

## 녹내장수술 후 안압하강에 따른 맥락막두꺼기의 장기 변화

### Long-term Longitudinal Changes in Choroidal Thickness with Intraocular Pressure Reduction after Glaucoma Surgery

김인혜<sup>1</sup> · 구원모<sup>2</sup> · 정아름<sup>1</sup> · 차순철<sup>1</sup>

Inhye Kim, MD<sup>1</sup>, Won Mo Gu, MD<sup>2</sup>, Areum Jeong, MD<sup>1</sup>, Soon Cheol Cha, MD, PhD<sup>1</sup>

영남대학교 의과대학 안과학교실<sup>1</sup>, 잘보는안과의원<sup>2</sup>

Department of Ophthalmology, Yeungnam University College of Medicine<sup>1</sup>, Daegu, Korea  
Daegu Premier Eye Center<sup>2</sup>, Daegu, Korea

**Purpose:** We investigated the long-term longitudinal changes in axial length (AL), mean ocular perfusion pressure (MOPP), and choroidal thickness (CT) according to the reduction of intraocular pressure (IOP) after glaucoma surgery. The potential variables associated with CT changes were also evaluated.

**Methods:** This was a prospective study for 1 year after glaucoma surgery, which included 71 eyes of 71 patients with primary open-angle glaucoma. The subfoveal CT (SFCT) and peripapillary CT (PPCT) were measured using spectral-domain optical coherence tomography preoperatively and 1 week, 1 month, 2 months, 6 months, and 1 year postoperatively. MOPP was calculated from the IOP and blood pressure. The AL was measured using partial coherence interferometry. Regression analysis was conducted to assess the possible association of variables.

**Results:** The AL decreased and the MOPP, SFCT, and PPCT increased significantly with IOP reduction at 1 year postoperatively (all,  $p < 0.001$ ). The changes in SFCT and PPCT were significantly associated with IOP reduction at 1 year postoperatively ( $r = -0.519$  and  $r = -0.528$ , respectively). Importantly, greater increases in SFCT and PPCT were found in patients with IOP reduction more than 30% from baseline, when compared with those with less than 30% reduction ( $p = 0.001$  and  $p = 0.002$ , respectively). The SFCT increased more significantly in patients with  $AL \leq 24$  mm, compared with patients with  $AL > 24$  mm ( $p = 0.044$ ).

**Conclusions:** Reduction in the IOP, increase in the MOPP, decrease in the AL, and increase in the CT after glaucoma surgery persisted for 1 year during a long-term follow-up. These results suggested that glaucoma surgery reduced mechanical compression on the optic nerve fiber and increased intraocular blood flow.

J Korean Ophthalmol Soc 2020;61(1):69-77

**Keywords:** Axial length, Choroidal thickness, Glaucoma surgery, Intraocular pressure, Ocular perfusion pressure

■ Received: 2019. 5. 16. ■ Revised: 2019. 7. 23.

■ Accepted: 2019. 12. 30.

■ Address reprint requests to **Soon Cheol Cha, MD, PhD**  
Department of Ophthalmology, Yeungnam University Hospital,  
#170 Hyeonchung-ro, Nam-gu, Daegu 42415, Korea  
Tel: 82-53-620-3442, Fax: 82-53-626-5936  
E-mail: sccha@ynu.ac.kr

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

녹내장은 전 세계적으로 실명의 주요 원인을 차지하며, 지속적인 관리와 치료가 필요한 진행성 시신경병증이다.<sup>1,2</sup> 녹내장의 병인으로 시신경의 기계적 손상 이외에도 허혈성 손상 이론이 제시되고 있다. 즉, 녹내장성 시신경병증은 시신경유두 사상판으로의 혈액 공급과 관련이 있으며, 이곳의 혈류는 유두주위의 맥락막혈관의 분지로부터 공급되기 때문에 맥락막을 구성하는 혈관의 밀도나 직경에 이상이 발생하는 것은 녹내장의 발생과 밀접한 관련이 있는 것으

로 알려져 있다.<sup>3-5</sup>

이전 여러 연구를 통해 녹내장에서 안압을 낮추는 치료가 사상판 영역에 대한 기계적 압박을 완화시키고 안혈류를 개선하여 시신경과 망막신경절세포의 세포사멸을 멈추어 녹내장 진행을 억제하는 데 효과가 있는 것으로 알려져 있다.<sup>6-9</sup> 국소 약물 치료가 안압하강을 위한 가장 일반적인 방법이지만, 최대 약물 치료에도 시신경 손상이 진행하거나 약물에 대한 부작용으로 치료를 지속하기 어려운 경우에 녹내장에 대한 수술적 치료를 시행하게 된다.<sup>10</sup>

녹내장환자와 건강한 정상인을 대상으로 시행한 연구에서 안압과 맥락막두께는 유의한 음의 상관관계를 보였다.<sup>11,12</sup> 이를 통해 녹내장수술 후 안압하강과 안혈류량 개선에 의해 맥락막두께의 변화가 생길 것을 예상할 수 있고, 녹내장수술의 효과를 예측할 수 있는 중요한 요소일 것으로 생각된다. 하지만 기존의 빛간섭단층촬영(optical coherence tomography, OCT)으로는 맥락막 구조를 명확히 관찰하기 어려웠고, 녹내장수술 후 맥락막두께 변화에 대한 장기적인 연구가 부족하여 안압하강 후 안혈류에 대한 정확한 영향을 알 수 없었다.

하지만, 최근에 스펙트럼영역빛간섭단층촬영(spectral-domain OCT, SD-OCT)과 enhanced depth imaging (EDI) 기법을 통해 비침습적으로 생체 내 맥락막두께를 측정할 수 있게 되어 녹내장수술 후 맥락막두께와 안혈류 변화에 대한 연구가 가능하게 되었다.<sup>13</sup> 이에 본 연구에서는 녹내장수술 후 1년간 안압의 변화와 SD-OCT를 이용한 맥락막두께 변화와 안구의 구조적 변화를 분석하고, 맥락막두께 변화에 영향을 주는 인자에 대해 알아보려고 한다.

## 대상과 방법

2016년 3월부터 2017년 10월까지 영남대학교병원 안과에서 약물로 조절되지 않는 녹내장으로 녹내장수술이 계획된 환자를 대상으로 전향적 연구를 시행하였다. 본 연구는 영남대학교병원 임상연구심의위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인을 받아 진행하였으며(승인 번호: 2019-01-007), 헬싱키선언(Declaration of Helsinki)을 준수하였다. 또한 모든 환자에서 본 연구 및 검사에 대해 충분한 설명을 한 뒤 개개인의 동의를 얻었다. 녹내장의 진단은 골드만압평안압계를 이용한 안압검사와 세극등검사, 전방각경검사, SD-OCT와 시야검사를 이용하여 한 명의 녹내장 전문의에 의하여 이루어졌다.

