

녹내장성 시신경유두함몰 지표로서의 기울기

안상일 · 장지호

순천향대학교 의과대학 안과학교실

목적: 빛간섭단층촬영기를 이용하여 시신경유두함몰의 기울기를 수치화하고, 이 기울기가 함몰의 정도를 반영하며 정상군과 녹내장군에서 차이가 있음을 보고자 한다.

대상과 방법: 정상 40안, 녹내장 39안을 대상으로 험프리 자동시야검사계를 이용한 시야검사를 하고 Cirrus 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영기로 시신경유두를 검사하였다. 본 연구를 위해 제작한 프로그램을 이용하여 OCT 데이터를 3차원 표면 지도로 재구성한 후 기울기 지표들을 비교 분석하였다.

결과: '기울기합', '역치이상 기울기합', '역치이상 기울기합 / 면적'은 녹내장군이 정상군보다 통계적으로 유의하게 컸으며($p < 0.05$), 이들 기울기 지표들의 AUROC는 0.718에서 0.753 범위였다. 이중 '역치이상 기울기합 / 면적'은 시야검사의 Mean deviation 값과 통계적으로 유의한 상관관계를 나타내었다($r = -0.250$, $p = 0.028$).

결론: 빛간섭단층촬영기로 구한 시신경유두함몰 기울기는 녹내장성 유두 함몰의 유용한 임상지표가 될 수 있을 것이다.

(대한안과학회지 2013;54(3):462-468)

시신경유두함몰(optic disc cup)이란 시신경유두에서 시신경유두테(neuroretinal rim) 안쪽의 상대적으로 시신경축삭이 적고 밝은 중심부분을 말한다.¹

시신경유두의 병리적 함몰(pathologic cupping)은 대부분 녹내장성 시신경 손상과 관련이 있다고 알려졌으며, 녹내장에서 안압에 의한 압박이나 허혈등에 의한 사상판(lamina cribrosa)의 구조 변화가 발생하고 이에 따른 시신경 섬유의 손상과 얇아짐 때문에 유두의 함몰이 발생한다고 한다.²⁻⁴

이러한 유두함몰은 전통적으로 직상검안경이나 +90 디옵터 렌즈를 이용한 세극등현미경등을 통해 검사하였는데 이러한 검사법들은 초기의 변화를 발견하기 어렵고 비객관적이며 결과를 수치화 하기가 어려운 한계가 있다.

최근에는 공초점레이저검안경(CSLO, Confocal Scanning Laser Ophthalmoscope)이나 빛간섭단층촬영기(OCT, Optical Coherence Tomography) 등의 진단 기기가 개발되어, 이를 통해 시신경 유두 형태의 객관적이고 정량적인 분석이

가능하게 되었다.^{5,6} 아울러 CSLO를 통해, 이전에는 측정할 수 없었던 유두 함몰의 기울기를 정량화할 수 있게 되었다. Dong and Chihara⁷는 시신경 유두의 구획별 기울기를 분석하여 하비측 기울기의 증가가 녹내장성 시신경 손상의 첫 번째 지표라고 하였고, Cullinane et al⁸은 유두 함몰의 평균 기울기로 녹내장을 판별할 수 있다고 하였다.

그러나 이 연구들은 기기 특성상 제한된 개수의 방사상 선형 스캔을 통하여 유두함몰의 기울기를 얻었으나, 최근에는 spectral domain OCT 등의 검사기기의 등장으로 짧은 시간에 전체 유두함몰의 지형도(topographic map) 영상을 얻을 수 있게 되었다.

이에 본 연구는 Cirrus HDTM-OCT (Carl Zeiss Meditec, Inc., Dublin, CA, USA) 데이터를 이용하여 자체 제작한 프로그램을 통해 시신경의 3차원 표면 지도(3D surface map)를 재구성(reconstruction)하고 각각의 복셀(voxel)에 대하여 4방향의 시신경유두함몰 기울기를 구하였으며, 이 방법을 정상과 녹내장환자로 진단된 환자들에게 적용하여 그 임상적 효용성을 보고자 하였다.

대상과 방법

본원 안과에서 2011년 1월부터 2011년 12월까지 녹내장 및 시신경 이상에 대해 검사를 받은 환자 79명을 대상으로 하였으며, 이들에 대한 의무기록을 후향적으로 검토하였다.

