

시신경병증 환자군에서 빛간섭단층촬영기로 측정된 망막신경섬유층 두께와 시력과의 관계

Correlation between Visual Acuity and Retinal Nerve Fiber Layer Thickness in Optic Neuropathies

박지웅 · 경성은

Ji Woong Park, MD, Sung Eun Kyung, MD, PhD

단국대학교 의과대학 안과학교실

Department of Ophthalmology, Dankook University College of Medicine, Cheonan, Korea

Purpose: To assess the correlation between retinal nerve fiber layer (RNFL) thickness measured by optical coherence tomography (OCT, Cirrus HD-OCT®) and visual acuity in optic neuritis, ischemic optic neuropathy and traumatic optic neuropathy.

Methods: Thirty-eight patients were recruited. RNFL thickness and visual acuity in optic neuritis, ischemic optic neuropathy and traumatic optic neuropathy were measured at least 6 months after the event. The correlation between log MAR best-corrected visual acuity (BCVA) and retinal nerve fiber thickness in each quadrant was analyzed.

Results: log MAR BCVA and RNFL thickness of each quadrant in optic neuropathy exhibited a statistically significant correlation. In optic neuritis, RNFL thickness of the superior quadrant was significantly thicker than in ischemic optic neuropathy and traumatic optic neuropathy ($p = 0.009, 0.003$). In addition, RNFL thickness of the inferior quadrant in optic neuritis was significantly thicker than in traumatic optic neuropathy ($p = 0.012$).

Conclusions: There was a statistically significant correlation between log MAR BCVA and RNFL thickness by OCT in patients with optic neuropathies. The RNFL thickness may predict visual acuity after an optic neuropathy attack and help to differentiate malingering patients with impaired vision loss.

J Korean Ophthalmol Soc 2016;57(4):628-633

Keywords: Optic neuropathy, Optical coherence tomography, Retinal nerve fiber layer

망막신경섬유층은 중추신경계에서 유일하게 축삭(axon)

이 직접 노출되어 보이는 부위로 알려져 있으며, 망막신경 절세포의 축삭으로 구성되어 있고, 축삭들이 손상을 받으면 망막신경섬유층 두께에 변화가 오게 된다.¹ 망막신경섬유층은 빛간섭단층촬영기(optical coherence tomography, OCT)를 통해 가장 효과적으로 측정 가능하며,² 이 두께는 시신경의 구조적인 축삭돌기 손실 정도를 평가하는 데에도 유용하다고 알려져 있다. 그동안 다양한 시신경병증 환자들에서 망막신경섬유층 두께의 변화에 대한 연구들이 있어 왔다. 시신경염 환자에서 전체 망막신경섬유층 두께와 황반부 용적은 유의하게 감소하고 그 양은 시기능 감소량과 연관이 있으며,³ 약 3개월이 경과하면 망막신경섬유 손실이

■ Received: 2015. 11. 26. ■ Revised: 2015. 2. 12.

■ Accepted: 2016. 3. 12.

■ Address reprint requests to **Sung Eun Kyung, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Dankook University Hospital,
#201 Manghyang-ro, Dongnam-gu, Cheonan 31116, Korea
Tel: 82-41-550-6497, Fax: 82-41-561-0137
E-mail: kseeeye@hanmail.net

* This study was presented as a narration at the 113th Annual Meeting of the Korean Ophthalmological Society 2015.

* This study was presented as a narration at the 8th Joint Meeting of Japan-China-Korea Ophthalmologists 2015.

© 2016 The Korean Ophthalmological Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

확연히 보이고 6개월 정도 지나면 안정화된다고 하였다.⁴ 외상성시신경병증의 경우는 3개월이 지나서도 지속적으로 망막신경섬유가 감소하고,⁵ 허혈시신경병증의 경우 약 6개월이 경과하면 망막신경섬유 손실이 안정화된다고 하였다.⁶ 이처럼 시신경의 구조적인 축삭돌기 손실 정도는 시신경유두주위 망막신경섬유층 두께를 측정함으로써 정량화할 수 있고, 더불어 예후를 예측할 수 있는 것으로 알려져 있다.

