

고도근시녹내장에서 안축장으로 보정한 빛간섭단층촬영 Significance Map의 유용성

Effects of Axial Lengths in High Myopia on the Significance Maps of Optical Coherence Tomography

박혜민¹ · 성민철^{2,3} · 이원준^{1,2}

Hae Min Park, MD¹, Mincheol Seong, MD, PhD^{2,3}, Won June Lee, MD, PhD^{1,2}

한양대학교 서울병원 안과¹, 한양대학교 의과대학 안과학교실², 한양대학교 구리병원 안과³

Department of Ophthalmology, Hanyang University Seoul Hospital¹, Seoul, Korea

Department of Ophthalmology, Hanyang University College of Medicine², Seoul, Korea

Department of Ophthalmology, Hanyang University Guri Hospital³, Guri, Korea

Purpose: We corrected the axial lengths of the macular and peripapillary significance maps using software embedded in a commercial spectral domain optical coherence tomography (SD-OCT) package. We evaluated the accuracy of glaucoma diagnosis in patients with high myopia, and the clinical implications.

Methods: Seventy eyes of 70 highly myopic patients with or without normal-tension glaucoma were retrospectively reviewed. The sensitivities and specificities of the color-coded significance maps were calculated using 1% (red) or 5% (yellow) as the abnormality criteria, and the values compared before and after axial length corrections performed using embedded SD-OCT software.

Results: At the 1% level of the normative database, we found no significant difference in specificity or sensitivity. At the 5% level, the increase in specificity was significant only for the inferotemporal sectors of the macular significance map. The specificity of the inferotemporal sector of the inner scan circle increased from 61.9 to 78.6% ($p = 0.016$) and that of the outer scan circle from 69 to 83.8% ($p = 0.031$). The specificities of the entire chart, the superior sector of the superior/inferior chart, and the 12-clockwise map increased significantly from 54.8 to 78.6% ($p = 0.002$), 59.5 to 76.2% ($p = 0.039$), and 59.5 to 76.2% ($p = 0.002$) respectively.

Conclusions: Clinicians should note that axial length correction of significance maps reduces the false-positive glaucoma diagnostic rates in highly myopic eyes. Correction of significance maps using embedded software may thus aid clinicians in the diagnosis of glaucoma in high myopic eyes.

J Korean Ophthalmol Soc 2022;63(5):434-445

Keywords: Axial length, Deviation map, Myopia, Normal tension glaucoma, Optical coherence tomography

■ Received: 2021. 12. 10. ■ Revised: 2022. 1. 29.

■ Accepted: 2022. 4. 20.

■ Address reprint requests to **Won June Lee, MD, PhD**

Department of Ophthalmology, Hanyang University Seoul Hospital, #222-1 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul 04763, Korea

Tel: 82-2-2290-8570, Fax: 82-2-2291-8517

E-mail: wonjunelee@hanyang.ac.kr

* This research was supported by the Bio & Medical Technology Development Programme of the National Research Foundation (NRF) funded by the Korean government (MSIT) (No. NRF-2019M3E5D1A01069352).

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

© 2022 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.

근시는 전 세계적으로 그 유병률이 점차 증가하고 있는 안과적 굴절질환이다.^{1,2} 근시안은 녹내장의 위험요소로 알려져 있으며, 근시안에서 고안압증, 정상안압녹내장 및 원발개방각녹내장의 위험도가 증가한다는 것이 여러 차례 보고된 바 있다.³⁻⁵ 최근 연구에 따르면, 2050년도 즈음에 전 세계 인구의 50%가 근시, 10% 정도가 고도근시가 될 것으로 예측하고 있다.^{1,2} 이러한 경향은 특히 젊은 동양 인구에서 호발하고 있으며, 한국의 5-18세의 청소년에서 근시 유병률은 65.4%, 고도근시 유병률은 6.9%로 이미 예측치와 비슷한 수치를 보고하고 있다.^{6,7}

녹내장의 진단 및 경과 관찰에 있어 시신경유두주위의 망막신경섬유층(circumpapillary retinal nerve fiber layer, cpRNFL) 혹은 황반부 신경절세포 복합체(macular ganglion cell complex, mGCC)의 정량적 평가는 중요하며, 임상적으로 여러 빛간섭단층촬영(optical coherence tomography, OCT) 장치를 이용하여 구조적인 녹내장성 변화를 정량적으로 확인함으로써 조기 진단에 도움을 받고 있다.⁸ 특히, 임상적으로 thickness map 혹은 내장된 정상 데이터베이스를 이용하여 만들어진 deviation map 및 color code map (혹은 significance map)을 많이 참고하게 되나, 여러 근시성 안구 변화로 인해 실제로는 녹내장 위양성률이 많은 것으로 알려져 있다.⁹ 즉, 실제 녹내장으로 인한 변화는 아니지만, 근시성 변화로 인해 color code map상에서는 red disease로 나타나게 되어 임상적인 진단이 어려워진다.⁹

이러한 위양성에 대한 설명은 여러 가지가 있다. 첫째로, OCT magnification effect에 의해서 설명이 가능하다. 짧은 안축장안의 경우 시신경유두가 정시안에 보다 더 앞쪽에 위치하게 되어, 정시안에 비해 scan circle안의 시신경이 조금 더 확대되어 찍히게 된다. 반대로, 긴 안축장을 가지는 근시안에서는 시신경의 위치가 정시안에서 보다 더 뒤로 위치하게 되어 시신경이 더 축소되어 찍히게 된다. 이로 인해, OCT를 통한 significance map을 얻을 시 정시안에 비해 scan circle에 더 넓은 시신경유두 주변 망막이 포함된다. 시신경에서 멀어질수록 시신경섬유층이 얇아지는 것을 고려하였을 때, 긴 안축장을 가진 환자에서는 시신경유두주위의 망막신경섬유층 및 황반부 신경절세포 복합체의 두께가 저평가될 수 있다.¹⁰⁻¹² 여러 문헌들에서 안축장과 빛간섭단층촬영기로 측정된 시신경섬유층 및 황반부 신경절세포 복합체의 두께가 음의 상관관계를 보임을 보고한 바 있다.¹³⁻¹⁶ Magnification effect 이외에도, 망막혈관의 이축 이동으로 인한 시신경섬유 분포의 재배치, scan circle의 오정렬 및 안축장의 증가로 인해 후극부 구조가 얇아지는 현상인 elongation effect로 인해 위양성률이 증가할 수 있음이 보고된 바 있다.^{17,18}

위와 같은 여러 위양성의 원인 중, 오류의 원인이 magnification effect에 의한 것인지 혹은 안축장의 증가로 인한 elongation effect인지가 논란이 되고 있다. 때문에 근시 환자를 대상으로 만들어진 새로운 정상치를 이용하여 녹내장 진단력을 비교한 문헌들이 이전에 보고된 바 있다.^{13,19-21} 근시안에서 안축장과 망막두께 간에는 유의한 상관관계가 있었으며,^{13,22} 내장된 정상안 데이터베이스를 사용하였을 때에 비해 근시안의 정상치를 적용하였을 때 deviation 혹은 significance map의 민감도는 비슷하거나 오히려 줄었으나, 근시안의 정상치를 사용하였을 때 녹내장 진단의 특이도가 증가하였다는 것이 대부분의 연구에서 보고되었다.^{13,22,23} 하지만 magnification effect만을 보정한 후 효과를 본 문헌은 드물며, 망막두께에 미치는 magnification effect에 대해서만 산술적 보정을 하였던 이전 문헌들은 있으나 위와 비슷하게 유의하지 않은 결과들을 보였다.^{13,24}

본 논문에서는 기존의 정상안 데이터베이스를 기반으로 만들어진 significance map을, 내장된 분석 소프트웨어를 통해 안축장에 의한 OCT magnification effect를 보정한 뒤, 고도근시안에서의 녹내장 진단에 있어서 민감도, 특이도 및 진단력을 보정 전후로 비교해 보고자 하였다. 이를 통해 안축장을 이용하여 보정된 significance map의 유용성에 대해서 분석해 보고자 하였다.

