

중심부 시야결손을 보이는 초기 녹내장 환자의 진단에서 자동시야계 C10-2의 유용성

The Effectiveness of Visual Field C10-2 in the Early Detection of Glaucoma with Parafoveal Scotoma

황보인 · 박혜영 · 박찬기

Bo Een Hwang, MD, Hae-Young Lopilly Park, MD, PhD, Chan Kee Park, MD, PhD

가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 안과학교실

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

Purpose: To identify the correspondence between the central sensitivity of several visual field (VF) tests and ganglion cell inner plexiform layer (GC-IPL) thickness in early glaucoma patients with parafoveal scotoma.

Methods: Fifty-seven eyes from 57 patients with glaucomatous optic neuropathy and parafoveal scotoma were analyzed using the standard automated perimetry (SAP) C10-2 test, the SAP C24-2 test, and the frequency doubling technology perimetry (FDT) C24-2 test. The correlation between the VF central sensitivity and the GC-IPL thickness from macular scans via optical coherence tomography was analyzed.

Results: The central sensitivity was 27.51 ± 5.43 dB, 27.39 ± 5.05 dB, and 22.09 ± 5.08 dB for SAP C24-2, SAP C10-2, and FDT C24-2, respectively. Mean GC-IPL thickness was 70.2 ± 8.5 μ m. Using regression analysis, the value of log R^2 between the logarithmic central sensitivity and GC-IPL thickness was 0.498, and the linear R^2 between the antilogarithmic central sensitivity and GC-IPL thickness in SAP C10-2 was 0.486, and both were statistically significant ($p < 0.05$). This relationship was stronger in early glaucoma patients compared to late glaucoma patients using SAP C10-2.

Conclusions: The structure-function relationship between GC-IPL thickness and central sensitivity was better with SAP C10-2, especially in early glaucoma patients, compared to other VF modalities.

J Korean Ophthalmol Soc 2017;58(3):321-326

Keywords: C10-2, Early glaucoma, Optical coherence tomography, Parafoveal scotoma, Structure-function analysis

고전적인 녹내장성 시야변화는 중심 10-30° 사이의 비에
름 영역에서 시야손상이 나타나고 시신경 손상이 진행할수
록 중심부 시야손상이 일어나는 것으로 알려져 있다. 하지만

상대적으로 중심부에 많은 망막신경절세포(retinal ganglion
cell, RGC)들이 존재하고, 이로 인해 수용영역(receptive field)
이 많이 중첩되기 때문에 전형적인 정적 자동시야검사에서
시신경기능손실이 감지되지 않을 뿐, 실제로 초기녹내장에
있어서 훨씬 많은 RGC의 손실이 중심시야에서 일어날 수
있다.¹⁻⁷ 말기녹내장의 예후가 좋지 않고 수술 및 약물치료
로의 회복이 어렵다는 점 때문에 최근 조기진단이 강조되
면서, 이러한 녹내장 초기 중심부 시신경손실, 즉 중심부
시야결손을 발견하여, 조기에 치료하려는 시도가 많은 연
구에서 이루어지고 있다.⁸⁻¹¹ 또한 상대적으로 중심부 시야
결손을 더 흔하게 보이는 정상안압녹내장이 우리나라에서

■ Received: 2016. 11. 24. ■ Revised: 2017. 1. 4.

■ Accepted: 2017. 2. 27.

■ Address reprint requests to Hae-Young Lopilly 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: 82-2-2258-6329, Fax: 82-2-599-7405
E-mail: lopilly@hanmail.net

© 2017 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.

