

## 국소 망막신경섬유층결손을 진단하는 데 있어 빛간섭단층촬영기의 테이블지표의 유용성에 대한 연구

신정환<sup>1</sup> · 유영철<sup>1</sup> · 박기호<sup>2</sup>

한림대학교 의과대학 강동성심병원 안과학교실<sup>1</sup>, 서울대학교 의과대학 안과학교실<sup>2</sup>

**목적:** 녹내장 환자의 국소 망막신경섬유층 결손을 발견하는 데 있어 빛간섭단층촬영기(Stratus OCT)의 테이블지표의 유용성을 알아보고자 하였다.

**대상과 방법:** 무적색광 안저사진에서 국소 망막신경섬유층 결손이 상이측 또는 하이측에 한 개만 관찰된 86명의 녹내장 환자를 대상으로 Stratus OCT의 Fast RNFL scan을 촬영하였다. 망막신경섬유층 두께 평균분석에서 시분역 평균과 11개 테이블지표 각각의 민감도를 비교하였다. 또한 상하측별 특이치표군(민감도가 높은 테이블지표)의 조합들의 민감도를 계산하여 시분역 평균의 민감도와 비교하였다.

**결과:** Stratus OCT의 상측 테이블지표 중 Smax, Savg, Smax/Tavg의 민감도가 가장 높았고(각각 36.7%), 하측 테이블지표 중 Iavg, Imax, Imax/Smax의 민감도가 가장 높았지만(각각 63.8%, 59.4%, 50.7%), 시분역 평균(상이측 60%, 하이측 84.1%)보다는 모두 통계적으로 유의하게 낮았다.

**결론:** 녹내장 환자의 국소 망막신경섬유층 결손을 발견하는 데 있어 Stratus OCT의 테이블지표의 민감도는 낮은 민감도를 보여주어 임상적 유용성은 크지 않을 것으로 생각된다.

〈대한안과학회지 2010;51(9):1237-1244〉

녹내장은 병리학적으로 망막신경절세포와 축삭의 소실이 특징적인 진행성 시신경병증으로 망막신경섬유층과 시신경테의 두께가 감소하는 것이 특징이다.<sup>1</sup> 녹내장의 진행에 있어 이러한 망막신경섬유층의 구조적인 손상은 시야검사에서 나타나는 기능적 변화보다 앞선다고 알려져 있으며, 구조적으로 30~50% 정도의 신경절세포가 소실되고 나서야 기능적 손상으로 나타난다는 보고도 있다.<sup>2,3</sup> 따라서 녹내장의 조기진단 및 진행의 정도를 알아보는 데 있어 망막신경섬유층의 형태학적 변화를 평가하는 것이 중요하다.

망막신경섬유층의 손상을 평가하기 위한 표준적인 진단 방법으로는 무적색광 안저사진(red-free fundus photography)과 시신경유두사진이 주로 이용되고 있으나 정성적이고, 주관적인 특성으로 인해 제한점을 가지고 있다.<sup>4</sup> 검사의 평가에 있어 숙련된 관찰자들 사이에서도 유의한 차이가 있다는 보고도 있다.<sup>5-8</sup> 최근에는 시신경유두주위의 망막신경섬유층 두께를 객관적이고 정량적으로 측정하는 방

법이 도입되어 임상에 널리 쓰이고 있다. 대표적으로 빛간섭단층촬영기(optical coherence tomography), 레이저시신경유두분석기(scanning laser tomography), 주사레이저 편광측정기(scanning laser polarimetry) 등이 있다.

이 중 빛간섭단층촬영기는 망막과 시신경유두의 고해상도의 횡단면 영상을 제공하는 비접촉, 비침습적인 영상 장비로서, 망막신경섬유층의 두께를 정량적으로 측정할 수 있는 기구이다.<sup>9-14</sup> Stratus OCT는 3세대 장비로서 8~10  $\mu$ m의 축해상력을 가지고 있으며, 망막신경섬유층 측정에 있어 재현성이 높고 정상안으로부터 녹내장안을 구별해 낼 수 있다고 보고되고 있다.<sup>15-19</sup>

흔히 녹내장 진단을 위하여 사용되는 stratus OCT의 fast RNFL thickness scan은 망막신경섬유층 두께 평균분석(RNFL thickness average analysis)에 사분역 평균, 시분역 평균 그리고 테이블지표를 나타낸다. 이를 내장된 정상 데이터베이스를 이용하여 각 지표의 측정값과 비교해 그 확률을 구간별로 색깔로 표시하여 임상적으로 쉽게 이상 여부를 진단할 수 있게 하였다. 이를 이용한 여러 연구에서 Stratus OCT는 국소적인 망막신경섬유층 결손을 진단하는 데 있어 민감도와 특이도가 아주 뛰어난 것으로 알려져 있다.<sup>10,12,20-23</sup> 하지만 대부분 사분역 평균 및 시분역 평균을 이용한 연구로 테이블지표를 이용한 보고는 많지 않은 실정이다.

■ 접 수 일: 2010년 3월 11일 ■ 심사통과일: 2010년 5월 26일

■ 책임저자: 유 영 철

서울시 강동구 길1동 445  
한림대학교 강동성심병원 안과  
Tel: 02-2224-2274, Fax: 02-470-2088  
E-mail: demian7435@gmail.com

\* 본 논문의 요지는 2009년 대한안과학회 제101회 학술대회에서 구연으로 발표되었음.

