빛간섭단층촬영으로 측정한 정상 소아청소년의 시신경유두 지표

Optic Nerve Head Parameters of Healthy Children as Measured by Optical Coherence Tomography

이정민 · 황영훈

Jung Min Lee, MD, Young Hoon Hwang, MD, PhD

건양대학교 의과대학 김안과병원 안과학교실 명곡안연구소

Myung-Gok Eye Research Institute, Department of Ophthalmology, Kim's Eye Hospital, Konyang University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To investigate optic nerve head (ONH) parameters as measured using optical coherence tomography (OCT) in healthy children.

Methods: Peripapillary areas were scanned by spectral-domain OCT in healthy eyes of children aged 5–17 years. ONH parameters were automatically determined by OCT, including the rim area, disc area, cup-to-disc ratio, and cup volume. The effects of age and refractive error on ONH parameters were evaluated.

Results: A total of 352 eyes of 352 subjects (mean age: 9.7 ± 3.6 years) were enrolled. The mean rim area, disc area, cup-to-disc ratio, and cup volume was $1.51 \pm 0.27 \text{ mm}^2$, $2.07 \pm 0.39 \text{ mm}^2$, 0.47 ± 0.16 , and $0.163 \pm 0.148 \text{ mm}^3$, respectively. The mean rim area, disc area, cup-to-disc ratio by age was $1.58 \pm 0.29 \text{ mm}^2$, $2.18 \pm 0.35 \text{ mm}^2$, and 0.48 ± 0.17 in 5- to 8-year-olds; $1.46 \pm 0.24 \text{ mm}^2$, $2.04 \pm 0.43 \text{ mm}^2$, and 0.49 ± 0.15 for 9- to 12-year-olds; and $1.46 \pm 0.22 \text{ mm}^2$, $1.94 \pm 0.35 \text{ mm}^2$, and 0.44 ± 0.18 for 13- to 17-year-old. Higher myopia and older age were associated with a smaller rim area ($p < 0.05$).

Conclusions: The mean rim area, disc area, and cup-to-disc ratio as measured using OCT in healthy children were 1.51 mm^2 , 2.07 mm^2 , and 0.47 , respectively. ONH parameters were significantly affected by age and refractive error.

J Korean Ophthalmol Soc 2020;61(4):376-384

Keywords: Age, Children, Optical coherence tomography, Optic disc, Optic nerve head

여러 시신경병증을 평가할 때 빛간섭단층촬영을 이용한 시신경유두 지표 분석이 유용한 정보를 제공한다. 특히, 소아에서는 기능검사를 정확하게 시행하기 어려운 경우가 있어 시신경유두의 구조적인 평가가 더욱 중요하다. 빛간섭단층촬영은 시신경유두 주변의 영역을 스캔하여 시신경테

면적, 시신경유두 면적, 시신경유두 함몰비, 시신경유두패 임 부피 등 여러 지표를 자동으로 산출한다.^{1,2} 그리고 그 결과를 장비에 내장된 자료를 이용하여 해당 연령의 참고치에 비해서 상대적으로 얼마나 값이 크거나 작은지 표시해 주는데, 아직 소아청소년의 참고치에 관한 자료는 충분하지 않은 상황이다.³⁻⁷ 따라서 정상 소아청소년에서 빛간섭단층촬영으로 측정한 여러 시신경유두 지표들을 분석하는 것은 소아청소년의 시신경병증을 평가할 때 유용한 자료가 될 것이다. 이번 연구에서는 빛간섭단층촬영을 이용하여 정상 소아 및 청소년의 시신경유두 지표를 분석하고자 한다.

■ Received: 2019. 5. 16. ■ Revised: 2019. 10. 1.

■ Accepted: 2020. 3. 17.

■ Address reprint requests to Young Hoon Hwang, MD, PhD
Kim's Eye Hospital, #136 Yeongsin-ro, Yeongdeungpo-gu,
Seoul 07301, Korea
Tel: 82-2-2639-7777, Fax: 82-2-2633-3976
E-mail: brainh@hanmail.net

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

© 2020 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.