는 대다수를 이루고 있고, 중심부의 시야결손의 경우 환자
들의 삶에 질에 더 큰 영향을 주기 때문에 이를 초기에 진
단하는 것이 임상적으로 큰 의미가 있을 것이다.⁸

일반적으로 가장 널리 이용되는 시야검사로서 Humphrey
표준 자동시야계 C24-2는 12 지점에서만이 중심부시야기
능을 평가하기 때문에 중심부의 시야결손을 민감하게 감지
하기에는 어려움이 있어, 중심부시야를 더 민감하게 평가
하기 위한 Humphrey 자동시야계 C10-2가 초기녹내장 진
단에 더 효과적이라는 의견이 나오고 있다.^{9,12,13} 자동시야
계 C10-2는 시표의 크기(stimulus size)가 0.43°로 자동시야
검사 C24-2와 동일하지만 시표 간의 간격이 2°로 촘촘하게
중심부 시야기능을 평가하므로 6°인 표준 자동시야계
C24-2에 비해 더 민감한 검사라고 할 수 있겠다, RGC의
하위그룹인 Magnocellular RGC (M-cell)의 기능을 평가하
는 주파수배가 시야계(frequency doubling technology peri
metry, FDT) 또한 5° 범위의 넓은 시표의 크기를 가지며,
선택적으로 RGC를 자극함으로써 초기녹내장 진단에 있어
서 더 우수하다는 연구들이 나오고 있다.¹⁴⁻¹⁶ 하지만, 어떤
시야계가 중심부시야결손을 감지하는 데 가장 효과적인 것
인가에 대한 의문은 더 연구되어야 할 부분일 것으로 생각
된다.

따라서, 본 연구에서는 가장 보편적으로 사용되고 있는
자동시야계 C24-2와, 더 큰 시표를 통해 넓은 영역을 아우
르면서 선택적으로 M-cell 기능을 평가할 수 있는 FDT
C24-2, 그리고 중심부시야에 시표 숫자가 더 많은 자동시
야계 C10-2를 각각 황반부의 신경절세포내망상층(the gan
glion cell-inner plexiform layer, GC-IPL)의 평균두께와 기
능-구조적으로 분석함으로써 초기녹내장을 진단하는 데에
있어 중심부 시야결손을 가장 잘 반영하는 시야계가 무엇
인지에 대한 방향성을 제시하고자 한다.

대상과 방법

본 연구는 2014년 9월부터 2015년 5월 사이에 가톨릭대
학교 의과대학 서울성모병원 녹내장 클리닉에 내원한 녹내
장 환자 중 초진 시 시행한 C24-2 자동시야검사에서 중심
부 10°의 12지점에서의 녹내장성시야결손(적어도 하나의
1% 미만의 p 값을 포함하는 세 개 이상의 연접한 5% 미만
의 p 값을 가지는 시야결손)을 보이는 57인의 의무기록을
후향적으로 분석하였으며, 주변부 녹내장성 시야결손이 없
고 중심부 녹내장성 시야결손만 있는 녹내장 환자만을 대
상으로 하였다. 연구윤리 심의위원회(institutional review
board, IRB)로부터 승인번호 KC15RISI0549로 심의 승인을
받았으며, 헬싱키 선언에 의거하여 연구를 시행하였다.

시력이 20/40 이상, 안구길이는 27 mm 이하이며, 녹내장
성시신경변화(시신경유두에 얇아짐, 시신경주위출혈, 망막
신경섬유층[retinal nerve fiber layer, RNFL] 손실이 시야검
사의 결과와 동일한 경우 등)를 보이는 환자를 대상으로 하
였으며, 시신경 및 황반부 질환에 영향을 미칠 수 있는 질
환을 가진 환자들은 배제하였다.

모든 환자들은 세극등현미경검사, 골드만압평안압계검
사, 전방각경검사, 안축장측정검사, 중심각막두께측정검사,
안저검사를 포함한 전반적인 안과적 검사를 시행 받았으며,
구조-기능 관계 분석을 위해 광간섭촬영(optical coherence
tomograph, OCT), Humphrey 자동시야계 C10-2, Humphrey
자동시야계 C24-2, FDT C24-2를 시행하였다. OCT의 경우
황반부 스캔, 즉 수직으로는 각각 0.5, 2.0 mm, 수평으로는 각
각 0.6, 2.4 mm의 내외측반지름을 가지는 황반의 14.13-mm²
의 타원고리모양에 해당하는 부위의 GC-IPL의 두께를 측
정하였다.

