

## 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영을 이용한 시신경유두 모양에 따른 시신경 유두주위위축 분석

김근영 · 이유경 · 문정일 · 박명희

가톨릭대학교 의과대학 안과 및 시과학교실

**목적:** 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영기(SD-OCT)를 이용하여 시신경유두 모양에 따라 시신경 유두주위위축 베타영역(PPA-β)에서 구조적 변화가 있는지에 대해 분석하였다.

**대상과 방법:** Cirrus HD-OCT를 이용하여 시신경 유두주위위축이 있는 녹내장환자 137명 137안과 정상인 31명 31안에 대해 시신경유두 단면을 촬영하였다. 시신경유두 모양에 따라 녹내장안을 국소성군, 근시성군, 동심성군, 노년경화성군으로 나눈 후 브루크막의 모양, 망막층의 구성, 망막기울기에 대해 정상안과 비교하였다.

**결과:** 녹내장안은 총 137안 중 국소성 54안, 근시성 34안, 동심성 28안, 노년경화성 21안이었고 정상안은 31안이었다. 근시성군에서 브루크막 결합 형태가 높은 빈도를 보였고 망막기울기는 가장 낮은 값( $70.6 \pm 12.0^\circ$ )을 보였으며 망막층이 조기에 소실되는 등 두드러진 차이를 보였다. 동심성군에서는 곡선형 브루크막 형태가 높은 빈도를 보였다. 망막기울기는 나이가 증가함에 따라 각도가 커지고, 안축장이 길어짐에 따라 각도가 작아지는 유의한 상관관계를 보였다.

**결론:** 시신경 유두주위위축 베타영역에서 브루크막의 모양, 망막층의 구성, 망막기울기는 시신경유두 모양에 따라 차이를 보였다. <대한안과학회지 2013;54(11):1748-1756>

녹내장은 특징적인 시신경손상 및 시야장애를 초래하는 진행성 질환으로 비가역적 시야장애에 앞서 구조적 변화가 일어나는 것으로 알려졌다.<sup>1</sup> 따라서 녹내장 진단에 있어서 이러한 구조적 변화를 조기에 알아내는 것은 중요하다. 시신경유두의 녹내장성 변화를 기술하기 위해 사용하는 여러 변수 가운데 하나인 시신경 유두주위위축은 정상안압녹내장환자의 약 80%,<sup>2</sup> 원발개방각녹내장환자의 62-68%<sup>3,4</sup>에서 발견되는 반면 정상인에서는 10-20%에서 발견되는 소견이다. 이 시신경 유두주위위축이 클수록 녹내장성 시신경손상 정도, 시야결손 정도가 유의하게 크다고 알려졌다.<sup>2,3,5,6</sup>

최근 개발된 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영기(spectral domain optical coherence tomography, SD-OCT)는 고휘도(superluminescent) 광원과 고정된 거울을 이용해 간섭 스펙트럼을 얻고 이 정보를 푸리에(Fourier) 변환을 통해 영상으로 변환하는 장비로, 기존의 시간 영역 빛간섭단층촬영

영기에 비해 해상력이 증가되고 스캔속도가 빨라졌다. 이를 통해 생체 내에서 망막 및 시신경 단면의 조직학적연구가 가능하였다.<sup>7-10</sup>

Geijssen and Greve<sup>11,12</sup>은 녹내장 환자에서 시신경손상과 연관하여 시신경 모양을 국소성(focal), 근시성(myopic), 동심성(generalized enlargement), 노년경화성(senile sclerotic)의 4가지로 분류하였다. 한편 Drance<sup>13</sup>는 각각의 시신경 형태에 따라 특정한 임상적 특징이 있다고 주장하였는데 이는 시신경 모양에 따라 다른 병리적 원인이 있을 수 있음을 시사한다.

이에 본 연구에서는 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영기를 이용하여 특정 시신경유두 모양에 따라 시신경 유두주위위축 베타영역(PPA-β)의 단면에서 구조적 변화가 있는지에 대해 분석하고자 하였다.

### 대상과 방법

2012년 3월부터 2012년 12월까지 가톨릭대학교 여의도성모병원 녹내장 클리닉을 방문한 환자들의 의무기록을 후향적으로 조사하여 시신경 유두주위위축이 있는 환자들을 선별하여 이들 중 녹내장으로 진단 받은 137명(137안), 정상인 31명(31안)의 의무기록을 분석하였다.

교정시력 20/25 이상, 굴절력(구면렌즈대응치) +3~-6

- Received: 2013. 5. 4.      ■ Revised: 2013. 8. 11.
- Accepted: 2013. 10. 17.
- Address reprint requests to Myoung Hee Park, MD, PhD  
Department of Ophthalmology, The Catholic University of Korea, Yeouido St. Mary's Hospital, #10 63-ro, Yeongdeungpo-gu, Seoul 150-713, Korea  
Tel: 82-2-3779-1243, Fax: 82-2-3775-1245  
E-mail: marypark@catholic.ac.kr

디옵터(diopter, D)이내, 세극등 검사에서 정상적인 전안부 소견과 개방각을 가진 경우를 대상으로 하였고, 검사에 영향을 미칠 수 있는 다른 안질환 및 뇌질환이 있는 경우는 대상에서 제외하였다.

녹내장안은 숙련된 녹내장 전문의의 검사를 통하여 특징적인 녹내장성 시신경 유두 소견을 보이거나 2회 이상의 신뢰할 만한 시야 검사에서 녹내장성 시야결손이 있는 경우 녹내장안으로 정의하였다. 시야검사의 신뢰도는 가양성 15% 이하, 가음성 15% 이하, 주시상실 20% 이하인 경우로 정의하였다. 녹내장성 시야결손은 pattern standard deviation 5% 미만이며 Glaucoma hemifield test에서 outside normal limit이 나타날 때, pattern deviation plot에서 공상 영역에 있는 3개 이상의 점의 역치가 정상의 5% 미만에서 나타나고 그 중 한 점이 1% 미만일 때로 정의하였다.