대상 질환으로 원발개방각녹내장(primary open angle glaucoma), 원발폐쇄각녹내장(primary angle closure glaucoma), 비늘녹내장(exfoliation glaucoma)의 데이터를 수집하였고,

본 연구에서는 원발개방각녹내장의 자료만 분석하였다. 색소녹내장(pigmentary glaucoma), 포도막염에 의한 녹내장(uveitic glaucoma), 스테로이드유발녹내장(steroid induced glaucoma), 외상녹내장(tramatic glaucoma), 신생혈관녹내장(neovascular glaucoma)과 같은 이차녹내장은 제외하였다. 그 외 다른 안과 질환, 안외상, 백내장수술을 제외한 안내수술의 과거력, 녹내장 이외의 시신경 손상을 일으킬 만한 원인 질환이 있는 경우, 고도근시로 인한 시신경유두주위위축부가 병적으로 큰 경우, 굴절이상이  $\pm 3.00$ 디옵터(diopters, D) 이상인 경우는 연구에서 제외하였다. 백내장 및 심한 motion artifact로 인해 SD-OCT 영상의 화질이 낮아 미세구조를 구분하기 어려운 경우도 대상에서 제외하였다. 또한, 대상 환자가 경과 관찰 중 안압이 상승하여 needling을 시행하였거나 백내장수술 또는 추가적으로 녹내장수술을 시행 받은 경우에는 대상에서 제외하고 분석하였다.

모든 대상 환자의 나이와 성별, 고혈압과 당뇨의 유무, 흡연력, 수술 전후의 안압하강제 사용 개수를 조사하였다. 수술 전 시력검사, 세극등검사, 골드만압평안압계를 이용한 안압측정, 현성굴절검사, 시야검사, 안저검사, 빛간섭단층촬영, 혈압 측정을 하였다. 초음파 각막두께측정계(SP-3000; Tomey, Erlangen, Germany)를 이용하여 중심각막두께를 측정하였고, 부분결합간섭검사 원리를 이용한 IOL Master® (IOL master 500; Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany)를 이용하여 안축장을 측정하였다. 평균안구관류압(mean ocular perfusion pressure, MOPP)은 특정 시간에 측정된 평균동맥압(mean arterial pressure, MAP)과 안압(intraocular pressure, IOP)의 차이로 정의하고, 평균안구관류압은  $MOPP = 2/3 (MAP-IOP)$  식을 이용하여 계산하였다. 수축기혈압(systolic blood pressure, SBP)과 이완기혈압(diastolic blood pressure, DBP)을 SD-OCT 시행 15분 전에 측정하였고,  $MAP = DBP + (1/3 [SBP-DBP])$  공식을 이용하여 평균동맥압을 산출하였다.<sup>14,15</sup> 빛간섭단층촬영은 SD-OCT (Spectralis®, Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany)의 EDI 기법을 이용하여 중심와와 시신경유두를  $5 \times 30^\circ$ 의 직사각형 모양으로 촬영하였다.

섬유주절제술, 수정체유화섬유주절제술 및 아메드밸브삽입술이 녹내장수술로 시행되었다. 수술은 구후마취를 이용하여 1인의 수술자에 의해 시행되었고, 모든 수술에서 mitomycin-C (Mitomycin-c Kyowa inj 10 mg®, Kyowa Kirin, Co., Ltd., Tokyo, Japan)가 사용되었다. 모두 수술 후 levofloxacin 0.5% 점안액(Cravit®, Santen Pharmaceutical Co., Ltd., Osaka, Japan), 1% prednisolone 점안액(Predforte®, Allergan, Irvine, CA, USA), 1% atropine 점안액(ISOPTO ATROPINE®, Alcon Laboratories, Fort Worth, TX, USA)

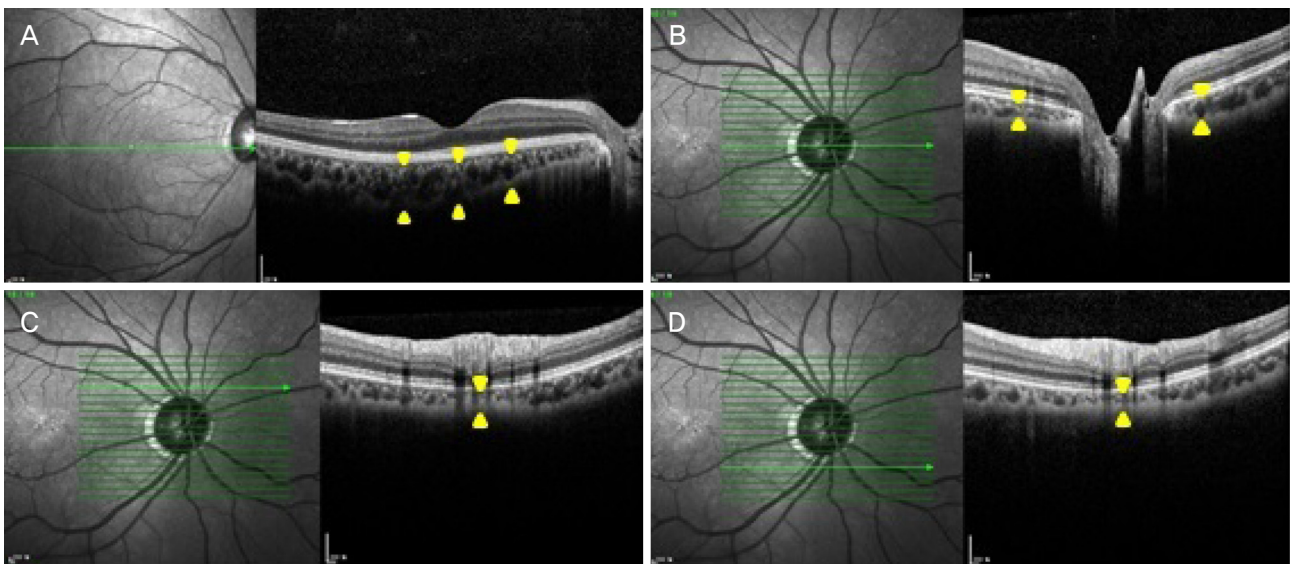
을 점안하였고 임상경과에 따라 점안 횟수를 조정하였다. 양안 모두 녹내장수술을 시행한 경우 양안 중 먼저 수술을 시행 받은 눈만 연구에 포함하였다.

