

# 공막터널을 통한 백내장수술 후의 각막 상피 및 기질의 두께 변화

## Change of Corneal Epithelial and Stromal Thickness after Cataract Surgery through Scleral Tunnel Incision

김봉준 · 이종혁 · 김선웅

Bong Jun Kim, MD, Jong-Hyuck Lee, MD, PhD, Sun Woong Kim, MD, PhD

연세대학교 원주의과대학 안과학교실

Department of Ophthalmology, Yonsei University Wonju College of Medicine, Wonju, Korea

**Purpose:** To compare preoperative and postoperative thickness and to investigate the difference in the thickness change of corneal epithelium and stroma after cataract surgery through scleral tunnel incision.

**Methods:** Forty eyes of forty patients who were 40 years old or older and underwent small-incision superior scleral tunnel cataract surgery with phacoemulsification were included. Using the RTVue instrument (Optovue Inc., Fremont, CA, USA), corneal epithelial (ET) and stromal thicknesses (ST) of all subjects were measured preoperatively and at 3 days, 1 week, and 1 month postoperatively. Thicknesses were classified into 3 zones according to the distance from the vertex: central zone (within 2 mm), paracentral zone (2-5 mm diameter) and midperipheral zone (5-6 mm diameter).

**Results:** Mean central ST was  $486.68 \pm 25.15 \mu\text{m}$ ,  $535.16 \pm 48.13 \mu\text{m}$ ,  $515.98 \pm 44.07 \mu\text{m}$ , and  $502.28 \pm 34.87 \mu\text{m}$  preoperatively, and at 3 days, 1 week, and 1 month postoperatively, respectively ( $p < 0.001$  for all). ST showed significant thickening in all three zones from 3 days to 1 month postoperatively ( $p < 0.001$  for all). Mean central, paracentral, and midperipheral ET was  $52.13 \pm 3.41 \mu\text{m}$ ,  $50.42 \pm 2.97 \mu\text{m}$ ,  $49.12 \pm 3.05 \mu\text{m}$  at preoperatively and  $51.03 \pm 3.63 \mu\text{m}$ ,  $48.96 \pm 3.62 \mu\text{m}$ ,  $47.67 \pm 3.81 \mu\text{m}$  at 1 month postoperatively, respectively ( $p = 0.061$ ,  $0.006$ ,  $0.001$ , respectively), while there were no significant changes in all three zones at 3 and 7 days postoperatively. Changes in ET and ST were prominent at the superotemporal incision site.

**Conclusions:** After scleral tunnel cataract surgery, corneal edema was observed in the stroma immediately after surgery. There was no significant change at early times after surgery in the epithelium, and there was a decrease in the peripheral cornea at 1 month postoperatively. The change in ET was considered a compensatory change due to stromal edema and appeared between 1 week to 1 month postoperatively.

J Korean Ophthalmol Soc 2017;58(11):1215-1224

**Keywords:** Cataract surgery, Corneal epithelium, Corneal remodeling, Corneal stroma, Corneal thickness

■ Received: 2017. 5. 25.

■ Revised: 2017. 9. 7.

■ Accepted: 2017. 10. 17.

■ Address reprint requests to **Sun Woong Kim, MD, PhD**  
Department of Ophthalmology, Wonju Severance Christian Hospital, #20 Ilsan-ro, Wonju 26426, Korea  
Tel: 82-33-741-1346, Fax: 82-33-741-0460  
E-mail: eyedockim@yonsei.ac.kr

\* This study was presented as a narration at the 117th Annual Meeting of the Korean Ophthalmological Society 2017.

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

백내장은 노화, 자외선 등에 의하여 수정체가 변성되어 발생하는 질환으로, 안과에서 흔하게 볼 수 있는 질환 중 하나이다.<sup>1-3</sup> 백내장이 심해지는 경우 시력저하를 유발하기 때문에 수술적 처치를 통해 백내장을 제거하는 것이 필요하며, 이를 위하여 다양한 수술법과 여러 인공수정체가 개발되어 왔다.<sup>4-8</sup> 백내장은 수술로 제거함으로써 치료가 끝나는 것이 아니라 수술 후에도 지속적인 관리가 중요한데, 수술 이후에 안압 상승, 각막부종, 건성안 등의 불편감을 유발하는 것에서 그치는 가벼운 합병증부터 안내

© 2017 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.

염, 인공수정체 탈락, 망막박리 등과 같이 시력상실을 동반할 수 있는 심한 합병증이 발생할 수 있기 때문이다.<sup>8-10</sup>

백내장수술 후 각막부종은 매우 흔한 합병증의 하나로 백내장수술을 위한 각막의 절개, 초음파 에너지로 인한 내피손상, 수술 과정 중의 기구의 출입이나 조작으로 인한 각막의 변형 등이 원인이다.<sup>5,11</sup> 상기 요인들에 의하여 각막내피세포가 소실되어 각막의 보상작용이 떨어지기 때문에 각막부종이 발생하게 된다.<sup>12,13</sup> 정상 각막내피세포를 갖는 안구에서는 각막부종은 대부분 저절로 호전되는 것으로 알려져 있으나, 간혹 각막부종이 남아있는 경우 시력저하를 유발하기 때문에 이에 대한 여러 연구가 진행되어 있다.<sup>5,11,14,15</sup>

각막을 구성하는 세포들 중 가장 바깥쪽에 위치하는 각막상피는 그 밑에 있는 기질의 변화에 대하여 보상하는 역할을 하여 두께를 변화시켜 각막 표면의 불규칙성을 완화하는 기능을 가지고 있다.<sup>16,17</sup> 이 때문에 실제로 각막기질의 두께가 증가하였더라도, 각막상피가 얇아짐으로써 전체 각막두께가 얇게 측정되어 실제보다 각막부종이 과소평가될 수 있다.<sup>9</sup>

본 연구에서 저자들은 각막부종에서 각막상피와 각막기질이 관여하는 정도가 다를 것으로 생각하였다. 저자들은 RTVue<sup>®</sup> (Optovue Inc., Fremont, CA, USA)를 이용하여 측정한 백내장수술 전후의 전체 각막두께와 각막상피두께를 이용하여 각막상피와 각막기질이 백내장수술에 의해 어떻게 변하는지 알아보고자 하였다.

## 대상과 방법

2015년 5월부터 2016년 2월까지 백내장으로 연세대학교 원주세브란스기독병원에서 진료를 본 40세 이상의 환자들 중에서 상부 공막터널 절개를 통하여 초음파 유화술을 이용한 소절개 백내장수술을 받은 환자들을 대상으로 후향적으로 연구를 진행하였다. 본 연구는 연세대학교 원주의과대학 연구윤리심의위원회의 승인을 받았다. 안구 외상의 과거력이 있거나, 녹내장, 각막염, 원추각막, 각막혼탁 등 백내장수술 과정 혹은 각막두께에 영향을 줄 수 있는 안과적 질환의 과거력, 그리고 백내장수술 도중 합병증이 발생한 환자는 대상에서 제외하였다.

