 질환이다. 당뇨망막병증은 활동기 연령에서 시력 손상을 초래하는 가장 흔한 질환으로, 영구적인 중등도 시력상실은 황반부를 포함한 견인망막박리, 오래 지속된 황반부종 및 황반허혈 등 황반부의 구조적, 기능적 손상에서 비롯된다.¹⁻³ 따라서 당뇨망막병증 환자를 추적관찰하거나 치료 후 경과관찰할 때 중심 시력 및 시야를 담당하는 황반부의 평가가 매우 중요하다. 임상에서는 다양한 검사 장비를 이용하여 황반부의 기능을 평가할 수 있다. 빛간섭단층촬영과 형광안저혈관조영술은 황반부의 형태학적 변화를 평가하는 반면,^{4,5} 망막전위도, 다국소망막전위도와 같은 시각전기생리검사와 시야검사, 색각검사와 같은 정신물리학검사는 황반부의 기능적인 변화를 반영할 수 있다.⁶

1990년대 초 Sutter et al⁷에 의해 개발된 다국소망막전위도 검사는 CRT 모니터 화면의 61개 또는 103개의 육각형에서 무작위 순서로 흑백을 교차시켜 자극을 주고, 각 육

각형 영역에서 발생하는 전기적 신호를 육각형 하나당 하나의 파형으로 기록하는 타각적 검사이다. 파형의 기원은 주로 양극세포에 의해 결정되고, 양극세포는 원뿔세포 수와 비례적으로 존재하기 때문에 다국소망막전위도 검사는 원뿔세포계의 기능을 잘 반영한다.⁷

이에 비해 자동시야계를 이용한 시야검사는 망막 중심부 30도의 시야를 6도 간격으로 나누어 한 지점 당 주어지는 빛의 밝기를 변화시키면서 피검자의 반응을 기록하는 자각적 검사로 자극을 받는 한 지점 당 하나의 역치값으로 표시된다. 망막의 빛에 대한 감도는 망막 내층의 세포사 및 망막신경절 세포와 축삭의 소실에 크게 의해 영향을 받으며, 당뇨망막병증의 경우 비관류 부위에서 감도 저하나 상대 암점이 발생할 수 있다.⁸

이와 같이 다국소망막전위도와 자동시야계는 망막의 중심부 30도 범위, 즉 황반부의 기능을 서로 다른 방식으로 검사하고 결과를 도출한다.⁹ 따라서 두 검사의 결과가 가지는 상관관계를 분석하여 일반화시키고, 두 검사를 동시에 시행하여 비교한다면 좀 더 정확한 황반부의 기능을 평가할 수 있고, 영구적인 시력 손실의 위험에 대해 예측할 수 있을 것이다.

하지만 국내에서는 두 검사의 상관관계에 관한 연구와 자료가 부족하여, 본 저자들은 당뇨망막병증 환자군을 대상으로 시야검사의 역치와 다국소망막전위도 검사의 진폭, 반응도달시간의 변화를 분석하고, 각 검사의 결과가 가지는

■ Received: 2013. 4. 5. ■ Revised: 2013. 9. 17.

■ Accepted: 2013. 12. 20.

■ Address reprint requests to Young Wook Cho, MD
Department of Ophthalmology, Daegu Fatima Hospital,
#99 Ayang-ro, Dong-gu, Daegu 701-724, Korea
Tel: 82-53-940-7140, Fax: 82-53-954-7417
E-mail: vitreo-retina@hanmail.net

상관관계를 알아보고자 한다.

대상과 방법

2010년 6월부터 2012년 8월까지 본원 안과에 당뇨병망막병증으로 내원한 환자 16명 16안과 대조군 14명 14안의 다국소망막전위도 검사와 시야검사의 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 당뇨병망막병증 환자군은 초기 증식당뇨망막병증으로 진단받고 1주일 간격으로 4회에 나누어 아르곤 레이저로 범망막광응고술을 시행 받았다. 빛간섭단층촬영 및 형광안저혈관조영술 결과 황반부종이나 허혈이 없는 안정된 상태로 범망막광응고술 시행 후 12주경에 시야검사와 다국소망막전위도 검사가 시행되었다. 환자군의 당뇨병 유병기간은 1개월에서 16년 2개월로 평균 유병기간은 10년 5개월이었고, 당뇨병망막병증 진단 당시 또는 이전부터 본원 내과에서 혈당 조절을 하고 있는 상태였다. 대조군은 이전에 단안에 외상을 입고 경과관찰 중인 환자들로 대상안은 모두 안질환이 없는 정상안이었다. 굴절이상 ± 4 diopter 이상이거나 안압이 22 mmHg 이상인 경우, 이전에 녹내장으로 진단받았거나 현재 녹내장 약물을 사용중인 경우, 다른 망막질환이 동반된 경우, 이전에 유리체절제술 혹은 유리체강내 주사를 시행 받은 경우, 후극부에 국소레이저치료를 받은 경우, 심한 백내장과 같은 매체 혼탁이 있는 경우 및 빛간섭단층촬영상 황반중점두께가 280 μm 이상인 경우는 제외하였다.

