

유수정체 안내후방렌즈삽입술 후 망막신경섬유층 두께 측정값의 변화

The Change of Retinal Nerve Fiber Layer Thickness after Posterior Chamber Phakic Intraocular Lens Implantation

이태희 · 박정원 · 정세형 · 박상우

Tae Hee Lee, MD, Jung Won Park, MD, Se Hyung Jeong, MD, Sang Woo Park, MD, PhD

전남대학교 의과대학 안과학교실

Department of Ophthalmology, Chonnam National University Medical School, Gwangju, Korea

Purpose: In the present study we evaluated the changes of measured retinal nerve fiber layer (RNFL) thickness using optical coherence tomography (OCT) after phakic intraocular lens (implantable collamer lens, ICL) implantation and analyzed the factors correlated with the changes of measured RNFL thickness.

Methods: Forty eyes of 40 patients (Group A: 20 patients using spectral domain OCT and Group B: 20 patients using time domain OCT) who underwent ICL implantation were included in this study. RNFL thickness was measured 1 week before surgery and 1 month postoperatively using OCT. The changes of measured RNFL thickness and the correlation between patients' data were analyzed.

Results: The postoperative measured RNFL thickness of the average, inferior, temporal, and superior quadrants were increased compared to preoperative measured RNFL thickness in Group A. Group B had similar results in the average, inferior, and superior quadrants ($p < 0.05$). However, the postoperative changes of RNFL measurements were not correlated with the preoperative spherical equivalent, the degree of spherical equivalent change and diopters of implanted lens ($p > 0.05$).

Conclusions: The measured RNFL thickness after ICL implantation may increase compared to the preoperative value. Caution should be taken when interpreting the RNFL thickness values measured by OCT in patients with myopia who undergo ICL implantation.

J Korean Ophthalmol Soc 2014;55(5):702-710

Key Words: Optical coherence tomography, Phakic intraocular lens implantation, Retinal nerve fiber layer

최근 굴절교정술로 레이저각막절삭가공성형술(laser in situ keratomileusis, LASIK)과 레이저각막상피절삭가공성형술(laser epithelial keratomileusis, LASEK) 등이 시행되고 있다. 그러나 이러한 교정술은 근시가 매우 심하거나 각막이 얇은 경우 시행하기 어렵다고 알려졌으며, 창상치유과

정에서 일어나는 생체변화에 의하여 시력 회복이 늦어지거나 각막흔탁 등이 발생할 수 있다는 단점이 있어 이를 해결하기 위해 유수정체안내렌즈삽입술(Phakic intraocular lens implantation)이 레이저각막절삭가공성형술이나 레이저각막상피절삭가공성형술을 시행할 수 없는 환자에게 시행되고 있다.¹⁻⁴ 이는 1953년 최초로 Strampelli⁵에 의해 전방에 렌즈를 삽입하는 방법으로 시도되었고, 1986년에는 Fyodorov et al⁶이 안내후방콘택트렌즈삽입술을 시행한 이후 지속적으로 발전하여 현재 안내후방렌즈삽입술로 ICL (implantable collamer lens, STAAR Surgical AG, Niau, Switzerland)이 사용되고 있다.³ 이러한 유수정체안내렌즈삽입술은 시력회

■ Received: 2013. 9. 7. ■ Revised: 2013. 11. 22.

■ Accepted: 2014. 4. 1.

■ Address reprint requests to Sang Woo Park, MD, PhD
Department of Ophthalmology, Chonnam National University Hospital, #42 Jebong-ro, Dong-gu, Gwangju 501-757, Korea
Tel: 82-62-220-6742, Fax: 82-62-227-1642
E-mail: exo70@naver.com

복이 빠르고 -8디옵터 이상의 고도근시의 경우 레이저각막 절삭가공성형술이나 레이저각막상피절삭가공성형술 등의 굴절교정술보다 시력 예후가 우수하다고 알려졌으나 내피 세포의 손상, 백내장 및 녹내장의 발생은 더 높다고 알려졌다.⁷⁻¹¹

녹내장은 망막신경절세포 및 축삭의 점진적인 소실로 인한 시야결손과 이에 따른 시신경유두의 특징적인 변화가 나타나는 질환으로, 시신경유두 주위의 망막신경섬유층 두께의 측정은 녹내장의 진단에 중요하다. 이에 빛간섭단층촬영(optical coherence tomography, OCT), 주사레이저편광 측정기(Scanning laser polarimetry) 및 레이저시신경유두분석기(Heidelberg retina tomography) 등과 같은 형태학적인 변화를 객관적으로 제공하는 장비가 유용하게 사용되고 있다.¹²⁻¹⁴ 이 중 빛간섭단층촬영은 조직 및 기준 거울에서 반사되는 빛의 시간 차이를 간섭계로 측정하여 이를 고해상도의 이미지로 변환하여 제공하는 검사이다. 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영(Spectral domain OCT, SD-OCT)은 기존의 시간영역 빛간섭단층촬영(Time domain OCT, TD-OCT)에 비해 축 해상도가 향상되어 망막내부구조를 이전보다 정밀하게 보여주어 미세 정보를 제공하고 많은 데이터를 빠르게 처리할 수 있다는 장점이 있다.¹⁵⁻¹⁷ 이러한 빛간섭단층촬영을 이용한 망막신경섬유층 두께의 측정에 영향을 미치는 인자로 동공 크기, 백내장 등이 알려졌으며, 최근에는 레이저각막절삭가공성형술, 레이저각막상피절삭가공성형술 등의 굴절교정술이 망막신경섬유층의 측정에 미치는 영향에 대한 연구가 여러 차례 보고된 바 있으나 우수정체 안내후 방렌즈 삽입술과 망막신경섬유층 두께 간의 관련성에 대한 연구는 아직까지 보고된 바가 없다.¹⁸⁻²¹ 따라서 본 연구에서는 우수정체 안내후방렌즈 삽입술을 시행 받은 환자들을 대상으로 시간영역 및 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영을 이용하여 수술 전후의 망막신경섬유층의 두께를 측정, 비교함으로써 우수정체 안내후방렌즈 삽입술이 망막신경섬유층 두께의 측정에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

