

녹내장에서 파장가변 빛간섭단층촬영을 이용한 황반부 신경절세포층의 진단력

Diagnostic Ability of Macular Ganglion Cell Layer Measurements in Glaucoma Using Swept Source Optical Coherence Tomography

이응석 · 장지호 · 박태관 · 온영훈 · 박가희

Eung Suk Lee, MD, Jee Ho Chang MD, PhD, Tae Kwan Park, MD, PhD,
Young Hoon Ohn, MD, PhD, Ka Hee Park, MD

순천향대학교 의과대학 부천병원 안과학교실

Department of Ophthalmology, Bucheon Hospital, Soonchunhyang University College of Medicine, Bucheon, Korea

Purpose: To evaluate diagnostic ability of macular ganglion cell complex (mGCC), macular ganglion cell inner plexiform layer (mGCIPL) measurements in glaucoma using swept source deep range imaging optical coherence tomography (DRI OCT-1, Topcon Co., Tokyo, Japan).

Methods: From August of 2014 to July of 2015, 109 eyes of 109 subjects were assessed for the average thickness and sectional thickness of both mGCC and mGCIPL to determine whether there exists any significant difference among advanced stage glaucoma group, early stage glaucoma group and normal group in Swept source OCT. Comparisons were also made between the above measurements and circumpapillary retinal nerve fiber layer (cpRNFL) thickness measurements in their diagnostic accuracy, sensitivity, and specificity.

Results: The diagnostic ability of mGCC based-mean thickness value (area under the curve [AUC] = 0.78/0.99) in detecting early stage glaucoma group as well as advanced stage group was not significantly different from that of cpRNFL thickness measurement. However, there was a significant difference in thickness between mGCIPL (AUC = 0.70) and cpRNFL in early stage glaucoma groups ($p = 0.018$). The sensitivities and specificities of mGCC were 0.95/0.97, and those of mGCIPL were 0.92/0.97, respectively.

Conclusions: The two swept source OCT based methods measuring retinal ganglion cell layer thickness appeared to have a good diagnostic accuracy, high sensitivity and specificity in detecting glaucomatous eyes. Nevertheless, of the two methods, mGCC thickness measurement was more efficient in detecting early glaucomatous changes.

J Korean Ophthalmol Soc 2016;57(6):941-950

Keywords: Glaucoma, Macular ganglion cell and inner plexiform layer, Macular ganglion cell complex, Swept source optical coherence tomography

■ Received: 2015. 11. 12. ■ Revised: 2016. 3. 3.
■ Accepted: 2016. 4. 14.
■ Address reprint requests to **Ka Hee Park, MD**
Department of Ophthalmology, Soonchunhyang University
Bucheon Hospital, #170 Jomaru-ro, Wonmi-gu, Bucheon 14584,
Korea
Tel: 82-32-621-5053, Fax: 82-32-621-5435
E-mail: khpark@schmc.ac.kr

임상에서 녹내장의 진단은 주로 시신경유두와 주변에 나타나는 망막신경섬유층의 특징적인 구조변화와 함께 시야의 손상을 동반한 기능적 변화를 바탕으로 한다.^{1,2} 녹내장은 비가역적인 변화를 초래하는 질환이기 때문에 무엇보다 초기에 진단하는 것이 중요하나 객관적으로 녹내장으로 인한 기능성 변화를 확인할 수 있는 시야검사는 망막 신경절 세포 수용범위의 생리학적 중첩 때문에 민감도가 부족하여

초기 녹내장성 변화를 평가하는 데 있어서는 어려움이 많다. 또한 안저검사를 통하여 직접적으로 시신경유두의 변화를 감지하는 것은 정상적인 시신경유두의 모양에서도 개인 간의 차이가 크고 검사자 간에 차이가 존재할 수 있기 때문에 진단이 쉽지 않은 경우들이 있다. 특히 근시가 동반되어 있거나 기타 망막질환 등으로 인해 시신경 및 망막의 구조적 변화가 있는 경우에는 녹내장성 변화를 초기에 감지하는 것이 더욱 어렵다.^{3,4}

빛간섭단층촬영(optical coherence tomography, OCT) 장비가 발달하면서 시신경유두와 망막의 구조를 객관적으로 평가할 수 있게 되었으며 이로 인하여 녹내장 및 기타 망막 질환에서 더욱 정확한 진단적 정보를 얻을 수 있게 되었다. 빛간섭단층촬영을 통하여 녹내장을 진단하는 경우 일반적으로 시신경의 모양을 분석하고 시신경유두주위의 망막신경섬유층(circumpapillary retinal nerve fiber layer, cpRNFL)의 두께를 측정하여 녹내장성 변화를 확인하게 되며, 이전 연구들에서 망막신경섬유층의 두께 분석방법은 녹내장을 진단하는 데 높은 진단력을 가지고 있는 것으로 보고되었다.⁵⁻⁹

최근 빛간섭단층촬영상을 통한 황반부 신경절세포층(ganglion cell layer)의 분석이 가능하게 되면서 황반부 주변의 신경절세포층을 포함한 황반부의 두께를 측정하는 것이 녹내장의 구조적 변화를 확인하는 데 유용한 것으로 보고되고 있다. 황반부 신경절세포복합체(macular ganglion cell complex, mGCC)는 황반부 망막층 중 신경절세포층을 포함한 망막신경절세포 및 내망상층(inner plexiform layer), 그리고 그 위를 덮고 있는 망막신경섬유층(overlying retinal nerve fiber layer)으로 구성되어 있다. 녹내장으로 인한 변화는 주로 신경절세포층에서 먼저 발생하므로 녹내장성 변화가 발생한 신경절세포를 포함하는 망막의 일부 층을 더 세분화하여 측정하는 것이 가능하다면 녹내장성 손상을 더 민감하게 확인할 수 있을 것이다.¹⁰⁻¹²

최근 개발된 파장가변 빛간섭단층촬영기(Swept source OCT)는 1,050 nm의 중심파장과 약 100 nm의 대역폭을 가지는 파장 가변형 레이저를 광원으로 사용하고, 8 μ m 축 해상도로 초당 100,000개의 A-scan을 시행하는 장비로 이전의 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기(Spectral domain OCT)보다 더 긴 파장과 빠른 측정 속도를 가지고 있다. 파장가변 빛간섭단층촬영은 시신경과 황반부를 포함한 넓은 영역을 한번에 검사로 측정하는 것이 가능하며, 황반부의 신경절세포 및 내망상층(macular ganglion cell inner plexiform layer, mGCIPL)을 포함하는 신경절세포층을 분할하여 측정할 수 있는 능력을 가지고 있다. 파장가변 빛간섭단층촬영을 이용한 망막과 시신경의 분석은 기존 장비들보다 우

수한 것으로 알려져 있으나, 아직까지 녹내장의 진단력에 대해 보고된 바는 많지 않으며 황반부에 위치한 망막신경절세포층을 포함한 영역을 이용하여 녹내장의 진단력을 확인한 연구는 거의 없다.¹³

이에 본 연구에서는 녹내장 환자를 대상으로 파장가변 빛간섭단층촬영을 이용하여 황반부 신경절세포층을 포함한 황반부 신경절세포복합체와 황반 신경절세포 및 내망상층의 두께 변화를 확인해 보고 녹내장을 진단하는 데 있어 두 가지 방법을 통한 진단 방법의 진단력을 확인해 보고자 한다. 또한 녹내장 진단 시 기준에 보편적으로 시행하였던 유두주위 망막신경섬유층의 두께를 분석하는 방법과 비교하여 보고자 한다.