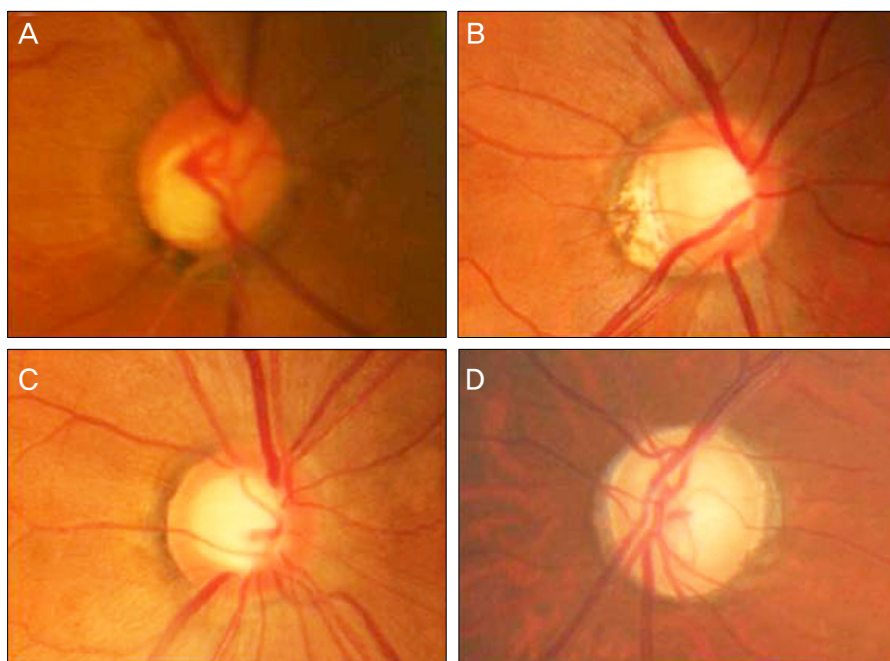
정상안은 안외상, 녹내장의 과거력이 없고 세극등검사상 전안부에 이상 소견이 없으며, 안압이 21 mmHg 미만이고, 정상 시신경유두 형태를 보이며, 시야 검사상 시야결손이 없는 경우로 정의하였다.

모든 대상안들에서 시력 검사, 굴절검사, 세극등검사, Goldmann 압평안압계를 이용한 안압 검사, 전방각 검사, 안저 검사, 칼라안저사진 촬영을 시행하였다. 안축장 측정을 위해 IOL Master® (Carl Zeiss Meditec, Inc., Dublin, CA, USA)를 사용하였으며, Humphrey Visual Field Analyzer® (Carl Zeiss Meditec, Inc., Dublin, CA, USA, Swedish Interactive Threshold Algorithm24-2)를 이용하여 시야 검사 및 Cirrus HD-OCT® (Software version

6.0, Carl Zeiss Meditec, Inc., Dublin, CA, USA)의 5-line raster scan 모드를 이용하여 시신경유두의 단면을 촬영하였다.

시신경유두의 형태는 안저사진을 통해 Broadway et al<sup>14</sup>과 Nicoleta and Drance<sup>15</sup>의 분류에 따라 국소성, 근시성, 동심성, 노년경화성 유두군으로 분류하였으며 구별이 모호하거나 두 가지 이상이 동시에 나타나는 경우는 대상에서 제외하였다(Fig. 1). Cirrus HD-OCT로 5-Line raster scan를 촬영하였고 측정의 정확성을 위하여 신호강도 6이상인 것만을 검사결과에 포함시켰다. 이 중 시신경의 중앙을 지나는 영상과 칼라 안저사진을 일치시킨 후 브루크마크의 모양, 망막층의 구성, 망막기울기에 대해 분석하였다.

브루크마크의 모양은 Hayashi et al<sup>16</sup>의 분류에 따라 직선형 브루크마크(straight BM), 곡선형 브루크마크(curved BM), 브루크마크 결함(BM defect)의 3가지로 분류하였다(Fig. 2). 촬영된 OCT 단면사진내의 가장 이측부부터 시신경유두방향으로 망막색소상피의 가장 편평한 면을 따라 기준면(reference line)을 긋고, 기준면의 공막이행부(sclera bed)에서 수직으로 가상 선을 그어 이 가상선을 '시신경 경계(optic disc edge)'로 정의하였다(Fig. 3). 시신경경계와 시신경유두연접부의 망막상피세포층이 이루는 각을 망막기울기(retinal slope)로 정의하였다. 망막기울기는 촬영된 원시 이미지(raw image)를 망막의 실제 크기 비율인 가로:세로 = 3:1로 변환시킨 후 Image J software (National Institutes of Health; available at: <http://rsbweb.nih.gov/ij/>; accessed December 20, 2009)를 이용하여 각도를 측정하였다. 또한