시야검사는 Humphrey 자동시야검사계(Carl zeiss ophthalmic system, Inc., USA)의 central 30-2 SITA-fast strategy를 시행하여 중심 30도 범위의 76개의 지점에 대한 역치값을 구하였다. 검사의 신뢰도를 높이기 위하여 주시 상실은 20% 미만, 가양성 반응 및 가음성 반응은 15% 미만인 결과만을 선택하였다.

다국소망막전위도 검사는 RETIsan system (Roland, Germany)을 이용하여 ISCEV¹⁰가 제시한 표준임상지침에 따라 시행하였다. 동공을 0.5% Tropicamide와 0.5% Phenylephrine을 이용하여 충분히 산동시킨 후 단극 ERG jet 각막 전극을 양안에 부착하였다. CRT 모니터를 이용해 61개의 육각형 형태의 자극을 75 Hz의 속도로 m-sequence (Pseudo random sequence)에 따라 가했으며 눈과 모니터의 거리는 28 cm로 하였다. First order kernel의 성분을 분석하였으며 여과기는 cut off를 5-100 Hz로 하여 band pass를 유지하였다.

시야검사와 다국소망막전위도 검사의 측정부분이 정확히 일치하지 않기 때문에 저자는 상호비교를 위하여 시야검사의 threshold plot에서 중심으로부터 6도 간격으로 3개의 동심원을 그린 후 각 동심원을 Ring 1, Ring 2, Ring 3으

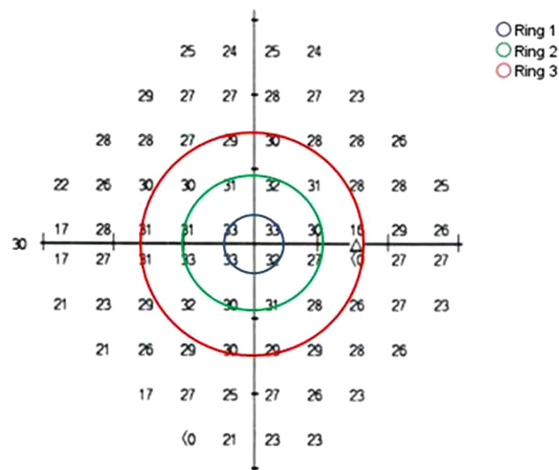


Figure 1. Threshold plot of automated perimetry (dB) was divided into Ring 1, Ring 2, Ring 3 by every 6 degree.

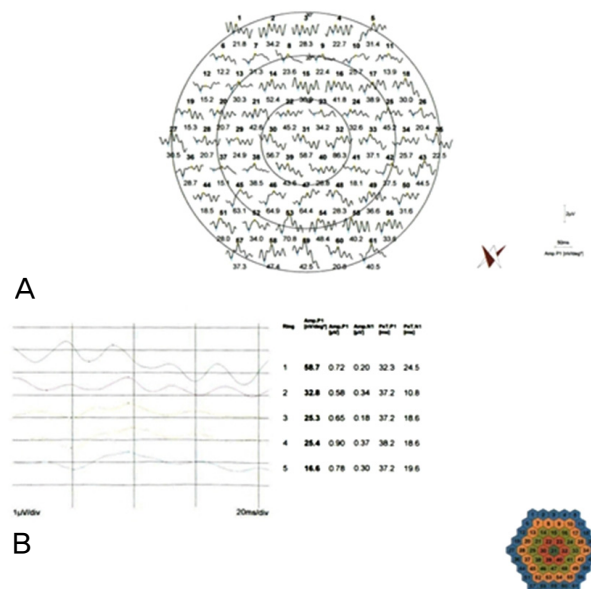


Figure 2. Trace arrays of mfERG (A) show the result on 61 point of 30 degree on central visual field. Ring average of mfERG (B) show mean amplitude and peak time of concentric ring.