대상과 방법

본 연구는 2018년부터 2021년까지 한양대학교병원 안과 녹내장 클리닉에 내원한 환자들 중 고도근시 환자를 대상으로 한 후향적 연구이며, 본 연구와 관련된 모든 절차는 한양대학교 서울병원 연구윤리심의위원회의 승인 및 동의서 면제 후 진행되었다(IRB 승인 번호: 2021-07-036). 모든 연구과정은 헬싱키선언에 부합하게 진행되었다.

안축장 26.5 mm 이상 혹은 구면렌즈대응치 -6.5 diopters (D) 이상의 고도근시 환자 중 Mirante (Nidek, Gamagori, Japan) 기기를 이용하여 빛간섭단층촬영을 시행한 환자들의 후향적 차트 리뷰를 시행하였다. 최대교정시력이 20/40 이상, 기저 안압이 21 mmHg 이하, 전방각폐쇄가 없는 환자가 연구에 포함되었다. 그중 3개월 이내에 시행한 입체 안저사진상 녹내장성 시신경 변화와 그에 상응하는 자동시야검사상 시야결손이 있는 고도근시가 동반된 정상안압녹내장 28안을 대상군으로, 녹내장성 시신경 변화와 시야결손이 없는 정상 고도근시안 42안을 대조군으로 선정하여 분석하였다.

모호한 분류 및 분석을 최소화하고자 시야 결손 전 정상 안압녹내장은 본 연구에서 제외하였으며, 진단에 있어 2명의 녹내장전문의(W.J.L, M.C.S) 간 의견이 일치하지 않는

경우도 본 연구 대상에서 제외하였다. 또한, 안구 외상, 백내장수술, 굴절교정수술 등을 포함한 안과적 수술력이 있거나 망막전막 등 망막두께를 변화시킬 수 있는 안과적 질환이 있거나 망막 레이저 치료를 받은 경우, 변성 근시 및 시력이나 시야의 변화를 가져올 수 있는 신경학적 질환이 있는 환자들은 연구에서 배제되었다. 빛간섭단층촬영상 이미지의 질이 signal strength index 6/10 이하이거나, 눈의 움직임이나 측정의 부정확성으로 인하여 분석이 되지 않는 경우 대상 안에서 제외되었다. 황반부나 시신경유두가 scan circle의 중심에 정확히 위치하지 않는 경우에는 수동으로 올바른 위치에 재위치시킨 후 다시 결과를 얻었으며, artifact나 segmentation error 등이 있는 경우 분석에서 제외하였다. 양안 모두 연구 기준에 부합하는 경우 무작위로 단안만 선택하여 분석하였으며, 최종적으로 70명의 70안이 분석에 포함되었다.

분석에 포함된 모든 환자에서, 세극등검사, 교정시력, 골드만안압평안압계를 이용한 안압측정, 안축장 및 중심각막두께 측정, 광각 및 입체안저촬영, 빛간섭단층촬영, 자동시야검사가 시행되었다. 안축장은 부분결합간섭계(IOL Master, Carl Zeiss Meditec, Inc., Dublin, CA, USA), 중심각막두께는 초음파 각막두께 측정계(SP-3000, Tomay, Tokyo, Japan), 자동시야검사는 표준자동시야검사계(Humphrey Visual Field Analyzer, the SAP, 24-2 Swedish Interactive Threshold Algorithm Standard strategy; Carl Zeiss Meditec Inc., Dublin, CA, USA)를 통해 측정하였다.

시야검사는 신뢰할 수 있는 두 번의 연속적인 시야검사를 사용하였으며, 주시 상실률 20% 이하, 위양성 및 위음성률이 15% 이하인 경우 신뢰할 수 있는 시야검사로 평가하였다. 녹내장성 시야 결손은 두 번의 연속적인 검사에서 pattern deviation plot의 활 모양 영역에 있는 3개 이상의 점의 역치가 정상의 5% 미만에서 나타나고 그중 한 점이 1% 미만일 때나 glaucoma hemi-field test상 outside normal limit가 나타날 때 또는 pattern standard deviation (PSD)이 5% 미만으로 나타날 때로 정의하였다. 정상 시야검사 결과는 mean deviation (MD) 및 PSD가 95%의 신뢰구간 내에 포함되며 glaucoma hemi-field test상 정상인 경우로 정의하였다.

빛간섭단층촬영은 Mirante SD-OCT (Nidek)을 이용하여 측정되었으며, 내장된 소프트웨어(NAVIS-EX version 1.4.0, Nidek, Gamagori, Japan)를 통해 각각 시신경유두 주변 3.46 mm 및 황반부의 9 mm 직경을 가지는 significance map을 얻었다. 황반부 신경절세포 복합체의 significance map은 superior/inferior (S/I) semicircle map과 8-sector map (GChart)의 두 가지 형태로, 시신경유두 주위 망막신경섬유층의 sig-

nificance map의 경우 whole, S/I semicircle map, 4-quadrant (TSNIT), 12-clockhour map의 형태로 결과가 보고된다.

Significance map은 평균 망막신경섬유층을 정상 데이터 베이스와 비교 분석하여, 정상의 1% 미만에 해당하는 경우 빨간색으로, 5% 미만은 노란색으로, 5-95%에 해당하는 경우 초록색으로 표시해 준다. NAVIS-EX 소프트웨어는 modified Littmann's formula (Bennett's formula)를 이용하여 안축장에 의한 magnification effect를 보정해 줄 수 있다. 이 기능을 이용하여 보정된 significance map의 영역별로 안축장으로 보정하기 전과 후의 진단 민감도와 특이도를 각각 정상의 1%와 5% 수준에서 계산 및 분석하였다. 예를 들어, 정상의 1% 수준에서 분석 시, 분석하고자 하는 significance map의 영역 중 최소 한 개의 영역에서 빨간색으로 표시되는 경우를 비정상적으로 간주하여, 분석하고자 하는 significance map의 각 망막 영역별 민감도, 특이도를 분석하였다. 이를 안축장으로 보정한 후 동일한 방식으로 각 영역별 민감도 및 특이도를 계산 후 보정 전 수치와 비교하였다. 5% 수준에서도 동일한 분석이 시행되었다. 또한, 보정 전후 두께 값의 수치(thickness value)의 진단력을 구하고자 각 망막 영역 지표별 area under the receiver operating characteristic curve (AUC)를 계산한 후 이들을 통계적으로 비교하였다.

통계학적 분석은 SPSS 26.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)와 MedCalc (MedCalc Software Inc., Mariakerke, Belgium)을 이용하였으며, *p*-value가 0.05 미만인 경우 유의한 것으로 간주하였다. 정상 고도근시안과 고도근시가 동반된 정상안압녹내장군과의 인구학적 차이는 이분형 변수의 경우 Fischer's exact test, 연속형 변수의 경우 unpaired *t*-test를 사용하여 비교하였다. 모든 연속형 변수는 평균과 표준편차로 기술하였다. 안축장으로 보정하기 전후 significance map의 녹내장 진단 정확도를 비교하기 위해, significance map상 각 영역별로 보정 전후의 특이도와 민감도를 교차분석을 통해 계산하였다. 이렇게 얻어진 보정 전과 후의 특이도 및 민감도의 수치를 McNemar 검정을 통해 비교하였다. 즉, 황반부 S/I map의 superior sector를 계산하는 경우, 교차분석을 통해 얻어진 보정 전과 후의 특이도 및 민감도 수치를 McNemar를 통해 전후 비교를 하였으며 같은 분석을 significance map의 영역별로 시행하였다. Significance map의 각 망막 영역 지표별 AUC도 분석되었으며, 각 망막 영역 지표의 안축장에 대한 보정 전후 비교에는 DeLong method를 사용하였다.

