

각막절개 위치와 크기에 따른 난시교정인공수정체의 난시교정의 정확성

Accuracy of Astigmatic Correction Using Toric Intraocular Lens by Position and Size of Corneal Incision

박우경¹ · 김만수² · 김은철¹

Woogyung Park, MD¹, Man Soo Kim, MD, PhD², Eun Chul Kim, MD, PhD¹

가톨릭대학교 의과대학 부천성모병원 안과학교실¹, 가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 안과학교실²

Department of Ophthalmology, Bucheon St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea¹, Bucheon, Korea

Department of Ophthalmology, Seoul St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea², Seoul, Korea

Purpose: To assess the accuracy of toric intraocular lens (IOL) implantation by the location and size of the corneal incision.

Methods: We retrospectively reviewed the medical records of 98 patients (98 eyes) who underwent phacoemulsification with toric IOL implantation from January 2014 to March 2017. The patients were divided into two groups: group 1 got an incision of the superior side of the cornea (n = 54) and group 2 received an incision on the temporal side of the eye (n = 44). For both groups, incisions were made at their steep corneal astigmatism axes. Each group was further divided into subgroups for whom different sized blades were employed (2.75 vs. 2.2 mm widths). We measured the refractive index and autokeratometric parameters. We postoperatively assessed residual astigmatism and any reduction thereof.

Results: In both groups, uncorrected and best-corrected visual acuity, refraction cylinder astigmatism, and autokeratometric astigmatism improved statistically. Between two groups, corneal astigmatism decrease was not significant. Residual astigmatism also showed no significant differences between the two. Patients in both groups treated using 2.75 mm wide blades exhibited greater increases in corneal astigmatism.

Conclusions: During cataract surgery, precise correction of astigmatism via toric IOL implantation is possible when surgically induced astigmatism is minimized by careful choice of the location and size of the corneal incision.

J Korean Ophthalmol Soc 2019;60(2):126-134

Keywords: Astigmatism, Intraocular lens

■ **Received:** 2018. 6. 21. ■ **Revised:** 2018. 9. 11.

■ **Accepted:** 2019. 1. 18.

■ Address reprint requests to **Eun Chul Kim, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Bucheon St. Mary's Hospital,
#327 Sosa-ro, Bucheon 14647, Korea
Tel: 82-32-340-2125, Fax: 82-32-340-2661
E-mail: eunchol@hanmail.net

* This research was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF), funded by the Ministry of Education (2016R1A6A1A03010528).

* This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (2018R1D1A1A02085334).

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

오늘날의 발전된 백내장수술은 단지 백내장을 제거하는 것뿐 아니라 시력의 질을 최대한 향상시키는 것을 꾀한다. 이로써 단순히 시력을 개선시킬 뿐 아니라 일상생활을 더욱 편리하게 할 수 있도록 하고자 한다. 백내장수술 후 수술안의 최대교정시력이 1.0 이상이 나오더라도 수술 후 잔여난시가 시력의 질을 떨어뜨려, 정작 환자 본인은 수술에 대한 만족도가 떨어지는 경우가 있다. 백내장수술을 받는 환자들 중 20-30%의 환자들이 수술 전 1.25D 이상의 각막 난시를 가지고 있다는 보고가 있다. 이러한 각막난시는 보통의, 인공수정체삽입술로는 완전히 해결할 수 없다.^{1,2}

© 2019 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.

백내장수술 시 난시를 교정하기 위한 여러 기법들이 연구되고 있고, 이에 난시교정인공수정체삽입술, 각막절개 난시교정술, 엑시머레이저 등을 이용한 각막절개술, 윤부이완절개술 등이 있다. 이 중 수술의 기법, 수술소요 시간이나 부작용의 측면에서 일반적인 인공수정체삽입술과 거의 차이가 없는 방법으로 1994년 Shimizu et al³에 의해 처음 소개되고 임상적으로 사용된 난시교정인공수정체삽입술이 있다. 각 난시교정인공수정체마다 고유의 난시예측 계산기가 있어 이를 사용하여 술 후 난시교정량을 예측하기가 쉽다. 난시교정인공수정체삽입술이 각막난시를 줄이는 여러 수술 방법들 중 가장 효과적이라는 보고가 국내뿐 아니라 해외에도 많이 있었다.⁴⁻¹⁰

난시교정에는 여러 인자가 영향을 끼칠 수 있는데, 수술 중 각막절개와 절개로 유발되는 난시가 중요한 인자들 중 하나로 알려져 있다.¹¹ 이에 본 연구에서는 난시교정인공수정체 삽입 시 각막절개의 위치와 크기에 따른 잔여난시를 비교하여, 그 방법에 따른 난시교정 효과의 정확성을 분석해 보고자 한다.