빛간섭단층촬영을 이용하여 측정한 망막신경섬유층 두께는 위쪽, 아래쪽, 코쪽, 귀쪽의 4개 사분면으로 나누어 측정하는데 위쪽과 아래쪽의 망막신경섬유층이 가장 두껍고 귀쪽 망막신경섬유층이 가장 얇은 것으로 알려져 있다.^{7,8} 허혈시신경염이나 급성 시신경염 등 다양한 시신경병증에서 귀쪽에 비해 코쪽 사분면이 덜 손실된다는 보고는 있으나,^{9,10} 각 사분면에 따른 망막신경섬유층 두께와 시력과의 관계에 대한 비교 연구는 없었다. 이에 본 연구에서는 빛간섭단층촬영을 이용해 시신경병증 환자들에서 시력과 각 사분면의 망막신경섬유층 두께와의 관계를 알아보하고자 하였다.

대상과 방법

2004년부터 2014년까지 단국대학교병원에 내원한 환자들 중에서 시신경염, 외상성시신경병증, 허혈시신경병증 등 시신경병증으로 진단 받은 이후 최소 6개월 이상 경과관찰이 되었고, 망막신경 섬유층 빛간섭단층촬영까지 시행된 환자들을 선별하여 후향적 연구를 실시하였다. 38명 41안(양안 시신경염 3명)이 선정되었고, 정상 대조군으로는 환자들의 반대편 정상안 31안을 선정하였다. 시력은 한천석 시력표를 이용하여 측정한 뒤 logarithm of the minimum angle of resolution (logMAR) 시력으로 변환하였다.

외상성시신경병증의 진단은 안구나 시신경에 대한 직접적인 손상의 증거가 없이 두부 또는 안와 주위의 외상 후

구심성 동공장애가 있으면서 시력감소가 존재하는 경우로 하였다. 시신경염의 진단은 안구운동 시 통증을 동반한 갑작스러운 시력저하, 시야장애와 함께 구심성 동공운동장애를 보이면서, 갑작스러운 시력저하나 시야장애의 원인이 될 만한 다른 안과적인 질환이 없는 경우로 하였다. 허혈시신경병증의 진단은 무통성의 갑작스러운 시력저하와 함께 구심성 동공운동장애를 보이면서 시신경 유두부 이상소견과 연관된 시야결손이 있으며, 갑작스러운 시력저하나 시야장애의 원인이 될 만한 다른 안과적인 질환이 없는 경우로 하였다. 시신경염 또는 허혈시신경병증에 부합하는 전형적인 임상양상을 동반하지 않는 경우에는 연구에서 제외하였다.

모든 환자에서 나안시력, 최대교정시력을 측정하였고 경과관찰 시점에서 스펙트럼영역 빛간섭 단층촬영기(Cirrus HD-OCT® version 5, Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA)의 Optic disc cube 200×200 scan mode를 이용하여 시신경 유두의 면적 및 유두함몰비, 전체, 위, 아래, 코 및 귀쪽 사분면의 망막신경섬유층 두께를 측정하였다.

검사를 통해 얻어진 자료를 바탕으로, 시신경병증 환자들에서 최대교정시력과 망막신경섬유층 각 사분면의 두께가 상관관계가 있는지 알아보았다. 모든 통계분석은 GraphPad Software (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA)를 이용하였고, p 값이 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의한 것으로 하였다.

결 과

대상자인 38명 41안 중에서 시신경염이 25안, 외상성시신경병증이 10안, 허혈시신경병증이 6안이었으며 정상 대조군은 31안이였다. 연령은 위 순서대로 각각 평균 30.36 ± 13.50 세, 38.10 ± 11.61 세, 68.00 ± 9.68 세, 대조군은 39.00 ± 15.91

Table 1. Epidemiological features and retinal nerve fiber layer thickness in each group

