

한국인 정상안에서 파장가변 빛간섭단층촬영으로 측정된 시신경유두주위 망막신경섬유층의 두께

Retinal Nerve Fiber Layer Thickness Measurement Using Swept Source Optical Coherence Tomography in Healthy Korean

최순호¹ · 온영훈² · 박가희²

Soon Ho Choi, MD¹, Young-Hoon Ohn, MD, PhD², Ka Hee Park, MD²

순천향대학교 의과대학 서울병원 안과학교실¹, 순천향대학교 의과대학 부천병원 안과학교실²

Department of Ophthalmology, Seoul Hospital, Soonchunhyang University College of Medicine¹, Seoul, Korea

Department of Ophthalmology, Bucheon Hospital, Soonchunhyang University College of Medicine², Bucheon, Korea

Purpose: To investigate retinal nerve fiber layer (RNFL) thickness using swept source (SS)-optical coherence tomography (OCT) in healthy Koreans and to evaluate the effects of age on the distributional variability of thickness.

Methods: We performed a retrospective review of 309 normal eyes presenting for examination of peripapillary nerve fiber layer thickness measured by SS-OCT (DRI OCT-1, Atlantis SS-OCT, Topcon, Tokyo, Japan) from July 2014 to February 2016. The patients were between the ages of 20 and 79 without systemic or ocular disease. The patients were divided into 3 age groups of 20 to 39 years (85 eyes), 40 to 59 years (140 eyes), and 60 to 79 years (84 eyes). The groups were matched based on average RNFL thickness and quadrant and 12 o'clock position RNFL thickness.

Results: The average RNFL thickness of the inferior quadrant was the thickest of the layers and revealed a bimodal distribution. In the three groups, the thicknesses of the average RNFL, quadrant, and 12 o'clock RNFL decreased with age. There was significant difference in the measurements ($p < 0.05$) of quadrant RNFL thickness except that in the nasal quadrant ($p = 0.068$).

Conclusions: The thickness of the circumpapillary retinal nerve fiber layer measured by SS-OCT differs according to age and analysis of normal values by age can be useful in the diagnosis of disease.

J Korean Ophthalmol Soc 2017;58(10):1160-1168

Keywords: Korean, Retinal nerve fiber layer thickness, Swept source optical coherence tomography

시신경유두주위 망막신경섬유층(circumpapillary retinal nerve fiber layer)은 녹내장이나 시신경 유두부종, 시신경염 등의 시신경 관련 질환에서 변화를 나타내므로 이러한

유두주위 망막신경섬유층의 두께 변화를 확인하는 것은 각 질환을 감별하고 진단하는 데 있어 중요하다. 이 중 시신경병증의 대표적 질환인 녹내장은 망막신경절세포층 및 망막신경섬유층의 비가역적인 손상으로 정의되는 질환이다. 녹내장을 진단하고 병의 진행 여부를 판단하는 데 있어 안압의 측정과 기능적 변화를 확인하는 시야 검사 또한 중요하지만 최근에는 망막신경섬유층의 구조적 변화를 확인하기 위한 안저촬영이나 편광측정법 등의 다양한 영상 기법들이 진단에 있어 필수적으로 이용되고 있다.^{1,2} 특히 이중 빛간섭단층촬영(optical coherence tomography, OCT)은 비침습적으로 안구 조직의 단면을 실시간으로 촬영할 수

■ Received: 2017. 3. 23. ■ Revised: 2017. 8. 14.

■ Accepted: 2017. 9. 25.

■ Address reprint requests to Ka Hee Park, MD

Department of Ophthalmology, Soonchunhyang University

Bucheon Hospital, #170 Jomaru-ro, Bucheon 14584, Korea

Tel: 82-32-621-5053, Fax: 82-32-621-5435

E-mail: ophkh@schmc.ac.kr

* Conflicts of Interest: The authors have no conflicts to disclose.

© 2017 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.

있는 장치로 망막신경섬유층을 포함하는 모든 망막층의 구조를 검사하는 데 유용하다. Quigley et al³은 시신경유두와 망막신경섬유층 검사를 통해 망막신경절세포의 축삭 손상이 녹내장을 일으키는 병인임을 밝혔으며, 따라서 망막신경섬유층에 대한 검사가 녹내장을 진단하고 경과를 관찰함에 있어 유용할 것이라고 하였다. 빛간섭단층촬영기를 이용한 녹내장안에 대한 여러 연구들이 있었으며, 정상안과 비교하여 녹내장안에서 망막신경섬유층의 두께가 감소하며 이러한 두께 변화는 녹내장이 진행할수록 더 진행되는 것으로 알려져 있다.^{4,5}

빛간섭단층촬영을 통해 시신경유두주위 망막신경섬유층 두께를 측정함으로써 병을 진단하고 진행여부를 확인하는 데 있어서는 무엇보다 설정되어 있는 시신경유두주위 망막신경섬유층의 정상수치가 신뢰성을 가지는 것이 중요하다. 일반적으로 측정 장비가 개발되면 실제적으로 정상 대조군을 대상으로 검사를 반복적으로 진행함으로써 자체적으로 정상수치를 결정하고 이러한 수치를 장비 자체에 내장시켜 표준화된 지표로 이용하게 된다. 환자가 장비를 이용하여 병을 진단받는 경우에는 내장된 정상수치와 측정된 수치와의 일치성을 비교함으로써 질병이 있는지 여부를 판단하게 된다.

그러므로 새로운 빛간섭단층촬영기가 개발되는 경우 이러한 정상 수치에 대해 파악하는 연구 및 기존의 장비와의 측정치의 차이를 비교하는 연구는 지속적으로 시행되어 왔다. Hong et al⁶은 국내에서 녹내장을 진단받은 20-80세의 환자 188명을 대상으로 하여 Cirrus HD OCT와 Stratus OCT로 측정한 망막신경섬유층 두께 차이를 비교하였고 상측과 하측의 망막신경섬유층 두께 측정에서는 Cirrus HD OCT가 더 유의하며 녹내장 진단력에 있어서 효과적인 검사임을 보고한 적이 있었다. 그 외에도 다양한 국가 및 인종을 대상으로 각 장비 간의 망막신경섬유층 두께 측정의 차이 및 녹내장 진단의 유용성에 대한 보고가 수차례 있어 왔다.

