

## 양의 수직코마를 가진 환자에서 상측절개 백내장수술 전후의 고위수차 변화

### Changes in Higher-order Aberrations after Superior-incision Cataract Surgery in Patients with Positive Vertical Coma

신지수 · 황규연

Ji Soo Shin, MD, Kyu Yeon Hwang, MD

건양대학교 의과대학 안과학교실 명곡 안연구소

*Myung-Gok Eye Research Institute, Department of Ophthalmology, Konyang University College of Medicine, Daejeon, Korea*

**Purpose:** The purpose of this study was to compare changes in higher-order aberrations after superior-incision cataract surgery between eyes with a within-the-rule (WTR) astigmatism and an against-the-rule (ATR) astigmatism in patients with positive vertical coma.

**Methods:** This study included patients who presented with positive vertical coma and who underwent cataract surgery through a 2.5 mm superior clear corneal incision. The eyes included in this study were divided into two groups (37 eyes with WTR astigmatism and 33 eyes with ATR astigmatism), and uncorrected visual acuity, best corrected visual acuity, and corneal astigmatism were measured before and after surgery. In addition, anterior, posterior, and total aberrations (i.e., oblique trefoil, horizontal trefoil, vertical coma, horizontal coma, spherical aberration, and total higher-order aberrations) were measured using a Pentacam.

**Results:** In the WTR astigmatism group, anterior/posterior corneal aberrations and total aberrations were significantly decreased after surgery ( $p < 0.05$ ). However, in the ATR astigmatism group, a significant decrease in the posterior vertical coma ( $p = 0.008$ ) was observed, although there was no change in total vertical coma. A significant increase in oblique trefoil was observed in both groups, while a significant decrease in horizontal trefoil was found in the ATR astigmatism group (all  $p < 0.05$ ). For spherical aberration, the ATR astigmatism group showed a significant decrease in anterior cornea aberrations ( $p < 0.001$ ). For total higher-order aberrations, the WTR astigmatism group showed a significant increase in anterior and posterior aberrations, while the ATR astigmatism group showed a significant increase in posterior aberrations ( $p < 0.05$ ,  $p = 0.001$ , respectively). In the case of horizontal coma and corneal astigmatism, both groups exhibited no significant changes after surgery.

**Conclusions:** When superior-incision cataract surgery was performed, vertical coma was affected by the axis of astigmatism, resulting in a significant decrease in the WTR astigmatism group. However, no significant changes in corneal astigmatism were observed before and after surgery.

J Korean Ophthalmol Soc 2017;58(3):268-275

**Keywords:** Cataract surgery, Corneal astigmatism, Higher-order aberration, Pentacam, Vertical coma

■ Received: 2016. 11. 3.      ■ Revised: 2016. 12. 23.

■ Accepted: 2017. 2. 21.

■ Address reprint requests to **Kyu Yeon Hwang, MD**  
Department of Ophthalmology, Konyang University Hospital,  
#158 Gwanjeodong-ro, Seo-gu, Daejeon 35365, Korea  
Tel: 82-42-600-9258, Fax: 82-42-600-9251  
E-mail: yeon424@hanmail.net

근래 들어 백내장수술은 여러 측면에서 발전이 이루어졌으며, 이에 따라 단순히 시력 교정뿐만 아니라 광학적 질에 대한 관심 및 기대치가 높아지고 있다. 따라서 현대의 백내장수술은 시력을 향상시키는 것은 물론이고 시력의 질을 높이는 데에 목표를 두고 있다.<sup>1,2</sup> 하지만 백내장수술은 수술 후 눈부심, 달무리, 대비감도 저하 등 시력의 질적인 저

하를 가져올 수 있으며,<sup>3</sup> 이를 일으키는 요인으로 수술 후 고위수차의 변화와 수술유발난시가 문제로 제기되어 왔다.<sup>4</sup>

수차란, 눈의 광학시스템의 불안정성을 유발하는 여러 요인들에 의해 원거리에서 오는 광선이 광학계를 지난 후 한 점에 모이지 못하여 발생하는 빛번짐 또는 상이 일그러져 보이는 현상으로, 20세기에 들어와 Zernike 공식을 통해 산술적으로 표현하는 것이 가능해졌다.<sup>5</sup> 근시, 원시, 규칙난시와 같은 교정 가능한 저위수차와 달리, 고위수차는 일반적인 안경이나 수술로 교정할 수 없는 불규칙난시 및 굴절 이상으로 코마(coma), 트레포일(trefoil), 구면수차(spherical aberration)와 Zernike 계수로 표현된다.<sup>6</sup> 고위수차는 특히 빛번짐, 달무리, 대비감도 저하와 연관성을 가지며 시력의 질을 저하시키는 원인이 된다.<sup>7</sup> 수차는 각막수차와 수정체, 유리체 등을 포함하는 안구 내 수차로 구성되는데 안구수차의 변화는 주로 각막수차에 영향을 받기 때문에 각막은 수차현상을 일으키는 중요한 광학 구조로,<sup>8</sup> 백내장수술 시 투명각막절개로 인해 각막자체에 광학적인 변화가 발생하기 때문에 고위수차의 변화가 동반된다.

