

녹내장 및 고안압증 환자에서 근시 정도에 따른 망막신경섬유층 두께 차이

김정완 · 김용연

고려대학교 의과대학 안과학교실

목적: 녹내장 및 고안압증 안에서 근시 정도에 따른 망막신경섬유층(Retinal Nerve Fiber Layer, RNFL) 두께의 차이를 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 녹내장과 고안압증으로 진단된 환자 98명 165안을 대상으로 빛간섭단층촬영기(optical coherence tomography, OCT), 가변각막보정 주사레이저편광측정기(scanning laser polarimetry using variable corneal compensation, GDx-VCC) 검사를 시행하여 굴절력 차이에 따른 RNFL 두께의 상관관계를 분석하였다. 나이, 좌우안, 안압 및 녹내장 진행정도를 나타내는 시야검사상 평균편차 등의 변수를 통제하기 위해 편상관계수분석을 이용하였다.

결과: OCT로 측정된 평균 RNFL 두께와 코측, 상측 및 하측 사분면의 RNFL 두께는 근시가 심해짐에 따라 통계적으로 유의하게 감소하였다($p<0.05$). GDx-VCC로 측정된 결과는 근시 정도와 유의한 상관관계가 없었다.

결론: 녹내장 및 고안압증 안에서 근시가 심해짐에 따라 OCT를 이용하여 측정된 RNFL 평균 두께는 얇아지는 양상을 보였다.

〈대한안과학회지 2008;49(10):1634-1640〉

녹내장은 시신경병증으로 정의되고 있으며, 녹내장성 시신경병증은 시신경유두의 함몰과 망막신경섬유층의 얇아짐이 특징이다. 녹내장의 진단을 위하여는 통상 안압측정, 시신경 검사 및 시야검사를 시행하나, 녹내장의 정의 대로 시신경 및 망막신경섬유층의 변화가 가장 중요하다.¹⁻³ 녹내장과 굴절이상과의 관계 중 특히 근시에 대하여는 주의가 필요한데, 근시가 있는 녹내장 환자는 근시로 인한 시신경 모양의 변화로 인해 녹내장 진단 및 경과관찰이 어렵기 때문이다.⁴

근시가 진행할수록 공막은 점점 얇아지며 후극부의 부분적 팽창 또한 이루어진다. 맥락막의 변성과 위축이 진행되면서⁵ 감각 망막이 얇아진다고 한다.⁶ 이러한 조직학적 변화 때문에 근시 환자의 안저를 관독할 때에

주의를 기울여야 한다. 또한 생리학적으로 큰 유두함몰, 시신경 경사, 근시 유두주위위축(peripapillary atrophy) 때문에 녹내장성 변화를 확인하고 경과 관찰하기가 쉽지 않다.⁷⁻¹³

최근에는 빛간섭단층촬영기(optical coherence tomography, OCT)가 황반부와 유두주위 망막신경섬유층 두께 측정에 활용되고 있으며 이는 적외선 계열(840 nm)의 레이저간섭계를 이용하여 조직 내에서 반사되는 빛의 시간 차이를 통해 고해상도의 횡단 영상을 나타내는 장비로서 우수한 해상력($10\ \mu\text{m}$)을 가진다. 망막색소상피의 앞쪽 경계를 기준으로 망막신경섬유층의 두께를 정량적으로 측정할 수 있고, 따라서 망막질환뿐만 아니라 녹내장성 변화의 조기 진단에도 이용되고 있다.¹⁴⁻¹⁷

주사레이저편광측정기(scanning laser polarimetry, GDx)는 편광변조기, 각막편광보정기 및 편광감지기가 장착된 공초점 주사레이저편광계(confocal scanning laser ophthalmoscope)의 일종이다. 일정한 파장(780 nm)의 다이오드 레이저 광선을 편광시켜 망막에 조사하면 복굴절매체인 망막신경섬유층을 통과하면서 레이저광선의 편광상태가 변화하게 되는데, 그 뒤처짐(retardation)의 정도를 측정하여 망막신경섬유층의

〈접수일 : 2007년 11월 20일, 심사통과일 : 2008년 7월 2일〉

통신저자 : 김 용 연

서울시 구로구 구로동길 97

고려대학교 구로병원 안과

Tel: 02-2626-1260, Fax: 02-857-8580

E-mail: yongkim@mail.korea.ac.kr

* 본 논문의 요지는 2007년 대한안과학회 제98회 추계학술대회에서 구연으로 발표되었음.