이에 저자들은 녹내장 환자의 국소 망막신경섬유층결손을 발견하는 데 있어 Stratus OCT의 테이블 지표에서 각 지표의 단독 및 여러 가지 조합의 민감도를 비교하여 그 임상적 유용성을 알아보고자 하였다.

## 대상과 방법

본 연구는 2006년 1월부터 2008년 12월까지 녹내장 클리닉을 방문한 외래초진환자를 대상으로 세극등현미경검사, 안압측정, 전방각경검사, 안저검사, 자동시야검사 및 빛간섭단층촬영을 시행하여 정상안압녹내장 또는 원발개방각 녹내장으로 진단받은 환자 중 무적색광 망막신경섬유층 사진에서 상이측 또는 하이측에 단일 국소망막신경섬유층 결손이 관찰되는 환자 97명을 대상으로 하였으며 양안이 모두 포함될 경우도 각각 포함하였다. 최대교정시력이 20/40 미만, 한 눈에 2개 이상의 국소결손이 있는 경우, 미만성 망막신경섬유층결손이 있는 경우, 안내 수술병력이 있는 경우 (합병증이 없었던 백내장수술은 제외), 매체혼탁, 망막신경섬유층에 영향을 줄 수 있는 질환이 있는 경우 등은 제외하였다.

빛간섭단층촬영은 소프트웨어 버전 4.0.2인 Stratus OCT (Carl Zeiss Meditec, USA)를 이용하여 fast RNFL scan을 시행하였다. 검사는 숙련된 한 검사자에 의하여 시행되었으며, 동심원이 시신경유두 중심에 잘 위치하고 망막에 이미지의 초점이 잘 맞으며 신호강도가 6 이상을 보이는 경우에만 결과분석에 포함하였다. 국소망막신경섬유층 결손은 시신경유두 가장자리에서 1유두지름 떨어진 지점에서 망막의 가장 큰 혈관의 폭보다는 넓고, 시신경유두에서 멀어질수록 폭이 넓어지며, 시신경유두 경계에 닿거나 향하여 주행하고 있는 틈새모양 또는 썬치모양으로 정의하였다.

망막신경섬유층 결손의 위치 및 범위를 결정하는 데에는 Kim et al<sup>9</sup>의 방법을 사용하였으며, 여기서 결정된 망막신경섬유층 사진의 해당 시분역을 기준으로 민감도를 평가하였다. 우안을 기준으로 시분역을 표현하였으며 좌안은 우안의 거울 이미지 방향으로 기록하였다. OCT의 망막신경섬유층두께 평균분석(RNFL thickness average analysis)에서 각 지표가 정상인의 5% 미만 소견 (적색과 황색으로 표시됨)을 보이는 경우에 국소결손을 발견한 것으로 간주하였다.

Stratus OCT의 fast RNFL scan에 표현된 테이블 지표는 총 11개로, 6개의 두께지표(Smax, Imax, Savg, Iavg, Avg. thick, Max-Min)와 5개의 비율지표(Smax/Imax, Imax/Smax, Smax/Tavg, Imax/Tavg, Smax/Navg)로 분류하였다.

단일 테이블지표의 민감도를 보기 위해 전체 대상안에서 시분역 평균과 11개 테이블지표의 민감도를 계산하고 비교

하였으며, 테이블지표가 상하측별로 위치특이적(lesion-specific)인 특징이 있어 상측결손군과 하측결손군으로도 나누어 비교하였다.

테이블지표조합은 상측결손군과 하측결손군별로 각각 30% 이상의 민감도를 보인 지표 가운데 두 개의 테이블지표로 구성하였으며, 두 지표 중 하나라도 만족하면 결손을 발견한 것으로 간주하였다. 두께지표와 비율지표 간의 비교를 위해 상하측별로 각각 상위 두 개씩의 두께테이블지표와 비율테이블지표로 두께지표조합과 비율지표조합을 구성하였고, 민감도 평가는 역시 두 지표 중 한 지표만 양성이라도 양성으로 판정하였다. 테이블지표조합, 비율지표조합과 두께지표조합의 민감도를 구하고 이를 시분역 평균의 민감도와 비교하였다. 또한 시분역 평균에서 결손이 발견되지 않을 경우 테이블지표에서 추가적인 정보를 얻을 수 있는지를 조사하였다.

상측결손군과 하측결손군 간의 임상특성 비교는 카이제곱검정과 독립 T검정을 이용하였다. 여러지표들간의 민감도 차이의 비교는 맥네마르검정(McNemar test)을 이용하였다. 통계학적 분석은 소프트웨어 SPSS 버전 12.0을 이용하였으며 모든 결과는  $p$ -value가 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

## 결 과

시신경유두주위 망막신경섬유층 촬영을 하였던 114안 중 15안이 Stratus OCT에서 신뢰하지 못할 만한 결과를 보여 연구대상에서 제외되어 결과분석에는 총 86명, 99안이 포함되었다. 상측결손군과 하측결손군 사이에 성별, 나이, 안압, CCT (central corneal thickness), SE (spherical equivalent)에 있어서 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. Stratus OCT로 측정한 average thickness와 inferior thickness는 상측결손군에서 유의하게 높았으며 superior thickness는 하측결손군에서 유의하게 높게 나타났다. 무적색광 망막신경섬유층 사진에서 확인되는 국소결손의 폭은 하측결손군에서 더 넓게 나타났으며, 시야검사상 mean deviation은 상하측결손군 각각  $-2.7 \pm 2.8$ dB,  $-3.3 \pm 2.8$ dB로 초기 녹내장 소견을 보여주었다(Table 1).