고위수차 중 코마수차는 Zernike 계수에서 Z (3,-1)에 해당하는 수직코마와, Z (3,+1)에 해당하는 수평코마로 나뉘게 되는데, 수직코마는 각막의 상하 굴절률에 차이가 나는 것으로 특히 원추각막에서 두드러진다.<sup>9</sup> 시력의 질과 관련된 코마수차의 역할에 대해 몇몇 보고가 있었는데, Song et al<sup>10</sup>은 수직코마가 단초점 백내장수술 후 근거리 시력과 가장 관련 있는 고위수차라고 하였고, Nishi et al<sup>11</sup>은 수직코마가 단초점 인공수정체안에서 위조절(pseudoaccommodation)에 상당 부분을 차지한다고 하였다.

투명각막절개창의 위치나 절개창의 크기, 백내장수술 후 삽입된 인공수정체의 종류에 따른 고위수차의 변화에 대한 보고는 활발한 반면,<sup>12,13</sup> 난시축에 따른 고위수차의 변화는 연구가 활발하지 않다. 따라서 본 연구에서는 양의 수직코마를 가진 환자에서 상측절개 백내장수술을 시행하였을 때 수직코마를 비롯한 고위수차의 변화를 알아보고 난시축에 따른 차이를 비교하고자 하였다.

## 대상과 방법

본 연구는 헬싱키선언의 윤리원칙을 준수하고 건양대학교병원 임상시험위원회 승인을 받아 진행하였다. 2014년 1월부터 2015년 7월까지 건양대학교병원 안과에서 백내장으로 수정체유화술 및 후방인공수정체삽입술을 시행 받은 70명, 70안을 대상으로 의무기록을 기초로 한 후향적인 연구를 시행하였다. 대상 환자 중 직난시군은 37명, 37안이었고 도난시군은 33명, 33안이였다. Pentacam® (Oculus, Wetzlar,

Germany) 각막지형도의 simulated keratometry (simK) 값을 기준으로 직난시군은 각막곡률의 가파른 축이  $90 \pm 20^\circ$ 인 경우, 도난시군은  $180 \pm 20^\circ$ 인 경우로 정의하였다. 백내장이외에 수술 전 시력에 영향을 줄 수 있는 각막, 망막 또는 시신경 질환이 없는 환자들을 대상으로 하였고 각막굴절수술 및 안내수술을 받은 경우, 술 중 후낭 파열, 인공수정체 이탈 및 기움임, 인공수정체를 섬모체 고랑에 삽입한 경우는 대상에서 제외하였다.

IOL master® (Carl Zeiss, Jena, Germany)로 안축장 및 각막굴절력을 측정하여 인공수정체 도수를 구하였고, 목표굴절치는 Sanders-Retzlaff-Kraff (SRK)-II 공식을 이용하여 계산하였다. 백내장수술은 동일한 술자에 의해 시행되었으며 0.5% proparacaine hydrochloride (Alcaine®, Alcon, Fort Worth, TX, USA)로 점안마취 후에 상측 각막에 2.5 mm 투명각막절개창을 만들었다. 각막의 상하 굴절률의 차이를 나타내는 수직코마의 변화를 알아보기 위한 것이 본 논문의 핵심으로 따라서 상측 중앙 축에 해당하는 12시 방향에 투명 각막 절개창을 만들었고, 체위변화에 의한 안구회전의 영향을 최소화하기 위해 수술 전 얇은 상태에서 절개창의 위치를 표시하였다. 앞방 내 점탄물질 주입 후 25 G 주사침과 앞방 집계를 사용하여 5-5.5 mm 크기로 원형전낭 절개술을 시행하고 평형염액으로 수력분리술과 수력분층술을 시행하였다. 초음파를 이용하여 수정체유화술로 수정체 핵을 제거하였고 관류흡입기로 수정체 피질을 제거하였다. 수정체내 잔류 수정체를 완전히 제거한 후에 점탄물질을 주입하였고 카트리지를 이용하여 비구면 인공수정체인 TECNIS 1-piece ZCB00 (AMO Inc., Santa Ana, CA, USA)를 낭내에 삽입하였다. 이후 관류흡입기를 통해 남은 점탄물질을 제거하였고 수술 절개창은 10-0 nylon 봉합사를 이용하여 1개의 단속봉합을 시행하였다. 봉합은 수술 1주일 후 제거하였다.

수술 후에는 1% Prednisolone acetate eye drop (Pred-Forte®, Allergan, Irvine, CA, USA)와 Levofloxacin eye drop (Cravit®, Santen, Osaka, Japan)을 하루 6회 점안하고, 수술 1일 후에는 하루 4회로 감량하여 유지하였다. 수술 1주일 뒤에는 Prednisolone acetate eye drop을 Fluorometholone eye drop (Flumetholon®, Santen, Osaka, Japan)으로 교체하여 사용하였고 전방 염증이 없어지면 점안을 중단하였다.

각막 고위수차는 Pentacam® (Oculus, Wetzlar, Germany)을 이용하여 암실에서 측정하였다. 눈물막의 영향을 최소화하기 위해 검사를 시행하기 전 눈을 깜박이도록 하여 눈물층을 균일하게 만들었으며, 측정값의 분석은 각막 중심 직경 8 mm 영역을 기준으로 하였다. Zernike 공식을 이용하여 계산된 수차는 root mean square 값으로 표현하였으

며, 3차 수차인 수직코마(vertical coma, Z [3,-1]), 수평코마(horizontal coma, Z [3, 1]), 사측트레포일(oblique trefoil, Z [3, -3]), 수평트레포일(horizontal trefoil, Z [3, 3]), 4차인 구면수차(spherical aberration, Z [4, 0]), 3차부터 5차항까지 각 차수별로 합계된 총 고위수차(total higher-order aberration)를 전면, 후면 및 총 각막수차로 나누어 수술 전, 수술 후 1개월 뒤 조사하였다. 그 외 수술 전후의 나안시력, 최대 교정시력, 구면대응치, 각막난시를 측정하였다.