시야검사의 경우 자동시야계 C10-2, C24-2는 Humphrey
field analyzer (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA)를 이
용하여 측정하였고, 시표의 크기는 0.43°, 골드만 사이즈 III
로 하였다. FDT C24-2의 경우, the FDT Humphrey Matrix
(Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA)를 이용하여 5° 크
기, 0.5 cycles/deg의 spatial frequency, 18 Hz의 temporal
frequency를 갖는 시표를 이용하였다. Mean deviation (MD)
와 pattern standard deviation (PSD)를 분석하였으며, C24-2
의 중앙부 12지점과 C10-2의 68지점을 대상으로 Central
sensitivity를 계산하였다. 자동시야계에서는 측정되지 않고
주파수배가시야검사에서만 측정 가능한 중앙의 한 지점은 분
석에 사용되지 않았으며, 자동시야계에서 시야민감도는 로그
지수인 dB ($10 \times \log[1/\text{Lambert}]$)과 비로그지수인 1/Lambert
지수를 사용하였고, FDT에서는 로그지수인 dB과 VF sen
sitivity (dB, logarithmic scale) = $20 \times \log(1/\text{Michelson}$
contrast)를 이용하여 변환한 비로그지수인 1/Michelson
contrast를 사용하였다. Fixation loss, false positive, false
negative가 15% 이상인 시야검사는 신뢰도가 떨어진다고
판단하고 분석에 사용되지 않았다. OCT상 GC-IPL thick
ness와 시야 검사 지표 사이의 상관관계를 선형(linear) 및
로그(logarithmic) 회귀분석을 시행하여 분석하였다.

본 연구의 통계 분석은 SPSS 18.0 software (SPSS Inc.,
Chicago, IL, USA)를 이용하였다. 선형회귀분석(결정계수
R2 value)을 이용하여 각각의 시야검사의 Central sensi
tivity와 OCT에서의 평균 GC-IPL의 두께를 평가하였으며,
 p 값이 0.05 미만일 경우를 통계적으로 의의가 있는 것으로
정하였다.

결 과

중심부 녹내장시야결손을 갖는 총 57안의 평균연령은 51.3 ± 11.9 세였고, 평균안압은 16.7 ± 3.9 mmHg, 평균 GC-IPL thickness는 70.2 ± 8.5 μ m였다. MD의 경우 FDT C24-2, 자동시야계 C24-2, 자동시야계 C10-2의 순으로, -7.43 ± 4.52 dB, -3.36 ± 3.96 dB, -5.26 ± 5.07 dB이었고, PSD는 FDT C24-2, 자동시야계 C24-2, 자동시야계 C10-2 순으로 5.34 ± 2.28 dB, 5.27 ± 4.43 dB, 6.48 ± 5.29 dB이었다. Central sensitivity의 경우 FDT C24-2, 자동시야계 C24-2, 자동시야계 C10-2, 순으로 각각 22.09 ± 5.08 dB, 27.51 ± 5.43 dB, 27.39 ± 5.05 dB 순이었다(Table 1).

본 연구에서는 57안의 녹내장 환자에서 OCT에서의 Average GC-IPL thickness와 중심부 10° 이내의 Central sensitivity의 평균 사이의 회귀분석을 시행하였다. 로그화된 sensitivity (dB)와 GC-IPL thickness 사이의 회귀분석에서 linear R²은 자동시야계 C24-2, FDT C24-2, 자동시야계 C10-2 순서로 0.319, 0.313, 0.498 값을 나타내었다. 이 중에서 자동시야계 C10-2만이 통계적으로 유의한 결과를 보였다($p < 0.05$). 비로그화된 sensitivity (1/Michelson contrast, 1/L)와 GC-IPL thickness 사이의 회귀분석에서 log R² 값은

자동시야계 C24-2, FDT C24-2, 자동시야계 C10-2 각각 0.270, 0.222, 0.486 값을 보였으며, 역시 이 중에서도 자동시야계 C10-2만이 통계적으로 유의한 결과를 보였다($p < 0.05$; Fig. 1, Table 2, 3).