	ON (n = 25)	TON (n = 10)	ISON (n = 6)	p -value [*]	Control Eyes (n = 31)	Total (n = 72)
Age (years)	30.36 ± 13.50	38.10 ± 11.61	68.00 ± 9.68		39.00 ± 15.91	38.29 ± 17.01
Gender (M:F)	13:12	9:1	3:3		20:11	45:27
Period (months)	25.52 ± 27.49	31.70 ± 30.41	17.03 ± 17.25	0.394		25.78 ± 26.81
log MAR BCVA [‡]	0.14 ± 0.29	0.58 ± 0.73	1.15 ± 0.89	0.003 [†]	0.00 ± 0.02	0.23 ± 0.51
Superior sector (μm)	94.48 ± 24.29	65.6 ± 20.11	56.33 ± 10.58	<0.001 [†]	116.94 ± 14.93	96.96 ± 28.41
Temporal sector (μm)	50.32 ± 12.80	37.72 ± 11.58	48.83 ± 13.98	0.061	62.16 ± 8.03	53.54 ± 13.66
Inferior sector (μm)	97.64 ± 29.88	63.10 ± 24.81	70.67 ± 30.58	0.007 [†]	121.32 ± 17.91	100.79 ± 32.34
Nasal sector (μm)	58.64 ± 5.47	50.43 ± 12.51	57.17 ± 2.78	0.063	62.71 ± 7.99	59.13 ± 8.61
Average (μm)	75.27 ± 14.47	54.20 ± 14.58	58.25 ± 13.10	0.001 [†]	90.78 ± 8.81	77.60 ± 18.14

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

ON = optic neuritis; TON = traumatic optic neuropathy; ISON = ischemic optic neuropathy; M = male; F = female; BCVA = best corrected visual acuity.

^{*}Kruskal-wallis test compared in each group; [†] p -value < 0.05; [‡]log MAR best corrected visual acuity.

Table 2. Comparison of mean retinal nerve fiber layer sector thickness between groups A and B

	Mean of A (n = 41)	Mean of B (n = 31)	Mean of A-B	p-value*
Superior (μm)	81.85 ± 4.20	116.91 ± 2.68	35.08 ± 5.37	<0.001
Temporal (μm)	47.02 ± 2.11	62.16 ± 1.44	15.14 ± 2.73	<0.001
Inferior (μm)	85.27 ± 5.04	121.33 ± 3.22	36.05 ± 6.44	<0.001
Nasal (μm)	56.41 ± 1.27	62.71 ± 1.44	6.30 ± 1.92	0.002
Age (years)	37.76 ± 2.81	39.00 ± 2.86		0.761

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated. Group A is 'eyes having ON or TON or ISON' and group B is 'control eyes'. ON = optic neuritis; TON = traumatic optic neuropathy; ISON = ischemic optic neuropathy.

*Unpaired t-test.

Table 3. Correlation between log MAR BCVA and retinal nerve fiber layer sector thickness in affected eyes*

	Superior	Temporal	Inferior	Nasal	Mean (n=41)
$Y^{\dagger} = aX^{\ddagger} + b$	$-0.009X + 1.153$	$-0.006X + 0.692$	$-0.01X + 1.249$	$-0.028X + 1.977$	$-0.018X + 1.573$
p-value [§]	0.008	0.381	<0.001	0.017	0.001

BCVA = best corrected visual acuity.

*n = 41, number of eyes with optic neuropathies; [†]Retinal nerve fiber layer thickness (μm); [‡]log MAR BCVA; [§]Simple linear regression.

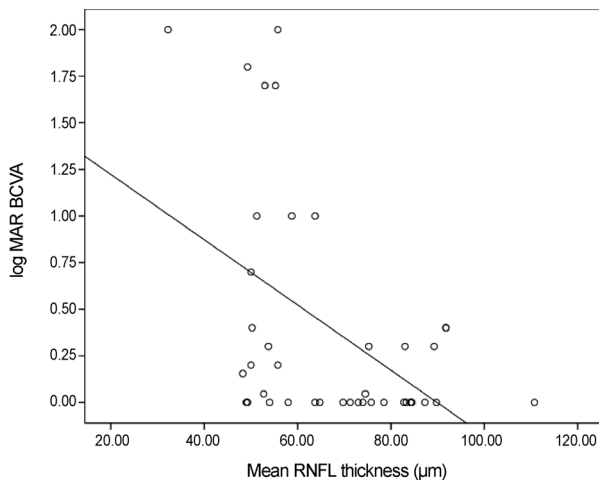


Figure 1. Scatter plot of mean RNFL thickness vs. log MAR BCVA in affected eyes (n = 41, number of eyes with optic neuropathies). The mean RNFL thickness is plotted as a function of visual acuity. The solid line represents the linear regression best fit line for the data ($Y = -0.018X + 1.573$)*, which was statistically significant (p -value[†] = 0.001). BCVA = best corrected visual acuity; RNFL = retinal nerve fiber layer. *X = RNFL thickness (μm), Y = log MAR BCVA; [†]Simple linear regression.