연구에 포함된 환자는 모두 시력검사, 굴절검사, 세극등

■ 접수 일: 2012년 4월 20일 ■ 심사통과일: 2012년 6월 26일
■ 게재허가일: 2013년 1월 7일

■ 책임저자: 장 지 호

경기도 부천시 원미구 조마루로 170
순천향대학교 부천병원 안과
Tel: 032-621-5426, Fax: 032-621-5435
E-mail: jhchang@schmc.ac.kr

* 이 논문의 요지는 2012년 대한안과학회 제107회 학술대회에서 구연으로 발표되었음.

검사, 안압검사, 전방각검사, 안저검사를 시행하였고, 험프리 자동시야계(Carl Zeiss Meditec, Inc., Dublin, CA, USA)로 중심 30-2 시야검사 및 Cirrus HD™-OCT를 이용하여 시신경유두 분석을 시행하였다. OCT 검사는 모두 동일한 검사자에 의해 시행되었다.

시야에 영향을 미칠 수 있는 당뇨병망막병증, 황반변성 등의 다른 안질환, 시신경 병변이 있는 경우에는 연구 대상에서 제외하였고, 최대 교정시력 6/12 이상, 굴절 이상치는 ± 6.0 디옵터 이내로 제한하였다.

정상안은 녹내장의 가족력이나 안외상의 과거력이 없으며, 세극등현미경 검사상 전안부에 이상이 없으며, 안압이 21 mmHg 미만, 정상 시신경유두 형태, 시야 검사상 시야결손이 없는 경우로 정의하였다.

녹내장안은 안압과 관계없이 녹내장성 시야손상과 시신경 유두 변화 혹은 시신경 섬유층의 손상이 있는 경우를 대상으로 하였다. 시야검사상 녹내장성 시야결손은 pattern deviation plot에서 공상영역에 있는 3개 이상의 점의 역치가 정상의 5% 미만에서 나타나고 그 중 한 점이 1% 미만이거나, 두 번의 연속적인 Glaucoma hemifield test상

outside normal limits이 나타날 때, 또는 CPSD가 5% 미만에서 나타날 때로 정의하였다. 양안 모두 해당될 경우 임의로 한 눈을 선택하였다. 시야검사의 결과는 주시상실이 20% 이하, 가양성을 및 가음성률이 33% 이하인 경우만을 대상으로 채택하였다.

시야검사와 같은날 OCT 검사를 시행하였으며 Optic Disc Cube 200 \times 200 scan analysis의 advanced visualization mode를 통해 시신경 유두 수평단면의 interneal limiting membrane (ILM) fit line과 retinal pigment epithelium (RPE) fit line을 동영상 데이터로 저장한 후, 동영상을 연속적인 jpg 이미지 파일로 변환하였다(Fig. 1A).

이 이미지들을 그래픽 기반 프로그래밍 언어인 LabVIEW™ version 7.0 (National Instruments Corp., Austin, TX, USA)을 이용하여 제작한 프로그램을 통하여 3차원 표면 지도로 재구성 하였다(Fig. 1B). 유두함몰의 경계는 Cirrus HD™-OCT에서 제공하는 분할 알고리즘(segmentation algorithm)이 그려주는 ILM fit line에서 RPE fit line 아래를 유두 함몰로 정의하였다(Fig. 1A).