대상이 되는 57안을 MD -6.0 dB을 기준으로 초기 녹내장과 후기 녹내장으로 나눈 후 회귀분석을 시행하였다. Table 2, 3에서 확인할 수 있듯이 로그화 척도와 비로그화된 척도 모두에서 자동시야계 C10-2만이 모두 p 값이 0.05 미만을 보여 유의한 결과였고, FDT C24-2 및 자동시야계 C24-2의 경우 모두 p 값이 0.05 이상을 보이며 유의하지 못한 결과를 보였다. 초기 및 후기 녹내장으로 나누어 회귀분석을 시행한 결과, 자동시야계 C10-2의 경우, 초기녹내장으로 분류된 그룹에서 더 높은 R² 값을 보여 초기녹내장에서 더 의미가 있는 결과임을 시사했다. 또한 통계적으로 유의성은 떨어지지만, 비로그화된 척도에선 자동시야검사 C24-2와 FDT C24-2가 비슷한 R² 값을 보였고, 로그화된 척도에서는 FDT가 전반적으로 자동시야계 C24-2에 비해 높은 R² 값을 보였다(Table 2, 3).

고 찰

중심시야결손만을 보이는 녹내장 환자 57안의 구조 기능 분석에서 자동시야계 C10-2만이 초기, 후기에 상관없이, 또 변수의 로그화 유무에 상관없이 유의한 p 값을 보였으며, 본 연구의 회귀분석의 결정계수 R² 또한 녹내장의 진행정도 및 척도의 로그화 유무와 관계없이 모든 경우에서 FDT C24-2, 자동시야계 C24-2보다도 큰 값을 보여, 자동시야계 C10-2가 가장 중심부 RGC의 소실을 가장 잘 반영하는 결론을 도출할 수 있었다. 특히나 초기의 경우에서 더 높은 R² 값을 보이면서 초기 중심부 RGC의 결손을 발견하는 데 자동시야계 C10-2가 보다 의미 있는 검사가 될 수 있음을 시사한다(Fig. 1, Table 2, 3).

Shin et al¹⁰은 중심부 시야결손이 있는 경우, 시신경유두 주위(circumpapillary) RNFL OCT보다는 GC-IPL thickness map OCT가 녹내장 진단에 있어 보다 효과적인 것이라고 주장했다. 중심부 시야결손을 가진 녹내장 환자에서 GC-IPL thickness map OCT를 이용한 해부학적인 시신경의 두께와 중심부 시야민감도의 구조기능적 관계를 분석한 것은 본 연구가 처음일 것이며, 대상 환자의 자동시야계 C24-2 및 C10-2, FDT C24-2를 각각 분석했다는 점에서도 본 연구가 새로운 시도라 볼 수 있는 점이다. 기존의 Humphrey 자동시야계 C10-2의 유용성에 대한 논문에서는, 자동시야계 C10-2와 C24-2를 직접 비교하여 해석하는 것이 대부분이었다면, 본 연구에서는 최근 녹내장 진단의 검사로서 주목

Table 1. Demographics of patients

	Values
Age (years)	51.3 ± 11.9
Gender (female:male)	32:25
Spherical equivalent (diopters)	-3.24 ± 3.10
Axial length (mm)	24.85 ± 1.67
Untreated baseline IOP (mmHg)	16.7 ± 3.9
Central corneal thickness (range, μ m)	542.8 ± 31.2 (483–619)
Average RNFL thickness (μ m)	78.5 ± 10.3
Average GC-IPL thickness (μ m)	70.2 ± 8.5
Minimum GC-IPL thickness (μ m)	58.2 ± 13.2
FDT MD (dB)	-7.43 ± 4.52
FDT PSD (dB)	5.34 ± 2.28
FDT central sensitivity (dB)	22.09 ± 5.08
FDT central sensitivity (linear)	14.85 ± 7.89
SAP C24-2 MD (dB)	-3.36 ± 3.96
SAP C24-2 PSD (dB)	5.27 ± 4.43
SAP C24-2 central sensitivity (dB)	27.51 ± 5.43
SAP C24-2 central sensitivity (linear)	936.67 ± 725.49
SAP C10-2 MD (dB)	-5.26 ± 5.07
SAP C10-2 PSD (dB)	6.48 ± 5.29
SAP C10-2 total sensitivity (dB)	27.39 ± 5.05
SAP C10-2 total sensitivity (linear)	878.85 ± 681.67

Values are presented as numbers or means \pm standard deviation unless otherwise indicated.