세, 전체 평균 38.29 ± 17.01 세였다. 평균 경과관찰 기간은 각각 25.52 ± 27.49 개월, 31.70 ± 30.41 개월, 17.00 ± 17.25 개월로 군별로 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다 ($p=0.394$). 경과관찰 후 교정시력은 logMAR 0.14 ± 0.29 , logMAR 0.58 ± 0.70 , logMAR 1.15 ± 0.89 , 대조군은 logMAR 0.00 ± 0.02 였고 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($p=0.003$), 허혈시신경병증에서 가장 시력감소가 심한 것으로 나왔다. 4개의 구역별로 나누어 비교해 보았을 때 위쪽, 아래쪽 사분면에서 질병별로 통계적으로 유의한 차

이가 있는 것으로 나왔고($p<0.001$, 0.007) 시신경염에서 망막신경섬유층 두께가 다른 두 군에 비해 유의하게 두껍게 나왔다. 그 외 귀쪽, 코쪽 사분면에서는 질병별로 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다($p=0.061$, 0.063) (Table 1).

3가지 질환을 앓았던 안을 모아서 41안 A그룹을 만들고, 반대편 정상안 31명을 B그룹으로 만들어 비교한 결과 병변안의 모든 사분면에서 망막신경섬유층 두께가 통계적으로 유의하게 감소하였다(p -value <0.001, <0.001, <0.001, 0.002) (Table 2). 병변안(n=41)에서 망막신경섬유층 두께와 logMAR 최대교정시력과의 관계를 비교한 회귀분석에서는 귀쪽 사분면을 제외한 모든 구역에서 통계적으로 유의하게, 망막신경섬유층 두께가 감소할수록 시력도 나빠졌는데, 위쪽 사분면에서는 $Y=-0.009X+1.153$ (X: retinal nerve fiber layer [RNFL] thickness [μm], Y: logMAR best-corrected visual acuity [BCVA]), $p=0.008$, 아래쪽 사분면에서는 $Y=-0.01X+1.249$, $p<0.001$, 코쪽 사분면에서는 $Y=-0.028X+1.977$, $p=0.017$ 로 모두 음의 기울기가 관찰되었으나 귀쪽 사분면에서는 $Y=0.006X+0.692$, $p=0.381$ 로 통계적으로 유의한 관계가 보이지 않았다(Table 3). 병변안에서 평균 망막신경섬유층 두께와 logMAR 최대교정시력은 음의 비례관계를 보였다 ($Y=-0.018X+1.573$, $p=0.001$) (Fig. 1).

시신경병증 발병 초기와 후기 모두 망막신경섬유층 두께를 측정한 17안에 대해서 초기와 후기 비교 결과, 위쪽, 귀쪽, 아래쪽, 코쪽 모든 구역에서 망막신경섬유층 두께가 통계적으로 유의하게 감소하였는데($p<0.001$, <0.001, <0.001, 0.002) 어느 구역에서 더 감소하였는지 알아보기 위해 각 전후 차이 값을 새 변수로 하여 한 비교에서는 구역별로 유의한 차이는 나오지 않았다($p=0.145$) (Table 4).

시신경병증 3질환을 각각 비교해 보았을 때 시신경염에

Table 4. Differences between initial and final mean retinal nerve fiber layer thickness of affected eyes (n = 17)

	Superior (μm)	Temporal (μm)	Inferior (μm)	Nasal (μm)
Initial (mean)	191.35	101.47	187.76	109.59
Final (mean)	84.82	51.35	90.76	59.47
p-value*	<0.001	<0.001	<0.001	0.002
Mean (initial-final)†	106.53 ± 118.49	50.12 ± 67.54	97.01 ± 88.20	50.12 ± 63.70

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

*Wilcoxon signed rank test; †Comparison of differences between initial and final retinal nerve fiber layer thickness of affected eyes in each sectors, p-value 0.145 by Kruskal-Wallis test.

Table 5. Comparisons of The mean retinal nerve fiber layer thickness between groups A and B* (p-value† is presented)

p-value†	ON vs. TON (n = 25, 10)	TON vs. ISON (n = 10, 6)	ON vs. ISON (n = 25, 6)
Superior	0.009‡	0.978	0.003‡
Temporal	0.061	0.429	2.067
Inferior	0.012‡	2.871	0.171
Nasal	0.078	0.423	1.308
Average (total)	0.003‡	0.902	0.072

ON = optic neuritis; TON = traumatic optic neuropathy; ISON = ischemic optic neuropathy.

