

안축장 길이와 시신경 유두의 사상판 두께, 전사상판 두께, 사상판 앞길이의와의 상관관계

Axial Length Correlation to Lamina Cribrosa Thickness, Prelaminar Tissue Thickness, and Anterior Lamina Displacement

최다예 · 한종철 · 기창원

Da Ye Choi, MD, Jong Chul Han, MD, Chang Won Kee, MD, PhD

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 안과학교실

Department of Ophthalmology, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: In this study we determined the correlation of axial length to lamina cribrosa thickness (LCT), prelaminar tissue thickness (PT), and anterior lamina displacement (ALD) in young healthy eyes.

Methods: The optic discs of 60 eyes from 30 young healthy subjects with myopia were scanned using enhanced-depth imaging spectral-domain optical coherence tomography (Spectralis OCT, Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany). The LCT, PT, and ALD were measured at the superior midperipheral, middle, and inferior midperipheral of the optic nerve head, respectively. A linear mixed-effects model was used to determine the relationship between the axial length and the LCT, axial length and PT as well as axial length and ALD.

Results: The mean, superior midperipheral, and middle LCT were not significantly correlated with axial length. Conversely, the inferior midperipheral LCT was negatively correlated with axial length ($p = 0.019$, $\beta = -7.34$). There was no significant association between axial length and PT. Mean ALD was negatively correlated with axial length ($p = 0.022$, $\beta = -17.17$).

Conclusions: In the present study, the inferior midperipheral LCT and mean ALD were negatively correlated with axial length, but PT showed no significant association with axial length.

J Korean Ophthalmol Soc 2015;56(5):745-752

Key Words: Axial length, Lamina cribrosa, Myopia

근시는 가장 흔한 안과적 이상 중 하나로, 그 중에서도 고도근시는 개방각녹내장의 위험인자로 알려졌다.¹⁻³ Jonas and Xu⁴는 해부학적인 연구를 통해 축성 고도근시안은 적

도부근부터 공막이 얇아지기 시작해 후극부에서 가장 얇으며, 맥락막 역시 뚜렷하게 얇아지나 부르크막은 크게 얇아지지 않고, 사상판은 늘어나고 얇아지는 경향을 보인다고 보고하였다.

사상판은 표층신경섬유층, 사상판전층과 함께 시신경 유두를 이루는 그물모양의 교원질 판으로 망막 신경절 세포의 축삭과 망막혈관이 공막을 통과할 수 있도록 하는 역할을 하며 녹내장에서 신경세포에 손상이 가해지는 주된 위치로 알려졌다.⁵⁻⁷ 따라서 고도근시의 사상판의 형태가 정상안과 차이가 있는지에 관한 연구들이 진행되었다. 적출된 안구를 이용한 연구에서 고도근시에서 고도근시가 아닌 경

■ Received: 2014. 7. 21. ■ Revised: 2014. 11. 14.

■ Accepted: 2015. 4. 1.

■ Address reprint requests to **Chang Won Kee, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Samsung Medical Center, #81
Irwon-ro, Gangnam-gu, Seoul 135-710, Korea
Tel: 82-2-3410-3569, Fax: 82-2-3410-0029
E-mail: Cdy8508@daum.net

* This study was presented as a narration at the 111th Annual Meeting of the Korean Ophthalmological Society 2014.

© 2015 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.

우에 비해 사상판 두께가 얇으며, 고도근시 내에서는 녹내장이 있는 경우가 녹내장이 없는 경우보다 사상판 두께가 얇다는 것이 보고된 바 있다.⁸ 또 다른 적출된 안구를 이용한 연구에 의하면 녹내장 환자 내에서는 안축장의 길이가 늘어남에 따라 사상판 두께가 감소하나, 정상인에서는 안축장 길이와 사상판 두께에 관련성이 없음이 발표되었다.⁹

적출된 안구의 조직검사를 이용한 이러한 연구들은 사상판에 대해 많은 정보를 제공했으나 조직보존과정을 거치며 조직이 변형될 가능성이 높아 정확도가 떨어지고, 많은 수의 연구가 어려운 단점이 있었다. 근래에는 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영 등의 영상학적 기기의 발전으로 살아있는 사람에게서 사상판조직을 관찰하는 것이 가능해졌다. 특히 Enhanced Depth Imaging (EDI) 방법을 이용한 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영은 이전보다 개선된 영상을 제공하여 더 깊은 위치의 조직을 분석하는 데 도움이 된다.^{10,11} 이러한 영상학적 발전에 힘입어 사상판 두께(lamina cribrosa thickness, LCT) 외에 전사상판조직의 두께(prelaminar tissue thickness, PT)와 사상판 앞길이(anterior lamina displacement, ALD) 또한 측정이 가능해졌다. 최근 Lee et al¹²은 Enhanced Depth Imaging-Optical Coherence Tomography (EDI-OCT)를 이용한 연구에서 과거의 조직학적 연구와 달리 정상인에서 중심 사상판 두께와 안축장 사이에 통계적으로 유의한 관련성이 없다고 보고하였다.

