

시야결손전녹내장환자에서 표준자동시야검사의 토탈데비에이션과 주파수배가시야검사의 비교

최정훈 · 박인원 · 정윤석

한림대학교 성심병원 안과학교실

목적: 시야결손전녹내장환자에서 표준자동시야검사와 Matrix 주파수배가시야검사를 비교하여 표준자동시야검사 total deviation (TD)의 임상적 의미를 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 시야결손전녹내장환자 52명 52안을 대상으로 Matrix 주파수배가시야검사와 빛간섭단층촬영(Optical coherence tomography; OCT)을 시행하였다. 표준자동시야검사 TD, Matrix TD와 pattern deviation (PD)의 비정상율을 구하고 연관성을 알아보았으며, 또한 OCT 결과와의 상관관계를 분석하였다.

결과: 표준자동시야검사 TD 22안(42.3%), Matrix TD 34안(65.4%) 및 PD 41안(78.9%)이 비정상을 보였으며 표준자동시야검사 TD와 Matrix PD 간에는 경계적 유의성을 보였다($p=0.07$). 또한 Matrix PD와 OCT 간에는 유의한 상관관계가 있었다($p<0.05$). 그러나 표준자동시야검사 TD와 OCT 간에는 유의한 상관관계를 보이지 않았지만 Matrix PD 비정상 환자 중에서 표준자동시야검사 TD가 비정상인 경우가 정상에 비해 평균, 12시, 5시, 상측 사분역에서 유의한 망막신경섬유층의 두께 감소를 보여주었다($p<0.05$).

결론: 시야결손전녹내장환자에서 표준자동시야검사의 TD결과는 42.3%의 비정상율을 보여주었으며 이는 환자의 임상적 평가에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

〈대한안과학회지 2010;51(2):220-226〉

녹내장은 망막신경절세포가 비가역적, 점진적으로 소실되고 망막신경섬유층이 얇아지는 질환으로 이러한 구조적 변화로 나타나는 시기능 손상은 시야검사를 통해 판정하게 된다. 그러나 녹내장 환자에서 시야결손이 나타나기 전에 약 40%의 망막신경절세포 축삭의 손실이 있다는 조직학적 연구결과와 시야검사를 통한 녹내장의 조기 진단에는 한계가 있음을 보여준다.¹⁻³

시야결손전녹내장(preperimetric glaucoma)이란 표준자동시야검사(Standard Automated Perimetry; SAP)에서 정상을 보이거나 녹내장성 시신경 변화를 보이는 초기녹내장을 뜻한다.^{4,5} 여기에서 시야검사의 판정은 대부분의 연구에서 glaucoma hemifield test (GHT), pattern standard deviation (PSD)을 기준으로 판정한다. 이러한 이유로 임상에서 표준자동시야검사 결과를 해석할 때 total deviation plot (TD)을 소홀히 하는 경향이 있다. 그러나 녹내장의 시

야손상은 미만성과 국소적인 형태로 나타날 수 있으며, Henson et al⁹의 연구에 따르면 초기녹내장의 시야 변화는 미만성 손상을 함께 보인다고 하였다.⁶⁻⁹ 또한 임상에서 초기녹내장 환자를 살펴보면 녹내장을 진단할 수 있는 최소한의 시야장애(Anderson's minimal criteria¹⁰)를 진단기준으로 하였을 때 표준자동시야검사가 pattern deviation (PD) plot의 결과가 정상일지라도 TD 결과가 녹내장성 시야손상을 보이는 경우를 발견하게 된다. 따라서 표준자동시야검사서 미만성 손상을 나타내는 TD의 면밀한 관찰이 필요하다.

녹내장의 조기진단을 위한 시야검사로 단파장시야검사(short-wavelength automated perimetry; SWAP)와 주파수배가시야검사(Frequency-doubling Technology; FDT)와 같이, 선택적으로 망막신경절 세포의 손상을 검사할 수 있는 특수시야검사가 개발되었으며 많은 연구에서 그 유용성이 보고되었다.¹¹⁻¹³ 또한 Ferreras et al¹⁴은 시야결손전 녹내장환자를 대상으로 한 연구에서 frequency doubling technology (FDT) 시야검사를 통해 표준자동시야검사서 없었던 시야 결손을 발견할 수 있다는 보고를 하여 녹내장 조기진단에서의 FDT의 유용성을 설명하였다.

본 연구에서는 망막신경섬유층 결손을 보이거나 표준자동시야검사서 정상을 보이는 시야결손전녹내장환자에서 표

■ 접 수 일: 2009년 4월 22일 ■ 심사통과일: 2009년 12월 22일

■ 책임저자: 정 윤 석

경기도 안양시 동안구 평촌동 896
한림대학교 성심병원 안과
Tel: 031-380-3835, Fax: 031-380-3837
E-mail: eyechung90@hanmail.net

* 본 논문의 요지는 2008년 대한안과학회 제100회 추계학술대회에서 구연으로 발표되었음.