대상과 방법

2014년 1월부터 2017년 3월까지 가톨릭대학교 의과대학 부천성모병원에서 한 명의 술자(ECK)에 의하여 수정체유화술 및 인공수정체후낭삽입술을 시행받은 환자를 대상으로 하였고, 후향적으로 의무기록을 분석하였다. 가톨릭대학교 의과대학 부천성모병원 연구윤리심의위원회의 심의 승인을 받았다. 수술 전 1D 이상의 규칙 각막난시를 가진 환자들을 연구의 대상으로 포함시켰으며, 심한 각막흔탁이나 수정체흔탁, 불규칙한 각막표면 등의 원인으로 굴절률이나 각막곡률을 측정할 수 없는 경우, 시력에 영향을 미칠 수 있는 기저 안과 질환이 있는 경우, 시력에 영향을 줄 수 있는 특이 전신적 질환이 있는 경우, 후낭파열 등의 수술 중 합병증이 발생한 경우는 연구에서 제외하였다.

연구에 포함된 모든 환자를 대상으로, 수술일 1주 전 병력을 청취 및 기록하였고 나안시력과 최대교정시력을 재었으며, 세극등현미경검사, 안저검사, 자동굴절 및 각막곡률검사(RK-F1[®], Canon, Tokyo, Japan)를 시행하였다. IOL Master (Carl Zeiss Meditec Inc., Dublin, CA, USA)와 A-scan (Aviso[™], Quantel Medical, Courmon d'Auvergne, France)을 이용하여 안축장을 재었고, 각막지형도검사(Pentacam, Oculus GmbH, Wetzlar, Germany)를 시행하였다. 검사로 얻은 값들을 SRK-2, SRK-T 및 Hoffer-Q 공식에 대입하여 인공수정체 도수를 계산하였다. 자동각막곡률검사와 각막지형도검사서 모두 1D 이상의 각막난시가 관찰된 경우

대상에 포함시켰다. 수술 3개월 후 추적 관찰 시 나안시력, 최대교정시력, 자동굴절 및 각막곡률검사를 시행하였다.

각막의 절개창은 모두 가파른 난시 축에 났고, 각막난시의 가파른 축이 60°에서 120° 사이에 있어(직난시) 각막 상측에 절개창을 낸 군을 1군(n=54)으로, 각막난시의 가파른 축이 0°에서 30°, 그리고 150°에서 180° 사이에 있어(도난시) 수술안의 이측에 절개창을 낸 군을 2군(n=44)으로 나누었고, 각 군에서 2.75 mm 블레이드를 이용하여 절개창을 낸 군(소그룹 1)과 2.2 mm 블레이드를 사용한 군(소그룹 2)의 두 소집단으로 나누었다.

난시교정인공수정체는 Tecnis[®] ZCT toric IOL (Johnson & Johnson, Inc., New Brunswick, NJ, USA; A-constant 119.3 by SRK-T)을 이용하였고, 인터넷 기반의 계산프로그램(Johnson & Johnson, Inc.)을 사용하여 인공수정체 종류와 도수를 선택하였다. 자동각막굴절계를 이용하여 측정된 결과값을 이용하여 난시의 양과 축을 결정하였다. 수술로 인하여 유발되는 각막난시(surgically induced astigmatism, SIA)는 모든 그룹과 소그룹에서 0D로 설정하였고, 술 후 잔여 굴절난시값과 비교하여 각 군 간의 오차를 확인해보기로 하였다.