저자들은 근시의 정도에 따라 사상판과 그 주변조직의 두께와 형태에 차이가 있을 것이라고 가정하고, 고도근시를 포함한 근시환자들을 대상으로 사상판 두께뿐 아니라 전사상판 두께, 사상판 앞길이를 시신경의 위치별로 각각 측정하여 측정된 값들이 근시의 정도에 따라 의미 있는 상관관계가 있는지를 통계학적으로 분석하고자 하였다.

대상과 방법

2013년 8월부터 2014년 1월까지 삼성서울병원 안과에 시력교정술을 받기 위해 내원한 만 18-58세의 근시환자를 대상으로 교정시력이 0.8 이상이면서 다른 안질환이 없는 30명 60안을 조사하였다. 대상자 중 이전 안과적 수술 과거력이 있는 경우, 녹내장을 진단받았거나 안압이 22 mmHg 이상인 경우, 시신경 유두 함몰비가 0.6 이상인 경우는 대상에서 제외하였다.

본 연구에 관련된 모든 절차는 삼성서울병원 연구윤리심의위원회의 승인과 검사에 대한 설명 및 동의서 작성의 절차를 거친 후 시행하였으며, 동의하지 않는 경우에는 연구에서 제외하였다.

모든 대상환자는 굴절 수술 이전에 세극등검사, 골드만

압평안압계를 이용한 안압 측정, 조절마비굴절검사, 최대교정시력, 안저촬영, 안축장 및 중심각막두께 측정, 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영을 이용한 시신경 유두 내 사상판 두께 측정을 실시하였다. 안축장은 A-scan 초음파 기기(OTI scan 3000, Ophthalmic Technologies Inc., Toronto, Canada)를 이용하여 5회 반복측정 후 평균값을 이용하였으며, 중심각막 두께는 초음파 각막두께측정계(SP-3000 Pachymeter, Tomey Corporation, Nagoya, Japan)를 이용하여 5회 반복측정 후 평균값을 이용하였다. 조절마비 굴절검사는 tropicamide 5 mg/mL와 phenylephrine HCl 5 mg/mL (Mydrin-P®, Santen, Osaka, Japan)를 5분 간격으로 2회 이상 점안한 후 점안 30-40분 후 동공 산대 및 대광반사의 소실을 확인한 후 굴절검사를 시행하였다.

빛간섭단층촬영은 SD-OCT (Spectralis OCT, Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany)를 이용하여 숙련된 한 명의 검사자가 기계에서 제공하는 EDI 방법(Heidelberg Eye Expolorer ver. 1.8.6.0)으로 측정하였다.¹³ 산동하지 않은 환자의 동공을 통해 시신경유두 주변으로 사각형 모양의 10x15도를 포함하여 촬영하였으며, 기계의 자동 구획에 따라 30 μ m씩 서로 떨어진 평균 97개의 단면으로 측정되고, 각 단면은 평균 42개의 OCT frame으로 구성되었다.

사상판 두께는 촬영 후 보이는 시신경의 가로 단면에서 가장 반사가 강한 위, 아래 경계면 사이의 간격을 측정하였으며, 경계가 명확하지 않은 경우 자체 프로그램의 명도조절기능을 이용하여 보정한 후 측정하였으나, 보정 이후에도 시신경유두 중심 부위에서 사상판 아래 경계면을 설정하기 어려운 경우에는 연구에서 제외하였다. 본 연구에서는 시신경유두를 수직으로 삼등분하여 중심, 상측 1/3 지점 및 하측 1/3 지점에서 사상판의 두께를 측정하였으며, 상측 1/3 지점 및 하측 1/3 지점에서 사상판 아래 경계면이 명확하지 않은 경우에는 결측값으로 두었다. 각 지점에서 사상판의 두께를 측정하는 기준 수평 위치는 부르크막 입구를 잇는 선의 중심부로 하였으며, 주변부 혈관에 의해 중심부가 가린 경우에는 가장 중심부에 근접한 부위에서 측정하였다.

사상판 두께를 측정한 동일한 단면에서 부르크막의 입구를 잇는 선의 중심부에서 사상판 앞쪽경계면까지 수직으로 내린 거리, 즉 사상판 앞길이(anterior laminar displacement, ALD)와 내경계막에서 사상판 앞쪽경계면까지의 수직거리, 즉 전사상판 두께(prelaminar tissue thickness, PT)도 함께 측정하였다. 특히 전사상판 두께의 측정은 내경계막이 오목한 형태를 띠고 있는 경우가 많아 수평위치에 따라 다르게 측정되며, 오차를 줄이기 위해 내경계막과 사상판 앞쪽경계막의 최소거리를 기준으로 측정하였다(Fig. 1).