대상과 방법

2011년 3월부터 2011년 6월까지 ICL 삽입술을 시행 받고 1개월 이상 경과관찰이 가능하였던 환자들을 대상으로 의무기록을 통한 후향적 연구를 시행하였다. 총 40명의 40안이 포함되었으며 만 21세 미만, 각막질환, 녹내장 또는 포도막염 등의 다른 안 질환이 있는 경우, 전방 깊이가 3 mm 이내인 경우, 각막내피세포의 수가 $2,000 \text{ cells/mm}^2$ 미만인 경우, 그리고 고혈압 또는 당뇨 등의 전신질환이 있는 경우는 본 연구에서 제외되었다. 모든 환자의 의무기록을 대상

으로 수술 전후의 나안시력 및 최대교정시력, 현성 및 조절 마비굴절검사, 세극등현미경검사, 안저검사, 각막굴절계검사, 각막두께측정, 안압검사 및 각막내피검사에 대해 조사하였다. 우수정체 안내후방렌즈 삽입술을 시행하기 2주 전 모든 환자들은 술 후 발생할 수 있는 동공차단의 예방을 위해 Nd-YAG 레이저(Nidek YC-1600 YAG, Nidek Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 홍채 주변부의 11시와 1시 방향에 홍채 절개술을 시행 받았다. 삽입할 ICL의 도수는 수술 전 최대 교정시력을 얻을 수 있는 현성굴절검사의 값을 기준으로 ICL의 제조회사에서 설정한 공식을 적용하여 술 후 정시를 얻을 수 있도록 결정하였다.

수술은 0.5% tropicamide/0.5% phenylephrine 혼합제제(Mydrin-P®, Santen Pharmaceutical, Osaka, Japan)를 10분 간격으로 3번 점안하여 최대로 산동시킨 후 0.5% proparacaine (Alcaine®, Alcone, Ft Worth, TEX, USA)을 이용한 점안마취하에 시행되었다. 먼저 diamond knife를 이용하여 각막 이측에 3.2 mm의 투명각막절개창을 만든 다음 12시 및 6시에 microsurgery knife로 전방천자를 시행하고 1.5% sodium hyaluronate의 점탄물질로 전방을 채웠다. 렌즈의 표시점을 확인하고 삽입장치(STAAR ICL injector)에 렌즈를 장착한 후 전방에 주입하도록 하였고, 렌즈가 퍼진 다음 홍채 뒤쪽으로 조심스럽게 밀어 넣었다. 렌즈 위치가 적절한지 확인한 다음 평형염액(BSS®, Alcon, Ft Worth, TEX, USA)을 전방에 주사하여 점탄물질을 제거하였고 각막절개부위의 봉합은 하지 않고 수술을 마쳤다. 술 후 1일째부터 0.5% levofloxacin (Cravit®, Santen, Osaka, Japan) 및 1% rimexolone (Vexol®, Alcon, Ft Worth, TEX, USA)을 하루 4회씩 점안하게 하였고 이후 경과관찰 기간 동안 적절히 감량하였다.

망막신경섬유층 두께의 측정은 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기(A군, 20명)와 시간영역 빛간섭단층촬영기(B군, 20명)를 이용하였으며 총 40명의 40안이 포함되었다. 망막신경섬유층 두께의 측정은 술 전 1주일 및 술 후 1개월째 Mydrin-P를 점안하여 충분히 산동시킨 후 한 명의 숙련된 검사자에 의해 시행되었다. A군에서는 Spectralis 빛간섭단층촬영기(Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany)를 이용하였고, 768 A-스캔으로 구성된 지름 3.5 mm의 원형의 B-스캔 영역 내의 중심에 시신경유두가 위치하도록 하여 망막신경섬유층 두께를 측정하였으며 눈의 움직임으로 인한 상의 뒤틀림을 보정하기 위해 eye tracking system이 적용되었다. 좋은 상을 얻기 위해 모든 이미지는 제조사에서 권장한 20 dB 이상인 경우만을 포함하였다. 산출된 6개 구역의 값 중 상비측과 상이측의 평균값을 상측으로, 하비측과 하이측의 평균값을 하측으로 하여 4개 사분면에서의 측정값을 얻었으며 360도의 평균두께의 값을 구하였다. B