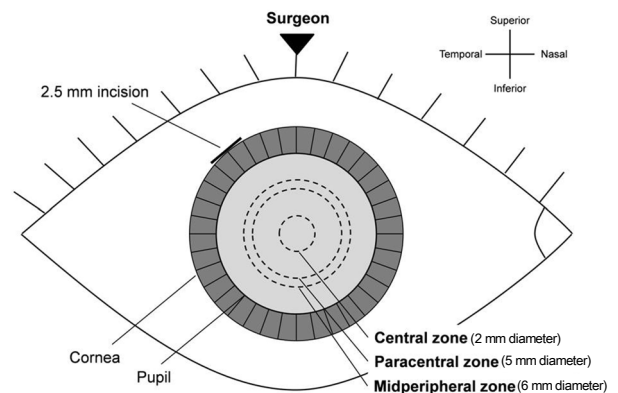
모든 대상안에서 수술 전에 시력, 안압을 측정하고 세극등 현미경을 이용하여 각막의 상태와 백내장의 정도를 확인하였다. 백내장의 경화도는 Lens Opacities Classification System III를 참조하여 핵백내장의 정도로 결정하였다. 기저질환을 확인하고 술 후 예후를 예측하기 위하여 안저촬영, 각막내피세포 검사를 시행하였으며, 인공수정체 도

수 계산을 위하여 안축장과 각막곡률치를 측정하였다.

각막 전체 두께와 각막 상피 두께는 한 명의 숙련된 검사자가 RTVue<sup>®</sup> (Optovue Inc.)를 이용하여 백내장수술 전과 술 후 3일, 1주, 1달에 측정하였고, 내원 시마다 3회씩 측정하여 3회 측정치의 평균값을 분석에 이용하였다. 검사결과로 보고된 각막두께 분포도에서 중심부 직경 2 mm 부위 1 구획을 중심부, 직경 2-5 mm 부위 8 구획을 중심주변부, 직경 5-6 mm 부위 8 구획을 주변부로 명명하였다(Fig. 1). 각막 지역별 비교를 위하여, 좌안은 거울상을 이용하여 이측과 비측을 전환 후 두께 분석을 시행하였다. 각막 기질 두께는 각막 전체 두께에서 각막 상피 두께를 뺀 값으로 계산하였고 형태변동성(topographic variability)은 전체 17 구획의 개별 두께의 표준편차로 정의하였다.

## 수술 방법

모든 대상자들은 공막터널 절개를 통하여 초음파 유화술을 이용한 소절개 백내장 낭외 적출술과 후낭 인공수정체 삽입술을 동일 술자에게 시행받았다. 수술 전 프로파라카인(Alcaine, Alcon, Fort Worth, TX, USA)을 점안하여 점안마취를 시행한 후 하측을 보게 하고 상측의 결막과 테논낭을 3 mm 너비로 박리하였다. 이후 1:10,000 에피네프린-리도카인을 이용하여 테논낭하 마취를 시행하였다. 노출된 상이측(좌안일 경우 상비측)의 공막을 소작기를 이용하여 지혈한 후, 2.5 mm 너비의 공막터널을 형성하였다(Fig. 1). 전방 내에 점탄물질을 주입한 후, 30게이지 바늘을 구부려 만든 수정체낭 절개도(cystotome)를 이용하여 수정체낭 원형 절개술을 시행하였고, 수력분리술과 수력분출술을 시행하여 수정체낭과 백내장을 분리하였다. 분리된 백내장은 prechopper를 이용하여 2-3 조각으로 쪼



**Figure 1.** Schematic diagram of the cornea showing position of surgeon and analyzed area by RTVue. This diagram shows position of surgeon, incision site and analyzed areas on the cornea.

개었고, 만약 핵백내장이 심하여 prechopper가 들어가지 않을 경우에는 초음파로 중심부의 백내장 일부를 제거하여 prechopper가 들어갈 공간을 만든 후 prechopper를 이용하여 수정체 핵을 쪼개었다. Stellaris (Bausch & Lomb., Rochester, NY, USA) 기기를 이용하여 백내장 적출을 시행하였고, 백내장을 모두 제거한 후에 점탄물질을 수정체낭에 가득 채운 후 인공수정체(QuadrimaX, Ophtec BV, Groningen, Netherlands)를 후낭에 삽입하였다. 수정체낭 및 전방 내에 남은 점탄물질은 관류흡입법을 이용하여 모두 제거하였다. 공막터널절개 부위는 10-0 나일론을 이용하여 단속봉합을 시행한 후 그 위로 박리한 결막과 테논낭을 덮어 10-0 나일론으로 단속봉합을 하였다.

수술 후 levofloxacin (Cravit, Santen Pharmaceutical, Osaka, Japan)과 loteprednol (Lotemax, Bausch & Lomb., Rochester, NY, USA) 점안액을 1주간 2시간마다 점안하도록 하였고, 이후 levofloxacin은 하루 4회, loteprednol은 2주 간격으로 하루 4회에서 3회, 2회로 점진적으로 줄였다. Bromfenac 점안액(Bronuck, Taejoon Pharmaceutical, Seoul, Korea)은 술 후 하루 4회씩 술 후 3주까지 점안하도록 하였다.

## 통계 분석

술 전과 술 후 3일, 1주, 1달의 각막상피 두께 및 각막기질 두께를 분석에 이용하였다. 중심주변부 8 구획과 주변부 8 구획은 평균값을 계산하여 분석에 이용하였다. 술 후 각막 두께는 반복측정분산분석(repeated measure analysis of variance [ANOVA])과 사후분석을 이용하여 술 전의 각막 두께와 비교하였다. 각막상피 두께의 변화와 각막기질 두께의 변화의 연관성은 편상관분석을 이용하여 확인하였다. 모든 통계학적 분석은 SPSS version 21 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 이루어졌으며,  $p$ 값은 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의하다고 보았다.

## 결 과

대상자 40명 중 남성은 20명, 여성은 20명이었고, 평균 연령은  $72.05 \pm 9.99$ 세였으며, 백내장의 평균 경화도는  $3.33 \pm 0.92$ 였다(Table 1). 각막상피 두께는 술 전 중심부  $52.13 \pm 3.41 \mu\text{m}$ , 중심주변부  $50.42 \pm 2.97 \mu\text{m}$ , 주변부  $49.12 \pm 3.05 \mu\text{m}$ 였고, 각막기질 두께는 중심부  $486.68 \pm 25.15 \mu\text{m}$ , 중심주변부  $508.98 \pm 25.73$ , 주변부는  $536.31 \pm 26.50 \mu\text{m}$ 였다(Table 2).