대상과 방법

이 연구는 기관윤리위원회의 승인을 받은 후향적 자료 분석의 형태로 시행되었다(승인 번호: 2019-04-002). 연구 대상은 본원에 시력검사를 위해 방문한 5세에서 17세의 소아청소년으로, 세극등현미경검사, 비접촉 안압측정계를 이용한 안압검사, 안저검사, 조절마비 굴절검사를 시행했다. 검사 결과, 교정시력이 0.7 이상이고, 전안부 및 안저에 각막혼탁, 시신경병증, 망막병증, 황반변성 등의 이상이 없고, 안압이 21 mmHg 미만이고, 굴절값이 구면렌즈도수 ± 6 디옵터, 난시도수 3디옵터 이내인 경우만 포함했다. 시신경유두 주위에 망막신경섬유층 결손이 있는 경우는 제외하였다. 또한 안과 수술의 과거력이 있는 경우도 제외하였다. 두 눈이 모두 대상인 경우, 한 눈의 자료를 무작위로 골랐다.

빛간섭단층촬영은 Cirrus high-definition optical coherence tomography (Cirrus HD-OCT; Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA)의 Optic Disc Cube Scan mode를 이용하여 시신경유두 주변의 $6 \times 6\text{-mm}^2$ 영역을 스캔하였다. 검사는 각 대상에게 3회 반복 측정하여 그중 가장 영상의 질이 높은 결과를 하나 선택하였다. Cirrus HD-OCT는 장비에 내재되

어 있는 프로그램이 자동으로 검사 결과를 분석하여 시신경테 면적, 시신경유두 면적, 시신경유두 함몰비, 시신경유두 패임 부피를 산출하게 된다. 이번 연구에서는 Cirrus HD-OCT가 자동으로 산출한 시신경유두 지표들과 시신경유두 주위 망막신경섬유층 두께를 분석 대상으로 하였다 (Fig. 1). 빛간섭단층촬영검사 결과, 신호강도가 6 이하이거나, 검사 중 눈 움직임으로 인한 오류가 있는 경우는 제외하였다.

5세에서 17세의 소아청소년(소아청소년군) 뿐만 아니라 검사 결과를 성인과 비교하기 위하여 18세 이상의 성인을 대조군으로 추가 분석하였다(성인군). 성인군의 경우, 소아청소년군과 같은 검사를 시행하였으나 굴절검사는 현성굴절검사를 시행하였고, 시신경유두 함몰비가 0.7보다 작은 경우를 선정하였다. 그 외에는 소아청소년군과 같은 선정 기준, 제외 기준을 적용하였다.

나이와 굴절값이 시신경유두 지표에 미치는 영향을 알아보기 위해서 다변량 선형회귀분석을 시행하였다. 굴절값은 구면대응치(구면수차값과 음수로 표현한 1/2 원주수차값의 합)으로 적용하였다. 또한 빛간섭단층촬영으로 측정한 시신경유두주위 망막신경섬유층 두께 및 시신경유두 지표들

Figure 1. Representative images of fundus photography (A, C) and optical coherence tomography (B, D) in an eye of 7-year-old subject with emmetropia (A, B) and an eye of 70-year-old subject with emmetropia (C, D). Neural rim, cup, and retinal nerve fiber layer are presented as dark gray, bright gray, and yellow to red colors, respectively (B, D).

Table 1. Distribution of optic nerve head parameters and RNFL thickness according to the age in children group

Variable	5 to 8 years (n = 157)	9 to 12 years (n = 113)	13 to 17 years (n = 82)	p-value*
Rim area (mm ²)	1.58 $\pm$ 0.29	1.46 $\pm$ 0.24	1.46 $\pm$ 0.22	<0.001 [†]
Disc area (mm ²)	2.18 $\pm$ 0.35	2.04 $\pm$ 0.43	1.94 $\pm$ 0.35	<0.001 [†]
Average cup-to-disc ratio	0.48 $\pm$ 0.17	0.49 $\pm$ 0.15	0.44 $\pm$ 0.18	0.116
Vertical cup-to-disc ratio	0.44 $\pm$ 0.17	0.44 $\pm$ 0.15	0.40 $\pm$ 0.17	0.075
Cup volume (mm ³)	0.174 $\pm$ 0.160	0.170 $\pm$ 0.152	0.137 $\pm$ 0.112	0.166
Average RNFL thickness (μ m)	104.83 $\pm$ 9.55	101.42 $\pm$ 7.94	102.27 $\pm$ 9.63	0.006 [†]

Values are presented as mean $\pm$ standard deviation.

RNFL = retinal nerve fiber layer.

*One-way analysis of variance; [†]5 to 8 years > 9 to 12 years/13 to 17 years by *post hoc* analysis.