준자동시야검사와 최신의 장비인 Matrix FDT를 비교 분석하여 그 연관성을 살펴보고 표준자동시야검사 TD의 임상적 의미를 알아보고자 하였다.

대상과 방법

2006년 5월부터 2008년 1월까지 본원 녹내장 클리닉을 방문한 환자를 대상으로 시력검사, 세극등현미경을 통한 전안부검사, 골드만 안압측정, 전방각경검사, 안저검사, 시신경 유두사진 및 망막신경섬유층사진(Color Disc photograph and red-free photograph; TRC 50 ix, Topcon, Japan), 표준자동시야검사(Humphrey Instruments, Central 24-2 SITA standard strategy; San Leandro, CA, USA), Stratus 빛간섭단층촬영(Optical coherence tomography; OCT)을 시행하였다. 이중 망막신경섬유층 사진에서 명백한 망막신경섬유층의 국소적 결손을 보이나 표준자동시야검사에서 정상을 나타낸 시야결손전녹내장환자를 대상으로 하였다.

골드만압평안압계로 측정한 안압이 22 mmHg 이상이며 전방각경검사서 개방각인 경우를 원발개방각녹내장으로 정의하였고, 정상안압녹내장의 경우는 매번 내원시 측정한 안압이 모두 21 mmHg 이하로 측정된 경우로 정의하여 구분하였으며 모두 대상에 포함되었다. 국소적 망막신경섬유층 결손은 시신경유두의 상이측, 하이측에서 발견되는 것으로 망막혈관두께크기 이상이며 시신경유두와 연결되어 있는 것으로 정의하였다. 표준자동시야검사 상 정상은 녹내장을 진단할 수 있는 최소한의 시야장애(Anderson's minimal criteria¹⁰)에 부합하지 않는 경우로 정의하였으며, 최소한의 시야장애는 두 번의 연속적인 검사에서 PD에서 활모양 영역에 있는 3개 이상의 점의 역치가 정상 5%미만에서 나타나고 그 중 한점이 1% 미만일 때거나, glaucoma hemifield test (GHT) 상 outside normal limits가 나타날 때, 또는 pattern standard deviation (PSD)가 5% 미만으로 나타날 때로 정의된다. 또한 시야검사의 신뢰도는 주시상실 20% 미만, 가양성과 가음성 반응이 33% 미만인 경우로 적용하였다. 그리고 표준자동시야검사에서 TD결과의 비정상 판정은 활모양영역에 있는 3개 이상의 점의 역치가 정상 5%미만에서 나타나고 그 중 한점이 1% 미만인 경우로 하였다. 추가적으로 시야의 미만성 손상을 측정하는 지표의 하나로 사용되는 general height (GH) index를 알아보았는데, 이는 TD 분포의 85 percentile로 정의되며 표준 자동시야검사의 TD에 나타나는 51개 점 중에서 7번째 좋은 값(7th most positive value)을 직접 확인하여 수치를 분석하였다.^{15,16}

선정된 시야결손전녹내장환자들을 대상으로 Matrix FDT

(24-2 threshold program; Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA)를 6개월 이내에 시행하였으며 TD와 PD 결과의 비정상 판정은 표준자동시야검사 결과의 판정과 마찬가지로 활모양영역에 있는 3개 이상의 점의 역치가 정상 5%미만에서 나타나고 그 중 한점이 1% 미만인 경우로 하였다. Stratus OCT (soft ware 4.0; Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA)의 fast retinal nerve fiber layer (RNFL) scan을 이용하여 유두주위 망막신경섬유층 두께를 측정하였으며, 평균 망막신경섬유층두께, 4사분역에서의 망막신경섬유층두께(상측; 46~135도, 비측; 136~225도, 하측; 226~315도, 이측; 316~45도), 30도 간격으로 12등분한 시간대별 망막신경섬유층 두께를 분석에 사용하였다. 12분(clock hour)된 각 시간대 별 비교를 위해 좌안은 우안의 거울상(mirror image)으로 데이터를 기록하였다. 시신경유두의 망막신경섬유층결손 부위와 시야검사상 결손부위의 일치 정도는 Garway-Heath et al¹⁷이 발표한 시야와 시신경유두의 mapping에 대한 연구 결과에 따라 판단하였으며, OCT의 비정상 결과는 시야손상의 구획과 국소적 망막신경섬유층 결손이 상응하는 위치의 OCT line graph가 5 percentile 미만으로 감소하거나 시간대별 분석에서 1시간 이상에서 5 percentile 미만을 보이는 경우로 정의하였다.