단일 테이블지표의 민감도는 전체영역군 중 Iavg가 46.5%로 가장 높은 민감도를 나타냈으며, 상측결손군에서는 Savg, Smax, Smax/Tavg가 각각 36.7%, 하측결손군중 Iavg에서 63.8%로 가장 높은 민감도를 보여주었다. 전반적인 민감도는 전체영역군, 상측결손군 및 하측결손군에서 각각 5.1~46.5%, 0.0~36.7%, 1.0~63.8%로 다양한 모습을 보여주었다. 단일 테이블지표의 민감도는 각각의 시분역 평균의

**Table 1.** Demographic characteristics of study groups

	Superior RNFL defect (n=30)	Inferior RNFL defect (n=69)	p-value
Age (yr)	55.2 ± 10.5	56.7 ± 10.6	0.51 <sup>†</sup>
Male: female	14 : 16	27 : 42	0.48 <sup>*</sup>
IOP (mmHg)	15.2 ± 2.9	14.9 ± 3.3	0.62 <sup>†</sup>
CCT (μm)	528.6 ± 33.7	528.0 ± 33.8	0.96 <sup>†</sup>
SE (diopter)	-0.8 ± 3.0	+0.1 ± 1.2	0.37 <sup>†</sup>
Defect angle width (°)	21.7 ± 9.7	29.4 ± 11.0	<0.01 <sup>†</sup>
Average thickness (μm)	94.3 ± 11.2	88.1 ± 11.2	0.01 <sup>†</sup>
Superior thickness (μm)	103.7 ± 20.4	117.2 ± 14.8	<0.01 <sup>†</sup>
Inferior thickness (μm)	127.1 ± 19.5	91.6 ± 20.0	<0.01 <sup>†</sup>
MD in SAP (dB)	-2.7 ± 2.8	-3.3 ± 2.8	0.29 <sup>†</sup>

IOP = intraocular pressure; CCT = central corneal thickness; SE = spherical equivalent; MD = mean deviation; SAP = standard automated perimetry.

<sup>\*</sup>Chi-square test; <sup>†</sup>Independent *t*-test.**Table 2.** Sensitivity of OCT table parameters for diagnosis of localized RNFL defect

OCT parameter	Sensitivity of OCT (%) (95% CI <sup>*</sup> )		
	Overall RNFL defect (n=99)	Superior RNFL defect (n=30)	Inferior RNFL defect (n=69)
Clock hour	76.8 (68.4-85.1)	60 (42.5-77.5)	84.1 (75.4-92.7)
Table parameter			
Imax/Smax	35.4 (25.9-44.8)	0.0 (0)	50.7 (38.9-62.5)
Smax/Imax	10.1 (4.2-16.0)	30 (13.6-46.4)	1.4 (0-4.3)
Smax/Tavg	15.2 (8.1-22.2)	36.7 (19.4-53.9)	5.8 (0.3-11.3)
Imax/Tavg	38.4 (28.8-47.9)	13.3 (1.2-25.5)	49.3 (37.5-61.1)
Smax/Navg	5.1 (0.7-9.4)	13.3 (1.2-25.5)	1.4 (0-4.3)
Max-Min	28.3 (19.4-37.2)	30 (13.6-46.4)	28.3 (16.9-38.1)
Smax	15.2 (8.1-22.2)	36.7 (19.4-53.9)	5.8 (0.3-11.3)
Imax	45.4 (35.6-55.3)	13.3 (1.2-25.5)	59.4 (47.8-71.0)
Savg	17.2 (9.7-24.6)	36.7 (19.4-53.9)	8.7 (2.0-15.3)
Iavg	46.5 (36.6-56.3)	6.7 (0-15.6)	63.8 (52.4-75.1)
Avg.Thick	24.2 (15.8-32.7)	13.3 (1.2-25.5)	29 (18.3-39.7)

<sup>\*</sup>CI = confidence interval.**Table 3.** Sensitivity of table parameter combination in the superior defect group

Table parameter combination	Sensitivity of OCT (%) (95% CI <sup>*</sup> )
Savg or Smax	46.7 (28.8-64.5)
Savg or Smax/Tavg	43.3 (25.6-61.1)
Savg or Smax/Imax	46.7 (28.8-64.5)
Smax or Smax/Tavg	50.0 (32.1-67.9)
Smax or Smax/Imax	46.7 (28.8-64.5)
Smax/Tavg or Smax/Imax	40 (22.5-57.5)

<sup>\*</sup>CI = confidence interval.