환자가 수술 침대에 눕기 전 환자를 정위로 앉힌 상태에서 머리가 기울어지지 않도록 머리를 고정시킨 후 환자 기준 정면의 원거리 주시점을 바라본 상태로 toric reference corneal marker (AE-2793S, ASICO, Westmont, IL, USA)를 이용하여 각막 윤부의 3, 9시 방향에 기준표지자를 표시하였다. 구후마취가 필요한 환자의 경우 마취 직전에 동일한 과정을 시행하였다. 수술 시작 시 환자가 누운 상태에서 기존에 표시한 표지자를 기준으로 하여 toric axis marker (K3-7910, Katena, Denville, NJ, USA)를 이용하여 환자의 각막 위에 목표 난시축을 표시하였다. 모든 수술은 한 명의 숙련된 술자(ECK)에 의하여 이루어졌다. 환자군에 따라 가파른 난시축의 방향으로 2.75 mm 또는 2.2 mm의 투명 각막절개를 한 후 Infinity Vision System[®] (Alcon Laboratories Inc., Fort Worth, TX, USA)과 OZil[™] Torsional Handpiece (Alcon Laboratories Inc.)를 이용하여 수정체유화술을 시행하였다. 인공수정체를 후낭에 삽입한 후 인공수정체 뒤에 남아있는 점탄 물질을 제거하고 인공수정체를 회전시켜 미리 표시된 위치에 인공수정체의 축을 위치시켰다.

데이터 산출은 IBM SPSS ver. 21.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) 통계프로그램을 이용하였다. Kolmogorov-Smirnov test, Shapiro-Wilk test를 통해 정규성 검정을 시행하였으며 모든 수치는 평균 ± 표준편차의 형식으로 기술하였다. 군 간의 비교 분석에 independent *t*-test를, 수술 전후의 경과 비교 분석에는 paired *t*-test를 사용하였다. 정규성을 만족하지 않는 변수의 경우 비모수 검정법인 Mann-Whitney test,

Wilcoxon signed rank test를 사용하였다. 모든 통계 분석에서 유의도(p-value) 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의하다고 보았다. 수술 전 및 수술 후 각막 전면, 후면 및 전체 난시와 수술 유발 난시(SIA)에 대해 vector analysis를 AstigPLOT (EB Eye Limited, Abu Dhabi, United Arab Emirates) 프로그램을 사용하여 시행하였다. 난시 분석은 power vector 방법을 이용하여 Cartesian astigmatism (J0)과 Oblique astigmatism (J45)을 구하였다. 수술 전과 수술 3달 후의 자동굴절검사결과값을 이용하였으며, 다음과 같은 수식에 대입하여 계산하였다(S는 구면치, C는 굴절난시, α는 굴절난시의 축을 의미한다).

$$J0 = (-\frac{C}{2})\cos(2\alpha)$$

$$J45 = (-\frac{C}{2})\sin(2\alpha)$$

결 과

총 98명, 98안을 대상으로 하였으며, 이 중 각막의 상측에 절개창을 낸 군(1군)은 54안, 수술안의 이측에 절개창을 낸 군(2군)은 44안이었다. 환자의 연령은 23세부터 85세까지 분포하였으며, 두 군 간에 성별, 수술안의 방향성, 시력과 구면렌즈대응치, 안축장은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았고, 연령은 각막난시가 직난시를 보이는 1군에서 61.24 ± 10.26세로, 도난시인 2군에서 70.52 ± 7.75세보다 유의하게 적었다. 수술 전 백내장의 정도는 수정체의 핵

과 피질 모두 1군에서 유의하게 더 나뉘었다. 수술 전 난시는 각막지형도상의 전면각막난시와 자동각막곡률계로 측정된 각막난시는 두 군 간에 통계적 유의한 차이가 없었으나, 굴절난시와 각막지형도상의 전체각막난시는 2군에서 그 양이 더 크게 나타났고 각막지형도상의 후면각막난시는 1군에서 더 난시량이 큰 것으로 나타났다(Table 1, 2). 난시교정인공수정체 계산 프로그램을 통하여 산출된 예상 잔여난시량은 1군은 0.15 ± 0.12D, 2군은 0.25 ± 0.42D였다.

자동굴절 및 각막곡률검사를 통하여 수술 전과 수술 3개월 경과 시점의 각막난시와 굴절난시, 그리고 시력과 구면렌즈대응치에 대하여 분석하였다(Table 3). 수술 전후 각막난시는 1군에서 1.80 ± 0.70D에서 1.61 ± 0.75D로 유의한 정도의 각막난시 감소를 보였고(p=0.005), 2군은 2.05 ± 1.29D에서 1.64 ± 1.42D로 통계적으로 유의한 난시 감소를 보였다(p<0.001). 굴절난시의 경우 술 전후 1군은 -1.89 ± 1.10D에서 -0.93 ± 0.80D, 2군은 -2.58 ± 1.66D에서 -1.22 ± 0.85D의 변화를 보였으며, 두 군 모두 통계적으로 유의한 정도의 굴절난시 정도의 감소를 보였다(두 군 모두 p<0.001). 각막 절개의 크기에 따른 소그룹 분석에서도 각막난시와 굴절난시 모두 수술 후 유의한 정도의 차이를 보였다. 1군과 2군 모두 술 후 나안시력과 최대교정시력의 유의한 호전을 보였고(두 군 모두 p<0.001), 소그룹 분석에서도 모든 환자에서 유의한 시력 개선을 보였다. 구면렌즈대응치의 경우 두 군 모두 절대값 크기의 유의한 감소를 보였으나, 1군의 2.75 mm 블레이드를 이용한 소그룹과 2군의 2.2 mm 블레