결 과

총 70안을 통계분석하였으며, 그중 42안은 정상 고도근시

군, 28안은 고도근시를 동반한 정상안압녹내장군으로 분류되었다. 피험자의 평균 나이는 정상군에서 35.64 ± 10.33 세, 녹내장군에서 40.08 ± 9.94 세였고, 안축장은 각각 26.72 ± 1.29 mm와 26.93 ± 1.09 mm, 구면렌즈대응치는 각각 -6.55 ± 3.98 D와 -6.90 ± 4.21 D, 안압은 각각 15.86 ± 2.69 mmHg와 14.86 ± 3.22 mmHg이었다. 두 군 간 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 1).

정상인을 기준으로 한 데이터베이스를 기반으로 각각

1%와 5% 미만의 수준에서 녹내장을 진단한다고 하였을 때, 안축장으로 보정하기 전과 후의 significance map의 민감도와 특이도를 각 영역별로 통계 계산 및 비교하였다. 황반부 significance map의 경우 1% 미만의 수준에서는 보정 전후 결과에 유의한 차이가 없었다(모두 $p > 0.05$). 5% 미만의 수준에서는, GChart 동심원의 하이측 영역이 통계적으로 유의한 특이도의 증가를 보였다(Table 2). 안쪽 하이측 영역의 경우 보정 전 61.9%에서 78.6%로의 증가($p = 0.016$)

Table 1. Clinical demographic characteristics of the participants

Characteristic	NTG (n = 28)	Normal (n = 42)	p-value*
Age (years)	40.08 ± 9.94	35.64 ± 10.33	0.184
Sex			0.783
Male	15	21	
Female	13	21	
Axial length (mm)	26.93 ± 1.09 (26.37-28.83)	26.72 ± 1.29 (26.0-29.99)	0.472
IOP (mmHg)	14.86 ± 3.22	15.86 ± 2.69	0.184
Spherical equivalent (diopters)	-6.90 ± 4.21	-6.55 ± 3.98	0.758
CCT (μm)	552.63 ± 30.61	551.42 ± 41.64	0.909
Global RNFL thickness (μm)	72.89 ± 12.46	92.64 ± 11.67	<0.001
Corrected global RNFL thickness (μm)	78.21 ± 13.71	98.00 ± 12.18	<0.001
MD (dB)	-4.65 ± 4.66	-1.03 ± 1.44	<0.001
PSD (dB)	5.50 ± 4.75	1.87 ± 0.88	<0.001

Values are presented as mean ± standard deviation (range). Comparisons are performed using Fisher's exact test for dichotomous variables and the independent t-test for continuous variables.

NTG = normal tension glaucoma; IOP = intraocular pressure; CCT = central corneal thickness; RNFL = retinal nerve fiber layer; MD = mean deviation; PSD = pattern standard deviation.

*Statistical significance with p-value less than 0.05.

Table 2. Sensitivities and specificities of macular significance maps for discrimination between high myopic normal tension glaucoma and healthy high myopia

	1% (red)						5% (yellow)					
	Sensitivity (%)			Specificity (%)			Sensitivity (%)			Specificity (%)		
	Original	Corrected	p-value									
Macular S/I chart												
Superior	64.3	46.4	0.063	83.3	85.7	1.000	75.0	67.9	0.500	69.0	73.8	0.500
Inferior	96.4	96.4	1.000	73.8	85.7	0.125	100.0	100.0	N/A	50.0	54.8	0.625
Macular GChart												
Inner SN	35.7	28.6	0.500	83.3	90.5	0.250	53.6	46.4	0.500	71.4	76.2	0.500
Inner ST	46.4	35.7	0.250	85.7	92.9	0.250	60.7	50.0	0.250	73.8	83.3	0.125
Inner IT	89.3	71.4	0.063	83.3	85.7	1.000	96.4	85.7	0.250	61.9	78.6	0.016*
Inner IN	60.7	46.4	0.125	81	85.7	0.500	82.1	71.4	0.250	59.5	71.4	0.063
Outer SN	57.1	50.0	0.500	83.3	90.5	0.250	71.4	71.4	1.000	73.8	76.2	1.000
Outer ST	57.1	42.9	0.125	88.1	95.2	0.250	75.0	60.7	0.125	76.2	85.7	0.125
Outer IT	92.9	82.1	0.250	85.7	88.1	1.000	96.4	96.4	1.000	69.0	83.3	0.031*
Outer IN	96.4	96.4	1.000	71.4	76.2	0.687	100	96.4	1.000	42.9	47.6	0.737

To qualify as "yellow" or "red" was at least 1 sector of the significance map for the analysis being yellow or red. p-value index compared original significance map with that corrected with axial length (McNemar's test).

S/I chart = superior/inferior chart; N/A = not available; SN = superonasal; ST = superotemporal; IT = inferotemporal; IN = inferonasal.

*Statistical significance with p-value less than 0.05.

를 보였으며, 바깥쪽 하이측 영역의 경우 69%에서 83.3%로의 증가를 보였다($p=0.031$).

시신경유두 주변 망막신경섬유층의 significance map에서는, 1% 미만의 수준에서 TSNIT map의 비측 사분면에서 76.2%에서 73.8%로 유의한 민감도의 감소를 보였다($p=0.016$). 5% 미만의 수준에서는 whole chart, S/I chart의 상측에서 각각 54.8%에서 78.6% ($p=0.002$), 59.5%에서 76.2% ($p=0.039$)로 유의한 특이도의 증가를 보였다. 또한 12-clockwise map에서 6시 방향에서 특이도가 59.5%에서 76.2%로 유의한 증가를 보였다($p=0.002$) (Table 3).

각 지표에 대한 AUC의 경우 안축장에 의한 보정 전후로 통계적으로 유의한 차이가 보이지 않았다($p>0.05$). 여러 지표들 중, 가장 좋은 진단력을 보였던 것은 황반부 S/I map의 하측영역(보정 전 0.954, 보정 후 0.954), S/I map의 평균(보정 전 0.918, 보정 후 0.929)과 GChart에서 안쪽 동심원을 포함하지 않는 바깥쪽 동심원의 하이측(보정 전 0.934, 보정 후 0.944)이 가장 좋은 진단력을 보였다. 시신경유두 주변 significance map의 경우 TSNIT map의 하측

분면(보정 전 0.944, 보정 후 0.943)이 가장 좋은 AUC 값을 보였다(Appendix 1-3).

고 찰

녹내장에 의한 시각장애는 삶의 질에 영향을 끼친다. 특히 고도근시는 녹내장의 위험인자로 알려져 있으며, 그 유병률이 증가하고 있는 것으로 알려져 있다.³⁻⁵ 따라서 고도근시 환자에서 녹내장의 조기 진단은 중요하나, 근시성 안구 변화로 인해 녹내장의 진단이 어려운 것으로 알려져 있다. 이전 문헌에 따르면 근시안 환자들에서 녹내장 위양성률이 높아질 수 있는 것으로 보고되어 있어, 고도근시 환자에서 발생할 수 있는 빛간섭단층촬영의 오류를 인지하고 그 해석에 주의가 필요함이 보고된 바 있다.^{11,14,15,18}

이전 연구들에서 안축장에 의한 magnification effect가 시신경유두 주위 망막신경섬유층 및 황반부 신경절세포 복합체의 두께에 유의한 변화를 일으킨다고 발표된 바 있다.^{13,24,25} 하지만 해당 연구들은 significance map의 영역별

Table 3. Sensitivities and specificities of circumpapillary significance maps for discrimination between high myopic normal tension glaucoma and control subjects