사이의 상관 관계도 선형회귀분석으로 알아보았다. 소아청소년군 내에서 나이에 따른 분포를 더 자세히 알아보기 위해 5-8세, 9-12세, 13-17세를 기준으로 세 개의 군으로 나누어서 시신경유두 지표와 망막신경섬유층 두께의 분포를 일원배치분산분석으로 알아보았다. 소아청소년군과 성인군 사이의 지표 차이는 independent *t*-test로 비교하였다. *p*값이 0.05 미만인 경우, 유의한 것으로 판단하였고, 통계는 SPSS for Windows/Macintosh, Version 12.0 (SPSS, Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석했다.

결 과

전체 511명(평균 나이 20.6 ± 18.7세, 범위, 5-75세)의 511안이 포함되었다. 그중 소아청소년군은 352명의 352안

(평균 나이 9.7 ± 3.6세, Table 1), 성인군은 159명의 159안(평균 나이 44.7 ± 15.7세)이 포함되었다. 여자:남자 성별 비율은 소아청소년군이 204:148, 성인군이 101:58로 유의한 차이를 보이지 않았고(*p*=0.244), 굴절값도 소아청소년군 -1.22 ± 1.99디옵터(범위 -6.13 to 3.38디옵터), 성인군 -1.29 ± 2.14디옵터(범위 -6.50 to 2.25디옵터)로 유의한 차이를 보이지 않았다(*p*=0.673).

평균 시신경테 면적, 시신경유두 면적, 평균 시신경유두 함몰비, 수직 시신경유두 함몰비, 시신경유두패임 부피는 소아청소년군에서 1.51 ± 0.27 mm², 2.07 ± 0.39 mm², 0.47 ± 0.16 mm³, 0.43 ± 0.16 mm³, 0.163 ± 0.148 mm³, 성인군에서 1.23 ± 0.23 mm², 2.16 ± 0.46 mm², 0.62 ± 0.13 mm³, 0.58 ± 0.13 mm³, 0.340 ± 0.231 mm³로 나타났다(Table 2). 소아청소년군에서 평균 시신경테 면적, 시신경유두 면적,

Table 2. Distribution of optic nerve head parameters and RNFL thickness as measured by optical coherence tomography

Variable	Children group (n = 352)	Adult group (n = 159)	<i>p</i> -value*
Rim area (mm ²)	1.51 ± 0.27 (0.91-2.48)	1.23 ± 0.23 (0.75-1.98)	<0.001
Disc area (mm ²)	2.07 ± 0.39 (1.32-3.30)	2.16 ± 0.46 (1.09-3.87)	0.070
Average cup-to-disc ratio	0.47 ± 0.16 (0.06-0.73)	0.62 ± 0.13 (0.14-0.84)	<0.001
Vertical cup-to-disc ratio	0.43 ± 0.16 (0.05-0.72)	0.58 ± 0.13 (0.13-0.81)	<0.001
Cup volume (mm ³)	0.163 ± 0.148 (0-0.619)	0.340 ± 0.231 (0.004-1.099)	<0.001
Average RNFL thickness (μm)	103.1 ± 9.2 (85-136)	97.8 ± 8.2 (80-123)	<0.001

Data are presented as mean ± standard deviation (range).

RNFL = retinal nerve fiber layer.

*Independent *t*-test.

Table 3. Effect of age and refractive error on optic nerve head parameters as measured by optical coherence tomography in children group and overall group (children and adult group)

Variable	Age		Refractive error		R ² value	<i>p</i> -value [*]
	Standardized beta	<i>p</i> -value	Standardized beta	<i>p</i> -value		
Children group						
Rim area	-0.118	0.024	0.349	<0.001	0.162	<0.001
Disc area	-0.157	0.003	0.293	<0.001	0.139	<0.001
Average cup-to-disc ratio	-0.041	0.467	0.057	0.318	0.006	0.330
Vertical cup-to-disc ratio	-0.067	0.241	0.007	0.908	0.005	0.439
Cup volume	-0.044	0.442	-0.045	0.425	0.003	0.627
Adult group						
Rim area	-0.116	0.219	0.084	0.371	0.010	0.449
Disc area	0.053	0.556	0.290	0.002	0.103	<0.001
Average cup-to-disc ratio	0.119	0.197	0.151	0.101	0.056	0.011
Vertical cup-to-disc ratio	0.118	0.200	0.157	0.088	0.058	0.009
Cup volume	-0.013	0.881	0.303	0.001	0.088	0.001
Overall group						
Rim area	-0.462	<0.001	0.301	<0.001	0.281	<0.001
Disc area	0.077	0.065	0.327	<0.001	0.117	<0.001
Average cup-to-disc ratio	0.373	<0.001	0.066	0.106	0.147	<0.001
Vertical cup-to-disc ratio	0.386	<0.001	0.038	0.355	0.153	<0.001
Cup volume	0.393	<0.001	0.054	0.183	0.157	<0.001

*Multivariate linear regression analysis.