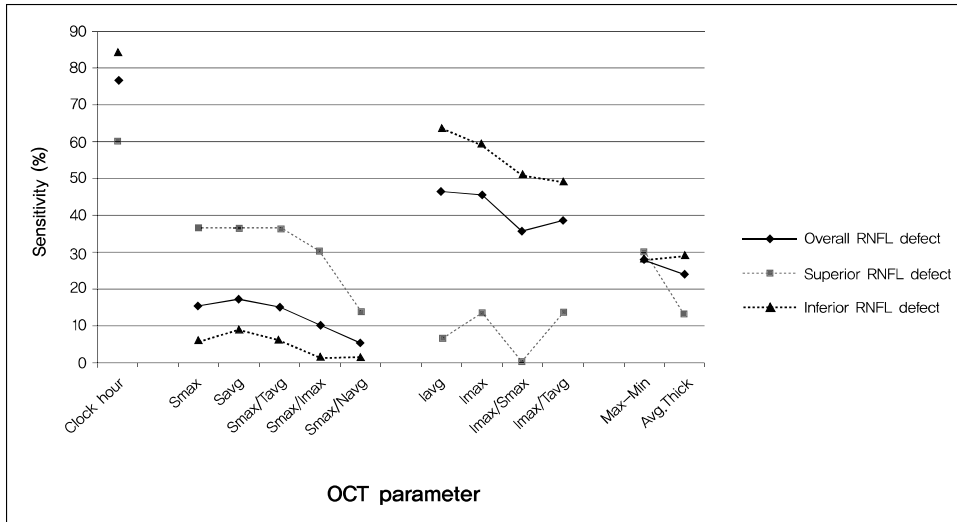
민감도(각각 76.8%, 60%, 84.1%)에 비해 통계적으로 유의한 차이를 보여주었다(전부  $p < 0.05$ )(Table 2).

Figure 1은 단일 테이블지표의 민감도를 그래프로 나타낸 것으로 상하측별로 민감도가 높은 지표들끼리 모아 놓았다. 민감도가 30% 이상인 상측특이테이블지표는 민감도 순서대로 Smax, Savg, Smax/Tavg, Smax/Imax이고, 하측특이테이블지표의 경우에는 Iavg, Imax, Imax/Smax, Imax/Tavg였다.

단일 테이블지표의 민감도에 있어서 서로 간의 민감도 비교에서 하측결손군 중 Iavg와 Imax/Smax, Iavg와 Imax/

Tavg 사이에서만 통계적으로 의미 있는 차이를 보였고(McNemar test, 각각 0.05, 0.04), 그 이외에는 유의한 차이를 보이는 지표들은 관찰되지 않았다.

Table 3은 상측결손군에서의 테이블지표의 조합을 나타내고 Smax or Smax/Tavg에서 50.0%로 가장 높은 민감도를 보여주었으며, Table 4는 하측결손군에서의 테이블지표의 조합을 나타내고 Iavg or Imax/Tavg에서 71.0%로 가장 높은 민감도를 보여주었다. Table 3, 4의 조합은 모두 각각의 시분역평균의 민감도와 비교하였을 때 통계적으로 의미 있는 차이를 보였다(모두  $p < 0.01$ ).



**Figure 1.** Graphical comparison of the specific table parameter according to the location of RNFL defect.

**Table 4.** Sensitivity of table parameter combination in the inferior defect group

Table parameter combination	Sensitivity of OCT (%) (95% CI)*
Iavg or Imax	66.7 (55.5-77.8)
Iavg or Imax/Tavg	71.0 (60.3-81.7)
Iavg or Imax/Smax	69.5 (58.7-80.4)
Iavg or Imax/Tavg	65.2 (53.9-76.5)
Imax or Imax/Smax	63.8 (52.4-75.1)
Imax/Tavg or Imax/Smax	59.4 (47.8-71.0)

\*CI= confidence interval.

**Table 5.** Comparison of the sensitivity between ratio parameter combination and thickness parameter combination

	Sensitivity of OCT (%) (95% CI) <sup>†</sup>		p-value*
	Ratio parameter combination	Thickness parameter combination	
Superior defect group	40.0 (22.5-57.5)	46.7 (28.8-64.5)	0.63
Inferior defect group	59.4 (47.8-71.0)	66.7 (55.5-77.8)	0.33

Ratio parameter combination : Smax/Tavg or Smax/Imax (superior defect group), Imax/Tavg or Imax/Smax (inferior defect group).

Thickness parameter combination : Smax or Savg (superior defect group), Imax or Iavg (inferior defect group).

\*McNemar test, <sup>†</sup>CI= confidence interval.

상하측별 두께지표조합과 비율지표조합의 민감도는 서로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 시분역 평균의 민감도와 비교하였을 때 통계적으로 의미 있는 차이를 보여주었다(모두  $p < 0.01$ )(Table 4).

상하측별 시분역 평균에서 국소결손이 발견되지 않은 경우는 상측결손군 30안 중 12안, 하측결손군 69안 중 11안으로 나타났으며, 그 중 테이블지표에서 국소결손이 발견된 경우는 상측결손군에서는 Smax/Imax, Smax/Tavg가 각각 1안씩, 하측결손군에서는 Iavg에서 1안, Imax/Tavg에서 3안으로 나타났다(Table 5).

## 고 찰

빛간섭단층촬영은 망막신경섬유층 두께를 객관적이고

정량적으로 측정하는 영상장비로서, 녹내장과 시신경유두의 다양한 질환을 조기진단하는 데 매우 유용하다고 알려져 있다.<sup>24,25</sup> Stratus OCT는 비접촉, 비침습적인 방법으로 정상안으로부터 녹내장안을 구별해 낼 수 있다고 알려진 유용한 도구로 재현성이 높다고 알려져 있다.<sup>12,15</sup> 그러나 Stratus OCT는 Fast RNFL thickness scan에서 TSNIT graph, 시분역 평균, 사분역 평균과 테이블지표를 나타낼 뿐 모든 정보를 포괄하는 단일한 진단적 지표를 제공하지 않는다.

