

## 안축장에 따른 백내장수술 전후 전방 구조 및 렌즈 위치의 변화 비교

### Anterior Chamber and Lens Position before and after Phacoemulsification According to Axial Length

정석훈 · 김선주 · 정소향

Suk Hoon Jung, MD, Seonjoo Kim, MD, So Hyang Chung, MD, PhD

가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 안과학교실

Department of Ophthalmology, Seoul St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

**Purpose:** In this study, we evaluated changes in the anterior chamber structure and lens position before and after phacoemulsification in eyes grouped by axial length (AL).

**Methods:** This study included 65 eyes (16 short eyes [AL < 22.5 mm], 33 normal eyes [22.5 mm < AL < 25.0 mm], and 16 long eyes [AL > 25.5 mm]) that underwent cataract surgery. Pre- and postoperative anterior chamber depth (ACD) was measured using Pentacam® and IOL Master®. In addition, we evaluated the anterior chamber angle (ACA), anterior chamber volume (ACV), epithelium-iris distance, and iris-lens (intraocular lens [IOL]) distance.

**Results:** The change in ACD was significantly smaller in long eyes (Pentacam®,  $p = 0.000$ ; IOL Master®,  $p = 0.001$ ). The change in ACA was significantly larger in short eyes ( $p = 0.000$ ), and the change in ACV was significantly smaller in long eyes ( $p = 0.000$ ). The change in the epithelium-iris distance was significantly smaller in long eyes ( $p = 0.000$ ), and the change in the iris-lens (IOL) distance was significantly smaller in short eyes ( $p = 0.000$ ).

**Conclusions:** In short eyes, changes in ACD, ACA, and ACV were found to be larger than those of other groups as the iris moved backward. In long eyes, greater backward movement of the IOL was observed. Therefore, the appropriate IOL power should be chosen, considering the postoperative position of the IOL during cataract surgery of short and long eyes.

J Korean Ophthalmol Soc 2020;61(1):17-26

**Keywords:** Anterior chamber depth, Axial length, Intraocular lens, Long, Short

백내장수술에서 술 후 굴절력의 정확한 예측은 가장 중요한 사안 중 하나이다. 술 후 굴절력은 각막곡률, 안축장, 앞방깊이 또는 위수정체성 유효렌즈 위치인 세 가지 중요한 인자로 결정된다.<sup>1,2</sup> 유효렌즈 위치는 술 후 인공수정체

의 위치를 뜻하는데, 술 후 최종 굴절률을 결정하게 되며 그 위치가 변하면 같은 수술 후 목표 굴절력을 위해 필요한 인공수정체의 도수도 변하게 된다. 부분빛간섭계를 이용한 IOL Master® (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA)가 도입됨에 따라 정밀한 생체측정이 가능하게 되어 백내장수술을 계획하는 데에 있어서 IOL Master® (Carl Zeiss Meditec)는 중요한 도구가 되어왔으며,<sup>3</sup> slit image technique으로 앞방깊이를 측정할 수 있다. 각막과 수정체가 이축 30°의 각으로 세극등에 의해 조사되면 소프트웨어가 영상을 분석하고 각막 전면과 수정체의 전면 사이의 거리인 앞방깊이를 측정하며 시축(visual axis)을 따라 5회의 연속 측정 후 평균값을 최종 앞방깊이로 계산한다.<sup>4</sup> Pentacam® (Oculus

■ Received: 2019. 6. 20. ■ Revised: 2019. 7. 19.

■ Accepted: 2019. 12. 30.

■ Address reprint requests to So Hyang Chung, MD, PhD  
Department of Ophthalmology, Seoul St. Mary's Hospital, #222  
Banpo-daero, Seocho-gu, Seoul 06591, Korea  
Tel: 82-2-2258-6203, Fax: 82-2-599-7405  
E-mail: chungsh@catholic.ac.kr

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

© 2020 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.

Inc., Wetzlar, Germany)은 전안부의 3차원적 분석과 시각화를 위해 고안된 회전하는 샤임플러그 카메라로 카메라와 단색 세극광이 광축(optical axis)의 360°를 회전하면서 전안부의 영상을 얻는데, 이로써 3차원의 모델이 구성된다. 이렇게 구성된 3차원 모델로부터 앞방깊이가 계산되며, 이러한 자동화된 앞방깊이 측정은 정확하고 재현성이 높은 것으로 입증되었다.<sup>5,6</sup> 또한 이는 2차원의 샤임플러그 이미지에서 수동 측정 또한 가능하다.

이러한 생체측정 장비의 등장 외에도 백내장수술 시 인공수정체 도수를 결정하기 위한 여러 가지 공식들이 고안되어 왔다. 오래된 인공수정체 도수 계산 공식인 SRK-II, SRK-T와 Holladay는 안축장(axial length, AL)과 각막곡률(K)의 값을 사용하며 앞방깊이는 K값을 바탕으로 추정한다.<sup>7-9</sup> Haigis 공식은 술 후 유효렌즈 위치를 추정하기 위하여 측정된 앞방깊이를 사용한다.<sup>3</sup> Holladay 2, Olsen 그리고 Barrett Universal II와 같은 새로운 인공수정체 도수 계산 공식들은 유효렌즈 위치를 계산하기 위해 앞방깊이, 수정체 두께를 포함하는 여러가지 인자들을 사용한다.<sup>10</sup> 일반적으로 백내장수술 후에는 앞방깊이와 전방각의 수치가 증가하는 것으로 알려져 있다.<sup>11-14</sup> 그러나 매우 짧거나 긴 안축장을 가지는 눈에서는 수술 후에 앞방깊이의 변화가 상대적으로 더 크며 새로운 공식을 이용한 경우에도 수술 후 상당한 양의 굴절 오차가 생기는 경우가 보고되고 있다.<sup>15,16</sup> 이에 본 연구에서는 IOL Master® (Carl Zeiss Meditec)와 Pentacam® (Oculus Inc.)를 이용하여 안축장이 짧거나 긴 군에서 백내장수술 전후 전방의 여러 지표들의 변화를 평가하고, 이를 정상 안축장의 안과 비교하고자 하였다.

## 대상과 방법

본 연구는 2015년 6월 1일부터 2017년 12월 31일까지 서울성모병원 안과에서 수정체초음파유화술 및 인공수정체후낭삽입술을 시행받은 환자들을 대상으로 하였다. 본 연구는 헬싱키 생의학 연구 윤리 현장을 준수하였고, 가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원의 기관윤리심사(Institutional Review Board)의 승인을 받았다(승인 번호 : 2019-0839-0002). 대상자들은 수술 전후 IOL Master® (Carl Zeiss Meditec)와 Pentacam® (Oculus Inc.)을 시행하였고 결과에 영향을 줄 수 있는 녹내장, 거칫비늘증후군 및 섬모체소대 약화 소견이 있을 시 대상에서 제외하였으며, 수술 중 산동된 동공 크기가 5.5 mm 미만인 경우 및 다른 동공 이상이 있는 경우 대상에서 제외하였다.

