

## 고도근시에서 시신경유두주위 위축 범위에 따른 빛간섭단층촬영의 녹내장 진단력 비교

김우진<sup>1</sup> · 김경남<sup>1</sup> · 김창식<sup>1,2</sup>

충남대학교 의과대학 안과학교실<sup>1</sup>, 충남대학교 의과대학 의학연구소<sup>2</sup>

**목적:** 고도근시안에서 시신경유두주위 위축 범위에 따른 여러 빛간섭단층촬영 검사들의 녹내장 진단력을 비교하고자 한다.

**대상과 방법:** 시신경유두주위 위축과 -6 디옵터 이상의 고도근시를 동반한 녹내장 환자 31명 50안을 대상으로 시신경유두주위 위축영역이 빛간섭단층촬영기의 시신경유두 분석 원을 넘어서 분포하는 A군과 원 안쪽에 국한된 B군으로 나누어 유두주위 망막신경섬유층, 황반부 망막전층, 황반부 신경절세포-내망상층 두께를 측정하여 진단력을 비교하기 위하여 area under receiver characteristics curve (AUC)를 분석하였다.

**결과:** 두 군 사이에 연령, 성비, 안압, 시신경유두 크기, 자동시야검사의 mean deviation은 유의한 차이가 없었으며 A군에서 근시의 정도가 유의하게 컸다(평균 -11.9 vs -7.3 디옵터,  $p=0.002$ ). 각 검사의 평균치의 비교에서 A군에서는 신경절세포-내망상층의 AUC가 0.865로 유두주위 망막신경섬유층의 0.742와 황반부 망막의 0.728보다 유의하게 높았으며( $p<0.05$ ), 가장 높은 진단력을 가지는 구역 간의 비교에서도 신경절세포-내망상층의 AUC가 0.865로 유두주위 망막신경섬유층의 0.773보다 유의하게 높았다( $p=0.046$ ). A, B군 간 굴절력을 대응시킨 부분군 분석에서도 Sub-A군에서는 가장 높은 진단력을 가지는 구역이 신경절세포-내망상층의 AUC가 0.968로 유두주위 망막신경섬유층의 0.755와 황반부 망막의 0.827보다 유의하게 높았다( $p<0.05$ ). B군과 Sub-B군에서는 각 검사 간에 유의한 차이가 없었다( $p>0.05$ ).

**결론:** 시신경유두주위 위축이 빛간섭단층촬영의 분석 원을 넘어서 분포하는 고도근시에서는 신경절세포-내망상층 검사가 녹내장 진단에 효과적일 것으로 보인다.

〈대한안과학회지 2013;54(12):1844-1855〉

근시가 개방각녹내장 발생의 위험인자라는 사실은 여러 연구에서 보고된 바 있으며 그 기전으로는 정시안과 다른 근시안의 해부학적 구조,<sup>1-3</sup> 안혈류 변동폭(ocular pulse amplitude)과 같은 혈류역학적인 요인<sup>4-6</sup> 등이 제시되었다. 그러나 수직 타원형의 시신경유두, 시신경유두의 기울어짐, 이측 시신경테의 소실, 크고 얇은 유두함몰, 근시 코누스(temporal myopic crescent), 시신경유두주위 위축 등이 동반된 고도근시에서는 시신경유두의 형태만으로는 녹내장성 변화를 진단하기 어려워 초기 녹내장의 진단이 늦어질 수 있다.<sup>7,8</sup> 따라서 이러한 환자들을 조기에 진단하고 관리하는 것이 중요하다.

최근에 개발된 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기(spectral domain optical coherence tomography)는 기존의 장비보다 더 빠른 스캔속도와 고해상도의 영상을 제공해주며,<sup>9</sup> 이

를 이용한 유두주위 망막신경섬유층 두께의 정량적 검사는 높은 민감도와 특이도를 보여 녹내장 진단과 경과관찰에 유용하게 사용되고 있다. 그러나 시신경유두 또는 시신경유두주위의 변화가 동반된 고도근시에서는 빛간섭단층촬영의 유두주위 망막신경섬유층 분석이 진단적 가치를 나타내지 못하는 경우가 흔하다.<sup>10,11</sup> 시신경유두주위 위축(peripapillary atrophy)은 시신경을 둘러싼 부위에 나타나는 맥락망막조직의 위축으로 큰 맥락막 혈관과 공막이 비쳐 보인다. 이는 정상인에서도 보일 수 있지만 녹내장이나 고도근시에서 더 잦은 빈도로, 더 넓은 범위에 걸쳐 분포한다고 알려졌다.<sup>12-15</sup> 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영을 이용한 유두주위 망막신경섬유층의 두께 측정은 시신경유두 중심으로부터 반경 1.73 mm 부위의 분석 원에서 이루어진다. 따라서 일부 고도근시 환자에서는 시신경유두주위 위축 영역이 이 원을 넘어 바깥쪽까지 분포해 있어 망막신경섬유층의 두께 측정에 오차를 유발할 수 있다.

한편 망막신경절세포는 주로 황반부에 밀집해 분포하고 있으며 녹내장에서는 이러한 망막신경절세포의 소실을 볼 수 있다.<sup>16</sup> 그러므로 황반부의 망막 두께나 신경절세포층 두께를 관찰하는 것은 녹내장성 손상을 파악하는데 중요한

■ Received: 2013. 3. 29.      ■ Revised: 2013. 7. 17.  
■ Accepted: 2013. 10. 29.  
■ Address reprint requests to Chang Sik Kim, MD, PhD  
Department of Ophthalmology, Chungnam National University  
Hospital, #282 Munhwa-ro, Jung-gu, Daejeon 301-721, Korea  
Tel: 82-42-280-7606, Fax: 82-42-255-3745  
E-mail: kcs61@cnu.ac.kr

단서가 될 수 있다. 녹내장 환자를 대상으로 한 몇 연구에서 빛간섭단층촬영으로 측정된 황반부 망막 두께가 유두주위 망막신경섬유층 두께보다 더 나은 진단력을 보여주지는 않았으나 두 가지 검사를 함께 사용하면 녹내장의 상태를 평가하는데 도움이 될 것이라고 보고한 바 있다.<sup>17-20</sup> 한편 고도근시를 동반한 녹내장 환자를 대상으로 한 몇 연구에서는 황반부 신경절세포층의 두께 측정이 오히려 유두주위 망막신경섬유층의 두께 측정보다 더 우수한 녹내장 진단력을 보였다고 보고하였는데, 근시의 정도에 따른 진단력에는 차이가 나타나지 않았다고 하였다.<sup>21,22</sup>

실제 임상에서 시신경유두주위 위축이 심한 고도근시 환자에서는 시신경유두의 녹내장성 손상 정도를 파악하기가 어렵고, 빛간섭단층촬영의 유두주위 망막신경섬유층 두께 측정에서도 유용한 정보를 얻지 못하는 경우가 흔하다. 이에 저자들은 시신경유두주위 위축과 고도근시가 동반된 녹내장 안을 대상으로 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기로 유두주위 망막신경섬유층과 황반부 망막 및 신경절세포-내망상층의 두께를 측정하였고, 시신경유두주위 위축의 범위가 시신경유두중심에서 반경 1.73 mm의 시신경유두 분석 원 안쪽에 국한되어있는 군과 원을 넘어서 바깥쪽까지 분포하고 있는 군으로 나누어 각 검사의 녹내장 진단력을 비교하였다.

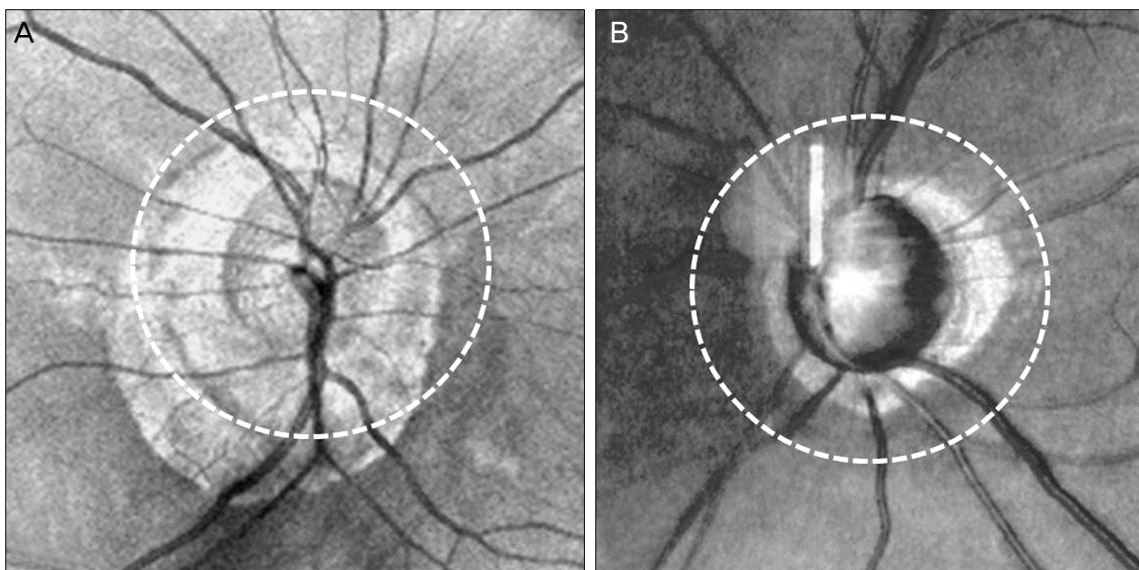
## 대상과 방법

2011년 2월부터 2012년 10월까지 충남대학교 병원 녹내장 클리닉을 방문한 환자 중 시신경유두주위 위축과 구

면렌즈 대응치 -6 디옵터(diopter, D) 이상의 고도근시가 동반된 개방각녹내장 환자를 대상군으로, 시신경유두주위 위축과 고도근시가 있으나 녹내장은 없는 정상인을 대조군으로 포함하여 이들의 의무기록을 후향적으로 분석하였다.