Stratus OCT의 여러 지표들로 녹내장의 진단능력을 평가한 몇몇 논문들에서는 Average RNFL thickness가 가장 민감한 단일 지표로 알려져 있으나 국소 망막신경섬유층 결손을 발견하는 데는 민감도가 떨어질 수 있다.<sup>11,13</sup> Budenz et al<sup>12</sup>은 시야결손 녹내장에 대해 Stratus OCT의 민감도와

특이도를 연구한 논문에서 1시분역 이상이나 1사분역 이상에서 5% 이하의 이상소견이 있는 경우가 각각 89%의 민감도와 92%의 특이도, 89%의 민감도와 95%의 특이도로 가장 적절한 지표라고 하였다. Lu et al<sup>11</sup>은 여러 지표의 조합 중 Overall average, superior quadrant와 inferior quadrant 세 개의 지표 중 한 가지 이상의 이상소견이 있을 경우의 area under the receiver operating characteristic curve (AROC)가 0.922로 가장 높다고 하였다. 그 외에도 Polo et al<sup>14</sup>은 2시분역 이상에서 5% 이하의 이상소견이 있는 경우에 77.2%의 민감도, 91.9%의 특이도로 가장 높은 진단적 능력을 보인다고 하였다. Parikh et al<sup>26</sup>은 시야결손을 기준으로 한 초기녹내장에서 inferior maximum이 민감도 및 특이도가 가장 높은 지표라고 하였으며 테이블지표에서 2.8%~75%의 다양한 민감도를 보이고 있다고 하였다.

앞선 기존의 연구들은 Stratus OCT 지표들의 녹내장 진단 능력을 평가하고, 지표들의 일정한 조합으로 진단의 민감도를 높이고자 하였다. 그러나 상대적으로 민감도가 떨어지는 것으로 나타난 테이블지표에 대한 연구는 없는 실정이다. 이에 저자들은 민감도는 낮을 것으로 생각되나 두께 및 비율 등의 여러 정보들을 포함하고 있는 테이블지표에서 국소 망막신경섬유층결손을 진단하는 데 있어 도움이 될만한 정보가 있는지 알아보하고자 하였다.

본 연구에서는 녹내장환자의 국소 망막신경섬유층결손을 발견하는 데 있어 Stratus OCT의 테이블지표의 유용성을 알아보기 위해 다각적 측면에서 접근 및 분석을 하였다. 단일 테이블지표의 경우는 전체영역에서 5.1~46.5%의 낮은 민감도를 보여주었으며, 시분역 평균의 민감도(76.8%)와 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 테이블지표의 조합은 상측결손군에서 40.0~50.0%, 하측결손군에서 59.4~71.0%의 민감도를 보였으며, 이들은 모두 시분역평균의 민감도와 비교하였을 때 유의한 차이를 보여주었다. 상하측별 두께지표 조합과 비율지표조합의 민감도는 서로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 시분역 평균의 민감도와 비교하였을 때 통계적으로 의미 있는 차이를 보여주었다. 또한 시분역 평균에서 국소결손이 발견되지 않았을 경우 테이블지표의 유용성을 알아보았으나 진단에 큰 도움을 주지 못했다.

본 연구에서 시분역 평균에 비해 테이블 지표들이 낮은 민감도를 보이는 이유는 첫째로 지표의 정밀도의 차이가 있기 때문으로 생각된다. 시분역 평균은 30도 간격으로 신경섬유층의 평균두께를 측정하지만, 테이블 지표는 Savg나 Iavg의 경우에 90도에 해당하는 부분의 평균두께를 측정하게 된다. 둘째로 최대값을 나타내는 Smax와 Imax의 경우에는 국소신경섬유층결손이 해당영역(최대값)을 포함하지 않는다면 민감도가 떨어질 수밖에 없을 것이다. 또한 근시

정도에 따라서도 이런 최대값을 나타내는 부위의 이동이 있다는 연구도 있어 국소신경섬유층결손을 발견하는 데에 다른 인자들에 의한 변이가 클 것으로 생각된다. 마지막으로 비율지표(Smax/Imax, Imax/Smax, Smax/Tavg, Imax/Tavg, Smax/Navg)의 경우 앞서 언급한 최대값과 사분역 평균값을 기초로 하였기 때문에 그 민감도 역시 떨어질 것으로 예상이 된다. 또한 이는 국소 망막신경섬유층결손을 발견하는 데에 있어 더 많은 차이가 나타날 것으로 생각된다.

본 연구에서 기존연구에 비해 전반적으로 낮은 민감도를 보인 이유는 초진환자를 대상으로 하였기 때문에 상대적으로 초기 녹내장(MD =  $-3.1 \pm 2.8$ dB)이 대상군이 되었기 때문이며, 국소 망막신경섬유층결손을 대상으로 하였기 때문에 미만성 망막신경섬유층결손이 제외된 것도 민감도를 떨어뜨리는 데 영향을 주었을 것이다. 또한 연구의 세밀한 분석을 위해 상하측 모두에서 국소 망막신경섬유층결손을 보이는 환자를 제외하고 순수하게 단측에서만 단일 결손이 있는 환자를 대상으로 하였기 때문에 민감도가 낮게 나타나는데 영향을 끼쳤을 것이다.