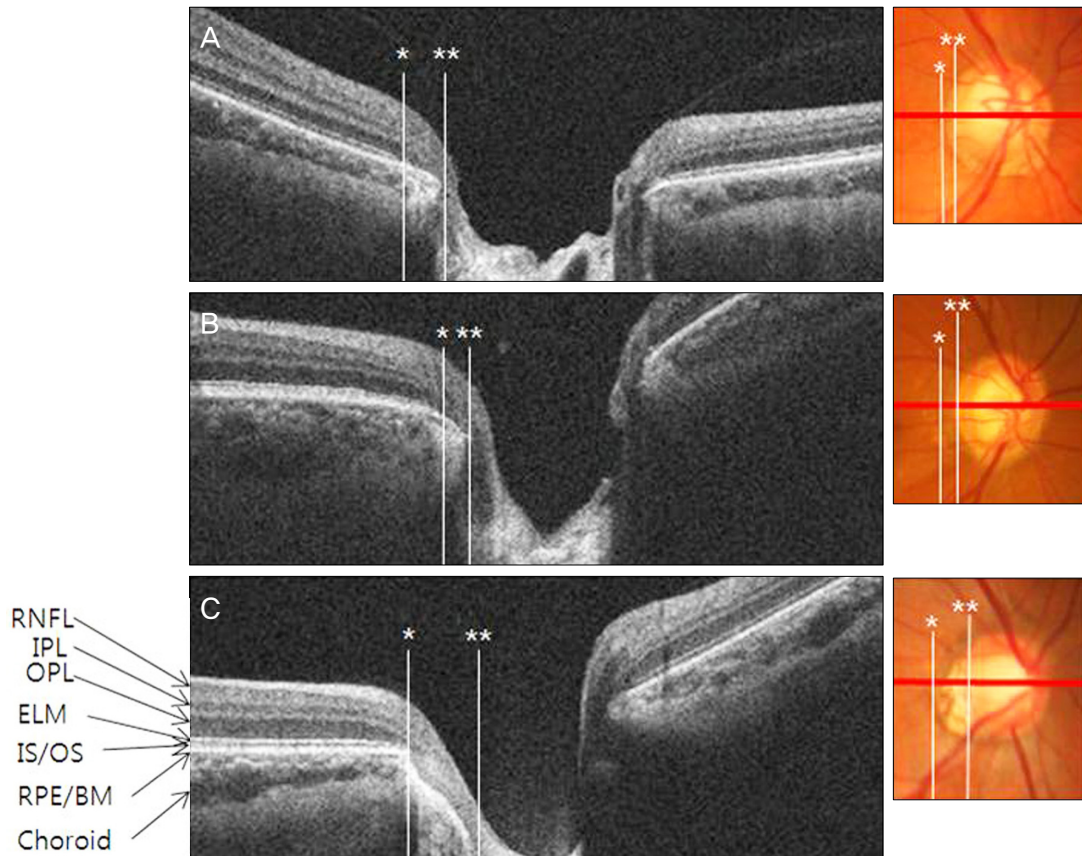


**Figure 1.** Optic disc shape (A) Focal disc pattern, (B) Myopic disc pattern, (C) General enlargement disc pattern, (D) Senile sclerotic pattern.

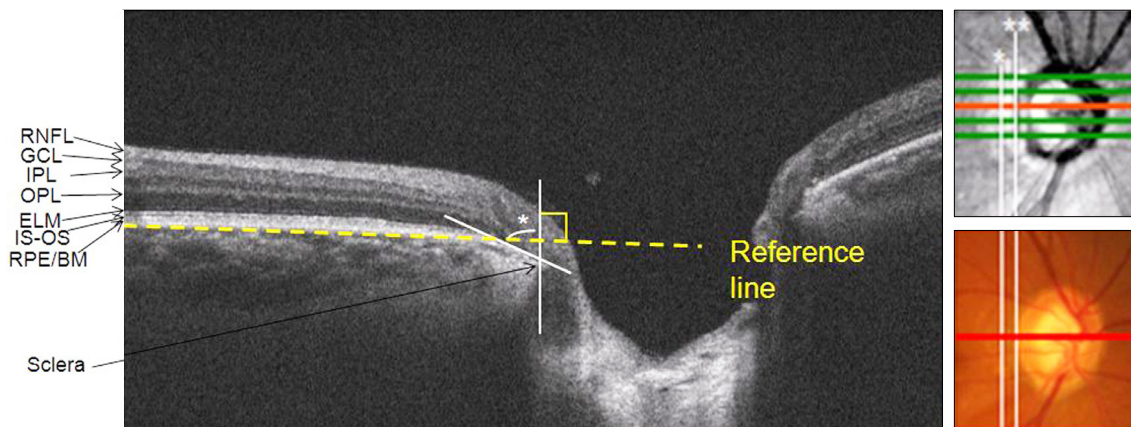
시신경 유두주위위축 베타 영역의 바깥쪽 경계(distal edge of PPA-β)는 칼라 안저사진상 망막색소상피의 완전한 소실이 있는 영역에서 시신경의 중앙을 지나는 선의 가장 바

깁쪽 경계로 정의하였다(Fig. 3).<sup>17</sup>

통계분석은 SPSS 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 을 이용하였고 시신경유두 모양 및 브루크막 모양에 따른



**Figure 2.** B-scan images of peripapillary atrophy. Two vertical lines indicate the distal edge of PPA-β (\*) and optic disc edge (\*\*). Red line passes through the center of the optic disc. (A) straight Bruch's membrane, (B) curved Bruch's membrane, (C) Bruch's membrane defect. ELM = external limiting membrane; IPL = inner plexiform layer; IS/OS = inner and outer segment of photoreceptor; RNFL = retinal nerve fiber layer; RPE/BM = retinal pigment epithelium/Bruch's membrane complex.



**Figure 3.** Measurement of retinal slope around optic nerve head. The retinal slope (\*) is defined as the angle between the optic nerve junction and the retinal pigment epithelium (RPE). GCL = ganglion cell layer; ELM = external limiting membrane; IPL = inner plexiform layer; IS/OS = inner and outer segment of photoreceptor; RNFL = retinal nerve fiber layer; RPE/BM = retinal pigment epithelium/Bruch's membrane complex.

연령, 성별, 시야검사 지표, 구면렌즈 대응치, 안축장을 분석하였다. 연속변수의 분석에 있어서 Oneway ANOVA를 비연속변수의 교차분석에 있어서 Pearson Chi-square test를 사용하였다. 망막기울기와 영향인자의 상관 관계는 Pearsons 상관분석을 시행하였고,  $p$ -value가 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 판정하였다.

## 결 과

전체 연구대상 168명 168안 중 녹내장안은 137안(국소성 54안, 근시성 34안, 동심성 28안, 노년 경화성 21안)이었고 정상안은 31안이었다. 각 그룹간 연령, 성별 등은 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p>0.05$ , Table 1). 근시성군에서 긴 안축장 및 근시성의 구면렌즈대응치(spherical equivalent)를 보였으며( $p<0.05$ , Table 1) 노년경화성군에서 MD과 PSD값이  $-9.44 \pm 6.73$  dB,  $7.30 \pm 4.12$  dB로 다른 유두군에 비해 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ , Table 1).