최대교정시력이 20/40 미만이거나, 구면렌즈 대응치 값이 ± 5 디옵터 이상이거나 난시가 ± 2 디옵터 이상의 굴절 이상을 보이는 경우, 임상적으로 의미 있는 매질 혼탁 그리고 시야검사 결과에 영향을 줄 수 있는 다른 안질환이 있는 경우(당뇨망막병증 및 고혈압성 망막병증), 시야검사 시 동공의 크기가 3.0 mm 이하인 경우, 시야검사 혹은 빛간섭단층촬영에 영향을 줄 수 있는 안내병변이 있는 경우, 안외상 및 안내수술의 기왕력이 있는 경우는 대상에서 제외하였다.

표준자동시야검사의 TD 결과와 Matrix FDT의 PD 및 TD의 결과를 알아보고, 이들의 상관관계를 알아보았으며, 또한 각 시야검사 결과와 OCT 결과와의 상관관계를 비교

Table 1. Demographics of patients

Patients (eyes7)	52 (52)
Age (years)	48.41 \pm 12.5
Gender (male:female)	38:14
Laterality (R:L)	29:23
NTG*:POAG [†]	39:13
VA [‡] (logMAR)	0.00 \pm 0.00
SE [§] (diopter)	-1.11 \pm 2.5 (-4.75 ~+2.25)
MD (dB)	-1.63 \pm 1.24 (-3.33~+1.20)
PSD ^{**} (dB)	1.59 \pm 3.2 (+1.2~+2.49)
General height (dB)	-0.02 \pm 1.04 (-3~+1)

Values are numbers or means \pm standard deviation; *NTG=normal tension glaucoma; [†]POAG=primary open angle glaucoma; [‡]VA=visual acuity; [§]SE=spherical equivalent; ^{||}MD=mean deviation; ^{**}PSD=pattern standard deviation.

Table 2. Correlations of visual field results and optical coherence tomography (OCT) findings

	OCT* line	OCT clock hour
SAP ^{II} TD [‡]	r=0.11 P=0.41	r=0.19 p=0.18
MAT [†] TD	r=0.16 P=0.25	r=0.13 p=0.34
MAT PD [§]	r=0.29 P=0.03*	r=0.40 p<0.01*

r, Spearman correlation coefficient $p<0.05$; *OCT=optical coherence tomography; [†]MAT=Matrix FDT; [‡]TD=total deviation; [§]PD=pattern deviation; ^{II}SAP=standard automated perimetry.

분석하였다. 추가적으로 Matrix FDT의 PD에서 비정상 결과를 가진 환자를 대상으로 표준자동시야검사 TD결과에 따른 망막신경섬유층 두께를 분석하여 보았다. 또한 두 군 사이의 나이, 연령 및 OCT의 fast optic disc scan을 이용하여 측정한 시신경유두면적(disc area)을 통계학적으로 비교하였다.

본 연구의 통계적 분석은 SAS version 1.93프로그램을 사용하였으며 Spearman 상관분석을 이용하여 각각의 결과에서 p -value가 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의한 것으로 간주 하였다.

결 과

시야결손 전 녹내장환자 52명 52안(남38, 여 14안)이 대상으로 선정되었으며 평균 연령(\pm 표준편차)은 $48.41 \pm$

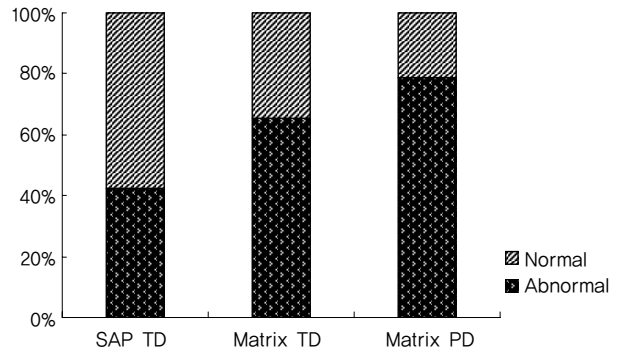


Figure 1. Abnormalities among SAP TD, Matrix TD and Matrix PD were found in 22 (42.3%), 34 (65.4%), 41 (78.9%) eyes, respectively. SAP=standard automated perimetry; Matrix=Matrix FDT; TD=total deviation; PD=pattern deviation.

12.5세이며 평균 굴절력(구면렌즈 대응치)은 -1.11 ± 2.5 Diopter였다. 이 중에서 정상안압녹내장이 39 안, 원발개방각 녹내장이 13안이였다. 표준자동시야검사 상 mean deviation (MD)는 -1.63 ± 1.24 decibel (dB), pattern standard deviation (PSD)는 1.59 ± 3.2 dB, General height (GH)는 -0.02 ± 1.04 이였다(Table 1).