수술 후 각막기질 두께는 중심부가 3일에  $535.16 \pm 48.13 \mu\text{m}$ , 7일에  $515.98 \pm 44.07 \mu\text{m}$ , 30일에  $502.28 \pm 34.87 \mu\text{m}$ 로

술 전에 비하여 증가한 상태가 술 후 30일까지 유지되었다(모두  $p < 0.001$ ). 중심주변부와 주변부에서도 중심부와 같이 술 후 기질 두께가 증가하여 술 후 30일까지 유지되었다. 수술 후 각막상피 두께는 중심부가 3일에  $51.54 \pm 4.59 \mu\text{m}$ , 7일에  $52.93 \pm 4.78 \mu\text{m}$ , 30일에  $51.03 \pm 3.63 \mu\text{m}$ 로 술 전과 큰 차이를 보이지 않았다(각각  $p = 0.409, 0.278, 0.061$ ). 하지만 중심주변부와 주변부는 술 후 30일에 각각  $48.96 \pm 3.62 \mu\text{m}$ ,  $47.67 \pm 3.81 \mu\text{m}$ 로 술 전에 비하여 유의하게 감소되는 소견을 보였다(각각  $p = 0.006, 0.001$ ) (Table 2). 각막두께 분포도에서 나타난 구획별로 비교했을 때, 각막기질은 술 후 3일과 7일에서 모든 구획에서 술 전에 비하여 두꺼워진 상태를 유지하였고, 술 후 30일에도 하측의 4 구획을 제외하고 술 전보다 두꺼운 상태를 유지하였다. 그리고 술 후 3일, 7일, 30일 모두에서 절개창이 위치한 부위의 두께 증가가 가장 컸다. 각막상피는 술 후 3일째에 4개 구획에서 두께가 유의하게 감소하는 소견이 나타났으나, 술 후 7일에는 술 전과 차이를 보이지 않았다. 하지만 술 후 30일에는 중심부를 포함한 7개 구획을 제외하고는 술 전에 비하여 얇아진 소견을 보였으며 그중 절개창이 위치한 부위(우안의 경우 상이측부, 좌안의 경우 상비측부)의 두께 감소가 두드러졌다(Fig. 2, 3).

백내장 정도에 따른 술 후 각막상피와 기질의 두께 변화를 비교해 본 결과, 각막기질의 경우 grade 5 이상의 백내장에서 술 후 3일의 두께가 중심부, 중심주변부, 주변부 모두에서 큰 폭으로 증가하였으나, 술 후 7일과 30일에는 다른 백내장 그룹과 차이를 보이지 않았다. 각막상피의 경우에는 중심부, 중심주변부, 주변부 모두에서 연관성이 없었다(Fig. 4, 5).

각막상피 두께의 변화와 각막기질 두께의 변화의 연관성을 알아보기 위하여 시행한 편상관분석에서는 술 후 30일의 중심부와 중심주변부의 각막상피 두께 변화량이 중심부 각막기질 두께 변화량과 음의 상관관계가 있었으나, 술 후 3일의 각막상피 두께 변화량이나 각막기질 두께 변화량과는 유의한 상관관계가 없었다(Table 3).

## 고 찰

백내장 이후로 각막두께가 증가하는 것은 이전에 여러 연구들을 통하여 알려져 있던 사실이다. 이전부터 여러 측정장비들을 이용하여 각막두께에 대하여 분석을 진행했으며, 대체로 수술 직후에 각막두께가 크게 증가하였다가 증가량이 서서히 감소하는 양상을 보고하였다.

Aribaba et al<sup>18</sup>은 각공막터널 백내장수술을 받은 400안을 대상으로 초음파 각막두께측정기를 이용하였을 때, 중심

**Table 1.** Demographic characteristics

	Subjects (n = 40)	Range
Male:Female	20:20	
Age (years)	72.05 ± 9.99	44-93
Preoperative vision acuity (logMAR)	0.89 ± 0.63	0-2.78
Nuclear grade	3.33 ± 0.92	2-5

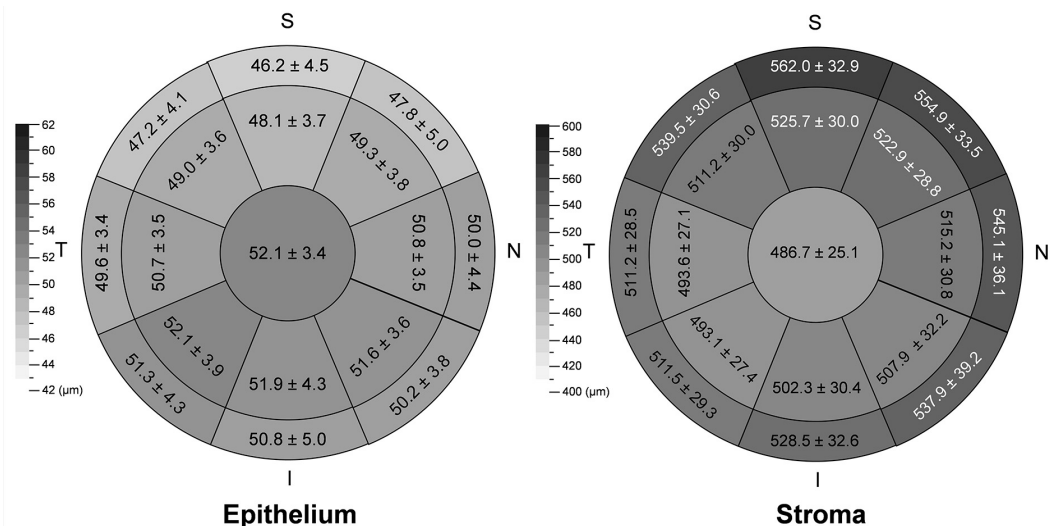
Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

**Table 2.** Preoperative and postoperative corneal epithelial and stromal thickness in the patients underwent cataract surgery