통계적 분석은 SPSS version 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였으며, 수술 전후의 고위수차, 나안시력, 최대교정시력, 구면대응치 및 난시 변화는 paired *t*-test로 계산하였고 두 군에서 고위수차의 변화량 비교는 independent *t*-test를 계산하였다. 유의확률은 0.05 미만 ( $p<0.05$ )인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 해석하였다.

## 결 과

대상 환자는 총 70명으로 직난시군 37명 37안, 도난시군

33명 33안이었으며, 평균 나이는 직난시군에서 65.95세, 도난시군에서 69.52세였다. 수술 전 측정한 각막난시는 직난시군이  $44.37 \pm 2.32$ , 도난시군이  $44.41 \pm 2.08$ , 각막두께는 직난시군이  $541.81 \pm 32.94 \mu\text{m}$ , 도난시군이  $534.97 \pm 27.79 \mu\text{m}$ 였고 각막내피세포 수는 직난시군이  $2,575.41 \pm 187.02 \text{ cell/mm}^2$ , 도난시군이  $2,476.91 \pm 225.27 \text{ cell/mm}^2$ 였다. 안축장 길이는 직난시군이  $23.71 \pm 1.33 \text{ mm}$ , 도난시군이  $23.58 \pm 0.6 \text{ mm}$ 로 모든 항목에서 두 군 간의 유의한 차이는 없었다(Table 1). 수술 전 및 수술 1개월 후 측정한 logMAR 나안시력과 logMAR 최대교정시력, 구면대응치, 각막난시에서 두 군 간의 유의한 차이는 없었으며, 각막난시는 수술 전 각각  $0.85 \pm 0.63\text{D}$ ,  $0.80 \pm 0.52\text{D}$ 에서 수술 1개월 후  $0.92 \pm 0.37\text{D}$ ,  $0.87 \pm 0.58\text{D}$ 로 수술 후 증가하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다(Table 2).

각 군에서 고위수차의 변화를 살펴보면(Table 3, Fig. 1), 직난시군에서는 수술 후 각막 전면, 후면 및 총 수직코마가 유의하게 감소하였고( $p<0.05$ ), 도난시군에서는 후면 수직코마가 유의한 감소를 보였으나( $p=0.008$ ), 전면 및 총 수직

Table 1. Demographics and clinical characteristics of patients

Variables	With the rule	Against the rule	Total	<i>p</i> -value*
Number of eyes	37	33	70	
Laterality (OD/OS)	17/20	18/15	35/35	
Sex (male/female)	15/20	20/13	35/35	
Age (years)	$65.95 \pm 8.67$	$69.52 \pm 8.37$	$67.63 \pm 8.66$	0.085
DM	8	7	15	0.685
HTN	12	10	22	0.474
Keratometric value (K in diopters)	$44.37 \pm 2.32$	$44.41 \pm 2.08$	$44.39 \pm 2.20$	0.349
Pachymetry ( $\mu\text{m}$ )	$541.81 \pm 32.94$	$534.97 \pm 27.79$	$538.59 \pm 30.60$	0.365
Endothelial cell count ( $\text{cell/mm}^2$ )	$2,575.41 \pm 187.02$	$2,476.91 \pm 225.27$	$2,528.97 \pm 210.33$	0.053
Axial length (mm)	$23.71 \pm 1.33$	$23.58 \pm 0.68$	$23.65 \pm 1.07$	0.594

Values are presented as mean  $\pm$  SD unless otherwise indicated.

DM = diabetes mellitus; HTN = hypertension.

\*By Independent *t*-test.

Table 2. Mean values of UCVA, BCVA, SE, and topographic astigmatism.

Variables	With the rule	Against the rule	<i>p</i> -value*
Pre-op			
UCVA (logMAR)	$0.51 \pm 0.32$	$0.47 \pm 0.31$	0.556
BCVA (logMAR)	$0.23 \pm 0.29$	$0.28 \pm 0.24$	0.898
SE (diopter)	$-0.29 \pm 1.82$	$-0.25 \pm 1.75$	0.924
Topographic astigmatism (diopter)	$0.85 \pm 0.63$	$0.80 \pm 0.52$	0.972
Post-op 1 m			
UCVA (logMAR)	$0.28 \pm 0.24$	$0.29 \pm 0.22$	0.857
BCVA (logMAR)	$0.08 \pm 0.13$	$0.07 \pm 0.10$	0.607
SE (diopter)	$-0.49 \pm 0.99$	$-0.41 \pm 0.62$	0.675
Topographic astigmatism (diopter)	$0.92 \pm 0.37$	$0.87 \pm 0.58$	0.523

Values are presented as mean  $\pm$  SD.

UCVA = uncorrected visual acuity; BCVA = best corrected visual acuity; SE = spherical equivalent; Pre-op = preoperative; Post-op 1 m = post-operative 1 months.

\*By Independent *t*-test.