IOP = intraocular pressure; RNFL = retinal nerve fiber layer; GC-IPL = ganglion cell inner plexiform layer; FDT = frequency doubling Technology perimetry; MD = mean deviation; PSD = pattern standard deviation; SAP = standard automated perimetry.

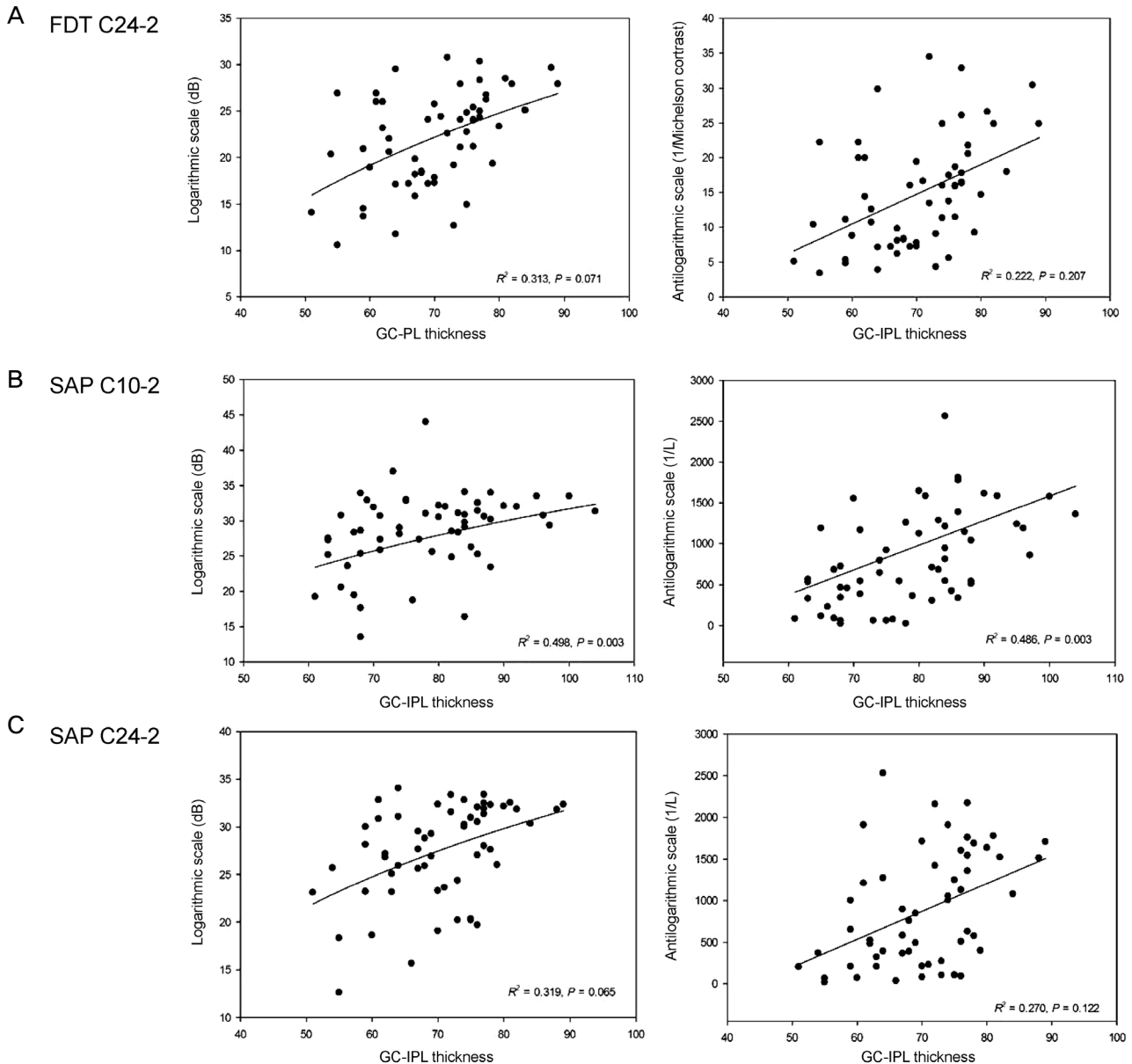


Figure 1. Correlation between average GC-IPL thickness and central mean sensitivity. (A) FDT C24-2. (B) SAP C10-2. (C) SAP C24-2. Logarithmic and linear coefficient of determination values (R^2) corresponding to each scale(logarithmic scale, antilogarithmic scale). GC-IPL = ganglion cell inner plexiform layer; FDT = frequency doubling technology perimetry; SAP = standard automated perimetry.

받고 있는 FDT까지 포함시켜 OCT를 이용한 해부학적인 수치와 각각 통계학적으로 분석한 첫 연구라 할 수 있겠다.^{12,13}

FDT C24-2와 자동시야계 C24-2의 경우에는 어떤 경우에도 통계적으로 유의한 결과값이 나오진 않았지만, 로그화된 dB scale에서는 FDT C24-2가 자동시야계 C24-2보다는 R^2 값이 큰 경향을 보였으며, 이는 앞서 언급한 RGC의 중복(redundancy)을 줄여 민감도를 높일 수 있고, 보다 넓은 범위를 확인할 수 있는 FDT C24-2가 좀 더 초기녹내장

의 발견에 우월할 수 있다는 의견에 부합하는 결과라고 할 수 있겠다.

Jung et al¹⁷은 시신경두께와 시야결손의 구조기능적 관계 분석에서, 주변부 시야결손의 경우 자동시야계, FDT, 단파장 시야측정(short wavelength automated perimetry, SWAP) 모두 실제 시신경손실로 인한 두께 감소와 밀접한 관련을 보였지만, 중심부 시야결손의 경우 자동시야계 및 SWAP에서는 유의한 결과를 얻지 못했다. 이러한 내용과 본 연구의 결과를 종합해 볼 때, 중심부 시야에서는 FDT가 일반 C24-2 자

Table 2. Regression analysis between average GC-IPL thickness and central mean sensitivity in SAP C24-2, FDT C24-2, SAP C10-2 with logarithmic scale

	Total		Early (<6 months)		Late (>6 months)	
