

시야결손 전 녹내장군과 정상군에서 표준자동시야검사의 변동성 비교

Comparison of the Variability of Standard Automated Perimetry between Preperimetric Glaucoma Patients and Normal Controls

김성인¹ · 박혜영² · 박찬기²

Sung In Kim, MD¹, Hae-Young Lopilly Park, MD, PhD², Chan Kee Park, MD, PhD²

새빛안과병원¹, 가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 안과학교실²

Saevit Eye Hospital¹, Goyang, Korea

Department of Ophthalmology, Seoul St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea², Seoul, Korea

Purpose: To compare the variability of standard automated perimetry (SAP) between patients with preperimetric glaucoma (PPG) and normal controls.

Methods: This study included 67 eyes, classified into the following groups: 30 eyes, normal controls; and 37 eyes, PPG. All subjects were examined with 24-2 Humphrey static perimetry. The visual field was divided into superonasal, superotemporal, inferonasal, and inferotemporal sectors. The variability of SAP was obtained using the standard deviation of sensitivity points at each location. We compared the variability of SAP between the normal controls and PPG patients.

Results: The variability of SAP was higher in the PPG group compared with the normal control group ($p < 0.001$). There was also a significant correlation between the variability of SAP and intraocular pressure fluctuations and retinal nerve fiber layer thickness (both $p < 0.05$). The variability of SAP in the PPG group was higher ($p < 0.05$) in all areas except the inferotemporal sector compared with the normal control group.

Conclusions: The variability of the SAP increased in PPG patients compared with normal controls, even when the visual field test results were normal.

J Korean Ophthalmol Soc 2018;59(1):44-49

Keywords: Glaucoma, Perimetry, Progression, Variability

녹내장은 시신경 유두의 녹내장성 변화와 시신경섬유층의 결손과 이에 대응하는 시야 결손을 특징으로 하는

진행하는 시신경병증이다.¹ 녹내장은 비가역적인 신경손상을 유발하고 전 세계적으로 실명의 주된 원인이기 때문에 조기 발견이 중요한 질병이다.^{2,3}

시야 검사는 녹내장의 기능적 손상과 진행을 평가하는데 있어 가장 중요한 진단법으로 현재 표준자동시야검사가 가장 흔하게 사용되고 있다.⁴ 그러나 표준시야검사는 시신경 섬유의 30-40% 이상 손실이 일어나야 시야결손이 나타나게 되어 조기 발견에는 적합하지 않으며, 검사할 때마다 변동성으로 인해 방해받을 수 있다.⁵⁻⁷

시야 검사의 변동성은 피검자의 피로, 학습효과, 가양성률, 가음성률, 주시상실 등과 같은 측정오류에 의해 발생

■ Received: 2017. 9. 28. ■ Revised: 2017. 10. 23.
■ Accepted: 2017. 12. 15.

■ Address reprint requests to **Chan Kee Park, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, The Catholic University of
Korea Seoul St. Mary's Hospital, #222 Banpo-daero, Seocho-gu,
Seoul 06591, Korea
Tel: 82-2-2258-6199, Fax: 82-2-533-3801
E-mail: ckpark@catholic.ac.kr

* This article was presented at the 31st Korean glaucoma meeting.

* Conflicts of Interest: The authors have no conflicts to disclose.

© 2018 The Korean Ophthalmological Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

하지만 녹내장이 진행하면서도 증가하게 된다.^{7,8} 녹내장이 진행하면서 녹내장 손상에 대응하는 시야검사 구역의 변동성이 증가되었다는 몇몇 보고가 있다.⁹⁻¹² 그러나 보고들이 대부분 서양인에 대한 보고이며, 국내에서 녹내장 의증의 시야검사 변동성에 대한 보고는 아직 없는 실정이다. 또한 안압이 정상인 녹내장 의증에 국한하여 연구된 경우는 많지 않다. 그리하여 본 연구자들은 녹내장 의증, 특히 시야 결손 전 녹내장에서 시야 검사의 변동성에 대해서 알아보기로 하였다. 시야결손 전 녹내장이란 표준자동시야검사에서 정상을 보이나 시신경섬유층 결손을 보이는 녹내장으로 기능 이상을 평가하기가 어렵다. 본 연구에서는 정상군과 시야결손 전 녹내장의 시야검사의 변동성을 비교하여 시야결손 전 녹내장에서의 변동성에 대한 임상적 의미를 알아보고자 하였다.