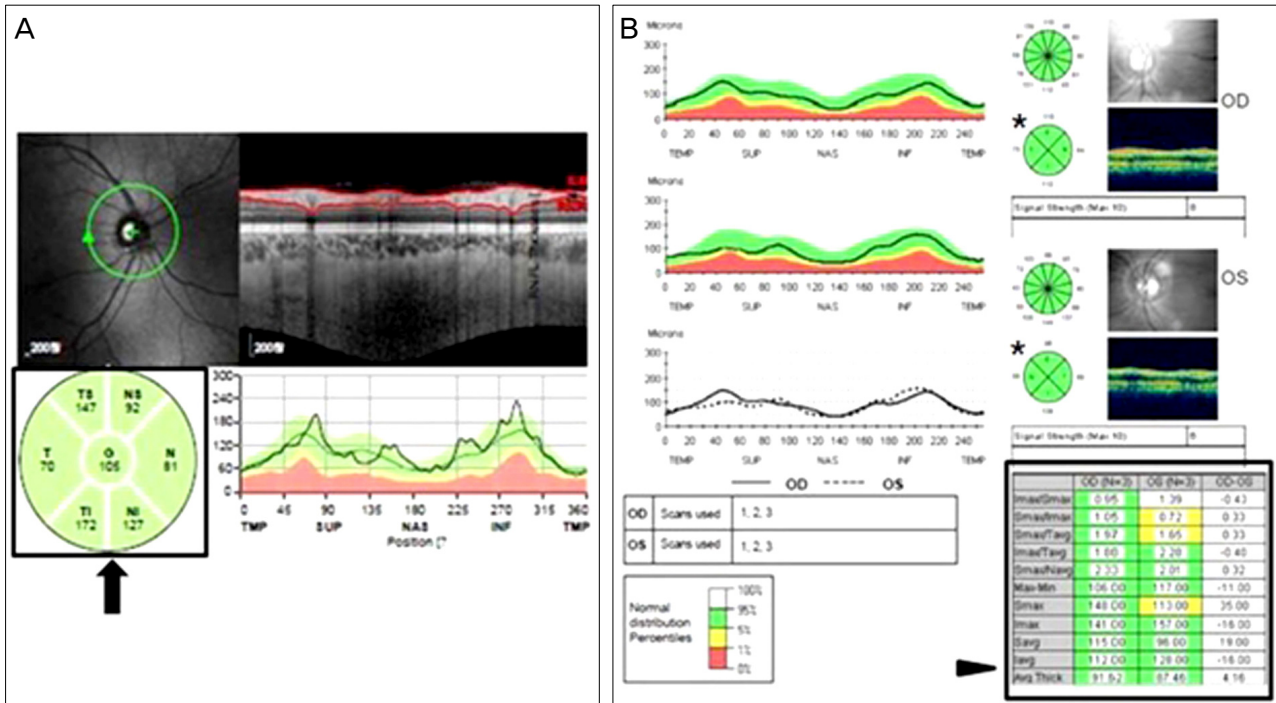


Figure 1. Optical coherence tomography (OCT) findings, Spectralis OCT (A) and Stratus OCT (B). (A) Data of six sectors of retinal nerve fiber layer (RNFL) thickness, including temporal (T), temporal superior (TS), temporal inferior (TI), nasal (N), nasal superior (NS), nasal inferior (NI) and were used (black arrow). Average thickness of RNFL were calculated by mean value of these six sectors. Superior quadrant and inferior quadrant data were obtained from mean value of TS and nasal superior (NS), TI and NI, respectively. (B) Data from the four quadrants of RNFL thickness were obtained in this Stratus OCT result (asterix), and the average thickness of RNFL were obtained from the table (arrow head).

군에서는 시간영역 빛간섭단층촬영기인 Stratus-OCT (Carl Zeiss Meditec, Inc., Dublin, CA, USA)를 이용하였고, 시신경유두주위 망막신경섬유층에 직경 3.4 mm의 동심원을 따라 256개의 지점에서 망막신경섬유층 두께를 측정하는 fast retinal nerve fiber layer thickness scan을 측정방법으로 이용하였다. 망막상이 잘 맺히고, 시신경유두를 중심으로 한 동심원의 이탈이 없고, 8 이상의 signal strength를 보이는 경우만을 대상에 포함시켰으며 측정된 결과 중 4개 사분면 각각의 평균값과 스캔 영역 내의 전체 평균 신경섬유층 두께의 값을 분석 자료로 이용하였다(Fig. 1).

통계분석은 SPSS 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하였다. A군과 B군의 각각의 수술 전후 망막신경섬유층 두께의 차이를 비교하기 위하여 paired *t*-test를 이용하였고, A군과 B군 간의 망막신경섬유층 두께 차이의 비교에는 Student *t*-test를 이용하였다. 두 군에서 수술 전후의 망막신경섬유층 두께의 변화 정도와 삽입되는 렌즈 도수, 수술 전후 구면대응치의 변화량 간의 상관성을 알아보기 위해 Pearson's correlation test를 이용하였다. *p*값이 0.05 미만일 경우 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

총 대상 환자 40명 중 A군(20명, 20안)과 B군(20명, 20안)의 평균연령은 각각 30.6 ± 5.9 세(21-44세), 29.4 ± 5.2 세(20-40세)였다. A군의 술 전 평균구면대응치는 -9.4 ± 2.4 디옵터($-12.50 \sim -5.25$ 디옵터)였고, 평균전방 깊이는 3.22 ± 0.16 mm ($3.10 \sim 3.55$ mm)였으며, 삽입된 ICL의 평균도수는 -14.1 ± 2.9 디옵터($-19.5 \sim -9.0$ 디옵터)였다. B군의 술 전 평균구면대응치, 평균전방깊이 및 ICL의 평균도수는 각각 -9.9 ± 2.5 디옵터($-15.25 \sim -4.25$ 디옵터), 3.32 ± 0.23 mm ($3.02 \sim 3.70$ mm), 그리고 -14.2 ± 3.1 디옵터($-20.5 \sim -6.0$ 디옵터)였다. 술 전 요인에 따른 두 군 간의 통계학적 유의한 차이는 없었다(Table 1). 수술 후 평균구면대응치는 A군에서 -0.23 ± 0.42 디옵터($-1.25 \sim -0.75$ 디옵터)였고, B군에서 -0.37 ± 0.48 디옵터($-1.00 \sim -0.50$ 디옵터)였다. 두 군에서 수술 전 교정시력(logMAR)은 각각 0.04 ± 0.11 , 0.05 ± 0.10 에서 수술 후 -0.05 ± 0.11 , -0.06 ± 0.10 로 통계학적 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 수술 후 불빛 번짐 눈부심으로 불편을 호소한 경우가 A군에서 2안, B군에서 1안 있었으나, 렌즈삽입술로 인한 지속적인 불편을 호소하는 경우는 없었고 수술 중 렌즈손상, 렌즈 뒤집힘 등 렌즈 삽입에 의한 문제는 발생하지 않았다. 그 외 백내

Table 1. Preoperative characteristics of patients who underwent ICL implantation

	Group A [*]	Group B [†]	<i>p</i> -value
Total number of eyes (M:F)	20 (7:13)	20 (5:15)	0.50
Age (years)	30.6 ± 5.9 (21-44)	29.4 ± 5.2 (20-40)	0.48
Spherical equivalent (diopter)	-9.4 ± 2.4 (-12.50 ~ -5.25)	-9.9 ± 2.5 (-15.25 ~ -4.25)	0.54
Anterior chamber depth (mm)	3.22 ± 0.16 (3.1-3.55)	3.32 ± 0.23 (3.02-3.70)	0.13
Implanted ICL spherical equivalent (diopter)	-14.1 ± 2.9 (-19.5 ~ -9.0)	-14.2 ± 3.1 (-20.5 ~ -6.0)	0.96
Image quality (Signal strength/dB)	8.8 ± 0.70 (8-10)	25.65 ± 1.50 (23-29)	-

Values are presented as mean ± SD; Statistically significant, if *p* < 0.05.

M = male; F = female; ICL = implantable collamer lens.

^{*}Spectralis OCT group; [†]Stratus OCT group.