*Group A is 'eyes having ON or TON or ISON' and group B is 'control eyes'; †Bonferroni correction, 3×p-value of Mann-Whitney analysis;

‡p-value < 0.05.

서 위쪽 사분면 망막신경섬유층 두께는 허혈시신경병증과 외상성시신경병증에 비해(p=0.009, 0.003) 통계적으로 유의하게 두꺼웠고 시신경염에서 아래쪽 사분면 망막신경섬유층 두께는 외상성시신경병증에 비해 통계적으로 유의하게 두꺼웠다(p=0.012) (Table 5).

고 찰

망막신경섬유층은 시각정보를 시신경을 통해 뇌로 전달하기 전에 중요한 신경으로, 시력과 연관성이 매우 높으며, 특히 중간 귀쪽 영역은 유두황반신경섬유 다발(papillomacular nerve fiber bundle)을 나타내는 지표로서, 중심시력과 연관이 가장 높다.¹¹ 수초(myelin) 없이 축삭으로만 구성되어 있으며, 이로 인해 시신경염이나 외상성시신경병증 같은 탈수초성 병변에 잘 영향을 받고, 시력저하 등 임상적 결과와도 연관이 높다. 시신경염 같은 시신경병증 이후 망막신경섬유층 두께감소 정도는 시기능감소량 정도에 비례하며, 빛간섭단층촬영으로 측정된 기능적 변화들은 신경축삭 손실의 지표로서 중요하다.³

그동안의 많은 연구들을 바탕으로 시신경병증은 역행적 퇴화를 유발해 망막신경섬유층의 구조적, 기능적인 위축이 발생된다고 하였다. 실험적 연구에서도 시신경염 횡단면에서 망막신경절세포(retinal ganglion cell) 몸체의 역행성 손실을 유도한다는 보고가 있다.¹² 하지만 일부 실험에서는 축삭 손실이 생기기 전에 망막신경절세포에 손실이 일어나는 것으로 보아 반드시 선후관계는 아니라고 보고하였다.¹³ 망막신경섬유층의 위축은 염증뿐만 아니라 활성산소종(reactive

oxygen species), 에리스로포이에틴(erythropoietin), 글라티라머 아세테이트(glatiramer acetate) 등 다른 면역과 관련된 대사물질들의 변화와도 관련 있는 것으로 보고되었다.¹⁴

본 연구에서는 이러한 기전들을 밑받침하는 바 시신경염, 외상성시신경병증, 허혈시신경병증 등의 시신경병증 환자들에서 모든 사분면에서 통계적으로 유의하게 망막신경섬유층이 감소하였다(Table 1). 그동안의 몇몇 연구에 따르면 시신경염에서는 대비감도 저하시력이 1 line 떨어질 때마다 망막신경섬유층 두께는 약 4 μm 감소한다고 하였고,¹⁵ Snellen 시력이 1 line 떨어질 때마다 망막신경섬유층 두께는 약 5.4 μm 감소한다는 보고도 있었다.¹⁶ 본 연구에서는 위쪽, 아래쪽 사분면에서 좀 더 기울기가 크게 나타났는데(Table 3), 이는 원래 위쪽과 아래쪽 사분면이 다른 쪽에 비해 가장 두껍다는 기존 연구결과^{7,8}에 비해서 각 사분면에서의 망막신경섬유층 두께가 같은 비율로 감소하더라도 절대적인 감소량이 크기 때문에 기울기가 크게 나온 것으로 생각된다.

귀쪽 사분면에서는 통계적으로 유의하게 감소하지 않은 결과가 나왔다. 허혈시신경병증이나 급성 탈수초성 시신경염 등 다양한 시신경병증에서 귀쪽 사분면에 비해 코쪽 사분면이 덜 손실된다는 보고도 있는데 이는 귀쪽 사분면은 분기점지역(watershed zone)이기 때문에 더 허혈에 취약하다고 한다.^{9,10} 이는 레버유전 시신경망막병증¹⁷이나 에탐부톨-유발성 시신경병증에서도 마찬가지로 나타난다고 한다.¹⁸ 본 연구의 결과도 이와 관련 있을 것으로 보인다. 또한 발병 초기와 후기 모두 망막신경섬유층 두께를 측정한 환자를 대상으로 한 비교에서는 구역별로 유의한 차이가 보이지 않았는데(Table 4) 이는 첫째로 17안이라는 매우 적

은 표본수 때문일 것이다. 조금 더 대규모의 표본이 모인다면 다른 결과가 나올 수도 있을 것으로 보인다.