시분역 평균의 민감도에서 상측결손군의 민감도(60.0%)가 하측결손군의 민감도(84.1%)에 비해 통계적으로 유의한 차이가 있으며(피셔정확검정,  $p=0.02$ ), 다른 지표에서도 전반적으로 하측 결손군에서 더 민감하게 나타나는 이유는, 대상안 가운데 단일 국소결손의 폭이 상측결손군( $21.7 \pm 9.7^\circ$ )에서보다 하측결손군( $29.4 \pm 11.0^\circ$ )에서 더 유의하게 넓기 때문으로 생각된다. 이전의 연구에서도 Stratus OCT의 민감도는 국소 망막신경섬유층 결손의 폭에 비례한다고 하였다.<sup>10</sup> 그러나 시야검사상 mean deviation이 상하측 결손군 간에 유의한 차이가 없고, 특히 Figure 1에서와 같이 상측결손군 중 하측지표에서 양성인 경우가 하측결손군 중 상측지표에서 양성인 경우보다 민감도가 다소 높게 나오는 경향이 있는 이유는, 위양성의 가능성을 모두 배제할 수는 없겠지만 시신경유두의 하측이 상측에 비해 더 손상을 받기 쉬우며 초기의 녹내장성 시신경손상은 하측에서 나타난다는 기존의 연구 결과들로 어느 정도 설명이 될 수 있을 것으로 생각된다.<sup>27-30</sup>

단일 테이블지표에서 하측결손에 대한 가장 높은 민감도를 보인 두께지표(Iavg: 63.8%)는 비율지표(Imax/Smax: 50.7%, Imax/Tavg: 49.3%)보다 통계적으로 유의한 높은 민감도를 보였다(McNemar test, 각각 0.05, 0.04). 이는 Medeiros et al<sup>31</sup>이 망막신경섬유층 사진 점수와 주사레이저편광측정기(Scanning laser polarimetry: SLP)의 지표를 비교한 연구에서 SLP의 두께지표가 비율지표에 비해 망막신경섬유층 사진과 더 깊은 연관성이 있다는 결과와 비슷

한 맥락의 소견이다.

테이블지표의 조합에서는 민감도가 높은 두께지표 간의 조합에서 가장 높은 민감도를 보일 것으로 예상하였으나, 두께지표와 비율지표의 조합(상측결손군: Smax or Smax/Tavg, 하측결손군: Iavg or Imax/Tavg)에서 가장 높은 민감도를 보여주었다. 이는 두께지표와 비율지표가 국소결손을 발견하는 영역이 다르기 때문에, 두께지표가 개별적인 민감도는 높지만 이를 조합했을 때 두께지표와 비율지표를 조합했을 때보다 더 낮은 민감도를 보여주는 것이라고 추측된다.

기존의 연구에 의하면 시신경 유두주위 망막신경섬유층 두께는 상이측과 하이측이 가장 두꺼운 두 개의 봉우리(double hump) 모양을 가지며, 또한 녹내장으로 인한 손상은 상이측과 하이측 위치에서 가장 많이 발생한다고 보고되었다.<sup>1,32-36</sup> 이를 본 연구에 적용해 본다면 단측에 망막신경섬유층 결손이 있는 경우 그 쪽의 최대두께값(Smax or Imax)이 가장 먼저 영향을 받기 쉽다 따라서 민감도도 다른 지표에 비해 더 높을 것으로 예상이 되었지만, 연구결과 상하측 평균두께값(Savg or Iavg)이 상하측 최대두께값(Smax or Imax)보다 더 높은 민감도를 보여주었다. 이는 Stratus OCT의 정상 데이터베이스의 변이 폭이 크고 여러 인자들의 영향을 받는다고 알려진 기존의 연구들을 보았을 때, 평균두께값이 최대두께값보다 변이 폭에 영향을 덜 받아서 이런 결과를 나타낸 것으로 생각된다.<sup>37,38</sup>

시분역 평균에서 결손이 발견되지 않은 경우 중 테이블지표에서 국소결손을 발견한 경우는 대부분 비율지표에서 나타났으며, 특히 Imax/Tavg의 경우 하측결손군 가운데 시분역 평균에서 결손이 발견되지 않은 11안 중 3안(27.3%)에서 결손을 발견한 것으로 나타났다. 또한 Imax/Tavg는 테이블지표의 비율지표 중 가장 높은 민감도(38.4%)를 보여주었다. 수치상으로 그리 높지 않은 값을 보여주어 그 유용성에 대한 의문이 들긴 하지만 대상 수가 적다라는 점을 고려해 볼 때는 의미가 있을 수 있으며, 추후 더 많은 연구를 통해 유용성에 대한 평가가 필요할 것으로 보인다.

본 연구에서는 Stratus OCT의 소프트웨어에 내장된 정상 데이터베이스를 기준으로 하여 민감도를 구하였다. 이전의 연구에서 Stratus OCT의 정상 데이터베이스는 변이 폭이 크다고 알려져 있으며, 특히 나이, 인종, 안구길이, 그리고 시신경유두크기 등에 영향을 받는다고 알려져 있다.<sup>37,38</sup> 더욱이 Stratus OCT의 정상 데이터베이스에는 동양인이 3%만 포함되어 있기 때문에 연구결과에 영향을 끼칠 수 있을 것이다. 그리고 백인에서보다 아시아인에서 망막신경섬유층의 두께가 두껍기 때문에 아시아인을 측정하였을 때는 위음성이 생길 가능성이 높다고 알려져 있다.<sup>39</sup> 또한 구면

렌즈대응치에 따라서도 망막신경섬유층의 분포가 달라진다는 연구도 있어 구면렌즈대응치도 검사결과에 영향을 줄 수 있을 것으로 생각된다.<sup>40</sup> 따라서 앞으로 빛간섭단층촬영 검사 시 결과에 영향을 줄 수 있는 여러가지 인자들을 보정한 연구들이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 Stratus OCT에 내장된 정상 데이터베이스를 비교대상으로 이용하긴 하였으나 연구에 대조군이 없어 각 지표들의 특이도를 비교하지 못하였다. 지표들의 조합수가 많아질수록 특이도는 떨어질 것으로 예상되기 때문에 본 연구에서는 3개 이상의 지표들의 조합은 구성하지 않았다. 또한 평균 망막신경섬유층의 두께에 영향을 끼칠 수 있다고 알려진 optic disc area를 고려하지 않았다.<sup>37</sup> 마지막으로 상대적으로 적은 대상 수여서 민감도 차이의 통계적 검증 시 오류를 범할 소지가 있다.