대상과 방법

본 연구는 2014년 8월부터 2015년 7월까지 본원 안과에 내원한 환자 109명에 대하여 무작위로 단안을 선택하여 109안을 대상으로 의무기록 분석을 통한 후향적 연구를 시행하였다. 모든 환자에서 과거력 조사, 굴절력 및 최대교정시력 측정, 전방각경 검사를 포함한 세극등 현미경검사, 안저검사, 골드만 안압계에 의한 안압검사 자동시야검사(Humphrey Field Analyzer II, Carl Zeiss Meditec Inc., Dublin, CA, USA), 파장가변 빛간섭단층촬영(Deep Range Imaging OCT-1, Topcon Co., Tokyo, Japan) 검사를 시행하였다. 모든 검사 결과는 한 명의 녹내장 전문의가 분석 후 최종 진단을 시행하였으며, 녹내장 환자의 경우는 치료 중인 경우도 대상에 포함하였다.

시야검사는 최대 교정을 한 후 암실에서 Humphrey 시야검사의 중심시야 30-2 Swedish Interactive threshold algorithm (SITA) standard strategy 프로그램을 시행하였으며, 인접한 3개 이상의 점의 역치가 정상의 5% 미만으로 나타나고 그중 한 개 이상은 1% 미만이거나 혹은 1% 미만인 두 점이 연결되어 있을 때거나 Glaucoma hemifield test에서 이상 소견(outside normal limit)을 보이거나 pattern standard deviation (PSD)이 정상의 5% 이하로 분류되는 경우로 정의하였으며, 검사 결과에서 주시 상실이 20% 이상 나타나거나 가양성률이나 가음성률이 33% 이상인 경우는 분석에서 제외하였다.

유두주위 망막신경섬유층의 두께와 황반부 신경절세포복합체, 황반 신경절세포 및 내망상층의 두께는 파장가변 빛간섭단층촬영기의 wide-angle scan (12 \times 9 mm)을 이용하여 한 번에 획득하였다. 황반 신경절세포 및 내망상층의 두께는 신경절세포층과 내망상층을 포함하여 측정하며, 황반부 신경절세포복합체의 두께는 황반 신경절세포 및 내망

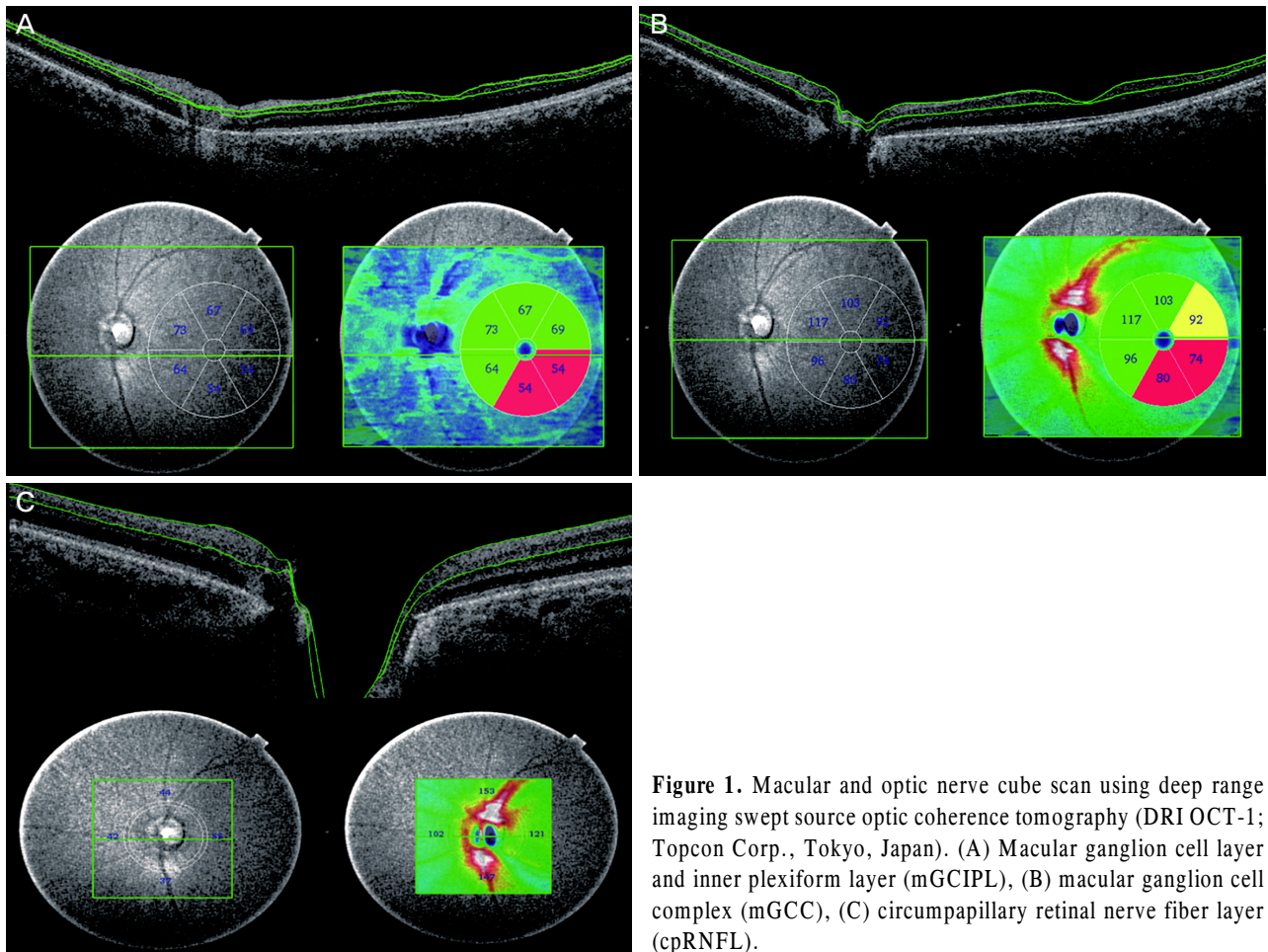


Figure 1. Macular and optic nerve cube scan using deep range imaging swept source optical coherence tomography (DRI OCT-1; Topcon Corp., Tokyo, Japan). (A) Macular ganglion cell layer and inner plexiform layer (mGCIPL), (B) macular ganglion cell complex (mGCC), (C) circumpapillary retinal nerve fiber layer (cpRNFL).

상층 외에 망막신경섬유층을 포함하여 측정하였다. 황반부 신경절세포복합체, 황반 신경절세포 및 내망상층의 두께를 측정하기 위해 황반 중심부를 기준으로 위치된 직경 6 mm의 원을 기준으로 각 층을 분할한 후 평균 및 구역별 두께를 측정하였다. 유두주위 망막신경섬유층의 두께 측정은 직경 3.4 mm의 원을 시신경 유두의 중심을 기준으로 위치시킨 후 원 둘레를 따라 분할하여 구역별로 측정하였다 (Fig. 1). 결과상 영상의 결과가 좋지 않거나(quality score < 50) 눈의 움직임이나 측정의 부정확성으로 인하여 각 망막층의 분할이 제대로 시행되지 않는 경우는 분석에서 제외하였다.