**Table 3.** Postoperative changes of high order aberrations and topographic astigmatism in each group

Groups	Variables	Pre-op	Post-op 1 m	p-value*
With the rule	Vertical coma			
	Front	0.248 ± 0.225	0.113 ± 0.320	0.008 <sup>†</sup>
	Back	0.010 ± 0.051	-0.017 ± 0.081	0.028 <sup>†</sup>
	Total	0.295 ± 0.261	0.122 ± 0.342	0.003 <sup>†</sup>
	Horizontal coma			
	Front	0.077 ± 0.272	0.055 ± 0.195	0.662
	Back	-0.010 ± 0.080	-0.005 ± 0.105	0.805
	Total	0.086 ± 0.270	0.064 ± 0.182	0.661
	Oblique trefoil			
	Front	-0.069 ± 0.413	0.248 ± 0.398	<0.001 <sup>‡</sup>
	Back	-0.012 ± 0.071	0.055 ± 0.126	0.006 <sup>†</sup>
	Total	-0.087 ± 0.480	0.327 ± 0.458	<0.001 <sup>‡</sup>
	Horizontal trefoil			
	Front	-0.697 ± 0.527	-0.637 ± 0.736	0.716
	Back	0.257 ± 0.177	0.243 ± 0.208	0.668
	Total	-0.535 ± 0.528	-0.508 ± 0.741	0.876
	Spherical aberration			
	Front	0.292 ± 0.146	0.290 ± 0.137	0.947
	Back	-0.124 ± 0.047	-0.134 ± 0.045	0.235
	Total	0.277 ± 0.154	0.270 ± 0.165	0.825
	HOA			
	Front	0.625 ± 0.380	0.765 ± 0.315	0.048 <sup>†</sup>
	Back	0.217 ± 0.045	0.293 ± 0.098	<0.001 <sup>‡</sup>
	Total	0.670 ± 0.424	0.868 ± 0.352	0.013 <sup>†</sup>
Against the rule	Topographic astigmatism	0.852 ± 0.629	0.924 ± 0.372	0.468
	Vertical coma			
	Front	0.279 ± 0.175	0.225 ± 0.211	0.167
	Back	0.019 ± 0.062	-0.008 ± 0.081	0.008 <sup>†</sup>
	Total	0.314 ± 0.211	0.258 ± 0.222	0.269
	Horizontal coma			
	Front	0.025 ± 0.227	-0.009 ± 0.296	0.229
	Back	0.001 ± 0.048	-0.008 ± 0.081	0.473
	Total	0.023 ± 0.243	-0.006 ± 0.324	0.342
	Oblique trefoil			
	Front	0.076 ± 0.314	0.410 ± 0.405	<0.001 <sup>‡</sup>
	Back	-0.027 ± 0.102	0.008 ± 0.207	0.320
	Total	0.055 ± 0.314	0.460 ± 0.420	<0.001 <sup>‡</sup>
	Horizontal trefoil			
	Front	0.954 ± 0.519	0.619 ± 0.575	0.001 <sup>†</sup>
	Back	0.057 ± 0.148	0.041 ± 0.244	0.644
	Total	1.095 ± 0.578	0.736 ± 0.591	0.002 <sup>†</sup>
	Spherical aberration			
	Front	0.395 ± 0.130	0.333 ± 0.122	<0.001 <sup>‡</sup>
	Back	-0.120 ± 0.042	-0.113 ± 0.050	0.224
	Total	0.379 ± 0.178	0.336 ± 0.150	0.058
	HOA			
	Front	0.734 ± 0.283	0.850 ± 0.450	0.161
	Back	0.205 ± 0.045	0.303 ± 0.153	0.001 <sup>†</sup>
	Total	0.804 ± 0.317	0.964 ± 0.459	0.058
	Topographic astigmatism	0.802 ± 0.523	0.870 ± 0.580	0.415

Values are presented as mean ± SD (μm).

HOA = total higher-order aberrations (3rd-6th order); Pre-op = preoperative; Post-op 1 m = post-operative 1 months.

\*By Paired *t*-test; <sup>†</sup>Statistically significant (*p* < 0.05); <sup>‡</sup>Statistically significant (*p* < 0.001).