최근 개발된 파장가변 빛간섭단층촬영기(Swept source OCT)는 기존 빛간섭단층촬영기와 비교하여 시간당 영상 획득 시간이 단축되어 환자 눈의 움직임에 영향을 적게 받으며, 장파장을 이용하여 망막색소상피에서 산란되는 정도를 줄임으로써 관찰이 힘들던 맥락막층 검사가 용이해졌다는 장점을 가지고 있으나, 이러한 차이로 인해 기존의 장비와 검사 결과에서 차이가 있을 수 있다.⁷ 또한 장비가 보급된 이후 최근까지 정상수치가 설정되어 있지 않았으며, 최근 내장된 정상수치 또한 국내 환자를 대상으로 한 검사 수치가 아니므로 실제 임상에서 적용 시 인종 및 민족 간에 차이가 있을 수 있다.

이에 본 연구에서는 최근 개발된 파장가변 빛간섭단층촬영기(DRI OCT-1, Atlantis SS-OCT, Topcon, Tokyo, Japan)를 이용하여 한국인 정상안의 시신경유두주위 망막신경섬유층의 두께를 측정해 보고, 연령에 따라 분류하여 연령에 따른 분포 및 두께 변화를 확인해 보고자 하였다.

대상과 방법

본 연구는 순천향대학교 부천병원 IRB 승인(2017-03-016)을 받았으며 2014년 7월부터 2016년 2월까지 본원에 내원한 20세 이상 80세 미만의 환자들 중 당뇨, 고혈압, 신장질환, 심장 및 뇌혈관질환 과거력이나 안과질환이 없고, 합병증을 동반하지 않은 백내장 수술을 받은 경우를 제외한 기타 안과 수술의 기왕력이 없는 환자들을 대상으로 의무기록을 바탕으로 후향적 연구를 진행하였다. 대상안의 최대교정시력이 한천씩시력표로 0.8 이상이고, 안압은 골드만압평안압계로 10 mmHg 이상, 21 mmHg 미만이며, 굴절이상은 현성굴절검사에서 최대교정시력이 0.8 이상 측정되는 값을 기준으로 하여 구면렌즈대응치값이 -3.0디옵터(diopter)에서 +3.0디옵터(diopter) 이내이고 세극등 현미경검사에서 각막, 전방, 홍채 및 수정체의 이상 소견이 없으며 안저검사에서 망막 및 시신경 질환을 의심할 수 있는 소견이 없고 시신경 유두 함몰비가 0.6 미만인 경우를 대상으로 하였다.

전체 대상안을 연령에 따라 나누었으며 각각 Group 1은 20세 이상 39세 이하, Group 2는 40세 이상 59세 이하, Group 3은 60세 이상 79세 이하로 구분하여 분석하였다. 연령별 시신경유두주위 망막신경섬유층두께 평균값을 더 세밀하게 파악하기 위해 10세 단위로 분석하였다.

전체 환자를 대상으로 한 명의 숙련된 검사자에 의해 Topcon 사의 DRI OCT-1, Atlantis SS-OCT를 이용하여 검사를 시행하였으며, 유두 주위 직경 3.4 mm의 원에 해당하는 범위를 측정하는 Disc scan을 이용하여 시신경유두주위 망막신경섬유층의 두께분석을 시행하였다. 대상안은 촬영 렌즈 내의 주시점을 보도록 함으로써 안구 운동을 억제시키고 측정 부위를 통일하였다. 4분면과 12시각의 분석 결과를 이용하였고 12시각의 경우 좌안과 우안의 기술 영역을 통일하기 위해 좌안의 12시각을 우안 기준으로 변경하여 분석하였다. 즉, 코쪽 영역은 1시에서 5시 시간대로 나타내고 귀쪽 영역은 7시에서 11시 시간대로 나타내도록 기록하였다. 영상 결과가 좋지 않거나(quality score < 50) 눈의 움직임이나 측정의 부정확성으로 인하여 분석이 되지 않는 경우는 대상안에서 제외하였다.

통계적 분석은 R (3.1.3 ver., The R Foundation for

Statistical Computing, Vienna, Austria)을 사용하였으며 각 대상군의 특징을 분석하기 위해 연령과 최대교정시력, 구면대응치는 일원배치 분산분석(One-way analysis of variance [ANOVA])을, 성별은 카이제곱검정(Pearson's Chi-square test)을 이용하였다. 또한 각 군별 시신경유두주위 망막신경섬유층 전체 평균 두께 및 4분면, 12시각 영역의 두께는 일원배치 분산분석을 시행하여 비교하였고, 각 군의 상관관계를 확인하기 위해 단순선형회귀분석을 이용하였다. 모든 결과의 통계적 유의수준은 p 값 0.05 미만으로 설정하였다.

결 과

전체 309안 중 Group 1은 85안, Group 2는 140안, Group 3는 84안이었으며 평균 연령은 Group 1은 31.3 ± 5.4 세, Group 2는 52.6 ± 4.7 세, Group 3는 67.4 ± 6.1 세였

다. 각 군별 성비, 구면대응치의 유의한 차이는 없었으나 최대교정시력은 $p < 0.001$ 로 유의한 차이를 보였다(Table 1).

전체 대상안의 시신경유두주위 망막신경섬유층의 평균 두께는 $106.1 \pm 7.6 \mu\text{m}$ 로 측정되었으며, 각 군별 전체 평균 두께는 Group 1은 $110.2 \pm 6.9 \mu\text{m}$, Group 2는 $106.0 \pm 7.0 \mu\text{m}$, Group 3는 $102.0 \pm 7.1 \mu\text{m}$ 로 연령이 증가함에 따라 통계적으로 유의하게 감소하였다($p < 0.001$).