	Log R ²	p-value*	Log R ²	p-value*	Log R ²	p-value*
Logarithmic-Log R ²						
SAP C24-2	0.319	0.065	0.024	0.405	0.156	0.550
FDT C24-2	0.313	0.071	0.216	0.927	0.452	0.068
SAP C10-2	0.498	0.003	0.671	0.003	0.539	0.025
	Total		Early (<6 months)		Late (>6 months)	
	Linear R ²	p-value*	Linear R ²	p-value*	Linear R ²	p-value*
Logarithmic-linear R ²						
SAP C24-2	0.317	0.067	0.031	0.408	0.142	0.585
FDT C24-2	0.301	0.083	0.215	0.905	0.450	0.069
SAP C10-2	0.496	0.003	0.667	0.003	0.538	0.025

GC-IPL = ganglion cell inner plexiform layer; SAP = standard automated perimetry; FDT = frequency doubling technology perimetry.

*Regression analysis.

Table 3. Regression analysis between average GC-IPL thickness and central mean sensitivity in SAP C24-2, FDT C24-2, SAP C10-2 with antilogarithmic scale

	Total		Early (<6 months)		Late (>6 months)	
	Log R ²	p-value*	Log R ²	p-value*	Log R ²	p-value*
AntiLogarithmic-Log R ²						
SAP C24-2	0.268	0.125	0.224	0.387	0.374	0.138
FDT C24-2	0.229	0.193	0.217	0.403	0.284	0.268
SAP C10-2	0.487	0.003	0.665	0.003	0.537	0.026
	Total		Early (<6 months)		Late (>6 months)	
	Linear R ²	p-value*	Linear R ²	p-value*	Linear R ²	p-value*
AntiLogarithmic-Linear R ²						
SAP C24-2	0.270	0.122	0.024	0.387	0.368	0.145
FDT C24-2	0.222	0.207	0.213	0.412	0.275	0.285
SAP C10-2	0.486	0.003	0.661	0.003	0.538	0.026

GC-IPL = ganglion cell inner plexiform layer; SAP = standard automated perimetry; FDT = frequency doubling technology perimetry.