3차원 지형도를 바탕으로 일차적으로 다음과 같은 항목

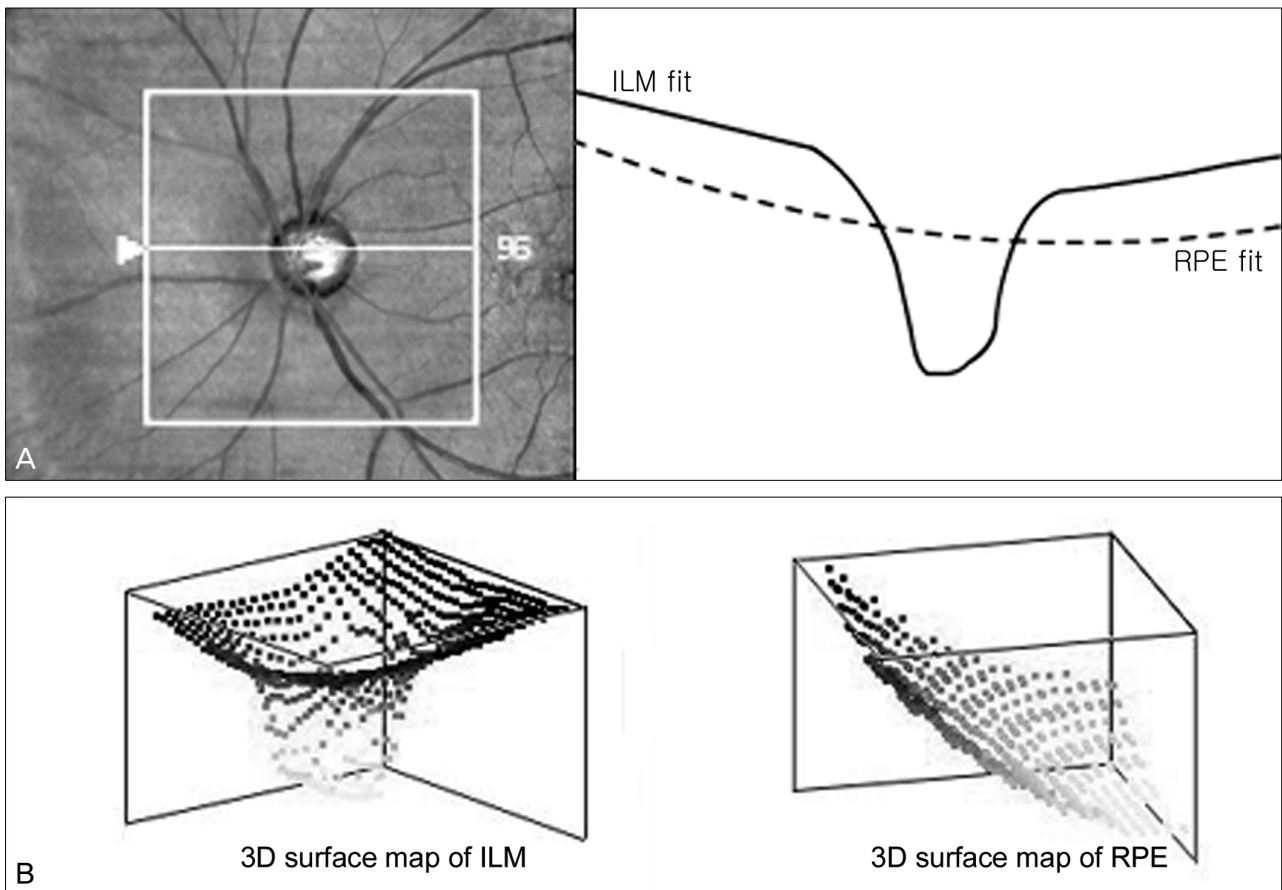


Figure 1. 3D reconstruction of the optic disc cup. (A) Representative horizontal Cirrus HD™-OCT image of the optic disc cup. (B) 3D surface map image reconstructed by custom developed software.

의 지표(parameter)를 구하였다.

1. 정의된 유두함몰부의 면적 및 부피
 2. 정의된 유두함몰부 3차원 표면지도의 각 복셀(voxel)에서 4방향의 기울기: 수평(horizontal), 수직(vertical), 2개의 대각(diagonal) 방향(Fig. 2)
 3. 정의된 유두함몰부 모든 복셀(voxel) 기울기들의 합(sum of cup slope)
- 기존 CSLO 등의 기기에서는 시신경유두를 12개의 경선

으로 나눈 후, 경선을 따라 한가지 기울기 성분만을 구하였는데 이러한 방법은 유두함몰을 2차원 단면으로만 분석하게 되어 표면의 특성을 제대로 반영하기에 한계가 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 3차원인 함몰의 기울기 성분들을 최대한 반영하기 위해 기존 연구와는 다른 기울기 분석법을 적용하였다. 한 점에서 한 픽셀 움직일 때 수직방향의 픽셀 변화량을 기울기로 정의하고, 한 점이 4방향(수직, 수평, 양 대각 방향)으로 한 픽셀씩 움직일 때의 4가지 기울