시야검사의 결과를 살펴보면 52안 중 표준자동시야검사의 TD는 22안(42.3%), Matrix FDT의 TD는 34안(65.4%), PD는 41안(78.9%)에서 비정상 결과를 보였다(Fig. 1). 표준자동시야검사의 TD와 Matrix FDT의 결과를 비교해보면, 표준자동시야검사 TD와 Matrix FDT의 TD결과 사이에 통계적으로 유의한 상관관계는 없었으나($r=0.13$

Table 3. RNFL thickness(μ m) according to the result of SAP* TD in preperimetric patients with abnormal Matrix PD

	Normal TD [†] (n=21)	Abnormal TD (n=20)	p -value
Sup [‡]	124.38 \pm 7.5	111.4 \pm 8.64	0.022*
Nasal [§]	79.05 \pm 7.4	72.6 \pm 4.6	0.1321
Inf ^{II}	116.24 \pm 8.61	107.7 \pm 8.03	0.1388
Temp [#]	72.81 \pm 7.25	71.9 \pm 4.88	0.831
Avg ^{**}	98.10 \pm 4.5	90.80 \pm 4.2	0.019*
12	128.43 \pm 12.54	110.65 \pm 10.6	0.03 [†]
1	117.43 \pm 7.88	106.95 \pm 11.04	0.112
2	90.57 \pm 9.2	80.7 \pm 6.32	0.082
3	67.57 \pm 7.97	62.25 \pm 4.94	0.245
4	79 \pm 8.16	73.45 \pm 6.59	0.276
5	112.86 \pm 8.94	99.7 \pm 7.90	0.027*
6	123.52 \pm 14.27	114.6 \pm 10.86	0.309
7	112.1 \pm 10.09	109.3 \pm 12.311	0.714
8	72.24 \pm 6.60	72.75 \pm 6.58	0.909
9	60.48 \pm 6.46	60.4 \pm 4.63	0.984
10	85.476 \pm 11.20	82.6 \pm 6.98	0.652
11	127.38 \pm 12.51	116.5 \pm 9.31	0.156

* Student t -test, $p<0.05$; Values are numbers or means \pm standard deviation; * SAP=standard automated perimetry; [†]TD= total deviation; [‡]Sup= superior quadrant retinal nerve fiber layer (RNFL) thickness; [§]Nasal=nasal quadrant RNFL thickness; ^{II} Inf=inferior quadrant RNFL thickness; [#]Tep=temporal quadrant retinal nerve fiber thickness; ^{**}Avg=average RNFL thickness.

Table 4. Characteristics of patients with abnormal Matrix PD

	SE*	Age	Disc area(mm ²)
Normal TD [†] (n=21)	-1.50±2.44	45.33 ±11.44	2.62±0.51
Abnormal TD (n=20)	-1.17±2.77	50.80 ±14.98	2.60±0.33
p-value	0.69	0.195	0.93

*Student *t*-test, *p*<0.05; Values are numbers or means±standard deviation; *SE=spherical equivalent; [†]TD=total deviation.

Table 5. Characteristics of patients according to the result of SAP TD

SAP*	Age	GH [†]	MD [‡]	PSD [§]
Normal TD (n=30)	47.73±11.47	-0.77±1.00	-0.84±1.02	1.46
Abnormal TD (n=22)	50.27±14.37	-1.14±0.46	-2.71±0.44	1.74
p-value	0.48	0.00*	0.00*	0.02*

*Student *t*-test, *p*<0.05; Values are numbers or means±standard deviation; *SAP=standard automated perimetry; [†]GH=general height; [‡]MD=mean deviation; [§]PSD=pattern standard deviation; ^{||}TD=total deviation.

p=0.35), 표준자동시야검사의 TD와 Matrix FDT의 PD결과 사이에는 통계적인 유의성을 보였다(Spearman 상관계수 *r*=0.25 *p*=0.07). 또한 두 시야검사와 OCT 결과와의 상관분석에서 Matrix PD와 OCT line 그래프 및 시간분석도표 사이에 유의한 상관관계가 있었다(각각 Spearman 상관계수 *r*=0.29 *p*=0.03, *r*=0.40 *p*<0.001). 그러나 표준자동시야검사 TD와 OCT간에는 의미 있는 상관관계를 보이지 않았다(Table 2). 또한 Matrix PD 비정상 환자 중에서 표준자동시야검사 TD 결과에 따른 망막신경섬유층 두께를 살펴보면, 표준자동시야검사 TD가 비정상인 결과를 보인 경우가 정상을 보인 경우에 비해 평균, 12시, 5시, 상측 사분역에서 유의한 망막신경섬유층의 두께 감소를 보였다(Table 3, Fig. 2). 두 군간에는 나이, 굴절력, 시신경유두 면적(disc area) 사이에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 4).