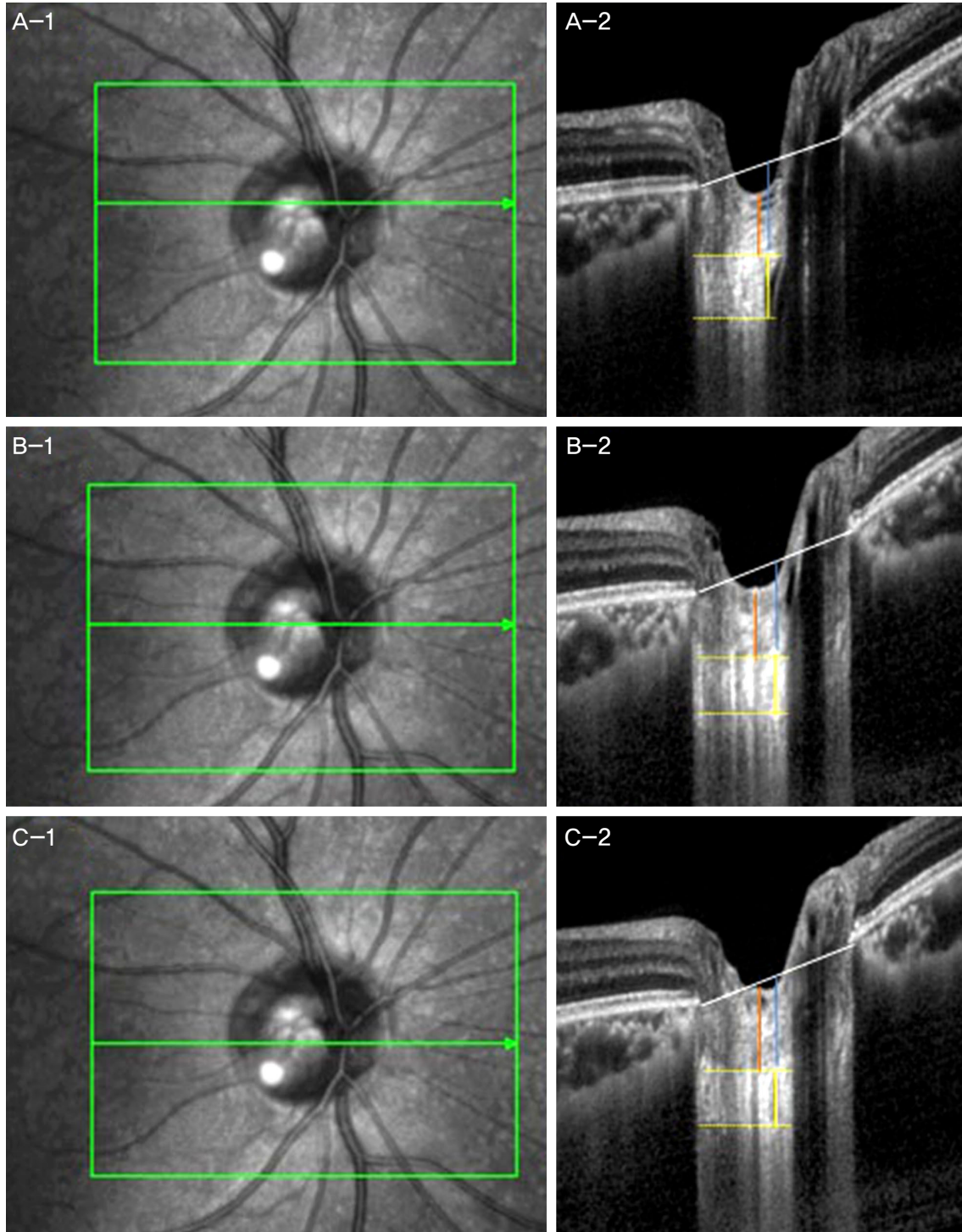


Figure 1. En face (A-1, B-1, C-1) and B-scan images at superior midperipheral (A-2), middle (B-2), inferior midperipheral (C-2) level of optic nerve head (white line: line connecting Bruch's membrane opening, yellow dot line: anterior and posterior margin of lamina cribrosa, yellow line: thickness of lamina cribrosa, red line: thickness of prelaminar tissue, blue line: amount of lamina cribrosa displacement).

숙련된 한 명의 검사자가 SD-OCT 자체 프로그램에서 제공되는 수동의 캘리퍼 도구를 사용하여 모든 측정치를 각각 2번씩 측정 후 반복측정에 따른 재현성을 확인하였으

며, 이후 2번째 검사자가 동일한 방법으로 다시 한 번 측정하여 검사자 간 재현성을 확인하였다.

통계학적 분석은 PASW Statistics version 21.0 (Statistical

Package for the Social Sciences, SPSS INC., Chicago, IL, USA) 통계처리 프로그램을 이용하였다. 사상판 두께 측정에서 동일 검사자의 반복측정과 검사자 간의 재현성을 확인하기 위해 intraclass correlation coefficient (ICC)를 측정하였다. 사상판 두께에 영향을 줄 수 있다고 가정한 연령과 안압을 보정변수로 설정하였고, 한 사람에서 우안과 좌안이 반복 측정되어 연관성을 가지는 것을 선형혼합효과모델(linear mixed effect model)을 이용하여 보정하였다. 또한 결측치로 인한 변이 역시 선형혼합효과모델 자체의 보정효과로 교정하였다. 근시의 정도를 안축장의 길이로 보고, 안축장 길이와 각 위치별로 측정된 사상판의 두께, 사상판 앞길, 전사상판 두께 간에 유의한 선형관계가 있는지를 선형혼합효과모델을 이용하여 분석하였다. 모든 경우에서 p -value는 0.05 미만인 경우 통계적으로 의미가 있는 것으로 해석하였다.¹⁴