두께를 간접적으로 측정하게 된다.¹⁸⁻²¹ 그러나 각막의 복굴절 현상을 충분히 보정하지 못하는 단점이 있어 이를 극복하기 위해 각 안구마다 변화된 가변각막보정(variable corneal compensation, VCC)을 사용하는 기기가 개발되었다.²²⁻²⁴

근시와 관련하여 근시 정도에 따른 망막신경섬유층 두께의 상관관계는 많은 연구가 이미 보고된 바 있다.^{25,26} 하지만 근시 진행 정도에 따른 망막신경섬유층 두께의 변화를 OCT와 GDx-VCC로 동시에 검사한 후 비교한 연구는 아직 미미한 편이다. 저자는 본 연구에서 녹내장 및 고안압증 환자에서 근시 정도에 따른 망막신경섬유층 두께의 차이를 알아보고자 하였다.

대상과 방법

2005년 11월부터 2007년 3월까지 고려대학교 구로병원 안과 녹내장 클리닉에 녹내장 검진을 위해 내원한 환자 중 굴절검사와 GDx-VCC (Laser Diagnostic Technologies, Inc., San Diego, USA), Stratus OCT (Stratus OCT, model 3000; Zeiss Humphrey Systems, Dublin, USA), 망막신경섬유층촬영, 시신경유두 입체촬영, 시야검사, 중심각막두께 측정을 모두 시행한 환자의 의무기록을 후향적으로 조사하여 이들 중 녹내장과 고안압증으로 최종 진단된 98명 165안을 대상으로 연구를 진행하였다.

안저검사상 녹내장성 시신경 변화 및 망막신경섬유층촬영상 신경섬유층 결손이 있거나 시야 검사상 녹내장성 시야결손이 있는 경우를 녹내장으로 진단하였고 시신경이나 시야의 이상 없이 안압이 21 mmHg 이상인 경우 고안압증으로 진단하였다. 녹내장성 시신경 변화는 시신경유두함몰, 시신경망막띠 얇아짐이나 패임, 또는 양안 유두함몰비 차이가 0.2 이상인 경우로 정의하였고 녹내장성 시야결손은 glaucoma hemifield test상 정상범위의 99% 밖의 결과이거나 정상범위의 패턴표준편차(pattern standard deviation)의 95% 밖의 결과로 정의하였다.

모든 환자에게 기본적인 문진을 시행한 후 안과적 검사와 굴절 검사, 안압측정, 시신경유두 입체촬영, 안저검사를 시행하였다. 경도의 백내장, 경도의 당뇨 망막질환 및 이전에 백내장 및 녹내장 수술을 받은 과거력이 있는 환자들은 제외하지 않았으나 각막 혼탁이 있거나 시신경 모양에 변화를 줄 수 있는 전신적 질병이 있는 경우, 그리고 이차적인 원인으로 녹내장이 생긴 경우는 제외하였다.

안압은 Goldmann 압평안압계로 측정하였고 굴절검사는 Canon Full Auto RK-F1 Autorefractor

Keratometer (Canon Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 시야검사는 Humphrey automated field analyzer HFA II 750 (Humphrey Instruments, a division of Carl Zeiss, Inc., San Leandro, CA, USA)를 이용하여 표준시야검사로 시행하였다. 그리고 시야검사상 평균편차(Mean Deviation) 값이 -10.00dB 이상인 눈만을 대상으로 하였고, 평균편차값을 녹내장의 진행정도를 판단하는 기준으로 정하였다.

단일 검사자에 의해 측정된 OCT 검사로 평균 망막신경섬유층 두께(Avg. Thick.)와 각 사분면 즉, 상, 하, 귀, 코측의 망막신경섬유층 두께를 구하였다. 검사결과 시신경중심주사(optic disc centration)가 잘된 경우와 signal strength가 6 (최대 10) 이상의 자료만을 채택하였다.