모든 검사는 산동 없이 동일한 빛 환경에서 동일한 검사자에 의해 실시되었으며 술 전 IOL Master® (Carl Zeiss

Meditec) 안축장의 길이에 따라 대상안을 3군(group 1 [16안], AL<22.5 mm; group 2 [33안], 22.5 mm<AL<25.0 mm; group 3 [16안], AL>25.5 mm)으로 나누어 분석하였다. 백내장수술은 1명의 수술자에 의하여 합병증이 없는 표준 수정체초음파유화술 및 인공수정체후낭삽입술이 시행되었으며 모든 안에서 2.2 mm 이측 각막절개를 통하여 Tecnis ZCB00 (Abbott Medical Optics Inc., Santa Ana, CA, USA) IOL이 삽입되었다.

수술 전과 수술 2개월 후에 IOL Master® (Carl Zeiss Meditec)를 이용하여 안축장과, 앞방깊이를 측정하였으며 Pentacam® (Oculus Inc.)의 샤임플러그 카메라로 앞방깊이, 전방각, 전방 부피를 측정하였다. Pentacam® (Oculus Inc.)에서 앞방깊이는 각막상피에서부터 수정체전면(혹은 인공수정체 전면)까지의 거리로 내장된 소프트웨어의 external anterior chamber depth에 의해 자동 계산하였고, 전방각과 전방 부피도 내장된 소프트웨어에 의해 자동 계산된 값을 확인하였다. 그리고 샤임플러그 영상에서 수술 전 홍채전면에서 수정체전면까지의 거리는, 양측의 홍채전면과 접하는 수평선과 수직인 선이 가장 돌출된 수정체전면부까지 도달하는 최단거리를 수동으로 측정하였다. 수술 2개월 후 홍채전면에서 인공수정체전면까지의 거리는, 양측의 홍채전면과 접하는 수평선과 수직인 선이 가장 돌출된 인공수정체전면부까지 도달하는 최단 거리를 수동으로 측정하였다(Fig. 1). 수술 전후 앞방깊이, 전방각, 전방 부피의 변화는 “변화율(%)=(수술 후 값-수술 전 값)/(수술 전 값)×100”의 공식을 이용하여 산출하였다. 또한 수술 전 홍채전면에서의 수정체전면까지의 거리 및 수술 2개월 후 홍채전면에서 인공수정체전면까지의 거리의 차이를 분석하였으며, 수술 전후 각막상피에서 홍채전면까지의 거리는 앞방깊이에서 홍채전면에서 수정체전면까지의 거리 혹은 홍채전면에서 인공수정체전면까지의 거리를 뺀 값으로 정의하여 그 변화를 분석하였다.

통계분석은 SPSS 24.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하였다. 세 군 간의 차이 유무를 먼저 확인하기 위하여 Kruskal-Wallis test를 시행하였다. 유의한 차이가 확인이 되면 두 군 간 비교를 위해 Bonferroni correction을 이용한 Mann-Whitney U test를 시행하여 두 군 간에 유의한 차이가 있는지 확인하였다. Pentacam® (Oculus Inc.)과 IOL Master® (Carl Zeiss Meditec)로 각각 측정한 수술 전후 앞방깊이와 그 변화율은 두 장비의 측정값을 직접 비교하기 위하여 paired t-test를 시행하였다. 그리고 각 군에서 각막상피-홍채전면 거리, 홍채전면-수정체(인공수정체)전면 거리의 수술 전후 비교는 Wilcoxon signed rank test를 이용하여 각 지표들이 수술 전후 유의한 차이가 있는지 분석하였

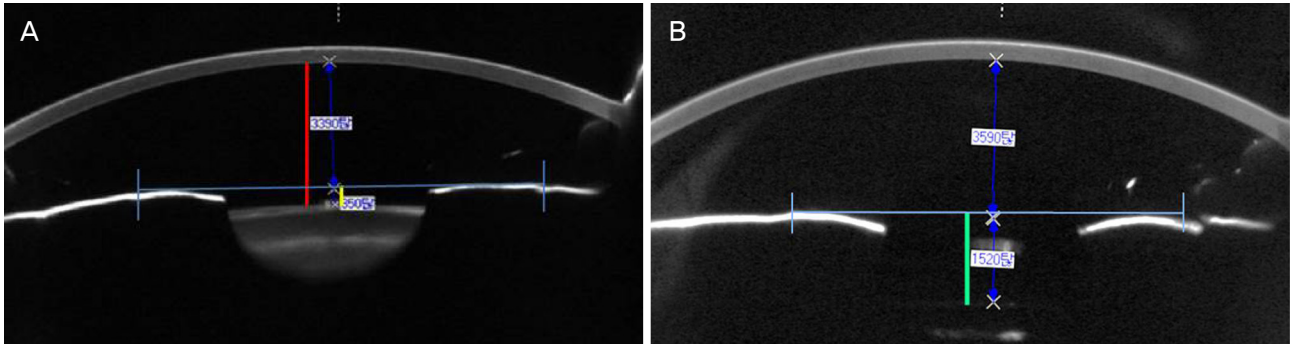
다. 또한 안축장과 앞방깊이, 전방각, 전방부피, 각막상파-홍채전면 거리 및 홍채전면-수정체(인공수정체)전면 거리 각 변화들과의 상관 관계를 분석하기 위하여 Pearson의 단 순상관분석을 사용하였다.

## 결 과

본 연구는 총 65안이 대상이 되었으며 짧은 군 16안, 정 상군 33안, 긴 군 16안이 배정되었다. 대상안의 평균 연령 은 짧은 군  $69.19 \pm 4.34$ 세, 정상군  $64.67 \pm 7.72$ 세, 긴 군  $57.13 \pm 11.35$ 세였으며, 짧은 군이 긴 군에 비해 유의하게 평균 연령이 높았다( $p=0.000$ ). IOL Master® (Carl Zeiss Meditec) 로 측정된 안축장의 평균은 짧은 군  $22.30 \pm 0.22$  mm, 정 상군  $23.57 \pm 0.72$  mm, 긴 군  $28.75 \pm 2.68$  mm였으며 세 군 차이 모두 유의하였다. IOL Master® (Carl Zeiss Meditec) 로 측정된 앞방깊이의 평균은 짧은 군  $2.67 \pm 0.17$  mm, 정 상군  $3.00 \pm 0.35$  mm, 긴 군  $3.65 \pm 0.28$  mm, Pentacam® (Oculus Inc.)으로 측정된 앞방깊이는 짧은 군  $2.70 \pm 0.18$  mm,

정상군  $3.03 \pm 0.41$  mm, 긴 군  $3.67 \pm 0.24$  mm로 두 장비 로 측정한 세 군 간 앞방깊이 차이는 모두 유의하였다. Pentacam® (Oculus Inc.)의 샤임플러그 영상에서 측정한 홍 채전면-수정체전면 거리는 짧은 군  $0.22 \pm 0.06$  mm, 정상 군  $0.34 \pm 0.12$  mm, 긴 군  $0.30 \pm 0.14$  mm였으며 짧은 군 이 정상군에 비해 유의하게 짧았다( $p=0.005$ ,  $p$  [group 1 vs 2]=0.001,  $p$  [group 2 vs 3]=0.462,  $p$  [group 1 vs 3]=0.080) (Table 1).