	1% (red)						5% (yellow)					
	Sensitivity (%)			Specificity (%)			Sensitivity (%)			Specificity (%)		
	Original	Corrected	<i>p</i> -value									
Peripapillary whole chart												
Whole	75.0	71.4	1.000	81.0	88.1	0.375	85.7	78.6	0.625	54.8	78.6	0.002*
Peripapillary S/I chart												
Superior	53.6	46.4	0.727	76.2	85.7	0.125	75.0	71.4	1.000	59.5	76.2	0.039*
Inferior	78.6	64.3	0.219	90.5	95.2	0.625	82.1	78.6	1.000	73.8	88.1	0.070
TSNIT												
Superior	53.6	39.3	0.289	73.8	85.7	0.125	75.0	53.6	0.070	59.5	69.0	0.125
Nasal	32.1	7.1	0.016*	76.2	73.8	1.000	64.3	53.6	0.250	26.2	40.5	0.109
Inferior	85.7	67.9	0.063	92.9	97.6	0.500	92.9	82.1	0.250	73.8	90.5	0.065
Temporal	7.1	10.7	1.000	100	97.6	1.000	17.9	25.0	0.625	97.6	97.6	1.000
12-clockwise map												
12	28.6	10.7	0.063	83.3	92.9	0.125	64.3	42.9	0.031	59.5	73.8	0.031
1	28.6	14.3	0.219	69.0	83.3	0.070	57.1	46.4	0.453	47.6	61.9	0.109
2	28.6	28.6	1.000	73.8	76.2	1.000	64.3	53.6	0.250	38.1	45.2	0.549
3	14.3	7.1	0.625	95.2	97.6	1.000	28.6	17.9	0.453	73.8	78.6	0.687
4	7.1	3.6	1.000	83.3	92.9	0.125	42.9	25.0	0.063	59.5	69.0	0.219
5	21.4	14.3	0.500	85.7	88.1	1.000	53.6	46.4	0.687	73.8	81.0	0.375
6	60.7	46.4	0.125	95.2	100	0.500	75.0	64.3	0.250	73.8	97.6	0.002*
7	64.3	67.9	1.000	95.2	97.6	1.000	82.1	78.6	1.000	95.2	92.9	1.000
8	14.3	10.7	1.000	100	97.6	1.000	28.6	21.4	0.625	97.6	92.9	0.625
9	7.1	10.7	1.000	100	100	N/A	14.3	17.9	1.000	100	95.2	0.500
10	7.1	7.1	1.000	100	100	N/A	17.9	14.3	1.000	97.6	95.2	1.000
11	14.3	17.9	1.000	100	100	N/A	39.3	35.7	1.000	92.9	97.6	0.625

To qualify as “yellow” or “red” was at least 1 sector for the analysis being yellow or red. *p*-value index compared original significance map with that corrected with axial length (McNemar’s test).

S/I chart = superior/inferior chart; TSNIT = temporal-superior-nasal-inferior-temporal; N/A = not available.

*Statistical significance with *p*-value less than 0.05.

망막두께의 변화를 수리적으로 계산하여 보정하였던 것으로, 실제 상업적으로 판매되고 있는 소프트웨어를 통해 보정한 연구는 드물다. 본 연구에서는, 임상적으로 널리 사용되고 있는 significance map을 내장된 소프트웨어를 이용하여 안축장으로 보정한 후 color code의 변화 및 진단 정확도를 분석하고자 하였다.

본 연구에서는 전반적으로 황반부와 시신경유두 주변 signification map 모두에서 안축장에 대한 보정 후 민감도는 변화가 없었으나, 특이도는 비슷하거나 최대 97.6%까지 증가하였다(Table 2, 3). 즉, 안축장을 이용한 보정을 통해 위양성을 줄일 수 있다고 볼 수 있으며, 이러한 경향은 다른 문헌에서도 비슷하게 보고하고 있다.^{13,22,24} Nakanishi et al¹³의 연구에서도 안축장에 의한 magnification effect를 보정

하기 전후로 significance map의 망막 영역별 두께 및 특이도와 민감도의 변화를 보고하였는데, 고도근시안에서는 특이도 <50%에서 61.1%로 증가를 보였으며 민감도는 >90%에서 81%로 감소하였다고 보고하였다. 본 연구 결과 및 이전 문헌들에 근거하여 근시가 있는 환자군에서의 녹내장 진단에서 안축장에 의한 magnification effect만을 보정한 significance map의 color code만 참고하는 것으로도 위양성을 줄일 수 있을 것으로 생각할 수 있다(Fig. 1). 하지만 안축장에 의한 magnification effect는 고도근시안에서의 녹내장 진단에 있어 진단 정확도를 떨어뜨리는 요인 중의 하나이며, 그 기여도가 큰 폭의 유의한 차이를 만들 정도는 아니었다. 따라서 이미 실제 사용 가능한 소프트웨어를 이용하여 손쉽게 환자 개개인에 따라 필요 시 교정하여, 그 보