대상안은 검사 결과에 따라 정상군, 초기 녹내장군, 진행된 녹내장군으로 분류하였다. 정상군은 녹내장성 시신경의 변화와 녹내장성 시야결손이 없고 안압을 측정된 중에 한번도 21 mmHg를 넘지 않은 경우로 정의하였다. 유두 함몰의 증가나 시신경유두테의 패임 증가, 시신경 유두부위 출혈 소견 등을 포함하는 특징적인 녹내장성 시신경 변화와 망막신경섬유층의 두께 감소 소견이 있는 경우 녹내장으로 진단하였고, Hodapp-Anderson-Parrish grading scale에 따라 mean deviation (MD) 값 -6 dB 이상의 초기 녹내장성 시야

결손이 있는 경우를 초기 녹내장군, MD -6 dB 이하의 진행된 시야결손을 보이는 중증도 이상의 경우를 진행된 녹내장군으로 정의하였다.¹⁴

검사 결과에 영향을 줄 수 있는 녹내장 외의 다른 안과질환을 가지고 있거나 안과적 수술력 및 시술 기왕력이 있는 경우, 시신경에 영향을 줄 수 있는 뇌질환자나 약물을 복용하는 경우, 구면대응치 ± 6 디옵터(diopter) 이상의 굴절력 이상이 있는 경우, 25세 이하 또는 80세 이상인 경우는 대상에서 제외하였다.

정상군, 초기 녹내장군, 진행된 녹내장군의 각 군별 임상적 특성과 각 계측치의 분석은 Chi-square test와 Fisher's exact test, 일원배치 분산분석 또는 Kruskal-Wallis test를 사용하였고, 사후검정으로 Scheffe의 방법을 시행하였다. 녹내장의 예측 변수를 확인하기 위하여 다항 로지스틱 회귀분석(multinomial logistic regression analysis)을 시행하였으며, 그 결과를 바탕으로 유두주위 망막신경섬유층, 황반 신경절세포 및 내망상층, 황반부 신경절세포복합체의 두께별로 정상 대비 녹내장 의증 및 녹내장에 해당할 가능성에 대한 승산비(odds ratio, OR)를 계산하였다. 또한 각 변수에 대한

여 녹내장의 진단력을 확인하기 위하여 receiver operating characteristics (ROC) 분석을 수행하였으며, ROC 곡선의 아랫면적에 해당하는 area under the curve (AUC)와 그 값의 95% 신뢰구간을 계산하여 비교하여 보았고, 유의성 검정은 Delong의 방법으로 도출하였다. 각 변수별 녹내장을 진단하는 최적값은 Yourden's index를 이용하여 계산하였으며 이를 바탕으로 진단에 대한 민감도(sensitivity), 특이도(specificity), 정확도를 도출하였다. 모든 통계적인 검정은 양측 검정을 기반으로 유의수준 0.05보다 작은 경우를 유의한 것으로 간주하였으며, 통계분석은 SPSS version 14.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 및 R 3.1.3을 이용하여 수행되었다.

결 과

전체 대상자 109명 109안 중 진행된 녹내장군은 37명 37안, 초기 녹내장군은 35명의 35안, 정상군은 37명 37안이었다. 전체 대상자 중 남성은 66명, 여성은 43명이었으며 각 군 간에 성별의 유의한 차이는 없었다. 전체의 평균 연령은 54.7 ± 12.9 세였으며 정상군은 51.0 ± 11.5 세, 초기 녹내장군은 57.6 ± 16.3 세, 진행된 녹내장군은 58.6 ± 9.4 세로 세 군 간에 유의한 차이는 없었다. 시야검사의 지표인 MD는 정상군 -0.7 ± 1.5 dB, 초기 녹내장군 -4.5 ± 0.9 dB, 진행된 녹내장군 -13.2 ± 5.4 dB이고 pattern standard deviation (PSD)은 정상군 1.2 ± 0.9 dB, 초기 녹내장군 5.2 ± 1.3 dB, 진행된 녹내장군 10.9 ± 2.9 dB로 세 군 간에 유의한 차이가 있었다($p < 0.001$; Table 1).

빛간섭단층영상을 이용하여 측정한 유두주위 망막신경섬유층의 평균 두께는 정상군과 초기 녹내장군, 진행된 녹내장군에서 각각 100.3 ± 11.2 μ m, 85.9 ± 9.5 μ m, 57.8 ± 13.2 μ m로 측정되어 세 군 간에 유의한 차이가 있었으며,

각 구역별 비교시에도 세 군 간 모두 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.001$). 황반부 신경절세포 및 내망상층과 황반부 신경절복합체의 평균 두께에서도 정상군, 초기 녹내장군, 진행된 녹내장군에서 각각 69.9 ± 5.4 μ m, 65.4 ± 6.5 μ m, 49.2 ± 10.4 μ m와 106.2 ± 9.4 μ m, 95.4 ± 11.5 μ m, 73.7 ± 15.5 μ m로 세 군 간에 유의한 차이를 나타내었으며, 각 구역별의 모든 두께 측정치에서도 세 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.001$). 세 가지 변수의 사후분석 결과에서 정상군과 진행된 녹내장군을 비교할 때와 초기 녹내장군과 진행된 녹내장군을 비교할 때에는 모든 측정치가 유의한 차이가 있었으나, 정상군과 초기 녹내장군 간에 비교할 때에는 유두주위 망막신경섬유층의 코쪽(nasal) 영역, 귀쪽(temporal) 영역 두께와 황반부 신경절세포 및 내망상층의 전 영역의 두께, 황반부 신경절복합체의 상부귀쪽(superior temporal) 영역, 하부 상부귀쪽(inferotemporal) 영역의 두께에서 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

정상군에서 구역별 유두주위 망막신경섬유층의 두께를 비교해 보았을 때 하부 영역이 제일 두꺼웠고 코쪽 영역이 가장 얇은 것으로 나타났다. 황반부 신경절세포 및 내망상층의 영역별 두께는 코위쪽(superonasal) 영역이 가장 두꺼운 것으로 나타났고 하부영역이 가장 얇은 것으로 나타났으며, 정상군에서 황반부 신경절복합체의 두께가 가장 두꺼운 영역은 코위쪽 영역이었으며 가장 얇은 영역은 귀위쪽(superotemporal) 영역이었다(Table 2).

정상군과 초기 녹내장군, 진행된 녹내장군에서 다항 로지스틱 회귀분석을 시행하여 각 변수별로 정상 대비 녹내장 및 초기 녹내장에 해당할 가능성에 대한 승산비를 계산하였다. 초기 녹내장군에서 유두주위 신경섬유층의 코쪽(nasal) 구역과 황반부 신경절세포 및 내망상층의 상부(superior)와 하부(inferior) 구역의 승산비는 유의성이 없는 것으로 나타났으며, 이 외의 다른 모든 영역에서는 유의성

Table 1. Characteristic per groups

Variable	Normal	Early Glaucoma	Advanced Glaucoma	Total	Comparison (p-value)
Demographic characteristic	N = 37	N = 35	N = 37	N = 109	
Age (years)	51.0 ± 11.5	57.6 ± 16.3	58.6 ± 9.4	54.7 ± 12.9	0.054
Sex (n, %)					
Male	21 (56.8)	19 (54.3)	26 (70.3)	66 (60.6)	0.102
Female	16 (43.2)	16 (46.7)	11 (29.7)	43 (39.4)	
Ocular characteristic	N = 37	N = 35	N = 37	N = 109	
IOP (mm Hg)	15.8 ± 3.6	16.3 ± 3.5	15.3 ± 3.3	15.8 ± 3.5	0.489
MD (dB)	-0.7 ± 1.5	-4.5 ± 0.9	-13.2 ± 5.4	-6.6 ± 5.3	$< 0.001^{1-2, 1-3, 2-3}$
PSD (dB)	1.2 ± 0.9	5.2 ± 1.3	10.9 ± 2.9	6.1 ± 3.7	$< 0.001^{1-2, 1-3, 2-3}$

Values are presented as mean \pm SD unless otherwise indicated. p-values were calculated by analysis of variance (ANOVA) assuming unequal variance for continuous variables and Chi-square test for categorical variables. Posthoc comparison by Scheffe's method: i-j means that i-th group and j-th group had significant differences (i, j = 1, 2, 3; Group 1 = Normal, Group 2 = Early glaucoma, Group 3 = Advanced glaucoma). IOP = intraocular pressure; MD = mean deviation; PSD = pattern standard deviation.