고 찰

녹내장에서 망막신경섬유층과 시신경유두의 손상은 시야결손보다 먼저 나타난다고 알려져 있다.¹⁻³ 따라서 시신경유두 및 망막신경섬유층을 자세히 검진하는 것이 시신경의 구조적 손상을 시야결손보다 먼저 밝혀낼 수 있다는 보고가 많이 있다.¹⁸⁻²⁰ 최근에 녹내장의 조기 진단을 위하여 녹내장성 시신경 변화가 있으나 통상적인 표준자동시야검사에서 시야결손이 나타나기 전단계인 시야결손전녹내장(preperimetric glaucoma)에 대한 관심이 높아졌다.^{2,5,21} 시야결손전녹내장은 녹내장성 시신경 손상이 존재하고 녹내장으로 진단할 수 있는 최소한의 시야장애(Anderson's minimal criteria¹⁰)에 부합하지 않는 정상 시야검사 결과를 보일 때 진단한다. 녹내장에서 최소한의 시야장애는 PD, GHT, corrected pattern standard deviation (CSPD)의 지

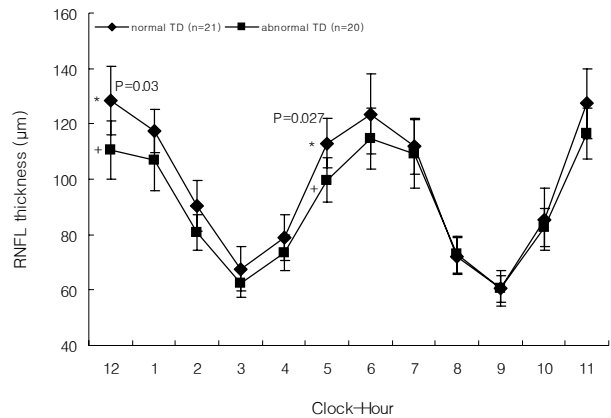


Figure 2. Comparison of RNFL thickness (μm) of Straus OCT clock-hours according to the result of SAP TD show RNFL thickness was significantly lower in abnormal SAP TD group(*) than normal SAP TD group(+) at 12 o'clock, and 5 o'clock (*p*<0.05).

표를 이용하게 된다. 표준자동시야검사에서 PD는 TD로부터 미만성 구성 성분을 보정하여 계산하게 되는데 TD plot 값의 85 percentile 에 해당되는 general height (GH) index를 사용한다.^{15,16}

실제 임상에서 시야결손전녹내장환자의 시야검사 결과를 살펴보면 표준자동시야검사에서 PD plot 은 정상이나 TD plot에서 녹내장성 국소적 손상을 의심케 하는 결과를 보게 된다(Fig 3). 또한 Advanced Glaucoma Intervention Study (AIGS)²²나 Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study (CIGTS)²³연구에서 녹내장에서는 표준자동시야검사의TD를 이용하여 녹내장성 시야 결손의 진행을 평가하였고, 최근 Artes et al²⁴은 녹내성 시야 결손의 진행을 평가하기 위해 TD와 PD를 비교하였는데 TD가 PD보다 녹내장의 진행을 더 빨리 진단할 수 있다고 하였다.