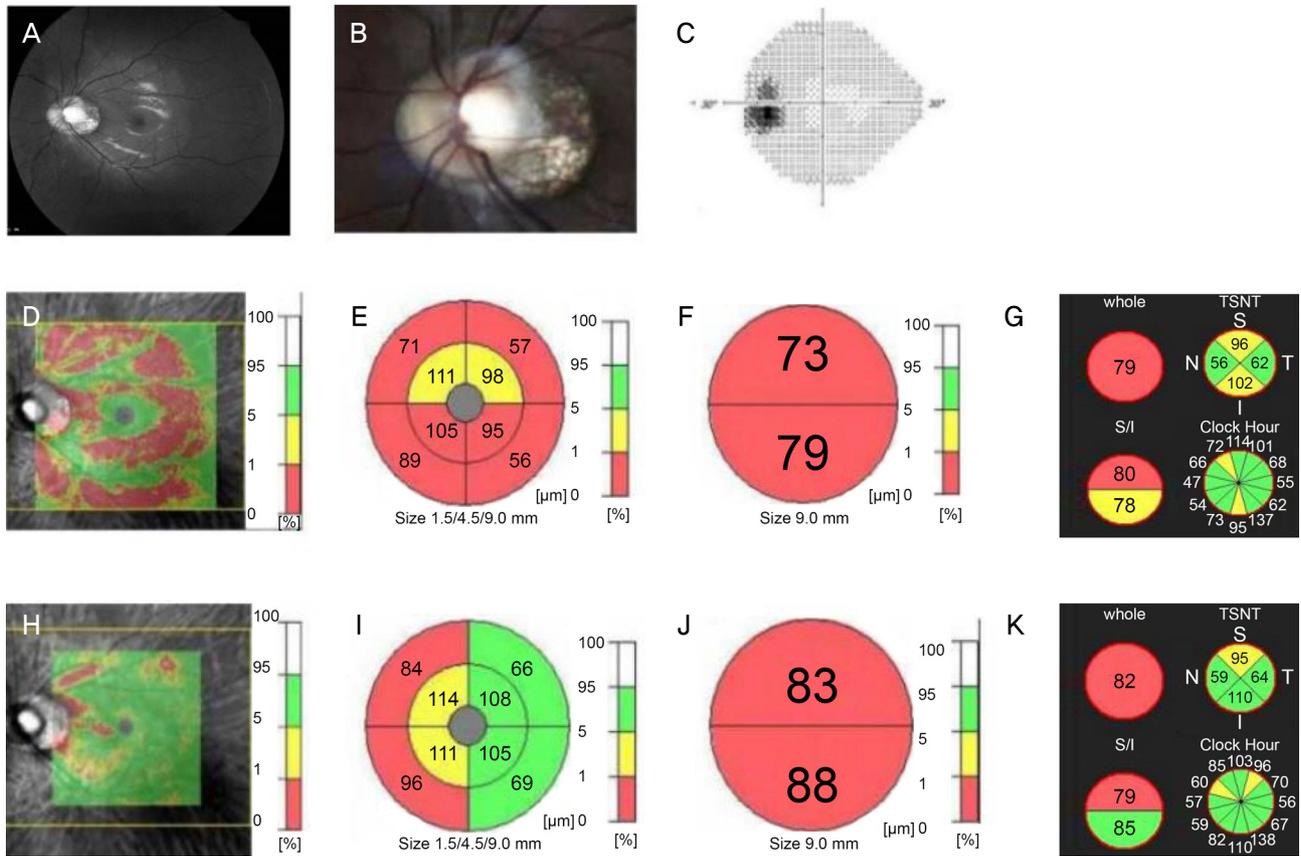


Figure 1. A representative case of a 26-year-old highly myopic male with normal tension glaucoma, showing noticeable changes after axial length correction. Axial length was 30.77 mm with myopic refractive error (spherical equivalent -14.50 diopters). (A, B) Peripapillary atrophy and mild inferotemporal retinal nerve fiber layer thinning detected on red-free and color fundus photographs. (C) No definite glaucomatous visual field defects detected on gray scale map of the Humphrey visual field. (D-G) Deviation, macular significance maps (8-sectored Gchart and superior/inferior [S/I] map, respectively) and peripapillary significance maps before correction of axial length. (H-K) Deviation, macular significance maps (8-sectored Gchart and S/I map, respectively) and peripapillary significance maps after correction of axial length. The maps used 3-level color coding to show whether the thickness was within normal (green, 5-95% probability), borderline (yellow, 1-5% probability), or outside normal range (red, <1% probability) for the built-in normative database. Area of deviation in macular and peripapillary significance maps and deviation map were remarkably reduced after axial length correction.

정값을 참고해보는 정도의 임상적 유용성이 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 significance map의 각 영역별 변화도 분석하였는데, 5% 수준에서의 GChart map에서 하이측 영역만 유의미한 특이도 증가를 보였다. 각 영역별 망막두께 수치를 이용한 AUC를 분석하여 비교하였을 경우, 해당 부위의 보정 전후의 진단력에 통계적인 차이가 없었다($p>0.05$). 더불어, 통계적으로 유의하지는 않았으나 AUC 값이 시신경유두 주변 significance map보다 황반부의 significance map에서 더 높았다. 이는 고도근시의 경우 peripapillary atrophy (PPA), 시신경유두 tilt 및 torsion 등 시신경유두 주변의 변형으로 인한 왜곡이 비교적 적은 황반부의 분석이 녹내장 진단력이 더 높다는 기존 문헌들의 결과와 일맥상통한다.²⁶⁻²⁸

황반부 하이측 영역의 변화는 이전 문헌에서도 보고된

바 있으며, 이에 대해 magnification effect 외에도 녹내장성 변화와 elongation effect가 동시에 관여되어 있을 수 있다고 설명하고 있다.^{13,19,24} Mirante SD-OCT와 같은 소프트웨어를 사용하는 RS-3000 빛간섭단층촬영기를 이용한 한 연구에서, significance map 영역별 magnification effect에 대한 보정 전후 황반부 신경절세포 복합체의 두께 및 AUC의 변화를 보고하였다.¹³ 해당 문헌에서 보정 후에도 상측 영역에 비해 하측 영역의 AUC가 높았던 경향은 그대로 유지되었으며, 하측 영역의 경우 magnification effect에 의한 보정 후에도 그 두께가 안축장과 유의한 양의 상관관계를 보였다. 이에 대해 고도근시성 녹내장 환자에서 하측 황반부의 두께 변화는 녹내장성 손상뿐 아니라, 동시에 elongation effect에 의한 것으로 설명하고 있다. 흥미로운 점은 자체적으로 만든 근시안 정상치를 사용하여 color probability map을 보정 전후로 비교한 Seol et al¹⁹의 연구에서도, sig-

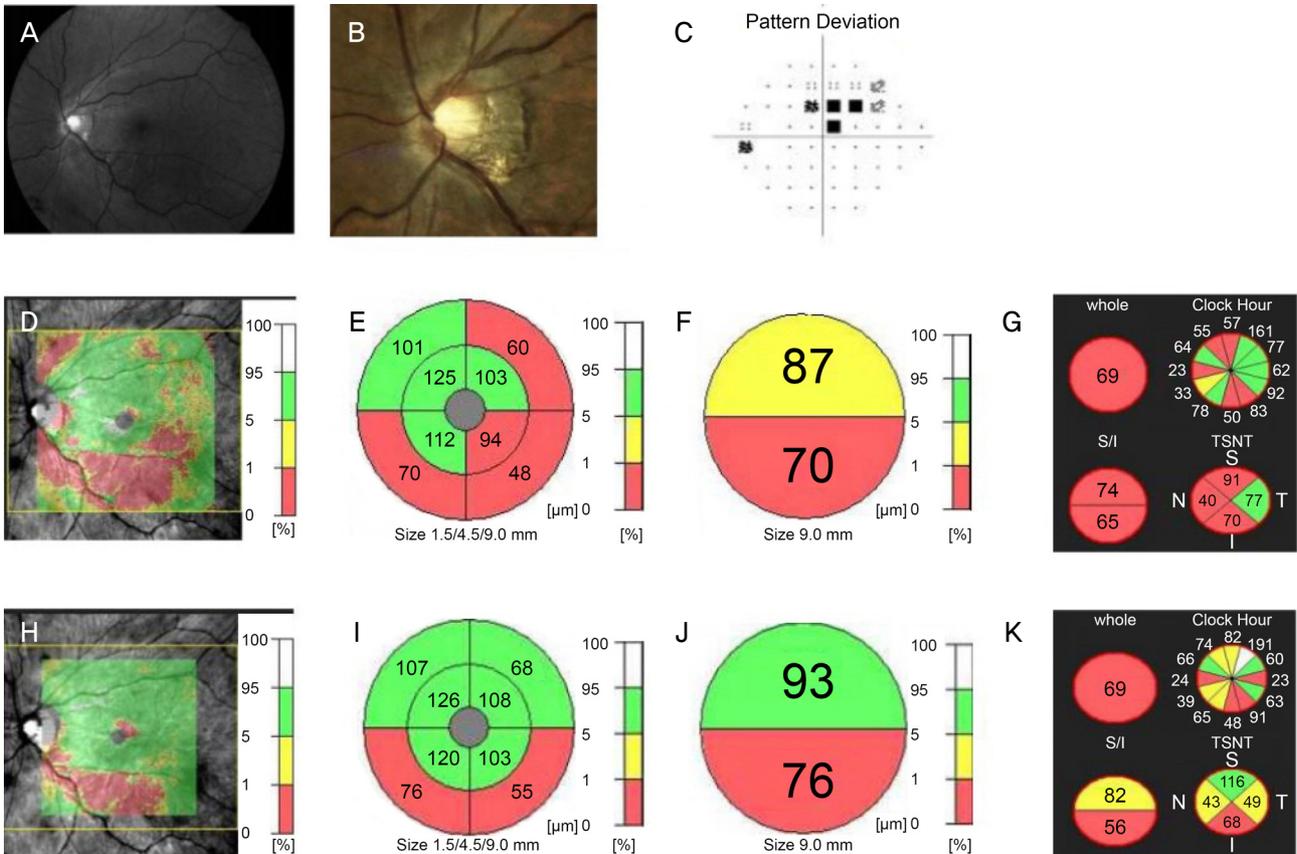


Figure 2. A representative case of a 53-year-old highly myopic female with normal tension glaucoma. Axial length was 28.83 mm with highly myopic refraction (spherical equivalent -10.88 diopters). (A, B) Red-free and color fundus photography showing peripapillary atrophy, myopic tilted disc and inferotemporal retinal nerve fiber layer thinning. (C) Superior paracentral scotoma detected on pattern deviation map of the Humphrey Visual Field. (D-G) Deviation and significance maps (8-sectored Gchart and superior/inferior [S/I] map, respectively) before correction of axial length. (H-K) Deviation and significance maps (8-sectored Gchart and S/I map, respectively) after correction of axial length. The maps used 3-level color coding to show whether the thickness was within normal (green, 5-95% probability), borderline (yellow, 1-5% probability), or outside normal range (red, <1% probability) for the built-in normative database. Deviation maps and significance map showed no noticeable changes following axial length correction.

nificance map상 황반부 하이측 영역에서만 유의한 결과를 보였는데, 이에 대해 하이측 영역의 경우 근시보다 녹내장성 변화일 가능성이 더 높기 때문일 것으로 설명하고 있다. 이러한 결과들을 종합하여 볼 때, 하측 황반부 신경절세포 복합체는 magnification effect뿐만 아니라 녹내장성 변화 및 안구 길이 증가로 인한 elongation effect 모두에 복합적으로 영향을 받을 수 있다고 생각해 볼 수 있다.