Table 2. Circumpapillary retinal nerve fiber layer (cpRNFL), macular ganglion cell inner plexiform layer (mGCIPL), macular ganglion cell complex (mGCC) thickness (μm) per groups

Variable	Normal (n = 37)	Early glaucoma (n = 35)	Advanced glaucoma (n = 37)	Total (n = 109)	Comparison by ANOVA* (p-value)	Posthoc comparison (p-value) [†]		
						Normal vs. Early glaucoma	Normal vs. Advanced glaucoma	Early glaucoma vs. Advanced glaucoma
cpRNFL thickness (μm)								
Average	100.3 ± 11.2	85.9 ± 9.5	57.8 ± 13.2	81.3 ± 21.2	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Superior	125.1 ± 15.4	100.4 ± 17.1	65.6 ± 18.9	97.0 ± 30.1	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Inferior	128.8 ± 22.2	107.4 ± 22.5	65.8 ± 19.1	100.5 ± 33.9	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Nasal	68.3 ± 13.7	65.9 ± 13.3	44.5 ± 15.1	59.5 ± 17.6	<0.001	0.772	<0.001	<0.001
Temporal	79.4 ± 14.2	71.5 ± 14.3	54.5 ± 19.9	68.4 ± 19.4	<0.001	0.134	<0.001	<0.001
mGCIPL thickness (μm)								
Average	69.9 ± 5.4	65.4 ± 6.5	49.2 ± 10.4	61.4 ± 11.8	<0.001	0.054	<0.001	<0.001
Superior	69.2 ± 7.1	66.0 ± 9.1	48.1 ± 15.5	61.0 ± 14.5	<0.001	0.497	<0.001	<0.001
Superonasal	72.6 ± 8.2	66.6 ± 11.6	50.7 ± 17.1	63.2 ± 15.8	<0.001	0.145	<0.001	<0.001
Superotemporal	70.5 ± 7.2	66.1 ± 8.9	49.9 ± 17.4	62.1 ± 14.9	<0.001	0.310	<0.001	<0.001
Inferior	65.2 ± 6.0	63.9 ± 8.9	48.6 ± 13.9	59.2 ± 12.6	<0.001	0.862	<0.001	<0.001
Inferonasal	70.2 ± 7.7	64.3 ± 9.0	48.7 ± 14.3	61.0 ± 14.0	<0.001	0.076	<0.001	<0.001
Inferotemporal	71.6 ± 9.7	65.2 ± 9.4	49.2 ± 17.2	62.0 ± 15.8	<0.001	0.112	<0.001	<0.001
mGCC thickness (μm)								
Average	106.2 ± 9.4	95.4 ± 11.5	73.7 ± 15.5	91.7 ± 18.4	<0.001	0.002	<0.001	<0.001
Superior	106.5 ± 9.2	96.1 ± 12.1	73.8 ± 21.6	92.1 ± 20.6	<0.001	0.019	<0.001	<0.001
Superonasal	118.0 ± 11.5	104.6 ± 16.1	79.3 ± 18.2	100.5 ± 22.4	<0.001	0.002	<0.001	<0.001
Superotemporal	94.8 ± 9.2	87.0 ± 11.1	67.8 ± 21.1	83.1 ± 18.7	<0.001	0.087	<0.001	<0.001
Inferior	103.8 ± 10.4	94.3 ± 17.2	73.9 ± 18.1	90.6 ± 19.9	<0.001	0.038	<0.001	<0.001
Inferonasal	117.7 ± 12.7	103.4 ± 16.2	79.6 ± 16.1	100.2 ± 21.8	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Inferotemporal	96.4 ± 11.0	87.1 ± 12.6	67.8 ± 24.4	83.7 ± 20.9	<0.001	0.080	<0.001	<0.001

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

*Posthoc comparison by Scheffe's method; [†]p-values were calculated by analysis of variance (ANOVA) assuming unequal variance.

이 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 초기 녹내장에서 유두 주위 신경섬유층의 평균 두께의 승산비는 0.87이었으며, 황반부 신경절세포 및 내망상층의 평균 두께는 0.87, 황반부 신경절세포복합체의 평균 두께는 0.89였다. 진행된 녹내장에서 유두주위 망막신경섬유층의 평균 두께의 승산비는 0.61이었으며, 황반부 신경절세포 및 내망상층의 평균 두께는 승산비가 0.68, 황반부 신경절세포복합체의 평균 두께는 0.77이었다(Table 3).

각 변수에 대하여 ROC 분석을 수행하였으며, ROC 곡선의 아랫면적에 해당하는 AUC와 그 값의 95% 신뢰구간을 이용하여 녹내장 및 초기 녹내장에 대한 예측력을 비교하였다. 유두주위 망막신경섬유층의 구역별 AUC는 초기 녹내장에서 0.60-0.87, 진행된 녹내장에서 0.86-1.00이었으며, 황반 신경절세포 및 내망상층의 AUC는 초기 녹내장에서 0.58-0.71, 진행된 녹내장에서 0.89-0.94, 황반 신경절세포 복합체의 AUC는 초기 녹내장에서 0.72-0.79, 진행된 녹내장에서 0.94-0.97로 측정되었다.

진단의 민감도는 유두주위 신경섬유층의 두께를 통하여 초기 녹내장을 진단하는 경우 0.46-0.94, 진행된 녹내장을 진단하는 경우 0.76-1.00로 측정되었고, 황반 신경절세포 및

내망상층의 두께를 통하여 초기 녹내장을 진단하는 0.46-0.80, 진행된 녹내장을 진단하는 경우 0.78-0.92, 황반부 신경절세포 복합체의 두께를 이용하여 초기 녹내장을 진단하는 경우 0.69-0.77, 진행된 녹내장을 진단하는 경우 0.86-0.97로 측정되었다. 진단의 특이도는 유두주위 신경섬유층의 두께를 통하여 초기 녹내장을 진단하는 경우 0.68-0.84, 진행된 녹내장을 진단하는 경우 0.86-0.97로 측정되었고, 황반 신경절세포 및 내망상층의 두께를 통하여 초기 녹내장을 진단하는 0.57-0.78, 진행된 녹내장을 진단하는 경우 0.81-0.95, 황반부 신경절세포 복합체의 두께를 이용하여 초기 녹내장을 진단하는 경우 0.65-0.73, 진행된 녹내장을 진단하는 경우 0.86-0.97로 측정되었다(Table 4).