로 정의하고(Fig. 1), 각 영역에 해당하는 역치의 평균을 구하였다. 다국소망막전위도 검사는 Ring average를 기본으로 하여 Ring 1, Ring 2, Ring 3에서 평균 진폭과 평균 반응 도달시간을 구하였다(Fig. 2). 또한 logarithmic unit으로 표시되는 시야검사의 역치와 다국소망막전위도의 상관관계를 분석하기 위하여 다국소망막전위도 검사의 결과도 logarithmic unit으로 변환하여 연구를 진행하였다. 시야검사의 Ring 1, Ring 2, Ring 3과 다국소망막전위도 검사의 Ring 1, Ring 2, Ring 3이 공간적인 일치를 보여, 각 구간의

평균값을 이용해 당뇨망막병증 환자군과 정상대조군을 비교하고, 두 결과의 logarithmic unit을 이용하여 상관관계를 분석하였다.

검사결과는 SPSS 18.0 (Chicago, IL)의 independent samples *t*-test와 Pearson's correlation을 이용하였다. Pearson's correlation에서 상관계수(*r*)의 절대값이 1에 가까워질수록 상관관계가 높다고 판단하였고, *p* < 0.05일 때 통계적으로 유의한 관계가 있는 것으로 간주하였다.

결 과

연구에 참여한 당뇨망막병증 환자군은 16명 16안으로 우안 8안, 좌안 8안이었고, 평균 나이는 55.86 ± 12.36세, 성별은 남자 10명 여자 6명이었다. 대조군은 14명 14안으로 우안 7안 좌안 7안이었고, 평균 나이는 56.14 ± 11.36세, 성별은 남자 9명 여자 5명이었다. 당뇨망막병증 환자군과 대조군의 평균 최대 교정 시력은 0.13 ± 0.13, 0.01 ± 0.04 (log MAR)였고, 골드만 압평안압계로 측정한 평균 안압은 14.00 ± 2.34 mmHg, 13.64 ± 2.59 mmHg였으며,

구면렌즈 대응치는 -0.81 ± 1.43 diopter, -0.48 ± 1.03 diopter였다. 빛간섭단층촬영검사상 황반중점두께는 226.63 ± 50.42 μm, 214.00 ± 24.25 μm로 모든 검사가 두 군에 있어 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 1).

당뇨망막병증 환자군에서 시행한 시야검사의 평균 역치는 Ring 1에서 26.50 ± 2.97 dB, Ring 2에서 24.60 ± 4.48 dB, Ring 3에서 20.19 ± 4.09 dB였다. 대조군은 Ring 1에서 30.18 ± 1.79 dB, Ring 2에서 28.84 ± 2.16 dB, Ring 3에서 26.10 ± 1.90 dB였다. 평균 역치는 Ring 1에서는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, Ring 2, Ring 3에서는 통계학적으로 유의하게 감소함을 보였다(Table 2).

다국소망막전위도 검사의 평균 진폭은 당뇨망막병증 환자군의 경우 Ring 1에서 46.08 ± 11.55 nV/deg², Ring 2에서 30.64 ± 6.51 nV/deg², Ring 3에서 20.36 ± 3.46 nV/deg²였고, 대조군에서는 Ring 1에서 92.11 ± 22.20 nV/deg², Ring 2에서 62.16 ± 20.16 nV/deg², Ring 3에서 45.72 ± 8.17 nV/deg²였다. 대조군에 비해 당뇨망막병증 환자군의 평균 진폭은 모든 영역에서 통계학적으로 유의하게 감소함을 보였다(Table 3).

Table 1. Demographic characteristics of the patients

	DR	Normal	<i>p</i> -value*
Number (eyes)	16 (16)	14 (14)	
Sex (male/female)	10/6	9/5	0.846
Age (years)	55.86 ± 12.36	56.14 ± 11.36	0.825
BCVA (log MAR)	0.13 ± 0.13	0.01 ± 0.04	0.201
IOP (mm Hg)	14.00 ± 2.34	13.64 ± 2.59	0.699
SE (diopter)	-0.81 ± 1.43	-0.48 ± 1.03	0.215
CPT (μm)	226.63 ± 50.42	214.00 ± 24.25	0.094

Values are presented as mean ± SD.

BCVA = best-corrected visual acuity; IOP = intraocular pressure; SE = spherical equivalent; CPT = center point thickness; DR = diabetic retinopathy.

*Statistically significant with independent samples *t*-test (*p* < 0.05).

Table 2. Comparison of the threshold (dB) of AVF in diabetic retinopathy group and normal group

	Ring 1	Ring 2	Ring 3
DR	26.50 ± 2.97	24.60 ± 4.48	20.19 ± 4.09
Normal	30.18 ± 1.79	28.84 ± 2.16	26.10 ± 1.90
<i>p</i> -value	0.268	0.039*	0.003*

Values are presented as mean ± SD.