결 과

전체 30명 60안의 대상 중 남자가 10명, 여자가 20명이었다. 평균 연령은 26.66 ± 9.8 세였다. 대상자의 평균 안압은 17.4 ± 2.8 mmHg였으며, 평균 안축장은 25.99 ± 1.3 mm, 평균 중심각막두께는 541.29 ± 33.05 μ m, 평균 구면렌즈대응치는 -5.13 ± 2.27 diopter (D)였다(Table 1).

Heidelberg Spectralis OCT에 내장된 프로그램을 이용하여 측정된 사상판 두께의 평균은 254.96 ± 39.54 μ m였고, 상측 1/3, 중심, 하측 1/3에서는 각각 246.76 ± 38.14 , 266.59 ± 59.60 , 251.53 ± 50.34 μ m였다. 전사상판 두께의 평균은 155.19 ± 73.28 μ m였고, 상측 1/3, 중심, 하측 1/3에서 각각 162.47 ± 91.14 , 142.21 ± 70.94 , 160.88 ± 77.76 μ m와 같았다. 마지막으로 사상판 앞 길이의 평균은 340.50 ± 112.28 μ m였고, 상측 1/3, 중심, 하측 1/3에서는 각각 355.71 ± 131.02 , 337.78 ± 109.34 , 328.00 ± 111.71 μ m와 같았다(Table 2).

중심 사상판 아래경계가 측정가능한 경우에만 본 연구에 포함되었으나 전체 60안 중에서 2안(3.3%)은 상측 1/3 지점

에서, 6안(10%)은 하측 1/3 지점에서 사상판 아래경계가 불명확하여 측정할 수 없어 결측값으로 처리하였다.

단일 검사자의 2회 반복측정에 따른 검사자 내 재현성을 확인하기 위해 ICC를 측정하였다. 5% 유의수준에서 시신경유두 상측 1/3, 중심, 하측 1/3에서 측정된 사상판 두께는 위치별로 각각 0.855, 0.864, 0.995였으며, 전사상판 두께는 0.961, 0.969, 0.995, 사상판 앞길이는 0.978, 0.991, 0.995로 측정되었다. 검사자 간 재현성 확인을 위해 시행한 ICC는 5% 유의수준에서 시신경유두 상측 1/3, 중심, 하측 1/3에서 사상판 두께는 위치별로 각각 0.865, 0.875, 0.872, 전사상판 두께는 0.885, 0.883, 0.892, 사상판 앞길이는 0.886, 0.865, 0.854로 측정되었다.

연령, 중심각막두께, 안압 및 양안의 반복측정을 보정한 상태에서 안축장의 길이와 사상판 전체 평균값의 관계를 선형혼합효과모델로 분석해 보았을 때에는 유의한 관계를 나타내지 않았다($p=0.632$). 동일한 조건에서 안축장의 길이와 각 위치별 사상판 두께의 관계를 선형혼합효과모델로

Table 2. Measurements of the thickness of lamina cribrosa, prelamina tissue, and anterior laminar displacement depends at each locations in optic disc head

	Range (μ m)
Lamina cribrosa thickness	
Superior midperipheral	246.76 ± 38.14 (170-406)
Middle	266.59 ± 59.60 (195-519)
Inferior midperipheral	251.53 ± 50.34 (168-446)
Mean	254.96 ± 39.54 (188-407)
Prelaminar tissue thickness	
Superior midperipheral	162.47 ± 91.14 (51-453)
Middle	142.21 ± 70.94 (50-421)
Inferior midperipheral	160.88 ± 77.76 (58-431)
Mean	155.19 ± 73.28 (59-406)
Anterior laminar displacement	
Superior midperipheral	355.71 ± 131.02 (125-792)
Middle	337.78 ± 109.34 (201-704)
Inferior midperipheral	328.00 ± 111.71 (118-696)
Mean	340.50 ± 112.28 (153-712)

Values are presented as mean \pm SD (range) (μ m).

Table 1. Baseline characteristics of study group

	Data
Sex (M:F)	10:20
Age (years)	26.66 ± 9.8 (18-58)
Best corrective visual acuity	20/20
IOP at the time of disc scanning (mm Hg)	17.4 ± 2.8 (12-21)
Axial length (mm)	25.99 ± 1.31 (23.73-29.75)
Central corneal thickness (μ m)	541.29 ± 33.05 (479-600)
Spherical equivalent (diopter)	-5.13 ± 2.27 (-1.75 ~ -10.5)

Values are presented as mean \pm SD unless otherwise indicated.
IOP = intraocular pressure.