수술 2개월 후 각 군에서 Pentacam® (Oculus Inc.)과 IOL Master® (Carl Zeiss Meditec)로 앞방깊이를 측정하고 변화 율을 분석하였다. Pentacam® (Oculus Inc.)으로 측정한 세 군 간 전방깊이 변화를 분석한 결과, 짧은 군  $72.14 \pm 18.07\%$ , 정상군  $67.97 \pm 23.91\%$ , 긴 군  $41.27 \pm 13.68\%$ 의 앞방깊이 증가를 보였으며( $p=0.000$ ,  $p$  [group 1 vs 2]=0.670,  $p$  [group 2 vs 3]=0.000,  $p$  [group 1 vs 3]=0.000), 긴 군에서 증가가 가장 적었다. IOL Master® (Carl Zeiss Meditec)에서 는 짧은 군  $48.67 \pm 17.10\%$ , 정상군  $44.07 \pm 17.75\%$ , 긴 군  $27.30 \pm 10.79\%$ 의 앞방깊이 증가를 보였고( $p=0.001$ ,



**Figure 1.** Parameters measured with the Scheimpflug images of Pentacam®. (A) Anterior chamber depth (red line), distance from the anterior surface of the iris to the anterior surface of the crystalline lens (yellow line). (B) Distance from the anterior surface of the iris to the anterior surface of the intraocular lens (green line).

**Table 1.** Preoperative baseline characteristics of patients in the three groups

Parameter	Group					
	1 (short)	2 (normal)	3 (long)	1 vs 2 <i>p</i> -value	2 vs 3 <i>p</i> -value	1 vs 3 <i>p</i> -value
Eyes	16	33	16	-	-	-
Patient age (years)	$69.19 \pm 4.34$	$64.67 \pm 7.72$	$57.13 \pm 11.35$	0.026	0.084	0.000*
Axial length (mm) - IOL Master®	$22.30 \pm 0.22$	$23.57 \pm 0.72$	$28.75 \pm 2.68$	0.000*	0.000*	0.000*
Pre operative ACD (mm) - IOL Master®	$2.67 \pm 0.17$	$3.00 \pm 0.35$	$3.65 \pm 0.28$	0.001*	0.000*	0.000*
Pre operative ACD (mm) - Pentacam® (external)	$2.70 \pm 0.18$	$3.03 \pm 0.41$	$3.67 \pm 0.24$	0.003*	0.000*	0.000*
Iris-lens distance (mm) - Pentacam® (Scheimpflug image)	$0.22 \pm 0.06$	$0.34 \pm 0.12$	$0.30 \pm 0.14$	0.001*	0.462	0.080

Values are presented as mean  $\pm$  standard deviation or number.

ACD = anterior chamber depth.

\*Statistically significant using Mann-Whitney *U* test with Bonferroni's correction ( $p < 0.017$ ).

$p$  [group 1 vs 2]=0.430,  $p$  [group 2 vs 3]=0.001,  $p$  [group 1 vs 3]=0.000), Pentacam® (Oculus Inc.)의 결과와 같이 긴 군에서 앞방깊이 증가가 가장 적었다(Table 2).

Pentacam® (Oculus Inc.)과 IOL Master® (Carl Zeiss Meditec) 두 장비로 측정한 앞방깊이와 변화율 값을 직접 비교한 결과, 세 군 모두에서 두 장비의 수술 전 앞방깊이는 유의한 차이를 보이지 않았다(group 1,  $p=0.063$ ; group 2,  $p=0.273$ ; group 3,  $p=0.475$ ). 그러나 수술 후 앞방깊이는 세 군 모두 Pentacam® (Oculus Inc.)에서 유의하게 크게 측정되었으며 (group 1,  $p=0.000$ ; group 2,  $p=0.000$ ; group 3,  $p=0.002$ ), 앞방깊이의 변화율 또한 세 군 모두 Pentacam® (Oculus Inc.)에서 유의하게 더 큰 것으로 나타났다(group 1,  $p=0.001$ ; group 2,  $p=0.000$ ; group 3,  $p=0.002$ ) (Table 3).

Pentacam® (Oculus Inc.)으로 측정한 전방각과 전방 부피 값의 수술 전후 변화를 분석하였다. 전방각은 짧은 군  $86.23 \pm 34.09\%$ , 정상군  $46.81 \pm 28.17\%$ , 긴 군  $33.70 \pm$

42.69%의 증가를 보였으며 짧은 군에서 가장 크게 나타났다( $p=0.000$ ,  $p$  [group 1 vs 2]=0.000,  $p$  [group 2 vs 3]=0.023,  $p$  [group 1 vs 3]=0.000). 전방 부피는 짧은 군  $58.91 \pm 14.12\%$ , 정상군  $53.03 \pm 36.07\%$ , 긴 군  $4.85 \pm 13.75\%$ 의 증가를 보였으며( $p=0.000$ ,  $p$  [group 1 vs 2]=0.216,  $p$  [group 2 vs 3]=0.000,  $p$  [group 1 vs 3]=0.000), 긴 군에서 증가가 가장 적었다(Table 4).

Pentacam® (Oculus Inc.) 샵애플러그 영상에서 측정한 각막상피-홍채전면 거리, 홍채전면-수정체(인공수정체)전면 거리 변화를 분석하였다. 각막상피-홍채전면 거리는 짧은 군  $1.37 \pm 0.37$  mm, 정상군  $1.27 \pm 0.57$  mm, 긴 군  $0.60 \pm 0.45$  mm의 증가를 보였으며 긴 군에서 가장 증가가 적었다( $p=0.000$ ,  $p$  [group 1 vs 2]=0.631,  $p$  [group 2 vs 3]=0.000,  $p$  [group 1 vs 3]=0.000). 각 군에서 수술 전후 변화는 모두 유의하였다( $p$  [group 1]=0.001,  $p$  [group 2]=0.000,  $p$  [group 3]=0.000). 홍채전면-수정체(인공수정체)전면 거

**Table 2.** Changes in anterior chamber depth in the three groups

Parameter	Group			1 vs 2 <i>p</i> -value	2 vs 3 <i>p</i> -value	1 vs 3 <i>p</i> -value
	1 (short)	2 (normal)	3 (long)			
Axial length (mm) - IOL Master®	22.30 ± 0.22	23.57 ± 0.72	28.75 ± 2.68			
Pre operative ACD (mm) - Pentacam®	2.70 ± 0.18	3.03 ± 0.41	3.67 ± 0.24			
Post operative ACD (mm) - Pentacam®	4.63 ± 0.40	5.06 ± 0.74	5.17 ± 0.49			
ACD difference (%) - Pentacam®	72.14 ± 18.07	67.97 ± 23.91	41.27 ± 13.68	0.670	0.000*	0.000*
Pre operative ACD (mm) - IOL Master®	2.67 ± 0.17	3.00 ± 0.35	3.65 ± 0.28			
Post operative ACD (mm) - IOL Master®	3.97 ± 0.54	4.28 ± 0.47	4.63 ± 0.33			
ACD difference (%) - IOL Master®	48.67 ± 17.10	44.07 ± 17.75	27.30 ± 10.79	0.430	0.001*	0.000*

Values are presented as mean ± standard deviation.