GDx-VCC도 단일 검사자에 의해 시행하였으며, 이 경우 녹내장 가능성의 지표가 되는 NFI (Nerve Fiber Index, range 0-100)와 평균 망막신경섬유층 두께(TSNIT Avg.)를 분석하였고 상, 하측 망막신경섬유층 두께도 비교하였다. GDx-VCC의 경우 비정상 복굴절 뒤쳐짐(artificial birefringence pattern)을 제외하기 위해 TSS (typical scan score, range 1-100)가 60 이상의 자료만을 채택하였다.²⁷

굴절률에 따른 망막신경섬유층 두께 변화의 상관관계를 비교 분석하기 위해 이변량상관관계(bivariate correlation)는 Pearson 상관계수(correlation coefficient)를 이용하여 분석하였고 p value 0.05 미만을 통계적으로 유의한 것으로 판단하였다. 그리고 굴절률과 망막신경섬유층의 두께 변화에 영향을 미칠 수 있는 인자들, 즉, 나이, 성별, 좌우안, 안압 그리고 시야검사상 평균편차 값을 통제한 후에 순수한 굴절률과 망막신경섬유층의 두께 변화를 알아보기 위해 이들의 상관관계를 다변량 분석인 편상관계수(partial correlation coefficient)를 이용하여 비교 분석하였고 역시 p value 0.05 미만을 통계적으로 유의한 것으로 판단하였다.

결 과

환자 98명중 남자는 63명, 여자는 35명이었으며 평균 나이는 44.92 ± 13.43 세 였다. 이들이 병원에 첫 내원했을 당시 측정한 평균 안압은 17.76 ± 4.72 mmHg 였으며, 시야검사상 평균편차 값은 -2.44 ± 2.68 dB 였다 (Table 1).

이변량상관관계 분석시 OCT를 이용하여 측정한 평균 망막신경섬유층의 두께는 근시가 진행함에 따라 통

Table 1. Bivariate correlations associated with refraction

		Average (μm)	r^*	P value [†]
Refraction (diopters)		-2.38 \pm 2.65	1	
Age (Years)		44.92 \pm 13.43	0.430	0.000
IOP (mmHg)		17.76 \pm 4.72	-0.089	0.256
MD (dB)		-2.44 \pm 2.68	0.050	0.527
Stratus OCT	Avg. Thick	94.98 \pm 16.65	0.323	0.000
	Superior	114.85 \pm 22.62	0.245	0.001
	Inferior	114.56 \pm 26.75	0.284	0.000
	Temporal	74.32 \pm 16.54	0.124	0.114
	Nasal	76.22 \pm 17.33	0.366	0.000
GDx-VCC	NFI	31 \pm 18.12	-0.091	0.243
	TSNIT Avg	49.29 \pm 7.36	-0.037	0.635
	Superior	60.55 \pm 10.73	-0.006	0.941
	Inferior	58.18 \pm 10.69	-0.073	0.352
	TSNIT std. dev.	20.86 \pm 5.04	-0.023	0.769

* Pearson correlation coefficient; [†] Pearson test; IOP=Intraocular Pressure; MD=Mean Deviation; Stratus OCT=Stratus optical coherence tomography; GDx-VCC=Scanning Laser Polarimetry with Variable corneal compensation; Avg. Thick=Average retinal nerve fiber layer thickness obtained by optical coherence tomography; NFI=Nerve Fiber Index obtained by scanning laser polarimetry; TSNIT Avg=Average retinal nerve fiber layer thickness obtained by scanning laser polarimetry; TSNIT std. dev.=Standard Deviation of the Average retinal nerve fiber layer thickness obtained by scanning laser polarimetry.

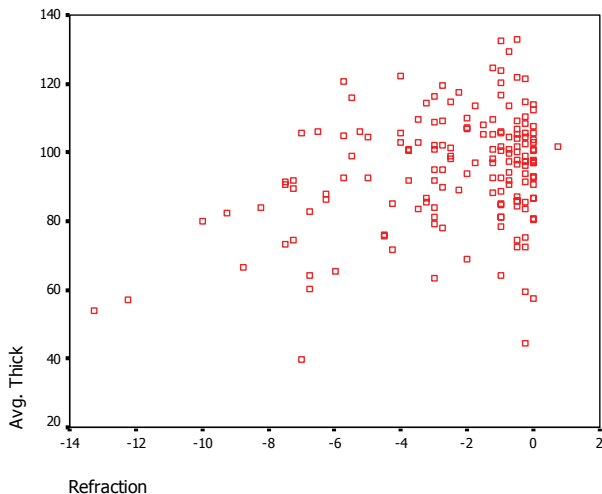


Figure 1. Scattergram of the average retinal nerve fiber layer (RNFL) thickness obtained by optical coherence tomography (y) and the degree of myopia (x). As myopia increased, there was a significant decrease in the average RNFL Thickness obtained by the Stratus OCT ($p=0.000$, $r=0.323$).