시신경유두 함몰비를 나이에 따라 세부 구분하였을 때, 5-8세는 $1.58 \pm 0.29 \text{ mm}^2$, $2.18 \pm 0.35 \text{ mm}^2$, 0.48 ± 0.17 , 9-12세는 $1.46 \pm 0.24 \text{ mm}^2$, $2.04 \pm 0.43 \text{ mm}^2$, 0.49 ± 0.15 , 13-17세는 $1.46 \pm 0.22 \text{ mm}^2$, $1.94 \pm 0.35 \text{ mm}^2$, 0.44 ± 0.18 이었다. 나이에 따른 분포를 비교하였을 때, 5-8세군이 다른 군보다 더 큰 시신경테 및 시신경유두 면적, 더 큰 망막신경섬유층 두께를 보였다($p < 0.05$, Table 1). 소아청소년군과 성인군의 시신경유두 지표를 비교했을 때, 소아청소년군이 성인군보다 더 큰 시신경테 면적, 작은 시신경유두 함몰비와 시신경유두패임 부피를 보였고($p < 0.001$), 시신경유두 면적은 유의한 차이를 보이지 않았다($p = 0.070$, Table 2).

소아청소년군의 경우, 나이와 굴절값을 독립변수로 하고 시신경유두 지표를 종속변수로 하는 다변량 선형회귀분석 결과에 의하면, 시신경테 면적($\beta = -0.118$, $p = 0.024$)과 시신경유두 면적($\beta = -0.157$, $p = 0.003$)은 나이가 많을수록 감소했고, 평균 시신경유두 함몰비($\beta = -0.041$, $p = 0.467$), 수직 시신경유두 함몰비($\beta = -0.067$, $p = 0.241$), 시신경유두패임 부피($\beta = -0.044$, $p = 0.442$)는 나이와 유의한 관계를 보이지 않았다 (Table 3, Fig. 2). 굴절값은 시신경테 면적($\beta = 0.349$, $p < 0.001$) 및 시신경유두 면적($\beta = 0.293$, $p < 0.001$)과 관련 있었지만 평균 시신경유두 함몰비($\beta = 0.057$, $p = 0.318$), 수직 시신경유두 함몰비($\beta = 0.007$, $p = 0.908$), 시신경유두패임 부피($\beta = -0.045$,

Figure 2. Scatter plot presenting the correlation between optic nerve head parameters and age in children group. A lesser rim area and disc area was significantly associated with a higher age.

$p=0.425$)와는 유의한 관련성을 보이지 않았다(Table 3, Fig. 3). 시신경유두 면적은 시신경유두주위 망막신경섬유층 두께($\beta=0.364$, $p<0.001$), 시신경테 면적($\beta=0.407$, $p<0.001$), 시신경유두 함몰비($\beta=0.546$, $p<0.001$), 시신경유두패임 부피($\beta=0.520$, $p<0.001$)와 유의한 상관관계를 보였다(Fig. 4). 성인군에서 나이와 굴절값을 독립변수로 하고 시신경유두 지표를 종속변수로 하는 다변량 선형회귀분석 결과에 의하면, 시신경유두 면적($\beta=0.290$, $p=0.002$)과 시신경유두패임 부피($\beta=0.303$, $p=0.001$)는 나이와 유의한 관계를 보였지만 그 외의 지표들은 나이 및 굴절값과 유의한 관계를 보이지 않았다(Table 3).

소아청소년군 및 성인군 모두를 포함하는 대상으로 나이와 굴절값을 독립변수로 하고 시신경유두 지표를 종속변수로 하는 다변량 선형회귀분석 결과에 의하면, 시신경테 면적($\beta=-0.462$)은 나이가 많을수록 감소했고, 평균 시신경유두 함몰비($\beta=0.373$), 수직 시신경유두 함몰비($\beta=0.386$), 시신경유두패임 부피($\beta=0.393$)는 나이가 많을수록 증가했다(모두 $p<0.001$, Table 3). 하지만 시신경유두 면적은 나이와 유의한 관련성을 보이지 않았다($\beta=0.077$, $p=0.065$). 굴절값은 시신경테 면적($\beta=0.301$, $p<0.001$) 및 시신경유두 면적($\beta=0.327$, $p<0.001$)과 관련 있었지만 평균 시신경유두 함몰비($\beta=0.066$, $p=0.106$), 수직 시신경유두 함몰비($\beta=0.038$, $p=0.355$),

Figure 3. Scatter plot presenting the correlation between optic nerve head parameters and refractive error in children group. A lesser rim area and disc area was significantly associated with a higher myopia.