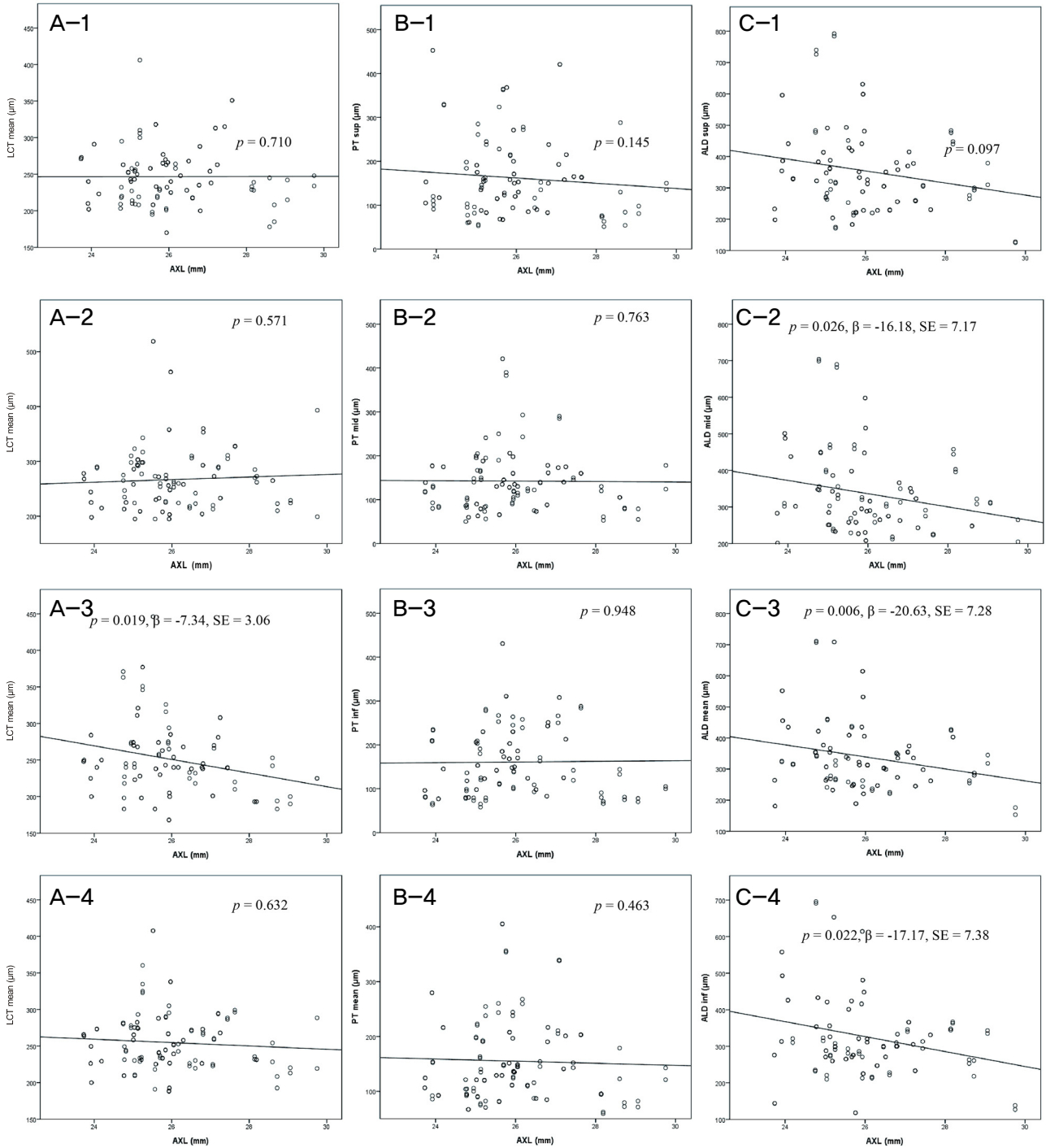


Figure 2. Relationships of lamina cribrosa thickness (A), prelaminar tissue thickness (B), and lamina cribrosa displacement (C) with axial length depends on locations in optic nerve head (1 = superior midperipheral, 2 = middle, 3 = inferior midperipheral, 4 = mean). p = relationship of axial length and LCT, PT and ALD by linear mixed effect model. β = regression coefficient; SE = standard error; AXL = axial length; sup = superior midperipheral; mid = middle; inf = inferior midperipheral; LCT = lamina cribrosa thickness; ALD = anterior laminar displacement; PT = prelaminar tissue thickness.

분석해 보았을 때, 시신경유두의 상측 1/3 지점($p=0.710$)과 중심부($p=0.571$)에서 측정한 사상판 두께 역시 안축장의 길이와 통계적으로 유의한 관계를 나타내지 않았다. 그러나 시신경유두 하측 1/3에서 측정한 사상판의 두께는 안축장

의 길이와 유의하게 음의 선형관계를 나타냈다($p=0.019, \beta = -7.34, \text{standard error}=3.06$). 동일한 보정조건하에서 안축장과 전사상판 두께와의 관계를 분석하였을 때는 평균 ($p=0.463$) 전사상판 두께뿐 아니라, 시신경 유두 상측 1/3

($p=0.145$), 중심($p=0.763$), 하측 1/3 ($p=0.948$)에서 측정된 위치별 값 모두 안축장과 유의한 상관 관계를 나타내지 않았다. 역시 동일한 보정조건에서 사상판앞길이의 평균값은 안축장의 길이와 유의하게 음의 선형관계를 나타냈다($p=0.022$, $\beta=-17.17$, standard error=7.38). 이러한 경향성은 시신경 유두 중심($p=0.026$, $\beta=-16.18$, standard error=7.17), 하측($p=0.006$, $\beta=-20.63$, standard error=7.28)에서 측정된 사상판 앞길이와도 동일하게 나타났으나, 상측($p=0.097$)에서 측정된 값은 유의하지 않았다(Fig. 2).