본 연구에서 각 시야검사의 초기녹내장 진단을 위한 비

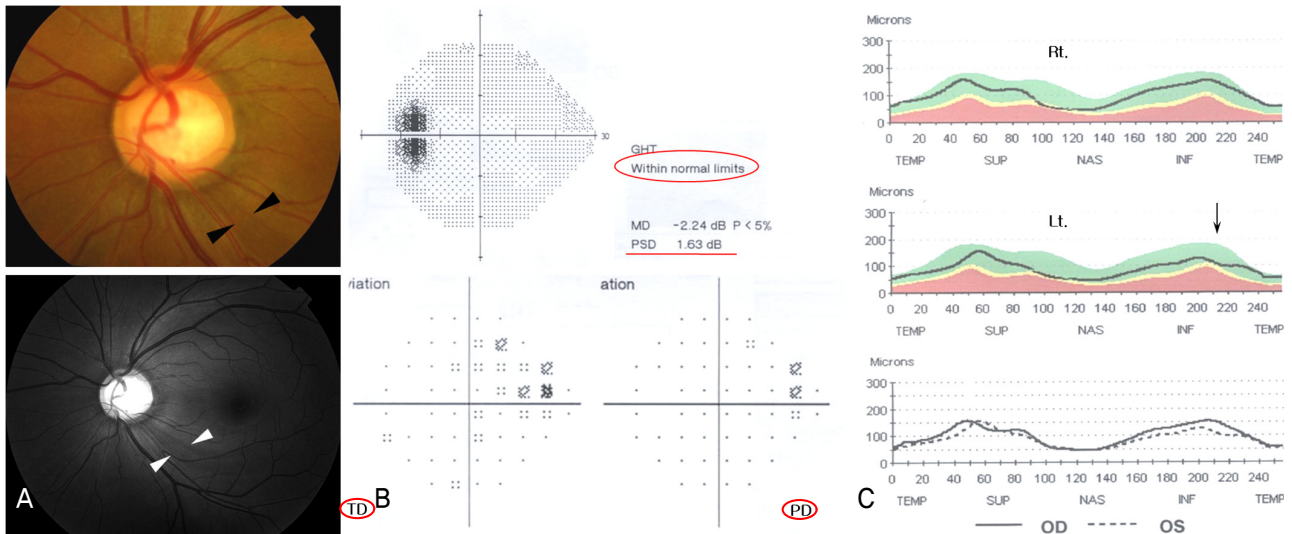


Figure 3. A 41-year-old patient with preperimetric glaucoma. (A) Disc and red-free photographs show glaucomatous cupping and localized retinal nerve fiber layer (RNFL) defect. (B) Result of Humphrey visual field is normal according to the Anderson criteria but total deviation plot shows abnormal result. (C) Stratus OCT shows RNFL thinning at the inferior temporal region.

정상치를 비교해 본 결과 52안 중 표준자동시야검사의 TD는 22안(42.3%)으로 Matrix FDT의 TD 34안(65.4%), Matrix FDT의 PD 41안(78.9%)이었다. 녹내장의 시야변화가 TD에서 나온 이유로는 첫째, 미만성 시야손상의 가능성을 생각해 볼 수 있겠다. Henson et al⁹은 초기 녹내장의 시야 변화는 거의 항상 미만성 손상을 보인다고 보고하였다. 둘째, 시야의 국소적 손상이 과소평가 됐을 가능성이 있다. Asman et al²⁵은 녹내장에서 시야의 국소 손상의 정도가 GH 지표에 영향을 미치게 된다는 보고를 하였는데, 시야의 국소적 손상은 미만성 손상을 과대평가하게 되고 결과적으로 PD분석에 의한 국소적 손상의 정도를 과소평가한다고 하였다.

그러나 Asman et al²⁵과 Henson et al⁹은 거의 정상으로 나타나는 pattern standard deviation (PSD)를 보이는 초기 녹내장에서는 통계학적으로 의미 있는 미만성 손상의 과대평가는 없다고 하였다. 반면 본 연구에서 시야결손전녹내장 환자의 표준자동시야검사 TD가 42.3%에서 비정상 결과를 보인 것은 시야결손전녹내장환자에서도 녹내장의 미만성 손상이 실제로 존재할 가능성을 시사한다. 본 연구에서 표준자동시야검사 TD 결과가 비정상인 군이 정상군보다 GH 지표가 더 큰 음의 값을 보이면서 MD 값이 더 낮은 것이 이를 뒷받침한다(Table 5). 또한 시야결손전녹내장에서도 시야의 국소적 손상이 미만성 손상을 과대평가하여 결과적으로 PD분석에 의한 국소적 손상의 정도를 과소평가했을 가능성을 추측해 볼 수 있겠다.

Matrix FDT는 최근 개발된 FDT 시야검사로 기존의 검

사에 비해 검사시간을 단축시키고 검사결과의 변이를 줄였으며, 최근 보고에 따르면 초기녹내장의 조기 진단은 물론 진행 정도를 추적관찰 하는데 유용한 검사라 할 수 있다.^{26,27} 녹내장 환자에 Matrix FDT와 표준자동시야검사 연관성을 알아본 연구에서 표준자동시야검사와 FDT Matrix 사이에서의 PD, TD의 결손의 합을 각각 비교해 본 결과 통계학적으로 중등도의 연관성을 보였다.²⁸ 본 연구에서는 시야결손 전 녹내장에서 Matrix FDT와 표준자동시야검사의 TD 결과 사이에 경계적으로 유의한 연관성(Spearman 상관계수 $r=0.25$ $p=0.07$)이 있는 것으로 보아 표준자동시야검사 TD는 초기녹내장 평가에 있어서 간과할 수 없는 지표라 생각된다.

Cho and Kee²⁹는 녹내장성 시야 결손이 있는 대상에서 Humphrey 자동시야검사의 TD plot의 합이 OCT로 측정된 망막신경섬유층 두께의 감소율과 높은 상관관계가 있다고 보고하였다. 시야결손 전 녹내장 환자를 대상으로 시행한 본 연구에서는 표준자동시야검사 TD와 OCT결과 사이에는 유의한 관련성이 없었고, Matrix PD와 OCT line 그래프 및 시간분석도표 사이에 유의한 상관관계가 있었다(각각 Spearman 상관계수 $r=0.29$ $p=0.03$, $r=0.40$ $p<0.01$). 저자들은 Matrix PD 비정상결과를 보인 환자 중에서 표준자동시야검사 TD 결과에 따른 OCT로 측정된 망막신경섬유층 두께를 살펴보았는데, TD 비정상군이 TD정상인군에 비하여 전반적인 망막신경섬유층 두께 감소를 보였고 평균, 12시, 5시, 상측사분역에서는 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이는 Kim et al³⁰이 발표한 연구에서 표준자동시야

검사는 정상이고 FDT에서 비정상 결과를 보인 초기녹내장 환자에서 의미 있는 망막신경섬유층 두께를 감소를 보인 결과와 유사하다고 할 수 있다. 부가적으로, 본 연구는 Matrix FDT검사에서 비정상 결과를 보인 시야결손전녹내장 환자에서 표준자동시야검사의 TD 결과에 따라 망막신경 섬유층의 두께가 차이가 있는 것을 밝혀냄으로써 아주 초기 녹내장에서 표준자동시야검사의 TD가 초기 녹내장의 구조적 손상을 반영할 수 있다는 점을 시사한다.