시신경유두패임 부피($\beta=0.054$, $p=0.183$)와는 유의한 관련성을 보이지 않았다(Table 3). 시신경유두 면적은 시신경유두주위 망막신경섬유층 두께($\beta=0.301$, $p<0.001$), 시신경테면적($\beta=0.286$, $p<0.001$), 시신경유두 함몰비($\beta=0.542$, $p<0.001$), 시신경유두패임 부피($\beta=0.529$, $p<0.001$)와 유의한 상관관계를 보였다.

고 찰

본 연구에 의하면, 건강한 소아청소년에서 빛간섭단층촬영

영으로 측정한 평균 시신경테 면적은 1.51 mm^2 , 시신경유두 면적은 2.07 mm^2 , 시신경유두 함몰비는 0.47이었다. 근시가 심할수록 시신경테 면적과 시신경유두 면적이 더 작았다.

정상 소아 청소년의 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영을 이용한 시신경유두 지표에 관해서는 다양한 장비와 인종을 대상으로 하는 연구 결과들이 보고되었다(Table 4).³⁻⁷ 먼저 본 연구와 같은 장비인 Cirrus HD-OCT를 이용한 연구들 중 6-17세의 스페인 정상 소아청소년 99명의 정시안군(평균 나이 11.88세, 평균 구면대응치 +0.34 디옵터)을 대상으

Figure 4. Scatter plot presenting the correlation between optic disc area and retinal nerve fiber layer thickness, average cup-to-disc ratio, and cup volume in children group. A greater disc area was associated with a greater retinal nerve fiber layer thickness, rim area, average cup-to-disc ratio, and cup volume.

로 한 연구 결과에 의하면, 평균 시신경테 면적 1.67 mm^2 , 평균 시신경유두 면적 2.09 mm^2 , 평균 시신경유두 함몰비 0.36로 본 연구와 비슷한 결과를 보였다.³ 또한 스웨덴의 정상 소아청소년 57명을 대상으로 한 연구에서도 평균 시신경테 면적 1.52 mm^2 , 평균 시신경유두 면적 1.89 mm^2 , 평균 시신경유두 함몰비 0.40, 평균 수직시신경유두 함몰비 0.40으로 본 연구와 비슷한 분포를 나타냈다.⁴ 반면, 5-17세(평균 나이 11.83세)의 건강한 인도 소아청소년을 대상으로 한 연구에 의하면 평균 시신경테 면적이 우안 1.34 mm^2 , 좌안 1.31 mm^2 , 평균 시신경유두 면적이 우안 2.46 mm^2 , 좌안 2.45 mm^2 , 평균 시신경유두 함몰비는 우안 0.63, 좌안 0.64로 측정되어 본 연구에 비해서 시신경유두 면적, 시신경유두 함몰비, 시신경유두패임 부피가 더 크고, 시신경테 면적은 더 작았다.⁵ 인종이 시신경유두 지표에 미치는 영향을 알아보기 위해서 성인을 대상으로 한 연구에서도 인도 사람이 다른 인종보다 시신경테 면적이 작은 것으로 보고된 바 있지만,⁸ 반대로 인종에 따라 시신경테 면적에 차이가 없다는 연구도 있다.⁹ 지금까지 소아청소년을 대상으로 시행되었던 시신경유두 지표 연구의 대상 수가 많지 않았고, 병원을 방문한 사람들만을 대상으로 했기 때문에 인종의 차이에 따른 영향을 판단하기에는 아직 자료가 부족한 상황이다.

Cirrus HD-OCT 이외에 다른 종류의 빛간섭단층촬영을 이용해 진행한 연구 결과를 살펴보면, iVue 100 SD-OCT (Optovue Inc., Fremont, CA, USA)를 이용해 5-17세(평균 나이 10.9세) 정상 터키 소아청소년 128명을 대상으로 측정

한 결과, 평균 시신경유두테 면적 1.84 mm^2 , 평균 시신경유두 면적 2.30 mm^2 , 평균 시신경유두 함몰비 0.20, 수직 시신경유두 함몰비 0.37로 보고되었다.⁶ 또한 RTVue-100 OCT (Optovue Inc., Fremont, CA, USA)를 이용해 83명의 5세 정상 미국 소아(평균 구면대응치 우안 $+0.89$ 디옵터, 좌안 $+0.81$ 디옵터)를 대상으로 측정한 평균 시신경유두 면적과 수직 시신경유두 함몰비는 각각 2.01 mm^2 , 0.32였다.⁷ 빛간섭단층촬영으로 측정한 지표들은 장비에 따라 산출하는 방식이 다르기 때문에 서로 다른 장비로 측정한 값을 직접 비교하기 어려운데,¹⁰ 특히 시신경유두지표의 경우, 장비 간 차이에 관한 자료가 부족하여 다른 장비로 측정한 값을 비교하기에는 한계가 있다.