계적으로 유의하게 점점 얇아졌다($r=0.323$, $p=0.000$) (Fig. 1). 이를 좀더 자세하게 각 사분면 별로 즉, 상, 하, 귀, 코측의 망막신경섬유층 두께를 확인한 결과 귀측을 제외하고는 근시가 진행할수록 통계적으로 유의하게 점점 얇아지는 경향을 보였다(상측 $r=0.245$, $p=0.001$, 하측 $r=0.284$, $p=0.000$, 귀측 $r=0.124$,

$p=0.114$, 코측 $r=0.366$, $p=0.000$)(Table 1). 안압, 시야검사상 평균편차 등은 굴절률과 유의한 상관관계가 없는 반면($p>0.05$), 나이는 증가할수록 굴절률이 감소하였다(Table 1).

GDx-VCC를 이용하여 측정한 NFI는 근시의 정도와 유의한 상관관계가 없었고($p=0.243$) 평균 망막신경섬유층의 두께도 근시의 정도와 유의한 상관관계가 없었다($p=0.635$). 그리고 상, 하 두 구역으로 나누어 두께를 확인한 결과 역시 근시의 정도와 유의한 상관관계가 없었다(상측 $p=0.941$, 하측 $p=0.352$)(Table 1).

나이, 성별, 좌우안, 안압 그리고 시야 검사상 평균편차 등이 굴절력과 망막신경섬유층 두께 변화에 영향을 미칠 수 있으므로, 이들을 통제한 후 시행한 편상관분석 결과 굴절력과 망막신경섬유층두께 간의 상관관계 또한 변수를 통제하기 이전과 동일한 결과를 보였다 (Table 2).

고 찰

녹내장 환자들은 병이 진행함에 따라 가장 먼저 망막신경섬유층의 두께가 감소하는 변화를 보이고¹⁻³ 이와 별도로 근시 환자들은 후극부의 부분적 팽창과 같은 조직학적 변화로 감각 망막이 얇아지게 된다.⁶ 그 결과 근시가 있는 녹내장 및 고안압증 환자에서 병의 악화 가능성이 대한 의문점이 제기되어 왔다. 하지만 근시로

Table 2. Correlations after adjusting age, sex, laterality, baseline IOP and mean deviation

		Average (μm)	r*	P value [†]
Stratus OCT	Avg. Thick	94.98 \pm 16.65	0.287	0.000
	Superior	114.85 \pm 22.62	0.265	0.001
	Inferior	114.56 \pm 26.75	0.209	0.008
	Temporal	74.32 \pm 16.54	0.073	0.363
	Nasal	76.22 \pm 17.33	0.317	0.000
GDx-VCC	NFI	31 \pm 18.12	-0.114	0.156
	TSNIT Avg	49.29 \pm 7.36	-0.097	0.226
	Superior	60.55 \pm 10.73	0.014	0.861
	Inferior	58.18 \pm 10.69	-0.104	0.195
	TSNIT std. dev.	20.86 \pm 5.04	0.086	0.282

* Pearson correlation coefficient; [†] Pearson test; Stratus OCT=Stratus optical coherence tomography; GDx-VCC=Scanning Laser Polarimetry with Variable corneal compensation; Avg. Thick=Average retinal nerve fiber layer thickness obtained by optical coherence tomography; NFI=Nerve Fiber Index obtained by scanning laser polarimetry; TSNIT Avg=Average retinal nerve fiber layer thickness obtained by scanning laser polarimetry; TSNIT std. dev.=Standard Deviation of the Average retinal nerve fiber layer thickness obtained by scanning laser polarimetry.

인한 시신경의 형태학적 변화로 인해⁷⁻¹³ 시신경 모양만 보고 녹내장 여부를 판단하기 어려운 부분이 있으며⁴ 따라서 근시로 인한 시신경의 변화를 감안하고 시신경 손상과 망막신경섬유층의 두께를 측정하는 여러 가지 장비들로서 녹내장을 조기에 진단하고 진행여부를 판단하기 위한 노력이 이루어지고 있다.