Table 2. Preoperative, postoperative and amounts of increase of retinal nerve fiber layer thickness by Spectralis (group A) and Stratus (group B) optical coherence tomography

	Preoperative	Postoperative	Amount of increase	<i>p</i> -value
Average (μm)				
Group A [*]	96.4 ± 9.7	101.2 ± 8.0	4.8 ± 5.3	<0.01 [‡]
Group B [†]	93.9 ± 5.6	99.1 ± 5.3	5.2 ± 6.6	<0.01 [‡]
Nasal (μm)				
Group A [*]	55.5 ± 16.0	57.5 ± 13.9	2.0 ± 7.2	0.16
Group B [†]	56.2 ± 10.9	60.8 ± 11.0	4.6 ± 11.4	0.09
Inferior (μm)				
Group A [*]	117.5 ± 16.0	121.8 ± 15.2	4.3 ± 8.3	0.03 [‡]
Group B [†]	118.1 ± 12.0	123.3 ± 14.3	5.2 ± 9.6	0.03 [‡]
Temporal (μm)				
Group A [*]	82.7 ± 12.7	88.8 ± 12.8	6.2 ± 8.2	<0.01 [‡]
Group B [†]	91.8 ± 14.5	96.4 ± 23.7	4.7 ± 14.8	0.17
Superior (μm)				
Group A [*]	102.6 ± 14.2	108.6 ± 14.2	6.0 ± 8.8	<0.01 [‡]
Group B [†]	109.2 ± 16.1	116.2 ± 15.0	7.0 ± 11.4	0.01 [‡]

Values are presented as mean ± SD.

^{*}Spectralis OCT group; [†]Stratus OCT group; [‡]Statistically significant, if *p* < 0.05.

장, 망막박리, 녹내장 및 수술 후 고혈압증 등은 없었다.

A군의 술 전 망막신경섬유층의 평균 두께는 96.4 ± 9.7 μm였고, 비측, 하측, 이측, 상측사분면의 두께는 각각 55.5 ± 16.0 μm, 117.5 ± 16.0 μm, 82.7 ± 12.7 μm, 그리고 102.6 ± 14.2 μm였다. 술 후 망막신경섬유층의 두께는 평균 101.2 ± 8.0 μm였고, 비측사분면 57.5 ± 13.9 μm, 하측사분면 121.8 ± 15.2 μm, 이측사분면 88.8 ± 12.8 μm, 상측사분면 108.6 ± 14.2 μm로 술 전에 비해 평균 두께 및 4개의 사분면에서 모두 증가되었으며 평균 두께 및 하측, 이측, 상측사분면에서는 증가량이 각각 4.8 ± 5.3 μm, 4.3 ± 8.3 μm, 6.2 ± 8.2 μm, 그리고 6.0 ± 8.8 μm로 통계적으로 유의한 증가 양상을 보였다(*p*<0.05, Table 2). B군의 술 후 망막신경섬유층 두께는 평균 99.1 ± 5.3 μm, 비측 60.8 ± 11.0 μm, 하측 123.3 ± 14.3 μm, 이측 96.4 ± 23.7 μm, 상측 116.2 ±

15.0 μm으로, 술 전의 평균 및 비측, 하측, 이측, 그리고 상측사분면의 망막신경섬유층 두께인 93.9 ± 5.6 μm, 56.2 ± 10.9 μm, 118.1 ± 12.0 μm, 91.8 ± 14.5 μm, 그리고 109.2 ± 16.1 μm에 비해 각각 5.2 ± 6.6 μm, 4.6 ± 11.4 μm, 5.2 ± 9.6 μm, 4.7 ± 14.8 μm, 그리고 7.0 ± 11.4 μm씩 증가되어 측정되었으며, 이들 측정값 중 평균치, 하측 및 상측사분면에서는 통계적으로 유의한 증가 양상을 보였다(*p*<0.05, Table 2).

술 전 구면대응치, 수술 전후의 구면대응치 변화량, 삽입된 ICL의 도수, 수술 전후 망막신경섬유층 평균두께 및 각 사분면에서의 측정값의 변화 정도는 A군과 B군 모두에서 통계적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았다(Table 3). 그러나, A군에서 수술 전후 평균, 비측, 하측 및 이측사분면의 망막신경섬유층 두께 증가 정도는 각각 수술 전 측정된

Table 3. Correlation analysis between amounts of retinal nerve fiber layer thickness change and preoperative spherical equivalent, amounts of spherical equivalent change, and implanted ICL diopters

	Preoperative SE	Changes of SE	ICL diopters
Average			
Group A*	$r^{\dagger} = -0.06$	$r^{\ddagger} = 0.08$	$r^{\ddagger} = -0.05$
Group B [†]	$r^{\ddagger} = -0.31$	$r^{\ddagger} = 0.23$	$r^{\ddagger} = -0.25$
Nasal			
Group A*	$r^{\ddagger} = -0.07$	$r^{\ddagger} = 0.06$	$r^{\ddagger} = -0.05$
Group B [†]	$r^{\ddagger} = -0.09$	$r^{\ddagger} = -0.04$	$r^{\ddagger} = -0.03$
Inferior			
Group A*	$r^{\ddagger} = -0.04$	$r^{\ddagger} = 0.05$	$r^{\ddagger} = -0.01$
Group B [†]	$r^{\ddagger} = -0.32$	$r^{\ddagger} = 0.25$	$r^{\ddagger} = -0.27$
Temporal			
Group A*	$r^{\ddagger} = -0.14$	$r^{\ddagger} = -0.01$	$r^{\ddagger} = -0.12$
Group B [†]	$r^{\ddagger} = -0.12$	$r^{\ddagger} = 0.14$	$r^{\ddagger} = -0.12$
Superior			
Group A*	$r^{\ddagger} = -0.07$	$r^{\ddagger} = 0.06$	$r^{\ddagger} = -0.04$
Group B [†]	$r^{\ddagger} = -0.15$	$r^{\ddagger} = 0.14$	$r^{\ddagger} = -0.14$

SE = spherical equivalent; ICL = implantable collamer lens.

*Spectralis OCT group; [†]Stratus OCT group; [‡]Pearson's coefficient, all $p > 0.05$.