초기 녹내장을 진단하는 경우 평균 두께를 바탕으로 세 가지 방법을 비교하였을 때 유두주위 망막신경섬유층은 AUC가 0.84, 황반부 신경절세포 및 내망상층은 AUC가 0.70, 황반부 신경절세포복합체는 AUC가 0.78로, 유두주위 망막신경세포층의 AUC가 가장 높게 나타났고, 유두주위 망막신경섬유층의 AUC는 황반부 신경절세포복합체의 AUC와 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으나, 황반 신경절세포 및 내망상층의 AUC와는 유의한 차이를 보이는 것으로 나타

Table 3. Multinomial logistic regression for glaucoma with normal as a reference

Variable	Early glaucoma			Advanced glaucoma		
	OR	95% CI of OR	p-value	OR	95% CI of OR	p-value
cpRNFL thickness (μm)						
Average	0.87	0.82-0.93	<0.001	0.61	0.50-0.74	<0.001
Superior	0.91	0.87-0.95	<0.001	0.81	0.76-0.87	<0.001
Inferior	0.95	0.93-0.98	0.001	0.83	0.77-0.89	<0.001
Nasal	0.99	0.95-1.02	0.432	0.89	0.84-0.93	<0.001
Temporal	0.96	0.93-1.00	0.032	0.90	0.87-0.94	<0.001
mGCIPL thickness (μm)						
Average	0.87	0.79-0.96	0.005	0.68	0.60-0.79	<0.001
Superior	0.95	0.90-1.01	0.113	0.82	0.76-0.89	<0.001
Superonasal	0.93	0.88-0.99	0.016	0.87	0.81-0.92	<0.001
Superotemporal	0.94	0.88-1.00	0.036	0.82	0.76-0.88	<0.001
Inferior	0.99	0.94-1.03	0.583	0.82	0.76-0.89	<0.001
Inferonasal	0.92	0.86-0.98	0.008	0.82	0.76-0.89	<0.001
Inferotemporal	0.93	0.88-0.99	0.016	0.83	0.77-0.89	<0.001
mGCC thickness (μm)						
Average	0.89	0.84-0.95	<0.001	0.77	0.70-0.84	<0.001
Superior	0.91	0.86-0.96	0.001	0.83	0.77-0.88	<0.001
Superonasal	0.93	0.89-0.97	0.001	0.85	0.81-0.9	<0.001
Superotemporal	0.92	0.86-0.97	0.005	0.82	0.77-0.89	<0.001
Inferior	0.95	0.92-0.99	0.013	0.88	0.83-0.92	<0.001
Inferonasal	0.92	0.88-0.97	0.001	0.84	0.80-0.90	<0.001
Inferotemporal	0.95	0.92-0.99	0.013	0.88	0.84-0.92	<0.001

OR = odds ratio; CI = confidence interval; cpRNFL = circumpapillary retinal nerve fiber layer; mGCIPL = macular ganglion cell inner plexiform layer; mGCC = macular ganglion cell complex.

Table 4. Diagnostic performance of ocular measurements for glaucoma patients from normal group

Variables	Early glaucoma				Advanced glaucoma			
	SEN	SPE	ACC	AUC (95% CI)	SEN	SPE	ACC	AUC (95% CI)
cpRNFL thickness (μm)								
Average	0.74	0.89	0.82	0.84 (0.74-0.94)	1.00	1.00	1.00	1.00 (1.00-1.00)
Superior	0.94	0.70	0.82	0.87 (0.78-0.96)	1.00	0.92	0.96	0.99 (0.98-1.00)
Inferior	0.69	0.84	0.76	0.79 (0.68-0.90)	1.00	0.97	0.99	1.00 (0.99-1.00)
Nasal	0.54	0.68	0.61	0.60 (0.46-0.73)	0.81	0.97	0.89	0.90 (0.83-0.98)
Temporal	0.46	0.84	0.65	0.65 (0.52-0.78)	0.76	0.86	0.81	0.86 (0.77-0.94)
mGCIPL thickness (μm)								
Average	0.89	0.43	0.65	0.70 (0.57-0.82)	0.92	0.97	0.95	0.98 (0.95-1.00)
Superior	0.54	0.73	0.64	0.60 (0.46-0.73)	0.92	0.81	0.86	0.93 (0.88-0.98)
Superonasal	0.57	0.78	0.68	0.67 (0.54-0.80)	0.78	0.89	0.84	0.89 (0.81-0.96)
Superotemporal	0.54	0.78	0.67	0.65 (0.52-0.78)	0.86	0.89	0.88	0.93 (0.87-0.99)
Inferior	0.46	0.78	0.62	0.58 (0.44-0.72)	0.92	0.95	0.93	0.94 (0.88-1.00)
Inferonasal	0.80	0.57	0.68	0.71 (0.59-0.83)	0.89	0.84	0.86	0.92 (0.86-0.98)
Inferotemporal	0.74	0.59	0.67	0.68 (0.56-0.81)	0.81	0.92	0.86	0.93 (0.87-0.98)
mGCC thickness (μm)								
Average	0.69	0.78	0.74	0.78 (0.67-0.89)	0.95	0.97	0.96	0.99 (0.98-1.00)
Superior	0.74	0.68	0.71	0.74 (0.62-0.86)	0.86	0.97	0.92	0.96 (0.93-1.00)
Superonasal	0.77	0.73	0.75	0.79 (0.67-0.90)	0.89	0.97	0.93	0.95 (0.91-1.00)
Superotemporal	0.71	0.73	0.72	0.73 (0.61-0.85)	0.86	0.89	0.88	0.95 (0.90-0.99)
Inferior	0.77	0.65	0.71	0.72 (0.60-0.84)	0.92	0.86	0.89	0.94 (0.88-1.00)
Inferonasal	0.69	0.73	0.71	0.77 (0.67-0.88)	0.97	0.86	0.92	0.97 (0.94-1.00)
Inferotemporal	0.69	0.73	0.71	0.72 (0.60-0.84)	0.89	0.89	0.89	0.94 (0.87-1.00)

Sensitivity, specificity and accuracy were computed using the threshold by Youden's index. 95% CI of AUC was calculated by Delong's method.

SEN = sensitivity; SPE = specificity; ACC = accuracy; AUC = area under the curve; CI = confidence interval; cpRNFL = circumpapillary retinal nerve fiber layer; mGCIPL = macular ganglion cell; inner plexiform layer; mGCC = macular ganglion cell complex.