*Statistically significant with independent samples *t*-test (*p* < 0.05).

Table 3. Comparison of the amplitude (nV/deg²) of mfERG in diabetic retinopathy group and normal group

	Ring 1	Ring 2	Ring 3
DR (log unit)	46.08 ± 11.55 (1.65 ± 0.12)	30.64 ± 6.51 (1.48 ± 0.09)	20.36 ± 3.46 (1.30 ± 0.08)
Normal (log unit)	92.11 ± 22.20 (1.98 ± 0.12)	62.16 ± 20.16 (1.77 ± 0.15)	45.72 ± 8.17 (1.65 ± 0.08)
<i>p</i> -value	0.016*	0.000*	0.001*

Values are presented as mean ± SD.

*Statistically significant with independent samples *t*-test (*p* < 0.05).

Table 4. Comparison of the peak time (msec) of mfERG in diabetic retinopathy group and normal group

	Ring 1	Ring 2	Ring 3
DR (log unit)	38.06 ± 4.98 (1.58 ± 0.06)	39.45 ± 3.30 (1.59 ± 0.04)	39.43 ± 2.62 (1.59 ± 0.03)
Noraml (log unit)	37.17 ± 3.01 (1.57 ± 0.04)	36.67 ± 1.92 (1.56 ± 0.02)	37.84 ± 1.86 (1.58 ± 0.02)
p-value	0.387	0.012*	0.508

Values are presented as mean ± SD.

*Statistically significant with independent samples *t*-test ($p < 0.05$).

Table 5. Relationship between the threshold of AVF and responses of mfERG in diabetic retinopathy group

R1	mfERG		R2	mfERG		R3	mfERG	
	Amp*	Pe.T†		Amp	Pe.T		Amp	Pe.T
AVF	r=0.401 [‡] (p=0.124)	r=-0.219 [‡] (p=0.416)	AVF	r=0.779 (p=0.001 [§])	r=-0.276 (p=0.214)	AVF	r=0.578 (p=0.043 [§])	r=-0.638 (p=0.008 [§])

*log (amplitude); †log (peak time); ‡Pearson's correlation coefficient. Pearson's correlation was statistically significant, as absolute value of r was close to 1; §Statistically significant with Pearson's correlation ($p < 0.05$).

Table 6. Relationship between the threshold of AVF and responses of mfERG in normal group

R1	mfERG		R2	mfERG		R3	mfERG	
	Amp*	Pe.T†		Amp	Pe.T		Amp	Pe.T
AVF	r=0.732 [‡] (p=0.003 [§])	r=-0.279 (p=0.335)	AVF	r=0.530 (p=0.045 [§])	r=-0.021 (p=0.944)	AVF	r=0.568 (p=0.043 [§])	r=-0.175 (p=0.550)

*log (amplitude); †log (peak time); ‡Pearson's correlation coefficient. Pearson's correlation was statistically significant, as absolute value of r was close to 1; §Statistically significant with Pearson's correlation coefficient ($p < 0.05$).

다국소망막전위도 검사의 평균 반응도달시간은 당뇨망막 병증 환자군의 경우 Ring 1에서 38.06 ± 4.98 msec, Ring 2에서 39.45 ± 3.30 msec, Ring 3에서 39.43 ± 2.62 msec 였고, 정상대조군에서는 Ring 1에서 37.17 ± 3.01 msec, Ring 2에서 36.67 ± 1.92 msec, Ring 3에서 37.84 ± 1.86 msec였다. 평균 반응도달시간은 Ring 1과 Ring 3에서는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, Ring 2에서는 통계학적으로 유의하게 지연됨을 보였다(Table 4).

Logarithmic unit으로 표현되는 시야검사의 역치와 다국소망막전위도 검사를 비교하기 위하여 진폭과 반응도달시간을 logarithmic unit으로 변환 후 두 검사를 비교한 결과 당뇨망막병증 환자군에서 시야검사의 평균 역치와 다국소망막전위도 검사의 평균 진폭은 Ring 2, Ring 3에서는 유의한 관계를 보였으나, Ring 1에서는 유의한 관계를 보이지 않았다. 시야검사의 평균 역치와 다국소망막전위도 검사의 평균 반응도달시간은 Ring 1, Ring 2에서는 유의한 관계를 보이지 않았으나, Ring 3에서는 유의한 관계를 보였다(Table 5).