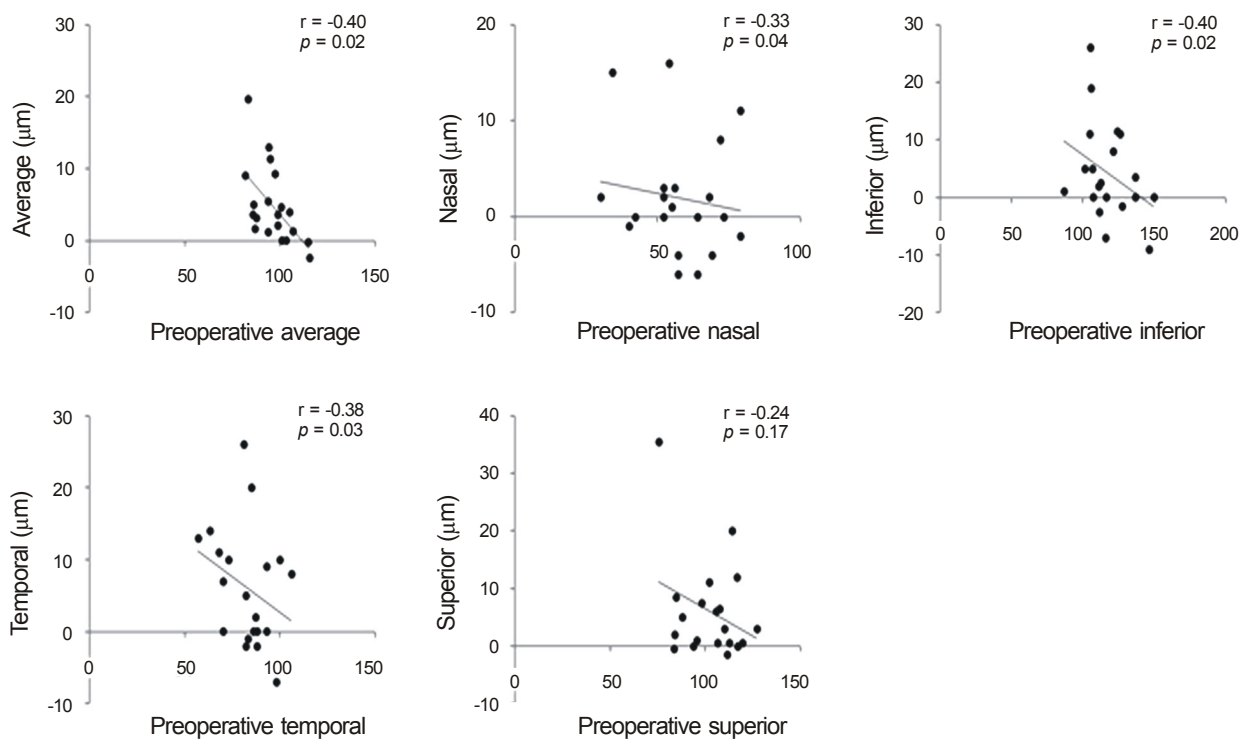


Figure 2. Correlation of preoperative retinal nerve fiber layer (RNFL) thickness with the amounts of RNFL thickness change in average and each quadrants in Spectralis optical coherence tomography (OCT) group (group A). There were statistically significant negative correlation in preoperative average, nasal, inferior and temporal quadrant RNFL thickness with amounts of average, nasal, inferior and temporal increase, respectively.

평균, 비측, 하측 및 이측사분면의 망막신경섬유층 두께와 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 보였다(Fig. 2). B군에서도 A군과 비슷한 양상을 보였는데, 수술 전후 망막신경섬유층 두께의 변화 정도는 이측사분면을 제외하고 평균,

비측, 하측 및 상측사분면에서 각각의 술전 측정값들과 음의 상관관계를 보였으며, 특히 평균, 비측 및 상측사분면에서의 망막신경섬유층 두께 변화 정도는 각각 술 전 평균, 비측 및 상측사분면의 두께와 통계적으로 유의한 상관관계

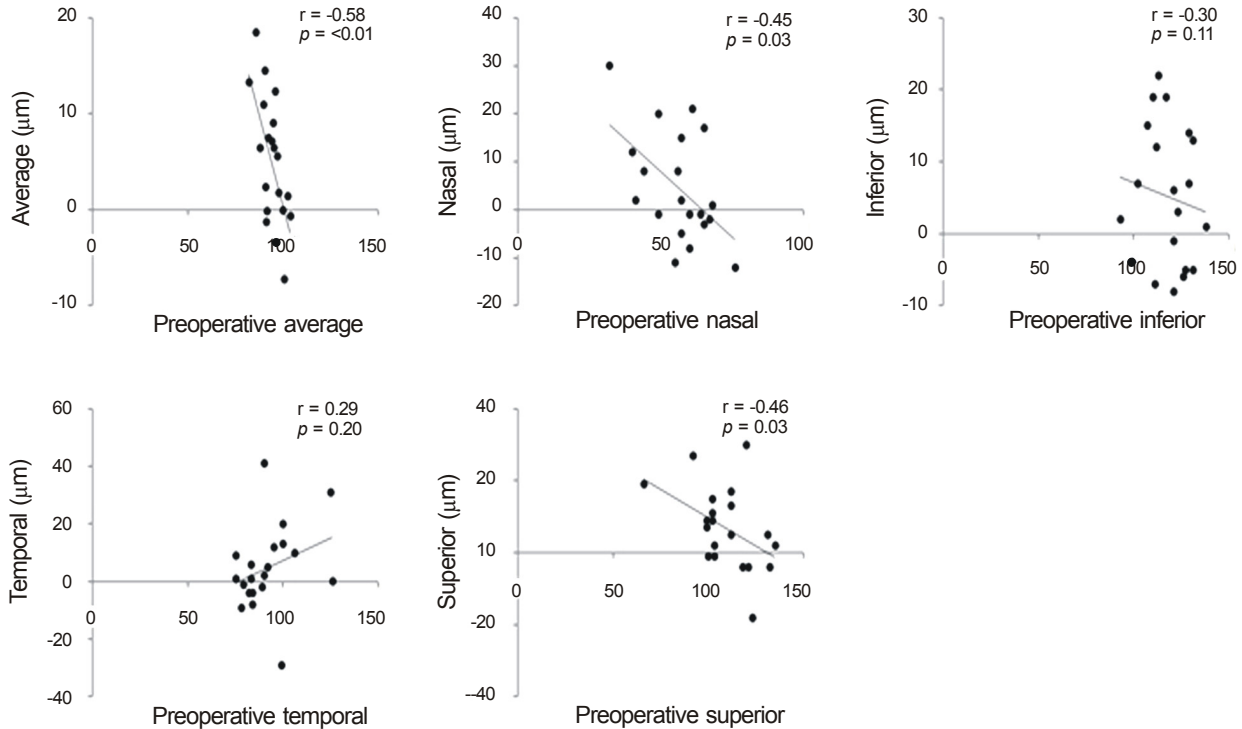


Figure 3. Correlation of preoperative retinal nerve fiber layer (RNFL) thickness with the amounts of RNFL thickness change in average and each quadrants in Stratus optical coherence tomography (OCT) group (group B). There were statistically significant negative correlation in RNFL thickness of preoperative average, nasal and superior quadrant thickness with amounts of average, nasal, superior increase, respectively, which were similar results compared with Spectralis OCT group (group A).