녹내장 환자에서 근시가 진행함에 따라 근시에 의한 조직학적 변화와 맥락막의 변성 및 위축⁵으로 망막신경섬유층의 두께가 얇아진다고 한다.⁶ 따라서 녹내장의 진행으로 인한 망막신경섬유층 두께의 감소를 고려하면 근시가 있는 녹내장 환자에서 녹내장 검사를 시행할 때에는 근시로 인한 망막신경섬유층 두께에 대한 변화를 감안하여야 할 것이다. 실제로 Leung et al²⁸은 115명의 근시 환자를 대상으로 OCT (version 3)를 이용하여 망막신경섬유층의 두께를 측정한 결과 구면렌즈대응치가 -6.0D 이하인 고도근시 군이 -6.0D 이상인 중증도근시 군보다 통계적으로 유의하게 12, 1, 7시 방향에서 얇아지는 경향을 확인하였다. 그리고 안축장거리와 굴절률이 증가함에 따라 망막신경섬유층의 두께가 감소하였다(안축장거리, $r=-0.314$, $p=0.001$, 굴절률, $r=0.291$, $p=0.002$). Ozdek et al²⁹은 85명의 근시 환자를 대상으로 GDx (NFA-I)을 이용하여 상, 하측 망막신경섬유층 두께를 측정한 결과 근시가 진행함에 따라 매 디옵터마다 각각 0.122와 0.092 μm 만큼 점차 감소함을 보고한 바 있고 Kremmer et al³⁰도 75명의 건강한 근시 환자를 대상으로 GDx (version 1.0.14, 2.0.10)을 이용하여 평균 망막신경섬유층 두께와 구면렌즈대응치 사이의 일차적 관계를 보고하였다. Salchow et al³¹은 17세 이하 어린이 92명을

대상으로 OCT-3 (version 4.0.1)를 이용하여 망막신경섬유층의 두께를 측정한 결과 굴절률이 증가할수록 통계적으로 유의하게 얇아지는 결과를 보였다($r=1.671$, $p<0.001$). 반면에 Bowd et al³²은 굴절이상 범위가 -5D에서 +5D까지인 155명의 지원자에게 GDx (version 2.0.01)와 OCT 2000 (version A5X1)를 이용하여 망막신경섬유층 두께를 분석한 결과 굴절과 망막신경섬유층 수치와는 관계가 없다고 보고한 바 있고 Hoh et al³³ 또한 OCT-1 (version 4.1)을 이용한 연구에서 안축장거리, 구면렌즈대응치와 평균 망막신경섬유층 두께와는 관계가 없다고 보고하였다. 근시 정도에 따라 망막신경섬유층 두께가 감소한다는 결과와 그렇지 않다는 상반된 결과가 모두 보고되고 있으며 이는 연구집단을 선택하는 과정 혹은 각 기계의 software version의 차이 때문으로 생각할 수 있다.

본 연구에서는 비교적 녹내장 예측률이 비슷하고 정확한 측정치를 제공하는 것으로 알려진 가장 최신 기종의 두 가지 장비인 GDx-VCC와 Stratus OCT를 동시에 녹내장 환자들에게 시행하여 이들의 근시 정도에 따른 망막신경섬유층 두께의 변화양상을 파악하였다. 기존의 OCT 또는 GDx만 시행하여 망막신경섬유층 두께를 측정했던 연구와는 다른 시도라고 할 수 있다. 그리고 그 결과 녹내장 환자에서 근시가 진행할수록 OCT로 측정한 망막신경섬유층의 두께는 통계적으로 유의하게 감소하는 것($p=0.000$)으로 확인되었고 각 사분면 별로 측정한 망막신경섬유층도 귀측을 제외하고는 같은 결과를 보여주었다. 이는 Leung et al²⁸이 OCT를 이용하여 근시 환자에서 망막신경섬유층 두께