대조군에서 시야검사의 평균 역치와 다국소망막전위도 검사의 평균 진폭은 Ring 1, Ring 2, Ring 3 모든 영역에서 통계학적으로 유의한 관계를 보였으나, 시야검사의 평균 역치와 다국소망막전위도 검사의 평균 반응도달시간은 Ring 1, Ring 2, Ring 3 모든 영역에서 유의한 관계를 보이지 않았다(Table 6).

전반적으로 다국소망막전위도 검사의 진폭은 시야검사

의 역치가 증가함에 따라 함께 증가하는 양의 상관관계를 보였고, 반응도달시간은 시야검사의 역치가 증가함에 따라 감소하는 음의 상관관계를 보였다(Fig. 3).

고 찰

망막의 혈액공급은 내측 2/3는 망막중심동맥과 그 분지로부터 혈액공급을 받고, 외측 1/3는 맥락막 모세혈관으로부터 혈액공급을 받는 이중 공급계통으로 되어있다.¹¹ 따라서 순환장애가 발생한 혈관의 위치에 따라 영향을 받는 망막층이 결정되고, 허혈에 의한 망막 기능 장애가 발생하게 된다. 당뇨망막병증은 지속적인 고혈당에 의해 당화혈색소와 같은 최종당화산물이 세포에 축적되고, 활성 산소의 생성 및 VEGF의 상승 등이 복합적으로 작용하여 발생하는 미세혈관합병증으로 대부분 망막중심동맥과 그 분지에 영향을 준다.² 따라서 초기 당뇨망막병증은 주로 망막 내층에 영향을 주게 되고, 망막 내층의 기능 저하를 유발하게 된다. 이어서 당뇨망막병증이 진행함에 따라 시세포를 포함한 망막 외층의 기능저하도 동반할 것으로 판단된다.

다국소망막전위도 검사의 파형은 양극세포에 의해 주로 기원하고, 시세포와 무축삭세포 및 신경절세포도 일부 기여하는 것으로 알려졌다. 그리고 세포의 기원에 따라 파형의 진폭, 반응도달시간, 모양 등 작용하는 부분이 다르다.^{12,13} 양극세포와 무축삭세포는 내과립층에 주로 분포하고, 시세