그러나 본 연구는 연구대상의 수가 적고, 대조군 없이 시야결손전녹내장환자를 대상으로 시행하였다는 점과 또한 각 시야검사 결과의 판정에 합의된 criteria가 없었기 때문에 일괄적으로 Anderson's minimal criteria¹⁰를 이용하였다는 점, 그리고 시야검사결과에 영향을 미칠 수 있는 매체 혼탁에 대한 정확한 정량화가 없다는 점이 제한 점이라 하겠다.

결론적으로 본 연구에서 시야결손전녹내장환자의 표준 자동시야검사 TD결과는 42.3%의 비정상율을 보였다. 따라서 임상에서 표준자동시야검사의 TD는 시야결손전녹내장환자의 평가에 유용하게 사용될 수 있을 것이라 생각한다.

참고문헌

- 1) Quigley HA, Addicks EM, Green WR. Optic nerve damage in human glaucoma. III: quantitative correlation of nerve fiber loss and visual field defect in glaucoma, ischemic neuropathy, papilledema, and toxic neuropathy. *Arch Ophthalmol* 1982;100:135-46.
- 2) Quigley HA, Dunkelberger GR, Green WR. Retinal ganglion cell atrophy correlated with automated perimetry in human eyes with glaucoma. *Am J Ophthalmol* 1989;107:453-64.
- 3) Sommer A, Katz J, Quigley HA, et al. Clinically detectable nerve fiber atrophy precedes the onset of glaucomatous field loss. *Arch Ophthalmol* 1991;109:77-83.
- 4) Bagga H, Feuer WJ, Greenfield DS. Detection of psychophysical and structural injury in eyes with glaucomatous optic neuropathy and normal standard automated perimetry. *Arch Ophthalmol* 2006;124:169-76.
- 5) Mardin CY, Horn FK, Jonas JB, et al. Preperimetric glaucoma diagnosis by confocal scanning laser tomography of optic disc. *Br J Ophthalmol* 1999;83:29-304.
- 6) Hart WM, Becker B. The onset and evolution of glaucomatous visual field defects. *Ophthalmology* 1982;89:268-79.
- 7) Drance SM. The early field defects in glaucoma. *Invest Ophthalmol* 1969;8:84-91.
- 8) Armaly MF. Visual field defects in early open-angle glaucoma. *Trans Am Ophthalmol Soc* 1971;69:147-62.
- 9) Henson DB, Artes PH, Chauhan BC. Diffuse loss of sensitivity in early glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1999;40:3147-51.
- 10) Anderson DR. Automated static perimetry, 1st ed. St. Louis: Mosby, 1992;80.
- 11) Johnson CA, Adams AJ, Casson EJ, Brandt JD. Blue-on-yellow perimetry can predict the development of glaucomatous visual field loss. *Arch Ophthalmol* 1993;111:645-50.
- 12) Medeiros FA, Sample PA, Weinreb RN. Frequency doubling technology perimetry abnormalities as predictors of glaucomatous visual field loss. *Am J Ophthalmol* 2004;137:863-71.
- 13) Bayer AU, Erb C. Short wavelength automated perimetry, frequency doubling technology perimetry, and pattern electroretinography for prediction of progressive glaucomatous standard visual field defects. *Ophthalmology* 2002;109:1009-17.
- 14) Ferreras A, Polo V, Larrosa JM. Can frequency-doubling technology and short-wavelength automated perimetries detect visual field defects before standard automated perimetry in patients with preperimetric glaucoma? *J Glaucoma* 2007;16:372-83.
- 15) Bengtsson B, Lindgren A, Heijl A, et al. Perimetric probability maps to separate change caused by glaucoma from that caused by cataract. *Acta Ophthalmol* 1997;75:184-8.
- 16) Åsman P, Heijl A. Glaucoma hemifield test: automated visual field evaluation. *Arch Ophthalmol* 1992;110:812-9.
- 17) Garway-Heath DF, Poinoosawmy D, Fitzke FW, Hitchings RA. Mapping the visual field to the optic disc in normal tension glaucoma eyes. *Ophthalmology* 2000;107:1809-15.
- 18) Airaksinen PJ, Drance SM, Douglas GR, et al. Diffuse and localized nerve fiber loss in glaucoma. *Am J Ophthalmol* 1984;98:566-71.
- 19) Sommer A, Katz J, Quigley HA, et al. Clinically detectable nerve fiber atrophy precedes the onset of glaucomatous field loss. *Arch Ophthalmol* 1991;109:77-83.
- 20) Johnson CA, Sample PA, Zangwill LM, et al. Structure and Function Evaluation(SAFE):II. Comparison of optic disc and visual field characteristics *Am J Ophthalmol* 2003;135:148-54.
- 21) Choplin NT, Lundy DC, Dreher AW. Differentiating patient with glaucoma from glaucoma suspects and normal subjects by nerve fiber layer assessment with scanning laser polarimetry. *Ophthalmology* 1998;105:2068-76.
- 22) Advanced Glaucoma Intervention Study. 2. Visual field test scoring and reliability. *Ophthalmology* 1994;101:1445-55.
- 23) Musch DC, Lichter PR, Guire KE, et al. The Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study: study design, methods, and baseline characteristics of enrolled patients. *Ophthalmology* 1999;106:653-62.
- 24) Artes PD, Nocola MT, LeBlanc RP, Chauhan BC. Visual field progression in glaucoma: total versus pattern deviation analyses. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:4600-6.
- 25) Asman P, Wild JM, Heijl A. Appearance of the pattern deviation map as a function of change in area of localized field loss. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45:3099-106.
- 26) Anderson AJ, Johnson CA, Fingeret M, et al. Characteristics of the normative database for the Humphrey matrix perimeter. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:1540-8.
- 27) Haymes SA, Hutchison DM, McCormick TA, et al. Glaucomatous visual field progression with frequency-doubling technology and standard automated perimetry in a longitudinal prospective study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:547-54.
- 28) Leeprechanon N, Giangiacomo A, Fontana H, et al. Frequency-doubling perimetry: comparison with standard automated perimetry to detect glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2007;143:263-71.
- 29) Cho CH, Kee CW. Association of retinal nerve fiber layer thickness measured by optical coherence tomography and automatic perimetry. *J Korean Ophthalmol Soc* 2002;43:1032-9.