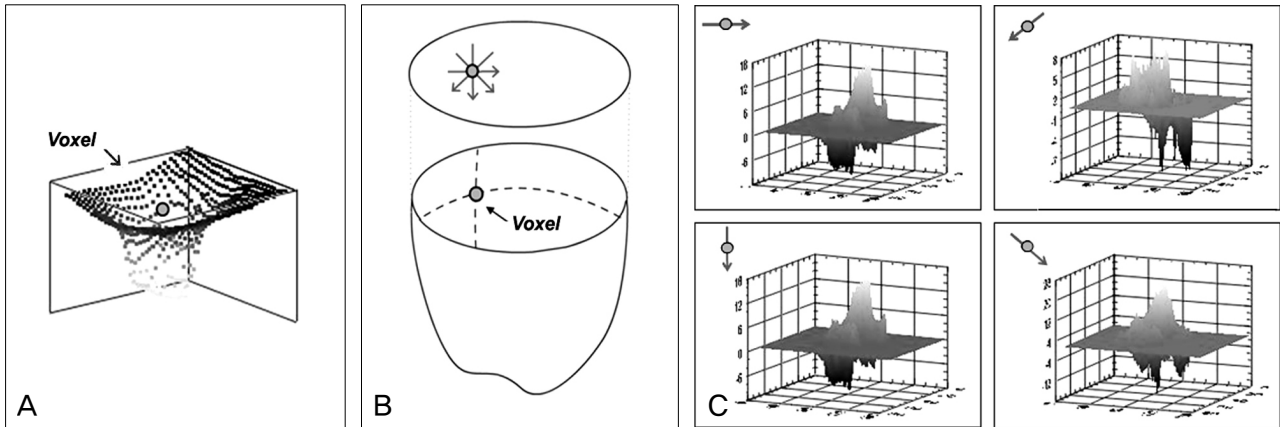


Figure 2. Calculation of slope for one voxel. (A) 3D surface map of disc cup. (B) Schematic drawing of disc cup. (C) 4 Slope of one voxel obtained by disc cup analysis program: horizontal, vertical and 2 diagonal.

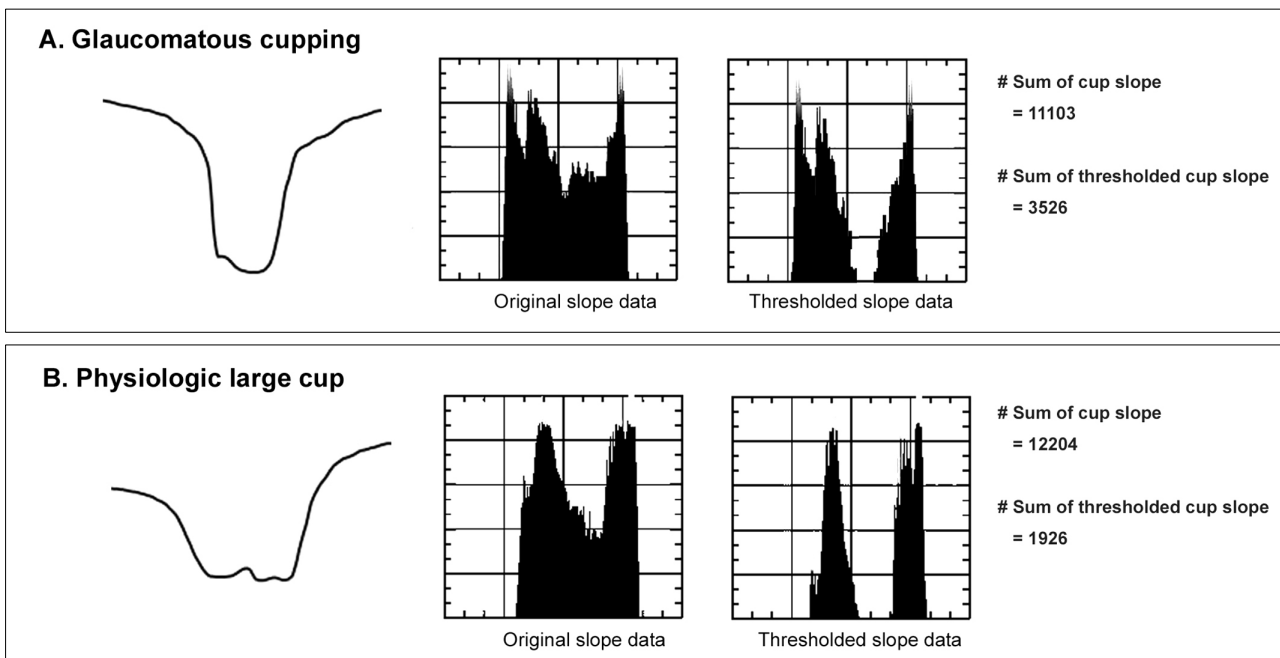


Figure 3. Comparison between glaucomatous cupping and physiologic large cup. (A) Representative glaucomatous cupping. (B) Representative physiologic large cup. Left graph is the horizontal Cirrus HDTM-OCT image of the optic disc cup. Middle and right graph is the print out of the results obtained by the disc cup analysis program. Middle graph shows original slope data and right shows graph after removal of under the threshold slope data. The sum of cup slope parameter of physiologic the large cup was more larger than the glaucomatous cupping (12204 vs 11103) but the sum of thresholded cup slope parameter of physiologic large cup was smaller than the physiologic large cup (1926 vs 3526).