*Regression analysis.

동시야계, SWAP에 비해 초기 중심부 시야결손을 보이는 녹내장 환자에서 더 민감한 검사라고 생각해 볼 수 있겠다.

하지만 임상적으로 모든 녹내장 의심환자에게서 자동시야계 C10-2 또는 FDT C24-2 등을 시행하는 것은 검사의 어려움이나, 비용적인 문제로 쉽게 적용되기 어렵다. Park et al¹⁸이 제시했던 고위험군(안압조절이 안 되는 환자, 시신경주위출혈, 저혈압, 편두통, 레이노이드현상, 수면무호흡증)에서는 중심부시야결손을 보이는 녹내장의 발생 가능성이 높으므로, 이러한 환자들에게서 자동시야계 C10-2를 선택적으로 시행해보는 것은 고려해 볼 만하다. 또한 이런 중심부시야결손의 고위험군이 아니더라도 Park et al¹¹이 제시했던 자동시야계 C24-2에서 중심부 10° 이내에 0.5% 이하의 시야결손이 있거나, 5% 이하의 시야결손이 GC-IPL 두께의 감소와 지역적으로 연관성을 보일 때, 자동시야계 C10-2를 시행하여 명확한 중심부시야결손을 밝혀내는 것도 또한 합리적인 방법일 수 있겠다.

이 연구의 한계로는 첫째로, 적은 환자를 대상으로 했다

는 점을 들 수 있겠고, 둘째로는 측정된 GC-IPL의 두께와 시야검사에서의 시야결손부위를 구역별로 나누어 비교하지 않고 평균 central sensitivity와 전체적인 평균 GC-IPL thickness만을 비교했다는 점을 들 수 있으며, 셋째로, 각각의 시야검사에서 시표의 밝기를 비교할 때, 자동시야검사에서 $\Delta L/L$ (람버트변화량/람버트)를 이용한 반면 매트릭스 주파수배가시야검사에서는 $L_{max}-L_{min}/L_{max}+L_{min}$ (람버트최대치-람버트최소치/람버트최대치+람버트최소치)을 이용함으로써, 완전히 대응하지 못한 시표 밝기를 비교했다는 점에서도 본 논문의 한계로 지적해 볼 수 있다.

실제 임상에서 초기 녹내장 스크리닝 검사로서 어떤 검사가 유용할 지에 대해서는 비용, 검사의 용이성 등의 다른 여러 가지 요소들을 고려해야겠지만, 녹내장성 시신경변화가 의심되거나 시야에서는 전형적인 녹내장성 소견을 보이지 않는 경우, 혹은 심혈관질환의 위험인자가 있는 경우, C24-2 자동시야계에서 중앙부 시야결손이 발견된 경우 등의 합리적인 기준을 정하여 해당되는 경우에 자동시야계

C10-2를 선택적으로 시행한다면 좀 더 효율적인 녹내장의 조기진단이 가능할 것이다.