브루크막 모양에 따른 인자 분석에서 성별, MD, PSD는

3개군(직선형 브루크막군, 곡선형 브루크막군, 브루크막 결함군)에서 차이를 보이지 않았다. 그러나 브루크막 결함군(BM defect)은 평균 나이가  $45.29 \pm 14.0$ 세로 다른 두 군에 비해 젊은 연령대를 보여 주었으며( $p=0.002$ , Table 2), 구면렌즈대응치와 안축장이  $-3.15 \pm 1.96$  D,  $24.72 \pm 1.09$  mm로 다른 군에 비해 더 근시성의 긴 안축장을 보였다( $p<0.05$ , Table 2).

시신경유두 모양에 따른 브루크막의 모양은 정상군에서는 곡선형 브루크막군 50%, 직선형 브루크막군 및 브루크막 결함군이 각 25% 정도를 차지하였다. 근시성군에서 브루크막 결함군(BM defect)은 76.5%, 동심성군에서 곡선형 브루크막군(Curved BM)은 78.6%로 높은 비율을 보였으며 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다( $p<0.001$ , Table 3).

시신경유두 모양에 따른 망막기울기(retinal slope)는 정상군은 평균  $72.4 \pm 11.2^\circ$ 를 보여 주었으며, 국소성군이  $78.0 \pm 8.3^\circ$ 로 가장 높은 값을, 근시성군에서  $70.6 \pm 12.0^\circ$ 로 가장 낮은 값을 보였으며 일원배치분산분석 결과

**Table 1.** Demographic data of the patients with different disc types

	Normal (n = 31)	Focal (n = 54)	Myopic (n = 34)	G Enlarge (n = 28)	S Sclerotic (n = 21)	p-value
Age (years)	$49.1 \pm 10.9$	$50.2 \pm 12.1$	$48.9 \pm 15.0$	$53.2 \pm 12.0$	$55.7 \pm 11.2$	0.223*
Sex (n)						
Male	13	21	23	13	15	0.070†
Female	18	33	11	15	6	
Eyes (n)						
OD	17	29	18	16	7	0.493†
OS	14	25	16	12	14	
SE (diopter)	$-0.40 \pm 1.43$	$-1.60 \pm 1.97$	$-3.57 \pm 1.88^\ddagger$	$-0.77 \pm 1.74$	$-1.77 \pm 1.81$	$<0.001^*$
AXL (mm)	$23.70 \pm 0.90$	$23.85 \pm 0.98$	$24.97 \pm 1.11^\ddagger$	$23.88 \pm 0.84$	$23.97 \pm 1.18$	$<0.001^*$
MD (dB)	$-2.48 \pm 4.83$	$-3.53 \pm 3.90$	$-4.55 \pm 5.03$	$-4.88 \pm 4.21$	$-9.44 \pm 6.73^\ddagger$	$<0.001^*$
PSD (dB)	$2.08 \pm 1.76$	$3.40 \pm 3.70$	$4.15 \pm 3.38$	$3.41 \pm 3.07$	$7.30 \pm 4.12^\ddagger$	$<0.001^*$

Values are presented as mean  $\pm$  SD.

AXL = axial length; G Enlarge = generalized enlargement; MD = mean deviation; PSD = pattern standard deviation; SE = spherical equivalent; S Sclerotic = senile sclerotic.

\*Statistical significances were tested by Oneway analysis of variances among groups; †Pearson Chi-square test; ‡Statistically significant in Scheffe multiple comparison test.

**Table 2.** Factors associated with each type of peripapillary atrophy classified according to PPA bed shape

PPA bed	Age (years)	Sex		SE (diopter)	AXL (mm)	MD (dB)	PSD (dB)
		M	F				
Straight BM (n = 49)	$53.7 \pm 12.7$	19	30	$-1.30 \pm 1.85$	$23.79 \pm 0.95$	$-5.34 \pm 6.15$	$4.12 \pm 4.01$
Curved BM (n = 77)	$52.2 \pm 10.5$	40	37	$-1.07 \pm 1.92$	$23.89 \pm 1.06$	$-4.04 \pm 4.39$	$3.29 \pm 3.08$
BM defect (n = 42)	$45.29 \pm 14.0^\ddagger$	26	16	$-3.15 \pm 1.96^\ddagger$	$24.72 \pm 1.09^\ddagger$	$-4.37 \pm 5.14$	$4.37 \pm 3.90$
p-value	0.002*	0.084†		$<0.001^*$	$<0.001^*$	0.378*	0.226*

Values are presented as mean  $\pm$  SD.

BM = Bruch's membrane; SE = spherical equivalent; AXL = axial length; MD = mean deviation; PSD = pattern standard deviation.

\*Statistical significances were tested by Oneway analysis of variances among groups; †Pearson Chi-square test; ‡Statistically significant in Scheffe multiple comparison test.

시신경유두 모양에 따라 평균값의 부분적 차이가 있음을 알 수 있었다( $p=0.002$ , Table 4). 사후분석 결과 근시성군과 국소성군이 서로 가장 큰 차이를 보였으며 통계적으로 유의하였다( $p=0.025$ , Table 4).

망막기울기에 영향을 주는 인자와의 관계를 보기 위한 상관관계 분석에서 나이가 증가함에 따라 각도가 커지고( $r=0.193$ ,  $p=0.012$ ) 안축장이 길어짐에 따라 각도가 작아지는 유의한 상관관계를 보였다( $r=-0.191$ ,  $p=0.013$ ). 구면렌즈대응치, MD, PSD은 통계적으로 유의한 상관관계를

보이지 않았다(각  $r=0.136$ ,  $p=0.078$ ;  $r=-0.047$ ,  $p=0.547$ ;  $r=0.058$ ,  $p=0.453$ )(Fig. 4).