ACD = anterior chamber depth.

\*Statistically significant using Mann-Whitney *U* test with Bonferroni's correction ( $p < 0.017$ ).

**Table 3.** Comparison of anterior chamber depth and its difference between Pentacam® and IOL Master®

Parameter	Pentacam®	IOL Master®	<i>p</i> -value
Pre operative ACD (mm)			
Group 1 (short)	2.70 ± 0.18	2.67 ± 0.17	0.063
Group 2 (normal)	3.03 ± 0.41	3.00 ± 0.35	0.273
Group 3 (long)	3.67 ± 0.24	3.65 ± 0.28	0.475
Post operative ACD (mm)			
Group 1 (short)	4.63 ± 0.40	3.97 ± 0.54	0.000*
Group 2 (normal)	5.06 ± 0.74	4.28 ± 0.47	0.000*
Group 3 (long)	5.17 ± 0.49	4.63 ± 0.33	0.002*
ACD difference (%)			
Group 1 (short)	72.14 ± 18.07	48.67 ± 17.10	0.001*
Group 2 (normal)	67.97 ± 23.91	44.07 ± 17.75	0.000*
Group 3 (long)	41.27 ± 13.68	27.30 ± 10.79	0.002*

Values are presented as mean ± standard deviation.

ACD = anterior chamber depth.

\*Statistically significant using paired *t*-test ( $p < 0.05$ ).

리는 짧은 군  $0.56 \pm 0.17$  mm, 정상군  $0.75 \pm 0.22$  mm, 긴 군  $0.90 \pm 0.26$  mm의 증가를 보였으며 짧은 군에서 가장 적은 증가를 보였다( $p=0.000$ ,  $p$  [group 1 vs 2]=0.003,  $p$  [group 2 vs 3]=0.050,  $p$  [group 1 vs 3]=0.000). 또한 각 군에서 수술 전후 변화는 모두 유의하였다( $p$  [group 1]=0.000,  $p$  [group 2]=0.000,  $p$  [group 3]=0.000) (Table 5).

안축장과 여러 전방 지표 변화와의 상관 관계를 분석하였다. 안축장은 앞방깊이( $p$  [Pentacam®]=0.000,  $r$  [Pentacam®]=-0.486,  $p$  [IOL Master®]=0.001,  $r$  [IOL Master®]=-0.407), 전방각( $p=0.000$ ,  $r=-0.506$ ), 전방 부피( $p=0.000$ ,  $r=-0.599$ ), 각막상피-홍채전면 거리( $p=0.000$ ,  $r=-0.503$ )의 변화들과 유의한 음의 상관 관계를 보였다. 하지만 홍채전면-수정체(인공수정체)전면 거리의 변화( $p=0.003$ ,  $r=0.364$ )와는 유의한 양의 상관 관계를 보였다(Fig. 2).

## 고 찰

본 연구 대상안의 평균 연령은 안축장이 짧은 군이 긴 군에 비해 유의하게 평균 연령이 높은 결과를 보였다. 이는

근시가 있는 눈에서 수술을 요하는 백내장이 상대적으로 젊은 연령에서 발생하는 것으로 보이며 조기 발병 백내장의 위험인자 중 하나로 고도근시를 언급한 기존의 보고들과 같은 맥락으로 보인다.<sup>17</sup> Pentacam® (Oculus Inc.)과 IOL Master® (Carl Zeiss Meditec)를 이용하여 측정한 앞방깊이의 평균 길이는 안축장 길이 군별로 모두 유의한 차이를 보였고, 안축장이 증가할수록 앞방깊이도 증가하는 양상을 보였다. 정상 안축장 및 긴 안축장을 가진 군에서 안축장과 앞방깊이의 상관 관계를 분석한 이전의 연구에서도 유의한 양의 상관관계를 밝힌 바 있으나 안축장 27.5 mm 이상의 매우 긴 군에서는 그 상관관계가 유의하지 않았다.<sup>18</sup> 또한 다른 연구에서는 안축장 22.0 mm 이하의 짧은 군에서 안축장과 앞방깊이의 유의한 상관관계가 없었다고 보고한 바 있다.<sup>19</sup> 상기의 연구들은 안축장이 유사한 군 내에서 안축장과 앞방깊이의 상관 관계를 분석한 연구로, 본 연구는 안축장이 다른 군 간의 앞방깊이를 비교한 것으로 그 차이가 있다. 추가적인 지표로 Pentacam® (Oculus Inc.)으로 측정한 홍채전면-수정체전면 거리는 안축장이 짧은 군이 정상 군에 비해 유의하게 짧았는데 이는 안축장에 따라서 영향

**Table 4.** Changes in anterior chamber angle and volume in the three groups

Parameter	Group					
	1 (short)	2 (normal)	3 (long)	1 vs 2 <i>p</i> -value	2 vs 3 <i>p</i> -value	1 vs 3 <i>p</i> -value
Pre op AC angle (°)	24.07 ± 4.16	29.25 ± 6.99	35.44 ± 11.49			
Post op AC angle (°)	43.60 ± 2.01	41.38 ± 5.44	43.62 ± 4.75			
AC angel difference (%)	86.23 ± 34.09	46.81 ± 28.17	33.70 ± 42.69	0.000*	0.023	0.000*
Pre op AC volume (mm <sup>3</sup> )	94.00 ± 13.70	114.36 ± 35.99	169.63 ± 22.45			
Post op AC volume (mm <sup>3</sup> )	148.13 ± 15.19	164.06 ± 28.44	175.81 ± 16.10			
AC volume difference (%)	58.91 ± 14.12	53.03 ± 36.07	4.85 ± 13.75	0.216	0.000*	0.000*

Values are presented as mean ± standard deviation.

AC = anterior chamber.

\*Statistically significant using Mann-Whitney *U* test with Bonferroni's correction ( $p < 0.017$ ).