대상군과 대조군은 시신경유두주위 위축이 반경 1.73 mm의 빛간섭단층촬영 시신경유두 분석 원을 넘어서까지 분포해 있는 경우 각각 A군과 A군의 대조군으로, 원 안쪽에 국한된 경우 각각 B군과 B군의 대조군으로 나누었다 (Fig. 1). 대상군에서 유두주위 위축이 심한 군에서 근시의 정도가 더 크게 나타났기 때문에 근시에 따른 차이를 확인하기 위하여 추가적으로 A군과 B군에서 굴절력이 비슷한 대상끼리 대응표본을 추출하여 Sub-A, Sub-B군을 선정하고, 이들 간의 차이에 대하여도 부분군(subgroup) 분석을 시행하였다.

개방각녹내장에는 정상안압녹내장과 원발개방각녹내장을 포함시켰다. 특징적인 녹내장성 시신경손상과 시야결손이 있으며 전방각은 개방되어 있고 시야결손의 원인이 될 만한 다른 안질환이나 전신질환이 없는 경우 개방각녹내장으로 진단하였으며, 이들에서 치료 전 안압이 21 mmHg 이하인 경우 정상안압녹내장으로, 치료 전 안압이 22 mmHg 이상인 경우 원발개방각녹내장으로 진단하였다. 모든 대상 안에서 시력, 굴절력, 골드만압평안압계를 이용한 안압, 세극 등현미경검사 및 안저검사를 시행하였다. 또한 Humphrey 자동시야계(Carl Zeiss Meditec Inc., Dublin, CA, USA)를 이용한 시야검사와 Cirrus 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기(Carl Zeiss Meditec Inc., Dublin, CA, USA)를 이용한 시



**Figure 1.** Classification of the subject group by the area of the peripapillary atrophy in relation to the optic disc scan circle of Cirrus OCT. (A) Case with a peripapillary atrophy area, which is distributed beyond the circle (group A). (B) Case with a peripapillary atrophy area, which is confined within the circle (group B).

신경유두주위 망막신경섬유층, 황반부 망막전층, 황반부 신경절세포-내망상층의 두께 측정을 시행하였다. 최대교정 시력이 0.5 미만인 경우, 안수술 기왕력이 있는 경우, 당뇨 망막병증 등 빛간섭단층촬영검사에 영향을 줄 수 있는 망막 질환이 있거나 망막레이저치료를 받은 경우, 다른 안과 질환에 동반된 이차성녹내장, 신경학적 질환이 있는 경우는 연구대상에서 제외하였다.

시야검사는 swedish interactive threshold algorithm standard 24-2 방식으로 시행하였으며 주시 상실률이 20% 이상이거나 위양성 혹은 위음성률이 15% 이상인 경우는 분석에서 제외하였다. 녹내장성 시야결손은 두 번의 연속적인 검사에서 pattern deviation plot의 활모양 영역에 있는 3개 이상의 점의 역치가 정상치의 5% 미만에서 나타나고 그 중 한 점이 1% 미만일 때나 glaucoma hemifield test상 outside normal limit가 나타날 때 또는 pattern standard deviation 이 5% 미만으로 나타날 때로 정의하였다.

Cirrus 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영검사에서 시신경유두와 황반부의 영상지표는 optic disc cube 200×200 scan mode와 macular cube 512×128 scan mode로 얻었다. 검사는 숙련된 한 명의 검사자가 시행하였으며 중심에서 이탈된 영상이나 신호강도 값이 5 이하인 경우는 분석에서 제외하였다. Optic disc cube 200×200 scan mode는 시신경유두를 중심으로 가로, 세로 각 6 mm 사각형 부위를 200개로 균등하게 분할한 후 각 단면당 200회의 A-스캔을 통해 얻어진 자료에서 시신경유두 중심으로부터 반경 1.73 mm 부위의 측정치를 추출하는 방식으로 4개의 사분면 및 평균 유두주위 망막신경섬유층 두께를 측정한다. Macular cube 512×128 scan mode는 중심와를 중심으로 황반부 6×6 mm (가로×세로) 크기 사각형에 해당하는 부위를 512×128 (가로×세로)의 점으로 스캔하는 라스터스캔(raster scan) 방식으로, 결과 분석은 황반두께지도(macular thickness map)와 신경절세포 분석(ganglion cell analysis)을 이용하였다. 황반두께지도는 중심와를 중심으로 3개의 동심원(직경 1 mm의 중심원, 직경 3 mm의 안쪽 원과 직경 6 mm의 바깥쪽 원)으로 표현되고 안쪽 원과 바깥쪽 원은 상측, 이측, 하측, 비측의 4분역으로 나누어져 총 9개의 구역별로 망막신경섬유층과 망막색소상피층의 바깥경계(outer band) 사이의 두께가 표시된다. 신경절세포 분석은 수직 직경이 각각 1 mm, 4 mm, 수평 직경이 1.2 mm, 4.8 mm인 안쪽 및 바깥쪽 타원형 고리 사이의 구역이 상측, 상비측, 상이측, 하측, 하비측, 하이측의 총 6개로 나누어져 신경절세포-내망상층의 두께가 표시된다.

결과 분석에는 SPSS Version 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)과 MedCalc version 9.6 (MedCalc, Mariakerke,

Belgium) 통계프로그램을 사용하였다. 연령, 안압, 굴절력, 시신경유두 크기, mean deviation, pattern standard deviation의 비교는 Mann-Whitney *U* test를 이용하였으며 성비의 비교는 Chi-square test를 이용하였다. 빛간섭단층촬영검사의 유두주위 망막신경섬유층, 황반부 망막 및 신경절세포-내망상층 두께 측정값의 비교는 Mann-Whitney *U* test를 이용하였으며 이들 빛간섭단층촬영 지표들의 녹내장 진단력은 Receiver operating characteristic (ROC) curve를 그린 후, Area under ROC curve (AUC)를 구하였다. 또한 A, B 각 군 내에서와 두 군 사이의 AUC는 DeLong method를 사용하여 비교하였다. 통계의 유의수준은 0.05 미만의 *p*값을 나타내는 경우로 하였다.

## 결 과

시신경유두주위 위축과 -6 D 이상의 고도근시를 동반한 개방각녹내장 환자 31명 50안과, 녹내장이 없는 대조군 28명 42안이 포함되었다. 개방각녹내장 환자는 시신경유두주위 위축이 빛간섭단층촬영의 시신경유두 분석 원을 넘어서까지 분포하는 A군, 11명 16안과 원 안쪽에만 국한된 B군, 20명 34안으로 분류되었고, 대조군은 11명 13안이 A군의 대조군으로, 17명 29안이 B군의 대조군으로 분류되었다. A군과 A군의 대조군에서 시신경유두주위 위축이 시신경유두 분석 원을 넘어서 분포하는 시각 범위는 각각  $4.5 \pm 1.7$  시각(3-8시각)과  $3.9 \pm 1.0$  시각(3-6시각)이었다. 유두주위 위축이 분석 원을 넘어서는 위치는 이측이 가장 많았고 하측, 상측, 비측의 순으로 빈도가 감소하였다. A군의 평균 연령은  $41.1 \pm 11.5$ 세이고 남자가 6명, 여자가 5명이었고, B군의 평균 연령은  $40.1 \pm 10.3$ 세였으며 남자가 9명, 여자가 11명으로 연령과 성비는 두 군 사이에 유의한 차이가 없었다( $p=0.876$ ,  $p=0.157$ ). A대조군의 평균 연령은  $38.9 \pm 16.3$ 세이고 남자가 6명, 여자가 5명이었고, B대조군의 평균 연령은  $36.7 \pm 9.3$ 세였으며 남자가 10명, 여자가 7명으로 각각 A군과 B군에 대해 연령과 성비에 유의한 차이가 없었다( $p>0.05$ ). 굴절력은 A군이  $-11.9 \pm 4.6$  D, B군이  $-7.3 \pm 1.8$  D로 A군의 근시 정도가 유의하게 더 컸다( $p=0.002$ ). A 대조군의 굴절력은  $-10.7 \pm 3.5$  D, B 대조군의 굴절력은  $-7.6 \pm 1.5$  D로 각각 A군과 B군에 대해 유의한 차이가 없었다( $p=0.948$ ,  $p=0.203$ ). 시야검사 결과에서 mean deviation은 A군이  $-6.2 \pm 3.8$  dB, B군이  $-4.9 \pm 2.9$  dB이었으며 pattern standard deviation은 A군이  $4.3 \pm 3.0$  dB, B군이  $4.9 \pm 3.7$  dB로 두 군 사이에 유의한 차이는 보이지 않았다( $p=0.297$ ,  $p=0.776$ ). 안압은 A군이  $18.4 \pm 2.3$  mmHg, B군이  $18.5 \pm 4.3$  mmHg이었으며 시