섬유주절제술이나 수정체유화섬유주절제술을 시행 받은 환자에서는 경과 관찰 중 안압 및 여과포 상태에 따라 수지 압박, 푸는 봉합사의 제거 및 레이저봉합사용해술을 시행하였다. 경과 관찰은 수술 후 1주일, 1개월, 2개월, 6개월, 1년째에 시행하였고, 매 진료마다 시력검사, 세극등검사, 안압측정, 빛간섭단층촬영, 혈압검사, 안축장측정을 시행하였다. 경과 관찰 중 수술 후 1달 이내에 안압이 5 mmHg 이하의 저안압, 각막부종이 생긴 경우에는 검사를 시행하지 않았다.

맥락막두께 측정은 Heidelberg Eye Explorer 소프트웨어 (version 1.5.12.0)를 이용하였으며, 내장되어 있는 caliper tool을 이용하여 숙련된 2명의 측정자(K.I.H, J.A.R)가 독립적으로 측정하였다. 두 측정자의 결과치 평균값을 사용하였으며, 높은 측정자간(intraobserver), 측정자내(interobserver) 일치도를 보였다( $\kappa=0.906$ ,  $\kappa=0.910$ ). 중심와아래 맥락막두께 (Subfoveal choroidal thickness, SFCT)는 중심와를 관통하는 선형의 수평스캔을 이용하여 중심와아래, 중심와 250  $\mu\text{m}$  비측, 중심와 250  $\mu\text{m}$  이측에서 브루크막의 고반사선의 외측에서 맥락막-공막의 경계(chorioscleral interface)까지 수직선을 그어 측정하여 세 측정치의 평균값을 계산하였다 (Fig. 1A). 시신경유두주위 맥락막두께(peripapillary chori-

dal thickness, PPCT) 측정은 시신경유두를 중심에서 상하 좌우로 1,000  $\mu\text{m}$  떨어진 지점에서 브루크막의 고반사선의 외측에서 맥락막-공막의 경계까지 수직선을 그어 측정하였고 네 측정치의 평균값을 계산하였다(Fig. 1B-D).

데이터의 통계분석을 위해 SPSS version 21.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) 소프트웨어를 이용하였다. 수술 전과 수술 후 시간 경과에 따른 변화를 비교하기 위해 반복 측정 분산분석(repeated measures analysis of variance)을 시행하였고, 수술 전과 수술 후 1년째의 차이를 비교하기 위해 대응표본  $t$ -검정(paired  $t$ -test)를 시행하였다. 맥락막두께의 변화에 영향을 주는 변수를 파악하기 위해 회귀분석(regression analysis)을 시행하였다. 단순선형회귀분석(simple linear regression analysis)에서 유의한 연관성( $p<0.10$ )을 보인 변수와 맥락막두께에 영향을 줄 수 있는 변수(나이, 고혈압과 당뇨의 유무, 안축장, 평균안구관류압)는 다중선형회귀분석(multiple linear regression analysis)의 후진제거법(backward elimination method)을 이용하여 추가 분석을 시행하였다. 다중선형회귀분석에서 유의한 연관성을 보인 변수들간의 단순상관분석(simple correlation analysis)을 통해 관련성을 확인하였다. 녹내장수술 후 안압하강의 정도와 맥락막두께 변화의 연관성을 알아보기 위해 수술 전보다 안압이 30% 이하로 하강한 환자군과 그렇지 않은 군으로 나누어 독립표본  $t$ -검정(independent-sample  $t$ -test)을 이용하여 맥락막두께 변화를 비교하였다. 또한 안축장에 따른



**Figure 1.** Obtaining choroidal thickness (CT). The choroid is seen in cross-section on an enhanced-depth imaging optical coherence tomography scan. CT is defined as space between up-pointing arrow and down-pointing arrow. The outer border of the retinal pigment epithelium to the inner border of the sclera (arrowheads). (A) The subfoveal choroidal thickness (SFCT); SFCT was measured at subfovea, 250  $\mu\text{m}$  nasal to the fovea, and 250  $\mu\text{m}$  temporal to the fovea. (B-D) The peripapillary choroidal thickness (PPCT); PPCT was measured at 1,000  $\mu\text{m}$  nasal and temporal side (B), superior (C) and inferior side (D) from the optic disc center.

맥락막두께 변화를 비교하기 위해 수술 전 안축장이 24 mm 이하인 환자군과 24 mm를 초과하는 환자군으로 나누어 독립표본 *t*-검정(independent-sample *t*-test)을 이용하여 맥락막두께 변화를 비교하였다. 모든 경우에서 *p*값이 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의하다고 정의하였다.

## 결 과

본 연구에는 원발개방각녹내장환자 71명 71안이 연구에 포함되었다. 대상 환자들의 기본 임상 정보는 Table 1과 같다. 환자들의 평균 나이는 62.9 ± 12.5세(22-82세)였고, 남자는 45명, 여자는 26명이었다. 대상 환자들의 평균 굴절이상은 -0.62 ± 1.33D (-2.75 to +2.50D)였고, 평균 중심각막두께는 533.2 ± 36.6 μm (440-630 μm)였다. 대상 환자 중 고혈압이 있는 환자 23명, 당뇨가 있는 환자는 15명이 포함되었다. 흡연자는 16명, 과거 흡연력이 있는 환자는 12명, 비흡연자는 43명이었다. 수술 전 평균 안압하강제 사용 개수는 2.8 ± 0.5개로 1개를 사용한 환자 2명, 2개를 사용한 환자 10명, 3개를 사용한 환자가 59명이었다. 수술 후 6개월째에 안압하강제 1개를 재사용한 환자가 3명이 있었고, 수술 후 1년째에 1개의 안압하강제를 사용한 환자가 7명이었다. 섬유주절제술을 시행 받은 환자 54안, 수정체유화섬유주절제술을 시행 받은 환자 9안, 아메드밸브삽입술을 시행 받은 환자 8안이 포함되었다. 경과 관찰 중 3명 3안이 needling을 시행 받았고, 1명 1안이 백내장수술을 시행 받았다. 녹내장수술 후 1년이 되기 전에 경과 관찰이 중단된 환자는 4명 4안이었다. 이들은 대상 환자에서 제외하여 분석하였다.