가 있었다(Fig. 3).

고 찰

최근 근시가 녹내장의 발생 위험을 높인다는 여러 보고들이 있으며, 이에 빛간섭단층촬영을 이용한 망막신경섬유층 두께의 측정에 대한 중요성이 부각되고 있다.^{16,17,22-25} 이에 근시 환자를 대상으로 빛간섭단층촬영을 이용하여 망막신경섬유층 두께를 측정한 후 근시와 망막신경섬유층 두께의 관련성을 알아보고자 한 연구들이 수차례 보고된 바 있으나 아직까지 논란의 대상이 되고 있다.^{20,21,24,25} 특히, Budenz et al²⁰은 시간영역 빛간섭단층촬영으로 망막신경섬유층 두께를 측정한 결과 굴절률과 망막신경섬유층 두께간의 관련성은 없다고 하였으며, Savini et al²¹은 근시 환자에서 망막신경섬유층 두께의 측정에는 굴절률보다는 안축장 및 시신경유두의 크기 등이 더 영향을 줄 것이라고 하였다. 반면, Mohammad²⁴에 의하면 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영으로 측정한 망막신경섬유층의 두께는 굴절률의 변화와 연관성이 있으므로 고도근시가 있는 경우 망막신경섬유층 두께에 대한 빛간섭단층촬영 결과의 해석에 주의를 요한다고 하였다.

유수정체 안내콘택트렌즈 삽입술은 레이저각막절삭가공성형술 또는 레이저각막상피절삭가공성형술 등의 굴절교정술을 시행할 수 없는 근시 환자에서 굴절교정술의 대안으로 널리 이용되는 추세이며, 유수정체 안내콘택트렌즈는 크게 전방렌즈와 후방렌즈로 나뉘어지며 현재까지 다양한 종류의 렌즈가 개발되었다.³ 특히 ICL은 유수정체 안내콘택트렌즈의 종류 중 후방렌즈에 속하는 것으로 1997년 국내에 최초로 소개된 이후 시행된 연구결과에서 좋은 효용성 및 높은 안정성을 가지고 있는 것으로 알려졌다.^{2,4,26,27} 이전 연구에 의하면 레이저각막절삭가공성형술을 시행 받고 빛간섭단층촬영기와 주사레이저편광측정기를 이용하여 측정한 망막신경섬유층의 두께는 수술 전후에 의미있는 차이를 보이지 않았다고 하였고,²⁸ 이에 본 연구에서는 유수정체 안내후방렌즈 삽입술을 시행 받은 환자에서 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기와 시간영역 빛간섭단층촬영기를 이용하여 측정된 수술 전후의 망막신경섬유층 두께의 측정값의 변화에 대해 알아보고자 하였다.

본 연구 결과에 따르면 ICL 삽입술 전의 망막신경섬유층 두께에 비해 유수정체 안내후방렌즈 삽입술 후 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기와 시간영역 빛간섭단층촬영기로 측정한 망막신경섬유층의 두께가 증가한 것으로 나타났는데,

스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기로 측정 시 평균 증가량은 이측에서 약 6.2 μm 로 가장 많았고 비측에서 2.0 μm 로 가장 적었으며, 시간영역 빛간섭단층촬영기로 측정 시 상측에서 7.0 μm 로 가장 많았고 비측에서 4.6 μm 로 가장 적은 것으로 나타났다. 스펙트럼영역과 시간영역 빛간섭단층촬영영역을 비교한 이전의 연구에서 두 기기의 평균 망막신경섬유층 두께, 하사분면과 상사분면 망막신경섬유층 두께는 상관관계가 강했고, 이측과 비측사분면 망막신경섬유층 두께는 상관관계가 더 약하다고 하였다.²⁹⁻³¹ 특히 비측사분면은 상관관계와 반복성이 약한데 이는 레이저 광선의 입사각으로 인하여 비측사분면이 어두운 것과 관련이 있다고 하였다.³² 본 연구에서도 망막신경섬유층 두께의 측정치 중 비측사분면에서만 두 기기 모두에서 술 전과 술 후의 유의한 차이가 없었는데, 이는 두 기기를 이용하였을 때 비측사분면의 상관관계와 반복성이 약한 것과 관련지어 생각해 볼 수 있으나 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

구면대응치의 변화량이나 술 전 구면대응치, 삽입한 렌즈의 도수 등은 빛간섭단층촬영에서 측정된 망막신경섬유층 두께의 증가와 유의한 관련성이 없었다. Wang et al³³에 의하면 굴절 오차가 빛간섭단층촬영으로 측정된 망막신경섬유층의 두께에 미치는 영향은 미미하다고 하였으며, Salchow et al³⁴은 다양한 도수의 콘택트렌즈를 착용시킨 후 망막신경섬유층의 두께를 빛간섭단층촬영으로 측정한 결과 굴절률의 변화에 따른 망막신경섬유층 두께의 차이는 없었다고 하였다. 또한, Aristidou et al³⁵은 레이저각막절삭가공성형술 또는 레이저각막상피절삭가공성형술 등의 굴절교정술 후 주사레이저편광측정기(scanning laser polarimetry)로 측정한 망막신경섬유층의 두께는 술 후 1개월, 3개월, 6개월, 그리고 12개월째에 큰 변화를 보이지 않았다고 하였다. 그러나, 본 연구에서는 망막신경섬유층이 유수정체 안내후방렌즈 삽입술 후 술 전과 비교하여 두껍게 측정되었는데, 이는 기존의 연구들에서 굴절률의 변화가 각막에서 발생한 것과 달리 본 연구에서는 수정체면에서 굴절률의 변화에 의한 확대 효과(magnification effect)의 감소가 발생했기 때문에 나타난 결과일 것으로 생각한다.