기를 구하였다. 4방향의 기울기를 구한 이유는, 기울기 분석 프로그램으로 구현 가능한 한 점에서 한 픽셀씩의 이동 방향이 수직, 수평, 양 대각방향의 총 4가지이기 때문이다. 아울러 경선 위에 존재하는 점만이 아니라 함몰 표면의 모든 점에서 기울기들을 전부 구하여 실제 유두함몰의 특성을 최대한 반영하고자 하였다.

위 방법대로 유두함몰 기울기를 분석하여 보니, 모든 점의 기울기를 더하는 방법의 문제점이 생리적 거대유두(physiologic large cup)에서 나타났다. 녹내장성 유두함몰(glaucomatous disc cupping)의 기울기는 주로 유두함몰 둘레(circumference)에서 확연하다고 가정할 때, 생리적 거대유두의 경우에는 사상판(lamina cribrosa)의 기저(base) 면적이 넓기 때문에 유두 바닥의 혈관 등에 의한 녹내장성 유두함몰과 무관한 기울기 변화가 반영되어 실제 유두함몰 둘레(circumference)의 기울기는 크지 않더라도 기울기의 총합이 녹내장성 유두함몰보다 크게 계산되었다(Fig. 3). 이러한 미세한 기울기 변화들이 반영되는 것을 배제하기 위해 역치(threshold)의 개념을 도입하였다. 망막 혈관의 직경에 의한 기울기값(10 pixel)을 역치로 정하여 역치이하의 기울기 변화는 제거하고, 역치이상의 기울기들(thresholded cup slope)만 반영되도록 하였다(Fig. 3). 아울러 유두 함몰이 큰 경우 이에 포함되는 복셀(voxel)의 수가 많아져서 기울기의 총합이 크게 구해질 것이므로 이러한 함몰의 크기에 의한 영향을 배제하기 위해 기울기의 합을 면적으로 나눈 값도 구하여 비교하였다(Sum of cup slope / cup area, Sum of thresholded cup slope / thresholded cup area).

두 군간의 비교를 위해 Independent *t*-test 통계분석을 시행하였다. 아울러 본 연구에서 구한 기울기 지표들의 녹내장군과 정상 대조군을 판별하는 능력을 평가하고자 ROC(receiver operating characteristic) 곡선을 이용하여 각 cut-off 값에서의 민감도와 특이도를 구하였고, Cirrus HDTM-OCT의 기준 지표인 Average RNFL(retinal nerve fiber layer) thickness의 ROC 값과 비교하여 보았다. 기울

기와 시야검사의 Mean deviation과의 상관관계는 Pearson 상관분석을 하였다.

p-value가 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의한 것으로 정의하였으며, 통계 프로그램인 SPSS version 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 통해 통계학적 분석을 하였다.

결 과

연구대상 특성

전체 연구대상 79명 79안 중 정상안은 40안, 녹내장안은 39안 이었다. 두 군간 연령, 성별, 굴절이상 등은 통계적으로 유의한 차이가 없었다(*p*>0.05) (Table 1).

녹내장군이 정상군보다 안압이 높았으며, 험프리 자동 시야검사의 Mean deviation (MD)과 Pattern standard deviation (PSD) 모두 두 군간에 유의한 차이를 나타냈다(*p*<0.01). 또한 녹내장군에서 C/D ratio는 더 컸으며, 평균 RNFL 두께는 얇은 특징을 나타냈다.

시신경 유두 기울기 분석

시신경유두함몰의 ‘부피’(Cup volume)와 ‘면적’(Cup area), ‘역치이상 면적’(Thresholded area)은 녹내장군이 정상군보다 컸다(*p*<0.05) (Table 2).

‘기울기합’(Sum of cup slope)은 정상군에서 7439.9 ± 4969.6, 녹내장군에서 13207.3 ± 6012.4로 녹내장군에서 유의하게 컸고(*p*<0.001), ‘역치이상 기울기합’(Sum of thresholded cup slope)도 정상군에서 1872.1 ± 210.3, 녹내장군에서 3761.6 ± 2493.1로 녹내장군에서 유의하게 컸다(*p*=0.002). ‘역치이상 기울기합 / 면적’(Sum of thresholded cup slope / thresholded cup area)은 정상군에서 7.96 ± 2.79, 녹내장군에서 10.19 ± 2.86로 녹내장군이 정상군보다 통계적으로 유의하게 컸다(*p*<0.001). 그러나

Table 1. Dermographic data of study participants

	Normal (n = 40)	Glaucoma (n = 39)	<i>p</i>
Age (year)	49.7 ± 9.6	52.3 ± 11.9	0.325
Sex (% , male)	68	59	0.456
SE (D)	-2.07 ± 2.51	-1.69 ± 1.94	0.483
IOP (mm Hg)	15.4 ± 3.2	19.7 ± 5.1	<0.001*
MD	0.01 ± 1.24	-1.80 ± 1.36	<0.001*
PSD	1.85 ± 0.53	3.21 ± 1.70	<0.001*
C/D ratio	0.33 ± 0.05	0.66 ± 0.17	<0.001*
Average RNFL thickness (μm)	98.7 ± 6.9	75.4 ± 7.5	<0.001*

Values are presented as mean ± SD.