위와 같은 황반부 하측 영역의 공통된 취약성의 이유는 아직 밝혀진 바 없으나, 근시성 안구 변화에 따른 정상적인 황반부 신경절세포 복합체의 분포 변화로 인한 것일 가능성이 있다. 이전 문헌에서 안축장이 증가하면서 정상적인 시신경유두주위의 망막신경섬유층 분포의 이측 이동이 알려져 있으며, 황반부 신경절세포 복합체의 두께 및 spatial distribution 또한 변화할 수 있다고 보고된 바가 있다.^{29,31} Zhao et al³²의 연구에서는 젊은 중국인 근시안 환자의 근시 정도에 따른 황반부두께 변화를 Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS) grid를 기준으로 하여 연구하였는데, 근시 정도의 증가에 따라 grid의 바깥 및 안쪽 원 영역, 특히 이측 및 하측 영역에서의 두께가 감소하였다고 보고하고 있다. 이에 대해 황반의 주변부로 갈수록 anterior-posterior traction의 영향이 적고, 구조 자체의 탄성력이 높아져 주변부의 망막이 근시에 따라 얇아지는 것으로 설명하고 있다. 같은 맥락에서 Lam et al³³의 연구에서는 원의 안쪽에서는 근시에 다른 두께 변화가 없었으나 바깥쪽에서는 유의하게 얇아지는 것을 보고하고 있다.

몇 문헌에서는 magnification effect가 위양성을 유발하는 요인 중의 하나이지만 결정적인 차이를 만드는 요인은 아닐 것으로 보고하고 있다.^{13,24,34} 본 연구에서는 안축장만으로 significance map을 보정하였기 때문에 magnification effect만 보정된 것이며, 실제로 본 문헌에 포함된 환자들 중 보정 전후 significance map상의 color code 변화가 뚜렷하게 관찰되지 않는 환자도 있었다(Fig. 2). 때문에, magnification effect의 영향이 클 것으로 예상되는 환자 특성을 구별해야 할 필요가 있을 것으로 생각된다.

한 가지 특성의 예로 안축장의 정도(근시의 정도)에 따른 magnification effect 보정의 영향이 다를 가능성이 있다. Nakanishi et al¹³에 따르면 magnification effect를 보정한 후 AUC의 증가는 고도근시안이 아닌 근시안 녹내장군 및 고도근시 녹내장군 모두에서 보였으나, 전자의 경우만 통계적으로 유의하였다고 보고하고 있다. 안축장이 길수록 같은 안축장에서의 녹내장안과 정상안과의 황반부 신경절세포 복합체의 두께 차이가 더 적기 때문일 것으로 예측해 볼 수 있다. 즉, 고도근시안처럼 긴 안축장의 경우 magnification effect만을 보정하였을 때 그 효과가 제한적일 수 있

다. 하지만, Nakanishi et al¹³의 연구에서는 color code가 아닌 황반부 신경절세포 복합체의 두께만을 이용하여 통계분석을 하였으며, 분석에 포함된 환자군의 안축장의 범위가 넓지 않았다. 때문에, 근시안 녹내장 진단에 있어 추후 magnification effect를 고려해야 하는 안축장의 특정 범위를 알아보는 것이 도움이 될 것으로 생각되며, 추후 고도근시안에서 근시안 정상 데이터베이스 및 magnification effect에 대한 효과를 동시에 적용하였을 때의 진단력을 보는 연구도 필요할 것이다.¹⁶

본 연구에서 사용된 Mirante SD-OCT의 경우 안축장이 26 mm 이상인 환자를 대상으로 한 데이터베이스를 선택 사항으로 제공하고 있다. 하지만, 실제 진료 환경에서 이러한 특수 사양을 모두 구매하여 사용하는 경우는 드물며 대부분 정시안을 기준으로 한 데이터베이스를 사용하고 있다. 때문에 일차적으로 근시안의 녹내장 진단에 있어 한 종류의 deviation map 혹은 significance map만을 전적으로 참고하지 않도록 하는 것이 중요하다. 대신, 실제 B-scan에서의 망막두께와 thickness map과 deviation 혹은 significance map을 통합하여 평가하는 것이 도움이 될 수 있다. 시신경유두 주변 영역에서는 망막 주혈관의 위치와 12-clockhour 혹은 TNSIT map을 비교하여 보는 것이 도움이 될 수 있다. 이와 더불어 본 연구 결과에서 볼 수 있듯, 실제 임상 진료 환경에서 안축장에 의한 magnification effect만을 보정하더라도 어느 정도 더 정확한 녹내장 진단에 도움이 될 것으로 생각된다.

본 연구는 기존의 안축장을 통해 significance map을 보정하였던 기존의 연구와 몇 가지 차별점이 있다. 대부분의 기존 연구에서 개방각녹내장을 대상으로 하였는데, 본 논문에서는 실제 한국인에서 유병률이 더 높은 정상안압녹내장을 대상으로 하였다는 점에서 의미가 있으며 임상적으로 유용한 참고자료가 될 것으로 보인다. 뿐만 아니라, 기존의 연구들에서 사용하였던 SD-OCT (RS-3000)에 비하여 해상도면에서 업그레이드된 새로운 장비인 Mirante SD-OCT 하드웨어를 이용하여 구한 데이터를 분석하였다는 점도 장점일 수 있다. 무엇보다도 Mirante SD-OCT 장비를 이용하여 significance map의 진단력을 연구한 것은 본 논문이 처음일 것으로 생각된다.

본 연구는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 근시 환자에서의 OCT 분석 오류의 원인은 본 논문에서 다른 magnification effect 이외에도 여러 가지가 있을 수 있으나 단순히 확대/축소 효과만을 이용해 보정하였다는 점이 있을 것이다. 추후 연구에서는 여러 근시성 오류의 원인을 각각 보정하여 해당 오류의 정도를 보는 것이 도움이 될 것으로 생각되며, 어느 정도의 안축장에서 magnification effect를 고려하

여야 하는지에 대한 연구도 흥미로운 주제가 될 것이다.¹⁶ 둘째, 후향적 연구 디자인, 작은 실험 군 크기도 본 논문의 제한점으로 볼 수 있으며 추후 전향적인 연구가 필요할 것으로 보인다. 마지막으로 본 연구에서는 significance map 상의 각 영역별 color code를 비교에 이용하였으며, 특정 영역에서 유의미한 결과를 보였다. 따라서 significance map 자체에서 손상의 패턴 등 정성적인 분석이 더 유용할 수 있으며, 추후 이에 대한 추가적인 분석이 필요할 것으로 생각된다. 또한 고도근시 환자에서 PPA의 크기나 시신경의 tilt 등은 시신경유두주변 망막신경섬유층의 분석에 많은 영향을 준다.³⁵⁻³⁷ 안축장에 의한 보정 시 magnification effect에 의해 scan circle 안에 포함되는 망막 영역의 범위가 달라지게 되어, PPA의 크기 및 magnification effect의 정도에 따라 scan circle 내에 위치하는 PPA의 영역이 달라질 수 있다. 때문에 PPA의 크기가 보정 전후 시신경유두주변 망막신경섬유층의 두께 및 significance map의 분석에 영향을 줄 수 있다. 뿐만 아니라 시신경 tilt 및 torsion이 시신경의 중심을 결정하는 데 영향을 줄 수 있으며, 그 중심이 어떻게 결정되는지에 따라 시신경유두주변 망막신경섬유층의 significance map의 분석 및 안축장에 대한 보정 전후 진단력의 개선 여부에도 영향을 줄 수 있을 것으로 생각된다. 하지만 본 연구에서는 해당 요인들을 분석하지 못하였다는 점에서 제한점이 있을 수 있으며 추후 연구에서 추가적인 분석이 필요하다.