시신경유두주위위축 베타영역에서 시신경 유두모양에 따라 각 망막층의 구성이 변화되는 양상을 분석한 결과 정상안의 대부분에서 망막바깥층에 해당하는 시세포의 내외 절층 및 외경계막이 소실되어 있었으며, 망막색소상피/브루크막 복합체층은 74.2% 가량에서 유지되고 있었다. 반면에 근시성군에서는 망막색소상피/브루크막 복합체층을 포함하여 거의 망막층 전체가 소실되어 있는 양상을 보여 다른 군

**Table 3.** Prevalence of each type of peripapillary atrophy bed configuration according to optic disc pattern

	Normal (n = 31)	Focal (n = 54)	Myopic (n = 34)	G Enlarge (n = 28)	S Sclerotic (n = 21)	Total* (No.(%))
Straight BM	8 (25.8)	22 (40.7)	6 (17.6)	5 (17.9)	8 (38.1)	49 (29.2)
Curved BM	15 (48.4)	27 (50.0)	2 (5.9)	22 (78.6)	11 (52.4)	77 (45.8)
BM defect	8 (25.8)	5 (9.3)	26 (76.5)	1 (3.6)	2 (9.5)	42 (25.0)
Total (n)	31 (100)	54 (100)	34 (100)	28 (100)	21 (100)	168 (100)

Values are presented as the numbers of subjects (percentage of total group).

\*Chi-square test,  $p$ -value < 0.001.

**Table 4.** Retinal slope according to optic disc pattern

	Normal (n = 31)	Focal (n = 54)	Myopic (n = 34)	G Enlarge (n = 28)	S Sclerotic (n = 21)	$p$ -value*
Retinal slope (degree)	72.4 ± 11.2	78.0 ± 8.3 <sup>†</sup>	70.6 ± 12.0 <sup>†</sup>	71.4 ± 10.2	77.0 ± 8.6	0.002

Values are presented as mean ± SD.

\*Statistical significances were tested by Oneway analysis of variances among groups; <sup>†</sup>Statistically significant in Scheffe multiple comparison test.

**Table 5.** Prevalence of continuity of each retinal layer before the optic disc edge within peripapillary atrophy-β according to optic disc shape

	Normal (n = 31)	Focal (n = 54)	Myopic (n = 34)	G Enlarge (n = 28)	S Sclerotic (n = 21)	$p$ -value
GCL	9 (29%)	10 (18.5%)	0 (0%)	7 (25%)	3 (14.3%)	0.022*
IPL	15 (48.4%)	30 (55.6%)	2 (5.9%)	11 (39.3%)	14 (66.7%)	<0.001*
OPL	12 (38.7%)	29 (53.7%)	2 (5.9%)	13 (46.4%)	8 (38.1%)	<0.001*
ELM	3 (9.7%)	8 (14.8%)	0 (0%)	3 (0%)	4 (19%)	0.159*
IS-OS	1 (3.2%)	3 (5.6%)	0 (0%)	2 (7.1%)	0 (0%)	0.448*
RPE/Bruch	23 (74.2%)	47 (87.0%)	8 (23.5%)	24 (85.7%)	18 (85.7%)	<0.001*

Values are presented as the numbers of subjects (percentage of total group).

GCL = ganglion cell layer; IPL = inner plexiform layer; OPL = outer plexiform layer; ELM = external limiting membrane; IS-OS = inner and outer segment of photoreceptor; RPE/Bruch = retinal pigment epithelium/Bruch's membrane complex.

\*Pearson Chi-square test.

**Table 6.** Prevalence of continuity of each retinal layer before optic disc edge within peripapillary atrophy-β according to PPA bed shape

	Straight BM (n = 49)	Curved BM (n = 77)	BM defect (n = 42)	$p$ -value
GCL	16 (32.7%)	13 (16.9%)	0 (0%)	<0.001*
IPL	35 (71.4%)	34 (44.2%)	3 (7.1%)	<0.001*
OPL	32 (65.3%)	32 (41.6%)	0 (0%)	<0.001*
ELM	12 (24.5%)	6 (7.8%)	0 (0%)	<0.001*
IS-OS	4 (8.2%)	2 (5.6%)	0 (0%)	0.092
RPE/Bruch	49 (100%)	71 (92.2%)	0 (0%)	<0.001*

Values are presented as the numbers of subjects (percentage of total group).

BM = Bruch's membrane; GCL = ganglion cell layer; IPL = inner plexiform layer; OPL = outer plexiform layer; ELM = external limiting membrane; IS-OS = inner and outer segment of photoreceptor; RPE/Bruch = retinal pigment epithelium/Bruch's membrane complex.