SE = spherical equivalent; IOP = intraocular pressure; C/D = Cup/disc; RNFL = retinal nerve fiber layer.

**p* < 0.05.

Table 2. Disc cup parameters, as determined by Cirrus HD™-OCT

	Normal (n = 40)	Glaucoma (n = 39)	p
Cup volume	19487 ± 15996	47403 ± 30345	<0.001*
Cup area	937.8 ± 440.5	1794.1 ± 729.4	<0.001*
Thresholded cup area	231.8 ± 174.5	348.4 ± 182.3	0.005*
Sum of cup slope	7463.9 ± 4696.6	13207.3 ± 6012.4	<0.001*
Sum of cup slope / cup area	7.62 ± 2.28	7.41 ± 1.65	0.691
Sum of thresholded cup slope	1872.1 ± 2108.3	3761.6 ± 2493.1	0.002*
Sum of thresholded cup slope / thresholded cup area	7.96 ± 2.79	10.19 ± 2.86	<0.001*

Values are presented as mean ± SD.

*p < 0.05.

Table 3. Area under the ROC curve, sensitivity, specificity and cut-off value by each parameters

	AUROC	Sensitivity	Specificity	Cut-off value	p
Average RNFL thickness	0.991	97%	98%	89.5	<0.001*
Cup volume	0.761	72%	70%	27640	<0.001*
Cup area	0.794	71%	72%	1369.5	<0.001*
Thresholded cup area	0.703	67%	62%	231.0	0.002*
Sum of cup slope	0.740	72%	70%	9779	<0.001*
Sum of cup slope / cup area	0.503	48%	44%	7.04	0.964
Sum of thresholded cup slope	0.753	74%	70%	2002	<0.001*
Sum of thresholded cup slope / thresholded cup area	0.718	69%	67%	8.83	0.001*

RNFL = retinal nerve fiber layer, AUROC = area under the receiver operating characteristic curve.

*p < 0.05.

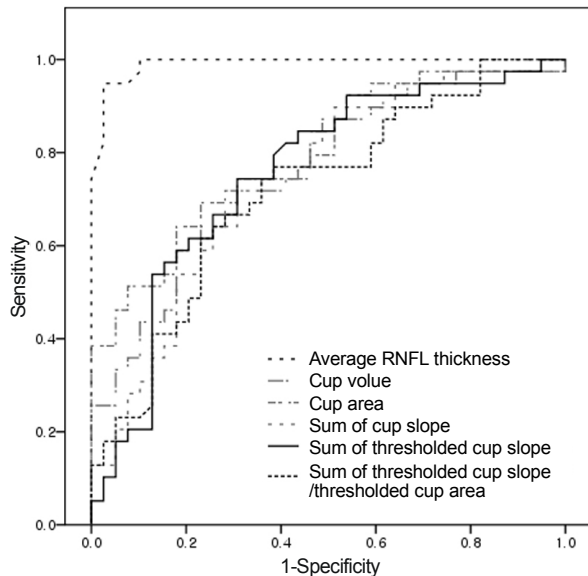


Figure 4. Receiver operating characteristic curves for the best separating parameters between normal and glaucoma groups.

‘기울기합 / 면적’(Sum of cup slope / cup area)은 정상군에서 7.62 ± 2.28 , 녹내장군에서 7.41 ± 1.65 로 정상군에서 더 크게 나타났으나 통계적 유의성은 보이지 않았다($p=0.691$).

기울기 지표의 Area under the receiver operating characteristic curve (AUROC)는 ‘기울기합’(Sum of cup slope)이 0.740, ‘기울기합 / 면적’(Sum of cup slope / cup area)

은 0.503, ‘역치이상 기울기합’(Sum of thresholded cup slope)은 0.753, ‘역치이상 기울기합 / 면적’(Sum of thresholded cup slope / thresholded cup area)은 0.718이었고, Average RNFL thickness의 AUROC는 0.991이었다(Fig. 4, Table 3).