**Table 1.** Comparison of characteristics in group with a peripapillary atrophy distributed beyond the optical coherence tomography scan circle (PPA beyond circle, Group A) and in group with a peripapillary atrophy confined within the scan circle (PPA within circle, Group B)

|                              | Group A (PPA beyond circle) |             |                    | Group B (PPA within circle) |             |                    | <i>p</i> <sup>*</sup> |
|------------------------------|-----------------------------|-------------|--------------------|-----------------------------|-------------|--------------------|-----------------------|
|                              | Glaucoma                    | No glaucoma | <i>p</i>           | Glaucoma                    | No glaucoma | <i>p</i>           |                       |
| Number of eyes               | 16                          | 13          |                    | 34                          | 29          |                    |                       |
| Type of glaucoma (%)         |                             |             |                    |                             |             |                    |                       |
| NTG                          | 12 (75.0)                   |             |                    | 23 (67.6)                   |             |                    |                       |
| POAG                         | 4 (25.0)                    |             |                    | 11 (32.4)                   |             |                    |                       |
| Age (years)                  | 41.1 ± 11.5                 | 38.9 ± 16.3 | 0.468 <sup>†</sup> | 40.1 ± 10.3                 | 36.7 ± 9.3  | 0.107 <sup>†</sup> | 0.876 <sup>‡</sup>    |
| Sex (male : female)          | 6:5                         | 6:5         | 1.000 <sup>‡</sup> | 9:11                        | 10:7        | 0.402 <sup>‡</sup> | 0.157 <sup>‡</sup>    |
| IOP (mm Hg)                  | 18.4 ± 2.3                  | 16.6 ± 2.6  | 0.538 <sup>†</sup> | 18.5 ± 4.3                  | 15.2 ± 2.7  | 0.070 <sup>†</sup> | 0.980 <sup>‡</sup>    |
| SE (diopters)                | -11.9 ± 4.6                 | -10.7 ± 3.5 | 0.948 <sup>†</sup> | -7.3 ± 1.8                  | -7.6 ± 1.5  | 0.203 <sup>†</sup> | 0.002 <sup>‡</sup>    |
| Disc size (mm <sup>2</sup> ) | 2.3 ± 0.5                   | 2.1 ± 0.3   | 0.080 <sup>†</sup> | 2.1 ± 0.3                   | 2.0 ± 0.3   | 0.064 <sup>†</sup> | 0.089 <sup>‡</sup>    |
| MD (dB)                      | -6.2 ± 3.8                  | -2.7 ± 2.6  | 0.007 <sup>†</sup> | -4.9 ± 2.9                  | -2.1 ± 1.9  | 0.001 <sup>†</sup> | 0.297 <sup>‡</sup>    |
| PSD (dB)                     | 4.3 ± 3.0                   | 3.1 ± 2.4   | 0.193 <sup>†</sup> | 4.9 ± 3.7                   | 2.9 ± 1.3   | 0.004 <sup>†</sup> | 0.776 <sup>‡</sup>    |

Values are presented as mean ± SD.

PPA = peripapillary atrophy; NTG = normal tension glaucoma; POAG = primary open angle glaucoma; IOP = intraocular pressure; SE = spherical equivalents; MD = mean deviation; PSD = pattern standard deviation.

\*Comparison between PPA beyond circle and PPA within circle in the glaucoma group; <sup>†</sup>Mann-Whitney *U* test; <sup>‡</sup>Chi-square test.

**Table 2.** Optical coherence tomography parameters in group with a peripapillary atrophy distributed beyond the scan circle (PPA beyond circle, Group A) and in group with a peripapillary atrophy confined within the scan circle (PPA within circle, Group B)

|  | Group A (PPA beyond circle) |             |          | Group B (PPA within circle) |             |          | <i>p</i> <sup>*</sup> |
|--|-----------------------------|-------------|----------|-----------------------------|-------------|----------|-----------------------|
|  | Glaucoma                    | No glaucoma | <i>p</i> | Glaucoma                    | No glaucoma | <i>p</i> |                       |
| Circumpapillary retinal nerve fiber layer thickness (μm) |                             |             |          |                             |             |          |                       |
| Mean   | 81.7 ± 2.0                  | 89.8 ± 2.2  | 0.036    | 74.8 ± 2.1                  | 92.8 ± 1.1  | <0.001   | 0.022                 |
| Superior   | 93.2 ± 4.5                  | 89.1 ± 5.1  | 0.980    | 91.1 ± 3.3                  | 112.9 ± 1.6 | <0.001   | 0.902                 |
| Inferior   | 90.2 ± 6.4                  | 96.0 ± 4.0  | 0.212    | 83.9 ± 4.0                  | 113.4 ± 3.0 | <0.001   | 0.411                 |
| Temporal   | 84.1 ± 3.7                  | 102.5 ± 5.9 | 0.041    | 64.3 ± 2.3                  | 80.5 ± 2.6  | <0.001   | <0.001                |
| Nasal  | 60.9 ± 4.9                  | 70.2 ± 4.8  | 0.252    | 59.8 ± 1.7                  | 64.7 ± 1.8  | 0.054    | 0.624                 |
| Total macular thickness (μm)                             |                             |             |          |                             |             |          |                       |
| Mean   | 260.7 ± 3.7                 | 271.7 ± 3.4 | 0.043    | 262.1 ± 2.3                 | 279.5 ± 1.3 | <0.001   | 0.835                 |
| Fovea  | 266.6 ± 4.5                 | 267.6 ± 2.7 | 0.220    | 250.0 ± 3.1                 | 265.4 ± 2.3 | <0.001   | 0.033                 |
| Superior (3 mm)  | 317.3 ± 4.7                 | 320.4 ± 4.0 | 0.375    | 312.9 ± 2.8                 | 326.4 ± 2.3 | 0.001    | 0.835                 |
| Inferior (3 mm)  | 307.0 ± 3.6                 | 312.5 ± 5.2 | 0.488    | 299.0 ± 3.1                 | 320.5 ± 2.1 | <0.001   | 0.155                 |
| Temporal (3 mm)  | 302.1 ± 2.9                 | 307.9 ± 2.7 | 0.105    | 296.2 ± 2.7                 | 316.0 ± 2.1 | <0.001   | 0.220                 |
| Nasal (3 mm)   | 316.4 ± 5.0                 | 326.4 ± 3.7 | 0.076    | 313.6 ± 3.0                 | 329.5 ± 2.6 | <0.001   | 0.462                 |
| Superior (6 mm)  | 263.3 ± 2.7                 | 275.1 ± 2.7 | 0.061    | 264.4 ± 2.6                 | 275.1 ± 2.0 | 0.003    | 0.990                 |
| Inferior (6 mm)  | 247.3 ± 3.1                 | 253.8 ± 4.0 | 0.259    | 242.4 ± 3.2                 | 264.5 ± 1.5 | <0.001   | 0.432                 |
| Temporal (6 mm)  | 247.1 ± 2.6                 | 256.8 ± 3.7 | 0.014    | 248.1 ± 3.4                 | 263.4 ± 3.0 | <0.001   | 0.686                 |
| Nasal (6 mm)   | 278.8 ± 7.4                 | 271.7 ± 3.4 | 0.043    | 278.7 ± 2.9                 | 294.5 ± 3.1 | 0.001    | 0.485                 |
| Ganglion cell and inner plexiform layer thickness (μm)   |                             |             |          |                             |             |          |                       |
| Mean   | 68.3 ± 2.5                  | 79.0 ± 1.1  | 0.001    | 68.8 ± 1.5                  | 79.3 ± 1.0  | <0.001   | 0.873                 |
| Superotemporal   | 69.8 ± 2.3                  | 82.4 ± 2.8  | 0.001    | 69.1 ± 1.5                  | 80.1 ± 1.2  | <0.001   | 0.531                 |
| Superior   | 71.8 ± 2.1                  | 78.3 ± 2.0  | 0.054    | 71.6 ± 1.3                  | 79.5 ± 1.0  | <0.001   | 0.873                 |
| Superonasal  | 71.9 ± 5.0                  | 81.2 ± 2.5  | 0.402    | 72.8 ± 1.6                  | 80.4 ± 1.1  | 0.001    | 0.778                 |
| Inferonasal  | 70.8 ± 4.4                  | 80.6 ± 3.0  | 0.012    | 68.5 ± 2.0                  | 79.4 ± 1.0  | <0.001   | 0.980                 |
| Inferior   | 60.7 ± 4.5                  | 71.2 ± 1.8  | 0.085    | 65.9 ± 1.9                  | 75.6 ± 1.2  | <0.001   | 0.523                 |
| Inferotemporal   | 65.0 ± 3.7                  | 80.3 ± 2.1  | 0.001    | 65.7 ± 2.2                  | 80.6 ± 1.4  | <0.001   | 0.980                 |

Values are presented as mean ± SD.

PPA = peripapillary atrophy.

\*Comparison between PPA beyond circle and PPA within circle in the glaucoma group.