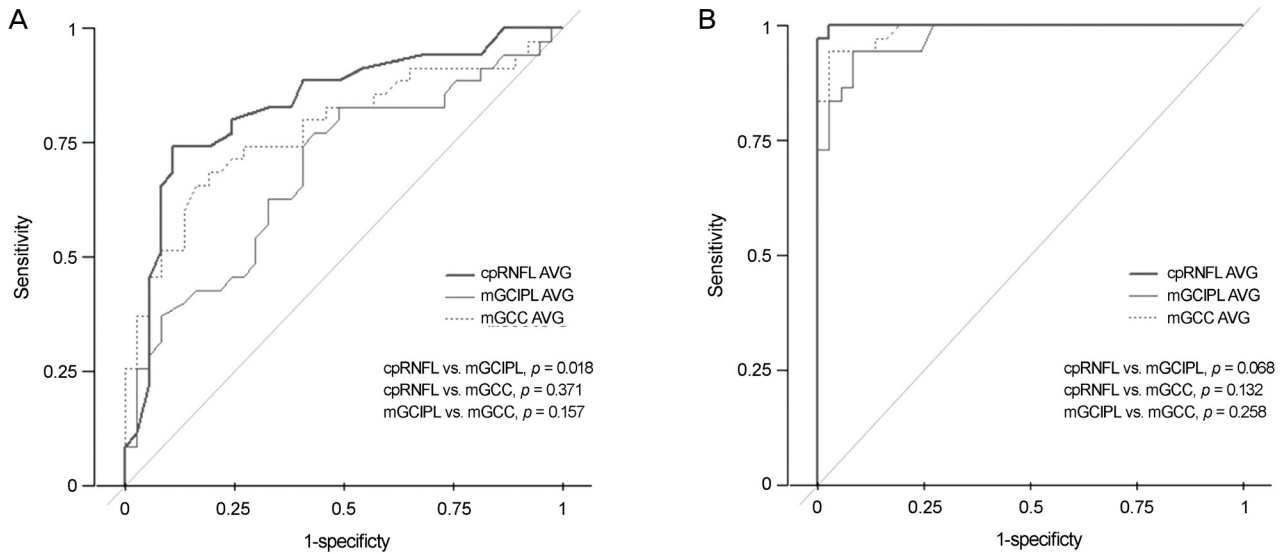


Figure 2. Comparison of area under the curve (AUC) of retinal nerve fiber layer (RNFL), macular ganglion cell inner plexiform layer (mGCIPL) and macular ganglion cell complex (mGCC) for distinguishing glaucoma from normal group. (A) Receiver operating characteristics (ROC) curve for detection of early glaucoma, (B) curve for detection of advanced glaucoma. p -values for comparing the AUCs were calculated by Delong's method. cpRNFL = circumpapillary retinal nerve fiber layer; AVG = average.

났다($p=0.018$). 진행된 녹내장을 진단하는 경우 평균 두께를 바탕으로 세 가지 방법을 비교하였을 때는 각각의 AUC가 유두주위 망막신경섬유층에서 1.00, 황반부 신경절세포 및 내망상층에서 0.98, 황반부 신경절복합체에서 0.99로 측정되었으며 초기 녹내장과 마찬가지로 유두 주위 신경섬유층의 AUC가 가장 높게 나타났다. 또한 유두주위 망막신경섬유층의 AUC는 황반부 신경절복합체의 AUC와 황반 신경절세포 및 내망상층의 AUC와 유의한 차이가 없었으며 황반 신경절세포 및 내망상층의 AUC는 황반부 신경절복합체의 AUC와도 유의한 차이가 없었다(Fig. 2).

고 찰

본 연구는 파장가변 빛간섭단층촬영기 이용하여 녹내장을 진단하는 경우에서 황반부 신경절세포 및 내망상층과 황반부 신경절복합체라는 두 개의 황반부 계측치가 진단 능력에 대해 평가해 보고자 시행한 연구이다. 유두주위 망막신경섬유층, 황반부 신경절세포 및 내망상층, 황반부 신경절복합체의 두께는 녹내장과 초기 녹내장, 진행된 녹내장에서 모두 유의한 차이를 나타내는 것으로 나타났으며 녹내장으로 인하여 초기부터 유두주위 망막신경섬유층과 황반부의 두 가지 계측치가 감소되는 것을 확인할 수 있었다.

Table 4의 결과와 같이 세 가지 방법으로 진행된 녹내장을 진단하는 경우 유두주위 망막신경섬유층의 AUC는 0.86-1.00, 황반부 신경절세포 및 내망상층의 AUC는 0.89-0.94, 황반

신경절세포복합체의 AUC는 0.94-0.97로 모두 우수한 진단력을 보여주었으며, 황반부의 두 계측치의 진단력은 기존의 진단 방법인 유두주위 신경 섬유층의 두께와 유사한 정도였다. 그러나 초기 녹내장을 진단하는 경우에는 황반부 신경절세포 및 내망상층의 AUC가 0.58-0.71로 다른 두 변수, 유두주위 망막신경섬유층(AUC 0.6-0.87)과 황반부 신경절세포복합체(AUC 0.72-0.79)와 비교하여 진단력이 다소 낮게 나타났으며 평균 두께를 통해 유의성을 확인한 결과에서도 황반 신경절세포 및 내망상층의 AUC는 유두주위 망막신경 섬유층의 AUC와 유의한 차이가 나는 것으로 나타났다.

초기 녹내장을 진단하는 경우 황반부 신경절복합체의 두께를 통한 진단의 민감도는 0.69-0.77인데 반해 유두주위 신경섬유층의 두께는 0.46-0.94, 황반 신경절세포 및 내망상층의 두께는 0.46-0.80으로 세 가지 방법의 민감도는 모두 우수한 편이었으나 이 중 황반부 신경절복합체 두께의 계측치들을 기준으로 진단하는 방법이 대체적으로 높은 민감도를 나타내는 경향이 있었다.

또한 각 대상군 간에 세 가지 변수의 두께를 비교하는 사후분석에서도 유두주위 망막신경섬유층과 황반부 신경절복합체는 일부 계측치를 제외한 계측치에서 정상군과 초기 녹내장군에 대해 유의한 차이를 나타내었으나, 황반부 신경절세포 및 내망상층은 전 영역에서 정상군과 초기 녹내장군 간에 유의성이 없는 것으로 나타나 황반부 계측치 중 황반부 신경절복합체의 두께분석 방법이 초기 녹내장의 변화를 확인하는 데 있어 더 유용한 방법일 수 있을 것으로

생각되었다.

진행된 녹내장에서 진단의 특이도를 확인하였을 때는 유두주위 망막신경섬유층이 0.86-0.97, 황반 신경절세포 및 내망상층이 0.81-0.95, 황반부 신경절세포복합체가 0.86-0.97로 세 가지 변수의 특이도는 차이가 없는 것으로 나타났으며 세 가지 변수가 모두 녹내장을 진단하는 데 있어 높은 특이도를 보여주는 변수임을 확인할 수 있었다.

본 연구의 결과를 통하여 황반부 신경절세포 및 내망상층과 황반부 신경절세포복합체라는 두 개의 황반부 계측치가 녹내장을 진단하고 녹내장을 분별하는 데 잠재적으로 유용함을 확인할 수 있었다. 이전의 연구들에서도 황반부 신경절세포층의 변화는 녹내장을 감별하는 데 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 생각되어 왔다. Zeimer et al¹⁵은 처음으로 녹내장 환자에서 황반부 망막층의 두께 감소를 보고하였으며, 녹내장에서 광수용체층의 두께변화가 없는 것으로 알려져 있기 때문에 황반부의 망막층의 두께변화가 주로 신경절세포층과 망막신경섬유층의 변화를 의미할 수 있다고 하였다. 이후 빛간섭단층촬영기 등의 망막 두께 측정 장치의 발달로 인해 녹내장 환자에서 망막층의 두께 변화를 확인하는 연구들이 보고되었으며, 황반부 신경절세포층만을 분리하여 두께 변화를 측정하는 것은 어려웠기 때문에 황반부 망막 전체 층의 두께와 부피의 변화를 확인함으로써 이를 입증하였다.^{5,16-18} 이러한 연구들에서 황반부 망막 전체 층의 두께나 부피를 측정한 계측치는 진행된 녹내장 군에서는 유의한 감소를 나타내었으나 녹내장 의심 환자에서는 유의한 차이를 나타내지 못해 진단적 유용성은 다소 낮았다. 또한 녹내장 환자에서 황반부 망막신경섬유층만을 분리하여 진단력을 평가한 Leung et al¹⁸의 연구에서는 황반부 망막 전체 층의 두께를 측정하는 방법보다 황반부 망막신경섬유층의 두께분석 방법이 녹내장을 진단하는 데 있어 더욱 진단적 가치가 있으나 각각의 축삭섬유들이 시신경 유두 쪽으로 모이기 때문에 유두주위 망막신경섬유층의 두께를 분석하는 방법보다는 민감도가 떨어진다고 보고하였고, 이후 다른 연구들에서도 황반부 신경절세포층은 진단적으로 유용하지 않은 것으로 나타났다.^{18,19}