대상 환자들의 수술 전과 수술 후 1년 동안의 안압, 안축

장, 평균안구관류압, 중심와아래 맥락막두께 그리고 시신경 유두주위 맥락막두께의 변화는 Table 2와 같다. 수술 전 평균 안압은 22.2 ± 9.4 mmHg (10-51 mmHg), 수술 후 1년째 평균 안압은 10.4 ± 3.7 mmHg (5-21 mmHg)였고, 수술 전 평균 안축장은 24.30 ± 1.26 mm (22.30-25.98 mm), 수술 후 1년째 평균 안축장은 24.04 ± 0.98 mm (22.33-25.23 mm)

**Table 1.** Baseline demographics and clinical characteristics of subjects (n = 71)

Variable	Value
Age (years)	62.9 ± 12.5 (22-82)
Sex (male:female)	45:26
Refractive errors (SE)	-0.62 ± 1.33 (-2.75 to +2.50)
Central corneal thickness (μm)	533.2 ± 36.6 (440 to 630)
Systemic disease	
HTN	23 (32.4)
DM	15 (21.1)
Smoking	
Non-smoker	43 (60.6)
Ex-smoker	12 (16.9)
Smoker	16 (22.5)
Glaucoma eye drop	
Preoperatively	2.8 ± 0.5 (1 to 3)
1 month postoperatively	0
6 months postoperatively	0.1 ± 0.2 (0 to 1)
1 year postoperatively	0.1 ± 0.3 (0 to 1)
Type of surgery	
Trabeculectomy	54 (76.1)
Phacotrabeculectomy	9 (12.7)
Ahmed valve implantation	8 (11.3)

Categorical variables are reported using proportions and continuous variables are reported using mean ± standard deviation (range) or number (%) unless otherwise indicated.

SE = spherical equivalent; HTN = hypertension; DM = diabetic mellitus.

**Table 2.** One-year longitudinal changes of ocular parameter at preoperative and postoperative periods

Variable	Preoperative (n = 71)	1 month (n = 50)	2 months (n = 51)	6 months (n = 69)	1 year (n = 71)	<i>p</i> -value*
IOP (mmHg)	22.2 ± 9.4 (10-51)	10.3 ± 3.4 (6-18)	10.51 ± 3.79 (2-20)	10.6 ± 3.8 (4-27)	10.4 ± 3.7 (5-21)	<0.001
AL (mm)	24.30 ± 1.26 (22.30-25.98)	24.13 ± 1.24 (22.20-25.56)	24.22 ± 1.37 (22.33-25.82)	24.08 ± 1.25 (21.85-25.84)	24.04 ± 0.98 (22.33-25.23)	0.031
MOPP (mmHg)	36.4 ± 13.1 (13.9-61.1)	51.9 ± 9.4 (26.1-67.3)	51.6 ± 9.6 (30.7-71.2)	51.5 ± 8.9 (35.1-73.0)	52.3 ± 9.1 (30.1-75.3)	<0.001
SFCT (μm)	181.4 ± 71.5 (73-417)	227.6 ± 85.8 (77-458)	230.4 ± 90.9 (80-448)	219.4 ± 84.5 (77-446)	215.0 ± 72.5 (81-426)	<0.001
PPCT (μm)	111.0 ± 45.3 (40-223)	146.9 ± 56.3 (51-284)	147.8 ± 57.9 (52-265)	139.7 ± 56.4 (36-277)	134.9 ± 49.3 (60-280)	<0.001

Values are presented as mean ± standard deviation (range).

IOP = intraocular pressure; AL = axial length; MOPP = mean ocular perfusion pressure; SFCT = subfoveal choroidal thickness; PPCT = peripapillary choroidal thickness.

\*Repeated measured analysis of variance.

로 안압과 안축장은 수술 후 유의하게 감소하였다( $p < 0.01$  at IOP;  $p = 0.031$  at AL). 수술 전 평균안구관류압의 평균값은  $36.4 \pm 13.1$  mmHg (13.9-61.1 mmHg), 수술 후 1년째 평균안구관류압의 평균값은  $52.3 \pm 9.1$  mmHg (30.1-75.3 mmHg)였다. 수술 전 평균 중심와아래 맥락막두께는  $181.4 \pm 71.5$   $\mu$ m (73-417  $\mu$ m), 수술 후 1년째 평균 중심와아래 맥락막두께

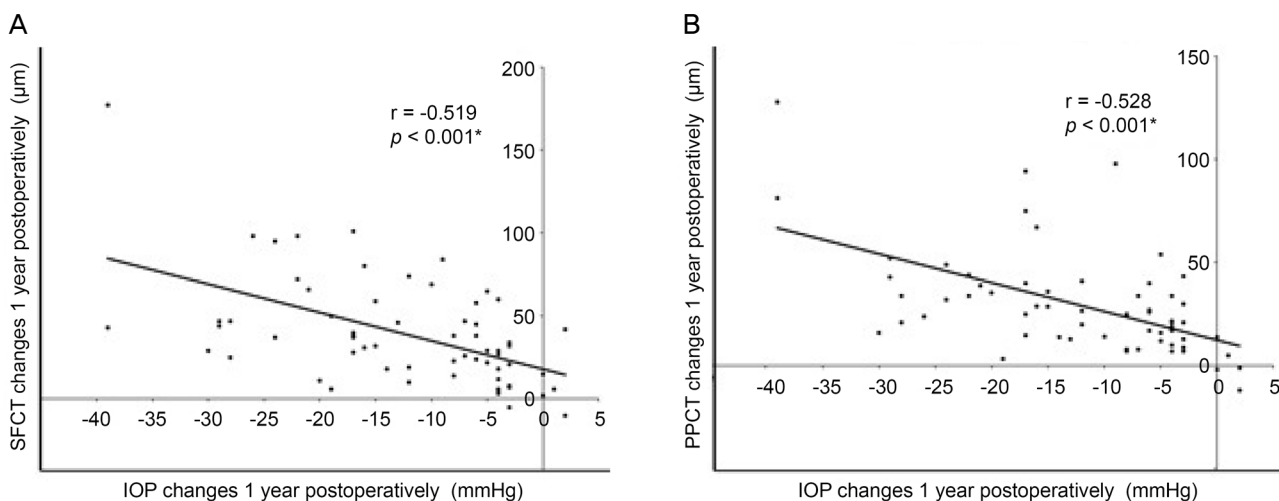
는  $215.0 \pm 72.5$   $\mu$ m (81-426  $\mu$ m), 수술 전 평균 시신경유두주위 맥락막두께는  $111.0 \pm 45.3$   $\mu$ m (40-223  $\mu$ m), 수술 후 1년째 평균 시신경유두주위 맥락막두께는  $134.9 \pm 49.3$   $\mu$ m (60-280  $\mu$ m)였다. 평균안구관류압과 중심와아래 및 시신경유두주위 맥락막두께는 수술 후 의미 있는 증가를 보였다 (모두  $p < 0.001$ ).