REFERENCES

- 1) Hood DC, Kardon RH. A framework for comparing structural and functional measures of glaucomatous damage. *Prog Retin Eye Res* 2007;26:688-710.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) Anderson RS. The psychophysics of glaucoma: improving the structure/function relationship. *Prog Retin Eye Res* 2006;25:79-97.
- 5) 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.
- 6) Johnson CA. Selective versus nonselective losses in glaucoma. *J Glaucoma* 1994;3 Suppl 1:S32-44.
- 7) Johnson CA. The Glenn A. Fry Award Lecture. Early losses of visual function in glaucoma. *Optom Vis Sci* 1995;72:359-70.
- 8) Jung KI, Park HY, Park CK. Characteristics of optic disc morphology in glaucoma patients with parafoveal scotoma compared to peripheral scotoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53:4813-20.
- 9) Traynis I, De Moraes CG, Raza AS, et al. Prevalence and nature of early glaucomatous defects in the central 10° of the visual field. *JAMA Ophthalmol* 2014;132:291-7.
- 10) Shin HY, Park HY, Jung KI, et al. Glaucoma diagnostic ability of ganglion cell-inner plexiform layer thickness differs according to the location of visual field loss. *Ophthalmology* 2014;121:93-9.
- 11) Park HY, Hwang BE, Shin HY, Park CK. Clinical clues to predict the presence of parafoveal scotoma on Humphrey 10-2 visual field using a Humphrey 24-2 visual field. *Am J Ophthalmol* 2016;161:150-9.
- 12) Park SC, Kung Y, Su D, et al. Parafoveal scotoma progression in glaucoma: Humphrey 10-2 versus 24-2 visual field analysis. *Ophthalmology* 2013;120:1546-50.
- 13) Hangai M, Ikeda HO, Akagi T, Yoshimura N. Paracentral scotoma in glaucoma detected by 10-2 but not by 24-2 perimetry. *Jpn J Ophthalmol* 2014;58:188-96.
- 14) Brusini P, Salvat ML, Zeppieri M, Parisi L. Frequency doubling technology perimetry with the Humphrey Matrix 30-2 test. *J Glaucoma* 2006;15:77-83.
- 15) Medeiros FA, Sample PA, Zangwill LM, et al. A statistical approach to the evaluation of covariate effects on the receiver operating characteristic curves of diagnostic tests in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47:2520-7.
- 16) Racette L, Medeiros FA, Zangwill LM, et al. Diagnostic accuracy of the Matrix 24-2 and original N-30 frequency-doubling technology tests compared with standard automated perimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008;49:954-60.
- 17) Jung KI, Kang MK, Choi JA, et al. Structure-function relationship in glaucoma patients with parafoveal versus peripheral nasal scotoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016;57:420-8.
- 18) Park SC, De Moraes CG, Teng CC, et al. Initial parafoveal versus peripheral scotomas in glaucoma: risk factors and visual field characteristics. *Ophthalmology* 2011;118:1782-9.

= 국문초록 =

중심부 시야결손을 보이는 초기 녹내장 환자의 진단에서 자동시야계 C10-2의 유용성

목적: 중심부 시야결손을 보이는 초기 녹내장 환자를 진단하는 데 가장 효과적인 시야검사에 대한 방향성을 제시하고자 한다.

대상과 방법: 중심부 시야결손을 가진 초기 녹내장 환자의 총 57안을 대상으로 Humphrey 자동시야계 C24-2, C10-2, 주파수배가시야 검사(frequency doubling technology perimetry, FDT) C24-2를 시행하여 이를 황반부의 신경절세포내망상층(the ganglion cell-inner plexiform layer, GC-IPL)의 평균두께와 구조기능적으로 비교분석하였다.

결과: Central sensitivity는 자동시야계 C24-2, 자동시야계 C10-2, FDT C24-2 순으로 각각 27.51 ± 5.43 dB, 27.39 ± 5.05 dB, 22.09 ± 5.08 dB 순이었으며, 평균 GC-IPL thickness는 70.2 ± 8.5 μ m였다. 각각의 시야검사의 central sensitivity와 optical coherence tomography에서의 평균 GC-IPL의 두께를 평가한 회귀분석에서는 자동시야계 C10-2만이 유의한 p -value를 보였으며 ($p < 0.05$), logarithmic scale에서는 $\log R^2$ 값이 0.498, antilogarithmic scale에서는 linear R^2 값이 0.486을 보이며, FDT C24-2와 자동시야계 C24-2에 비해 높은 값을 보였다. 초기 녹내장에서 이러한 관계가 더욱 뚜렷하였다.

결론: 중심부 시야결손을 보이는 초기 녹내장 환자에서 GC-IPL thickness와 중심부 시야 감도 사이의 구조-기능 관계는 Humphrey C10-2 자동시야계가 다른 시야 검사법에 비해 더 잘 반영하였다.

(대한안과학회지 2017;58(3):321-326)