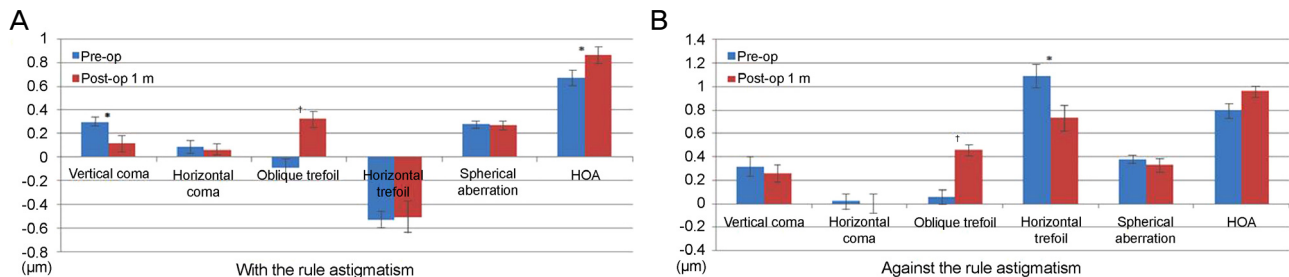
Table 3. Continued

Groups	Variables	Pre-op	Post-op 1 m	p-value*
Total group	Vertical coma			
	Front	0.263 ± 0.202	0.166 ± 0.278	0.003 <sup>†</sup>
	Back	0.014 ± 0.053	-0.013 ± 0.081	0.001 <sup>†</sup>
	Total	0.304 ± 0.238	0.186 ± 0.297	0.003 <sup>†</sup>
	Horizontal coma			
	Front	0.052 ± 0.252	0.024 ± 0.248	0.350
	Back	-0.005 ± 0.066	0.001 ± 0.087	0.618
	Total	0.056 ± 0.258	0.031 ± 0.259	0.394
	Oblique trefoil			
	Front	-0.001 ± 0.374	0.324 ± 0.406	<0.001 <sup>‡</sup>
	Back	-0.192 ± 0.087	0.033 ± 0.170	0.012 <sup>†</sup>
	Total	-0.196 ± 0.414	0.390 ± 0.442	<0.001 <sup>‡</sup>
	Horizontal trefoil			
	Front	0.081 ± 0.980	-0.045 ± 0.914	0.204
	Back	0.163 ± 0.191	0.148 ± 0.246	0.525
	Total	0.233 ± 0.986	0.078 ± 0.916	0.149
	Spherical aberration			
	Front	0.340 ± 0.147	0.310 ± 0.131	0.079
	Back	-0.122 ± 0.044	-0.124 ± 0.046	0.719
	Total	0.325 ± 0.172	0.301 ± 0.161	0.218
	HOA			
	Front	0.676 ± 0.339	0.805 ± 0.384	0.016 <sup>†</sup>
	Back	0.211 ± 0.045	0.298 ± 0.126	<0.001 <sup>‡</sup>
	Total	0.733 ± 0.380	0.913 ± 0.405	0.002 <sup>†</sup>
	Topographic astigmatism	0.836 ± 0.612	0.901 ± 0.527	0.739

Values are presented as mean ± SD (μm).

HOA = total higher-order aberrations (3rd-6th order); Pre-op = preoperative; Post-op 1 m = post-operative 1 months.

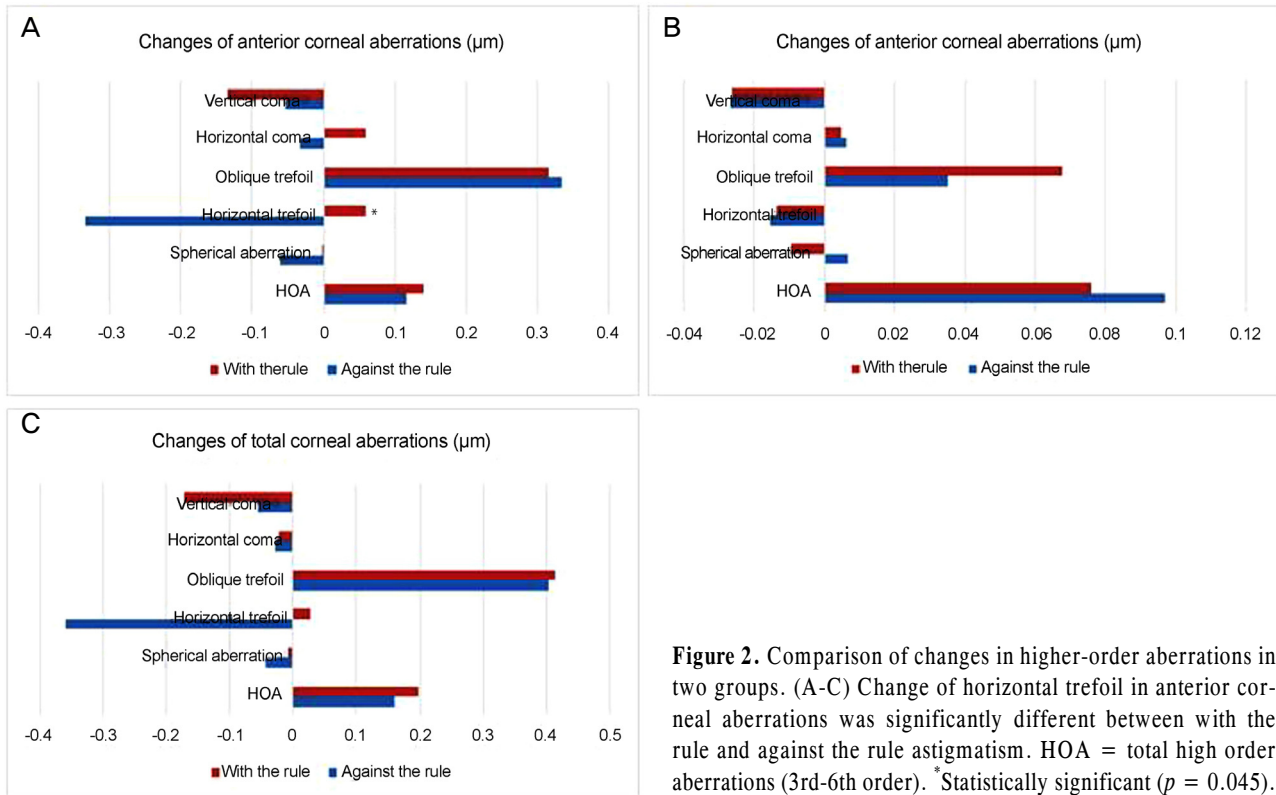
\*By Paired *t*-test; <sup>†</sup>Statistically significant (*p* < 0.05); <sup>‡</sup>Statistically significant (*p* < 0.001).