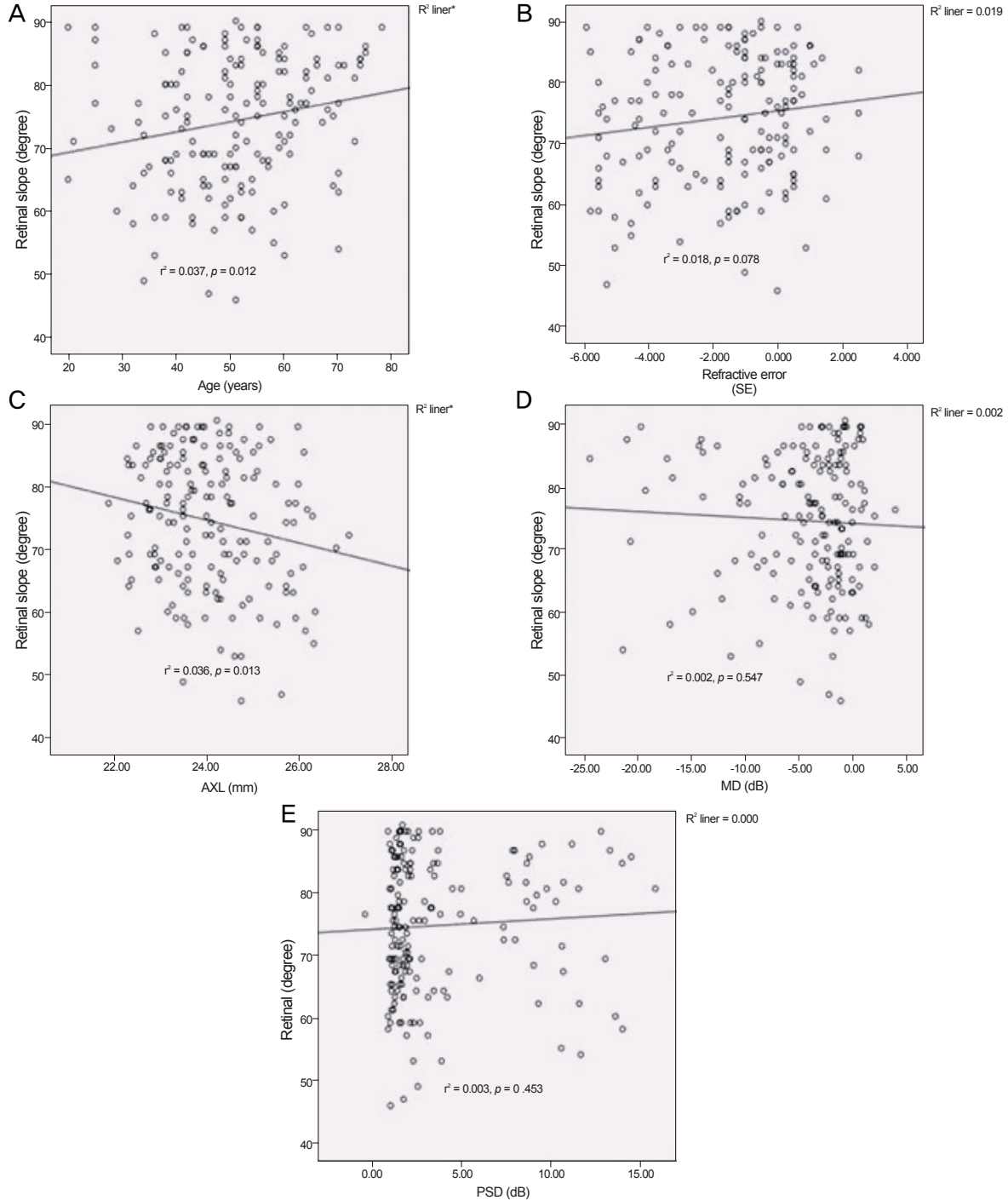
\*Pearson Chi-square test.



과 두드러진 차이를 보였다(Table 5).

또한 시신경유두주위위축 베타영역에서 브루크막 모양에 따라 각 망막층의 구성이 변화되는 양상을 분석한 결과 직선형 브루크막 타입(Straight BM)에서는 시세포의 내외 절층을 제외한 전층이 비교적 높게 유지되고 있었으나 브

루크막 결함 타입(BM defect)에서는 거의 망막층 전체가 소실되어 있는 양상을 보여 다른 군과 두드러진 차이를 보였다(Table 6).



**Figure 4.** Scatterplot shows the relationship between retinal slope and other influencing factors. With increasing age, retinal slope (A) increased. In contrast, as axial length increased, retinal slope (C) decreased. There was no correlation between the retinal slope and refractive error (B), MD (D), PSD (E). AXL = axial length; MD = mean deviation; PSD = pattern standard deviation; SE = spherical equivalent. Pearson correlation analysis was used.

## 고 찰

Jonas et al<sup>18</sup>은 시신경 유두주위위축을 조직학적 특징에 따라 주변부인 알파영역(zone α)과 중심부인 베타영역(zone β)으로 나누었다. 알파영역은 맥락망막층의 얇아짐과 망막색소상피(RPE)층의 불규칙한 과색소 혹은 저색소 침착을 특징으로 하며,<sup>3,18</sup> 베타영역은 시신경과 붙어 있으면서 망막색소상피, 맥락모세혈관의 위축 및 맥락망막조직이 얇아지면서 공막 및 맥락막혈관이 비쳐 보이는 것이 특징이다.<sup>18</sup> 이러한 시신경 유두주위위축은 근시뿐 아니라 녹내장과 연관있는 것으로 알려졌는데<sup>3,18,19</sup> 특히 베타영역의 위치와 범위는 시신경유두의 녹내장성 손상 및 시야손상과 연관성이 있음을 여러 연구에서 보여주고 있다.<sup>2,3,5,19,20</sup>

빛간섭단층촬영의 획기적인 발달은 시신경유두 단면의 세밀한 구조적 분석을 가능하게 함으로써 시신경 유두주위위축 베타영역 분석에 있어서도 다양한 연구를 가능하게 하였다. Lee et al<sup>7</sup>은 SD-OCT를 이용한 시신경 유두의 단면 연구에서 시신경 유두주위위축 베타영역에서 다양한 형태학적 변화의 모습이 존재함을 보여 주었으며 Manjunath et al<sup>9</sup> 역시 다양한 형태학적 변화의 모습을 보이고 특히 시신경 유두주위위축을 가진 녹내장안에서 비정상적인 망막 기울기를 보인다고 보고하였다.

녹내장으로 진단된 환자에서 다양한 형태의 시신경 손상이 관찰되어 왔고 시신경 모양에 따라 특정한 다른 임상양상을 보인다는 연구결과가 있었다.<sup>11-13</sup> 이는 시신경 모양에 따라 다른 병리 기전이 시신경에 작용함을 추측해 볼 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 시신경 유두주위위축 베타영역의 단면에서 구조적 변화가 있는지 분석하고자 하였다.