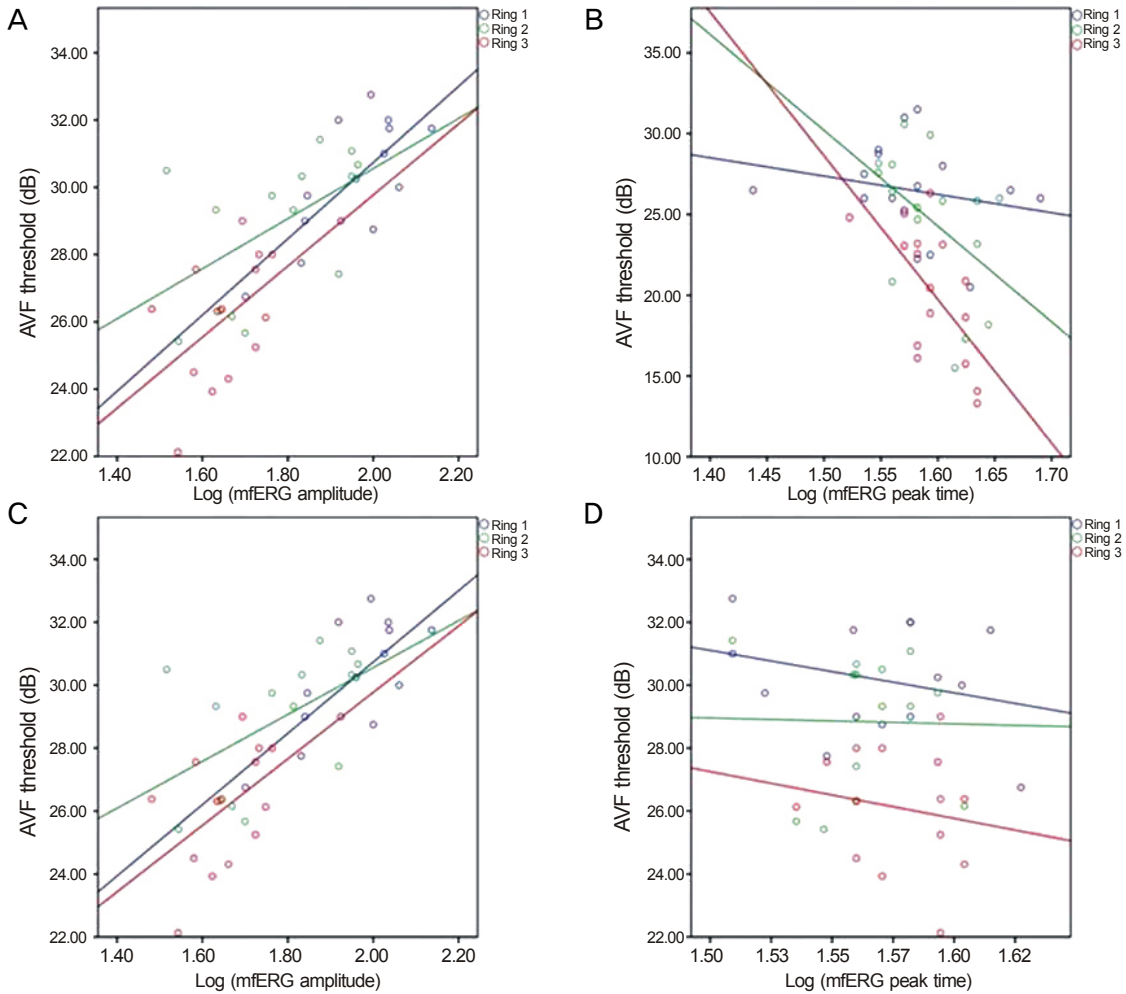


Figure 3. Relationship between the threshold of AVF and log (amplitude) of mfERG in DR group (A) and normal group (C). Relationship between the threshold of AVF and log (peak time) of mfERG in DR group (B) and normal group (D).

포와 신경절세포는 각각의 층에 분포하여¹⁴ 손상받는 부분에 따라 다국소망막전위도 검사의 파형이 차이가 발생할 수 있기 때문에 망막질환의 진단에 도움을 줄 수 있다. 따라서 당뇨망막병증으로 인해 발생하는 망막의 기능저하에 대해 다국소망막전위도 검사는 다양한 정보를 제공할 수 있다.

Kim and Yu¹⁵는 당뇨망막병증의 진행도에 따라 다국소망막전위도 검사의 중심 7개 육각형을 분석한 연구에서 당뇨망막병증이 심할수록 진폭의 감소와 반응도달시간의 연장이 두드러지게 나타난다고 하였고, 당뇨황반부종에서 다국소망막전위도 검사의 파형을 분석한 다른 연구에서도 진폭의 감소와 반응도달시간의 연장을 보고한 바 있다. 특히 이 연구에서는 세포 기원에 따른 다국소망막전위도 검사의 파형을 분석하였는데, N1은 상대적으로 망막 외층에서 기원하고, P1은 양극세포 및 물러세포로 이루어진 망막 내층에서 기원한다고 하였다. 주로 외망상층에서 신경섬유

층 사이의 망막내층에서 발생하는 황반부종은 N1보다 P1의 저하를 보인다고 하여 망막 손상부위에 대한 다국소망막전위도 검사의 파형을 분석한 바 있다.^{16,17} 본 저자들의 연구에서도 당뇨망막병증 환자군이 대조군에 비해 다국소망막전위도 검사의 진폭이 유의하게 감소한 것을 확인할 수 있었고, 반응도달시간도 Ring 2에서 연장되는 것을 확인할 수 있었다.

당뇨망막병증으로 인한 시야 변화는 관찰 가능한 당뇨망막병증이 존재하기 이전부터 발생할 수 있다. Roth¹⁸는 당뇨망막병증이 없는 당뇨환자의 40%와 당뇨망막병증이 있는 모든 환자에서 중심시야의 결손을 발견하였다고 보고하였다. 이는 관찰가능한 당뇨망막병증이 발생하기 이전부터 다양한 기전에 의한 망막세포 손상이 진행함을 의미한다.

또한 당뇨망막병증의 정도가 심해짐에 따라서 시야검사의 결과가 영향을 받을 수 있다는 연구가 보고되었다. ETDRS에 따른 당뇨망막병증의 단계는 시야검사의 결과와 상관관

계를 가진다는 연구가 있었고,¹⁹ 다른 연구에서는 망막의 비관류 부위가 증가함에 따라 시야결손 부위가 증가함을 보고하였다.^{20,21} 본 저자들의 연구에서도 당뇨망막병증 환자군이 대조군에 비해 전반적인 시야검사의 역치가 감소하는 경향을 확인할 수 있었다.