**Figure 1.** Changes of higher-order aberrations in total corneal aberrations. (A) In the with the rule astigmatism group, changes of vertical coma, oblique trefoil and HOA were statistically significant after surgery. (B) In the against the rule astigmatism group, changes of oblique and horizontal trefoil were statistically significant. Error bar represented by standard error mean. HOA = total higher-order aberrations (3rd-6th order); Pre-op = preoperative; Post-op 1 m = post-operative 1 months. \*Statistically significant (*p* < 0.05); <sup>†</sup>Statistically significant (*p* < 0.001).

코마에서는 유의한 변화를 보이지 않았다. 수평코마는 두 군 모두에서 유의한 변화를 보이지 않았다. 사축트레포일은 두 군 모두에서 유의한 증가를 보였는데, 직난시군에서는 전면, 후면 및 총 각막수차에서 유의한 증가를 보였고 ( $p < 0.001$ ,  $p = 0.006$ ,  $p < 0.001$ ), 도난시군에서는 전면과 총 각막수차에서만 유의한 증가를 보였다( $p < 0.001$ ). 수평 트레포일은 도난시군에서 전면과 총 각막수차에서 유의한 감소를 보였고( $p < 0.05$ ), 도난시군의 후면 수평트레포일과 직난시

군에서는 유의한 변화를 보이지 않았다. 구면수차는 도난시군에서 전면 각막수차에서 유의한 감소를 보였고 ( $p < 0.001$ ), 도난시군의 후면 및 총 각막수차와 직난시군에서는 유의한 변화를 보이지 않았다. 총 고위수차는 직난시군에서 전면, 후면 및 총 각막수차에서 유의하게 증가하였고( $p < 0.05$ ), 도난시군에서는 후면수차에서 유의한 증가를 보였으나( $p = 0.001$ ), 전면과 총 각막수차에서는 유의한 변화를 보이지 않았다.



**Figure 2.** Comparison of changes in higher-order aberrations in two groups. (A-C) Change of horizontal trefoil in anterior corneal aberrations was significantly different between with the rule and against the rule astigmatism. HOA = total high order aberrations (3rd-6th order). \*Statistically significant ( $p = 0.045$ ).

두 군 간의 수술 전후 고위수차의 변화를 비교해보면 (Fig. 2), 각막 전면수차에서 직난시군의 수평트레포일은 수술 전에 비해 수술 후  $0.060 \pm 0.988 \mu\text{m}$  증가한 반면, 도난시군은  $-0.335 \pm 0.528 \mu\text{m}$  감소하여 두 군 간의 유의한 차이를 보였다( $p=0.045$ ). 수직코마는 각막 전면수차에서 직난시군은 수술 후  $-0.135 \pm 0.295 \mu\text{m}$ , 도난시군은  $-0.054 \pm 0.220 \mu\text{m}$ , 총 각막수차에서 직난시군은  $-0.173 \pm 0.333 \mu\text{m}$ , 도난시군은  $-0.056 \pm 0.284 \mu\text{m}$ 로 직난시군에서 수술 후 더 감소하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지 않았다. 수평코마, 사측트레포일, 구면수차, 총 고위수차에서도 수술 전후로 두 군 간의 유의한 차이는 없었다.

## 고 찰

백내장수술 후 만족할 만한 나안시력을 얻는 환자가 있는 반면, 일부 환자들은 눈부심이나, 달무리, 이중상 등의 불편감을 호소하며, 이에에는 백내장수술로 인해 발생하는 난시 및 안구수차의 변화가 관여한다.<sup>14,15</sup> 백내장수술 후 안구수차에 영향을 미치는 인자로는 크게 인공수정체의 성질과 각막절개창을 들 수 있는데, 기존의 수정체와는 다른 광학적 성질을 가진 인공수정체가 삽입되고 각막절개로 인한 각막의 광학적인 성질이 변하므로 안구수차의 변화가 동반되고 시력의 질이 떨어지게 된다.<sup>16</sup> 안구수차의 변화는 주

로 각막수차에 영향을 받고,<sup>7</sup> 백내장수술 후에는 각막의 광학적 성질이 변하므로 수술 후 각막수차의 변화를 측정하는 것은 중요하다.

백내장수술 후 각막수차에 영향을 주는 요인에 대한 여러 보고가 있었다. Guirao et al<sup>17</sup>은 각막의 광학적 질의 변화를 최소화하기 위한 소절개 백내장수술에서도 수술 후 고위수차의 변화가 동반된다고 보고하였고, Moon et al<sup>4</sup>은 동측 절개 백내장수술에서 각막절개창의 크기(1.8 mm, 2.2 mm, 2.8 mm)에 따른 고위수차의 유의한 변화는 없다고 하였다. Jeong et al<sup>13</sup>은 직난시군에서 상측절개를 하는 것이 도난시군에서 이측절개를 하는 것보다 고위수차 변화가 유의하게 감소하였다고 보고하였다. Moon et al<sup>4</sup>과 Ye et al<sup>18</sup>은 백내장수술 후 각막 전면보다 각막 후면에서 고위수차의 변화가 두드러진다고 하였고, 이는 절개창이 각막 전면보다 후면이 각막 중심부에 가깝기 때문이라 하였다. 하지만 Jeong et al<sup>13</sup>은 각막 후면의 고위수차 값이 전면 고위수차보다 낮게 측정되어 각막 중심과의 거리뿐만 아니라 복합적인 인자가 영향을 미칠 것이라 하였고, 본 연구에서도 도난시군에서 수직코마와 총 고위수차는 각막 후면에서 유의한 변화를 보인 반면, 사측트레포일, 수평트레포일, 구면수차는 전면에서 유의한 변화를 보여 이러한 주장을 뒷받침하였다.