결론적으로, 고도근시환자의 녹내장 진단에 있어 오류를 일으킬 수 있는 요소는 여러 가지이며 주 원인에 대해서는 논란이 있다. 하지만 본 논문의 결과 및 이전 문헌들을 참고하였을 때 안축장으로 보정한 significance map도 위양성률을 줄이는 데에 어느 정도 기여를 하는 것으로 보인다. 하지만 녹내장 및 안축장의 정도에 따라 기여도가 다를 수 있을 것으로 예상되며, 이러한 경향성은 근시로 인한 구조적인 변화와 관련이 있을 수 있어 이에 대해 추후 연구가 필요할 것으로 보인다.

REFERENCES

- 1) Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology* 2016;123:1036-42.
- 2) Morgan IG, French AN, Ashby RS, et al. The epidemics of myopia: aetiology and prevention. *Prog Retin Eye Res* 2018;62:134-49.
- 3) Daubs JG, Crick RP. Effect of refractive error on the risk of ocular hypertension and open angle glaucoma. *Trans Ophthalmol Soc U K* 1981;101:121-6.
- 4) Perkins ES, Phelps CD. Open angle glaucoma, ocular hypertension, low-tension glaucoma, and refraction. *Arch Ophthalmol* 1982;100:1464-7.

- 5) Podos SM, Becker B, Morton WR. High myopia and primary open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol* 1966;62:1038-43.
- 6) Chon B, Qiu M, Lin SC. Myopia and glaucoma in the South Korean population. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54:6570-7.
- 7) Kim H, Seo JS, Yoo WS, et al. Factors associated with myopia in Korean children: Korea National Health and nutrition examination survey 2016-2017 (KNHANES VII). *BMC Ophthalmol* 2020;20:31.
- 8) Lee WJ, Na KI, Kim YK, et al. Diagnostic ability of wide-field retinal nerve fiber layer maps using swept-source optical coherence tomography for detection of preperimetric and early perimetric glaucoma. *J Glaucoma* 2017;26:577-85.
- 9) Chong GT, Lee RK. Glaucoma versus red disease: imaging and glaucoma diagnosis. *Curr Opin Ophthalmol* 2012;23:79-88.
- 10) Savini G, Barboni P, Carbonelli M, Zanini M. The effect of scan diameter on retinal nerve fiber layer thickness measurement using stratus optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol* 2007;125:901-5.
- 11) Kim NR, Lim H, Kim JH, et al. Factors associated with false positives in retinal nerve fiber layer color codes from spectral-domain optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2011;118:1774-81.
- 12) Higashide T, Ohkubo S, Hangai M, et al. Influence of clinical factors and magnification correction on normal thickness profiles of macular retinal layers using optical coherence tomography. *PLoS One* 2016;11:e0147782.
- 13) Nakanishi H, Akagi T, Hangai M, et al. Effect of axial length on macular ganglion cell complex thickness and on early glaucoma diagnosis by spectral-domain optical coherence tomography. *J Glaucoma* 2016;25:e481-90.
- 14) 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.
- 15) Kang SH, Hong SW, Im SK, et al. Effect of myopia on the thickness of the retinal nerve fiber layer measured by Cirrus HD optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010;51:4075-83.
- 16) Hirasawa K, Shoji N, Yoshii Y, Haraguchi S. Determination of axial length requiring adjustment of measured circumpapillary retinal nerve fiber layer thickness for ocular magnification. *PLoS One* 2014;9:e107553.
- 17) Ueda K, Kanamori A, Akashi A, et al. Effects of axial length and age on circumpapillary retinal nerve fiber layer and inner macular parameters measured by 3 types of SD-OCT instruments. *J Glaucoma* 2016;25:383-9.
- 18) Leung CK, Yu M, Weinreb RN, et al. Retinal nerve fiber layer imaging with spectral-domain optical coherence tomography: interpreting the RNFL maps in healthy myopic eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53:7194-200.
- 19) Seol BR, Kim DM, Park KH, Jeung JW. Assessment of optical coherence tomography color probability codes in myopic glaucoma eyes after applying a myopic normative database. *Am J Ophthalmol* 2017;183:147-55.
- 20) Kim YW, Park KH. Diagnostic accuracy of three-dimensional neuroretinal rim thickness for differentiation of myopic glaucoma from myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2018;59:3655-66.
- 21) Chen HS, Liu CH, Lu DW. Comparison of glaucoma diagnostic accuracy of macular ganglion cell complex thickness based on non-highly myopic and highly myopic normative database. *Taiwan J Ophthalmol* 2016;6:15-20.
- 22) Biswas S, Lin C, Leung CK. Evaluation of a myopic normative database for analysis of retinal nerve fiber layer thickness. *JAMA*

- Ophthalmol 2016;134:1032-9.
- 23) Nakanishi H, Akagi T, Hangai M, et al. Sensitivity and specificity for detecting early glaucoma in eyes with high myopia from normative database of macular ganglion cell complex thickness obtained from normal non-myopic or highly myopic Asian eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2015;253:1143-52.
 - 24) Shpak AA, Korobkova MV. Causes of ganglion cell-inner plexiform layer thinning in myopic eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2020;258:3-7.
 - 25) Francisconi CLM, Wagner MB, Ribeiro RVP, Freitas AM. Effects of axial length on retinal nerve fiber layer and macular ganglion cell-inner plexiform layer measured by spectral-domain OCT. *Arq Bras Oftalmol* 2020;83:269-76.
 - 26) Shoji T, Sato H, Ishida M, et al. Assessment of glaucomatous changes in subjects with high myopia using spectral domain optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:1098-102.
 - 27) Shoji T, Nagaoka Y, Sato H, Chihara E. Impact of high myopia on the performance of SD-OCT parameters to detect glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2012;250:1843-9.
 - 28) Shin JW, Song MK, Sung KR. Longitudinal macular ganglion cell-inner plexiform layer measurements to detect glaucoma progression in high myopia. *Am J Ophthalmol* 2021;223:9-20.
 - 29) Yoo YC, Lee CM, Park JH. Changes in peripapillary retinal nerve fiber layer distribution by axial length. *Optom Vis Sci* 2012;89:4-11.
 - 30) Yamashita T, Kii Y, Tanaka M, et al. Relationship between superior normal sectors of retinal nerve fibre layer and axial length in normal eyes. *Acta Ophthalmol* 2014;92:e481-7.
 - 31) Chung HJ, Park CK. Factors determining the peripapillary retinal nerve fiber distribution. *J Glaucoma* 2014;23:471-6.
 - 32) Zhao M, Wu Q, Hu P, Jia L. Macular thickness assessed with optical coherence tomography in young chinese myopic patients. *J Ophthalmol* 2015;2015:715798.
 - 33) Lam DS, Leung KS, Mohamed S, et al. Regional variations in the relationship between macular thickness measurements and myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007;48:376-82.
 - 34) Rolle T, Bonetti B, Mazzucco A, Dallorto L. Diagnostic ability of OCT parameters and retinal ganglion cells count in identification of glaucoma in myopic preperimetric eyes. *BMC Ophthalmol* 2020;20:373.
 - 35) Shin HY, Park HY, Park CK. The effect of myopic optic disc tilt on measurement of spectral-domain optical coherence tomography parameters. *Br J Ophthalmol* 2015;99:69-74.
 - 36) Park HY, Lee K, Park CK. Optic disc torsion direction predicts the location of glaucomatous damage in normal-tension glaucoma patients with myopia. *Ophthalmology* 2012;119:1844-51.
 - 37) Chung JK, Yoo YC. Correct calculation circle location of optical coherence tomography in measuring retinal nerve fiber layer thickness in eyes with myopic tilted discs. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:7894-900.