질환별로 비교하였을 때는 시신경염의 경우 위쪽 사분면에서 외상성시신경병증이나 허혈시신경병증에 비해 망막신경섬유층 두께가 유의하게 두꺼웠고, 아래쪽 사분면에서는 외상성시신경병증에 비해 유의하게 두꺼웠는데(Table 5), 우선 상대적으로 시신경염 환자들이 다른 두 군의 환자들에 비해서 나이가 젊기 때문에 조금 더 망막신경섬유층 두께가 두껍게 나올 가능성도 고려할 수 있겠다.

나와 망막신경섬유층 두께의 관계에 대해서는 논란의 여지가 있지만 일반적으로 나이가 들에 따라 감소한다고 알려져 있다. 시신경섬유는 연구에 따라 1년에 0.17%씩 감소한다는 보고도 있고,¹⁹ 한 조직학적 연구에서는 0.5%씩 감소한다고 한다.²⁰ 또 한 가지 고려할 점은 허혈성병변에 대해서는 상대적으로 위쪽 사분면이 아래쪽에 비해 취약하다는 점이다. 실제로 허혈시신경병증 환자들에게서도 이를 바탕으로 하여 아래쪽 시야결손을 가장 많이 호소한다고 한다.⁶

본 연구의 장점은 피병이 의심되는 경우에 유용하다는 점으로 생각된다. 즉 주관적인 시력저하를 호소하나 이차적인 목적이 의심되는 경우 빛간섭단층촬영기를 이용한 망막신경섬유층 두께 측정치를 각각의 사분면에 따라 구해진 관계식에 대입하면 예측되는 logMAR 최대교정시력을 얻을 수 있다.

그러나 본 연구는 의무기록의 후향적인 분석을 통하여 이루어졌으며, 대상 환자수가 제한되어 비모수적인 방법으로 통계학적인 분석을 시행한 점, 나이를 보정하여 비교하지 않았다는 점, 망막신경섬유층 손실의 정도를 반영할 수 있는 시야검사를 고려하지 않았다는 점이 제한점으로 생각된다. 향후 좀 더 많은 환자들을 대상으로 황반부 신경절세포 내망상층두께와 망막신경섬유층 두께를 장기간의 추적관찰을 통해 기전과 관련된 요인에 대한 전향적인 연구가 추가되어야 할 것으로 생각된다.

결론적으로 다양한 시신경병증에서 충분한 경과관찰의 시간이 지나면 감소한 망막신경섬유층 두께를 통해 시력 및 예후를 예측할 수 있고, 둘 사이의 관계식을 이용하면 시력이상으로 내원했으나 피병이 있는 환자를 감별하는 데에도 도움이 될 것으로 생각한다. 향후 좀 더 대규모의 체계적인 연구가 시행된다면 다양한 시신경병증에서 망막신경섬유층 두께를 통해 환자의 임상경과를 예측할 수 있는 하나의 매개변수로 자리잡을 수 있을 것으로 생각한다.

REFERENCES

1) Thomas E. Ogden. Nerve fiber layer of the primate retina: thickness and glial content. *Vision Res* 1983;23:581-87.

2) Blumenthal EZ, Williams JM, Weinreb RN, et al. Reproducibility of nerve fiber layer thickness measurements by use of optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2000;107:2278-82.

3) Trip SA, Schlottmann PG, Jones SJ, et al. Retinal nerve fiber layer axonal loss and visual dysfunction in optic neuritis. *Ann Neurol* 2005;58:383-91.

4) Henderson AP, Altmann DR, Trip AS, et al. A serial study of retinal changes following optic neuritis with sample size estimates for acute neuroprotection trials. *Brain* 2010;133:2592-602.

5) Medeiros FA, Susanna R Jr. Retinal nerve fiber layer loss after traumatic optic neuropathy detected by scanning laser polarimetry. *Arch Ophthalmol* 2001;119:920-1.

6) Contreras I, Noval S, Rebolleda G, Muñoz-Negrete FJ. Follow-up of nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy with optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2007;114:2338-44.