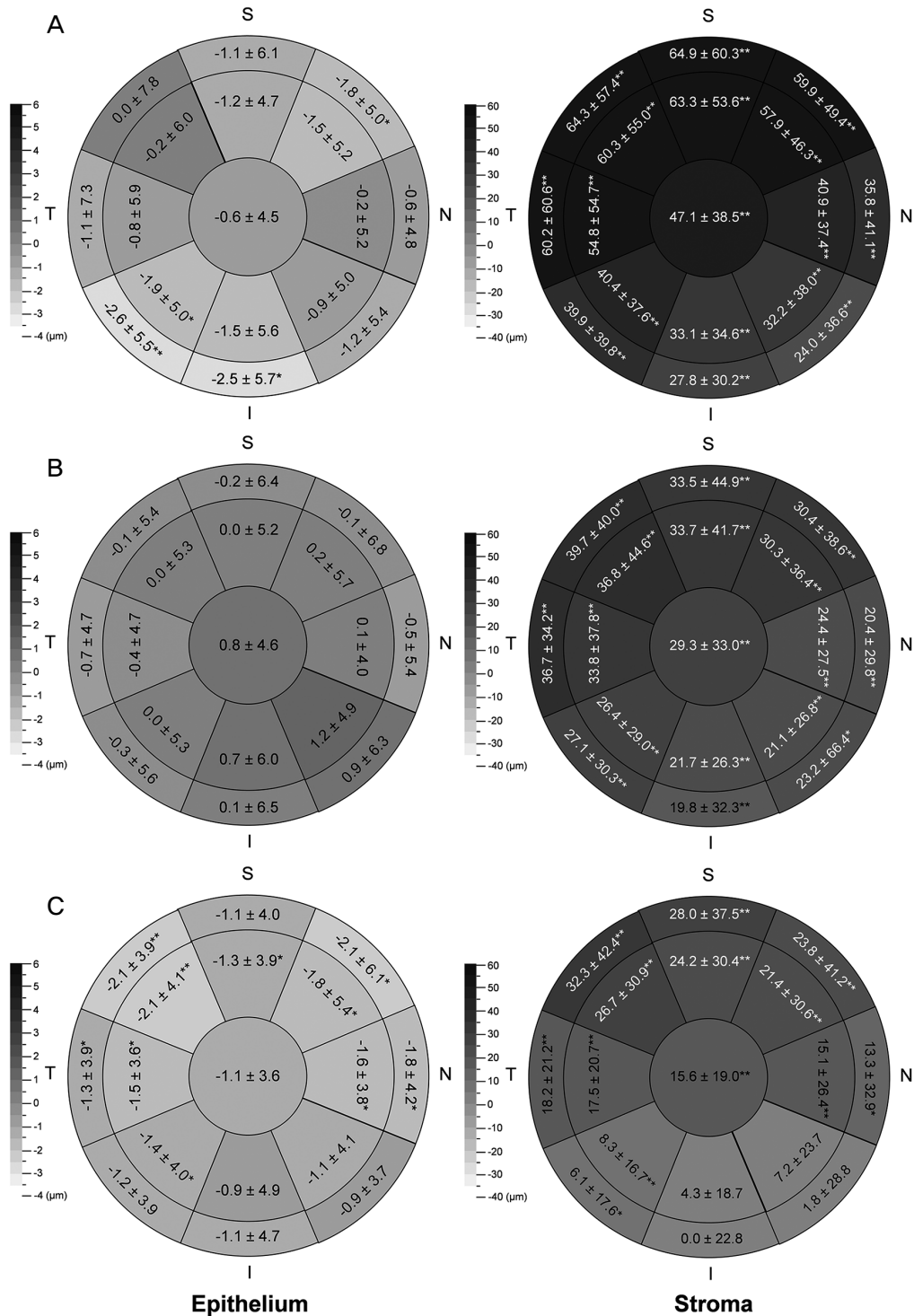
	Epithelium	<i>p</i> -value*	Stroma	<i>p</i> -value*
<b>Central</b>				
Preoperative (μm)	52.13 ± 3.41		486.68 ± 25.15	
3 days postoperative (μm)	51.54 ± 4.59	0.409	535.16 ± 48.13	<0.001
7 days postoperative (μm)	52.93 ± 4.78	0.278	515.98 ± 44.07	<0.001
30 days postoperative (μm)	51.03 ± 3.63	0.061	502.28 ± 34.87	<0.001
<b>Paracentral</b>				
Preoperative (μm)	50.42 ± 2.97		508.98 ± 25.73	
3 days postoperative (μm)	49.43 ± 4.50	0.159	557.98 ± 45.21	<0.001
7 days postoperative (μm)	50.65 ± 4.63	0.726	537.48 ± 40.76	<0.001
30 days postoperative (μm)	48.96 ± 3.62	0.006	524.54 ± 34.76	<0.001
<b>Midperipheral</b>				
Preoperative (μm)	49.12 ± 3.05		536.31 ± 26.50	
3 days postoperative (μm)	47.66 ± 4.68	0.051	584.30 ± 45.63	<0.001
7 days postoperative (μm)	49.00 ± 4.57	0.851	565.14 ± 39.80	<0.001
30 days postoperative (μm)	47.67 ± 3.81	0.001	551.72 ± 37.55	<0.001
<b>Total thickness</b>				
Preoperative (μm)	49.91 ± 2.91		520.53 ± 25.87	
3 days postoperative (μm)	48.72 ± 4.48	0.095	569.02 ± 44.91	<0.001
7 days postoperative (μm)	50.01 ± 4.52	0.876	549.23 ± 39.77	<0.001
30 days postoperative (μm)	48.47 ± 3.64	0.003	536.02 ± 35.81	<0.001
<b>Topographic variability</b>				
Preoperative (μm)	2.98 ± 1.52		26.27 ± 9.77	
3 days postoperative (μm)	3.94 ± 2.17	0.003	38.12 ± 15.07	<0.001
7 days postoperative (μm)	3.37 ± 1.67	0.190	31.46 ± 11.90	0.003
30 days postoperative (μm)	2.88 ± 1.29	0.625	30.43 ± 12.60	0.052

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

\*Repeated measure analysis of variance (ANOVA) with post-hoc comparison compared to preoperative thickness.



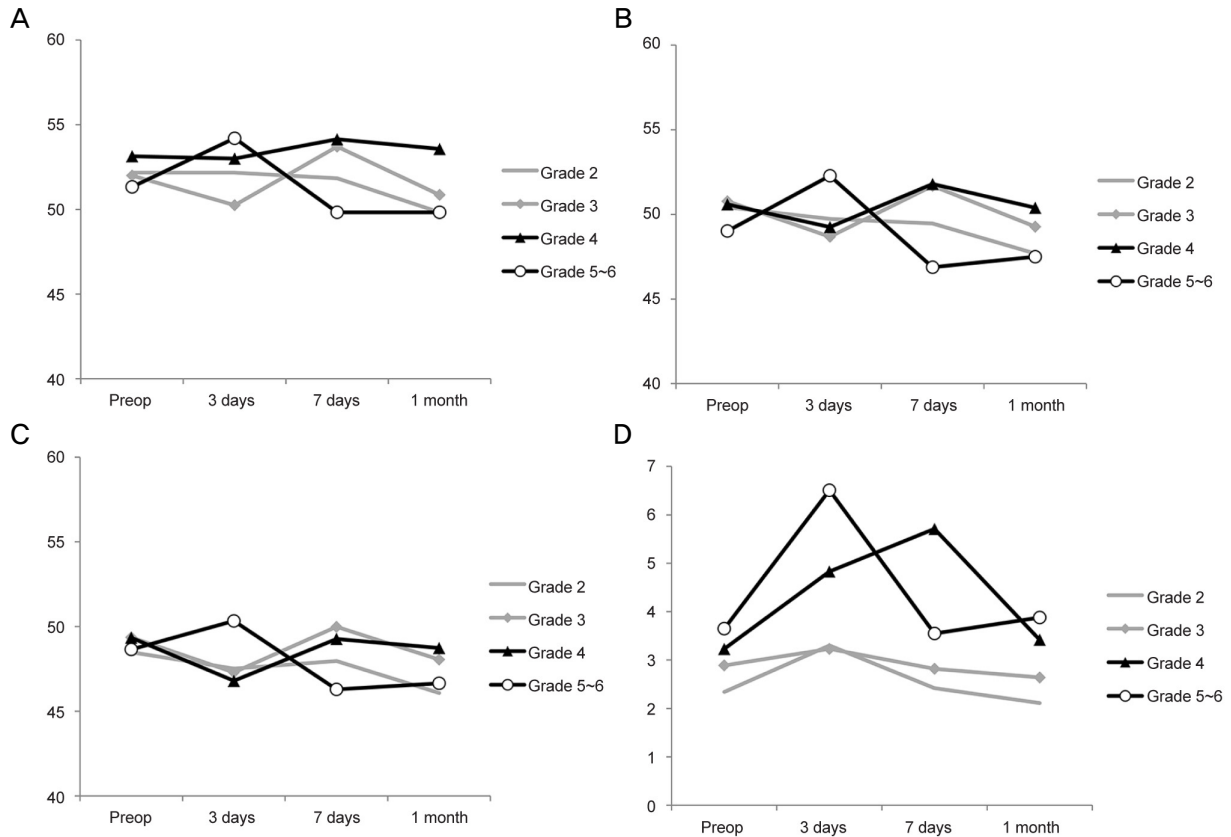
**Figure 2.** Preoperative corneal thickness. The preoperative epithelial thickness was thinner in the superior than inferior, but stromal thickness was thicker in the superior than inferior. S = superior; N = nasal; T = temporal; I = inferior.