확대 효과란 빛간섭단층촬영기에서 측정된 망막 영상의 크기보다 촬영된 망막 영상의 실제 크기가 더 크다는 효과를 나타내는 것으로, Littmann³⁶에 의해 고안된 공식으로 설명된다($t=p \cdot q \cdot s$). 즉, 망막의 실제 크기는 빛간섭단층촬영기의 촬영에 사용된 카메라의 확대 상수(p), 안구 자체와 관련된 확대 상수(q), 그리고 빛간섭단층촬영기에 찍힌 안저 영상의 크기(s)와 관련된다. 이 중 공식에 사용되는 상수 q는 안구의 구조에 따라 달라지는데, Bennett et al³⁷은 각막

굴절률, 안축장의 길이, 전방깊이, 수정체의 두께, 굴절률 등에 의해 상수 q가 달라진다고 하였다. Bayraktar et al³⁸이 스캔 영역의 지름을 다르게 하여 망막신경섬유층의 두께를 측정한 바에 의하면 스캔 영역이 시신경유두에 가까울수록 망막신경섬유층이 두껍게 측정된다고 하였다. 본 연구에서 수술 전 근시안에서는 상이 망막의 앞쪽에 맺히고 그로 인해 빛간섭단층촬영기의 촬영으로 얻을 수 있는 망막신경섬유층에 확대효과가 발생하게 되면서 원형의 스캔영역이 더 멀리 위치하게 된다. 반면에 렌즈삽입술 후에는 술 전 앞쪽에 맺히던 상이 정시안에 맺히면서 확대효과가 감소하게 되고 이로 인해 빛간섭단층촬영에서 나타나는 원형의 스캔영역이 수술 전과 비교하여 시신경유두와 더 가깝게 위치하게 되므로 렌즈 삽입술 후에는 술 전에 비하여 망막신경섬유층의 두께의 측정값이 증가했을 것으로 생각된다. A군과 B군에서 수술 후 망막신경섬유층 두께의 증가 정도는 수술 전 측정된 망막신경섬유층의 두께와 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났는데, 수술 전 측정된 값이 작을수록 수술 전후의 증가 정도가 커짐을 알 수 있었다. 이러한 점은 안구 자체와 관련된 확대상수에 영향을 줄 수 있는 각막 굴절률, 안축장의 길이, 전방깊이, 수정체의 두께, 굴절률 등의 영향으로 생각해 볼 수는 있으나 이에 대해서는 추후 연구가 필요할 것으로 생각한다.

본 연구는 후향적 분석이었고 대상자 수가 적었다는 점을 제한점으로 생각할 수 있다. 또한 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기와 시간영역 빛간섭단층촬영기의 경우 기기의 재현성을 증명하기 위해 연속으로 두 번 이상 검사한 측정값의 평균과 표준편차를 이용해야 하지만 본 연구에서는 한 번의 측정값으로 통계분석을 하였다는 점이 제한점이 될 수 있다. 그리고 기존의 연구들에서 안축장의 길이가 확대 효과와 밀접한 관련이 있다는 것과 달리 안축장의 길이를 고려하지 않았던 것이 제한점이 될 수 있는데, 이는 렌즈의 도수 계산 시 필요한 정보에 안축장은 포함되지 않아 이에 대한 검사가 이루어지지 않았기 때문이다. 향후 유수정체 안내후방렌즈 삽입술을 시행 받은 환자에서 안축장의 길이의 측정을 통한 망막신경섬유층 두께와 안축장과의 연관성에 대한 고찰이 필요할 것으로 생각한다. 또한, 6개월 이상의 장기적인 추적 관찰을 통한 망막신경섬유층 두께의 변화 양상을 알아보는 것이 유수정체 안내후방렌즈 삽입술을 시행 받은 환자에서 빛간섭단층촬영을 이용한 망막신경섬유층의 분석에 좀 더 도움이 될 것으로 생각한다.

요약하면, 유수정체 안내후방렌즈삽입술을 시행 받은 근시 환자에서 빛간섭단층촬영기를 이용한 망막신경섬유층 두께의 측정 및 추적관찰 시 수술 전에 비해 두껍게 측정될 수 있어 그 결과의 해석에 주의가 필요할 것으로 생각한다.