본 연구에서 시신경유두 모양에 따른 브루크막의 모양은 정상군에서는 곡선형 50%, 직선형 및 결함형이 각 25% 정도를 차지하였고 동심성군에서 곡선형 브루크막 결함군(Curved BM)은 78.6%, 근시성군에서 브루크막 결함군(BM defect)은 76.5%로 높은 비율을 보였다( $p < 0.001$ , Table 3). Hayashi et al<sup>16</sup>은 곡선형 브루크막 형태가 녹내장과 연관되어 있음을 보고하였으며 본 연구에서도 동심성군에서 높은 비율의 곡선형 브루크막 형태를 보였는데, 이는 동심성군의 경우 다른 군과 비교하여 상승된 안압에 의해 시신경 유두주위위축 영역의 공막 기저부가 후방으로 잘 휘어지는 특징을 가질 가능성이 있을 것으로 생각한다. 근시성 유두는 브루크막 결함 형태의 비율이 높게 나타났는데 이는 근시가 브루크막 결함 형태와 연관있다는 Hayashi et al<sup>16</sup>의 연구 결과와 일치한다.

본 연구에서 망막기울기는 시신경 유두주위위축이 있는 정상안은 평균  $72.4 \pm 11.2^\circ$ 로 Manjunath et al<sup>9</sup>의 연구에

서 보여준 시신경 유두주위위축이 없는 정상안의  $90^\circ$ 와 비교할 때 더 낮은 값을 보임을 알 수 있었다. 국소성, 근시성, 동심성, 노년경화성군 모두에서  $90^\circ$  미만의 비정상적 망막기울기를 확인할 수 있었으며 이는 Manjunath et al<sup>9</sup>의 연구 결과와 일치하였다. 또한 국소성군이  $78.0 \pm 8.3^\circ$ 로 가장 높은 값을, 근시성군에서  $70.6 \pm 12.0^\circ$ 로 가장 낮은 값을 보였으며 통계적으로 국소성군과 근시성군이 가장 큰 차이를 보임을 알 수 있었다.

망막기울기는 나이가 증가함에 따라 각도가 커졌는데( $r=0.193$ ,  $p=0.012$ ) 이는 망막기울기가 더 작은 근시성군의 연령이 상대적으로 적어서 나온 결과로 추측된다. 또한 망막기울기는 안축장이 길어짐에 따라 각도가 작아지는 유의한 상관관계를 보였는데( $r=-0.191$ ,  $p=0.013$ ) 이는 안구신장에 의한 전단스트레스(shearing stress) 증가<sup>19</sup>에 의한 영향으로 보인다.

시신경 유두주위위축 베타영역의 시신경 유두 모양에 따른 망막층의 구성에 대한 분석에서 정상안의 대부분에서 외층에 해당하는 시세포의 내외절층 및 외경계막이 소실되어 있었으며, 망막색소상피/브루크막 복합체층은 74.2% 가량에서 유지되고 있었다. 반면에 근시성군에서는 망막색소상피/브루크막 복합체층을 포함하여 거의 망막층 전체가 소실되어 있는 양상을 보여 다른 군과 두드러진 차이를 보였다. 또한 브루크막 모양에 따른 분석에서는 브루크막 결함 타입이 거의 망막층 전체가 소실되어 있는 양상을 보여 다른 군과 두드러진 차이를 나타냈다.

저자들은 이전 연구에서 급격히 상승된 안압에 의하여 시신경유두주위 망막의 후굴로 인한 망막기울기 변화를 관찰한 바 있다(연구 결과는 현재 학술지 심사중임). 따라서 본 연구결과를 볼 때 망막기울기는 안압상승에 의한 변화도 있지만, 안축장의 신장에 의한 영향도 있을 것으로 보이므로, 안압상승에 의한 시신경 경계부에서의 망막층의 변화를 살필 때는 곡선형 브루크막 형태가 동반되어 있는지를 같이 보는 것이 중요하다고 판단된다.

본 연구의 제한점으로는 첫째 시신경 유두주위위축 베타영역 분석에 있어 녹내장의 주요 원인으로 알려진 안압의 영향을 고려하지 못했다는 점이다. 따라서 추후 안압에 의한 영향 역시 추가적으로 분석이 필요할 것으로 생각한다. 둘째 본 연구에서는 시신경유두 분석에 있어 시신경유두중심을 수평으로 지나는 선을 기준으로 시신경의 이측 영역만 분석하였기 때문에 국소성군(focal disc)처럼 이측 영역보다는 상측 혹은 하측에 시신경유두테의 패임(notching)이 호발하는 경우 실제 시신경유두의 변화가 발생하는 구역을 분석하지 못한 제한점을 가지고 있다. 셋째 최근 Park et al<sup>21</sup>의 연구에서 브루크막과 망막색소상피세포를 따로

분리하여 분석하였으나 본 연구에서 사용한 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영은 상대적으로 해상력이 떨어져 브루크막과 망막색소상피세포를 분리하여 분석하지 못했다는 점이다. 넷째 실제 시신경은 순수하게 한가지의 형태만 존재하기 보다는 혼합된 형태로 존재하는 경우가 있기 때문에 단순히 하나의 시신경유두 모양만으로 녹내장의 기전을 완전히 설명할 수 없다. 그러나 본 연구는 시신경유두 모양에 따른 시신경 유두주위 위축 베타영역의 구조적인 차이를 비교한 최초의 연구라는 점에서 그 의의가 있다.

결론적으로 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영을 이용한 시신경 유두주위위축 베타영역의 단면 분석에 있어 시신경 모양에 따라 차이를 보였으며 특히, 근시성 유두군에서 브루크막 결함 형태의 비율이 높고, 망막기울기가 작으며, 망막층이 조기에 소실되는 등 다른 유두군과 비교하여 두드러진 차이를 보였다. 이는 안구 신장에 의한 전단 스트레스<sup>19</sup>에 의해 더 넓은 면적의 시신경 유두주위위축 영역이 발생함으로써 망막세포층이 결핍되고, 망막기울기가 더 작아지는 것으로 생각한다. 한편 망막기울기의 경우 나이와 안축장에 연관이 있음을 알 수 있었다. 이에 따라 시신경 유두주위위축을 동반한 녹내장안의 분석에 있어 브루크막의 모양 및 망막기울기를 보는 것은 녹내장 진단에 있어서 보조적인 역할을 할 수 있을 것으로 생각한다.