**Table 3.** Analyses of potential factors associated with changes in choroidal thickness at 1 year postoperatively

Characteristic	SFCT		PPCT	
	Univariate*	Multivariate†	Univariate*	Multivariate†
	<i>p</i> -value ( $\beta$ -value)	<i>p</i> -value ( $\beta$ -value)	<i>p</i> -value ( $\beta$ -value)	<i>p</i> -value ( $\beta$ -value)
Age	0.770 (-0.076)	0.330 (0.314)	0.059 (-0.392)	0.742 (-0.085)
Sex	0.529 (-4.326)	-	0.417 (-4.504)	-
HTN	0.078 (-12.510)	0.187 (-9.931)	0.325 (-5.744)	0.912 (0.683)
DM	0.842 (-1.672)	0.833 (-1.565)	0.641 (3.072)	0.507 (4.025)
Baseline IOP	<0.001 (1.432)	0.156 (-1.557)	<0.001 (1.177)	0.113 (-1.413)
IOP changes	<0.001 (-1.609)	0.013 (-2.506)	<0.001 (-1.315)	0.037 (-1.705)
Baseline AL	0.376 (-2.844)	0.512 (-2.157)	0.142 (3.832)	0.154 (3.835)
AL changes	0.217 (-12.544)	0.525 (-6.038)	0.079 (-14.267)	0.494 (-5.264)
Baseline MOPP	0.004 (-0.750)	0.987 (0.007)	0.001 (-0.695)	0.415 (-0.309)
MOPP changes	0.007 (0.506)	0.844 (-0.075)	0.001 (0.504)	0.868 (0.051)
Smoking	0.969 (0.160)	-	0.616 (1.690)	-
Preop ED	0.750 (2.342)	-	0.110 (9.401)	-
6 months postop ED	0.577 (10.201)	-	0.878 (-2.434)	-
1 year postop ED	0.634 (5.684)	-	0.933 (0.807)	-

SFCT = subfoveal choroidal thickness; PPCT = peripapillary choroidal thickness; HTN = hypertension; DM = diabetic mellitus; IOP = intraocular pressure; AL = axial length; MOPP = mean ocular perfusion pressure; Preop = preoperative; ED = eye drop; postop = postoperative.

\*Simple linear regression analysis; †multiple linear regression analysis.



**Figure 2.** Scatter spot showing associations of changes in intraocular pressure (IOP) and choroidal thickness (CT) at preoperative and 1 year postoperative. (A) Changes in IOP and subfoveal CT at preoperative and 1 year postoperative showed a significant negative correlation ( $r = -0.519$ ,  $p < 0.001$ ). (B) Changes in IOP and peripapillary choroidal thickness at preoperative and 1 year postoperative showed a significant negative correlation ( $r = -0.528$ ,  $p < 0.001$ ). SFCT = subfoveal choroidal thickness; PPCT = peripapillary choroidal thickness. \*Simple correlation analysis.

녹내장수술 후 맥락막두꺼짐의 변화에 영향을 미치는 인자들을 분석하기 위해 나이, 성별, 고혈압과 당뇨의 유무, 흡연력, 수술 전후 안압하강제 사용 개수, 수술 전 안압, 안압의 변화, 수술 전 안축장, 안축장의 변화, 수술 전 평균안구관류압, 평균안구관류압의 변화를 변수로 설정하여 단순 및 다중 선형회귀분석을 시행하였다. 이러한 인자들 중 수술 후 안압의 변화만이 중심와아래 그리고 시신경유두주위 맥락막두꺼짐의 변화와 유의한 연관성을 보였고( $p=0.013$  at SFCT;  $p=0.037$  at PPCT, Table 3), 안압이 많이 하강할수록 맥락막두꺼짐이 더 증가하는 경향을 보였다( $r=0.519$ ,  $p<0.001$  at SFCT;  $r=-0.528$ ,  $p<0.001$  at PPCT, Fig. 2).

수술 전과 비교하여 수술 후 1년째 안압이 수술 전보다 30% 이상 하강한 환자군과 그렇지 않은 환자군을 나누어

**Table 4.** Changes in ocular parameters according to amount of IOP reduction at 1 year postoperatively

Variable	Group A (n = 49)*	Group B (n = 22)†	p-value‡
Baseline IOP	24.9 ± 9.8	16.4 ± 3.9	<0.001
IOP at postop 1 year	9.1 ± 2.6	14.1 ± 4.0	<0.001
IOP changes	-16.0 ± 9.5	-2.4 ± 2.4	<0.001
SFCT changes	47.0 ± 33.1	16.4 ± 16.3	0.001
PPCT changes	35.9 ± 26.6	13.6 ± 13.2	0.002
AL changes	-0.25 ± 0.42	-0.06 ± 0.08	0.031

Values are presented as mean ± standard deviation.

IOP = intraocular pressure; postop = postoperative; SFCT = subfoveal choroidal thickness; PPCT = peripapillary choroidal thickness; AL = axial length.

\*Subgroup with intraocular pressure reduction more than 30% from the baseline IOP; †subgroup with intraocular pressure reduction less than or equal to 30% from the baseline IOP; ‡independent-sample t-test.

**Table 5.** Changes in ocular parameters according to baseline axial length at 1 year postoperatively

Variable	Group A (n = 34)*	Group B (n = 37)†	p-value‡
Baseline AL	23.34 ± 0.41	25.17 ± 0.64	<0.001
Baseline IOP	22.9 ± 10.1	21.8 ± 8.8	0.632
IOP changes	-13.8 ± 10.9	-11.0 ± 9.1	0.279
Baseline SFCT	175.3 ± 71.1	187.0 ± 74.2	0.508
SFCT changes	48.1 ± 36.2	31.8 ± 25.5	0.044
Baseline PPCT	116.3 ± 45.7	135.7 ± 47.4	0.341
PPCT changes	30.7 ± 30.0	28.9 ± 21.1	0.787

Values are presented as mean ± standard deviation.

AL = axial length; IOP = intraocular pressure; SFCT = subfoveal choroidal thickness; PPCT = peripapillary choroidal thickness.

\*Subgroup with preoperative axial length less than or equal to 24 mm; †subgroup with preoperative axial length greater than 24 mm; ‡independent-sample t-test.