대상과 방법

2008년 1월부터 2015년 5월까지 가톨릭대학교 서울성모병원 녹내장 클리닉을 방문한 환자들의 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 이 연구는 헬싱키 선언을 준수하였고 가톨릭대학교 서울성모병원 임상시험심사위원회의 심의(IRB)를 통과한 후 수행하였다.

환자들을 대상으로 시력검사, 굴절검사, 세극등현미경을 통한 전안부검사, 골드만 안압측정, 중심각막두께측정(Tomey Corporation, Nagoya, Japan), 전방각경검사, 안저검사, 시신경 유두사진 및 망막신경섬유층사진, 빛간섭단층촬영 Spectralis OCT™ (Heidelberg Engineering GmbH, Heidelberg, Germany)과 표준자동시야검사(Humphrey Instruments, Central 24-2 SITA standard strategy: San Leandro, CA, USA)를 시행하였다. 경과 관찰기간 최소 5회 이상의 시야검사가 시행되었으며, 시야검사 결과 가양성 15%, 가음성 15%, 주시상실 20%를 초과하는 경우는 대상에서 제외하였다.

두 명의 녹내장 전문가가 판정한 47명의 시야결손 전 녹내장 환자 중 5회 이상의 시야 검사가 존재하는 46명 중 약을 쓰고 있는 7명, 고도 근시 2명을 제외하고 37명(37안)을 포함시켰다. 51명의 정상인 중 시신경유두함몰비 0.4 이하의 35명 중 백내장 1명, 고도근시 4명을 제외하고 30명(30안)을 정상 대조군으로 비교분석하였다. 시야 결손 전 녹내장은 녹내장성 시야이상을 보이지 않으나 녹내장성 시신경 변화를 보이고, 망막신경섬유층 사진에서 명백한 망막신경섬유층의 국소적 결손을 보이는 경우로 정의하였다. 녹내장성 시신경 변화는 수직 시신경유두함몰비 0.6 이상, 테 얇아짐, 패임 등으로 정의하였다. 녹내장성 시

야 이상은 두 명의 녹내장 전문가가 판정하였으며, pattern deviation plot에서 공상영역에 있는 3개 이상의 점의 역치(mean sensitivity)가 정상의 5% 미만으로 나타나고 그중 한 점이 1% 미만일 때이거나, glaucoma hemifield test 상 outside normal limits가 두 번 연속으로 나타날 때 또는 corrected pattern standard deviation가 5% 미만으로 나타날 때로 정하였다. 시야 결손 전 녹내장은 경과 관찰 기간 동안의 모든 시야검사에서 녹내장성 시야 이상을 보이지 않는 경우로 하였다. 표준자동시야검사에서 정상은 상기 소견에 부합하지 않는 경우로 정의하였다. 안압 변동은 방문 기간 동안의 최고 안압과 최저 안압과의 차이로 구하였다.

최대교정시력이 20/30 미만이거나, 구면렌즈 대응치 값이 ± 5 디옵터 이상이거나 난시가 2디옵터 이상의 굴절 이상을 보이는 경우, 매질 혼탁, 시야검사 결과에 영향을 줄 수 있는 다른 안질환이 있는 경우, 동공의 크기가 3.0 mm 이하인 경우, 안압이 21 mmHg 이상인 경우, 녹내장 약을 사용하고 있는 경우는 대상에서 제외하였다.

시야검사

모든 시야 검사는 표준자동시야검사(Humphrey Instruments, Central 24-2 SITA standard strategy: San Leandro, CA, USA)를 시행하였다. 첫 번째와 두 번째 시야 검사는 학습 효과를 최소화하기 위해 연구에서 제외하였다. 시야 검사는 수평, 수직 경계선을 기준으로 상비측, 상이측, 하비측, 하이측으로 나누어 분석하였다.

변동성

시야 검사의 변동성은 전체 구역과 위에서 분류한 네 구역에서 구역 내 점들의 역치의 표준 편차를 구한 후, 경과 관찰 기간 동안의 각 값의 평균값을 사용하였다.