고 찰

본 논문의 목적은 정상안에서 안축장을 근시의 지표로 삼아 이에 따라 사상판의 두께, 전사상판 두께, 사상판 앞길이가 변화를 보이는지를 확인하는 것이었다. 본 연구에서는 안축장과 사상판의 평균 두께는 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 이러한 결과는 Lee et al¹²이 정상인을 대상으로 EDI-OCT를 이용한 연구에서 사상판의 중심 두께와 안축장의 길이 간에 유의한 상관관계가 없었다고 보고한 것과 일치하는 결과이다. 그러나 본 연구에서는 시신경 유두 하부 1/3 지점에서 측정된 사상판의 두께는 유의하게 안축장과 음의 선형관계를 나타냈다($p=0.019$, $\beta=-7.34$, standard error=3.06). 이에 반해 Lee et al¹²의 연구에서는 사상판의 중심두께뿐 아니라 시신경 유두 상부 1/3 지점, 하부 1/3 지점에서 측정된 사상판 두께도 모두 안축장의 길이와 유의한 관계를 나타내지 않았다. 이러한 차이는 Lee et al¹²의 연구는 +3.0D부터 -7.0D의 범위를 대상으로 했으나, 본 연구는 원시를 제외하고 -1.75D~-10.5D 범위의 근시환자를 대상으로 했다는 것과, Lee et al¹²의 연구에서 환자들의 평균 나이가 48.6 ± 13.9 세였던 것과 달리 본 연구에서는 평균 나이가 26.6 ± 9.8 세로 좀 더 젊은 나이였던 것을 생각해 볼 수 있다. 특히 본 연구에서는 안축장 길이 26.5 mm 이상인 고도근시안이 전체 60안 중 17안(28.33%)인 것 또한 이러한 차이의 원인으로 생각해 볼 수 있다. 또한 Lee et al¹²의 연구가 100명 189안을 이용한 것에 비해 본 연구는 30안 60안을 대상으로 하여 표본 수가 좀 더 적은 점도 이러한 결과의 차이에 기여할 수 있음을 고려해야 할 것으로 보인다.

한 편 Ren et al⁹은 중국인의 적출된 안구를 이용한 조직학적 연구에서 정상인의 사상판 두께가 녹내장 환자보다 두껍고, 녹내장 환자 내에서는 안축장이 길어짐에 따라 사상판의 두께가 얇아지며, 정상인에서는 안축장 길이와 사상판 두께에 유의한 관계가 없음을 보고하였다. 그에 반해 Jonas et al⁸은 적출된 백인의 안구를 이용한 조직학적 연구에서 고도근시 그룹이 비고도근시 그룹에 비해 사상판의

두께가 얇고, 고도근시 중에서도 녹내장성 변화가 있는 그룹이 녹내장성 변화가 없는 그룹에 비해 사상판의 두께가 얇다고 발표한 바 있다. Jonas et al⁸은 사상판의 두께를 시신경 중심, 시신경의 위와 아래 margin, 중심과 margin 사이 중간 지점 총 5곳에서 측정하였으며, 모든 지점에서 동일한 결과를 보고하였다. Ren et al⁹의 연구는 정상인에서 안축장 길이에 따라 전체 사상판 두께가 유의한 관계를 가지지 않는다는 본 연구와 일치하는 결과이다. 그러나 Ren et al⁹은 조직을 고정된 후에 한 지점의 section만을 이용하여 분석하였고, 본 연구와 같이 시신경 유두의 위치별 사상판 두께를 분석할 수는 없었다. 위치별 사상판 두께를 분석한 Jonas et al⁸의 연구의 결과는 시신경 유두 하측 1/3 지점에서만 안축장 길이와 사상판 두께가 의미 있는 음의 선형관계를 보인 본 연구와 부분적으로 일치하지 않는다. 이는 안축장이 26.5 mm 이상인 고도근시 환자와 그렇지 않은 환자들을 비교하여 양 극단의 차이가 강조된 것일 수 있고, 또 유럽인의 안구를 대상으로 하여 한국인을 대상으로 한 본 연구와 인종의 차이가 있기 때문일 수 있다고 생각한다. 또한 이러한 조직학적 연구는 고정과정에서 조직의 변형이 일어날 수 있고, 대상안의 숫자가 제한되어 오차가 발생할 가능성이 높다는 것도 고려할 점이다.