전체 대상안의 4분면 두께는 하측이 $138.3 \pm 13.6 \mu\text{m}$ 로 가장 두껍고, 상측 $130.9 \pm 14.2 \mu\text{m}$, 이측 $77.5 \pm 8.4 \mu\text{m}$, 비측 $77.5 \pm 9.7 \mu\text{m}$ 순으로 두껍게 측정되었다. 구역별로 비교하면 하측, 상측 순으로 두껍고 이측과 비측은 유사하였으며, 이러한 양상은 모든 연령군에서 동일하였다. 각 군별 4분면의 두께 비교 시 비측을 제외한 나머지 세 영역에서는 연령에 따라 시신경유두주위 망막신경섬유층의 두께가 유의하게 감소하는 양상이었다($p < 0.001$) (Table 2, 3, Fig. 1).

전체 대상안의 12시각 시신경유두주위 망막신경섬유층

Table 1. Subject distribution by age group

	Total	Group 1	Group 2	Group 3	<i>p</i> -value*
Subject number	309	85	140	84	
Sex (M:F)	154:155	40:45	70:70	44:40	0.792
Age	50.22 ± 14.50	31.29 ± 5.44	52.62 ± 4.69	67.37 ± 6.09	<0.001
BCVA	0.97 ± 0.06	0.99 ± 0.04	0.97 ± 0.06	0.94 ± 0.05	<0.001
Spherical equivalent	-0.10 ± 1.22	-0.32 ± 1.05	-0.08 ± 1.29	0.09 ± 1.24	0.095

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

M = male; F = female; BCVA = best corrected visual acuity.

*One-way analysis of variance (ANOVA).

Table 2. Distribution of RNFL thickness in the 4 quadrants and 12 clock-hour sectors

Variable	Overall (n = 309)	Age group (years)			<i>p</i> -value
		20-39 (n = 85)	40-59 (n = 140)	≥ 60 (n = 84)	
Mean RNFL (μm)	106.1 ± 7.6	110.2 ± 6.9	106.0 ± 7.0	102.0 ± 7.1	<0.001
4 quadrants (μm)					
T	77.5 ± 8.4	80.6 ± 9.9	77.2 ± 7.5	75.0 ± 6.9	<0.001
S	130.9 ± 14.2	137.0 ± 13.9	131.0 ± 14.0	124.5 ± 12.1	<0.001
N	77.5 ± 9.7	80.3 ± 10.3	77.4 ± 10.3	75.1 ± 7.2	0.068
I	138.3 ± 13.6	143.6 ± 13.8	138.5 ± 13.2	132.5 ± 11.8	<0.001
Clock-hour (μm)					
09 (T)	65.7 ± 7.7	69.2 ± 7.9	65.0 ± 7.2	63.5 ± 7.3	<0.001
10 (T)	92.2 ± 13.1	96.5 ± 13.8	92.0 ± 12.8	88.4 ± 11.5	<0.001
11 (S)	142.5 ± 20.9	149.6 ± 21.8	143.6 ± 19.6	133.3 ± 18.9	<0.001
12 (S)	128.6 ± 22.9	133.7 ± 21.4	128.2 ± 24.6	123.9 ± 20.7	0.070
01 (S)	122.0 ± 20.6	129.3 ± 18.8	121.4 ± 21.2	115.7 ± 19.4	<0.001
02 (N)	91.6 ± 14.3	93.7 ± 13.8	92.9 ± 15.7	87.4 ± 11.0	0.172
03 (N)	63.9 ± 9.2	65.2 ± 10.4	64.3 ± 9.5	62.1 ± 7.2	0.517
04 (N)	76.2 ± 11.0	79.7 ± 12.7	74.9 ± 11.2	74.6 ± 7.6	0.062
05 (I)	114.1 ± 19.9	120.9 ± 20.6	113.5 ± 20.1	108.1 ± 16.6	0.001
06 (I)	150.6 ± 21.9	154.3 ± 22.6	150.1 ± 22.2	147.7 ± 20.4	0.305
07 (I)	149.6 ± 21.0	154.0 ± 22.8	151.7 ± 20.3	141.7 ± 18.1	<0.001
08 (T)	75.0 ± 9.8	77.1 ± 12.0	74.9 ± 9.2	72.8 ± 7.9	0.007

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

RNFL = retinal nerve fiber layer; S = superior; T = temporal; N = nasal; I = inferior.

Table 3. Slopes and annual rates of decrease for mean, 4 quadrants, and 12 clock-hour sectors RNFL thickness

Variable	Slope ($\mu\text{m}/\text{year}$)	
	Slope (95% CI)	p-value
Mean RNFL (μm)	-0.172 (-0.227, -0.116)	<0.001
4 quadrants (μm)		
T	-0.136 (-0.199, -0.074)	<0.001
S	-0.280 (-0.386, -0.175)	<0.001
N	-0.070 (-0.144, 0.005)	0.068
I	-0.238 (-0.339, -0.136)	<0.001
Clock-hour (μm)		
09 (T)	-0.129 (-0.187, -0.071)	<0.001
10 (T)	-0.218 (-0.316, -0.12)	<0.001
11 (S)	-0.432 (-0.586, -0.277)	<0.001
12 (S)	-0.163 (-0.340, 0.013)	0.070
01 (S)	-0.294 (-0.450, -0.137)	<0.001
02 (N)	-0.077 (-0.187, 0.033)	0.172
03 (N)	-0.024 (-0.095, 0.048)	0.517
04 (N)	-0.080 (-0.165, 0.004)	0.062
05 (I)	-0.251 (-0.402, -0.099)	0.001
06 (I)	-0.088 (-0.258, 0.081)	0.305
07 (I)	-0.338 (-0.496, -0.180)	<0.001
08 (T)	-0.103 (-0.178, -0.028)	0.007

RNFL = retinal nerve fiber layer; CI = confidence interval; S = superior; T = temporal; N = nasal; I = inferior.