**Figure 3.** Postoperative changes of corneal thickness. (A) 3 days postoperative. (B) 1 week postoperative. (C) 1 month postoperative. \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$  in repeated measure analysis of variance (ANOVA) with post-hoc comparison compared to preoperative thickness. S = superior; N = nasal; T = temporal; I = inferior.

부 전체 각막두께가 술 전에 비하여 수술 다음 날  $76.9 \mu\text{m}$  증가하여, 술 후 12주까지 유의한 증가가 있었다고 보고 하였다. Ventura et al<sup>17</sup>은 각막절개 백내장수술을 받은 32안에서 술 후 1일에는 중심부 전체 각막두께가 술 전에 비

하여 크게 증가하지만, 술 후 3개월에는 중심부 각막두께가 술 전과 유사하게 측정되었다고 보고하였으며, Şimşek et al<sup>19</sup>은 상측 각막절개 백내장수술을 받은 132안을 대상으로 Sirius 샤임플러그 각막지형도 측정기를 이용하여 술



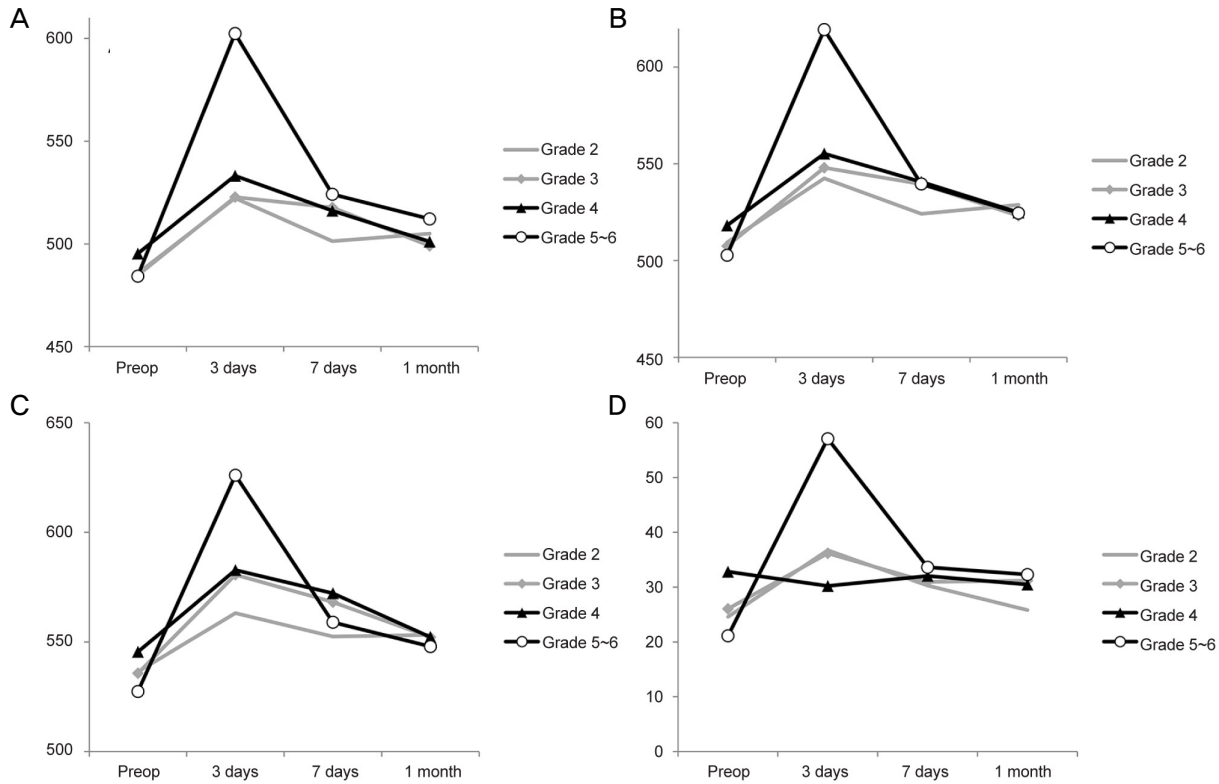
**Figure 4.** Epithelial thickness changes among nuclear grade groups. (A) Central. (B) Paracentral. (C) Midperiphery. (D) Topographic variability. Pre-op = preoperative.

후 1개월과 3개월에 중심부 각막전체 두께를 측정하였는데, 두 수치 모두 술 전과 유의한 차이를 보이지 않았다고 보고하였다.

Kanellopoulos and Asimellis<sup>9</sup>는 각막절개 백내장수술을 시행한 116안에서 RTVue 전안부 빛간섭단층촬영기기(optical coherence tomography, OCT)를 이용하여 각막상피두께 변화를 분석하였다. 중심부 전체 각막두께는 술 후 1주까지 증가되어 있었지만 술 후 1달과 3달에는 유의한 차이가 없었다. 각막상피 두께는 중심부의 직경 2 mm 부위와 직경 5-6 mm 범위의 주변부, 그리고 직경 6 mm 이내 각막 전체의 두께 평균치를 분석하였는데, 세 수치 모두 술 후 다음 날에는 증가하였지만 술 후 1주에는 감소하였고, 술 후 1달과 3달에는 술 전과 차이가 없었다고 보고하였다. Calabuig-Goena et al<sup>13</sup>은 180°에 각막절개를 하여 백내장수술을 시행한 20안에서 Cirrus 전안부 OCT를 이용하여 중심부와 수평방향의 중심주변부에 해당하는 3 mm 직경부위의 0°, 180° 부위, 총 세 부위의 각막두께를 측정하였다. 여기서 각막상피 두께는 세 부위 모두에서 술 후 1주에는 술 전과 차이가 없었지만, 술 후 1달에는 유의하게 감소하였다고 하였으며, 각막에서 상피를 제외한 나며

지 두께는 세 부위 모두에서 술 후 1주에 유의하게 증가하였으나, 술 후 1달에는 술 전과 차이가 없었다고 보고하였다. Zheng et al<sup>15</sup>은 이측 각막절개 백내장수술을 시행한 82안을 대상으로 RTVue 전안부 OCT를 이용하여 중심부 직경 2 mm의 전체 각막두께와 각막상피를 측정하였을 때, 전체 각막두께는 술 후 1일부터 증가하여 2주까지 증가된 상태가 유지되었으나, 각막상피 두께는 술 후 1-2일에는 증가하였다가 5-7일에는 술 전에 비하여 감소하였고, 술 후 2주에는 술 전과 동일한 수치로 회복되었다고 보고하였다. 해당 저자들은 이러한 변화에 대하여 수술 직후에 발생한 부종으로 각막상피의 두께가 증가하였다가, 술 후 각막에 염증세포가 모이면서 염증작용으로 상피세포의 재생이 지연되어 각막상피 두께가 점차 감소하는 것이라고 설명하였다.