통계분석

Student's *t*-test를 이용하여 두 군의 연령, 구면렌즈 대응치, 안축장, 중심각막두께, 안압, 안압 변동, 신경섬유층 두께를 비교하였다. 시야 검사 지표로는 두 군의 평균편차(mean deviation, MD), 패턴표준편차(pattern standard deviation, PSD), 전체 및 구역별 역치 값, 전체 및 구역별 변동성을 비교하였다. Spearman 상관분석을 이용하여 시야 검사 변동성과 관련된 인자들을 분석하였다. *p*-value가 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

연구 대상에는 시야결손 전 녹내장 환자 37명의 37안

(남 19안, 여 18안), 큰 시신경유두함몰이 없는 정상인 30 명의 30안(남 14안, 여 16안, 대조군)이 포함되었다. 시야 결손 전 녹내장 환자의 평균 나이는 50.94 ± 14.45 세, 정상군 47.53 ± 13.37 세로 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 성별, 구면대응치, 안축장, 중심각막두께, 안압, 안압 변동성은 시야결손 전 녹내장군과 정상인 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 유두주위 망막신경섬유층 두께는 시야결손 전 녹내장 환자에서 평균 $87.53 \pm 9.55 \mu\text{m}$, 정상군에서 평균 $99.23 \pm 8.06 \mu\text{m}$ 로 시야결손 전 녹내장군에서 통계학적으로 유의하게 감소되어 있었다($p < 0.001$) (Table 1).

시야 검사에서 두 군의 MD 값은 차이가 없었으나, 평균 시야 역치는 시야결손 전 녹내장군에서 정상군에 비해 통계학적으로 유의하게 감소되어 있었다. 시야결손 전 녹내장군의 PSD 값, 평균 시야 변동성도 정상군에 비해 통계학적으로 유의하게 증가되어 있었다. 구역별로 비교한

변동성에서는 하이측을 제외한 모든 구역에서 시야결손 전 녹내장군에서 정상군에 비해 통계학적으로 유의하게 증가되어 있었다 (Table 2).

시야 검사 변동성과 관련된 인자들의 상관 관계를 분석한 결과 안압 변동이 평균 시야 변동성과 유의한 상관 관계를 보였으며($R=0.266$, $p=0.038$), 시신경 섬유층 두께도 유의한 상관 관계를 보였으나($R=-0.244$, $p=0.042$). 시야검사의 평균 역치 값은 시야검사 변동성과 유의한 상관 관계를 보였으나($R=-0.787$, $p < 0.001$), MD와 PSD 값은 유의한 상관 관계를 보이지 않았다(Table 3).

고 찰

이번 연구는 정상군과 시야결손 전 녹내장의 시야검사의 변동성을 비교하여 시야결손 전 녹내장의 기능 손상을 기술한 국내 첫 보고라는 데 의의가 있다. 특히 안압이 정

Table 1. Baseline characteristics

	Normal controls (n = 30)	PPG (n = 37)	p-value
Age (year)	47.53 ± 13.37	50.94 ± 14.45	0.081
Gender (male:female)	14:16	19:18	0.741
Spherical equivalent (diopter)	-0.74 ± 1.29	-0.94 ± 2.95	0.600
Axial length (mm)	23.54 ± 1.02	24.34 ± 1.33	0.071
Central corneal thickness (μm)	561.97 ± 24.69	529.06 ± 33.07	<0.001
Intraocular pressure (mmHg)	15.40 ± 3.02	14.73 ± 3.02	0.809
IOP fluctuation (mmHg)	5.57 ± 2.27	6.45 ± 2.46	0.472
Average RNFL thickness (μm)	99.23 ± 8.06	87.53 ± 9.55	<0.001

Values are presented as mean \pm SD unless otherwise indicated.

PPG = preperimetric glaucoma; IOP = intraocular pressure; RNFL = retinal nerve fiber layer.

Table 2. VF characteristics

	Normal controls (n = 30)	PPG (n = 37)	p-value
Mean deviation of perimetry (dB)	-0.27 ± 0.85	-0.52 ± 1.01	0.090
Pattern standard deviation (dB)	1.14 ± 0.23	1.58 ± 0.35	0.007
Mean VF sensitivity (dB)	30.74 ± 1.48	29.58 ± 1.76	<0.001
VF sensitivity by location (dB)			
SN	29.65 ± 1.74	27.64 ± 2.49	<0.001
ST	29.18 ± 1.83	27.59 ± 3.10	<0.001
IN	30.50 ± 1.66	29.01 ± 1.96	<0.001
IT	30.66 ± 1.64	29.53 ± 1.88	<0.001
Mean VF variability (dB)	2.03 ± 0.46	2.83 ± 1.31	<0.001
VF variability by location (dB)			
SN	1.85 ± 0.57	2.50 ± 1.52	<0.001
ST	1.76 ± 0.66	2.42 ± 1.58	<0.001
IN	1.70 ± 0.49	1.93 ± 0.78	0.048
IT	1.60 ± 0.62	1.88 ± 1.68	0.063
Correspondence with RNFL defect (dB)		2.64 ± 1.63	<0.001

Values are presented as mean \pm SD unless otherwise indicated.