**Table 3.** Area under receiver operator characteristics curve values of the optical coherence tomography parameters in group with a peripapillary atrophy distributed beyond the scan circle (PPA beyond circle, Group A) and in group with a peripapillary atrophy confined within the scan circle (PPA within circle, Group B)

|  | Group A (PPA beyond circle, n = 16) | Group B (PPA within circle, n = 34) | p-value* |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|----------|
| Circumpapillary retinal nerve fiber layer thickness (CI) |                                     |                                     |          |
| Mean   | 0.742 (0.550-0.936)                 | 0.892 (0.796-0.968)                 | 0.040    |
| Superior   | 0.494 (0.261-0.727)                 | 0.844 (0.734-0.955)                 | N/A      |
| Inferior   | 0.646 (0.430-0.862)                 | 0.872 (0.773-0.971)                 | 0.005    |
| Temporal   | 0.740 (0.548-0.930)                 | 0.820 (0.714-0.926)                 | 0.304    |
| Nasal  | 0.637 (0.419-0.855)                 | 0.645 (0.506-0.784)                 | 0.933    |
| Total macular thickness (CI)                             |                                     |                                     |          |
| Mean   | 0.728 (0.502-0.913)                 | 0.854 (0.739-0.932)                 | 0.099    |
| Fovea  | 0.643 (0.416-0.870)                 | 0.787 (0.668-0.906)                 | 0.101    |
| Superior (3 mm)  | 0.601 (0.372-0.829)                 | 0.745 (0.622-0.868)                 | 0.109    |
| Inferior (3 mm)  | 0.581 (0.347-0.816)                 | 0.854 (0.759-0.950)                 | 0.001    |
| Temporal (3 mm)  | 0.688 (0.474-0.903)                 | 0.862 (0.770-0.954)                 | 0.022    |
| Nasal (3 mm)   | 0.701 (0.494-0.908)                 | 0.764 (0.645-0.884)                 | 0.454    |
| Superior (6 mm)  | 0.711 (0.506-0.916)                 | 0.721 (0.591-0.851)                 | 0.910    |
| Inferior (6 mm)  | 0.633 (0.408-0.858)                 | 0.845 (0.739-0.950)                 | 0.011    |
| Temporal (6 mm)  | 0.773 (0.577-0.968)                 | 0.794 (0.672-0.915)                 | 0.734    |
| Nasal (6 mm)   | 0.731 (0.525-0.936)                 | 0.744 (0.612-0.875)                 | 0.883    |
| Ganglion cell and inner plexiform layer thickness (CI)   |                                     |                                     |          |
| Mean   | 0.865 (0.699-1.000)                 | 0.877 (0.779-0.976)                 | 0.857    |
| Superotemporal   | 0.865 (0.721-1.000)                 | 0.897 (0.803-0.990)                 | 0.609    |
| Superior   | 0.720 (0.519-0.920)                 | 0.818 (0.707-0.928)                 | 0.224    |
| Superonasal  | 0.596 (0.363-0.829)                 | 0.759 (0.634-0.885)                 | 0.081    |
| Inferonasal  | 0.777 (0.588-0.967)                 | 0.826 (0.719-0.934)                 | 0.529    |
| Inferior   | 0.695 (0.495-0.895)                 | 0.775 (0.649-0.901)                 | 0.354    |
| Inferotemporal   | 0.854 (0.671-1.000)                 | 0.858 (0.750-0.966)                 | 0.956    |

PPA = peripapillary atrophy; CI = confidence interval (95%); N/A = not applicable.

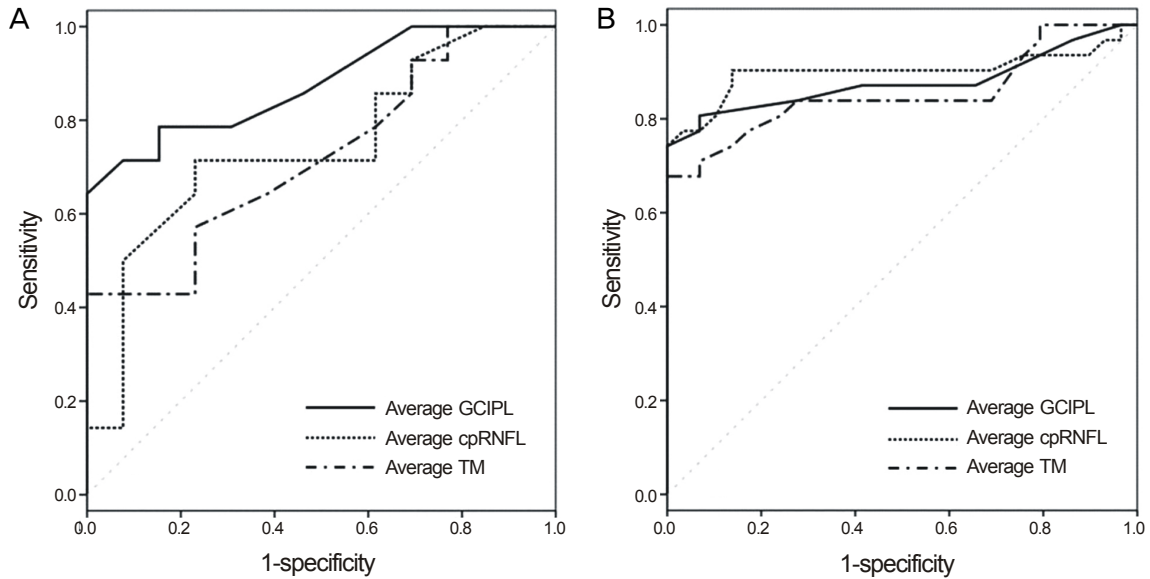
\*DeLong method comparing difference between group A and B.

신경 크기는 A군이  $2.3 \pm 0.5 \text{ mm}^2$ , B군이  $2.1 \pm 0.3 \text{ mm}^2$ 로 두 군 사이에 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ , Table 1).

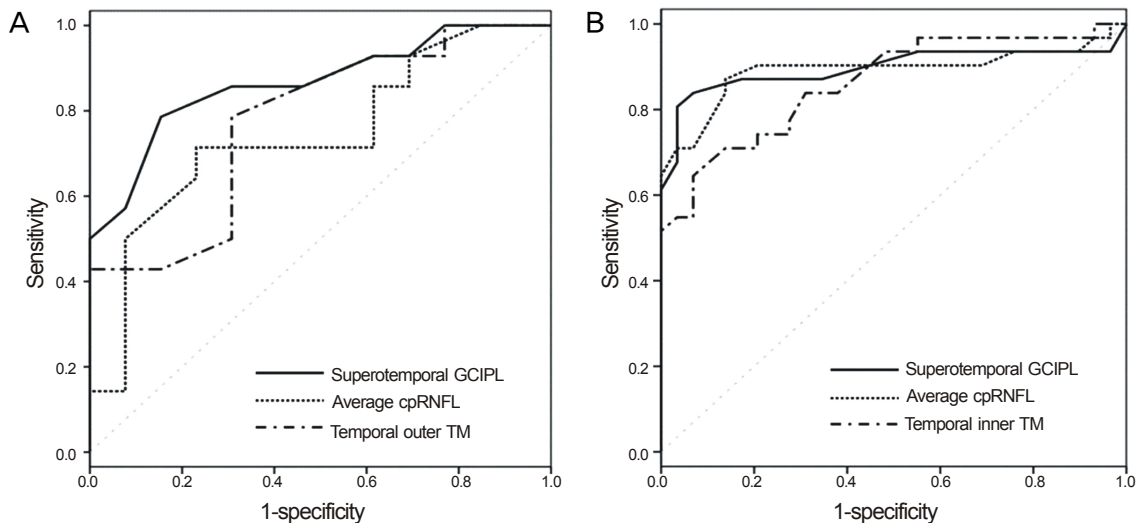
A군과 B군의 유두주위 망막신경섬유층의 평균 두께는 각각  $81.7 \pm 8.6 \text{ }\mu\text{m}$ ,  $74.8 \pm 11.4 \text{ }\mu\text{m}$ 로 A군에서 유의하게 두껍게 나타났다( $p = 0.022$ ). 사분면별 두께를 비교하였을 때에는 이측 두께가 A군  $84.1 \pm 17.6 \text{ }\mu\text{m}$ , B군  $64.3 \pm 12.4 \text{ }\mu\text{m}$ 로 A군에서 유의하게 두껍게 나타났으며( $p < 0.001$ ), 상측, 하측, 비측에서도 A군이 두꺼웠으나 유의하지는 않았다( $p = 0.902$ ,  $p = 0.411$ ,  $p = 0.624$ ). 황반부 망막의 평균 두께는 A군에서  $260.7 \pm 17.4 \text{ }\mu\text{m}$ , B군에서  $262.1 \pm 13.1 \text{ }\mu\text{m}$ 로 유의한 차이를 보이지 않았다( $p = 0.835$ ). 황반두께 지도에 제공되는 9개 구역별 두께를 비교한 결과 중심와에서는 A군과 B군이 각각  $266.6 \pm 27.6 \text{ }\mu\text{m}$ ,  $250.0 \pm 17.1 \text{ }\mu\text{m}$ 로 A군에서 유의하게 두꺼웠으며( $p = 0.033$ ) 나머지 구역에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 신경절세포-내망상층의 평균 두께는 A군이  $68.3 \pm 9.6 \text{ }\mu\text{m}$ , B군이  $68.8 \pm 8.2 \text{ }\mu\text{m}$ 로 두 군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았으며( $p = 0.873$ ), 6개 구역별 두께도 두 군 사이에 유의한 차이가 없었다(Table 2).

A군에서 평균 유두주위 망막신경섬유층 두께의 AUC는 0.742였고 구역별로는 이측이 0.740으로 가장 큰 값을 보였다. 평균 황반부 망막 두께의 AUC는 0.728이었으며 구역별로는 바깥쪽 원(반경 6 mm)의 이측이 0.773으로 가장 큰 값을 보였다. 평균 신경절세포-내망상층 두께의 AUC는 0.865였으며 구역별로는 상이측이 0.865로 가장 큰 값을 보였다. B군에서 평균 유두주위 망막신경섬유층 두께의 AUC는 0.892였고 구역별로는 하측이 0.872로 가장 큰 값을 보였다. 평균 황반부 망막 두께의 AUC는 0.854였으며 구역별로는 안쪽 원(반경 3 mm)의 이측이 0.862로 가장 큰 값을 보였다. 평균 신경절세포-내망상층 두께의 AUC는 0.877이었으며 구역별로는 상이측이 0.897로 가장 큰 값을 보였다(Table 3).