= 국문초록 =

고도근시녹내장에서 안축장으로 보정한 빛간섭단층촬영 Significance Map의 유용성

목적: 고도근시안의 황반부 및 시신경유두 주변 significance map을 안축장으로 보정하여 지도의 각 망막영역별로 녹내장 진단 정확도의 변화를 분석하고 임상적 유용성에 대해 고찰하고자 한다.

대상과 방법: 고도근시를 동반한 정상안 42안과 정상안압녹내장 28안을 대상으로 후향적 분석하였다. Mirante spectral domain-optical coherence tomography를 이용하여 significance map을 얻었으며, 내장된 소프트웨어를 통해 안축장으로 보정하였다. 보정 전후로 지도의 각 망막 영역별 민감도 및 특이도를 지도의 최소 한 영역에서 빨간색으로 표시되는 경우를 정상의 1% 수준에서 비정상, 노란색으로 표시되는 경우를 정상의 5% 수준에서의 비정상으로 정의하여 비교하였다.

결과: 정상치의 1% 수준에서는 유의한 변화가 없었다. 5% 수준에서는 황반부 GChart의 안쪽동심원의 하이측 영역은 61.9%에서 78.6%로($p=0.016$), 바깥쪽동심원의 하이측 영역은 69%에서 83.3%로의 증가($p=0.031$)를 보였다. 시신경유두 주변의 whole chart, superior/inferior chart는 상측에서 각각 54.8%에서 78.6% ($p=0.002$), 59.5%에서 76.2% ($p=0.039$)로의 특이도의 증가, 12-clockwise map에서는 59.5%에서 76.2% ($p=0.002$)로의 특이도의 유의한 증가를 보였다.

결론: 안축장을 보정한 significance map의 참고가 위양성률을 줄이는 데 기여할 수 있으며, 고도근시안 환자의 녹내장 진료에 있어서 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

〈대한안과학회지 2022;63(5):434-445〉

박혜민 / Hae Min Park

한양대학교 서울병원 안과
Department of Ophthalmology,
Hanyang University Seoul Hospital



Appendix 1. Area under the receiver operating characteristic curve of macular ganglion cell complex deviation map

	Original AUC	Corrected AUC	Comparison <i>p</i> -value*
S/I Chart			
S	0.834 (0.728-0.912)	0.848 (0.744-0.922)	0.563
I	0.954 (0.877-0.989)	0.954 (0.877-0.989)	0.928
GChart			
Inner SN	0.714 (0.595-0.814)	0.690 (0.570-0.793)	0.114
Inner ST	0.748 (0.631-0.843)	0.748 (0.632-0.843)	0.990
Inner IT	0.926 (0.839-0.974)	0.882 (0.785-0.946)	0.164
Inner IN	0.800 (0.689-0.885)	0.779 (0.666-0.868)	0.456
Outer SN	0.804 (0.693-0.888)	0.801 (0.690-0.886)	0.883
Outer ST	0.849 (0.745-0.922)	0.867 (0.767-0.936)	0.523
Outer IT	0.934 (0.850-0.979)	0.944 (0.863-0.984)	0.390
Outer IN	0.950 (0.871-0.987)	0.933 (0.849-0.979)	0.155

AUC = area under the receiver operating characteristic curve; S/I chart = superior/inferior chart; SN = superonasal; ST = superotemporal; IT = inferotemporal; IN = inferonasal.

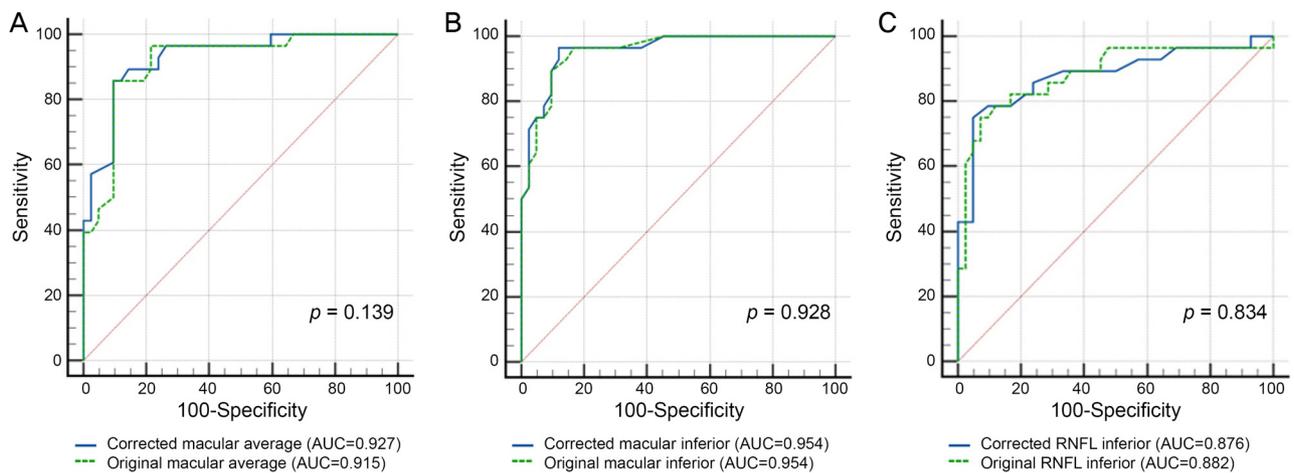
* *p*-value index compared AUCs of original significance map with AUCs of corrected significance map (DeLong method).

Appendix 2. Area under the receiver operating characteristic curve of circumpapillary retinal nerve fiber deviation map

	Original AUC	Corrected AUC	Comparison <i>p</i> -value*
Whole	0.876 (0.772-0.945)	0.854 (0.746-0.929)	0.377
S/I chart			
Superior	0.785 (0.667-0.877)	0.778 (0.659-0.871)	0.845
Inferior	0.882 (0.779-0.949)	0.876 (0.772-0.944)	0.834
TSNIT			
Superior	0.711 (0.859-0.816)	0.710 (0.585-0.815)	0.985
Nasal	0.546 (0.418-0.669)	0.526 (0.400-0.651)	0.891
Inferior	0.944 (0.858-0.985)	0.943 (0.857-0.985)	0.962
Temporal	0.781 (0.662-0.873)	0.751 (0.629-0.849)	0.305

AUC = area under the receiver operating characteristic curve; S/I chart = superior/inferior chart; TSNIT = temporal-superior-nasal-inferior-temporal.

* *p*-value index compared AUCs of original significance map with AUCs of corrected significance map (DeLong method).



Appendix 3. Receiver operating characteristic (ROC) curves derived from macular and peripapillary retinal nerve fiber layer (RNFL) thickness values. ROC curves showing the ability of macular and peripapillary parameters to discriminate glaucomatous eyes from healthy eyes. The ROC curves area shown for corrected and uncorrected thickness values of (A) average macular ganglion cell complex, (B) inferior sector of macular ganglion cell complex and (C) inferior sector of retinal nerve fiber layer. AUC = area under the receiver operating characteristic curve.