VF = visual field; PPG = preperimetric glaucoma; SN = superonasal; ST = superotemporal; IN = inferonasal; IT = inferotemporal; RNFL = retinal nerve fiber layer.

Table 3. Relationship between VF variability and ocular parameters

	Normal (n = 30)		PPG (n = 37)	
	<i>R</i> *	<i>p</i> -value	<i>R</i> *	<i>p</i> -value
Axial length	0.028	0.867	0.073	0.832
Central corneal thickness	0.004	0.981	0.032	0.307
IOP	-0.184	0.269	0.346	0.297
IOP fluctuation	0.232	0.161	0.272	0.033
RNFL thickness	-0.154	0.356	-0.271	0.037
Rim area	-0.194	0.244	-0.248	0.294
Vertical CDR	0.046	0.786	0.237	0.482
Cup volume	0.126	0.449	0.361	0.275
MD of VF	-0.220	0.185	-0.136	0.389
PSD of VF	0.127	0.446	0.156	0.448
Total sensitivity of VF	-0.528	<0.001	-0.874	<0.001
Superior sensitivity	-0.660	<0.001	-0.921	<0.001
Inferior sensitivity	-0.360	0.026	-0.755	0.007

VF = visual field; PPG = preperimetric glaucoma; *R* = correlation coefficient; IOP = intraocular pressure; RNFL = retinal nerve fiber layer; CDR = cup to disc ratio; MD = mean deviation; PSD = pattern standard deviation.

*Pearson's correlation analysis.

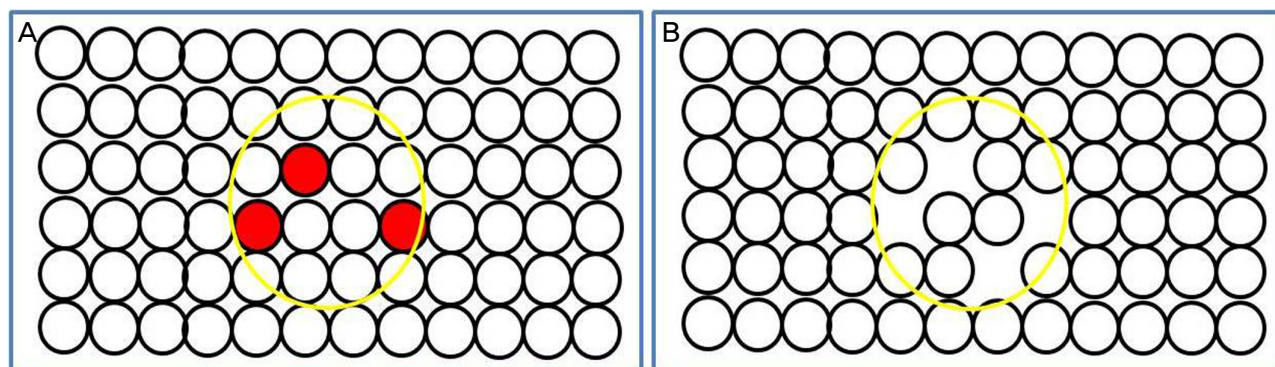


Figure 1. Ganglion cells in preperimetric glaucoma. Small circles represent ganglion cells and large circles represent visual field stimulation. (A) The small circle filled with red color represents sick ganglion cells. (B) The empty space represents dead ganglion cells. The presence of sick or dead ganglion cells leads to a decrease in the action potential for stimulation, which results in a decrease in mean sensitivity.

상인 경우만 포함시키고 약물치료를 받는 군을 배제하여 안압 및 약물에 의한 영향을 배제하려 하였다. 시야검사의 변동성은 정상군에 비해 시야결손 전 녹내장에서 통계적으로 의미 있게 증가하였다.