A군과 B군 간에 유두주위 망막신경섬유층 검사의 AUC를 비교해 보았을 때 평균 두께의 AUC는 A군 0.742, B군 0.892였으며, 하측 AUC는 A군 0.646, B군 0.872로 B군이 A군에 비해 유의하게 높았다(각각  $p = 0.040$ ,  $p = 0.005$ ). 황반부 망막 검사에서는 안쪽 원의 하측, 이측과 바깥쪽 원의 하측 AUC가 각각 A군이 0.581, 0.688, 0.633, B군이 0.854,



**Figure 2.** Receiver operating characteristic (ROC) curves for average circumpapillary retinal nerve fiber layer (cpRNFL), total macula (TM), ganglion cell-inner plexiform layer (GCIPL) thickness in group with a peripapillary atrophy area distributed beyond the circle (A) and group with a peripapillary atrophy area confined within the circle (B). (A) AUC values: 0.742 in cpRNFL, 0.728 in TM, 0.865 in GCIPL. The differences between cpRNFL and GCIPL ( $p = 0.042$ , DeLong method), TM and GCIPL ( $p = 0.009$ ) were statistically significant. (B) AUC values: 0.892 in cpRNFL, 0.854 in TM, 0.877 in GCIPL. The differences among three parameters were not statistically significant ( $p > 0.05$ , DeLong method).



**Figure 3.** Receiver operating characteristic (ROC) curves for the parameters which show the largest area under ROC curves (AUC) value from circumpapillary retinal nerve fiber layer (cpRNFL), total macula (TM), ganglion cell-inner plexiform layer (GCIPL) thickness measurement in group with a peripapillary atrophy area distributed beyond the circle (A) and group with a peripapillary atrophy area confined within the circle (B). (A) AUC values: 0.742 in average cpRNFL, 0.773 in temporal outer TM, 0.865 in superotemporal GCIPL. The difference between superotemporal GCIPL and average cpRNFL was statistically significant ( $p = 0.046$ , DeLong method). The differences between average cpRNFL and temporal outer TM, superotemporal GCIPL and temporal outer TM were not statistically significant ( $p > 0.05$ ). (B) AUC values: 0.892 in average cpRNFL, 0.862 in temporal inner TM, 0.897 in superotemporal GCIPL. The differences among three parameters were not statistically significant ( $p > 0.05$ , DeLong method).

0.862, 0.845로 B군이 A군에 비해 유의하게 높았다(각각  $p=0.001$ ,  $p=0.022$ ,  $p=0.011$ ). 이상 두 가지 검사의 나

지 다른 부분과 신경절세포-내망상층 검사의 모든 구역에서 두 군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다( $p>0.05$ ,

Table 3).

A군 안에서 세 가지 검사법의 AUC를 비교해 보았을 때 각 검사의 평균 두께는 신경절세포-내망상층이 0.865로 유두주위 망막신경섬유층의 0.742와 황반부 망막의 0.728 보다 유의하게 높았으나(각각  $p=0.042$ ,  $p=0.009$ ) 유두주위 망막신경섬유층 검사와 황반부 망막검사 사이에는 유의한 차이가 없었다( $p=0.715$ ). B군에서는 세 가지 검사 사이에 유의한 차이가 없었다( $p>0.05$ , Fig. 2). A군에서 시행한 세 가지 검사에서 가장 큰 AUC를 갖는 구역별 측정치는 유두주위 망막신경섬유층에서는 평균두께가 0.742, 황반부 망막 검사에서는 이측 바깥쪽 황반두께가 0.773으로 가장 높았으며, 신경절세포-내망상층 검사에서는 평균두께와 상이측 두께가 동일한 0.865로 가장 높은 값을 나타내었다. 이렇게 가장 높은 AUC를 나타내는 검사치로써 세 가지 검사의 진단력을 비교하여 보았을 때 신경절세포-내망상층 검사가 유두주위 망막신경섬유층 검사보다 유리하였다( $p=0.046$ ). 그러나 유두주위 망막신경섬유층과 황반부 망막, 황반부 망막과 신경절세포-내망상층 사이에는 유의한 차이가 없었다. B군에서는 세 가지 검사법 모두 AUC값에 유의한 차이를 보이지 않았다( $p>0.05$ , Fig. 3).

본 연구에서는 시신경유두주위 위축을 기준으로 나눈 A군과 B군 사이에 유의한 굴절력의 차이가 있었다( $p=0.002$ ). 이는 Nonaka et al<sup>23</sup>과 O'Donnell et al<sup>24</sup>이 시신경유두주위 위축의 너비와 근시 정도에는 양의 상관관계가 있다고 보고한 연구결과와 일치하는 소견으로 보이며, 굴절력의 영향을 배제하고 시신경유두주위 위축이 빛간섭단층촬영의 녹내장 진단력에 미치는 영향을 알아보고자 굴절력을 대응시킨 부분군 분석을 같이 시행하였다. Sub-A군의 7명 12안

과 Sub-B군의 9명 12안, 그리고 각각의 정상 대조군 8명 12안과 14명 24안이 분석에 포함되었다. 연령, 성비, 안압, 굴절이상, 시신경유두 크기, 시야검사의 mean deviation과 pattern standard deviation 모두 Sub-A군과 Sub-B군 사이에 유의한 차이가 없었다( $p>0.05$ ). Sub-A, Sub-B군과 각각의 대조군 사이에도 시야검사의 mean deviation과 pattern standard deviation 값을 제외한 연령, 성비, 안압, 굴절이상, 시신경유두 크기 등에 유의한 차이가 없었다( $p>0.05$ , Table 4). 전체 대상군의 분석에서와 마찬가지로 Sub-A군과 Sub-B군의 유두주위 망막신경섬유층 평균 두께는 각각  $83.5 \pm 2.2 \mu\text{m}$ ,  $74.1 \pm 2.6 \mu\text{m}$ 로 Sub-A군에서 유의하게 두껍게 나타났다( $p=0.044$ ). 사분면별로는 이측 두께가 Sub-A군  $87.3 \pm 4.3 \mu\text{m}$ , Sub-B군  $65.5 \pm 4.0 \mu\text{m}$ 로 Sub-A군에서 유의하게 두껍게 나타났다( $p=0.003$ ). 상측, 하측, 비측에서도 Sub-A군이 두꺼웠으나 통계적으로 유의하지는 않았다( $p>0.05$ ). 황반부 망막의 평균 두께와 구역별 두께, 신경절세포-내망상층의 평균 두께와 구역별 두께는 두 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다( $p>0.05$ ).

Sub-A군과 Sub-B군 간에 AUC를 비교해보았을 때 유두주위 망막신경섬유층 검사에서 평균 두께의 AUC는 Sub-A군 0.705, Sub-B군 0.965였으며, 하측 AUC는 Sub-A군 0.586, Sub-B군 0.913으로 Sub-B군이 Sub-A군보다 유의하게 높았다(각각  $p=0.001$ ,  $p=0.001$ ). 나머지 다른 부분은 두 군 사이에 유의한 차이가 없었다( $p>0.05$ ). 황반부 망막 검사에서는 안쪽 원의 하측과 바깥쪽 원의 하측, 이측 AUC가 각각 Sub-A군이 0.618, 0.773, 0.827, Sub-B군이 0.898, 0.929, 0.967로 Sub-B군이 Sub-A군에 비해 유의하게 높았다(각각  $p=0.003$ ,  $p=0.042$ ,  $p=0.015$ ). 신경절세

**Table 4.** Comparison of characteristics in the spherical equivalent matched subgroup A and subgroup B

|                              | Subgroup A* (PPA beyond circle) |                 |                     | Subgroup B† (PPA within circle) |                |                     | $p^\ddagger$        |
|------------------------------|---------------------------------|-----------------|---------------------|---------------------------------|----------------|---------------------|---------------------|
|                              | Glaucoma                        | No glaucoma     | $p$                 | Glaucoma                        | No glaucoma    | $p$                 |                     |
| Number of eyes               | 12                              | 12              |                     | 12                              | 24             |                     |                     |
| Type of glaucoma (%)         |                                 |                 |                     |                                 |                |                     |                     |
| NTG                          | 10 (83.3)                       |                 |                     | 8 (66.7)                        |                |                     |                     |
| POAG                         | 2 (16.7)                        |                 |                     | 4 (33.3)                        |                |                     |                     |
| Age (years)                  | $40.4 \pm 10.1$                 | $43.1 \pm 14.5$ | 0.694 <sup>§</sup>  | $39.6 \pm 6.7$                  | $36.7 \pm 9.6$ | 0.186 <sup>§</sup>  | 0.918 <sup>§</sup>  |
| Sex (male : female)          | 3:4                             | 4:4             | 0.595 <sup>  </sup> | 3:6                             | 5:9            | 0.633 <sup>  </sup> | 0.549 <sup>  </sup> |
| IOP (mm Hg)                  | $18.6 \pm 2.5$                  | $17.3 \pm 2.9$  | 0.331 <sup>§</sup>  | $18.5 \pm 3.8$                  | $16.8 \pm 2.6$ | 0.213 <sup>§</sup>  | 0.923 <sup>§</sup>  |
| SE (diopters)                | $-9.2 \pm 2.0$                  | $-9.8 \pm 2.3$  | 0.413 <sup>§</sup>  | $-8.9 \pm 1.9$                  | $-8.1 \pm 1.3$ | 0.137 <sup>§</sup>  | 0.799 <sup>§</sup>  |
| Disc size (mm <sup>2</sup> ) | $2.3 \pm 0.3$                   | $2.1 \pm 0.3$   | 0.070 <sup>§</sup>  | $2.0 \pm 0.5$                   | $1.9 \pm 0.3$  | 0.851 <sup>§</sup>  | 0.115 <sup>§</sup>  |
| MD (dB)                      | $-6.0 \pm 3.8$                  | $-2.5 \pm 2.4$  | 0.008 <sup>§</sup>  | $-5.1 \pm 3.3$                  | $-2.2 \pm 2.0$ | 0.012 <sup>§</sup>  | 0.657 <sup>§</sup>  |
| PSD (dB)                     | $4.8 \pm 3.1$                   | $3.0 \pm 1.8$   | 0.180 <sup>§</sup>  | $5.2 \pm 3.2$                   | $2.5 \pm 1.4$  | 0.039 <sup>§</sup>  | 0.717 <sup>§</sup>  |

Values are presented as mean  $\pm$  SD.