의 두께는 4분면 두께와 마찬가지로 하측 영역과 상측 영역이 두껍고, 이측과 비측이 얇은 두 개의 봉우리 형태를 나타내었다(Fig. 2). 전체적으로는 6시 방향이 $150.6 \pm 21.9 \mu\text{m}$ 로 가장 두꺼운 것으로 나타났고, 각 군별로 확인해 보았을 때 Group 1은 6시 방향이 $154.3 \pm 22.6 \mu\text{m}$, Group 2는 7시 방향이 $151.7 \pm 20.3 \mu\text{m}$, Group 3는 6시 방향이 $147.7 \pm 20.4 \mu\text{m}$ 로 가장 두껍게 측정되었다. 전체 대상안 및 모

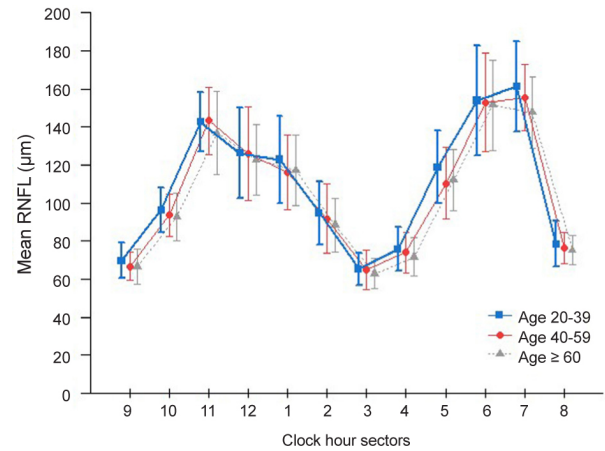


Figure 2. Distribution of Retinal nerve fiber layer (RNFL) thickness according to group. This schimatized graph represent the it is thinner in the older age group.

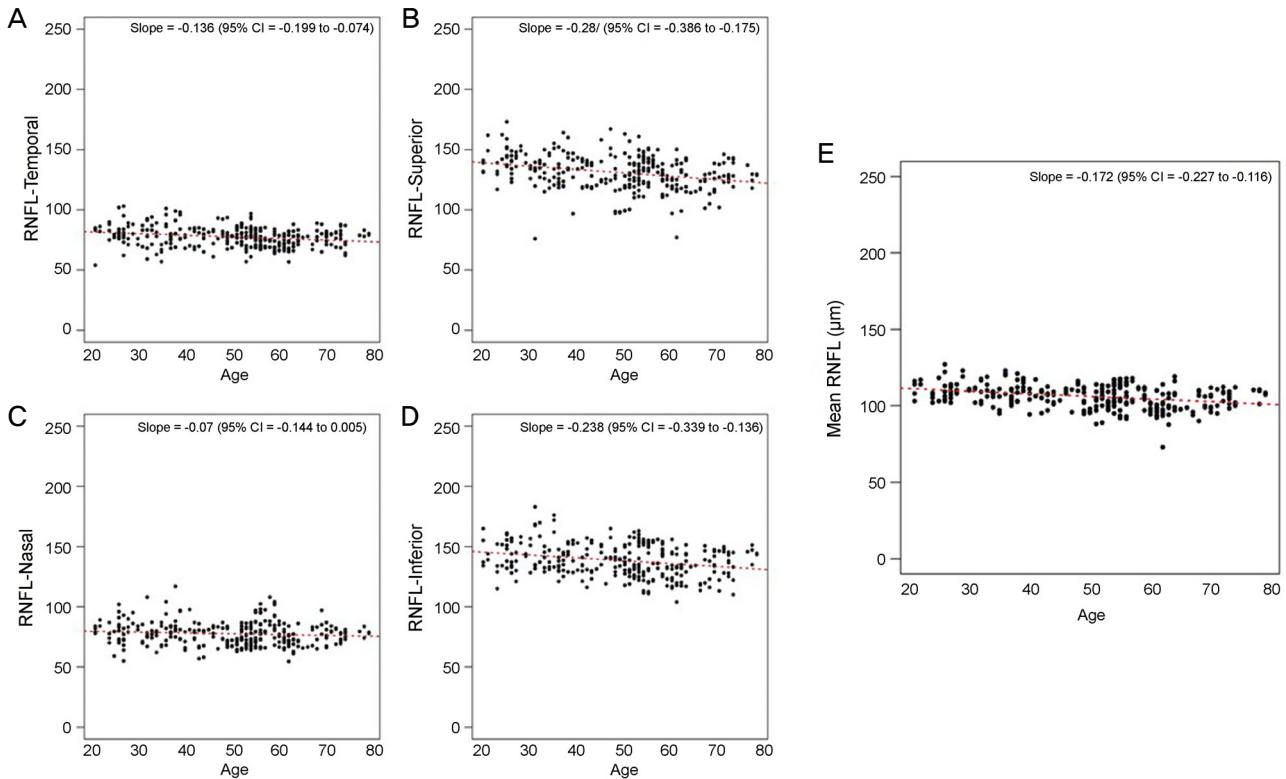


Figure 1. Scatterplot of mean and 4 quadrant retinal nerve fiver layer (RNFL) thickness according to age. (A-E) All graphs represent a decreasing tendency of thickness by aging. CI = confidence interval.