본 연구는 양의 수직코마를 가진 환자에서 상측절개를

하였을 때 난시축에 따른 수직코마의 변화 비교에 중점을 두었는데, 직난시군에서는 수술 후 각막 전면, 후면 및 총 수직코마가 유의하게 감소한 반면, 도난시군에서는 후면 수직코마에서만 유의한 감소를 보였다. 수직코마가 시력의 질에 미치는 영향 중에서 근거리 시력과 관련이 있다는 여러 보고가 있었는데, Song et al<sup>10</sup>은 수직코마가 비구면 단초점 백내장수술 후 근거리 시력과 가장 관련 있는 고위수차라고 하였고, Nishi et al<sup>11</sup>은 수직코마가 단초점 인공수정체안에서 위조절(pseudoaccommodation)에 상당 부분을 차지한다고 하였다. Oshika et al<sup>19</sup>은 각막의 상측보다 하측에 더 큰 굴절력을 가지게 되는 수직코마의 비대칭성이 단초점 인공수정체안에서 조절력과 가장 연관 있는 고위수차 요소라고 하였다. 양의 수직코마는 각막의 상측에 더 큰 굴절력을 갖는 것으로, 동측에 해당하는 직난시군에서 상측절개를 하는 것이 도난시군에서 상측절개를 하는 것보다 수직코마의 유의한 감소를 보였다. 이는 양의 수직코마를 가진 직난시 환자에게 상측절개 백내장수술을 하는 것이 각막 하측에 더 큰 굴절력을 부여하면서 위조절과 근거리 시력 획득에 영향을 줄 수 있다는 것을 시사한다. 하지만, 본 연구에서는 수직코마의 감소와 실제적인 시력의 질, 근거리 시력과의 관계에 대해서는 다루지 않았기 때문에 둘 간의 직접적인 연관성은 확인할 수 없었다. 앞서 언급한 기존 문헌들을 참고할 때 수직코마의 감소는 근거리 시력 획득에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단되며, 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것이라 생각된다. 추후 연구에서 상측절개 백내장수술 후 수직코마의 감소와 실제 근거리 시력과의 연관성이 밝혀진다면, 단초점 인공수정체 수술에서 상측절개 백내장수술은 근거리 시력을 획득하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

백내장수술과 관련하여 고위수차의 변화는 연구마다 다양하게 결과를 보고하여 왔는데,<sup>4,13,17,18</sup> 본 연구의 경우 수평코마는 두 군 모두에서 유의한 변화를 보이지 않았고, 사축트레포일은 두 군 모두에서 유의한 증가를 보였다. 수평트레포일은 직난시군에서는 유의한 변화를 보이지 않았으나 도난시군에서는 유의한 감소를 보였고, 구면수차도 도난시군의 전면 각막수차에서 유의한 감소를 보였다. 총 고위수차는 직난시군에서 유의하게 증가하였고 도난시군에서는 후면수차에서 유의한 증가를 보였다. 이는 절개창과 난시축의 방향에 따라 영향을 받는 고위수차가 달라지기 때문으로 판단된다. 각막곡률이 가파른 축에 절개를 시행한 동측 백내장수술이 술 후 난시를 교정하는 데 효과적이라는 기존 보고가 있었지만,<sup>20</sup> 본 연구에서는 직난시군과 도난시군에서 유의한 차이는 없었다. 이는 본 연구가 동측절개가 아닌 12시 방향의 상측절개 백내장수술을 시행하였

기 때문으로 판단된다.

본 연구의 제한점으로는 대상환자 수가 적고, 경과관찰 기간이 1개월로 짧았다는 점을 들 수 있고, 수직코마 수치의 감소와 시력의 질, 근거리 시력과의 관계에 대해서는 다루지 않았기 때문에 향후 보완이 필요하다. 결론적으로 본 연구에서는 난시축에 따른 수술 후 고위수차와 난시를 비교하였는데, 동측에 해당하는 직난시군에서 상측절개를 하는 것이 도난시군에서 상측절개를 하는 것보다 각막난시의 감소는 없었지만 수직코마수치의 감소는 유의하게 높게 나타났다. 이러한 수직코마의 변화와 시력의 질, 근거리 시력과의 관계에 대해서는 추가적인 연구가 필요하리라 생각된다.