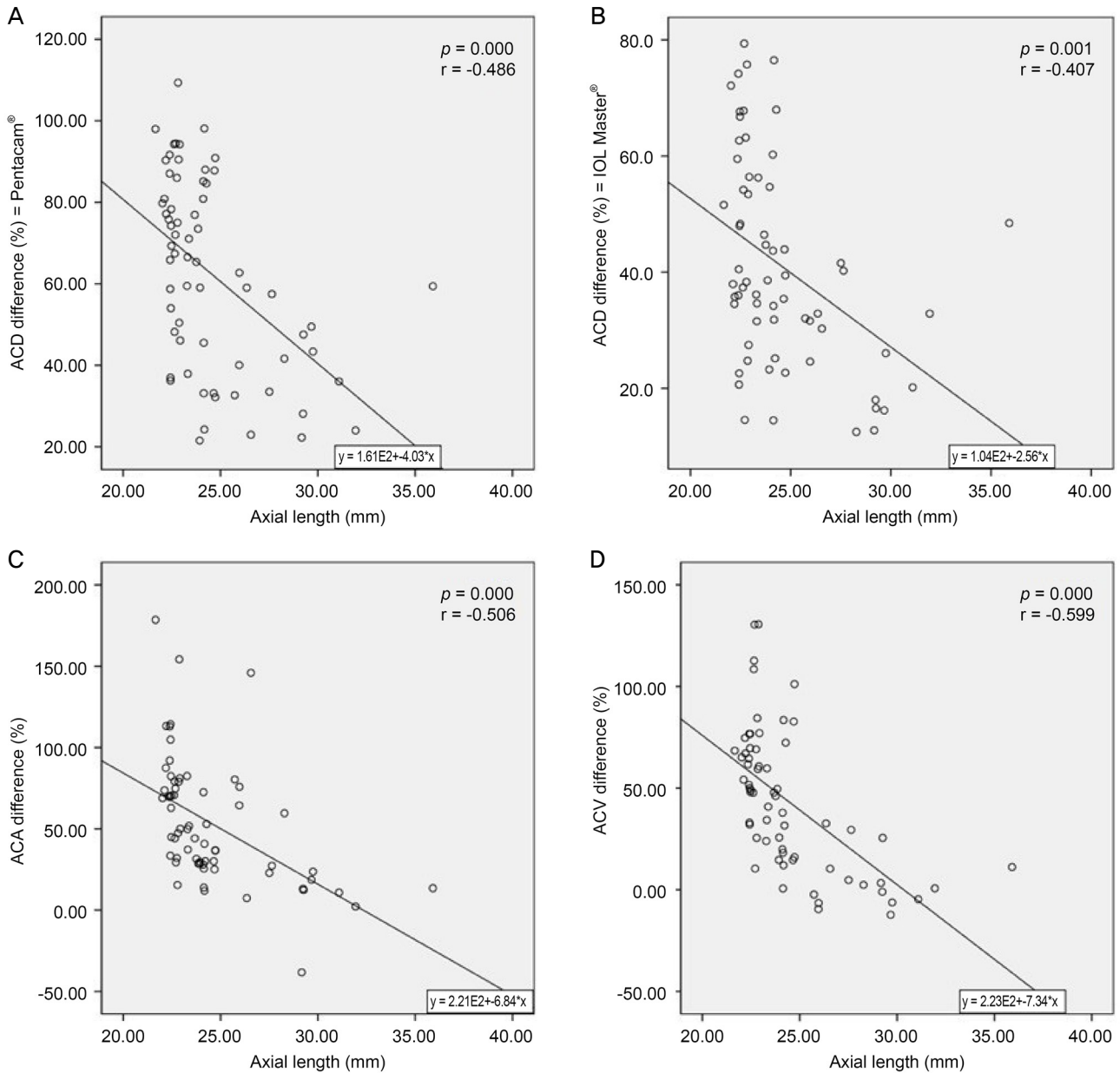
**Table 5.** Changes in epithelium-iris distance (mm) & iris-lens (IOL) distance (mm) in the three groups

Parameter	Group					
	1 (short)	2 (normal)	3 (long)	1 vs 2 <i>p</i> -value	2 vs 3 <i>p</i> -value	1 vs 3 <i>p</i> -value
Pre op epithelium-iris distance (mm)	2.49 ± 0.21*	2.70 ± 0.41*	3.37 ± 0.24*			
Post op epithelium-iris distance (mm)	3.86 ± 0.32*	3.96 ± 0.69*	3.97 ± 0.46*			
Mean epithelium-iris distance difference (mm)	1.37 ± 0.37	1.27 ± 0.57	0.60 ± 0.45	0.631	0.000†	0.000†
Pre op iris-lens distance (mm)	0.22 ± 0.06*	0.34 ± 0.12*	0.30 ± 0.14*			
Post op iris-IOL distance (mm)	0.77 ± 0.18*	1.10 ± 0.19*	1.20 ± 0.21*			
Mean iris-lens (IOL) distance difference (mm)	0.56 ± 0.17	0.75 ± 0.22	0.90 ± 0.26	0.003†	0.050	0.000†

Values are presented as mean ± standard deviation.

IOL = intraocular lens.

\*Statistically significant using Wilcoxon signed rank test ( $p < 0.05$ ); †statistically significant using Mann-Whitney *U* test with Bonferroni's correction ( $p < 0.017$ ).



**Figure 2.** Associations between axial length and difference of anterior chamber parameters (ACD- Pentacam® [A], ACD-IOL Master® [B], ACA [C], ACV [D], Epithelium-Iris distance [E] and iris-lens [IOL] distance [F]). ACD = anterior chamber depth; ACA = anterior chamber angle; ACV = anterior chamber volume; IOL = intraocular lens. Statistically significant  $p$ -value  $< 0.01$  using Pearson's correlation analysis.

을 받을 수 있겠지만, 홍채나 수정체의 형태에 따라서도 영향을 받을 가능성이 있으므로 추후 자세한 분석이 필요할 것으로 사료된다.

두 장비를 이용하여 백내장수술 전후 앞방깊이를 비교한 결과 Pentacam® (Oculus Inc.)에서는 안축장이 짧은 군에서  $72.14 \pm 18.07\%$ , 정상군에서  $67.97 \pm 23.91\%$ , 긴 군에서  $41.27 \pm 13.68\%$ 의 앞방깊이 증가를 보였으며 긴 군에서 수술 후 가장 적은 앞방깊이 증가를 보였다. IOL Master® (Carl

Zeiss Meditec)에서도 짧은 군에서  $48.67 \pm 17.10\%$ , 정상군에서  $44.07 \pm 17.75\%$ , 긴 군에서  $27.30 \pm 10.79\%$ 의 앞방깊이 증가를 보였고 역시 긴 군에서 그 변화가 가장 적은 것으로 나타났다. 수술 전후 두 장비의 측정값에 차이가 있는지 확인하기 위해 직접 비교한 결과, 수술 전 앞방깊이는 두 장비 간 유의한 차이가 없었다. 그러나 수술 후 앞방깊이와, 앞방깊이 변화율은 IOL Master® (Carl Zeiss Meditec)보다 Pentacam® (Oculus Inc.)에서 더 큰 것으로 나타났으며