나이가 시신경유두 지표에 미치는 영향을 분석한 결과, 소아청소년군에서는 나이가 많을수록 시신경테와 시신경유두 면적이 작았다. 성인군과 비교하였을 때는 소아청소년군이 성인군보다 더 큰 시신경테 면적, 작은 시신경유두 함몰비와 시신경유두패임 부피를 보였지만 시신경유두 면적은 유의한 차이를 보이지 않았다. Bhoiwala et al⁶의 연구에서도 5세 소아와 성인의 시신경유두 지표를 비교했을 때 동일한 결과를 보였다. 뿐만 아니라, 성인 대상으로 한 연구에서도 나이가 많을수록 시신경테 면적이 감소하는 것으로 보고되었다.^{8,9,11} 이는 노화의 과정 중에 구조적으로 서로 관련 있는 망막신경섬유층 및 망막 신경절세포의 두께의 감소와 함께 시신경테의 감소도 동반되어 나타나기 때문으로 생각할 수 있을 것이다. 하지만 본 연구에서 소아청소년군과 달리 성인군만 따로 분석하였을 때에는 나이와

Table 4. Previous studies presenting data on optic nerve head parameters of healthy children as measured by spectral-domain OCT

Study	n	Age (years)	Device	Rim area (mm^2)	Disc area (mm^2)	Cup-to-disc ratio	Vertical cup-to-disc ratio	Cup volume (mm^3)
Bueno-Gimeno et al. (2014) ^{3*}	99	6-17	Cirrus HD-OCT	1.67 ± 0.34	2.09 ± 0.44	0.36 ± 0.17	NA	NA
Larsson et al. (2017) ⁴	100	6-17	Cirrus HD-OCT	1.58 ± 0.28	1.85 ± 0.34	0.32 ± 0.19	NA	NA
	57	6-15	Cirrus HD-OCT	1.52 ± 0.26	1.89 ± 0.37	0.40 ± 0.15	0.39 ± 0.14	0.10 ± 0.10
Pawar et al. (2017) ^{5†}	70	5-17	Cirrus HD-OCT	1.31 ± 0.27	2.45 ± 0.48	0.64 ± 0.13	0.61 ± 0.11	0.45 ± 0.28
				1.34 ± 0.26	2.46 ± 0.52	0.63 ± 0.14	0.59 ± 0.13	0.42 ± 0.27
Bhoiwala et al. (2015) ⁶	77	5	RTVue 100 Avanti	NA	2.01 ± 0.40	NA	0.32 ± 0.22	NA
Yabas Kiziloglu et al. (2017) ⁷	128	5-17	iVue 100 SD-OCT	1.84 ± 0.45	2.30 ± 0.42	0.20 ± 0.13	0.37 ± 0.17	0.09 ± 0.10
Present study (2019)	352	5-17	Cirrus HD-OCT	1.51 ± 0.27	2.07 ± 0.39	0.47 ± 0.16	0.43 ± 0.16	0.163 ± 0.148

Data are presented as mean $\pm$ standard deviation.

OCT = optical coherence tomography; NA = not applicable.

*Data of emmetropic eyes are listed in the upper row and data of myopic eyes are presented in the lower row; †data of right eyes are listed in the upper row and data of left eyes are presented in the lower row.

시신경유두지표가 유의한 상관관계를 보이지 않았는데 그 이유로 본 연구에 포함된 성인군의 시신경유두지표 분포가 다른 연구들과 달랐을 가능성을 고려해야 할 것이다. 성인 군에서의 시신경유두지표에 관해서는 더 많은 눈을 대상으로 하는 추가 연구가 필요할 것으로 생각한다.