중심와아래와 시신경유두주위 맥락막두꺼짐, 안축장 변화의 차이를 비교하였다. 그 결과 안압이 30% 이상 하강한 환자군에서 그렇지 않은 환자군에 비해 수술 전 안압이 유의하게 높았다( $p<0.001$ ). 중심와아래와 시신경유두주위 맥락막두꺼짐은 더 크게 증가하였고, 안축장은 더 크게 감소하였다( $p=0.001$  at SFCT changes;  $p=0.002$  at PPCT changes;  $p=0.031$  at AL changes, Table 4). 수술 전 안축장이 24 mm 이하인 환자군과 24 mm를 초과하는 환자군으로 나누어 수술 전 안압, 안압의 변화, 수술 전 중심와아래와 시신경유두주위 맥락막두꺼짐, 수술 후 중심와아래와 시신경유두주위 맥락막두꺼짐의 변화를 비교하였다. 그 결과 수술 전 중심와아래와 시신경유두주위 맥락막두꺼짐은 두 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았으나, 수술 후 중심와아래 맥락막두꺼짐의 변화는 유의한 차이를 보였고, 그 정도는 안축장이 24 mm 이하인 환자에서 중심와아래 맥락막두꺼짐이 더 크게 증가하였다( $p=0.044$ , Table 5). 수술 후 시신경유두주위 맥락막두꺼짐은 두 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다( $p=0.787$ , Table 5).

## 고 찰

녹내장수술 후 1년 동안의 장기 경과 관찰을 시행한 이번 연구를 통해 녹내장수술 후 안압의 하강과 함께 평균안구관류압, 중심와아래 맥락막두꺼짐과 시신경유두주위 맥락막두꺼짐은 유의하게 증가하고, 안축장은 감소함을 확인할 수 있었다. 이 결과는 섬유주절제술 후 안압하강에 의해, 안축장 감소 같은 눈의 구조적 변화가 발생한다는 이전 보고와 유사하였다.<sup>16-21</sup> 또한, Kara et al<sup>22</sup>은 섬유주절제술 1개월 후 안압과 안축장의 감소와 함께 맥락막두꺼짐과 평균안구관류압의 의미 있는 증가를 확인하였다. 그러나 이전의 연구들은 수술 후 1-2개월 이내의 단기간의 결과만을 분석하여, 녹내장수술 후 안압 변화에 따른 장기적인 눈의 구조적 변화와 안혈류에 미치는 영향을 분석하는 데는 미흡하였다. 이에 본 연구는 녹내장수술 후 1년 동안 장기간의 변화를 전향적으로 분석하였으며, 추가로 이전의 연구들에 비해 많은 수의 환자를 포함하여 결과의 신뢰도를 높이고 노력하였다.

맥락막은 시신경유두의 전상관영역에 혈액 공급을 담당하며, 이러한 맥락막의 혈류 변화는 녹내장의 발생과 진행에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다.<sup>3</sup> 맥락막두꺼짐은 맥락막 내의 혈류에 비례하기 때문에 맥락막두꺼짐은 맥락막의 상태를 반영하는 중요한 지표가 될 수 있다.<sup>23,24</sup> 따라서 녹내장수술 후 안압 변화에 따른 맥락막두꺼짐의 변화를 알 수 있다면, 수술 후 녹내장의 치료 효과를 판단하는

데에 중요한 참고 자료가 될 것이다. 최근 SD-OCT를 통해 맥락막두께를 측정할 수 있어 안혈류 변화를 더 정확하게 예측할 수 있게 되었다.<sup>13</sup>

본 연구에서는 중심와아래 맥락막두께와 시신경유두주위 맥락막두께 모두 안압의 변화와만 유의한 연관성을 보였으며 안축장의 변화, 평균안구관류압의 변화 및 흡연력은 맥락막두께의 변화와 유의한 연관성을 보이지 않았다. 이는 안압의 변화만이 맥락막두께의 변화에 유의한 연관성이 있었고 성별, 나이, 수술 전 혈압, 수술 전 안압, 수술 전 안축장의 길이, 혈압의 변화, 평균안구관류압의 변화, 안축장의 변화는 연관성을 보이지 않는다는 이전의 보고<sup>22</sup>와 일치하였다. 안압의 변화에 의한 맥락막두께의 변화는 맥락막의 해부학적 특징에 의한 것으로 생각된다.<sup>22</sup> 맥락막은 풍부한 무혈관평활근(nonvascular smooth muscle)을 가지고 있어 무혈관평활근의 수축을 통해 맥락막 수분을 외부로 배출하여 맥락막이 얇아지게 하고, 이완을 통해 맥락막이 두꺼워지게 한다.<sup>25</sup> 녹내장수술 후 안압의 하강이 안구관류압을 증가시켜 맥락막의 무혈관평활근의 긴장도를 감소시켰고, 이에 맥락막이 팽창하여 두께가 증가하였을 것으로 추측할 수 있다.<sup>26</sup>

맥락막두께의 변화가 안압 외 다른 요인과의 연관성이 있다는 여러 보고가 있는데, Saeedi et al<sup>27</sup>은 중심와아래 맥락막두께의 변화가 안압의 변화뿐만 아니라 안축장의 변화와도 유의한 연관성이 있다고 보고하였다. 또한 안구관류압의 변화에 의해 맥락막두께의 변화가 나타난다는 보고도 있으며,<sup>12,28</sup> 흡연자가 비흡연자에 비해 유의하게 맥락막두께가 얇은 것으로 보고한 연구도 있었다.<sup>29,30</sup> 하지만 이번 연구에서는 안축장의 변화, 평균안구관류압의 변화 및 흡연력은 맥락막두께의 변화와 유의한 연관성을 보이지 않았다. 연구들 간의 결과가 다르게 분석되는 것은 연구 대상자들의 임상적 특징의 차이에 의한 것으로 생각된다. 안구관류압은 직접 측정이 불가능하여, 혈압과 안압을 이용해 간접적으로 계산해야 한다. 따라서 고혈압과 같은 기저질환과 환자 특성에 영향을 받을 수 있지만 낮은 안구관류압이 개방각녹내장의 발생과 악화의 위험인자가 되는 주요한 요소임은 잘 알려져 있다.<sup>31</sup> 본 연구에서는 고혈압 당뇨 및 기타 전신질환에 대한 통제를 시행하지 않아 안구관류압과 관련된 결과에 차이가 생긴 것으로 생각된다. 하지만 본 연구에서 고혈압과 당뇨의 유무는 맥락막두께 변화에 유의한 영향을 미치지 않는 결과를 보였다. 또한 맥락막두께는 나이, 굴절이상, 인종, 측정 시간 등에 따라 다르다고 보고되고 있는데,<sup>32-35</sup> 각 연구에서 대상 환자 특성의 차이로 인해 결과에 차이가 생긴 것으로 생각된다.