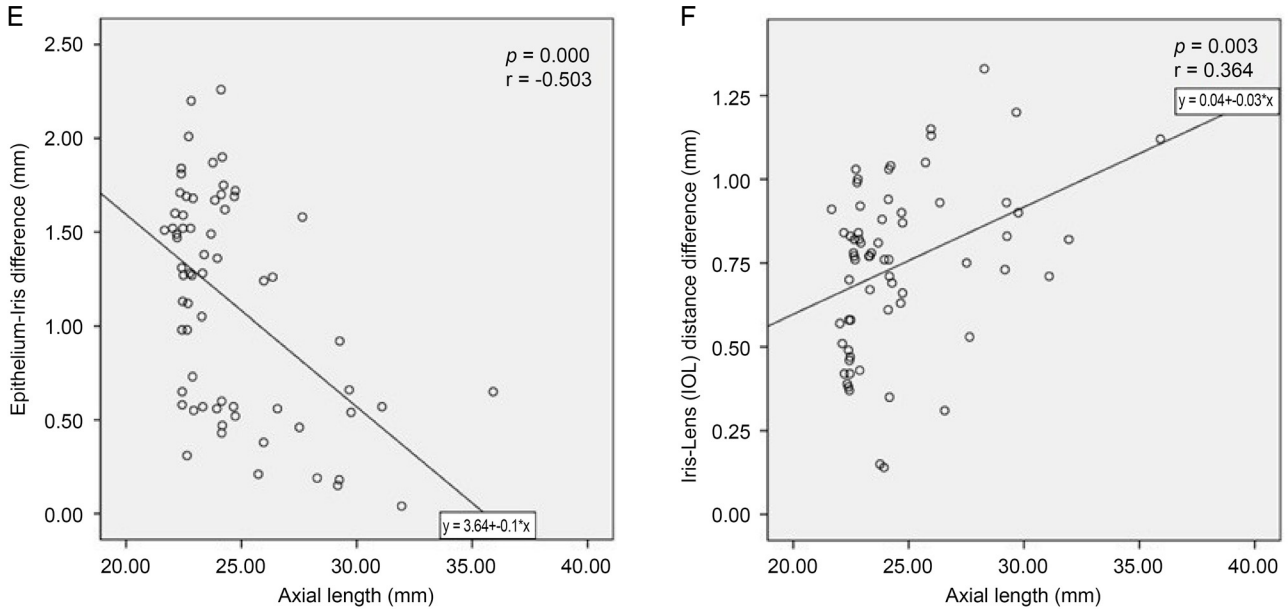


Figure 2. Continued.

이는 IOL Master® (Carl Zeiss Meditec)가 Pentacam® (Oculus Inc.)보다 술 후 앞방깊이를 과소평가한 결과로 생각된다. 이는 앞방깊이 측정에 있어서 IOL Master® (Carl Zeiss Meditec)는 시축(visual axis)을 따라 측정하고, Pentacam® (Oculus Inc.)은 광학축(optical axis)을 따라 측정하는 두 장비의 근본적 차이에 기인하는 것으로 사료된다. 본 연구에서 수술 전 앞방깊이는 두 장비 간 유의한 차이가 없었으나, 수술 후 두 장비가 유의한 차이를 보이는 결과는 수술 이후 앞방깊이가 증가하면서 두 장비의 측정값 차이 또한 증가하여 유의하게 나타났을 것이라 생각된다. IOL Master® (Carl Zeiss Meditec)와 Pentacam® (Oculus Inc.)으로 앞방깊이를 측정한 다른 연구에서도 IOL Master® (Carl Zeiss Meditec)의 시축(visual axis)이 광학축(optical axis)과 비쪽으로 평균 5° 정도 차이가 나서 IOL Master® (Carl Zeiss Meditec)로 측정한 앞방깊이가 짧게 측정될 수 있음을 보고한 바 있으며,<sup>20</sup> 이는 본 연구 결과와 유사한 맥락으로 보인다. 안축장이 긴 군에서 수술 전후 앞방깊이의 변화율이 제일 적은 것은 본래 안축장의 길이가 길고, 앞방깊이가 원래 길었기 때문에 수술 후 변화도 적게 나타나는 것으로 생각된다. 일반적으로 백내장수술 후에는 앞방깊이와 전방각이 증가하는 것으로 보고되어 왔다.<sup>21,22</sup> 하지만 안축장이 짧은 군의 경우에는 정상이거나 긴 안축장의 군에 비하여 그 전방 변화의 폭이 더 크며, 술 후 상당한 굴절오차가 발생할 수 있음이 밝혀진 바 있다.<sup>23</sup> 본 연구 결과에서는 세 군간 차이가 모두 유의하지는 않았지만, 안축장과 앞방깊이 변화율의 유의한 음의 상관관계까지 종합하여 고려하면 짧은

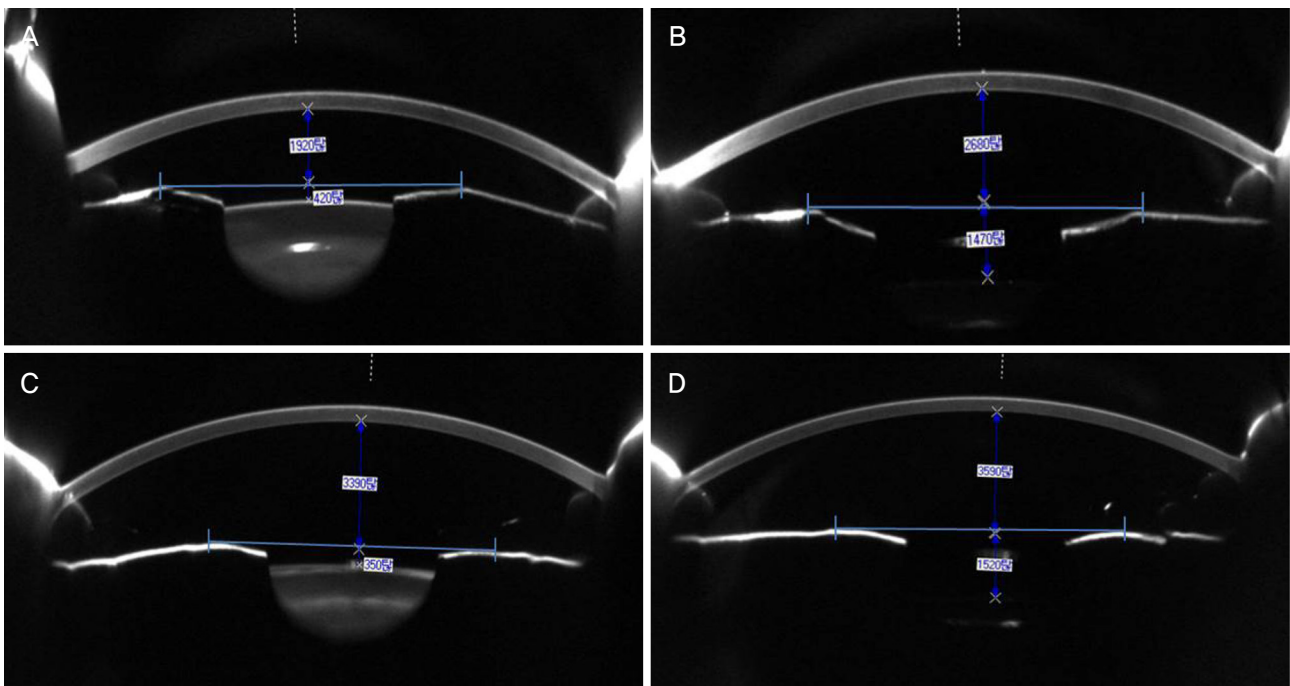
은 눈에서는 앞방깊이의 변화가 컸던 기존의 연구와 같은 맥락을 보인 것으로 사료된다. 안축장이 짧은 눈의 백내장수술 시 인공수정체 도수 선택과 관련하여 Hoffer는 기존의 SRK-T 공식이 앞방깊이와 안축장이 비례하는 선형(linear) 관계라는 이론에 기반을 두기 때문에 인공수정체 도수 계산에 있어서 안축장이 아주 짧거나 길어지게 되면 상당한 양의 굴절 오차가 발생할 수 있음을 확인하고, 개개인의 안축장과 각막굴절력에 따른 plotting curve를 그려 개인화된 앞방깊이(personalized ACD)를 결정하여 1992년 Hoffer Q 공식을 발표하였다. 실제로 상당 기간 동안 행해진 이전의 많은 연구들에서 짧은 안축장인 안의 백내장수술 시 Hoffer Q 공식이 가장 정확하였다고 보고된 바 있다.<sup>24,25</sup> 하지만 Hoffer Q 공식을 포함하여 최근까지 고안된 다양한 공식을 사용함에도 불구하고 안축장이 짧은 눈에서는 상당한 양의 굴절 오차의 발생이 보고되는데, 이는 정상이거나 긴 안축장을 가진 안에 비해 짧은 안축장을 가진 안에서 술 후 앞방깊이의 변화가 상대적으로 더 크며 이러한 현상이 현재의 인공수정체 도수 계산 공식에 반영이 되어 있지 않아 나타나는 것으로 사료된다. 따라서 안축장이 짧은 눈에서 나타나는 이러한 현상을 인공수정체 도수 계산에 반영하고 보완한다면 조금 더 정확한 백내장수술 후 인공수정체 위치를 예측하는 데 도움이 될 것으로 생각된다.