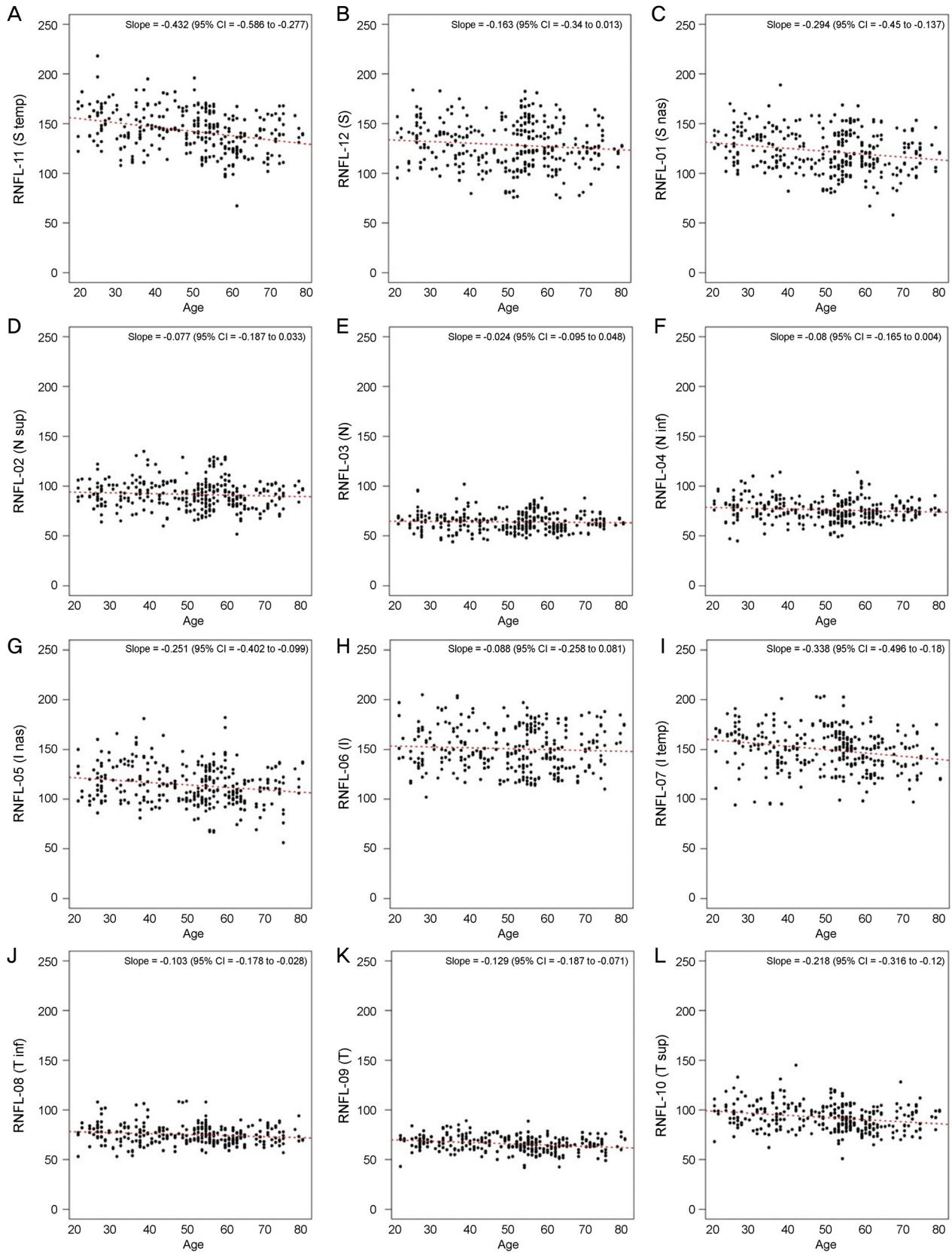


Figure 3. Scatterplot of 12 clock-hour sectors of retinal nerve fiber layer thickness (RNFL) according to age. (A-L) All graphs represent a decreasing tendency of thickness by aging. CI = confidence interval.

Table 4. Distribution of RNFL thickness in the 4 quadrants and 12 clock-hour sectors (Group by 10's)

Variable	Overall (n = 309)	Age group (years)						p-value
		20's (n = 37)	30's (n = 48)	40's (n = 41)	50's (n = 99)	60's (n = 51)	70's (n = 33)	
Mean RNFL (μ m)	106.1 \pm 7.6	111.2 \pm 6.7	109.4 \pm 6.9	106.1 \pm 6.1	106.0 \pm 7.4	100.2 \pm 7.8	104.7 \pm 5.0	<0.001
4 quadrants (μ m)								
T	77.5 \pm 8.4	81.4 \pm 9.0	79.9 \pm 10.7	78.5 \pm 7.4	76.7 \pm 7.6	74.0 \pm 6.8	76.4 \pm 7.0	<0.001
S	130.9 \pm 14.2	141.6 \pm 11.8	133.5 \pm 14.4	130.8 \pm 15.0	131.1 \pm 13.7	121.7 \pm 12.7	129.0 \pm 9.8	<0.001
N	77.5 \pm 9.7	79.7 \pm 10.0	80.7 \pm 10.6	75.8 \pm 8.5	78.0 \pm 10.9	73.8 \pm 8.0	77.0 \pm 5.2	0.006
I	138.3 \pm 13.6	142.9 \pm 12.2	144.2 \pm 14.9	139.6 \pm 11.6	138.1 \pm 13.9	129.8 \pm 11.6	136.7 \pm 10.8	<0.001
Clock-hour (μ m)								
09 (T)	65.7 \pm 7.7	68.4 \pm 6.8	69.7 \pm 8.7	66.8 \pm 7.1	64.2 \pm 7.1	62.6 \pm 7.0	64.9 \pm 7.7	<0.001
10 (T)	92.2 \pm 13.1	97.9 \pm 13.4	95.5 \pm 14.2	95.0 \pm 12.4	90.7 \pm 12.8	87.3 \pm 11.8	90.1 \pm 11.0	<0.001
11 (S)	142.5 \pm 20.9	156.9 \pm 19.9	144.0 \pm 21.7	149.7 \pm 16.7	141.1 \pm 20.3	130.6 \pm 18.4	137.5 \pm 19.3	<0.001
12 (S)	128.6 \pm 22.9	136.6 \pm 21.1	131.5 \pm 21.5	121.1 \pm 22.4	131.2 \pm 25.0	121.3 \pm 22.5	127.9 \pm 17.1	0.034
01 (S)	122.0 \pm 20.6	130.2 \pm 18.3	128.7 \pm 19.4	120.9 \pm 20.9	121.6 \pm 21.4	112.1 \pm 21.3	121.3 \pm 14.7	<0.001
02 (N)	91.6 \pm 14.3	92.4 \pm 13.0	94.8 \pm 14.4	92.1 \pm 14.6	93.2 \pm 16.2	85.4 \pm 11.1	90.5 \pm 10.3	0.033
03 (N)	63.9 \pm 9.2	66.4 \pm 9.9	64.3 \pm 10.8	61.5 \pm 8.8	65.4 \pm 9.5	61.4 \pm 8.2	63.2 \pm 5.4	0.118
04 (N)	76.2 \pm 11.0	78.4 \pm 13.5	80.7 \pm 12.0	73.8 \pm 8.6	75.4 \pm 12.1	73.9 \pm 8.3	75.6 \pm 6.3	0.010
05 (I)	114.1 \pm 19.9	118.3 \pm 18.4	123.0 \pm 22.1	114.7 \pm 18.0	113.0 \pm 21.0	104.2 \pm 14.0	114.0 \pm 18.7	<0.001
06 (I)	150.6 \pm 21.9	151.1 \pm 22.6	156.7 \pm 22.6	149.8 \pm 20.3	150.2 \pm 23.0	142.7 \pm 18.9	155.3 \pm 20.5	0.224
07 (I)	149.6 \pm 21.0	159.7 \pm 20.7	149.6 \pm 23.6	153.5 \pm 22.7	151.0 \pm 19.4	142.7 \pm 17.8	140.1 \pm 18.6	<0.001
08 (T)	75.0 \pm 9.8	79.8 \pm 11.2	75.1 \pm 12.3	75.2 \pm 11.1	74.8 \pm 8.3	71.7 \pm 6.9	74.5 \pm 9.1	0.004

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

RNFL = retinal nerve fiber layer; T = temporal; S = superior; N = nasal; I = inferior.