를 측정한 연구결과에서 귀측을 제외하고 구면렌즈대응치와 통계적으로 유의한 상관관계를 보이고 있다고 보고한 내용과 일치하는 결과이다. 이들은 또한 115명의 건강한 근시 환자를 대상으로 망막신경섬유층의 두께는 구면렌즈대응치가 음의 값으로 커질수록 상관계수 0.291로 감소한다고 보고하였는데, 본 연구에서는 이들의 상관계수가 0.287이었다. 즉 본 논문과 Leung et al.²⁸의 연구를 비교해 보면 근시가 있으면서 녹내장이 있는 환자에서는 망막신경섬유층의 두께 감소가 비슷한 경향을 보일 것으로 추측된다. 그러나 본 연구에서는 정상인을 조사하지 않았기 때문에 이에 대한 명확한 결론을 내리는 것은 한계가 있으며 추후 연구로 보완되어야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서 GDx-VCC로 측정한 망막신경섬유층 두께는 굴절과 상관관계를 보이지 않았다. 이는 고도 근시와 연관된 심한 해부학적 변화 및 유두주위 위축의 결과로 공막 반사율이 증가함에 따라, GDx-VCC의 비정상 복굴절 뒤쳐짐이 증가해서 GDx-VCC로 측정한 망막신경섬유층 두께가 더 두껍게 측정되었기 때문으로 생각된다.³⁴ 본 연구에서는 복굴절 뒤쳐짐 효과를 제외하기 위하여 TSS 값이 60 이하인 경우를 제외하였으나 그럼에도 불구하고 복굴절 뒤쳐짐 효과를 완전히 제거하지 못하였을 것으로 추정된다.

본 연구는 후향적 연구이며 녹내장 환자를 대상으로 하였기 때문에 망막신경섬유층 두께에 영향을 미치는 여러 변수가 복합적으로 작용하여 망막신경섬유층 두께와 근시정도의 상관관계에 영향을 미칠 수 있는 단점이 있다. 그러나 저자는 녹내장환자를 본 연구에 포함할 경우 정도의 녹내장 환자만을 대상으로 하였고(시야검사상 평균편차 -10dB 이상), 평균편차를 녹내장의 진행 정도를 나타내는 지표로 보았다. 저자의 분석 결과 망막신경섬유층 두께에 영향을 미칠 수 있는 안압, 시야검사상 평균편차 등의 변수와 굴절력 간의 상관관계는 이변량상관분석상 통계적으로 유의하지 않았다.

나이도 망막신경섬유층 두께에 영향을 미칠 수 있다. 본 연구 결과 나이는 근시의 정도와 관계가 있었으나 나이가 들어감에 따라 근시가 감소하는 경향을 보여주었다. 일반적으로 나이가 들어감에 따라 망막신경섬유층 두께가 얇아지는 것으로 알려져 있으므로, 고도근시일수록 망막신경섬유층 두께가 얇아지는 본 연구 결과에 미친 나이의 영향은 그 관계가 크지 않을 것으로 판단된다. 또한 저자는 나이를 포함한 이들 변수를 통제된 편상관계분석에서도 근시는 망막신경섬유층 두께에 영향을 미치는 변수임을 다시 확인할 수 있었다.

일반적으로 우안과 좌안의 성질은 강한 상관관계를 가진다고 한다. 따라서 본 연구와 같은 양안을 포함한

분석은 한눈 곱하기 2로 중복 분석될 수 있는 위험성이 있다. 이를 통제하기 위해 본 연구에서는 편상관계분석시 우안과 좌안이 미치는 영향을 각각 통제한 후 분석을 시행하였으며 그 결과 양안을 동시에 포함한 것이 본 연구의 상관관계에 영향을 미치지 않았다.

일반 인구를 대상으로 시행한 연구를 보면 근시가 진행할수록 녹내장 위험률이 증가한다고 한다. Blue Mountain Eye study³⁵에서는 근시와 개방각 녹내장과의 연관성에 대해서 보고한 바 있으며, 스웨덴에서 32,000명 이상의 인구를 대상으로 한 연구³⁶에서도 근시가 녹내장의 중요한 위험요소라고 밝힌 바 있다. 근시와 녹내장 사이에 발병 기전은 아직 완벽하게 밝혀진 않았지만 근시성 시신경이 결체조직의 구조와 배열의 변화로 녹내장성 손상에 더 취약할 것으로 판단되고 망막신경섬유층의 두께가 녹내장과 밀접한 관계가 있으므로 근시가 진행할수록 망막신경섬유층의 두께가 감소하는 본 연구의 결과는 근시 환자에서 망막신경섬유층 두께를 측정하고 판단할 때 주의가 필요하다는 것과 근시에서 망막신경섬유층 두께가 얇아진다면 근시에서 녹내장이 많이 발생하거나 혹은 많이 진단될 수 있다는 가능성을 뒷받침해주고 있다.