Pentacam® (Oculus Inc.)에서의 수술 전후 전방각과 전방부피의 변화도 안축장이 짧은 군에서 수술 후 가장 큰 변화를 보였다. 이는 짧은 군에서 본래 전방각이 좁았지만 수술 후 홍채가 뒤로 많이 밀리면서 전방이 크게 깊어지면서 가

장 큰 전방각의 증가를 보인 것으로 생각되며, 긴 군의 경우 본래 긴 안축장과 큰 전방 부피로 인해 술 후 그 차이가 제일 적었을 것으로 생각된다. 각막상피-홍채전면거리 및 홍채전면-수정체(인공수정체)전면거리는 Pentacam® (Oculus Inc.)에서 자동 측정되지 않아 수동으로 측정하였다. 따라서 자동 측정되는 다른 지표들에 비하여 부정확할 수 있으며 재현성이 검증되지 않았다는 한계점이 있다. 이 결과에 대하여는 추후 검증과 추가적 연구가 필요할 것이다. 수술 전후 각막상피-홍채전면 거리는 긴 군에서 가장 적은 증가를 보였고, 홍채전면-수정체(인공수정체)전면 거리 변화를 분석한 결과 짧은 군에서 가장 적은 증가를 보였다. 이러한 수술 전후 각막상피-홍채전면 거리의 변화, 홍채전면-수정체(인공수정체)전면 거리의 변화의 관계는 짧은 눈에서는 홍채가 뒤로 밀리고, 긴 군에서는 인공수정체가 홍채에 비해 뒤로 더 밀려서 나타나는 것으로 생각된다. 짧은 군에서 백내장수술 후 홍채가 많이 뒤로 밀려나는 것은 이러한 안축장과 앞방깊이 변화율의 음의 상관관계를 고려하고 각막상피-홍채전면 거리가 앞방깊이의 대부분을 차지한다는 사실로 연관지어 유추해 볼 수 있다. 한편 긴 군에서 안축장과 홍채전면-수정체(인공수정체)거리 변화와의 양의 상관관계를 고려했을 때 이는 안축장이 긴 눈 자체의 상대적으로 약한 섬모체 소대와 백내장수술 중 섬모체 소대에 가해

진 스트레스의 결과로 인공수정체가 뒤로 밀려서 나타난 것으로 생각된다. 이전의 연구에서도 섬모체 소대 약화의 위험인자 중 하나로 고도근시 자체가 보고된 바 있다.<sup>26</sup> 안축장이 긴 군에서는 백내장수술 후 인공수정체가 뒤로 더 밀리고, 밀리는 정도를 수술 전 정확히 예측하기 어렵기 때문에 안축장이 짧은 군에서와는 다른 이유로 술 후 인공수정체 위치를 예측하는 데 어려움이 있다. 또한 조금 더 정확한 인공수정체 위치를 예측하기 위한 요소로 섬모체 소대의 위치, 섬모체 소대의 탄력성 정도, 예상되는 수정체 후낭의 섬유화와 위축의 양상 등 여러 생물학적 및 해부학적 인자들이 포함되어 있어 이에 대한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 안축장이 짧은 군( $AL < 22.5$  mm) 16안, 정상군( $22.5 \text{ mm} < AL < 25.0$  mm) 33안, 긴 군( $AL > 25.5$  mm) 16안이 포함되었는데, 술 후 여러 지표에서 짧은 군과 정상군과의 차이가 통계적으로 유의하게 나타나지 않았다. 이는 상대적으로 짧은 대상안이 적어서 발생한 결과로 생각된다. 결론적으로 본 연구 결과, 짧은 안축장 환자에서 백내장수술 전후 앞방깊이, 전방각 및 전방 부피가 더 크게 증가하고, 홍채가 뒤로 더 밀리며, 긴 안축장 환자에서는 인공수정체가 더 뒤로 많이 밀리는 것을 확인할 수 있었다 (Fig. 3). 따라서 안축장이 짧거나, 긴 군에서 백내장수술 시



**Figure 3.** Changes in anterior segment before and after phacoemulsification in a short and a long eye, measured with Scheimpflug images of Pentacam®. Change in anterior segment of a short eye (axial length [AL] 21.23), before phacoemulsification (A) and after phacoemulsification (B), change in anterior segment of a long eye (AL 27.34) before phacoemulsification (C) and after phacoemulsification (D).

적절한 인공수정체의 도수 공식을 선택하여도 발생하는 유효렌즈위치의 오차를 줄이기 위해 이러한 사안을 고려하여 인공수정체 도수를 결정해야할 것이다. 또한 Pentacam® (Oculus Inc.) 및 IOL Master® (Carl Zeiss Meditec) 두 장비로 백내장수술 전후 앞방깊이와 그 변화율을 분석한 결과, 수술 전 앞방깊이의 기준으로 두 장비의 측정값은 서로 대체 가능하나, 수술 후 앞방깊이는 두 장비 간 차이가 있고 특히 Pentacam® (Oculus Inc.)에서 크게 나타나므로 수술 후 앞방깊이로 대변되는 유효렌즈위치 평가 시 이를 고려해야할 것으로 보인다.