본 저자들의 연구와 여러 문헌에서 보고한 것처럼 당뇨망막병증 환자군에서 시야검사의 역치가 감소하고, 다국소망막전위도 검사의 진폭 감소 및 반응도달시간 연장을 확인할 수 있었다. 이는 망막기능의 저하를 반영하는 것으로 두 검사의 결과는 유의한 상관관계를 가질 수 있다고 판단하고 연구를 진행하였다.

Hood and Zhang⁹은 원추세포와 이 세포에 접합하는 양극세포의 손상이 시야검사의 역치 감소뿐만 아니라 다국소망막전위도 검사의 진폭 감소 및 반응도달시간 연장을 가져온다고 보고하였다. Lung et al⁸은 당뇨 환자 중 당뇨망막병증을 동반한 군과 동반하지 않은 군에서 다국소망막전위도 검사와 시야검사의 상관관계를 분석하였는데, 다국소망막전위도 검사의 진폭이 반응도달시간에 비해 시야검사의 결과와 더 유의한 상관관계를 가진다고 보고하였다. 이는 본 저자들의 연구와도 일치하는 결과이다.

반면 Greenstein et al²²은 다국소망막전위도 검사와 시야검사는 광순응 방식과 자극을 주는 방식의 차이가 있기 때문에 유의한 상관관계를 가지지 않는다고 보고하였다. 이는 다국소망막전위도 검사는 자극을 받는 각 육각형 영역의 전기적 반응의 총합을 측정하는 반면, 자동시야계는 하나의 지점에서 망막의 빛에 대한 감도를 측정하는 것이어서 차이가 있을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 6도 간격으로 동심원 형태의 영역을 나누어 표현한 Ring average에서 각 영역의 평균 진폭과 평균 반응도달시간을 구하였고, 시야검사도 중심에서 6도 간격으로 동심원을 만들어 그 영역에 해당하는 평균 역치를 구하여 상관관계를 분석하였다.

그 결과 시야검사의 역치가 감소함에 따라 다국소 망막전위도 검사의 진폭은 유의하게 감소하였고, 반응도달시간은 통계학적으로 유의한 관계를 보이지는 않았으나 전반적으로 증가하는 경향을 보였다. 이와 같이 두 검사가 유의한 상관관계를 보인다는 것은 당뇨망막병증으로 인한 망막의 기능 평가에 있어 두 검사를 동시에 시행한다면 신뢰성을 높일 수 있고, 예후 예측에 도움을 줄 수 있다는 것을 시사한다.

본 저자들의 연구가 다수의 환자군을 대상으로 연구를 진행하지 못하였고, 당뇨망막병증이 충분히 진행된 환자를 대상으로 진행하였기에 망막층의 손상을 구분할 수 없다는 단점이 있지만, 당뇨망막병증의 진행 시기에 따라 다수의 환자들을 대상으로 연구를 진행한다면, 망막의 기능평가에

대한 더욱 정확한 정보를 조기에 제공받을 수 있고, 당뇨망막병증의 진행 과정과 그 치료에 대해 임상적으로 더 많은 정보를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- 1) Ola MS, Nawaz MI, Siddiquei MM, et al. Recent advances in understanding the biochemical and molecular mechanism of diabetic retinopathy. *J Diabetes Complications* 2012;26:56-64.
- 2) Frank RN. Etiologic mechanisms in diabetic retinopathy. In: Ryan SJ, Schachat AP. *Retina*, 4th ed. Los Angeles: Mosby, 2006; v. 2. chap. 66.
- 3) Yoon JH, Kim MJ, Chin HS, Moon YS. Effect of PRP on visual acuity, visual field and subjective symptoms in very severe NPDR. *J Korean Ophthalmol Soc* 2003;44:2545-52.
- 4) Lee BH, Cho YW. Quantitative analysis of diabetic macular edema by optical coherence tomography. *J Korean Ophthalmol Soc* 2004; 45:1858-64.
- 5) Ito H, Horii T, Nishijima K, et al. Association between fluorescein leakage and optical coherence tomographic characteristics of microaneurysms in diabetic retinopathy. *Retina* 2013;33:732-9.
- 6) Hood DC. Assessing retinal function with the multifocal technique. *Prog Retin Eye Res* 2000;19:607-46.
- 7) Sutter EE, Dodsworth-Feldman B, Haegerstrom-Portnoy G. Simultaneous multifocal ERGs in diseased retina. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1986;27:301-2.
- 8) Lung JC, Swann PG, Wong DS, Chan HH. Global flash multifocal electroretinogram: early detection of local functional changes and its correlations with optical coherence tomography and visual field tests in diabetic eyes. *Doc Ophthalmol* 2012;125:123-35.
- 9) Hood DC, Zhang X. Multifocal ERG and VEP responses and visual fields: comparing disease-related changes. *Doc Ophthalmol* 2000;100(2-3):115-37.
- 10) Hood DC, Bach M, Brigell M, et al; International Society For Clinical Electrophysiology of Vision. ISCEV standard for clinical multifocal electroretinography (mfERG) (2011 edition). *Doc Ophthalmol* 2012;124:1-13.
- 11) Harris A, Bingaman D, Ciulla TA, Martin B. Retinal and choroidal blood flow in health and disease. In: Ryan SJ, Schachat AP. *Retina*, 4th ed. Los Angeles: Mosby, 2006; v. 1. chap. 5.
- 12) Hood DC, Frishman LJ, Saszik S, Viswanathan S. Retinal origins of the primate multifocal ERG: implications for the human response. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002;43:1673-85.
- 13) Hood DC, Greenstein V, Frishman L, et al. Identifying inner retinal contributions to the human multifocal ERG. *Vision Res* 1999;39: 2285-91.
- 14) Miller RF. The physiology and morphology of the vertebrate retina. In: Ryan SJ, Schachat AP. *Retina*, 4th ed. Los Angeles: Mosby, 2006; v. 1. chap. 9.
- 15) Kim SJ, Yu HG. The clinical applications of multifocal electroretinogram in diabetic retinopathy. *J Korean Ophthalmol Soc* 2004;45:64-8.
- 16) Kondo M, Miyake Y, Horiguchi M, et al. Clinical evaluation of multifocal electroretinogram. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1995;36: 2146-50.
- 17) Fine BS, Brucker AJ. Macular edema and cystoid macular edema.