시야검사는 피검자가 자극을 인지하여 버튼을 누르는 각 지점별로 단기와 장기 변동성을 가질 수 밖에 없고, 이러한 변동성은 녹내장에서 더 증가한다고 알려져 있다.¹³ 이전 보고들에서도 녹내장 의증에서 정상군에 비해 더 큰 단기와 장기 변동성을 보이고, 녹내장군에 비해서는 더 작은 변동성을 보인다고 하였다.^{14,15} 본 연구에서도 시야 결손 전 녹내장에서 정상군에 비해 더 큰 장기 변동성을 보였다. 본 연구에서는 시야 검사의 변동성과 관련된 인자들을 추가적으로 분석하였는데 시야검사의 변동성은 안압 변동이 클수록, 시신경 섬유층의 두께가 얇을수록 증가하였다. 시야 검사의 변동성은 한 검사 내에서 나타나는 단

기 변동성과 다른 날 시행한 검사에서 나타나는 장기 변동성이 있다. 단기 변동성은 21° 범위 내에서 지정된 10개 위치에 대해 평가되며, 각 지점의 역치 값 결정과 관련된 측정 오류를 나타내며, 장기 변동성은 2개 이상의 검사 사이에서 나타나는 각 지점의 역치 값의 변동성을 나타낸다.¹⁶ 본 연구에서는 시야 검사 점들의 역치의 표준 편차를 구한 후, 경과 관찰 기간 동안의 값을 평균하여 변동성을 도출하였다.

녹내장의 조기 발견을 위한 기능 검사로 주파수배가시야검사(frequency-doubling technology, FDT), 단파장시야 측정검사(short-wavelength automated perimetry, SWAP) 등이 있다. 주파수배가시야검사는 망막의 M-y 신경세포(Y subset of Magnocellular cell)의 기능을 높은 시간 주파수와 낮은 공간 주파수를 가지는 띠 모양의 자극을 이용하여 검사하는 방법으로 전체 망막신경절 세포 중 3-5%

밖에 안 되는 M-y 세포가 녹내장에 의해 손상을 입을 경우 초기에 발견할 수 있다.¹⁷⁻¹⁹ 단파장시야측정검사는 밝은 노란색 배경에 파란색 자극을 주어 검사를 함으로써 청색에 민감한 blue cone (S-cone)을 선택적으로 검사할 수 있는 방법으로 이 역시 희박하게 분포하고 있는 S 추체세포 경로에 손상을 입을 경우 초기에 발견할 수 있다.^{20,21} 그리고 전기 생리학 검사로 pattern ERG가 녹내장의 시신경 섬유층 결손이나 시야변화 이전에 이상을 보인다는 보고도 있다.²²⁻²⁶

시야 검사의 변동성은 정상 대조군에 비해 시야결손 전 녹내장에서 증가하였다. 신경절 세포 활동 전위는 건강 상태에서는 일정한 진폭을 갖게 되지만, 병이 진행할수록 신경절 세포의 수가 줄어들거나 기능이 떨어지게 된다(Fig. 1). 그래서 해당 지역의 자극에 대한 활동 전위가 줄어들게 되고, 변동성이 늘어나게 된다.²⁷⁻³⁰ 표준시야검사계는 시신경 섬유의 30-40% 이상 손실이 일어나야 시야결손이 발생하게 되므로 시야 결손이 발생하기 전에 변동성이 증가하게 되고, 그 이후에 지속적인 역치의 감소가 되어 시야 결손이 나타나게 된다.

또한 시야 검사 변동성은 안압 변동과 시신경 섬유층의 두께와 연관성이 있었다. 안압 변동이 클수록, 시신경 섬유층의 두께가 얇아수록 시야 검사의 변동성이 증가하였다. 두 가지 인자 모두 여러 연구에서 녹내장 진행에 있어서 중요한 인자들로³¹⁻³³ 알려져 있으며, 녹내장의 시야 결손 전 녹내장에서 병이 진행하면서 시야 검사의 변동성이 증가하는 것이라 하겠다. 그러나 시야 검사의 변동성이 직접적인 녹내장 진행을 예측하는 인자로 사용되기에는 좀 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에는 몇 가지 제한점들이 있다. 상대적으로 연구대상의 수가 적고, 첫 번째, 두 번째 시야검사를 제외하였지만 시야검사의 학습효과를 완전히 배제하지 못한 점, 또한 변동성에 영향을 줄 수 있는 동공 크기, 피로, 매체 혼탁, 생리적 변동성을 완전히 통제하지 못한 점이 제한점이라 하겠다.