본 연구에서는 각막상피와 각막기질의 두께를 술 전과 술 후 3일, 1주, 1달에 측정하였고, 직경 6 mm 이내의 범위를 세 구역으로 분류하여 구역별로 분석을 시행하였다. 그 결과 중심부에서 2 mm 이내의 각막상피 두께는 술 후 1달까지 술 전과 유의한 차이를 보이지 않았다. 하지만 직경 2-6 mm 범위의 주변부에서는 술 후 1주까지는 술 전



**Figure 5.** Stromal thickness changes among nuclear grade groups. (A) Central. (B) Paracentral. (C) Midperiphery. (D) Topographic variability. Pre-op = preoperative.

**Table 3.** Partial correlation coefficient between epithelium and stromal thickness change

	30 days postoperative						3 days postoperative					
	Cen Epi	Para Epi	Mid Epi	Cen St	Para St	Mid St	Cen Epi	Para Epi	Mid Epi	Cen St	Para St	Mid St
30 days postoperative (change)												
Central epithelium	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paracentral epithelium	0.898 <sup>†</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Midperiphery epithelium	0.817 <sup>†</sup>	0.907 <sup>†</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Central stroma	-0.429 <sup>*</sup>	-0.395 <sup>*</sup>	-0.293	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paracentral stroma	-0.308	-0.322	-0.208	0.959 <sup>†</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
Midperiphery stroma	-0.256	-0.186	-0.099	0.874 <sup>†</sup>	0.937 <sup>†</sup>	-	-	-	-	-	-	-
3 days postoperative (change)												
Central epithelium	0.298	0.167	0.016	-0.240	-0.193	-0.153	-	-	-	-	-	-
Paracentral epithelium	0.295	0.220	0.040	-0.162	-0.151	-0.118	0.920 <sup>†</sup>	-	-	-	-	-
Midperiphery epithelium	0.242	0.116	0.006	-0.102	-0.080	-0.093	0.784 <sup>†</sup>	0.923 <sup>†</sup>	-	-	-	-
Central stroma	-0.106	-0.025	-0.050	-0.020	-0.101	-0.135	0.178	0.245	0.198	-	-	-
Paracentral stroma	0.006	0.074	0.068	-0.085	-0.144	-0.165	0.247	0.309	0.272	0.964 <sup>†</sup>	-	-
Midperiphery stroma	0.112	0.132	0.159	-0.122	-0.140	-0.135	0.332	0.381 <sup>*</sup>	0.379 <sup>*</sup>	0.843 <sup>†</sup>	0.923 <sup>†</sup>	-

Partial correlation test controlled with age and sex.

Cen = central; Para = paracentral; Mid = midperiphery; Epi = epithelium; St = stroma.

\* $p < 0.05$ ; <sup>†</sup> $p < 0.001$ .

과 유의한 차이를 보이지 않다가 술 후 1달에는 술 전보다 각막상피 두께가 얇아지는 소견이 관찰되었다. 이러한 변화는 Calabuig-Goena et al<sup>13</sup>의 연구와 일치하는 소견을 보였는데 이와 다른 연구들의 차이는 대상 환자들의 평균 나이가 약간 높다는 것이다. 본 연구의 평균 연령은 72.0세로

Calabuig-Goena et al<sup>13</sup>의 72.2세와 유사하며 Kanellopoulos and Asimellis<sup>9</sup>의 66.7세, Zheng et al<sup>15</sup>의 67.5세보다 더 많다. 백내장의 핵경화도와 술 전 각막내피세포의 상태는 이전 연구들과 비교가 어려우나, 일반적으로 연령이 많으면 중증도가 심한 백내장이 더 많이 포함되었을 가능성이 크

며, 각막내피세포의 밀도가 낮아지고<sup>20</sup> 각막부종의 회복이 느려진다.<sup>21</sup> 이 때문에, 본 연구에서는 이전의 일부 연구와는 달리 술 후 1주의 각막상피 두께가 술 전과 유의한 차이를 보이지 않고, 1주에서 한 달 사이에 두께 감소가 나타났을 것으로 생각된다. 각막기질 두께는 술 후 3일부터 두꺼워져 그 정도는 감소하지만 술 후 1달까지 술 전보다 두꺼워진 상태가 유지되었다. 전체 각막두께의 경우 이전 연구들<sup>9,13,19</sup>에서 술 후 1달에는 정상 수치로 돌아온다고 보고되어 있는데, 이와 비교할 때 본 연구의 대상자들에서는 술 후 1달에도 각막부종이 지속되었다. 이는 상대적으로 더 많은 환자들의 나이<sup>21</sup>, 심한 백내장 경화도로 인한 초음파 에너지의 사용시간 증가<sup>5</sup>, 그리고 수술방법(절개방법)의 차이에서 기인하는 것으로 생각된다.

본 연구의 차이점은 공막터널 절개를 통한 백내장수술을 한 경우에 있어 각막두께 변화를 상피와 기질부를 나누어 분석한 최초의 연구라는 점과, 각막상피와 각막기질의 변화를 직경 6 mm 범위까지 관찰하였다는 점이다. 공막터널 절개는 최근에는 각막절개보다 적게 시행되는 수술 술기이지만, 터널 구조에 단단한 공막이 포함되어 있어 술 후에도 안정성이 높아 수술 이후 합병증의 발생 확률이 적은 것이 장점이다.<sup>22,23</sup> 하지만 터널이 각막과 공막에 걸쳐 있기 때문에 터널을 만들기 위한 각막 및 공막 조작이 많아지게 되며, 이 때문에 각막부종이 다른 연구들에 비하여 심하고 오래 나타나는 것으로 생각된다. 이전 연구들<sup>15,18,19</sup>은 시력에 영향이 큰 각막 중심부에 초점을 맞추어 분석을 진행하였으나, 주변부의 각막은 각막절개부와 가깝기 때문에 각막부종의 회복과정을 예측하는 데 더욱 유용하다. 이러한 측면에서 각막전체의 두께 변화를 분석하는 것이 더욱 의미가 있으나, 본 연구에서 사용한 장비의 한계로 인하여 직경 6 mm 부위까지만 분석이 가능했던 점이 한계점이라 할 수 있다. 중심부터의 거리를 기준으로 중심부, 중심주변부, 주변부 세 구역으로 나누어 분석을 시행하였는데, 구역에 따른 변화 양상에는 차이를 보이지 않았다. 하지만 17개 개별 구획으로 나누어 봤을 때 공막터널을 만든 방향인 상이측(좌안에서는 상비측)에서 각막기질의 두께 증가가 더 컸고, 이는 절개 방향에 따라 각막부종의 정도가 다르다는 기존의 보고들<sup>13,24</sup>과 일치하는 소견이다. 각막상피의 두께는 구획에 따른 변화 정도가 큰 차이를 보이지 않았지만, 술 후 30일의 두께 감소가 각막기질에서와 마찬가지로 상부에서 더 큰 것으로 미루어 각막상피 두께 변화는 각막기질의 두께 증가에 대한 보상성 변화일 것임을 더욱 시사하는 변화를 보였다.