- Am J Ophthalmol 1981;92:466-81.
- 18) Roth JA. Central visual field in diabetes. Br J Ophthalmol 1969; 53:16-25.
- 19) Bengtsson B, Heijl A, Agardh E. Visual fields correlate better than visual acuity to severity of diabetic retinopathy. Diabetologia 2005; 48:2494-500.
- 20) Federman JL, Lloyd J. Automated static perimetry to evaluate diabetic retinopathy. Trans Am Ophthalmol Soc 1984;82:358-70.
- 21) Pahor D. Automated static perimetry as a screening method for evaluation of retinal perfusion in diabetic retinopathy. Int Ophthalmol 1997-1998;21:305-9.
- 22) Greenstein VC, Holopigian K, Hood DC, et al. The nature and extent of retinal dysfunction associated with diabetic macular edema. Invest Ophthalmol Vis Sci 2000;41:3643-54.

=ABSTRACT=

Correlation Between the Visual Field Test and Multifocal Electroretinogram in Patients with Diabetic Retinopathy

Jeong Kyu Kim, MD, Ji Hye Jang, MD, Young Wook Cho, MD

Department of Ophthalmology, Daegu Fatima Hospital, Daegu, Korea

Purpose: To evaluate the macular function by a multifocal electroretinogram (mfERG) in patients with diabetic retinopathy (DR), and to assess the correlation between responses of mfERG and the threshold of the visual field test (VF).

Methods: The records of patients with DR (16 eyes, 16 patients) and control subjects (14 eyes, 14 subjects) were retrospectively reviewed. mfERG and VF were divided into Ring 1, Ring 2 and Ring 3 at 6-degree intervals from the central macula. The correlation between the amplitude/peak time and the threshold of each ring was analyzed.

Results: In patients with DR, the amplitude was decreased in all areas, the peak time was delayed in Ring 2 and the threshold was decreased in Rings 2 and 3, compared to control subjects. The amplitude of mfERG and the threshold of VF showed statistically significant positive correlations in Rings 2 and 3 ($p < 0.05$). The peak time of mfERG and the threshold of VF showed statistically significant negative correlations in Ring 3 ($p < 0.05$).

Conclusions: The threshold of VF was more significantly correlated with the amplitude than with the peak time of mfERG in patients with DR. mfERG and VF were useful tests to assess the macular function, and alteration of macular function was early detected because two tests were conducted at the same time.

J Korean Ophthalmol Soc 2014;55(2):202-208

Key Words: Diabetic retinopathy, Multifocal electrogram, Visual field test

Address reprint requests to **Young Wook Cho, MD**
Department of Ophthalmology, Daegu Fatima Hospital
#99 Ayang-ro, Dong-gu, Daegu 701-724, Korea
Tel: 82-53-940-7140, Fax: 82-53-954-7417, E-mail: vitreo-retina@hanmail.net