결론적으로, 본 연구에서 정상안압녹내장 혹은 개방각녹내장 환자의 국소 망막신경섬유층결손을 발견하는 데 있어 Stratus OCT의 테이블지표는 낮은 민감도를 보여주어 임상적 유용성은 크지 않을 것으로 생각된다. 그러나 앞으로 Stratus OCT의 민감도에 대한 연구에 있어 테이블지표에 대한 연구도 포함하여 그 유용성에 대한 더 많은 연구가 필요할 것으로 보인다.

## 참고문헌

- 1) Sommer A, Miller NR, Pollack I, et al. The nerve fiber layer in the diagnosis of glaucoma. Arch ophthalmol 1977;95:2149-56.
- 2) Quigley HA, Addicks EM, Green WR. Optic nerve damage in human glaucoma. III. Quantitative correlation of nerve fiber loss and visual field defect in glaucoma, ischemic neuropathy, papilledema, and toxic neuropathy. Arch Ophthalmol 1982;100:135-46.
- 3) 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.
- 4) Quigley HA. Diagnosing Early glaucoma with Nerve Fiber layer Examination, 6th ed. New York: Igaku-Shoin, 1996;456-9.
- 5) Lichter PR. Variability of expert observers in evaluating the optic disc. Trans Am Ophthalmol Soc 1976;74:532-72.
- 6) Tielsch JM, Katz J, Quigley HA, et al. Intraobserver and interobserver agreement in measurement of optic disc characteristics. Ophthalmology 1988;95:350-6.
- 7) Varma R, Steinmann WC, Scott IU. Expert agreement in evaluating the optic disc for glaucoma. Ophthalmology 1992;99:215-21.
- 8) Jaffe GJ, Caprioli J. Optical coherence tomography to detect and manage retinal disease and glaucoma. Am J Ophthalmol 2004; 137:156-69.
- 9) Kim TW, Park UC, Park KH, Kim DM. Ability of stratus OCT to identify localized retinal nerve fiber layer defects in patients with normal standard automated perimetry results. Invest Ophthalmol Vis Sci 2007;48:1635-41.
- 10) Jeoung JW, Park KH, Kim TW, et al. Diagnostic ability of optical