REFERENCES

- 1) Amoils SP, Deist MB, Gous P, Amoils PM. Iatrogenic keratectasia after laser in situ keratomileusis for less than -4.0 to -7.0 diopters of myopia. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:967-77.
- 2) Jimenez-Alfaro I, Gomez-Telleria G, Bueno JL, Puy P. Contrast sensitivity after posterior chamber phakic intraocular lens implantation for high myopia. *J Refract Surg* 2001;17:641-5.
- 3) Huang D, Schallhorn SC, Sugar A, et al. Phakic intraocular lens implantation for the correction of myopia: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology* 2009;116:2244-58.
- 4) Lee SY, Cheon HJ, Baek TM, Lee KH. Implantable contact lens to correct high myopia. *J Korean Ophthalmol Soc* 2000;41:1515-22.
- 5) Strampelli B. Tolerance of acrylic lenses in the anterior chamber in aphakia and refraction disorders. *Ann Ottalmol Clin Ocul* 1954;80:75-82.
- 6) Fyodorov SN, Zuyev VK, Aznabayev BM. Intraocular correction of high myopia with negative posterior chamber lens. *Ophthalmosurgery* 1991;3:57-8.
- 7) El Danasoury MA, El Maghraby A, Gamali TO. Comparison of iris-fixed Artisan lens implantation with excimer laser in situ keratomileusis in correcting myopia between -9.00 and -19.50 diopters: a randomized study. *Ophthalmology* 2002;109:955-64.
- 8) Sanders DR. Matched population comparison of the Visian implantable collamer lens and standard LASIK for myopia of -3.00 to -7.88 diopters. *J Refract Surg* 2007;23:537-53.
- 9) Schallhorn S, Tanzer D, Sanders DR, Sanders ML. Randomized prospective comparison of Visian toric implantable collamer lens and conventional photorefractive keratectomy for moderate to high myopic astigmatism. *J Refract Surg* 2007;23:853-67.
- 10) Alio JL, de la Hoz F, Perez-Santonja JJ, et al. Phakic anterior chamber lenses for the correction of myopia: a 7-year cumulative analysis of complications in 263 cases. *Ophthalmology* 1999;106:458-66.
- 11) Budo C, Hessloehl JC, Izak M, et al. Multicenter study of the Artisan phakic intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:1163-71.
- 12) Quigley HA, Katz J, Derick 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.
- 13) Leung CK, Chan WM, Yung WH, et al. Comparison of macular and peripapillary measurements for the detection of glaucoma: an optical coherence tomography study. *Ophthalmology* 2005;112:391-400.
- 14) Medeiros FA, Zangwill LM, Bowd C, Weinreb RN. Comparison of the GDx VCC scanning laser polarimeter, HRT II confocal scanning laser ophthalmoscope, and stratus OCT optical coherence tomography for the detection of glaucoma. *Arch Ophthalmol* 2004;122:827-37.
- 15) Hood DC, Raza AS, Kay KY, et al. A comparison of retinal nerve fiber layer (RNFL) thickness obtained with frequency and time domain optical coherence tomography (OCT). *Opt Express* 2009;17:3997-4003.
- 16) Inoue R, Hangai M, Kotera Y, et al. Three-dimensional high-speed optical coherence tomography imaging of lamina cribrosa in glaucoma. *Ophthalmology* 2009;116:214-22.
- 17) Leung CK, Cheung CY, Weinreb RN, et al. Retinal nerve fiber layer imaging with spectral-domain optical coherence tomography: a variability and diagnostic performance study. *Ophthalmology* 2009;116:1257-63.
- 18) Sharma N, Sony P, Gupta A, Vajpayee RB. Effect of laser in situ keratomileusis and laser-assisted subepithelial keratectomy on retinal nerve fiber layer thickness. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:446-50.
- 19) Chen CS, Natividad MG, Earnest A, et al. Comparison of the influence of cataract and pupil size on retinal nerve fiber layer thickness measurements with time-domain and spectral-domain optical coherence tomography. *Clin Experiment Ophthalmol* 2011;39:215-21.
- 20) Budenz DL, Anderson DR, Varma R, et al. Determinants of normal retinal nerve fiber layer thickness measured by Stratus OCT. *Ophthalmology* 2007;114:1046-52.
- 21) Savini G, Barboni P, Parisi V, Carbonelli M. The influence of axial length on retinal nerve fiber layer thickness and optic-disc size measurements by spectral-domain OCT. *Br J Ophthalmol* 2012;96:57-61.
- 22) Lin LL, Shih YF, Hsiao CK, et al. Epidemiologic study of the prevalence and severity of myopia among schoolchildren in Taiwan in 2000. *J Formos Med Assoc* 2001;100:684-91.
- 23) Kang SH, Kim PS, Choi DG. Prevalence of myopia in 19-year-old Korean males: The relationship between the prevalence and education or urbanization. *J Korean Ophthalmol Soc* 2004;45:2082-7.
- 24) Mohammad Salih PA. Evaluation of peripapillary retinal nerve fiber layer thickness in myopic eyes by spectral-domain optical coherence tomography. *J Glaucoma* 2012;21:41-4.
- 25) 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.
- 26) Han SY, Lee KH. Long term effect of ICL implantation to treat high myopia. *J Korean Ophthalmol Soc* 2007;48:465-72.
- 27) Chun YS, Lee JH, Lee JM, et al. Outcomes after implantable contact lens for moderate to high myopia. *J Korean Ophthalmol Soc* 2004;45:480-9.
- 28) Gurses-Ozden R, Liebmann JM, Schuffner D, et al. Retinal nerve fiber layer thickness remains unchanged following laser-assisted in situ keratomileusis. *Am J Ophthalmol* 2001;132:512-6.
- 29) Knight OJ, Chang RT, Feuer WJ, Budenz DL. Comparison of retinal nerve fiber layer measurements using time domain and spectral domain optical coherent tomography. *Ophthalmology* 2009;116:1271-7.
- 30) Budenz DL, Fredette MJ, Feuer WJ, Anderson DR. Reproducibility of peripapillary retinal nerve fiber thickness measurements with Stratus OCT in glaucomatous eyes. *Ophthalmology* 2008;115:661-6.
- 31) Schuman JS, Pedut-Kloizman T, Hertzmark E, et al. Reproducibility of nerve fiber layer thickness measurements using optical coherence tomography. *Ophthalmology* 1996;103:1889-98.
- 32) Knighton RW, Qian C. An optical model of the human retinal nerve fiber layer: implications of directional reflectance for variability of clinical measurements. *J Glaucoma* 2000;9:56-62.
- 33) Wang XY, Huynh SC, Burlutsky G, et al. Reproducibility of and effect of magnification on optical coherence tomography measurements in children. *Am J Ophthalmol* 2007;143:484-8.
- 34) Salchow DJ, Hwang AM, Li FY, et al. Effect of contact lens power on optical coherence tomography of the retinal nerve fiber layer. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:1650-4.

- 35) Aristeidou AP, Labiris G, Paschalis EI, et al. Evaluation of the retinal nerve fiber layer measurements, after photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis, using scanning laser polarimetry (GDx VCC). Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2010;248:731-6.
- 36) Littmann H. Determination of the real size of an object on the fundus of the living eye. Klin Monbl Augenheilkd 1982;180:286-9.
- 37) Bennett AG, Rudnicka AR, Edgar DF. Improvements on Littmann's method of determining the size of retinal features by fundus photography. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 1994;232:361-7.
- 38) Bayraktar S, Bayraktar Z, Yilmaz OF. Influence of scan radius correction for ocular magnification and relationship between scan radius with retinal nerve fiber layer thickness measured by optical coherence tomography. J Glaucoma 2001;10:163-9.

= 국문초록 =

유수정체 안내후방렌즈삽입술 후 망막신경섬유층 두께 측정값의 변화

목적: 유수정체 안내후방렌즈 삽입술을 시행 받은 환자에서 빛간섭단층촬영(optical coherence tomography, OCT)을 이용하여 수술 전후의 망막신경섬유층 두께의 측정값의 변화 양상을 분석하고 이와 관련된 인자에 대해 분석하고자 하였다.

대상과 방법: 유수정체 안내후방렌즈 삽입술을 시행 받고 1개월 이상 경과관찰이 가능하였던 40명 40안에 대하여 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기를 이용한 군(A군) 20명 20안과 시간영역 빛간섭단층촬영기를 이용한 군(B군) 20명 20안에서 수술 전후의 상측, 하측, 비측, 이측 및 평균 망막신경섬유층 두께의 측정값의 변화를 측정하고 그 변화를 알아보하고자 하였다.

결과: 두 군의 망막신경섬유층의 평균 두께와 A군의 이측, 하측, 상측, B군의 하측, 상측의 망막신경섬유층 두께의 측정값의 변화는 수술 전과 비교하여 수술 후 유의한 증가양상을 보였으나($p < 0.05$), 이는 수술 전 구면대응치, 수술 전후의 구면대응치 변화량 및 삽입된 렌즈 도수와 유의한 상관관계를 보이지는 않았다.

결론: 유수정체 안내후방렌즈 삽입술 후 빛간섭단층촬영을 이용한 망막신경섬유층 두께의 측정값의 변화를 측정 시 수술 전에 비해 두껍게 측정될 수 있어 결과 해석에 주의를 요한다.

〈대한안과학회지 2014;55(5):702-710〉