이러한 기울기 지표들 중에서 ‘역치이상 기울기합 / 면적’(Sum of thresholded cup slope / thresholded cup area)은 시야검사의 Mean deviation 값과 통계적으로 유의한 상관관계를 나타내었다($r=-0.250$, $p=0.028$) (Table 4).

고 찰

본 연구에 사용된 cirrus HD™-OCT는 유두함몰 기울기 측정에 대한 데이터(raw data)를 제공하지 않기 때문에 본 저자들은 cirrus HD™-OCT의 advanced visualization mode에서 제공하는 동영상 데이터를 자체 제작한 컴퓨터 프로그램을 통하여 각 분할된 표면(segmentation surface)을 3차원으로 재구성한 후 함몰의 모든 복셀(voxel)에서의 4방향 기울기를 구하였다. 이에 비해 기존의 CSLO를 이용한 연구에서는 유두를 30도 간격으로 12개의 구획으로 나눈 뒤, 12 경선 위에 위치하는 각 픽셀에서의 경선방향 기울기만을 구하였기 때문에 유두함몰 표면의 모든 점에서 4방향 기울기를 구한 본 연구에서의 방법이 유두함몰 기울기의 특

Table 4. Correlation between Hemphrey visual field indices and disc cup parameters

	MD	
	Correlation coefficient	<i>p</i>
Cup volume	-0.229	0.055
Cup area	-0.192	0.095
Thresholded cup area	-0.168	0.144
Sum of cup slope	-0.188	0.101
Sum of cup slope / cup area	-0.024	0.835
Sum of thresholded cup slope	-0.223	0.051
Sum of thresholded cup slope / thresholded cup area	-0.250	0.028*

* $p < 0.05$.

성을 보다 정확히 반영한다고 할 수 있을 것이다.

Dong and Chihara⁷는 CSLO를 이용한 시신경유두함몰 기율기 연구에서 녹내장 환자의 평균 유두함몰 기율기가 정상 대조군보다 크다고 하였다($p < 0.05$). Cullinane et al⁸은 CSLO를 이용하여 구한 평균 기율기의 AUROC가 0.88 이고 시야검사의 MD값과 유의한 상관관계를 나타내었다고 보고하였다($r = -0.60$, $p < 10^{-7}$).

OCT로 유두함몰을 분석한 본 연구에서도 Dong and Chihara⁷의 연구에서처럼 정상군보다 녹내장에서 기율기가 더 가파르게 나타났는데, 여러 기율기 지표들 중 ‘기율기 합’(Sum of cup slope) 및 ‘역치이상 기율기 합’(Sum of thresholded cup slope), ‘역치이상 기율기 합 / 면적’(Sum of thresholded cup slope / thresholded cup area)이 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 아울러 ‘역치이상 기율기 합 / 면적’(Sum of thresholded cup slope / thresholded cup area)은 시야검사의 MD와 유의한 상관관계를 갖는 것으로 나타났는데($r = -0.250$, $p = 0.028$), 이는 Cullinane et al⁸의 연구와 유사한 결과이다.

본 연구의 제한점으로는 기율기 지표들 중에서 정상과 녹내장의 판별력이 가장 높은 ‘역치이상 기율기 합’(Sum of thresholded cup slope)이 높은 진단적 유용성을 보이긴 하였으나(AUROC: 0.753, Cut-off value: 2002, 민감도: 74%, 특이도: 70%), cirrus HDTM-OCT에서 측정되는 Average RNFL thickness (AUROC: 0.991, Cut-off value: 89.5, 민감도: 97%, 특이도: 98%) 보다는 낮은 판별력을 나타내어 기존의 지표를 대체하여 녹내장의 대표적인 임상지표로 이용되기엔 아직은 제한점이 따른다 하겠다. 또한 추후 기율기 분석 프로그램을 개선하여 Dong and Chihara⁷의 연구에서처럼 구획별 기율기를 구하여 녹내장의 초기 변화를 분석하는 것이 임상적 유용성을 높일 수 있을 것이다.

이번 연구에서 유두함몰 ‘부피’(Cup volume) 및 ‘면적’(Cup area) 또한 녹내장군이 정상군보다 유의하게 크게 나타났는데, 이는 본 연구에서 OCT로 도출된 유두함몰 지표들이 정상 함몰보다 더 크고 넓은 녹내장성 유두함몰의 특징을

잘 반영하고 있음을 알 수 있다. 그러나 정상군보다 녹내장 군에서 유의하게 컸던 ‘기율기 합’(Sum of cup slope)을 함몰 면적으로 나눈 값인 ‘기율기 합 / 면적’(Sum of cup slope / cup area)은 두 군간에 유의한 차이를 보이지 않았고 오히려 정상군이 더 크게 나타났는데, 이는 녹내장군에서 기율기의 총합뿐만 아니라 유두 함몰 면적 같이 큰 이유로 그 통계적 차이가 상쇄 되었을 것으로 생각한다.