## REFERENCES

- 1) Lee AC, Qazi MA, Pepose JS. Biometry and intraocular lens power calculation. *Curr Opin Ophthalmol* 2008;19:13-7.
- 2) Schröder S, Langenbucher A. Relationship between effective lens position and axial position of a thick intraocular lens. *PLoS One* 2018;13:e0198824.
- 3) Haigis W, Lege B, Miller N, Schneider B. Comparison of immersion ultrasound biometry and partial coherence interferometry for intraocular lens calculation according to Haigis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2000;238:765-73.
- 4) Dinc UA, Gorgun E, Oncel B, et al. Assessment of anterior chamber depth using Visante optical coherence tomography, slitlamp optical coherence tomography, IOL Master, Pentacam and Orbscan IIz. *Ophthalmologica* 2010;224:341-6.
- 5) Shankar H, Taranath D, Santhirathelagan CT, Pesudovs K. Anterior segment biometry with the Pentacam: comprehensive assessment of repeatability of automated measurements. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:103-13.
- 6) McAlinden C, Khadka J, Pesudovs K. A comprehensive evaluation of the precision (repeatability and reproducibility) of the Oculus Pentacam HR. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:7731-7.
- 7) Sanders DR, Retzlaff J, Kraff MC. Comparison of the SRK II formula and other second generation formulas. *J Cataract Refract Surg* 1988;14:136-41.
- 8) Retzlaff JA, Sanders DR, Kraff MC. Development of the SRK/T intraocular lens implant power calculation formula. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:333-40.
- 9) Holladay JT, Prager TC, Chandler TY, et al. A three-part system for refining intraocular lens power calculations. *J Cataract Refract Surg* 1988;14:17-24.
- 10) Olsen T. Calculation of intraocular lens power: a review. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85:472-85.
- 11) Kucumen RB, Yenerel NM, Gorgun E, et al. Anterior segment optical coherence tomography measurement of anterior chamber depth and angle changes after phacoemulsification and intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1694-8.
- 12) Nolan WP, See JL, Aung T, et al. Changes in angle configuration after phacoemulsification measured by anterior segment optical coherence tomography. *J Glaucoma* 2008;17:455-9.
- 13) Memarzadeh F, Tang M, Li Y, et al. Optical coherence tomography assessment of angle anatomy changes after cataract surgery. *Am J Ophthalmol* 2007;144:464-5.
- 14) Pereira FA, Cronemberger S. Ultrasound biomicroscopic study of anterior segment changes after phacoemulsification and foldable intraocular lens implantation. *Ophthalmology* 2003;110:1799-806.
- 15) Abulafia A, Barrett GD, Kleinmann G, et al. Prediction of refractive outcomes with toric intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2015;41:936-44.
- 16) Ribeiro F, Castanheira-Dinis A, Dias JM. Refractive error assessment: influence of different optical elements and current limits of biometric techniques. *J Refract Surg* 2013;29:206-12.
- 17) Praveen MR, Shah GD, Vasavada AR, et al. A study to explore the risk factors for the early onset of cataract in India. *Eye (Lond)* 2010;24:686-94.
- 18) Chang JS, Lau SY. Correlation between axial length and anterior chamber depth in normal eyes, long eyes, and extremely long eyes. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)* 2012;1:213-5.
- 19) Sedaghat MR, Azimi A, Arasteh P, et al. The relationship between anterior chamber depth, axial length and intraocular lens power among candidates for cataract surgery. *Electron Physician* 2016;8:3127-31.
- 20) Su PF, Lo AY, Hu CY, Chang SW. Anterior chamber depth measurement in phakic and pseudophakic eyes. *Optom Vis Sci* 2008;85:1193-200.
- 21) Kim M, Park KH, Kim TW, Kim DM. Changes in anterior chamber configuration after cataract surgery as measured by anterior segment optical coherence tomography. *Korean J Ophthalmol* 2011;25:77-83.
- 22) Kasai K, Takahashi G, Kumegawa K, Dogru M. Measurement of early changes in anterior chamber morphology after cataract extraction measured by anterior segment optical coherence tomography. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2015;253:1751-6.
- 23) Muzyka-Woźniak M, Ogar A. Anterior chamber depth and iris and lens position before and after phacoemulsification in eyes with a short or long axial length. *J Cataract Refract Surg* 2016;42:563-8.
- 24) Donoso R, Mura JJ, López M, Papic A. Emmetropization at cataract surgery. Looking for the best IOL power calculation formula according to the eye length. *Arch Soc Esp Oftalmol* 2003;78:477-80.
- 25) Yang S, Whang WJ, Joo CK. Effect of anterior chamber depth on the choice of intraocular lens calculation formula. *PLoS One* 2017;12:e0189868.
- 26) Ascaso FJ, Huerva V, Grzybowski A. Epidemiology, etiology, and prevention of late IOL-Capsular bag complex dislocation: review of the literature. *J Ophthalmol* 2015;2015:805706.

= 국문초록 =

## 안축장에 따른 백내장수술 전후 전방 구조 및 렌즈 위치의 변화 비교

**목적:** 백내장수술 전후 안축장 길이에 따른 전방의 구조 및 인공수정체의 위치를 비교하고자 하였다.

**대상과 방법:** 백내장수술을 실시한 65안(짧은 군[안축장 < 22.5 mm], 16안; 정상군[22.5 mm < 안축장 < 25.0 mm], 33안; 긴 군[안축장 > 25.5 mm], 16안)을 대상으로 수술 전후 Pentacam®과 IOL Master®로 앞방깊이의 변화를 분석하였고, Pentacam®으로 전방각, 전방 부피, 각막상피-홍채전면까지의 거리 그리고 홍채전면-수정체(인공수정체)전면까지 거리의 변화를 분석하였다.

**결과:** 수술 전후 앞방깊이 변화는 안축장이 긴 군에서 유의하게 가장 적은 증가를 보였다(Pentacam®,  $p=0.000$ ; IOL Master®,  $p=0.001$ ). 또한 수술 전후 전방각의 변화는 짧은 군에서 가장 큰 증가를 보였으며( $p=0.000$ ), 전방 부피의 변화는 긴 군에서 가장 적은 증가를 보였다( $p=0.000$ ). 그리고 수술 전후 각막상피-홍채전면까지의 거리 변화는 긴 군에서 가장 적은 증가를( $p=0.000$ ), 홍채 전면-수정체(인공수정체)전면까지의 거리 변화는 짧은 군에서 가장 적은 증가를 보였다( $p=0.000$ ).

**결론:** 짧은 안축장환자에서 백내장수술 전후 앞방깊이, 전방각 및 전방 부피가 더 크게 증가하고 홍채가 뒤로 더 밀리며, 긴 안축장환자에서는 인공수정체가 더 뒤로 많이 밀리는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 안축장이 짧거나, 긴 군에서 백내장수술 시 술 후 인공수정체 위치를 감안하여 인공수정체의 도수를 선택해야 할 것이다.

〈대한안과학회지 2020;61(1):17-26〉

정석훈 / Suk Hoon Jung

가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 안과학교실  
Department of Ophthalmology,  
Seoul St. Mary's Hospital, College of  
Medicine, The Catholic University of Korea