PPA = peripapillary atrophy; NTG = normal tension glaucoma; POAG = primary open angle glaucoma; IOP = intraocular pressure; SE = spherical equivalents; MD = mean deviation; PSD = pattern standard deviation.

\*Patients with a peripapillary atrophy distributed beyond the OCT scan circle (PPA beyond circle); †Patients with a peripapillary atrophy confined within the OCT scan circle (PPA within circle); ‡Comparison between PPA beyond circle and PPA within circle in the glaucoma group;

§Mann-Whitney U-test; ||Chi-square test.

**Table 5.** Area under receiver operator characteristics curve values of the optical coherence tomography parameters in the spherical equivalent matched subgroup A and subgroup B

|  | Subgroup A<br>(PPA beyond circle, n = 12) | Subgroup B<br>(PPA within circle, n = 12) | p-value* |
|--|---|---|----------|
| Circumpapillary retinal nerve fiber layer thickness (CI) |   |   |          |
| Mean   | 0.705 (0.573-0.836)                       | 0.965 (0.815-0.997)                       | 0.001    |
| Superior   | 0.473 (0.326-0.619)                       | 0.936 (0.787-0.992)                       | N/A      |
| Inferior   | 0.586 (0.441-0.732)                       | 0.913 (0.819-0.999)                       | 0.001    |
| Temporal   | 0.755 (0.633-0.877)                       | 0.778 (0.610-0.946)                       | 0.828    |
| Nasal  | 0.573 (0.428-0.718)                       | 0.639 (0.452-0.819)                       | 0.616    |
| Total macular thickness (CI)                             |   |   |          |
| Mean   | 0.705 (0.575-0.834)                       | 0.867 (0.732-0.899)                       | 0.073    |
| Fovea  | 0.695 (0.566-0.825)                       | 0.731 (0.532-0.930)                       | 0.767    |
| Superior (3 mm)  | 0.709 (0.577-0.841)                       | 0.741 (0.558-0.924)                       | 0.780    |
| Inferior (3 mm)  | 0.618 (0.474-0.762)                       | 0.898 (0.783-1.000)                       | 0.003    |
| Temporal (3 mm)  | 0.773 (0.655-0.890)                       | 0.908 (0.801-0.990)                       | 0.083    |
| Nasal (3 mm)   | 0.764 (0.646-0.881)                       | 0.783 (0.599-0.967)                       | 0.864    |
| Superior (6 mm)  | 0.768 (0.649-0.888)                       | 0.783 (0.611-0.955)                       | 0.888    |
| Inferior (6 mm)  | 0.773 (0.649-0.896)                       | 0.929 (0.790-0.993)                       | 0.042    |
| Temporal (6 mm)  | 0.827 (0.726-0.928)                       | 0.967 (0.846-1.000)                       | 0.015    |
| Nasal (6 mm)   | 0.786 (0.672-0.901)                       | 0.818 (0.665-0.970)                       | 0.743    |
| Ganglion cell and inner plexiform layer thickness (CI)   |   |   |          |
| Mean   | 0.832 (0.727-0.937)                       | 0.977 (0.836-1.000)                       | 0.056    |
| Superotemporal   | 0.968 (0.929-1.000)                       | 0.985 (0.868-1.000)                       | 0.492    |
| Superior   | 0.659 (0.519-0.799)                       | 0.858 (0.704-0.964)                       | 0.054    |
| Superonasal  | 0.680 (0.511-0.812)                       | 0.877 (0.723-0.973)                       | 0.062    |
| Inferonasal  | 0.768 (0.641-0.896)                       | 0.929 (0.769-0.988)                       | 0.062    |
| Inferior   | 0.673 (0.539-0.806)                       | 0.870 (0.739-0.954)                       | 0.055    |
| Inferotemporal   | 0.927 (0.836-1.000)                       | 0.983 (0.860-1.000)                       | 0.203    |

PPA = peripapillary atrophy; CI = confidence interval (95%); N/A = not applicable.

\*DeLong method comparing difference between subgroup A and B.

포층 검사에서는 평균과 모든 구역에서 두 군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다( $p>0.05$ , Table 5).

Sub-A군 안에서 유두주위 망막신경섬유층, 황반부 망막층, 신경절세포-내망상층 두께 세 가지 검사의 평균 두께로써 AUC를 비교하면 세 검사 사이에 유의한 차이가 나타나지 않았다( $p>0.05$ ). 그러나 각각의 검사에서 가장 큰 AUC를 갖는 구역별 두께로써 AUC를 비교하였을 때 상이측 신경절세포-내망상층이 0.968로 이측 유두주위 망막신경섬유층의 0.755와 바깥쪽 원(반경 6 mm) 이측 황반부 망막의 0.827보다 AUC가 유의하게 높았다(각각  $p=0.001$ ,  $p=0.010$ ). Sub-B군에서는 세 가지 검사법 모두 AUC에 유의한 차이를 보이지 않았다( $p>0.05$ , Fig. 4).

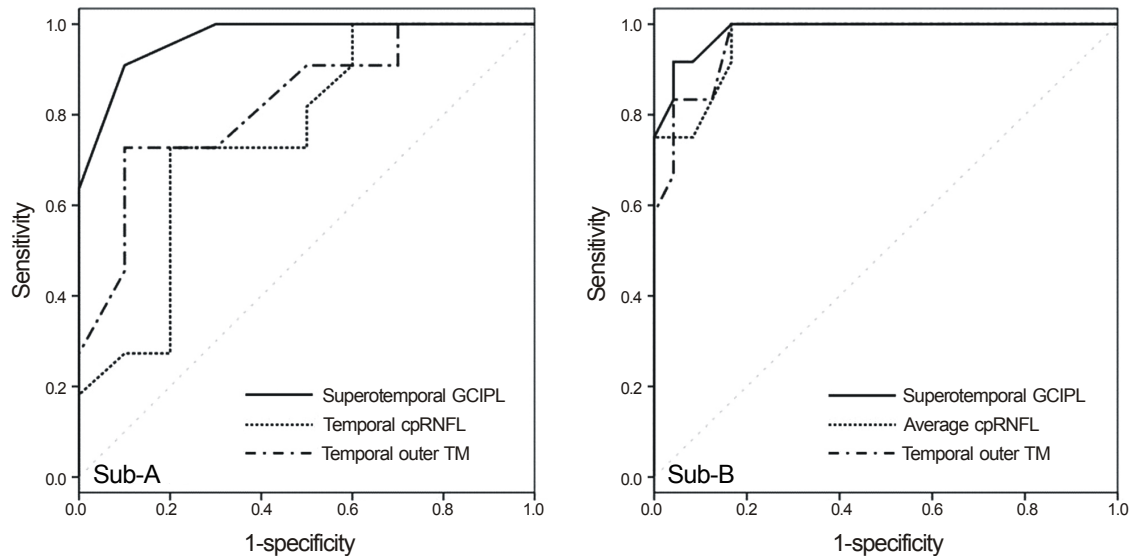
## 고 찰

빛간섭단층촬영기 등의 영상 장비를 이용한 유두주위 망막신경섬유층의 평가가 녹내장의 조기 진단에 유용한 방법으로 사용되면서 근시의 정도와 유두주위 망막신경섬유층 두께의 연관성에 대한 여러 연구들이 시행되었으나 서로

다른 연구결과를 보고하였다. Hoh et al<sup>25</sup>과 Hirasawa et al<sup>26</sup>은 근시와 안축장 길이는 유두주위 망막신경섬유층 두께와 연관성이 없다고 보고하였다. 반면에 Leung et al<sup>27</sup>과 Rauscher et al<sup>28</sup>은 근시가 심할수록 유두주위 망막신경섬유층 두께가 더 얇아진다고 보고하였다. 하지만 이러한 연구들에서 공통적으로 제시하고 있는 문제점은 빛간섭단층촬영기를 이용해 유두주위 망막신경섬유층 두께를 측정하였을 때 근시에서 나타나는 시신경유두주위 변화가 검사결과와 신뢰도를 떨어뜨릴 수 있다는 것이다. 특히 고도근시인 경우 시신경의 기울어짐, 수직 타원형의 시신경 모양, 시신경유두주위 위축 등으로 인해 시신경의 경계를 명확히 설정하기가 어렵고 일정한 크기의 시신경유두 분석 원 안에서 측정된 유두주위 망막신경섬유층 두께는 결과 분석에 어려움이 있을 수 있다. 더욱이 시신경유두주위 위축이 분석 원을 넘어 바깥쪽까지 분포해 있는 경우 그 결과의 판독에 더욱 주의를 요할 것으로 보인다.