아울러 유두 바닥의 유두함몰 자체와는 관계없는 굴곡들에 의한 영향을 제거하기 위해 일정 역치 이상의 기율기만 반영되도록 구한 지표들인 ‘역치이상 기율기 합’(Sum of thresholded cup slope) 및 ‘역치이상 기율기 합 / 면적’(Sum of thresholded cup slope / thresholded cup area)은 모두 통계적으로 유의하게 녹내장군이 더 큰 값을 보여, 이렇게 역치의 개념을 도입한 지표들이 녹내장성 유두 함몰의 특징을 잘 대변한다고 할 수 있겠다.

이번 연구를 통해 OCT로도 시신경유두함몰의 기율기를 객관적으로 측정하여 수치화할 수 있음을 알 수 있었고, 정상에 비해 녹내장에서 시신경유두함몰의 기율기가 커짐을 확인할 수 있었다.

이렇게 OCT로 구한 함몰 기율기는 녹내장성 유두 함몰의 유용한 임상지표가 될 수 있을 것으로 보인다.

참고문헌

- 1) RR Allingham, KF Damji, S Freedman. Shields' textbook of glaucoma, 5th ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2005; chap. 5.
- 2) Hayreh SS. Pathogenesis of cupping of the optic disc. Br J Ophthalmol 1974;58:863-76.
- 3) 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.
- 4) Quigley HA, Green WR. The histology of human glaucoma cupping and optic nerve damage: clinicopathologic correlation in 21 eyes. Ophthalmology 1979;86:1803-30.
- 5) Miglior S, Casula M, Guareschi M, et al. Clinical ability of Heidelberg retinal tomograph examination to detect glaucomatous visual field changes. Ophthalmology 2001;108:1621-7.

- 6) Schuman JS, Wollstein G, Farra T, et al. Comparison of optic nerve head measurements obtained by optical coherence tomography and confocal scanning laser ophthalmoscopy. *Am J Ophthalmol* 2003;135:504-12.
- 7) Dong J, Chihara E. Slope analysis of the optic disc in eyes with ocular hypertension and early normal tension glaucoma by confocal scanning laser ophthalmoscope. *Br J Ophthalmol* 2001;85:56-62.
- 8) Cullinane AB, Waldock A, Diamond JP, Sparrow JM. Optic disc cup slope and visual field indices in normal, ocular hypertensive and early glaucomatous eyes. *Br J Ophthalmol* 2002;86:555-9.

=ABSTRACT=

Optic Cup Slope as a Numeric Representative of Glaucomatous Cupping

Sang Il Ahn, MD, Jee Ho Chang, MD, PhD

Department of Ophthalmology, Soonchunhyang University College of Medicine, Bucheon, Korea

Purpose: To objectively define the degree of cupping, the authors extracted 3-dimensional slope surface maps from Cirrus HDTM-OCT data and assessed their differentiating characteristics between normal subjects and glaucomatous patients.

Methods: One eye from each of 40 normal subjects and 1 eye from each of 39 patients with glaucoma were examined using automated visual field perimetry and Cirrus HDTM-OCT. The Optic Disc Cube 200 × 200 protocol was performed. The individual OCT data were reconstructed as the 3-dimensional surface maps of the optic disc cup and the slope of each contour was calculated using custom-developed software. Several disc cup slope parameters were derived. The parameters measuring the internal features of the optic disc cup were calculated and compared between groups.

Results: Sum of cup slope, sum of thresholded cup slope, and sum of thresholded cup slope / thresholded cup area parameters were differentiating factors between the normal and glaucoma groups ($p < 0.05$). The area under the receiver operating characteristic curve (AUROC) value of the slope parameters ranged from 0.718 to 0.753. The sum of thresholded cup slope / thresholded cup area parameter was well correlated with visual field mean deviation ($r = -0.250$, $p = 0.028$).

Conclusions: The optic disc cup slope parameter obtained with OCT may be a useful parameter for representing glaucomatous cupping.

J Korean Ophthalmol Soc 2013;54(3):462-468

Key Words: Cup slope, Disc cup, Glaucoma, OCT

Address reprint requests to **Jee Ho Chang, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Soonchunhyang University Bucheon Hospital
#170 Jomaru-ro, Wonmi-gu, Bucheon 420-767, Korea
Tel: 82-32-621-5426, Fax: 82-32-621-5435, E-mail: jhchang@schmc.ac.kr