본 연구에서 사상판 두께와 더불어 측정된 전사상판 두께는 안축장의 길이와 유의한 상관관계를 보이지 않았으며, 이와 관련하여 정상안에서 근시와 관련해 전사상판 두께에 관해 보고된 논문은 현재까지 알려지지 않았다. 다만 녹내장 안에서 안압하강 등에 따라 전사상판 두께가 두꺼워지는 것이 보고된 바 있으며 이러한 변화의 원인은 아직 명확하게 밝혀지지 않았다.¹⁵⁻¹⁷ 안압하강에 따라 혈액공급량이 증가된 것, 혹은 유두주변 망막신경세포층의 축삭액이 전사상판조직으로 옮겨지는 것 등이 원인으로 고려되고 있으며, 향후 전사상판 두께와 녹내장 유발에 관한 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각한다.^{18,19}

사상판 앞길이의 평균두께는 안축장과 유의하게 음의 선형관계를 나타냈으며($p=0.022$, $\beta=-17.17$, standard error=7.38), 이는 중심부($p=0.026$, $\beta=-16.18$, standard error=7.17), 하부 1/3 ($p=0.006$, $\beta=-20.63$, standard error=7.28)에서도 동일한 결과를 나타냈고, 시신경유두 상부 1/3 ($p=0.097$)에서 측정된 값은 유의하지 않았으나, 역시 회귀계수는 -14.56으로 비슷한 경향성을 보였다. 그러나 사상판 앞길이 역시 녹내장에서 안압하강에 따라 사상판이 앞쪽으로 이동하는 것이 보고되어 그 임상적 의미를 유추할 수 있을 뿐, 정상안에서 근시와 관련한 사상판 앞길이에 대한 연구를 찾을 수 없었다.¹⁵⁻¹⁷ 다만 근시로 인해 안축장이 길어짐에 따라 후극부에서 공막이 얇아지듯이 시신경 유두 주변 조직 역시 수

평으로 당겨지는 힘에 의해 알아지는 경향을 보이는 것을 원인으로 추론해 볼 수 있었다. 근시와 사상판 앞길이의 관계뿐 아니라 사상판 앞길이가 녹내장 발생과 관련한 병태 생리에 대해서도 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

따라서 본 연구에서는 근시를 가진 정상인에서 사상판의 평균 두께는 안축장의 길이와 유의한 상관관계를 보이지 않았으나, 시신경 유두 하측 1/3에서 측정한 사상판의 두께는 안축장의 길이가 길어짐에 따라 얇아지는 음의 선형관계를 보였다. 이와 같이 근시에서 안축장의 길이가 길어짐에 따라 하측 사상판 두께가 얇아진다는 점과 이전 연구를 통해 녹내장안에서 사상판 두께가 얇아진다는 점을 고려할 때, 사상판의 전체 두께가 안축장의 길이와 유의한 상관관계가 없다고 하더라도 하측 사상판의 두께변화에 따라 고도근시에서 녹내장 발생률이 증가할 가능성을 생각해 볼 수 있다. 이는 또한 녹내장의 많은 경우에서 망막신경섬유층이 얇아지기 시작하는 부위가 시신경의 하외측인 것과도 관련되어 의미있는 결과가 될 수 있다고 생각한다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 대상군이 30명 60안으로 많지 않다는 것과 둘째, 사상판 두께 및 전사상판, 사상판 앞길이의 측정법이 아직 정립되지 않아 측정 방법에 따른 차이가 생길 수 있다는 것을 생각해 볼 수 있다. 그 외에 본 연구의 대상자 30명 중 20명(66%)이 여성으로 성별이 불균등한 점도 고려할 수 있다. 그러나 본 연구는 평균나이가 26.6세인 상대적으로 젊은 정상인을 대상으로 하였으며, 녹내장성 시신경 변화가 있거나 안압이 21 mmHg 이상인 경우에는 연구에서 제외하여 나이에 녹내장 변화에 영향을 받지 않는 근시안에서 근시의 정도에 따른 사상판 변화를 보았다. 또한 과거 근시와 관련성이 보고되지 않은 전사상판 두께와 사상판 앞길이를 함께 측정하여 분석하였고, 시신경 유두 중심뿐 아니라 위치별 차이를 함께 분석하였다는 점도 의미가 있다고 생각한다. 향후 안축장 길이 변화에 따른 사상판 및 주변 조직의 변화에 대해 좀 더 많은 숫자의 대상자를 이용한 연구가 필요할 것으로 보이며, 이러한 변화와 녹내장 발생과의 연관성에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