결론적으로 본 연구에서 시야 검사의 변동성은 정상 대조군에 비해 시야결손 전 녹내장에서 증가하였다. 따라서 망막신경섬유층 결손이 있는 경우 시야검사상 정상이어도 시야 검사의 변동성이 정상인보다 크다.

REFERENCES

- 1) Mavilio A, Scrimieri F, Errico D. Can variability of pattern ERG signal help to detect retinal ganglion cells dysfunction in glaucomatous eyes? *Biomed Res Int* 2015;2015:571314.
- 2) Quigley HA, Broman AT. The number of people with glaucoma

- worldwide in 2010 and 2020. *Br J Ophthalmol* 2006;90:262-7.
- 3) Tatham AJ, Weinreb RN, Medeiros FA. Strategies for improving early detection of glaucoma: the combined structure-function index. *Clin Ophthalmol* 2014;8:611-21.
- 4) Gardiner SK, Johnson CA, Demirel S. The effect of test variability on the structure-function relationship in early glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2012;250:1851-61.
- 5) Harwerth RS, Carter-Dawson L, Shen F, et al. Ganglion cell losses underlying visual field defects from experimental glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1999;40:2242-50.
- 6) Kerrigan-Baumrind LA, Quigley HA, Pease ME, et al. Number of ganglion cells in glaucoma eyes compared with threshold visual field tests in the same persons. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000;41:741-8.
- 7) Gillespie BW, Musch DC, Guire KE, et al. The collaborative initial glaucoma treatment study: baseline visual field and test-retest variability. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003;44:2613-20.
- 8) Artes PH, Hutchison DM, Nicoletta MT, et al. Threshold and variability properties of matrix frequency-doubling technology and standard automated perimetry in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:2451-7.
- 9) Chauhan BC, Johnson CA. Test-retest variability of frequency-doubling perimetry and conventional perimetry in glaucoma patients and normal subjects. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1999;40:648-56.
- 10) Heijl A, Lindgren A, Lindgren G. Test-retest variability in glaucomatous visual fields. *Am J Ophthalmol* 1989;108:130-5.
- 11) Werner EB, Petrig B, Krupin T, Bishop KI. Variability of automated visual fields in clinically stable glaucoma patients. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1989;30:1083-9.
- 12) Osborne NN, Wood JP, Chidlow G, et al. Ganglion cell death in glaucoma: what do we really know? *Br J Ophthalmol* 1999;83:980-6.
- 13) Spry PG, Johnson CA. Identification of progressive glaucomatous visual field loss. *Surv Ophthalmol* 2002;47:158-73.
- 14) Barde MP, Barde PJ. What to use to express the variability of data: Standard deviation or standard error of mean? *Perspect Clin Res* 2012;3:113.
- 15) Flammer J, Drance SM, Fankhauser F, Augustiny L. Differential light threshold in automated static perimetry. Factors influencing short-term fluctuation. *Arch Ophthalmol* 1984;102:876-9.
- 16) Hutchings N, Wild JM, Hussey MK, et al. The long-term fluctuation of the visual field in stable glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000;41:3429-36.
- 17) Johnson CA, Adams AJ, Casson EJ, Brandt JD. Progression of early glaucomatous visual field loss as detected by blue-on-yellow and standard white-on-white automated perimetry. *Arch Ophthalmol* 1993;111:651-6.
- 18) Shabana N, Cornilleau Pères V, Carkeet A, Chew PT. Motion perception in glaucoma patients: a review. *Surv Ophthalmol* 2003;48:92-106.
- 19) Tatham AJ, Medeiros FA, Zangwill LM, Weinreb RN. Strategies to improve early diagnosis in glaucoma. *Prog Brain Res* 2015;221:103-33.
- 20) Dacey DM, Lee BB. The 'blue-on' opponent pathway in primate retina originates from a distinct bistratified ganglion cell type. *Nature* 1994;367:731-5.
- 21) Sample PA, Medeiros FA, Racette L, et al. Identifying glaucoma-