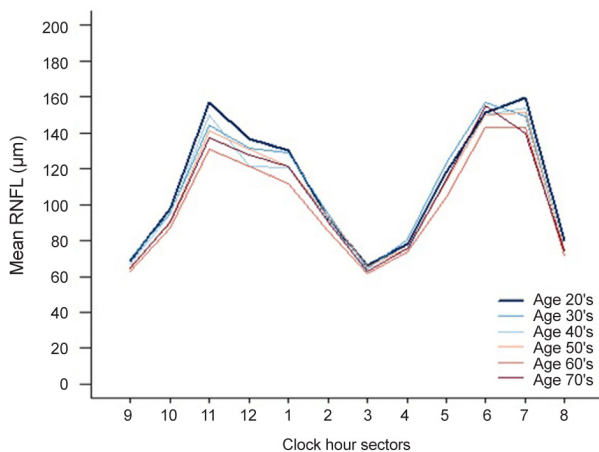


Figure 4. Distribution of retinal nerve fiber layer thickness (RNFL) thickness according to age (group by 10's). This schimatzized graph represent the it is thinner in the older age group.

든 군에서 3시 방향의 시신경유두주위 망막신경섬유층의 두께가 가장 얇은 것으로 나타났다. 또한 각 군별로 12시각의 두께를 비교하였을 때 1시, 5시, 7시, 8시, 9시, 10시, 11시에서 연령이 증가할수록 유의한 차이가 있었고($p < 0.05$), 모든 영역에서 음의 상관관계를 나타내었다(Table 2, 3, Fig. 3; Fig. 1, 3은 각각 4분면과 12시각의 RNFL 두께를 도식화한 것이다).

10세 단위로 시신경유두주위 망막신경섬유층 두께 평균 값을 분석하면 20대에서 111.2 \pm 6.7 μ m, 30대에서 109.4 \pm 6.9 μ m, 40대에서 106.1 \pm 6.1 μ m, 50대에서 106.0 \pm 7.4 μ m,

60대에서 100.2 \pm 7.8 μ m, 70대에서 104.7 \pm 5.0 μ m의 결과를 보였고, 4분면 및 12시각의 두께 양상도 감소하는 소견을 보였다(Table 4, Fig. 4).

고 찰

본 연구는 향후 한국인에서 파장가변 빛간섭단층촬영기를 이용하여 질병의 진단 및 경과를 확인하는 데 있어 필요한 연령별 정상 대조군의 수치를 얻기 위해 시행한 연구이다. 결과적으로 파장가변 빛간섭단층촬영기를 이용하여 측정한 시신경유두주위 망막신경섬유층의 정상 두께는 기존에 사용되었던 빛간섭단층촬영기로 측정한 수치와 유사하게 하측에서 가장 두껍고, 다음으로 상측이 두꺼운 두 개의 봉우리 모양을 나타내었으며, 연령이 증가할수록 두께가 유의하게 얇아지는 모습을 보였다.

본 연구에서 사용되었던 DRI OCT-1은 최근 개발된 파장가변 빛간섭단층촬영기로서 중심 파장이 1,050 nm, 대역폭이 100 nm인 파장 가변형 레이저 광원을 사용하며, A-scan을 100,000 Hz의 속도로 시행하고 8 μ m 축 해상도를 가지고 있어 기존의 장비보다 정확하고 빠르게 검사를 할 수 있는 장비이다.³ Ha et al⁸은 한국인 정상안 55안을 포함하여 녹내장안과 녹내장 의증안을 대상으로 SD-OCT와 SS-OCT의 측정 결과를 비교한 연구 결과에 따르면, SS-OCT로 측정한 시신경유두주위 망막신경섬유층의 두께가 SD-OCT로 측정한 두께보다 유의하게 두껍게 측정

Table 5. Comparison of RNFL thickness with other research in Korea

	Our study (n = 309)	Lee et al ¹⁰ (n = 66)	p-value*	Leem et al ⁹ (n = 406)	p-value*
Temporal	77.5 ± 8.4	89.70 ± 14.65	0.53	101.95 ± 14.18	0.54
Superior	130.9 ± 14.2	135.53 ± 22.65	0.89	147.96 ± 15.63	0.65
Nasal	77.5 ± 9.7	102.89 ± 29.13	0.31	96.20 ± 14.50	0.66
Inferior	138.3 ± 13.6	132.98 ± 20.19	0.86	142.85 ± 15.31	0.65

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

RNFL = retinal nerve fiber layer; n = number of eyes.

*Unpaired t-test.

되었음을 보고한 바 있다. SS-OCT가 맥락막의 바깥층을 더 측정하기 때문이라는 주장도 있지만 Ha et al⁸은 이에 대해서는 반하는 주장을 하며 오히려 두 장치의 원형 스캔 직경이 차이 나는 점, 그리고 확인할 수는 없지만 두 기계 간의 정보 처리 과정 및 능력 차이 때문에 측정치의 차이가 발생한다고 가정하였다.