Jonas et al<sup>12</sup>은 시신경유두주위 위축의 조직학적 구조를 언급하였는데, 베타 영역은 망막색소상피와 광수용체의 소실을 보이고 알파 영역은 망막색소상피의 불규칙한 구조로





**Figure 4.** Receiver operating characteristic (ROC) curves for the parameters which show the largest area under ROC curves (AUC) value from circumpapillary retinal nerve fiber layer (cpRNFL), total macula (TM), ganglion cell-inner plexiform layer (GCIPL) thickness measurement in spherical equivalent matched subgroup with a peripapillary atrophy area distributed beyond the circle (Sub-A) and subgroup with a peripapillary atrophy area confined within the circle (Sub-B). Sub-A: AUC values: 0.755 in temporal cpRNFL, 0.827 in temporal outer TM, 0.968 in superotemporal GCIPL. The differences between TM and GCIPL ( $p = 0.010$ , DeLong method), cpRNFL and GCIPL ( $p = 0.001$ ) were statistically significant. Sub-B: AUC values: 0.965 in average cpRNFL, 0.967 in temporal outer TM, 0.985 in superotemporal GCIPL. The differences among three parameters were not statistically significant ( $p > 0.05$ , DeLong method).

되어 있다고 하였다. 최근에는 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기를 이용한 시신경유두주위 위축의 구조적 분석에 대한 연구가 발표되고 있다. Na et al<sup>29</sup>은 정상안과 녹내장안에서 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기를 이용하여 시신경유두주위 위축 베타영역을 분석하였으며 모든 안에서 광수용체 층은 보이지 않았으나 망막신경섬유층은 존재했다고 보고 하였다. Manjunath et al<sup>30</sup>은 안저검사에서 시신경유두주위 위축이 시신경유두의 이측 경계로부터 최소 300  $\mu\text{m}$  이상 떨어진 곳까지 위치하는 다양한 환자군을 대상으로 빛간섭 단층촬영을 시행한 결과를 분석하였고 시신경유두주위 위축 영역에서 망막색소상피층의 소실 및 손상, 망막 내 낭포 성 변화, 망막신경섬유층의 두꺼워짐, 망막의 기울어짐 등 다양한 형태학적 특징을 보고하였다. 또한 시신경유두의 경계로부터 300  $\mu\text{m}$  떨어진 위치에서 측정된 망막신경섬유층의 평균 두께는 시신경유두주위 위축이 없는 정상안에 비해 더 두꺼웠으나 통계적으로 유의하지는 않았다고 하였다 ( $88.9 \pm 36.0 \mu\text{m}$  vs  $76.2 \pm 13.7 \mu\text{m}$ ,  $p=0.05$ ). 본 연구에서는 A군에서 유두주위 망막신경섬유층의 평균 두께와 이측 두께가 통계적으로 유의하게 두꺼운 것으로 나타났는데 이러한 차이는 Manjunath et al<sup>30</sup>의 연구와 본 연구에서 시신경유두주위 위축의 범위에 대한 기준이 되는 시신경유두 분석 원의 크기가 다르기 때문으로 생각된다. Nonaka et

al<sup>23</sup>에 의하면 시신경유두주위 위축의 너비는 위축이 시신경을 둘러싼 시각 범위와 양의 상관관계가 있으며 Manjunath et al<sup>30</sup>의 연구에 사용된 분석 원(시신경 경계로부터 300  $\mu\text{m}$ )은 본 연구에서 사용된 분석 원(반경 1.73 mm)보다 작아 본 연구에서 너비가 더 넓고 시신경 둘레를 더 광범위하게 둘러싼 시신경유두주위 위축을 가진 환자가 포함되었을 가능성이 있다.

한편 Kang et al<sup>31</sup>은 근시가 심할수록 망막혈관궁이 이측으로 편위(temporalization)되어 유두주위 망막신경섬유층의 가장 두꺼운 지점이 이측으로 이동하였고, 이로 인해 구역별 망막신경섬유층 두께 측정 시 이측에서 두껍게, 상측과 하측에서 얇게 측정되었다고 보고하였는데 이들의 연구에서는 시신경유두주위 위축이 분석 원을 넘어가는 경우는 제외하였다. 본 연구에서는 시신경유두주위 위축이 분석 원을 넘어가는 A군이 그렇지 않은 B군에 비해 이측 유두주위 망막신경섬유층이 통계적으로 유의하게 더 두꺼웠으며 나머지 사분면에서도 유의하지는 않았으나 A군에서 더 두꺼운 것으로 나타났고, 굴절력을 대응시킨 부분군 분석에서도 동일한 결과를 보였다. 따라서 이러한 결과는 Manjunath et al<sup>30</sup>이 보고한 시신경유두주위 위축 영역의 망막신경섬유층 두꺼워짐의 영향으로 생각할 수 있으며 녹내장 진단을 위해 빛간섭단층촬영을 시행하는 경우 시신경유두주위 위축

이 분석 원을 넘어서까지 분포하는 환자에서는 그렇지 않은 환자에 비해 망막신경섬유층이 두껍다는 점을 유의해야 하겠다.

두 군의 황반두께지도에서 나머지 구역에서는 두 군 사이에 두께 차이가 나타나지 않은 반면, 중심와의 두께는 A 군에서 더 크게 나타났다. 이는 Lam et al,<sup>32</sup> Choi and Lee,<sup>33</sup> Kim et al<sup>34</sup>의 연구에서 근시가 심하게 진행하여 안축장이 길어지면 이로 인해 전체적인 망막 두께가 감소하지만 구조적 특성상 움푹 들어가있는 모양을 하고 있는 중심오목은 망막이 늘어나면서 작용하는 후유리체에서 잡아당기는 힘과 망막의 신장력의 상호작용에 의해 중심오목 주위가 용기되는 효과가 나타나 빛간섭단층촬영에서 황반부 중심원의 두께가 증가할 수 있다고 한 설명과 일치하는 소견으로 보이며, 굴절력을 대응시킨 부분군 분석에서는 두 군 사이에 차이가 없는 것으로 나타났다. 한편 이번 연구의 세 가지 검사에서 평균 두께의 AUC는 두 군 모두에서 황반부 망막 두께가 유두주위 망막신경섬유층과 신경절세포-내망상층보다 낮게 측정되었는데, 황반부 망막 두께는 망막 전층의 두께이므로 신경섬유와 신경절세포의 손상을 대변하는 유두주위 망막신경섬유층이나 신경절세포-내망상층보다 녹내장의 구조적 손상을 반영함에 있어 민감도가 떨어지기 때문으로 생각된다.

빛간섭단층촬영의 유두주위 망막신경섬유층 두께 측정은 신경절세포에서 나오는 거의 모든 축삭을 포함하여 이루어지기 때문에 신경절세포의 손상을 민감하게 반영한다. 하지만 고도근시의 경우 위에서 언급한 여러 시신경 또는 시신경주변의 구조적 변화들이 유두주위 망막신경섬유층 분석에 영향을 미칠 수 있어 최근에는 근시안에서의 녹내장 진단에 신경절세포가 밀집해 있는 황반부에 대한 분석이 관심사로 대두되고 있다. 망막신경절세포는 황반부위 망막두께의 30% 정도를 차지하며<sup>17,18</sup> 망막감도의 소실과 밀접한 연관성이 있어 시야검사의 중심 30° 이내에서 민감도가 5 dB 감소되려면 신경절세포의 20%가 소실되어야 하고, 10 dB이 감소되려면 40%의 신경절세포 소실이 선행되는 것으로 알려졌다.<sup>16</sup> Kim et al<sup>21</sup>은 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기를 이용하여 고도근시안과 비고도근시안에서 유두주위 망막신경섬유층 두께와 신경절세포층 두께의 녹내장 진단력을 평가하였고, 고도근시안에서는 평균 신경절세포층 두께의 AUC가 유두주위 망막신경섬유층의 AUC보다 높게 나타나 더 우수한 진단력을 보여준다고 하였다. 한편 Shoji et al<sup>22</sup>의 연구에서는 고도근시안과 정시안을 대상으로 빛간섭단층촬영의 여러 지표들의 녹내장 진단력을 비교하였는데 평균 유두주위 망막신경섬유층 두께의 AUC가 고도근시안에서 유의하게 낮았으며, 평균 신경절세포층 두께

의 AUC는 두 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 고도근시안에서 유두주위 망막신경섬유층 검사보다 신경절세포층 검사가 더 우수한 녹내장 진단력을 나타내었다. 본 연구에서도 평균 및 구역별 신경절세포-내망상층 두께를 분석한 결과 A군과 B군 모두에서 우수한 녹내장 진단력을 보였으며 특히 A군에서는 각 검사방법에서 가장 우수한 진단력을 가진 구역끼리의 비교에서 신경절세포-내망상층 검사가 유두주위 망막신경섬유층 검사보다 녹내장 진단력이 더 우수한 것으로 나타났다(Fig. 3). 하지만 전체 대상군의 비교에서 A군이 B군보다 근시의 정도가 더 심했기 때문에 근시의 영향을 배제하기 위하여 비슷한 정도의 근시를 가진 사람을 대상으로 부분군 분석을 시행해 본 결과 Sub-A군에서도 가장 진단력이 높은 구역의 AUC 비교에서 신경절세포-내망상층 검사가 유두주위 망막신경섬유층 검사보다 우수한 녹내장 진단력을 보여 주었다(Fig. 4). 즉 시신경유두주위 위축이 시신경유두 분석 원을 넘어가는 환자에서는 녹내장 진단에 있어 신경절세포-내망상층 검사가 다른 지표들보다 더 유용하게 사용될 수 있을 것으로 보인다. 한편 B군과 Sub-B군에서는 세 가지 검사법의 AUC 사이에 유의한 차이가 없어, 고도근시가 있더라도 시신경유두주위 위축이 시신경유두 분석 원 안에 국한된 환자에서는 어느 검사를 사용하던 녹내장 진단력에 차이가 없을 것으로 보인다.