일반적으로 녹내장 치료의 목표 안압은 녹내장의 진행

정도 등을 고려하여 약 20-40%의 안압하강을 목표로 한다.<sup>8,36-38</sup> 이에 수술 후 안압이 수술 전보다 30% 이상 하강한 환자군과 그렇지 않은 환자군의 맥락막두께 변화를 비교하였고, 30% 이상 하강한 환자군에서 그렇지 않은 경우보다 통계적으로 유의한 맥락막두께 증가를 확인하였다. 이러한 결과로 녹내장수술 치료를 통해 수술 전 안압보다 30% 이상 안압을 하강시키는 것이, 기계적 압박의 완화뿐만 아니라 안혈류 개선에도 도움을 줄 수 있음을 유추할 수 있다.

안축장이 길어질수록 맥락막두께는 감소하는 경향을 보이며, 여러 안질환에서 맥락막두께의 변화가 안축장과 유의한 연관이 있음은 잘 알려져 있다.<sup>34,39</sup> 본 연구에서 수술 전 안축장이 24 mm 이하로 짧은 환자군과 24 mm보다 긴 환자군으로 나누어 비교해 보았다. 그 결과 수술 전 중심와아래 및 시신경유두주위 맥락막두께는 유의한 차이를 보이지 않았지만, 수술 후 맥락막두께의 변화는 안축장이 짧은 환자군에서 유의하게 더 큰 중심와아래 맥락막두께의 증가를 보였다. 이는 이전 보고와 일치하는 결과이다.<sup>25</sup>

본 연구에는 몇 가지 한계점이 있다. 첫 번째, 수술 후 1달 이내에 저안압이나 각막부종이 발생한 경우는 데이터 수집을 위한 검사를 시행하지 않았으며, 또한 일부 환자에서 데이터 수집이 불가능하여 경과 관찰 중 분석 시점에서 환자수가 일정하지 않아 선택오차(selective bias)가 발생했을 수 있다. 본 연구에서는 맥락막두께의 일중 변화를 고려하지 않았다는 것이 두 번째 제한점이지만 맥락막두께를 비슷한 시간대에 측정해 일중 변화를 최대한 줄이기 위해 노력하였다. 세 번째로 빛간섭단층촬영술을 반복 검사 없이 1회만 측정하였으며, 아직 자동 측정이 가능한 소프트웨어가 없어서 직접 맥락막두께를 측정하여, 이로 인해 측정자에 따른 오차가 발생할 수 있다. 그러나 측정자간 및 측정자내 유목내상관계수가 0.9 이상으로 높은 일치도를 보여, 이러한 측정자의 차이는 결과에 큰 영향을 미치지 않았을 것으로 생각한다. 네 번째 제한점으로 본 연구에 포함된 환자들은 대부분 말기 녹내장환자를 대상으로 하였기 때문에 진행된 녹내장에 국한하여 해석해야 하는 제한점이 있다.

결론적으로, 본 연구를 통해 녹내장수술 후 안압의 하강에 따른 안축장 감소, 평균안구관류압의 증가, 그리고 맥락막두께의 증가가 1년간 장기적으로 유지되며, 안압의 변화가 맥락막두께의 변화에 장단기적으로 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 녹내장환자에서 수술을 통해 안압을 하강시킴으로써 시신경섬유에 대한 기계적 압박의 완화뿐만 아니라 안혈류 개선의 효과도 있음을 추측할 수 있다.