7) Savini G, Zanini M, Carelli V, et al. Correlation between retinal nerve fiber layer thickness and optic nerve head size: an optical coherence tomography study. *Br J Ophthalmol* 2005;89:489-92.

8) Ha DW, Sung K, Kim S, et al. Intraocular comparison of nerve fiber layer thickness and its relation with optic disc size in normal subjects. *Korean J Ophthalmol* 2002;16:8-12.

9) Hayreh SS. Posterior ciliary artery circulation in health and disease: the Weisenfeld lecture. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45:749-57;748.

10) Hayreh SS. The blood supply of the optic nerve head and the evaluation of it - myth and reality. *Prog Retin Eye Res* 2001;20:563-93.

11) Omodaka K, Nakazawa T, Yokoyama Y, et al. Correlation between peripapillary macular fiber layer thickness and visual acuity in patients with open-angle glaucoma. *Clin Ophthalmol* 2010;4:629-35.

12) Quigley HA, Davis EB, Anderson DR. Descending optic nerve degeneration in primates. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1977;16:841-9.

13) Hobom M, Storch MK, Weissert R, et al. Mechanisms and time course of neuronal degeneration in experimental autoimmune encephalomyelitis. *Brain Pathol* 2004;14:148-57.

14) Qi X, Lewin AS, Sun L, et al. Suppression of mitochondrial oxidative stress provides long-term neuroprotection in experimental optic neuritis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007;48:681-91.

15) Fisher FB, Jacobs DA, Markowitz CE, et al. Relation of visual function to retinal nerve fiber layer thickness in multiple sclerosis. *Ophthalmology* 2006;113:324-32.

16) Noval S, Contreras I, Rebolleda G, et al. Optical coherence tomography versus automated perimetry for follow-up of optic neuritis. *Acta Ophthalmol Scand* 2006;84:790-4.

17) Barboni P, Savini G, Valentino ML, et al. Retinal nerve fiber layer evaluation by optical coherence tomography in Leber's hereditary optic neuropathy. *Ophthalmology* 2005;112:120-6.

18) Zoumalan CI, Agarwal M, Sadun AA. Optical coherence tomography can measure axonal loss in patients with ethambutol-induced optic neuropathy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2005;243:410-6.

19) Kanamori A, Escano MF, Eno A, et al. Evaluation of the effect of aging on retinal nerve fiber layer thickness measured by optical coherence tomography. *Ophthalmologica* 2003;217:273-8.

20) Evangelou N, Konz D, Esiri MM, et al. Size-selective neuronal changes in the anterior optic pathways suggest a differential susceptibility to injury in multiple sclerosis. *Brain* 2001;124(Pt 9):1813-20.

= 국문초록 =

시신경병증 환자군에서 빛간섭단층촬영기로 측정된 망막신경섬유층 두께와 시력과의 관계

목적: 시신경염, 허혈시신경병증, 외상성시신경병증 환자들에서 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기로 측정된 망막신경섬유층 두께와 시력과의 관계를 알아보았다.

대상과 방법: 시신경염, 허혈시신경병증, 외상성시신경병증 환자들 중에서 발병 이후 최소 6개월 이상 경과한 38명을 선정하여 횡단적 단면 연구를 진행하였다. 각 사분면의 망막신경섬유층 두께와 logMAR 최대교정시력과의 관계에 대한 회귀분석을 실시하였다.

결과: 환자들의 최대교정시력과 시신경유두 주위 각각의 사분면에서의 망막신경섬유층 두께는 유의한 상관관계를 보였다. 시신경염에서 위쪽 사분면 망막신경섬유층 두께는 허혈시신경병증과 외상성시신경병증에 비해($p=0.009, 0.003$) 통계적으로 유의하게 두꺼웠다. 시신경염 환자의 아래쪽 사분면 망막신경섬유층 두께는 외상성시신경병증에 비해 통계적으로 유의하게 두꺼운 차이를 보였다($p=0.012$).

결론: 시신경병증 환자군에서 최대교정시력과 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영으로 측정된 망막신경섬유층 두께는 유의한 상관관계를 보였다. 관계식을 이용하면 시신경병증 발병 이후 시력을 예측할 수 있고 시력이상으로 내원했으나 피병이 있는 환자를 감별하는 데에도 도움이 될 것으로 생각된다.

〈대한안과학회지 2016;57(4):628-633〉