## REFERENCES

- 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.
- Park KH, Tomita G, Liou SY, Kitazawa Y. Correlation between peripapillary atrophy and optic nerve damage in normal-tension glaucoma. *Ophthalmology* 1996;103:1899-906.
- Jonas JB, Naumann GO. Parapapillary chorioretinal atrophy in normal and glaucoma eyes. II. Correlations. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1989;30:919-26.
- Uchida H, Yamamoto T, Tomita G, Kitazawa Y. Peripapillary atrophy in primary angle-closure glaucoma: a comparative study with primary open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol* 1999;127:121-8.
- Tezel G, Kass MA, Kolker AE, Wax MB. Comparative optic disc analysis in normal pressure glaucoma, primary open-angle glaucoma, and ocular hypertension. *Ophthalmology* 1996;103:2105-13.
- Kono Y, Zangwill L, Sample PA, et al. Relationship between parapapillary atrophy and visual field abnormality in primary open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol* 1999;127:674-80.
- Lee KY, Tomidokoro A, Sakata R, et al. Cross-sectional anatomic configurations of peripapillary atrophy evaluated with spectral domain-optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010;51:666-71.
- Nassif N, Cense B, Park B, et al. In vivo high-resolution video-rate spectral-domain optical coherence tomography of the human retina and optic nerve. *Opt Express* 2004;12:367-76.
- Manjunath V, Shah H, Fujimoto JG, Duker JS. Analysis of peripapillary atrophy using spectral domain optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2011;118:531-6.
- Na JH, Moon BG, Sung KR, et al. Characterization of peripapillary atrophy using spectral domain optical coherence tomography. *Korean J Ophthalmol* 2010;24:353-9.
- Geijssens HC, Greve EL. The spectrum of primary open angle glaucoma. I: Senile sclerotic glaucoma versus high tension glaucoma. *Ophthalmic Surg* 1987;18:207-13.
- Geijssens HC, Greve EL. Focal ischaemic normal pressure glaucoma versus high pressure glaucoma. *Doc Ophthalmol* 1990;75:291-301.
- Drance SM. What can we learn from the disc appearance about the risk factors in glaucoma? *Can J Ophthalmol* 2008;43:322-7.
- Broadway DC, Nicolela MT, Drance SM. Optic disk appearances in primary open-angle glaucoma. *Surv Ophthalmol* 1999;43 Suppl 1:S223-43.
- Nicolela MT, Drance SM. Various glaucomatous optic nerve appearances: clinical correlations. *Ophthalmology* 1996;103:640-9.
- Hayashi K, Tomidokoro A, Lee KY, et al. Spectral-domain optical coherence tomography of beta-zone peripapillary atrophy: influence of myopia and glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53:1499-505.
- Curcio CA, Saunders PL, Younger PW, Malek G. Peripapillary chorioretinal atrophy: Bruch's membrane changes and photoreceptor loss. *Ophthalmology* 2000;107:334-43.
- Jonas JB, Nguyen XN, Gusek GC, Naumann GO. Parapapillary chorioretinal atrophy in normal and glaucoma eyes. I. Morphometric data. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1989;30:908-18.
- Jonas JB, Fernández MC, Naumann GO. Glaucomatous parapapillary atrophy. Occurrence and correlations. *Arch Ophthalmol* 1992;110:214-22.
- Jonas JB, Gründler AE. Correlation between mean visual field loss and morphometric optic disk variables in the open-angle glaucomas. *Am J Ophthalmol* 1997;124:488-97.
- Park SC, De Moraes CG, Tello C, et al. In-vivo microstructural anatomy of beta-zone parapapillary atrophy in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010;51:6408-13.



**=ABSTRACT=**

## Analysis of Peripapillary Atrophy According to the Optic Disc Shape Using Spectral Domain OCT

Geun Yeong Kim, MD, You Kyung Lee, MD, Jung Il Moon, MD, PhD, Myoung Hee Park, MD, PhD

*Department of Ophthalmology and Visual Science, Yeouido St. Mary's Hospital, The Catholic University of Korea College of Medicine, Seoul, Korea*

**Purpose:** To analyze the structural changes in the  $\beta$ -zone of peripapillary atrophy (PPA- $\beta$ ) using cross-sectional image of the optic disc head from spectral-domain optical coherence tomography (SD-OCT) according to the optic disc shape.

**Methods:** One hundred thirty-seven eyes in 137 patients with glaucoma having PPA- $\beta$  and 31 normal eyes (control group) were evaluated retrospectively. Cross-sectional images of the optic disc were taken using the Cirrus HD-OCT. We classified optic disc patterns into normal, focal, myopic, generalized enlargement and senile sclerotic appearance types and analyzed the shape of Bruch's membrane (BM), composition of retinal layer and retinal slope according to the optic disc shape.

**Results:** Among the 137 eyes with glaucoma, 54 eyes were focal disc type, 34 eyes were myopic disc type, 28 eyes were generalized enlargement disc type and 21 eyes were senile sclerotic disc type. The myopic disc group showed a noticeable difference compared to the other groups in terms of a higher percentage of BM defect type, the lowest retinal slope ( $70.6 \pm 12.0^\circ$ ) and the earlier termination of retinal layers. The generalized enlargement disc group showed the highest percentage of curved BM type. Retinal slope angle increased with age and decreased with axial length.

**Conclusions:** In the  $\beta$ -zone of peripapillary atrophy, there were several differences in the shape of Bruch's membrane, composition of retinal layers and the retinal slope according to the optic disc shape.

J Korean Ophthalmol Soc 2013;54(11):1748-1756

**Key Words:** Bruch's membrane, Optical coherence tomography, Optic disc appearance, Peripapillary atrophy

---

Address reprint requests to **Myoung Hee Park, MD, PhD**

Department of Ophthalmology, The Catholic University of Korea, Yeouido St. Mary's Hospital

#10 63-ro, Yeongdeungpo-gu, Seoul 150-713, Korea

Tel: 82-2-3779-1243, Fax: 82-2-3775-1245, E-mail: marypark@catholic.ac.kr