이번 연구는 대상 환자의 수가 적고, 후향적인 연구이며 고도근시가 빛간섭단층촬영검사의 재현성에 영향을 미칠 수 있다는 제한점이 있다. 또한 시신경유두주위 위축의 범위를 기준으로 나눈 두 군 사이에는 유의한 굴절력의 차이가 있었다. 하지만 모든 대상군과 대조군의 빛간섭단층촬영검사는 한 명의 숙련된 검사자가 시행하였으며, 두 군과 두 대조군에 대해 굴절력을 대응시킨 부분군 분석을 시행한 후에도 동일한 결과가 나오는 것을 확인하였다. 추후 더 많은 환자를 대상으로 한 전향적인 연구가 필요할 것이다.

## REFERENCES

- 1) Tomlinson A, Phillips CI. Ratio of optic cup to optic disc: in relation to axial length of eyeball and refraction. *Br J Ophthalmol* 1969;53:765-8.
- 2) Chihara E, Sawada A. Atypical nerve fiber layer defects in high myopes with high-tension glaucoma. *Arch Ophthalmol* 1990; 108:228-32.
- 3) Cahane M, Bartov E. Axial length and scleral thickness effect on susceptibility to glaucomatous damage: a theoretical model implementing Laplace's law. *Ophthalmic Res* 1992;24:280-4.
- 4) Avetisov ES, Savitskaya NF. Some features of ocular microcirculation in myopia. *Ann Ophthalmol* 1977;9:1261-4.
- 5) Shih YF, Horng IH, Yang CH, et al. Ocular pulse amplitude in

- myopia. *J Ocul Pharmacol* 1991;7:83-7.
- 6) To'mey KF, Faris BM, Jalkh AE, Nasr AM. Ocular pulse in high myopia: A study of 40 eyes. *Ann Ophthalmol* 1981;13:569-71.
- 7) Ozdek SC, Onol M, Gürelik G, Hasanreisoglu B. Scanning laser polarimetry in normal subjects and patients with myopia. *Br J Ophthalmol* 2000;84:264-7.
- 8) Tay E, Seah SK, Chan SP, et al. Optic disk ovality as an index of tilt and its relationship to myopia and perimetry. *Am J Ophthalmol* 2005;139:247-52.
- 9) Chen TC, Cense B, Pierce MC, et al. Spectral domain optical coherence tomography: ultra-high speed, ultra-high resolution ophthalmic imaging. *Arch Ophthalmol* 2005;123:1715-20.
- 10) Melo GB, Libera RD, Barbosa AS, et al. Comparison of optic disk and retinal nerve fiber layer thickness in nonglaucomatous and glaucomatous patients with high myopia. *Am J Ophthalmol* 2006;142:858-60.
- 11) Leung CK, Cheng AC, Chong KK, et al. Optic disc measurements in myopia with optical coherence tomography and confocal scanning laser ophthalmoscopy. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007;48:3178-83.
- 12) 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.
- 13) Jonas JB, Naumann GO. Parapapillary chorioretinal atrophy in normal and glaucoma eyes. II: Correlations. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1989;30:919-26.
- 14) Jonas JB, Fernández MC, Naumann GO. Glaucomatous parapapillary atrophy. Occurrence and correlations. *Arch Ophthalmol* 1992;110:214-22.
- 15) 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.
- 16) 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.
- 17) 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.
- 18) Greenfield DS, Bagga H, Knighton RW. Macular thickness changes in glaucomatous optic neuropathy detected using optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol* 2003;121:41-6.
- 19) 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.
- 20) Tan O, Li G, Lu AT, et al; Advanced Imaging for Glaucoma Study Group. Mapping of macular substructures with optical coherence tomography for glaucoma diagnosis. *Ophthalmology* 2008;115:949-56.
- 21) Kim NR, Lee ES, Seong GJ, et al. Comparing the ganglion cell complex and retinal nerve fiber layer measurements by Fourier domain OCT to detect glaucoma in high myopia. *Br J Ophthalmol* 2011;95:1115-21.
- 22) Shoji T, Nagaoka Y, Sato H, Chihara E. Impact of high myopia on the performance of SD-OCT parameters to detect glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2012;250:1843-9.
- 23) Nonaka A, Hangai M, Akagi T, et al. Biometric features of peripapillary atrophy beta in eyes with high myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:6706-13.
- 24) O'Donnell C, Hartwig A, Radhakrishnan H. Correlations between refractive error and biometric parameters in human eyes using the LenStar 900. *Cont Lens Anterior Eye* 2011;34:26-31.
- 25) Hoh ST, Lim MC, Seah SK, et al. Peripapillary retinal nerve fiber layer thickness variations with myopia. *Ophthalmology* 2006;113:773-7.
- 26) Hirasawa H, Tomidokoro A, Araie M, et al. Peripapillary retinal nerve fiber layer thickness determined by spectral-domain optical coherence tomography in ophthalmologically normal eyes. *Arch Ophthalmol* 2010;128:1420-6.
- 27) Leung CK, Mohamed S, Leung KS, et al. Retinal nerve fiber layer measurements in myopia: An optical coherence tomography study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47:5171-6.
- 28) Rauscher FM, Sekhon N, Feuer WJ, Budenz DL. Myopia affects retinal nerve fiber layer measurements as determined by optical coherence tomography. *J Glaucoma* 2009;18:501-5.
- 29) 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.
- 30) Manjunath V, Shah H, Fujimoto JG, Duker JS. Analysis of peripapillary atrophy using spectral domain optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2011;118:531-6.
- 31) Kang SH, Hong SW, Im SK, et al. Effect of myopia on the thickness of the retinal nerve fiber layer measured by Cirrus HD optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010;51:4075-83.
- 32) Lam DS, Leung KS, Mohamed S, et al. Regional variations in the relationship between macular thickness measurements and myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007;48:376-82.
- 33) Choi SW, Lee SJ. Thickness changes in the fovea and peripapillary retinal nerve fiber layer depend on the degree of myopia. *Korean J Ophthalmol* 2006;20:215-9.
- 34) Kim SH, Park JY, Park TK, Ohn YH. Use of spectral-domain optical coherence tomography to analyze macular thickness according to refractive error. *J Korean Ophthalmol Soc* 2011;52:1286-95.

=ABSTRACT=

## Comparison of Diagnostic Power Among OCT Parameters According to Peripapillary Atrophy in High Myopic Glaucoma

Woo Jin Kim, MD<sup>1</sup>, Kyung Nam Kim, MD<sup>1</sup>, Chang Sik Kim, MD, PhD<sup>1,2</sup>

*Department of Ophthalmology, Chungnam National University College of Medicine<sup>1</sup>, Daejeon, Korea  
Research Institute for Medical Science, Chungnam National University<sup>2</sup>, Daejeon, Korea*

**Purpose:** To evaluate diagnostic power to detect glaucoma in high myopic eyes with peripapillary atrophy among optical coherence tomography (OCT) parameters.

**Methods:** Fifty eyes of 31 glaucoma patients with myopia of -6.00 diopters or less and a peripapillary atrophy (PPA) were classified into a group with a PPA located beyond the circumpapillary OCT scan circle (group A) and a group with a PPA confined within the scan circle (group B). Circumpapillary retinal nerve fiber layer (cpRNFL), total macula (TM), and ganglion cell-inner plexiform layer (GCIPL) thickness were measured in each group and the diagnostic power of each measurement was compared by area under the receiver operating characteristic curve (AUC).

**Results:** There were no significant differences in the age, gender, intraocular pressure, optic disc size, and mean deviation between the 2 groups. The spherical equivalent of group A was significantly larger than group B (mean -11.9 vs. -7.3 diopters,  $p = 0.002$ ). In group A, the AUC of average GCIPL thickness was significantly higher than average cpRNFL and average TM thickness ( $p < 0.05$ ). Additionally, when comparing parameters that showed the highest AUC value in each method, the AUC of GCIPL thickness was significantly higher than cpRNFL thickness ( $p = 0.046$ ). In subgroup analysis of spherical equivalent matching between the 2 groups (subgroup A and B), the highest AUC value of GCIPL thickness was significantly higher than cpRNFL and TM thickness in subgroup A ( $p < 0.05$ ). In group B and subgroup B, there was no statistical significance among AUC values of the 3 different methods ( $p > 0.05$ ).

**Conclusions:** Assessment of GCIPL parameters is a useful technique for glaucoma diagnosis in patients with high myopia and PPA extending beyond circumpapillary OCT scan circle.

J Korean Ophthalmol Soc 2013;54(12):1844-1855

**Key Words:** Ganglion cell, Glaucoma, High myopia, Optical coherence tomography, Peripapillary atrophy

---

Address reprint requests to **Chang Sik Kim, MD, PhD**  
Department of Ophthalmology, Chungnam National University Hospital  
#282 Munhwa-ro, Jung-gu, Daejeon 301-721, Korea  
Tel: 82-42-280-7606, Fax: 82-42-255-3745, E-mail: kcs61@cnu.ac.kr