## REFERENCES

- 1) Hyman L, Wu SY, Connell AM, et al. Prevalence and causes of visual impairment in The Barbados Eye Study. *Ophthalmology* 2001;108:1751-6.
- 2) Quigley HA, Broman AT. The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020. *Br J Ophthalmol* 2006;90:262-7.
- 3) Hayreh SS. Blood supply of the optic nerve head and its role in optic atrophy, glaucoma, and oedema of the optic disc. *Br J Ophthalmol* 1969;53:721-48.
- 4) Duijm HF, van den Berg TJ, Greve EL. Choroidal haemodynamics in glaucoma. *Br J Ophthalmol* 1997;81:735-42.
- 5) Grunwald JE, Piltz J, Hariprasad SM, DuPont J. Optic nerve and choroidal circulation in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1998;39:2329-36.
- 6) Schulzer M. Intraocular pressure reduction in normal-tension glaucoma patients. The Normal Tension Glaucoma Study Group. *Ophthalmology* 1992;99:1468-70.
- 7) Heijl A, Leske MC, Bengtsson B, et al. Reduction of intraocular pressure and glaucoma progression: results from the Early Manifest Glaucoma Trial. *Arch Ophthalmol* 2002;120:1268-79.
- 8) Kass MA, Heuer DK, Higginbotham EJ, et al. The Ocular Hypertension Treatment Study: a randomized trial determines that topical ocular hypotensive medication delays or prevents the onset of primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol* 2002;120:701-13; discussion 829-30.
- 9) Leske MC, Heijl A, Hussein M, et al. Factors for glaucoma progression and the effect of treatment: the early manifest glaucoma trial. *Arch Ophthalmol* 2003;121:48-56.
- 10) Shaarawy T, Sherwood M, Hitchings R, Crowston J. Glaucoma, 2nd ed. Vol. 1. London: Elsevier Saunders, 2015; 57-66.
- 11) Mwanza JC, Hochberg JT, Baniatt MR, et al. Lack of association between glaucoma and macular choroidal thickness measured with enhanced depth-imaging optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:3430-5.
- 12) Kim M, Kim SS, Kwon HJ, et al. Association between choroidal thickness and ocular perfusion pressure in young, healthy subjects: enhanced depth imaging optical coherence tomography study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53:7710-7.
- 13) Spaide RF, Koizumi H, Pozzoni MC. Enhanced depth imaging spectral-domain optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 2008;146:496-500.
- 14) Barbosa CP, Stefanini FR, Penha F, et al. Intraocular pressure and ocular perfusion during hemodialysis. *Arq Bras Oftalmol* 2011;74:106-9.
- 15) Schmidl D, Weigert G, Dörner GT, et al. Role of adenosine in the control of choroidal blood flow during changes in ocular perfusion pressure. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:6035-9.
- 16) Cashwell LF, Martin CA. Axial length decrease accompanying successful glaucoma filtration surgery. *Ophthalmology* 1999;106:2307-11.
- 17) Uretmen O, Ateş H, Andaç K, Deli B. Axial length changes accompanying successful nonpenetrating glaucoma filtration surgery. *Ophthalmologica* 2003;217:199-203.
- 18) Németh J, Horóczy Z. Changes in the ocular dimensions after trabeculectomy. *Int Ophthalmol* 1992;16:355-7.
- 19) Kook MS, Kim HB, Lee SU. Short-term effect of mitomycin-C augmented trabeculectomy on axial length and corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:518-23.
- 20) Berisha F, Schmetterer K, Vass C, et al. Effect of trabeculectomy on ocular blood flow. *Br J Ophthalmol* 2005;89:185-8.
- 21) Yamazaki Y, Hayamizu F. Effect of trabeculectomy on retrobulbar circulation and visual field progression in patients with primary open-angle glaucoma. *Clin Ophthalmol* 2012;6:1539-45.
- 22) Kara N, Baz O, Altan C, et al. Changes in choroidal thickness, axial length, and ocular perfusion pressure accompanying successful glaucoma filtration surgery. *Eye (Lond)* 2013;27:940-5.
- 23) Flammer J, Orgül S, Costa VP, et al. The impact of ocular blood flow in glaucoma. *Prog Retin Eye Res* 2002;21:359-93.
- 24) Bayhan HA, Bayhan SA, Can I. Evaluation of the macular choroidal thickness using spectral optical coherence tomography in pseudoexfoliation glaucoma. *J Glaucoma* 2016;25:184-7.
- 25) Nickla DL, Wallman J. The multifunctional choroid. *Prog Retin Eye Res* 2010;29:144-68.
- 26) Polska E, Simader C, Weigert G, et al. Regulation of choroidal blood flow during combined changes in intraocular pressure and arterial blood pressure. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007;48:3768-74.
- 27) Saeedi O, Pillar A, Jefferys J, et al. Change in choroidal thickness and axial length with change in intraocular pressure after trabeculectomy. *Br J Ophthalmol* 2014;98:976-9.
- 28) Maul EA, Friedman DS, Chang DS, et al. Choroidal thickness measured by spectral domain optical coherence tomography: factors affecting thickness in glaucoma patients. *Ophthalmology* 2011;118:1571-9.
- 29) Sızmaz S, Küçükerdönmez C, Pınarci EY, et al. The effect of smoking on choroidal thickness measured by optical coherence tomography. *Br J Ophthalmol* 2013;97:601-4.
- 30) Moschos MM, Nitoda E, Laios K, et al. The impact of chronic tobacco smoking on retinal and choroidal thickness in greek population. *Oxid Med Cell Longev* 2016;2016:2905789.
- 31) Leske MC. Ocular perfusion pressure and glaucoma: clinical trial and epidemiologic findings. *Curr Opin Ophthalmol* 2009;20:73-8.
- 32) Margolis R, Spaide RF. A pilot study of enhanced depth imaging optical coherence tomography of the choroid in normal eyes. *Am J Ophthalmol* 2009;147:811-5.
- 33) Agawa T, Miura M, Ikuno Y, et al. Choroidal thickness measurement in healthy Japanese subjects by three-dimensional high-penetration optical coherence tomography. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2011;249:1485-92.
- 34) Tan CS, Ouyang Y, Ruiz H, Sadda SR. Diurnal variation of choroidal thickness in normal, healthy subjects measured by spectral domain optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53:261-6.
- 35) Lee SW, Yu SY, Seo KH, et al. Diurnal variation in choroidal thickness in relation to sex, axial length, and baseline choroidal thickness in healthy Korean subjects. *Retina* 2014;34:385-93.
- 36) Lichter PR, Musch DC, Gillespie BW, et al. Interim clinical outcomes in the Collaborative initial Glaucoma Treatment Study comparing initial treatment randomized to medications or surgery. *Ophthalmology* 2001;108:1943-53.
- 37) Collaborative Normal-Tension Glaucoma Study Group. Comparison of glaucomatous progression between untreated patients with normal-tension glaucoma and patients with therapeutically reduced intraocular pressures. *Am J Ophthalmol* 1998;126:487-97.
- 38) The AGIS Investigators. The Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS): 7. The relationship between control of intraocular



pressure and visual field deterioration. Am J Ophthalmol 2000; 130:429-40.  
39) Sanchez-Cano A, Orduna E, Sequera F, et al. Choroidal thickness

and volume in healthy young white adults and the relationships between them and axial length, ammetropy and sex. Am J Ophthalmol 2014;158:574-83.e1.

---

= 국문초록 =

## 녹내장수술 후 안압하강에 따른 맥락막두께의 장기 변화

**목적:** 녹내장수술 후 안압하강에 따른 안축장, 안구관류압 및 맥락막두께의 장기 변화를 분석하고, 맥락막두께 변화에 영향을 미치는 인자를 알아보고자 하였다.

**대상과 방법:** 원발개방각녹내장환자 71명 71안을 대상으로 녹내장수술 후 1년동안 전향적 연구를 시행하였다. 수술 전, 수술 후 1주일, 1개월, 2개월, 6개월, 1년째 스펙트럼영역빛간섭단층촬영기를 이용하여 중심와아래와 시신경유두주위 맥락막두께를 측정하였다. 안압 및 혈압을 측정하여 안구관류압을 계산하였고 부분결합간섭계를 이용하여 안축장을 측정하였으며 이들 간의 상관관계를 분석하였다.

**결과:** 수술 후 1년간 안압의 하강과 함께 안축장은 유의하게 감소하였고, 안구관류압, 중심와아래 및 시신경유두주위 맥락막두께는 유의하게 증가하였다(모두  $p < 0.001$ ). 중심와아래 및 시신경유두주위 맥락막두께 변화는 안압의 변화와 유의한 상관관계가 있었다 ( $r = -0.519$ ,  $r = -0.528$ ). 특히, 안압이 30% 이상 하강한 환자에서 중심와아래 및 시신경유두주위 맥락막두께가 그렇지 않은 환자보다 더 많이 증가하였고( $p = 0.001$ ,  $p = 0.002$ ), 안축장이 24 mm 이하인 환자에서 24 mm를 초과하는 환자보다 중심와아래 맥락막두께가 유의하게 많이 증가하였다( $p = 0.044$ ).

**결론:** 녹내장수술 후 안압의 하강에 따른 안축장 감소, 안구관류압의 증가, 그리고 맥락막두께의 증가는 1년간 경과 관찰기간 동안 지속되었다. 이는 녹내장수술이 안압하강으로 시신경섬유에 대한 기계적 압박을 감소시키고 안혈류를 증가시킬 수 있을 것으로 추측된다.

〈대한안과학회지 2020;61(1):69-77〉

---

김인혜 / Inhye Kim

영남대학교 의과대학 안과학교실  
Department of Ophthalmology,  
Yeungnam University College of Medicine