- tous vision loss with visual-function-specific perimetry in the diagnostic innovations in glaucoma study. Invest Ophthalmol Vis Sci 2006;47:3381-9.
- 22) Horn FK, Tornow RP, Jünemann AG, et al. Perimetric measurements with flicker-defined form stimulation in comparison with conventional perimetry and retinal nerve fiber measurements. Invest Ophthalmol Vis Sci 2014;55:2317-23.
 - 23) Lamparter J, Russell RA, Schulze A, et al. Structure-function relationship between FDF, FDT, SAP, and scanning laser ophthalmoscopy in glaucoma patients. Invest Ophthalmol Vis Sci 2012;53:7553-9.
 - 24) Mulak M, Szumny D, Sieja-Bujewska A, Kubrak M. Heidelberg edge perimeter employment in glaucoma diagnosis--preliminary report. Adv Clin Exp Med 2012;21:665-70.
 - 25) Pfeiffer N, Bach M. The pattern-electroretinogram in glaucoma and ocular hypertension. A cross-sectional and longitudinal study. Ger J Ophthalmol 1992;1:35-40.
 - 26) Bode SF, Jehle T, Bach M. Pattern electroretinogram in glaucoma suspects: new findings from a longitudinal study. Invest Ophthalmol Vis Sci 2011;52:4300-6.
 - 27) Wall M, Woodward KR, Doyle CK, Artes PH. Repeatability of automated perimetry: a comparison between standard automated perimetry with stimulus size III and V, matrix, and motion perimetry. Invest Ophthalmol Vis Sci 2009;50:974-9.
 - 28) Anderson JS, Lampl I, Gillespie DC, Ferster D. The contribution of noise to contrast invariance of orientation tuning in cat visual cortex. Science 2000;290:1968-72.
 - 29) Levine MW. Variability of responses to sinusoidal modulation. Vis Neurosci 1994;11:155-63.
 - 30) Redmond T, Garway-Heath DF, Zlatkova MB, Anderson RS. Sensitivity loss in early glaucoma can be mapped to an enlargement of the area of complete spatial summation. Invest Ophthalmol Vis Sci 2010;51:6540-8.
 - 31) Leske MC, Wu SY, Hennis A, et al. Risk factors for incident open-angle glaucoma: the Barbados Eye Studies. Ophthalmology 2008;115:85-93.
 - 32) Kass MA, Heuer DK, Higginbotham EJ, et al. The Ocular Hypertension Treatment Study: a randomized trial determines that topical ocular hypotensive medication delays or prevents the onset of primary open-angle glaucoma. Arch Ophthalmol 2002;120:701-13; discussion 829-30.
 - 33) Miglior S, Zeyen T, Pfeiffer N, et al. Results of the European Glaucoma Prevention Study. Ophthalmology 2005;112:366-75.

= 국문초록 =

시야결손 전 녹내장군과 정상군에서 표준자동시야검사의 변동성 비교

목적: 시야결손 전 녹내장군과 정상군에서 표준자동시야검사의 변동성을 비교하여 표준자동시야검사 변동성의 임상적 의미를 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 시야결손 전 녹내장 환자 37명의 37안(남 19안, 여 18안), 큰 시신경유두함몰이 없는 정상인 30명의 30안(남 14안, 여 16안, 대조군)을 대상으로 표준자동시야검사와 빛간섭단층촬영(optical coherence tomography, OCT)을 시행하였다. 표준자동시야검사는 수평, 수직 경계선을 기준으로 상비측, 상이측, 하비측, 하이측으로 나누어 분석하였다. 각 구역별로 변동성을 구하였고, 시야결손 전 녹내장군을 정상군과 비교 분석하였다.

결과: 시야 검사의 변동성은 정상 대조군에 비해 시야결손 전 녹내장군에서 증가하였다($p < 0.001$). 또한 시야 검사의 변동성과 안압 변동과 시신경 섬유층 두께와 유의한 상관관계가 있었다($p < 0.05$). 구역별로 본 분석에서는 하이측을 제외한 모든 구역에서 시야결손 전 녹내장군에서 정상 대조군에 비해 시야 검사의 변동성이 증가하였다($p < 0.05$).

결론: 시야 검사의 변동성은 정상 대조군에 비해 시야결손 전 녹내장에서 증가하였으며, 망막신경섬유층 결손이 있는 경우 시야검사상 정상이어도 시야 검사의 변동성이 정상인보다 크다.

(대한안과학회지 2018;59(1):44-49)