- coherence tomography with a normative database to detect localized retinal nerve fiber layer defects. *Ophthalmology* 2005; 112:2157-63.
- 11) Lu AT, Wang M, Varma R, et al. Combining nerve fiber layer parameters to optimize glaucoma diagnosis with optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2008;115:1352-7.
- 12) Budenz DL, Michael A, Chang RT, et al. Sensitivity and specificity of the stratus OCT for perimetric glaucoma. *Ophthalmology* 2005; 112:3-9.
- 13) Hougaard JL, Heijl A, Bengtsson B. Glaucoma detection by stratus OCT. *J Glaucoma* 2007;16:302-6.
- 14) Polo V, Larrosa JM, Ferreras A, et al. Retinal nerve fiber layer evaluation in open angle glaucoma. *Ophthalmologica* 2009;223:2-6.
- 15) Paunescu LA, Schuman JS, Price LL, et al. Reproducibility of nerve fiber thickness, macular thickness, and optic nerve head measurements using Stratus OCT. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45:1716-24.
- 16) Schuman JS, Pedut-Kloizman T, Hertzmark E, et al. Reproducibility of nerve fiber layer thickness measurements using optical coherence tomography. *Ophthalmology* 1996;103:1889-98.
- 17) Weinreb RN, Shakiba S, Zangwill L. Scanning laser polarimetry to measure the nerve fiber of normal and glaucomatous eyes. *Am J Ophthalmol* 1995;119:627-36.
- 18) 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.
- 19) Medeiros FA, Zangwill LM, Bowd C, et al. Fourier analysis of scanning laser polarimetry measurements with variable corneal compensation in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003;44: 2606-12.
- 20) Schuman JS, Hee MR, Puliafito CA, et al. Quantification of nerve fiber layer thickness in normal and glaucomatous eyes using optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol* 1995;113:586-96.
- 21) Hwang JM, Kim TW, Park KH, et al. Correlation between topographic profiles of localized retinal nerve fiber layer defects as determined by optical coherence tomography and red-free fundus photography. *J Glaucoma* 2006;15:223-8.
- 22) Teesalu P, Tuulonen A, Airaksinen PJ. Optical coherence tomography and localized defects of the retinal nerve fiber layer. *Acta Ophthalmol Scand* 2000;78:49-52.
- 23) Pieroth L, Schuman JS, Hertzmark E, et al. Evaluation of focal defects of the nerve fiber layer using optical coherence tomography. *Ophthalmology* 1999;106:570-9.
- 24) Chen HY, Huang ML. Discrimination between normal and glaucomatous eyes using Stratus optical coherence tomography in Taiwan Chinese subjects. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2005;243:894-902.
- 25) Huang ML, Chen HY. Development and comparison of automated classifiers for glaucoma diagnosis using stratus optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:4121-9.
- 26) Parikh RS, Parikh S, Sekhar GC, et al. Diagnostic capability of optical coherence tomography (stratus OCT3) in early glaucoma. *Ophthalmology* 2007;114:2238-43.
- 27) Bowd C, Zangwill LM, Berry CC, et al. Detecting early glaucoma by assessment of retinal nerve fiber layer thickness and visual function. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2001;42:1993-2003.
- 28) Zangwill LM, Bowd C, Berry CC, et al. Discriminating between normal and glaucomatous eyes using the Heidelberg retina tomograph, GDx nerve fiber analyzer, and optical coherence tomograph. *Arch Ophthalmol* 2001;119:985-93.
- 29) Kamal DS, Garway-Heath DF, Hitchings RA, Fitzke FW. Use of sequential Heidelberg retina tomograph images to identify changes at the optic disc in ocular hypertensive patients at risk of developing glaucoma. *Br J Ophthalmol* 2000;84:993-8.
- 30) Parisi V, Manni G, Centofanti M, et al. Correlation between optical coherence tomography, pattern electroretinogram, and visual evoked potentials in open-angle glaucoma patients. *Ophthalmology* 2001; 108:905-12.
- 31) Medeiros FA, Zangwill LM, Bowd C, et al. Comparison of scanning laser polarimetry using variable corneal compensation and retinal nerve fiber layer photography for detection of glaucoma. *Arch Ophthalmol* 2004;122:698-704.
- 32) Vernon SA, Rotchford AP, Negi A, et al. Peripapillary retinal nerve fibre layer thickness in highly myopic Caucasians as measured by Stratus optical coherence tomography. *Br J Ophthalmol* 2008;92: 1076-80.
- 33) 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.
- 34) Kanamori A, Nakamura M, Escano MF, et al. Evaluation of the glaucomatous damage on retinal nerve fiber layer thickness measured by optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 2003; 135:513-20.
- 35) Caprioli J. The contour of the juxtapapillary nerve fiber layer in glaucoma. *Ophthalmology* 1990;97:358-65.
- 36) 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.
- 37) Budenz DL, Anderson DR, Varma R, et al. Determinants of normal retinal nerve fiber layer thickness measured by stratus OCT. *Ophthalmology* 2007;114:1046-52.
- 38) Hougaard JL, Heijl A, Bengtsson B. Glaucoma detection using different stratus optical coherence tomography protocols. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85:251-6.
- 39) Da pozzo S, Iacono P, Marchesan R, et al. The effect of aging on retinal nerve fibre layer thickness: an evaluation by scanning laser polarimetry with variable corneal compensation. *Acta Ophthalmol Scand* 2006;84:375-9.
- 40) Song TG, Yoo YC, Lee HB. Quantitative analysis of retinal nerve fiber layer thickness profile in myopic eyes. *J Korean Ophthalmol Soc* 2009;50:1840-6.

=ABSTRACT=

## Usefulness of Table Parameters of Stratus OCT in Detection of Localized Retinal Nerve Fiber Layer Defects

Jung Hwan Shin, MD<sup>1</sup>, Young Cheol Yoo, MD<sup>1</sup>, Ki Ho Park, MD<sup>2</sup>

*Department of Ophthalmology, Kang Dong Sacred Heart Hospital, Hallym University College of Medicine<sup>1</sup>, Seoul, Korea*

*Department of Ophthalmology, Seoul National University College of Medicine<sup>2</sup>, Seoul, Korea*

**Purpose:** To evaluate the usefulness of table parameters of Stratus optical coherence tomography (OCT) in order to detect localized retinal nerve fiber layer (RNFL) defects.

**Methods:** The present study included 86 glaucoma patients with only localized, wedge-shaped RNFL defects, as determined by red-free RNFL photographs. All subjects were tested fast RNFL scans, using of Stratus OCT. The sensitivity of the clock hour parameter and 11 table parameters of RNFL thickness average analysis were compared.

**Results:** The best parameters in the superior table parameter of the Stratus OCT were Smax, Savg, and Smax/Tavg (sensitivity = 36.7%, 36.7%, 36.7%, respectively). The best parameters in the inferior table parameter of the Stratus OCT were Iavg, Imax, and Imax/Smax (sensitivity = 63.8%, 59.4%, and 50.7%, respectively). However, all were significantly lower than the sensitivity of the clock hour parameter (superior RNFL defect: 60%; inferior RNFL defect: 84.1%).

**Conclusions:** The usefulness of the table parameters of the Stratus OCT used to detect localized RNFL defects in glaucoma patients is considered low because of its low sensitivity.

J Korean Ophthalmol Soc 2010;51(9):1237-1244

**Key Words:** Localized retinal nerve fiber layer defects, Sensitivity, Stratus optical coherence tomography, Table parameter

---

Address reprint requests to **Young Cheol Yoo, MD**

Department of Ophthalmology, Kang Dong Sacred Heart Hospital

#445 Gil 1-dong, Gangdong-gu, Seoul 134-701, Korea

Tel: 82-2-2274-2274, Fax: 82-2-470-2088, E-mail: demian7435@gmail.com