굴절값과 시신경유두 지표 사이의 연관성을 분석한 결과, 근시가 심할수록 시신경테 면적과 시신경유두 면적이 더 작았지만 시신경유두 함몰비와 시신경유두패임 부피는 유의한 관계를 보이지 않았다. Bueno-Gimeno et al³이 소아 청소년의 정상안과 근시안을 비교한 연구에 의하면 근시안이 더 작은 시신경유두 면적을 보였고, 시신경유두테 면적과 시신경유두 함몰비는 유의한 차이를 보이지 않았다. 성인 대상으로 한 연구들에서도 안축장이 길수록 시신경유두 면적과 시신경테 면적이 작은 것으로 나타났다.^{9,11,12} 그 이유로 실제로 근시안이 조직학적으로 더 작은 시신경유두 면적과 시신경테 면적을 가질 가능성과 광학적으로 근시안이 안축장이 더 길기 때문에 실제보다 작게 측정될 가능성을 생각해볼 수 있는데, 안축장의 길이를 보정하여 빛간섭 단층촬영 측정치를 산출한 결과, 시신경유두 면적과 시신경테 면적이 안축장과 유의한 관계를 보이지 않았다는 연구 결과를 감안할 때,¹³ 광학적인 요인의 영향이 클 것으로 유추해볼 수 있을 것이다.

본 연구에 의하면 시신경유두 면적이 클수록 시신경테 면적, 시신경유두 함몰비, 시신경유두패임 부피가 더 크고, 망막신경섬유층도 더 두꺼운 것으로 나타났다. 이는 성인을 대상으로 한 선행 연구 결과들과 일치하는 것으로,^{9,11,12,14} 시신경유두 지표 및 망막신경섬유층 두께 분석 시 시신경유두 면적이 영향 요인으로 작용할 것이라는 점을 시사한다.

안축장은 빛간섭단층촬영으로 측정된 시신경유두지표에 영향을 주는 요인으로 알려져 있다.^{9,11-13} 하지만 본 연구에서는 소아청소년군에서 안축장을 측정하지 않은 대상이 많아서 안축장을 영향 요인으로 분석하지 못한 한계점이 있다. 빛간섭단층촬영으로 얻은 시신경유두지표는 기계가 자체적으로 정한 시신경유두 및 시신경테 경계부 기준에 의해서 산출되기 때문에 검사자가 세극등현미경이나 안저사진을 통해서 관찰하는 소견과는 다를 수 있다. 또한 장비의 해상도와 시신경유두 및 시신경테 경계를 정하는 알고리즘이 개선되고 있지만 여전히 경계설정 오류의 가능성이 존재할 수 있다는 점도 고려해야 할 것이다. 이번 연구는 병원에 시력검사를 위해 내원한 소아청소년을 대상으로 하였으므로 대상 선정 과정에서 통계적 편향이 유발되었을 요소가 잠재되어 있다. 아직 우리 나라 소아청소년의 시신경유두지표에 대한 자료 축적이 충분하지 않은 상황이기 때

문에 다른 병원을 방문한 소아청소년 및 지역사회를 대상으로 하는 다양한 후속 연구가 필요할 것이다.

요약하면, 건강한 한국인 소아청소년에서 빛간섭단층촬영으로 측정된 평균 시신경테 면적은 1.51 mm², 시신경유두 면적은 2.07 mm², 시신경유두 함몰비는 0.47이었고, 시신경테 면적은 나이가 많을수록 감소하였고, 근시가 심할수록 시신경테 면적과 시신경유두 면적은 작았다. 빛간섭단층촬영으로 측정된 소아청소년의 시신경유두 지표를 분석할 때, 본 연구의 결과가 참고 자료가 될 것이다.