빛간섭단층촬영의 발달로 인해 기계 자체적으로 황반부의 신경절세포복합체를 분할하고 두께를 측정하는 것이 가능하게 되면서 황반부 신경절세포복합체의 두께 분석을 이용한 녹내장의 진단에 대한 여러 연구들이 보고되었다.^{10-12,20,21} 황반부 신경절세포복합체의 두께를 측정하여 진단하는 방법은 황반부 전체 망막층의 두께를 측정하는 방법보다 우수하며^{21,22} 유두주위 망막신경섬유층의 두께를 분석하는 방법과 유사한 정도의 진단력이 있는 것으로 보고되었다.^{10-12,21} 또한 Cho et al²²은 각 층의 두께와 시야검사

를 통한 시기능과의 연관성을 분석한 연구에서 황반부 신경절세포복합체의 두께가 시기능과 유의한 연관성이 있으며, 이러한 연관 정도는 시기능과 유두주위 망막신경섬유층과의 연관 정도와도 유의한 차이가 없음을 보고하였다.

Wang et al²³이 황반부 신경절세포 및 내망상층을 직접 분할하여 녹내장에서 두께 감소를 확인한 이후 몇몇 연구들에서 황반부 신경절세포 및 내망상층의 진단력이 시신경 유두주위 망막신경섬유층의 진단력과 유사할 정도로 우수함이 보고되었고 특히 고도근시와 같은 시신경과 주변부의 구조적 변이가 있는 경우에서 유용할 수 있다고 보고되었다.^{19,24-26}

황반부 신경절세포복합체와 신경절세포 및 내망상층의 진단력을 비교한 연구는 아직까지 많지 않다. 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영을 이용한 몇몇 연구에서는 황반부의 두 계측치 간에 진단력이 통계적으로 유의하지 않은 것으로 보고되었다.^{27,28} 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영(Cirrus HD-OCT)과 파장가변 빛간섭단층촬영(deep range imaging optical coherence tomography, DRI OCT-1)을 이용하여 황반부 두 계측치의 진단력을 비교한 Yang et al¹³의 연구에서는 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영을 이용하여 확인한 두 계측치의 진단력은 유의한 차이가 없었으나, 파장가변 빛간섭단층촬영기를 이용하여 확인한 진단력은 황반부 신경절세포복합체가 황반 신경절세포 및 내망상층보다 우수한 것으로 보고되었고 이는 파장가변 빛간섭단층촬영을 이용한 본 연구결과와 유사하다. 그러나 이러한 결과를 통해 황반부 계측치의 진단적 유용성을 확인하는 것은 가능하나, 빛간섭단층촬영기 기종마다 황반부 분석시 분석 영역의 차이가 있으므로 두 장비의 진단능력을 직접적으로 비교하는 것은 어려운 것으로 생각된다.

신경절세포층의 축삭과 신경세포체, 신경절세포의 축삭돌기는 각각 망막의 신경섬유층과 신경절세포층, 내망상층을 구성하고 있다고 여겨지고 있다.²⁹ 황반부의 중심와 주변에는 이러한 신경절세포의 절반 가량이 여러 층으로 위치해 있기 때문에 녹내장 외에 다른 질환이 없는 경우에는 녹내장 초기의 변화를 더 쉽게 알 수 있으며, 황반부의 변화가 녹내장성 손상을 확인하는 좋은 지표가 될 수 있다.^{13,17,30} 또한 황반부 신경절세포복합체와 신경절세포 및 내망상층을 포함하는 황반부 계측치는 녹내장을 진단하는데 몇 가지 장점이 있다. 먼저 황반은 망막 혈관들로 가려지지 않고 쉽게 관찰할 수 있는 중심부에 위치하고 있기 때문에 유두주위 망막신경섬유층의 두께를 측정할 때 발생할 수 있는 망막 및 시신경유두의 혈관으로 인한 간섭이 없으며, 시신경유두의 모양과 위치 이상, 시신경유두주위 위축과 같이 검사를 시행하는 데 오류가 발생할 수 있는 가능성