다른 기종의 빛간섭단층촬영기를 이용하여 시신경유두 주위 망막신경섬유층의 정상수치를 측정한 국내 논문들을 보면, Leem et al⁹은 20-49세 한국인 정상안 406안을 대상으로 측정한 두께가 상측은 147.96 ± 15.63 μm, 하측은 142.85 ± 15.31 μm, 비측은 96.20 ± 14.50 μm, 이측은 101.95 ± 14.18 μm라고 보고하였고, Lee et al¹⁰은 66명을 대상으로 시신경 주위 3.4 mm 원형 주사로 측정한 평균값이 상측은 135.53 ± 22.65 μm, 하측은 132.98 ± 20.19 μm, 비측은 102.89 ± 29.13 μm, 이측은 89.70 ± 14.65 μm라고 보고하였다. 이는 본 연구의 결과 중 4분면 측정 수치와 비교하였을 때 상·하측이 두껍고 이·비측이 얇은 두 개의 봉우리를 갖는다는 점에서는 두께의 양상은 유사하지만 하측보다 상측이 두꺼운 양상이라는 점에서 차이를 보였다. 또한 이 연구들의 수치와 파장가변 빛간섭단층촬영기로 측정한 수치와의 비교를 통해 연관성과 일치성을 확인해 보고자 각 연구에 나타난 평균치와 표준편차를 통계적으로 비교해 보았을 때 본 연구 결과와 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 5).

또한 다른 국가에서 실시한 기종 간 비교 연구들을 살펴보면 각기 다른 측면에서 결과값의 차이를 보이지만 전체적인 경향에서는 유사함을 확인할 수 있다.¹¹⁻¹⁴ 이는 정상 대조군을 대상으로 하였다는 기본 전제하에 각 측정 장비의 측정 방법 및 측정 부위의 차이로 인한 것으로 생각된다. 본 연구에서 사용하였던 파장가변 빛간섭단층촬영기는 시신경유두 중심부로부터 직경 3.40 mm의 원에 해당되는 망막신경섬유층을 측정하는데 반해, 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영기의 경우 각 장비의 종류에 따라 스캔범위가 직경 3.40-3.46 mm로 측정 부위의 직경 차이가 있으며 이로 인해 측정 두께의 차이가 발생했을 수 있다.

또한 신경세포 외의 연부조직에 대한 측정치 차이가 또 다른 요인일 수 있다. Patel et al¹³은 Spectralis OCT와 Cirrus OCT를 이용하여 시신경유두주위 망막신경섬유층의 두께를 비교한 연구에서 두 기기가 측정하는 망막혈관의 차이로 인해 두께 차이가 있을 수 있다고 하였다. 각 기기들 간의 해상도의 차이, 초당 스캔 속도의 차이, 신호강도의 차이 역시 측정 두께의 차이를 유발하는 요인으로 생각해 볼 수 있다.

본 연구에는 다음과 같이 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 대상안의 안축장의 길이를 고려하지 못하였다. 녹내장 진단에 있어 시신경 유두의 형태 변화가 중요하지만 근시안에서는 시신경유두가 기울어지고 커지는 등 형태적으로 비근시안과 차이가 있다. 본 연구에서는 구면대응치 값으로 알 수 있는 굴절 이상을 기준으로 근시, 원시안을 배제하였으나 안축장을 고려하지는 못하였다. Bayraktar et al¹⁵은 안구길이가 길수록 시신경유두주위 망막신경섬유층 두께가 얇다고 하였으며, Song et al¹⁶은 젊은 근시안을 대상으로 한 연구에서 고도 근시로 갈수록 시신경 유두주위의 상측과 하측에서 가장 두꺼운 지점이 이측으로 위치 이동을 보인다고 하였다. 따라서 안축장이 상대적으로 긴 근시안에서 빛간섭단층촬영기를 이용하여 녹내장 검사를 시행할 때 상·하측의 측정 지점 차이로 결과의 신뢰도가 떨어질 수 있으며 본 연구 결과에 영향을 끼쳤을 가능성이 있다. 단, 일부 연구에서 중장년 근시안에서는 안구 길이와 두 봉우리 위치의 상관관계가 유의하지 않다는 결과도 있어¹⁷ 이러한 점이 고려되지 않을 수도 있으며, 임상적으로 주로 이용하는 구면대응치를 기준으로 하여 간접적으로 안축장으로 인한 오차를 배제할 수 있었을 것으로 생각된다.

둘째, 시신경유두 크기 및 형태에 대한 고려가 없었으며, 측정 지점을 고려하지 못하였다. 본 연구에서 사용되었던 장비는 시신경을 자동적으로 인식하여 측정 부위를 결정한다. 이러한 경우 혈관 위치와 시신경의 비틀림 등이 고려되지 못해 검사상 기계 자체적으로 잘못된 측정부위의 오류를 범할 수 있으며, 같은 크기의 스캔범위를 모든

환자에 동일하게 적용함으로써 시신경 유두의 크기 및 모양에 따른 차이로 인해 생기는 동일한 측정거리를 확보하지 못할 수 있는 단점이 있다.

셋째, 피검사자 요인에 의한 측정 오류이다. 검사자 및 피검사자 요인에 의해 측정오류가 있을 수 있는데 본원에서는 숙련된 한 명의 검사자에 의해 검사가 시행되어 검사자 요인의 측정오류는 없지만 환자의 협조도 문제 등의 피검사자 요인의 측정 오류가 있을 수 있다. 한 예로 본 기기는 다양한 형태의 주시점을 제공하는데 본원에서는 환자의 협조도에 따라 X 표시나 · 표시 중에 선택하여 보도록 한다. 각각의 주시점에 장단점이 있지만 X 표시 주시점은 · 표시 주시점에 비해 보기 쉽다는 장점이 있지만 주시점의 크기가 더 크며 환자의 시선을 분산시키는 단점이 있어 검사 간 일치성에서 한계점이 있을 수 있다.

그러나 본 연구는 정상안에 대한 표준화된 수치를 얻는 것을 목적으로 하였기에 구면대응치 -3.0~+3.0디옵터의 대상으로 제한하였으며, 이로 인해 대상안들의 시신경의 모양 및 크기는 변이가 크지 않고 측정 부위의 차이가 평균 두께를 확인하고자 하는 연구 결과에 큰 영향을 미치지 못하였을 것으로 생각된다. 또한 검사 결과를 후향적으로 분석하여 측정부위에 오류가 있는 경우와 영상의 질이 좋지 않은 경우(quality score<50)는 분석에서 제외하였기 때문에 상기 제한점들이 결과에 미치는 영향은 적을 것으로 생각된다.