REFERENCES

- 1) Fortune B. Optical coherence tomography evaluation of the optic nerve head neuro-retinal rim in glaucoma. Clin Exp Optom 2019; 102:286-90.
- 2) Mwanza JC, Oakley JD, Budenz DL, et al. Ability of cirrus HD-OCT optic nerve head parameters to discriminate normal from glaucomatous eyes. Ophthalmology 2011;118:241-8.e1.
- 3) Bueno-Gimeno I, Gene-Sampedro A, Piñero-Llorens DP, et al. Corneal biomechanics, retinal nerve fiber layer, and optic disc in children. Optom Vis Sci 2014; 91:1474-82.
- 4) Larsson E, Molnar A, Holmström G. Repeatability, reproducibility and interocular difference in the assessments of optic nerve OCT in children- a Swedish population-based study. BMC Ophthalmol 2018;18:270.
- 5) Pawar N, Maheshwari D, Ravindran M, Ramakrishnan R. Interocular symmetry of retinal nerve fiber layer and optic nerve head parameters measured by Cirrus high-definition optical coherence tomography in a normal pediatric population. Indian J Ophthalmol 2017; 65:955-62.
- 6) Bhoiwal DL, Simon JW, Raghu P, et al. Optic nerve morphology in normal children. J AAPOS 2015;19:531-4.
- 7) Yabas Kiziloglu O, Toygar O, Toygar B, Hacimustafaoglu AM. Optic nerve head parameters measured with spectral-domain optical coherence tomography in healthy Turkish children: normal values, repeatability, and interocular symmetry. Neuroophthalmology 2017;42:83-9.
- 8) Girkin CA, McGwin G Jr, Sinai MJ, et al. Variation in optic nerve and macular structure with age and race with spectral-domain optical coherence tomography. Ophthalmology 2011;118:2403-8.
- 9) Knight OJ, Girkin CA, Budenz DL, et al. Effect of race, age, and axial length on optic nerve head parameters and retinal nerve fiber layer thickness measured by Cirrus HD-OCT. Arch Ophthalmol 2012;130:312-8.
- 10) Lee YG, Hwang YH. A comparison of retinal nerve fiber layer thickness measured using five different optical coherence tomography devices. J Korean Ophthalmol Soc 2018;59:261-7.
- 11) Cheung CY, Chen D, Wong TY, et al. Determinants of quantitative optic nerve measurements using spectral domain optical coherence tomography in a population-based sample of non-glaucomatous subjects. Invest Ophthalmol Vis Sci 2011;52:9629-35.
- 12) Rao HL, Kumar AU, Babu JG, et al. Predictors of normal optic nerve head, retinal nerve fiber layer, and macular parameters measured by spectral domain optical coherence tomography. Invest

Ophthalmol Vis Sci 2011;52:1103-10.

- 13) Savini G, Barboni P, Parisi V, Carbonelli M. The influence of axial length on retinal nerve fibre layer thickness and optic-disc size measurements by spectral-domain OCT. Br J Ophthalmol 2012;96:57-61.

- 14) Hwang YH, Kim YY. Correlation between optic nerve head parameters and retinal nerve fibre layer thickness measured by spectral-domain optical coherence tomography in myopic eyes. Clin Exp Ophthalmol 2012;40:713-20.

= 국문초록 =

빛간섭단층촬영으로 측정한 정상 소아청소년의 시신경유두 지표

목적: 빛간섭단층촬영으로 측정한 정상 소아청소년의 시신경유두 지표를 알아보고자 한다.

대상과 방법: 5세에서 17세의 소아청소년을 대상으로 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영을 이용하여 시신경유두 주위 영역을 스캔하였다. 빛간섭단층촬영 장비가 자동으로 산출하는 시신경유두 지표인 시신경테 면적, 시신경유두 면적, 시신경유두 함몰비, 시신경유두패임 부피의 분포를 알아보고, 굴절값 및 나이가 측정치에 미치는 영향을 분석하였다.

결과: 총 352명의 352안이 포함되었고, 평균 나이는 9.7 ± 3.6 세였다. 평균 시신경테 면적, 시신경유두 면적, 시신경유두 함몰비, 시신경유두패임 부피는 $1.51 \pm 0.27 \text{ mm}^2$, $2.07 \pm 0.39 \text{ mm}^2$, 0.47 ± 0.16 , $0.163 \pm 0.148 \text{ mm}^3$ 였다. 평균 시신경테 면적, 시신경유두 면적, 시신경유두 함몰비를 나이에 따라 세부 구분하였을 때, 5-8세는 $1.58 \pm 0.29 \text{ mm}^2$, $2.18 \pm 0.35 \text{ mm}^2$, 0.48 ± 0.17 , 9-12세는 $1.46 \pm 0.24 \text{ mm}^2$, $2.04 \pm 0.43 \text{ mm}^2$, 0.49 ± 0.15 , 13-17세는 $1.46 \pm 0.22 \text{ mm}^2$, $1.94 \pm 0.35 \text{ mm}^2$, 0.44 ± 0.18 이었다. 시신경테 면적은 근시가 심할수록, 나이가 많을수록 더 작았다($p < 0.05$).

결론: 건강한 소아청소년에서 빛간섭단층촬영으로 측정한 평균 시신경테 면적은 1.51 mm^2 , 시신경유두 면적은 2.07 mm^2 , 시신경유두 함몰비는 0.47이었고 나이와 굴절값에 따라 다른 분포를 보였다.

〈대한안과학회지 2020;61(4):376-384〉

이정민 / Jung Min Lee

건양대학교 의과대학 김안과병원 안과학교실 명곡안연구소
Myung-Gok Eye Research Institute,
Department of Ophthalmology, Kim's Eye Hospital,
Konyang University College of Medicine