이 적다. 또한 시신경유두주위 망막신경섬유층의 두께를 측정하는 것보다 검사치의 변동성이 덜한 것으로 알려져 있다.³¹

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 우선, 대상 환자수가 적고 정상군이 질병군인 녹내장 환자군에 비해 비교적 연령이 낮았으며, 녹내장 환자 중 진행된 녹내장군에는 중등도 및 중증 녹내장을 함께 포함하고 있어 질환의 정도에 따른 진단력의 차이를 세분화하여 분석하지는 못하였다. 또한 대상 환자 중 당뇨병 망막병증, 망막혈관 폐쇄질환, 망막 앞막 등과 같은 황반부에 동반된 질환이 있는 경우는 대상에서 제외하여 본 연구에서 확인하였던 황반부 계측치를 통한 진단력은 실제 임상에서의 진단력 및 유용성과 다소 차이가 있을 수 있겠다. 그러나 본 연구는 녹내장안을 정상안과 구분하는 능력에 있어 황반부 계측치의 유용성을 평가해 보고 각 계측치 간의 차이점을 분석해 보고자 시행한 연구로 기타 질환이 없는 진행된 녹내장안을 정상안과 비교해 봄으로써 이러한 계측치의 진단력을 확인할 수 있었으며, 추후 망막질환자를 포함한 대규모 대상자를 바탕으로 녹내장의 진행상태에 따라 세분화하여 비교하고 임상적 유용성에 대해 확인해 보는 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결론적으로 녹내장을 진단하는 데 있어 파장가변 빛간섭 단층촬영을 통하여 얻은 황반부의 두 계측치를 분석하는 방법은 이전의 진단 방법인 유두주위 망막신경섬유층의 두께를 분석하는 방법과 유사하게 높은 민감도와 특이도를 보여주는 우수한 진단력을 가진 방법으로 확인되었다. 특히 황반부 신경절세포복합체의 두께를 분석하는 방법은 녹내장의 초기 변화를 감지하는 데 있어 더 나은 진단력을 가지고 있었으며, 이는 유두주위 망막신경섬유층을 통한 진단 방법과도 유의한 차이를 보이지 않았다. 본 연구를 통하여 황반부 계측치를 이용하는 방법의 우수한 진단력을 확인함으로써 이후 임상에서 이를 진단적 기준으로 삼고 활용하는 데 있어 근거가 될 수 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Weinreb RN, Aung T, Medeiros FA. The pathophysiology and treatment of glaucoma: a review. *JAMA* 2014;311:1901-11.
- Weinreb RN, Khaw PT. Primary open-angle glaucoma. *Lancet* 2004;363:1711-20.
- Tatham AJ, Weinreb RN, Medeiros FA. Strategies for improving early detection of glaucoma: the combined structure-function index. *Clin Ophthalmol* 2014;8:611-21.
- 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.
- Guedes V, Schuman JS, Hertzmark E, et al. Optical coherence tomography measurement of macular and nerve fiber layer thickness in normal and glaucomatous human eyes. *Ophthalmology* 2003;110:177-89.
- Lisboa R, Leite MT, Zangwill LM, et al. Diagnosing preperimetric glaucoma with spectral domain optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2012;119:2261-9.
- Cho JW, Sung KR, Hong JT, et al. Detection of glaucoma by spectral domain-scanning laser ophthalmoscopy/optical coherence tomography (SD-SLO/OCT) and time domain optical coherence tomography. *J Glaucoma* 2011;20:15-20.
- Sung KR, Kim JS, Wollstein G, et al. Imaging of the retinal nerve fibre layer with spectral domain optical coherence tomography for glaucoma diagnosis. *Br J Ophthalmol* 2011;95:909-14.
- Jeoung JW, Park KH. Comparison of Cirrus OCT and Stratus OCT on the ability to detect localized retinal nerve fiber layer defects in preperimetric glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010;51:938-45.
- Seong M, Sung KR, Choi EH, et al. Macular and peripapillary retinal nerve fiber layer measurements by spectral domain optical coherence tomography in normal-tension glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010;51:1446-52.
- Schulze A, Lamparter J, Pfeiffer N, et al. Diagnostic ability of retinal ganglion cell complex, retinal nerve fiber layer, and optic nerve head measurements by Fourier-domain optical coherence tomography. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2011;249:1039-45.
- Garas A, Vargha P, Holló G. Diagnostic accuracy of nerve fibre layer, macular thickness and optic disc measurements made with the RTVue-100 optical coherence tomograph to detect glaucoma. *Eye (Lond)* 2011;25:57-65.
- Yang Z, Tatham AJ, Weinreb RN, et al. Diagnostic ability of macular ganglion cell inner plexiform layer measurements in glaucoma using swept source and spectral domain optical coherence tomography. *PLoS One* 2015;10:e0125957.
- Hodapp E, Parrish RK, Anderson DR. Clinical decisions in glaucoma. St. Louis: The CV Mosby Co., 1993; 52-61.
- Zeimer R, Asrani S, Zou S, et al. Quantitative detection of glaucomatous damage at the posterior pole by retinal thickness mapping. A pilot study. *Ophthalmology* 1998;105:224-31.
- Greenfield DS, Bagga H, Knighton RW. Macular thickness changes in glaucomatous optic neuropathy detected using optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol* 2003;121:41-6.
- Lederer DE, Schuman JS, Hertzmark E, et al. Analysis of macular volume in normal and glaucomatous eyes using optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 2003;135:838-43.
- Leung CK, Chan WM, Yung WH, et al. Comparison of macular and peripapillary measurements for the detection of glaucoma: an optical coherence tomography study. *Ophthalmology* 2005;112:391-400.
- Na JH, Sung KR, Baek S, et al. Detection of glaucoma progression by assessment of segmented macular thickness data obtained using spectral domain optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53:3817-26.
- Mori S, Hangai M, Sakamoto A, Yoshimura N. Spectral-domain optical coherence tomography measurement of macular volume for diagnosing glaucoma. *J Glaucoma* 2010;19:528-34.
- Lisboa R, Paranhos A Jr, Weinreb RN, et al. Comparison of different spectral domain OCT scanning protocols for diagnosing preperimetric glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54:3417-25.
- Cho JW, Sung KR, Lee S, et al. Relationship between visual field

- sensitivity and macular ganglion cell complex thickness as measured by spectral-domain optical coherence tomography. Invest Ophthalmol Vis Sci 2010;51:6401-7.
- 23) Wang M, Hood DC, Cho JS, et al. Measurement of local retinal ganglion cell layer thickness in patients with glaucoma using frequency-domain optical coherence tomography. Arch Ophthalmol 2009;127:875-81.
- 24) Mwanza JC, Durbin MK, Budenz DL, et al. Glaucoma diagnostic accuracy of ganglion cell-inner plexiform layer thickness: comparison with nerve fiber layer and optic nerve head. Ophthalmology 2012;119:1151-8.
- 25) Takayama K, Hangai M, Durbin M, et al. A novel method to detect local ganglion cell loss in early glaucoma using spectral-domain optical coherence tomography. Invest Ophthalmol Vis Sci 2012;53:6904-13.
- 26) Choi YJ, Jeoung JW, Park KH, Kim DM. Glaucoma detection ability of ganglion cell-inner plexiform layer thickness by spectral-domain optical coherence tomography in high myopia. Invest Ophthalmol Vis Sci 2013;54:2296-304.
- 27) Kim YJ, Kang MH, Cho HY, et al. Comparative study of macular ganglion cell complex thickness measured by spectral-domain optical coherence tomography in healthy eyes, eyes with preperimetric glaucoma, and eyes with early glaucoma. Jpn J Ophthalmol 2014;58:244-51.
- 28) Lee J, Hangai M, Kimura Y, et al. Measurement of macular ganglion cell layer and circumpapillary retinal nerve fiber layer to detect paracentral scotoma in early glaucoma. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2013;251:2003-12.
- 29) Tan O, Li G, Lu AT, et al. Mapping of macular substructures with optical coherence tomography for glaucoma diagnosis. Ophthalmology 2008;115:949-56.
- 30) Curcio CA, Allen KA. Topography of ganglion cells in human retina. J Comp Neurol 1990;300:5-25.
- 31) Garcia-Martin E, Pinilla I, Idoipe M, et al. Intra and interoperator reproducibility of retinal nerve fibre and macular thickness measurements using Cirrus Fourier-domain OCT. Acta Ophthalmol 2011;89:e23-9.

= 국문초록 =

녹내장에서 파장가변 빛간섭단층촬영을 이용한 황반부 신경절세포층의 진단력

목적: 녹내장 환자에서 파장가변 빛간섭단층촬영(DRI OCT-1, Topcon Co., Tokyo, Japan)을 이용하여 황반부 신경절세포복합체(macular ganglion cell complex, mGCC)와 황반 신경절세포 및 내망상층(macular ganglion cell inner plexiform layer, mGCIPL)의 두께를 분석해 보고 두 방법의 진단력을 확인해 보고자 한다.

대상과 방법: 2014년 8월부터 2015년 7월까지 본원에 내원한 109명 109안을 대상으로 파장가변 빛간섭단층촬영을 이용하여 mGCC와 mGCIPL의 두께를 측정하여 정상군, 초기, 진행된 녹내장군 간의 차이를 확인해 보고, 각각의 진단력, 민감도, 특이도를 구하여 유두주위 망막신경섬유층(circumpapillary retinal nerve fiber layer, cpRNFL) 두께 분석 방법과 비교해 보았다.

결과: 초기와 진행된 녹내장에 대한 area under the curve를 비교해 보았을 때 mGCC는 0.78과 0.99 cpRNFL과 유의한 차이가 없었으나 mGCIPL은 0.70으로 cpRNFL과 초기 녹내장을 진단하는 경우 cpRNFL의 진단력과 유의한 차이를 나타내었고($p=0.018$), 녹내장 진단에 대한 민감도와 특이도는 mGCC가 0.95와 0.97, mGCIPL은 0.92와 0.97로 측정되었다.

결론: 두 가지 방법 모두 녹내장을 진단하는 데 있어 높은 민감도와 특이도를 지닌 진단 방법이나, mGCC의 두께 분석 방법이 녹내장의 초기 변화를 감지하는 데 보다 나은 진단력을 가지고 있는 것으로 생각된다.

〈대한안과학회지 2016;57(6):941-950〉