각막상피가 각막기질의 변화 양상을 보상하는 방식으로 변화한다는 점은 각막굴절교정 수술을 통해 각막 기질

의 일부가 제거되면 이를 보상하기 위해 각막 상피가 두꺼워진다는 보고로 확인된 바 있다.<sup>25,26</sup> 본 연구에서도 술 후 1달 중심부의 각막상피 두께의 변화량과 각막기질 두께의 변화량이 음의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. 이를 통해 각막상피 두께의 변화와 각막기질 두께의 변화가 서로 연관되어 있으며, 백내장수술과 같이 각막기질이 두꺼워지는 반대의 경우에서도 각막상피가 보상성으로 변화한다는 것을 유추할 수 있다.

백내장수술 후 각막실질과 각막상피의 변화 양상을 살펴보는 것은 수술 후 각막부종의 발생 여부 및 각막부종의 정도를 보다 자세하게 파악할 수 있도록 한다. 본 연구를 통하여 보통의 백내장수술 후 각막부종은 초음파시술과 관련한 각막실질 부종이 대부분임을 확인할 수 있었다. 상피부종이 생기는 경우는 안압이 높은 경우<sup>27</sup>, 폭스각막내피세포이상증이 있는 경우<sup>28</sup>, 각막 표면의 산소가 부족한 경우<sup>29</sup>가 보고되어 있으며, 이외의 다른 병리적 원인이 있을 수 있기 때문에 상피부종과 실질부종을 따로 관찰하는 것이 임상적으로 유용할 수 있다. 술 후 각막부종의 정도는 술 후 교정시력과 반비례한다는 보고<sup>15</sup>를 고려할 때 본 연구결과가 각막부종의 파악에 도움을 줌으로써 백내장수술 후 수술결과를 예측하는 데에도 도움을 줄 수 있으리라 본다.

본 연구의 한계점으로는 각막 두께 증가가 어느 시기에 완전히 회복되는지 판단이 불가능하였다는 점이 있다. 대략적으로 술 후 한 달이면 각막두께변화가 끝날 것으로 예측하였으나, 본 연구의 대상자들에서는 술 후 한 달에도 여전히 각막두께가 증가된 상태를 유지하였다. 본 연구에서는 공막터널 절개를 시행하였기 때문에 다른 연구들과 직접적인 비교는 어려울 수 있으나, Aribaba et al<sup>18</sup>은 술 후 3개월에서야 각막두께가 술 전 상태로 회복되었다고 보고하였기 때문에, 보다 장기간의 경과관찰과 술 후 보다 많은 측정을 통하여 각막상피의 두께 감소가 언제 나타나는지 확인하는 추가 연구가 필요할 것으로 보인다. 대상자들의 과거력을 완벽하게 파악하지 못하였다는 점도 본 연구의 결과에 영향을 줄 수 있다. 당뇨가 있는 환자에서 백내장수술 후 각막두께가 더 많이, 더 오래 증가한다는 보고가 있기 때문에<sup>12,30</sup>, 40명의 대상자 중 당뇨 환자 5명이 포함된 본 연구 결과가 실제보다 각막부종을 과대평가했을 가능성을 배제할 수 없다. 같은 맥락으로 수술과 관련된 인자들에 대한 정보가 부족하다는 점도 약점이 된다. 수술방법 외에도 초음파 에너지 이용시간<sup>15</sup>, 흡인시간<sup>31</sup>, 사용된 관류액의 양<sup>31</sup>, 점탄물질의 종류<sup>11</sup> 등에 의해서도 술 후 내피세포의 소실 정도가 영향을 받아 각막부종이 나타날 수 있다고 보고된 바 있으나, 본 연구에서는 이에



대한 고려를 하지 못하였다.

추가로 각막상피 두께의 감소가 나타난 시기가 술 후 7일에서 30일 사이로 시간간격이 넓어 어느 시점으로 확정 지을 수 없는 것 또한 단점이다. Zheng et al<sup>15</sup>이 술 후 5일에 각막상피 두께 감소가 나타나고 2주에는 사라졌다고 보고하였지만, 전술한 바와 같이 수술방법, 나이 등의 요소가 각막상피의 두께 변화에 영향을 줄 것이므로 다른 결과가 나올 수 있다. 따라서 다양한 연령군을 포함하여 많은 대상자를 포함한 후속 연구를 진행하는 것이 더 큰 의의를 가질 것으로 생각된다. 마지막으로 본 연구의 대상자들에서 Bromfenac 점안액을 일반적인 용법인 하루 2회가 아닌 4회를 점안한 점 또한 고려하여야 한다. Prasher<sup>32</sup>가 보고한 바에 따르면 식각편 수술 등 각막 표면의 손상이나 질환이 있는 경우 Bromfenac을 4회 점안하는 것으로 인하여 각막두께가 얇아지면서 각막융해까지 발생할 수 있다, 본 연구의 대상자들에서는 각막질환이 있는 환자들은 제외하였으나, 정상 각막에서도 각막 두께의 얇아짐을 유발할 가능성이 있으므로 Bromfenac을 2회 점안하였을 때와 각막 두께의 변화 양상이 다를 수 있어 이에 대한 고려가 필요하겠다.

정리하면, 공막터널 절개를 통한 백내장수술을 했을 때 각막기질은 술 후 3일 이전에 두꺼워져 술 후 30일까지 두꺼워진 상태를 유지하지만 그 정도는 서서히 감소하였고, 반면 각막상피는 술 후 7일까지는 술 전과 큰 차이가 없으나, 술 후 30일에는 술 전에 비하여 얇아졌다. 그리고 술 후 30일의 각막상피 두께 변화량은 같은 시기의 각막기질 두께의 변화량과 음의 상관관계가 있었다. 따라서 백내장수술 후 각막기질의 부종은 바로 발생하지만, 그에 대한 각막상피의 보상성 변화는 술 후 7일에서 30일 사이에 나타났다고 유추할 수 있다.