## REFERENCES

- 1) Zhu X, Dai J, Chu R, et al. Accuracy of WASCA aberrometer refraction compared to manifest refraction in Chinese adult myopes. *J Refract Surg* 2009;25:1026-33.
- 2) Applegate RA, Marsack JD, Ramos R, Sarver EJ. Interaction between aberrations to improve or reduce visual performance. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1487-95.
- 3) Muñoz G, Albarrán-Diego C, Javaloy J, et al. Combining zonal refractive and diffractive aspheric multifocal intraocular lenses. *J Refract Surg* 2012;28:174-81.
- 4) Moon SJ, Lee DJ, Lee KH. Induced astigmatism and high-order aberrations after 1.8-mm, 2.2-mm and 3.0-mm coaxial phacemulsification incisions. *J Korean Ophthalmol Soc* 2011;52:407-13.
- 5) Campbell CE. A new method for describing the aberrations of the eye using Zernike polynomials. *Optom Vis Sci* 2003;80:79-83.
- 6) Artal P, Guirao A. Contributions of the cornea and the lens to the aberrations of the human eye. *Opt Lett* 1998;23:1713-5.
- 7) Williams D, Yoon GY, Porter J, et al. Visual benefit of correcting higher order aberrations of the eye. *J Refract Surg* 2000;16:S554-9.
- 8) Lombardo M, Lombardo G. Wave aberration of human eyes and new descriptors of image optical quality and visual performance. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:313-31.
- 9) Pantanelli S, MacRae S, Jeong TM, Yoon G. Characterizing the wave aberration in eyes with keratoconus or penetrating keratoplasty using a high-dynamic range wavefront sensor. *Ophthalmology* 2007;114:2013-21.
- 10) Song IS, Kim MJ, Yoon SY, et al. Higher-order aberrations associated with better near visual acuity in eyes with aspheric monofocal IOLs. *J Refract Surg* 2014;30:442-6.
- 11) Nishi T, Nawa Y, Ueda T, et al. Effect of total higher-order aberrations on accommodation in pseudophakic eyes. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:1643-9.
- 12) Yao K, Tang X, Ye P. Corneal astigmatism, high order aberrations, and optical quality after cataract surgery: microincision versus small incision. *J Refract Surg* 2006;22(9 Suppl):S1079-82.
- 13) Jeong HJ, Jung BJ, Hwang HB, Kim HS. Comparison of higher order aberrations and astigmatism after on-axis small incision cataract surgery. *J Korean Ophthalmol Soc* 2014;55:182-9.

- 14) Can İ, Bayhan HA, Çelik H, Ceran BB. Comparison of corneal aberrations after biaxial microincision and microcoaxial cataract surgeries: a prospective study. *Curr Eye Res* 2012;37:18-24.
- 15) Helbostad JL, Oedegaard M, Lamb SE, et al. Change in vision, visual disability, and health after cataract surgery. *Optom Vis Sci* 2013;90:392-9.
- 16) Kwon HL, Park HR, Koo BS, Kim TI. Higher-order aberrations in pseudophakia with different intraocular lenses. *J Korean Ophthalmol Soc* 2005;46:954-60.
- 17) Guirao A, Redondo M, Geraghty E, et al. Corneal optical aberrations and retinal image quality in patients in whom monofocal intraocular lenses were implanted. *Arch Ophthalmol* 2002;120:1143-51.
- 18) Ye H, Zhang K, Yang J, Lu Y. Changes of corneal higher-order aberrations after cataract surgery. *Optom Vis Sci* 2014;91:1244-50.
- 19) Oshika T, Mimura T, Tanaka S, et al. Apparent accommodation and corneal wavefront aberration in pseudophakic eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002;43:2882-6.
- 20) Choi JA, Chung SK, Kim HS. Comparative study of microcoaxial cataract surgery and conventional cataract surgery. *J Korean Ophthalmol Soc* 2008;49:904-10.

---

= 국문초록 =

## 양의 수직코마를 가진 환자에서 상측절개 백내장수술 전후의 고위수차 변화

**목적:** 양의 수직코마를 가진 환자에서 직난시 및 도난시에 따른 상측절개 백내장수술 전후의 고위수차 변화량을 비교하고자 하였다.

**대상과 방법:** 양의 수직코마를 가진 환자에서 2.5 mm 상측 투명각막절개 백내장수술을 시행한 직난시군 37명과 도난시군 33명을 대상으로 수술 전 및 수술 후 1달 뒤 나안시력, 최대교정시력, 각막난시를 측정하였고, 각막 전면, 후면 및 총 수차(사측트레포일, 수평트레포일, 수직코마, 수평코마, 구면수차, 총 고위수차)를 Pentacam으로 측정하여 비교하였다.

**결과:** 직난시군에서는 수술 후 각막 전면, 후면 및 총 수직코마가 유의하게 감소하였고( $p < 0.05$ ), 도난시군에서는 후면 수직코마에서 유의한 감소를 보였으나( $p = 0.008$ ), 총 수직코마에서는 유의한 변화를 보이지 않았다. 사측트레포일은 두 군 모두에서 유의한 증가를 보였고, 수평트레포일은 도난시군에서 유의한 감소를 보였으나( $p < 0.05$ , respectively). 구면수차는 도난시군의 전면 각막수차에서 유의한 감소를 보였고( $p < 0.001$ ), 총 고위수차는 직난시군의 전면과 후면, 도난시군의 후면수차에서 유의한 증가를 보였으나( $p < 0.05$ ,  $p = 0.001$ ). 수평코마와 각막난시는 두 군에서 수술 전후로 유의한 변화를 보이지 않았다.

**결론:** 상측절개 백내장수술에서 수직코마는 난시축에 영향을 받아 직난시군에서 유의한 감소를 보였고, 각막 난시는 수술 전후로 유의한 변화를 보이지 않았다.

(대한안과학회지 2017;58(3):268-275)

---