결론적으로 본 연구에서는 녹내장 및 고안압증 환자에서 근시가 진행할수록 OCT를 이용하여 측정한 망막신경섬유층 두께도 유의하게 감소하는 양상을 보였다. 따라서 녹내장을 진단하고 경과 관찰할 때에는 굴절 검사를 통한 환자의 근시 정도를 파악하고 그에 따른 망막신경섬유층 두께 변화를 감안하는 일이 중요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- 1) Quigley HA, Katz J, Derrick RJ, et al. An evaluation of optic disc and nerve fiber layer examinations in monitoring progression of early glaucoma damage. *Ophthalmology* 1992;99:19-28.
- 2) Sommer HA, Quigley HA, Robin AL, et al. Evaluation of nerve fiber layer assessment. *Arch Ophthalmol* 1984;102:1766-71.
- 3) Quigley HA, Addicks EM, Green WR. Optic nerve damage in human glaucoma. *Arch Ophthalmol* 1982;100:135-46.
- 4) Hyung SM, Kim DM, Hong C, Youn DH. Optic Disc of the Myopic Eye: Relationship between Refractive Errors and Morphometric Characteristics. *Korean J Ophthalmol* 1992;6:32-5.
- 5) Curtin BJ, Karlin DB. Axial length measurements and fundus changes of the myopic eye. *Am J Ophthalmol* 1971;1:42-53.
- 6) Yanoff M, Fine BS. *Ocular pathology: A text and atlas*, 3rd ed. Philadelphia: JB Lippincott, 1989;408.
- 7) Tomlinson A, Philips CI. Ratio of optic cup to optic disc in

- relation to axial length of eyeball and refraction. *Br J Ophthalmol* 1969;53:765.
- 8) Daubs JG, Crick RP. Effect of refractive error on the risk of ocular hypertension and open angle glaucoma. *Trans Ophthalm Soc U K* 1981;101:121.
- 9) Perkins ES, Phelps CD. Open angle glaucoma, ocular hypertension, low-tension glaucoma, and refraction. *Arch Ophthalmol* 1982;100:1464.
- 10) Phelps CD. Effects of myopia on prognosis in treated primary open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol* 1982;93:622.
- 11) Curtin BJ. *The Myopias*. Philadelphia: Harper & Row, 1985;159-269.
- 12) Jonas JB, Gusek GC, Naumann GOH. Optic disk morphometry in high myopia. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1988;226:587.
- 13) Johnstone MA. Primary open-angle glaucoma. In: Ritch R, Shields MB, Krupin T: *The Glaucomas*. 1st ed. St. Louis, C. V. Mosby, 1989; v.2. chap. 35..
- 14) Huang D, Swanson EA, Lin CP, et al. Optical coherence tomography. *Science* 1991;254:1178-81.
- 15) Hee MR, Izatt JA, Swanson EA, et al. Optical coherence tomography of the human retina. *Arch Ophthalmol* 1995;113: 325-32.
- 16) Budenz DL, Michael A, Chang RT, et al. Sensitivity and Specificity of the Stratus OCT for perimetric Glaucoma. *Ophthalmology* 2005;112:3-9.
- 17) Malgorzata M, Bakunowice-Lazarczuk A, Sredzmskn-Kita D. Use of optical coherence tomography in myopia. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2004;41:159-62.
- 18) Weinreb RN. Evaluating the retinal nerve fiber layer in glaucoma with scanning laser polarimetry. *Arch Ophthalmol* 1999;117:1403-6.
- 19) Morgan JE, Waldock A, Jeffery G, Cowey A. Retinal nerve fiber layer polarimetry: histological and clinical comparison. *Br J Ophthalmol* 1998;82:684-90.
- 20) Niessen AG, Van Den Berg TJ, Langerhorst CT, Greeve EL. Retinal nerve fiber layer assessment by scanning laser polarimetry and standardized photography. *Am J Ophthalmol* 1996;121:484-93.
- 21) Tjon-Fo-Sang MJ, Lemij HG. The sensitivity and specificity of nerve fiber measurements in glaucoma as determined with scanning laser polarimetry. *Am J Ophthalmol* 1997;123:62-9.
- 22) Zhou Q, Weinreb RN. Individualized compensation of anterior segment birefringence during scanning laser polarimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002;43:2221-8.
- 23) Weinreb RN, Bowd C, Zangwill LM. Glaucoma detection using scanning laser polarimetry with variable corneal polarization compensation. *Arch Ophthalmol* 2003;121:218-24.
- 24) Greenfield DS, Knighton RW, Huang XR. Effect of corneal polarization axis on assessment of retinal nerve fiber layer thickness by scanning laser polarimetry. *Am J Ophthalmol* 2000;129:715-22.
- 25) Park MH, Hwang HS, Moon JI. Diagnosis of Glaucoma in the cases of the opposed Results of GDx and OCT. *J Korean Ophthalmol Soc* 2005;46:2010-5.
- 26) Choi SW, Lee SJ. Thickness Changes in the Fovea and Peripapillary Retinal Nerve Fiber Layer Depend on the Degree of Myopia. *Korean J Ophthalmol* 2006;20:215-9.
- 27) Bowd C, Medeiros FA, Weinreb RN, Zangwill LM. The Effect of Atypical Birefringence Patterns on Glaucoma Detection Using Scanning Laser Polarimetry with Variable Corneal Compensation. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007;48:223-7.
- 28) 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.
- 29) Ozdek SC, Onol M, Gürelik G, Hasanreisoglu B. Scanning laser polarimetry in normal subjects and patients with myopia. *Br J Ophthalmol* 2000;84:264-7.
- 30) Kremmer S, Zadow T, Steuhl KP, Selbach JM. Scanning laser polarimetry in myopic and hyperopic subjects. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2004;242:489-94.
- 31) Salchow DJ, Oleynikov YS, Chiang MF, et al. Retinal nerve fiber layer thickness in normal children measured with optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2006;113:786-91.
- 32) Bowd C, Zangwill LM, Blumenthal EZ, et al. Imaging of the optic disc and retinal nerve fiber layer: the effects of age, optic disc area, refractive error, and gender. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 2002;19:197-207.
- 33) Hoh ST, Lim MC, Seah SK, et al. Peripapillary retinal nerve fiber layer thickness variations with myopia. *Ophthalmology* 2006;113:773-7.
- 34) Bozkurt B, Irkec M, Gedik S. Effect of peripapillary chorioretinal atrophy on GDx parameters in patients with degenerative myopia. *Clin Exp Ophthalmol* 2002;30:411-4.
- 35) Mitchell P, Hourihan F, Sandbach J, Wang JJ. The relationship between glaucoma and myopia: the Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmology* 1999;106:2010-15.
- 36) Grodum K, Heijl A, Bengtsson B. Refractive error and glaucoma. *Acta Ophthalmol Scand* 2001;79:560-6.