## REFERENCES

- Hollows F, Moran D. Cataract--the ultraviolet risk factor. *Lancet* 1981;2:1249-50.
- Javitt JC, Wang F, West SK. Blindness due to cataract: epidemiology and prevention. *Annu Rev Public Health* 1996;17:159-77.
- Asbell PA, Dualan I, Mindel J, et al. Age-related cataract. *Lancet* 2005;365:599-609.
- Javitt JC, Steinert RF. Cataract extraction with multifocal intraocular lens implantation: a multinational clinical trial evaluating clinical, functional, and quality-of-life outcomes. *Ophthalmology* 2000;107:2040-8.
- Walkow T, Anders N, Klebe S. Endothelial cell loss after phacoemulsification: relation to preoperative and intraoperative parameters. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:727-32.
- Bourne RR, Minassian DC, Dart JK, et al. Effect of cataract surgery on the corneal endothelium: modern phacoemulsification compared with extracapsular cataract surgery. *Ophthalmology* 2004;111:679-85.
- Zetterström C, Laurell CG. Comparison of endothelial cell loss and phacoemulsification energy during endocapsular phacoemulsification surgery. *J Cataract Refract Surg* 1995;21:55-8.
- Clark A, Morlet N, Ng JQ, et al. Whole population trends in complications of cataract surgery over 22 years in Western Australia. *Ophthalmology* 2011;118:1055-61.
- Kanellopoulos AJ, Asimellis G. Corneal epithelial remodeling following cataract surgery: three-dimensional investigation with anterior-segment optical coherence tomography. *J Refract Surg* 2014;30:348-53.
- Stein JD, Grossman DS, Mundy KM, et al. Severe adverse events after cataract surgery among medicare beneficiaries. *Ophthalmology* 2011;118:1716-23.
- Behndig A, Lundberg B. Transient corneal edema after phacoemulsification: comparison of 3 viscoelastic regimens. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:1551-6.
- Mathew PT, David S, Thomas N. Endothelial cell loss and central corneal thickness in patients with and without diabetes after manual small incision cataract surgery. *Cornea* 2011;30:424-8.
- Calabuig-Goena M, López-Miguel A, Marqués-Fernández V, et al. Early changes in corneal epithelial thickness after cataract surgery--pilot study. *Curr Eye Res* 2016;41:311-7.
- Lundberg B, Jonsson M, Behndig A. Postoperative corneal swelling correlates strongly to corneal endothelial cell loss after phacoemulsification cataract surgery. *Am J Ophthalmol* 2005;139:1035-41.
- Zheng T, Yang J, Xu J, et al. Near-term analysis of corneal epithelial thickness after cataract surgery and its correlation with epithelial cell changes and visual acuity. *J Cataract Refract Surg* 2016;42:420-6.
- Reinstein DZ, Archer T. Combined Artemis very high-frequency digital ultrasound-assisted transepithelial phototherapeutic keratectomy and wavefront-guided treatment following multiple corneal refractive procedures. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:1870-6.
- Ventura AC, Wäliti R, Böhnke M. Corneal thickness and endothelial density before and after cataract surgery. *Br J Ophthalmol* 2001;85:18-20.
- Aribaba OT, Adenekan OA, Onakoya AO, et al. Central corneal thickness changes following manual small incision cataract surgery. *Clin Ophthalmol* 2015;9:151-5.
- Şimşek A, Bilgin B, Çapkin M, et al. Evaluation of anterior segment parameter changes using the Sirius after uneventful phacoemulsification. *Korean J Ophthalmol* 2016;30:251-7.
- Sanchis-Gimeno JA, Lieó-Pérez A, Alonso L, et al. Corneal endothelial cell density decreases with age in emmetropic eyes. *Histol Histopathol* 2005;20:423-7.
- Siu AW, Herse PR. The effect of age on the edema response of the central and mid-peripheral cornea. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 1993;71:57-61.
- Cooper BA, Holekamp NM, Bohigian G, Thompson PA. Case-control study of endophthalmitis after cataract surgery comparing scleral tunnel and clear corneal wounds. *Am J Ophthalmol* 2003;136:300-5.
- Ernest PH, Lavery KT, Kiessling LA. Relative strength of scleral corneal and clear corneal incisions constructed in cadaver eyes. *J Cataract Refract Surg* 1994;20:626-9.
- Bolz M, Sacu S, Drexler W, Findl O. Local corneal thickness

- changes after small-incision cataract surgery. J Cataract Refract Surg 2006;32:1667-71.
- 25) Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M. Change in epithelial thickness profile 24 hours and longitudinally for 1 year after myopic LASIK: three-dimensional display with Artemis very high-frequency digital ultrasound. J Refract Surg 2012;28:195-201.
- 26) Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M, et al. Epithelial thickness after hyperopic LASIK: three-dimensional display with Artemis very high-frequency digital ultrasound. J Refract Surg 2010;26:555-64.
- 27) Ytteborg J, Dohlman CH. Corneal edema and intraocular pressure. II. Clinical results. Arch Ophthalmol 1965;74:477-84.
- 28) Borderie VM, Baudrimont M, Vallée A, et al. Corneal endothelial cell apoptosis in patients with Fuchs' dystrophy. Invest Ophthalmol Vis Sci 2000;41:2501-5.
- 29) Liesegang TJ. Physiologic changes of the cornea with contact lens wear. CLAO J 2002;28:12-27.
- 30) Morikubo S, Takamura Y, Kubo E, et al. Corneal changes after small-incision cataract surgery in patients with diabetes mellitus. Arch Ophthalmol 2004;122:966-9.
- 31) Mahdy MA, Eid MZ, Mohammed MA, et al. Relationship between endothelial cell loss and microcoaxial phacoemulsification parameters in noncomplicated cataract surgery. Clin Ophthalmol 2012;6:503-10.
- 32) Prasher P. Acute corneal melt associated with topical bromfenac use. Eye Contact Lens 2012;38:260-2.

---

= 국문초록 =

## 공막터널을 통한 백내장수술 후의 각막 상피 및 기질의 두께 변화

**목적:** 공막터널을 통한 백내장수술 전후 각막상피와 기질의 두께를 비교하고 각막상피와 기질의 변화 양상의 차이를 알아보려고 하였다.

**대상과 방법:** 상부 공막터널 절개 후 초음파 백내장수술을 시행 받은 40세 이상의 성인 40명의 40안을 대상으로 하였다. RTVue (Optovue Inc., Fremont, CA, USA) 기기를 이용하여 대상자들의 각막상피 및 각막기질의 두께를 술 전과 술 후 3일, 1주, 1달에 측정하였다. 측정된 각막상피 및 기질두께는 정점에서 직경 2 mm 부위를 중심부, 2-5 mm 부위를 중심주변부, 5-6 mm 부위를 주변부로 나누어 분석하였다.

**결과:** 중심부의 평균 기질두께는 술 전  $486.68 \pm 25.15 \mu\text{m}$ 에서 술 후 3일에  $535.16 \pm 48.13 \mu\text{m}$ , 술 후 7일에  $515.98 \pm 44.07 \mu\text{m}$ , 술 후 30일에  $502.28 \pm 34.87 \mu\text{m}$ 였으며(모두  $p < 0.001$ ), 직경 6 mm 이내 모든 부위에서 술 후 3일부터 술 전보다 유의하게 증가하여 술 후 30일까지 증가된 상태를 유지하였다(모두  $p < 0.001$ ). 중심부, 중심주변부, 주변부의 평균 각막상피두께는 술 전에  $52.13 \pm 3.41 \mu\text{m}$ ,  $50.42 \pm 2.97 \mu\text{m}$ ,  $49.12 \pm 3.05 \mu\text{m}$ 였고, 술 후 3일과 7일에는 모든 영역에서 의미있는 상피두께 변화가 없었으나, 술 후 30일에는  $51.03 \pm 3.63 \mu\text{m}$ ,  $48.96 \pm 3.62 \mu\text{m}$ ,  $47.67 \pm 3.81 \mu\text{m}$ 로 변화하였다(각각  $p = 0.061, 0.006, 0.001$ ). 각막기질 및 상피의 두께 변화는 절개창이 위치한 상이측 부위에서 두드러졌다.

**결론:** 백내장수술 후 각막두께의 변화는 수술 직후부터 기질부위에서 나타나며, 상피부위에서는 수술 초기에는 유의한 변화가 없다가 술 후 1달에 주변부에서 감소가 나타났다. 술 후 각막 상피의 두께변화는 기질 부종에 대한 보상성 변화로 생각되며 술 후 1주에서 1달 사이에 나타났다.

〈대한안과학회지 2017;58(11):1215-1224〉

---