- 30) Kim TW, Zangwill LM, Bowd C, et al. Retinal nerve fiber layer damage as assessed by optical coherence tomography in eyes with a visual field defect detected by frequency doubling technology

perimetry but not by standard automated perimetry. *Ophthalmology* 2007;114:1053-7

=ABSTRACT=

Comparison of Total Deviation of Standard Automated Perimetry and Matrix FDT in Preperimetric Glaucoma Patients

Jeong Hoon Choi, MD, In Won Park, MD, Yun Suk Chung, MD

Department of Ophthalmology, Hallym University, Hallym Sacred Heart Hospital, Anyang, Korea

Purpose: To compare the results of total deviation (TD) as measured by standard automated perimetry (SAP) and measured with of Matrix Frequency-doubling Technology (FDT) in patients with preperimetric glaucoma.

Methods: Fifty-two eyes of 52 patients with preperimetric glaucoma were included. Subjects were examined with Matrix FDT and Stratus optical coherence tomography (OCT), and the results of each examination were analyzed. The proportions of abnormal results in SAP TD, Matrix TD, and Matrix pattern deviation (PD) were calculated. Among the results of tests, the following correlations were evaluated: SAP TD and Matrix, and visual fields and OCT. In addition, the differences in peripapillary retinal nerve fiber layer thickness (RNFL) according to the result of SAP TD in preperimetric patients with abnormal Matrix PD were analyzed.

Results: Abnormalities in SAP TD, Matrix TD and Matrix PD were found in 22 (42.3%), 34 (65.4%), 41 (78.9%) eyes, respectively. There was marginal correlation between SAP TD and Matrix PD ($p=0.07$). No significant correlation was found between SAP TD and OCT, although Matrix PD and OCT did show significant correlation ($p<0.05$). In preperimetric patients with abnormal Matrix PD, RNFL thickness was significantly lower in the abnormal SAP TD group than in the normal SAP TD group on average, in the superior quadrant, and at the 12 o'clock and 5 o'clock positions ($p<0.05$).

Conclusions: In patients with preperimetric glaucoma, 42.3% and 78.9% had glaucomatous VF defects in SAP TD and Matrix PD, respectively. These results were higher than expected, especially those of SAP TD.

J Korean Ophthalmol Soc 2010;51(2):220-226

Key Words: Matrix frequency-doubling technology, Optical coherence tomography, Preperimetric glaucoma, Standard automated perimetry, Total deviation

Address reprint requests to **Yun Suk Chung, MD**

Department of Ophthalmology, Hallym University, Hallym Sacred Heart Hospital

#896 Pyeongchon-dong, Dongan-gu, Anyang 431-070, Korea

Tel: 82-31-380-3835, Fax: 82-31-380-3837, E-mail: eyechung90@hanmail.net