=ABSTRACT=

Changes in RNFL Thickness According to the Myopia in Patients with Glaucoma and Ocular Hypertension

Jung Wan Kim, M.D., Yong Yeon Kim, M.D., Ph.D.

Department of Ophthalmology, Korea University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate the changes in retinal nerve fiber layer (RNFL) thickness according to the degree of myopia in patients with glaucoma and ocular hypertension.

Methods: Ninety-eight patients (165 eyes) diagnosed with glaucoma or ocular hypertension underwent optical coherence tomography (OCT) and scanning laser polarimetry using variable corneal compensation (GDx-VCC) to analyze the correlation between the degree of myopia and the thickness of the RNFL. A partial correlation coefficient analysis was performed to adjust for various factors such as age, laterality, intraocular pressure, and the mean deviation from visual field test, which can influence the RNFL thickness.

Results: The average, nasal, superior, and inferior sectorial RNFL thicknesses measured by OCT significantly decreased with increasing myopia ($p<0.05$). However, RNFL thickness measured by GDx-VCC was not significantly correlated with the degree of myopia.

Conclusions: The RNFL thickness measured by OCT decreased with increasing myopia in eyes with glaucoma and ocular hypertension.

J Korean Ophthalmol Soc 2008;49(10):1634-1640

Key Words: GDx-VCC, Myopia, OCT, RNFL thickness

Address reprint requests to **Yong Yeon Kim, M.D., Ph.D.**

Department of Ophthalmology, Guro Hospital, Korea University College of Medicine

#80 Guro-dong, Guro-gu, Seoul 152-703, Korea

Tel: 82-2-2626-1260, Fax: 82-2-857-8580, E-mail: yongkim@mail.korea.ac.kr