한국인의 연령이 점차 증가함에 따라 관련 질환들 역시 증가하는 추세이다. 안과적 질환 중에 최근 진단이 증가하고 치료에 대한 연구가 활발해지는 질병인 녹내장 또한 연령의 영향을 받는 질환이다. 이러한 질병을 진단하는 데 있어 영상장비의 이용은 필수적이며 녹내장 검사 기기로써 파장가변 빛간섭단층촬영기를 활용하기 위해서는 연령에 따른 차이를 고려하여 더 많은 정상안 수치를 확보하고 정상 범위를 파악하는 것이 필요하다. 본 연구 결과는 한국인을 대상으로 추후 녹내장 및 각종 시신경 관련 질환을 진단하는 데 있어 파장가변 빛간섭단층촬영 장비의 신뢰도를 높여주는 데 도움이 될 것으로 생각된다.

REFERENCES

- 1) Banister K, Boachie C, Bourne R, et al. Can automated imaging for optic disc and retinal nerve fiber layer analysis aid glaucoma detection? *Ophthalmology* 2016;123:930-8.
- 2) Reus NJ, Lemij HG, Garway-Heath DF, et al. Clinical assessment

- of stereoscopic optic disc photographs for glaucoma: the European Optic Disc Assessment Trial. *Ophthalmology* 2010;117:717-23.
- 3) 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.
- 4) Sihota R, Sony P, Gupta V, et al. Diagnostic capability of optical coherence tomography in evaluating the degree of glaucomatous retinal nerve fiber damage. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47:2006-10.
- 5) Kampougeris G, Spyropoulos D, Mitropoulou A, et al. Peripapillary retinal nerve fibre layer thickness measurement with SD-OCT in normal and glaucomatous eyes: distribution and correlation with age. *Int J Ophthalmol* 2013;6:662-5.
- 6) Hong S, Seong GJ, Kim SS, et al. Comparison of peripapillary retinal nerve fiber layer thickness measured by spectral vs. time domain optical coherence tomography. *Curr Eye Res* 2011;36:125-34.
- 7) Yang Z, Tatham AJ, Zangwill LM, et al. Diagnostic ability of retinal nerve fiber layer imaging by swept-source optical coherence tomography in glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2015;159:193-201.
- 8) Ha A, Lee SH, Lee EJ, Kim TW. Retinal nerve fiber layer thickness measurement comparison using spectral domain and swept source optical coherence tomography. *Korean J Ophthalmol* 2016;30:140-7.
- 9) Leem HS, Paik DJ, Kim HC. Morphological analysis of papillary retinal vessels and retinal nerve fiber layer in Koreans. *J Korean Ophthalmol Soc* 2007;48:1369-78.
- 10) Lee JH, Ahn CS, Lee DY. Quantification of retinal nerve fiber layer thickness in the normal subjects using optical coherence tomography. *J Korean Ophthalmol Soc* 1999;40:2804-15.
- 11) Savini G, Carbonelli M, Barboni P. Retinal nerve fiber layer thickness measurement by Fourier-domain optical coherence tomography: a comparison between cirrus-HD OCT and RTVue in healthy eyes. *J Glaucoma* 2010;19:369-72.
- 12) Chang RT, Knight OJ, Feuer WJ, Budenz DL. Sensitivity and specificity of time-domain versus spectral-domain optical coherence tomography in diagnosing early to moderate glaucoma. *Ophthalmology* 2009;116:2294-9.
- 13) Patel NB, Wheat JL, Rodriguez A, et al. Agreement between retinal nerve fiber layer measures from Spectralis and Cirrus spectral domain OCT. *Optom Vis Sci* 2012;89:E652-66.
- 14) Knight OJ, Chang RT, Feuer WJ, Budenz DL. Comparison of retinal nerve fiber layer measurements using time domain and spectral domain optical coherent tomography. *Ophthalmology* 2009;116:1271-7.
- 15) Bayraktar S, Bayraktar Z, Yilmaz OF. Influence of scan radius correction for ocular magnification and relationship between scan radius with retinal nerve fiber layer thickness measured by optical coherence tomography. *J Glaucoma* 2001;10:163-9.
- 16) 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.
- 17) 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.

= 국문초록 =

한국인 정상안에서 파장가변 빛간섭단층촬영으로 측정된 시신경유두주위 망막신경섬유층의 두께

목적: 한국인 정상안을 대상으로 파장가변 빛간섭단층촬영(Swept Source OCT, SS-OCT)으로 측정된 시신경유두주위 망막신경섬유층 두께의 연령에 따른 평균 분포를 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 2014년 7월부터 2016년 2월까지 본원에 내원한 정상안 309안을 대상으로 SS-OCT (DRI OCT-1, Atlantis SS-OCT, Topcon, Tokyo, Japan)를 시행하여 시신경유두주위 신경섬유층의 두께를 측정하였으며, 연령에 따라 20세 이상 39세 이하(85안), 40세 이상 59세 이하(140안), 60세 이상 79세 이하(84안)로 나누어 각 군의 전체 평균 두께 및 4분면과 12시각에서의 평균 두께를 확인하고 각 군 간의 차이를 비교하여 보았다.

결과: 세 군 모두에서 시신경유두주위 신경섬유층의 두께는 하측이 가장 두꺼웠으며, 상측과 하측이 두꺼워진 두 개의 봉우리모양의 양상을 나타내었다. 세 군 간 비교 시 유두주위 망막신경섬유층의 전체 평균 두께는 연령이 높을수록 감소하는 양상으로 나타났으며, 4분면 두께 중 비측 영역($p=0.068$)을 제외한 모든 영역에서는 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

결론: SS-OCT로 측정된 한국인 정상안의 시신경유두주위 망막신경섬유층 두께는 연령에 따른 차이가 있으며, 각 연령별 정상 수치를 분석하는 것은 추후 각 질환을 진단하는 데 있어 유용할 것으로 생각된다.

〈대한안과학회지 2017;58(10):1160-1168〉