REFERENCES

- 1) Xu L, Wang Y, Wang S, et al. High myopia and glaucoma susceptibility the Beijing Eye Study. *Ophthalmology* 2007;114:216-20.
- 2) Kuzin AA, Varma R, Reddy HS, et al. Ocular biometry and open-angle glaucoma: the Los Angeles Latino Eye Study. *Ophthalmology* 2010;117:1713-9.
- 3) Perera SA, Wong TY, Tay WT, et al. Refractive error, axial dimensions, and primary open-angle glaucoma: the Singapore Malay Eye Study. *Arch Ophthalmol* 2010;128:900-5.
- 4) Jonas JB, Xu L. Histological changes of high axial myopia. *Eye (Lond)* 2014;28:113-7.
- 5) Wilczek M. The lamina cribrosa and its nature. *Br J Ophthalmol* 1947;31:551-65.
- 6) Quigley HA, Addicks EM, Green WR, Maumenee AE. Optic nerve damage in human glaucoma. II. The site of injury and susceptibility to damage. *Arch Ophthalmol* 1981;99:635-49.
- 7) Radius RL, Anderson DR. Rapid axonal transport in primate optic nerve. Distribution of pressure-induced interruption. *Arch Ophthalmol* 1981;99:650-4.
- 8) Jonas JB, Berenshtein E, Holbach L. Lamina cribrosa thickness and spatial relationships between intraocular space and cerebrospinal fluid space in highly myopic eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45:2660-5.
- 9) Ren R, Wang N, Li B, et al. Lamina cribrosa and peripapillary sclera histomorphometry in normal and advanced glaucomatous Chinese eyes with various axial length. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2009;50:2175-84.
- 10) Lee EJ, Kim TW, Weinreb RN, et al. Visualization of the lamina cribrosa using enhanced depth imaging spectral-domain optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 2011;152:87-95.e1.
- 11) Park HY, Park CK. Diagnostic capability of lamina cribrosa thickness by enhanced depth imaging and factors affecting thickness in patients with glaucoma. *Ophthalmology* 2013;120:745-52.
- 12) Lee EJ, Kim TW, Weinreb RN, et al. Lamina cribrosa thickness is not correlated with central corneal thickness or axial length in healthy eyes: central corneal thickness, axial length, and lamina cribrosa thickness. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2013;251:847-54.
- 13) Lee EJ, Kim TW, Weinreb RN, et al. Visualization of the lamina cribrosa using enhanced depth imaging spectral-domain optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 2011;152:87-95.e1.
- 14) McCulloch CE, Neuhaus JM. *Encyclopedia of biostatistics*, 2nd ed. Chichester: John Wiley and Sons, 2005.
- 15) Reis AS, O'Leary N, Stanfield MJ, et al. Laminar displacement and prelaminar tissue thickness change after glaucoma surgery imaged with optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53:5819-26.
- 16) Lee EJ, Kim TW, Weinreb RN, Kim H. Reversal of lamina cribrosa displacement after intraocular pressure reduction in open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 2013;120:553-9.
- 17) Lee EJ, Kim TW, Weinreb RN. Reversal of lamina cribrosa displacement and thickness after trabeculectomy in glaucoma. *Ophthalmology* 2012;119:1359-66.
- 18) Tribble JR, Sergott RC, Spaeth GL, et al. Trabeculectomy is associated with retrobulbar hemodynamic changes. A color Doppler analysis. *Ophthalmology* 1994;101:340-51.
- 19) Minckler DS, Bunt AH. Axoplasmic transport in ocular hypotony and papilledema in the monkey. *Arch Ophthalmol* 1977;95:1430-6.

= 국문초록 =

안축장 길이와 시신경 유두의 사상판 두께, 전사상판 두께, 사상판 앞길이의 상관관계

목적: 본 연구는 녹내장의 위험인자 중 하나인 근시안에서 안축장 길이가 사상판 두께, 전사상판 두께, 사상판 앞길이의 의미 있는 관련성이 있는지를 분석하고자 하였다.

대상과 방법: 만 18-58세의 근시 외 다른 안과적 질환이 없는 30명 60안을 대상으로 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기(Spectral Domain Optical Coherence Tomography, SD-OCT)를 이용하여 Enhanced Depth Imaging (EDI) 방법으로 시신경유두의 상부(위 1/3 지점), 중심, 하부(아래 1/3 지점)에서 각각 사상판 두께, 전사상판 두께, 사상판 앞길이를 측정하였다. 안축장의 길이와 사상판 두께, 전사상판 두께, 사상판 앞길이의 관련성을 각각 선형혼합효과모델(linear mixed model)을 이용하여 분석하였다.

결과: 안축장은 사상판 전체 평균두께 및 상부, 중심부 두께와 유의한 상관관계가 없었으나, 하부의 사상판 두께와는 유의하게 음의 선형관계를 나타냈다($p=0.019$, $\beta=-7.34$). 안축장과 전사상판 두께는 전체 평균두께 및 상부, 중심부, 하부에서 모두 유의한 상관관계가 없었다. 안축장과 사상판 앞길이의 평균두께($p=0.022$, $\beta=-17.17$) 및 중심부($p=0.026$, $\beta=-16.18$), 하부($p=0.006$, $\beta=-20.63$)의 두께는 유의하게 음의 선형관계를 나타냈으며, 상부에서는 유의한 상관관계가 없었다.

결론: 근시안에서 안축장의 길이가 길어질수록 시신경 유두의 아래쪽 사상판 두께가 유의하게 얇아지는 경향을 보이고 사상판 앞길이의 평균두께가 얇아지는 경향을 보인다.

〈대한안과학회지 2015;56(5):745-752〉