Table 1. Comparisons of patient characteristics between the two groups (n = 98)

Parameters	Group 1 (n = 54)	Group 2 (n = 44)	p-value
Sex (male)	13 (24.1)	13 (29.5)	0.542*
Age (years)	61.24 ± 10.26	70.52 ± 7.75	<0.001 [†]
Laterality (OD)	21 (38.9)	25 (56.8)	0.077*
UCVA (logMAR)	0.62 ± 0.44	0.57 ± 0.35	0.934 [†]
BCVA (logMAR)	0.39 ± 0.34	0.35 ± 0.32	0.563 [†]
Spherical equivalent (D)	-1.71 ± 3.49	-3.01 ± 4.21	0.108 [†]
Cataract grading			
Nuclear opalescence	4.06 ± 0.75	3.57 ± 0.78	0.001 [†]
Cortical cataract	4.25 ± 0.48	4.02 ± 0.49	0.026 [†]
Axial length (mm)	23.90 ± 1.74	24.11 ± 1.69	0.519 [†]
Pre Op refraction cylinder (D)	-1.89 ± 1.10	-2.58 ± 1.66	0.029 [†]
Pre Op Scheimpflug corneal astigmatism (D)			
Total	1.74 ± 1.18	2.21 ± 1.30	0.004 [†]
Anterior	1.69 ± 0.88	1.90 ± 1.22	0.313 [†]
Posterior	0.49 ± 0.33	0.26 ± 0.18	<0.001 [†]
Pre Op auto-keratometer astigmatism (D)	1.80 ± 0.70	2.05 ± 1.29	0.679 [†]

Values are presented as mean ± standard deviation or number (%).

OD = right eye; UCVA = uncorrected visual acuity; logMAR = logarithms of the minimal angle of resolution; BCVA = best corrected visual acuity; D = diopter; Pre Op = before surgery.

*Chi-square test; [†]Mann-Whitney test.

Table 2. Comparisons of patient characteristics between the subgroups

Parameters	Group 1 (n = 54)			Group 2 (n = 44)		
	2.75 mm (n = 35)	2.2 mm (n = 19)	p-value	2.75 mm (n = 29)	2.2 mm (n = 15)	p-value
Sex (male)	8 (22.9)	5 (26.3)	0.305*	9 (31.0)	4 (26.7)	0.763*
Age (years)	61.51 ± 10.80	60.74 ± 9.45	0.352†	70.59 ± 8.13	70.40 ± 7.23	0.970†
Laterality (OD)	15 (42.9)	6 (31.6)	0.417*	17 (58.6)	8 (53.3)	0.737*
UCVA (logMAR)	0.53 ± 0.37	0.90 ± 0.52	0.015†	0.58 ± 0.34	0.55 ± 0.37	0.859†
BCVA (logMAR)	0.32 ± 0.25	0.60 ± 0.47	0.019†	0.36 ± 0.35	0.31 ± 0.18	0.960†
Spherical equivalent (D)	-1.39 ± 3.12	-2.68 ± 4.43	0.380†	-3.11 ± 3.88	-2.70 ± 5.32	0.461†
Cataract grading						
Nuclear opalescence	3.95 ± 0.72	4.38 ± 0.77	0.096†	3.43 ± 0.74	4.00 ± 0.78	0.038†
Cortical cataract	4.21 ± 0.47	4.38 ± 0.51	0.249†	3.94 ± 0.48	4.27 ± 0.47	0.151†
Axial length (mm)	23.99 ± 1.66	23.63 ± 2.04	0.205†	24.15 ± 1.77	24.00 ± 1.49	0.839†
Pre Op refraction cylinder	-1.98 ± 1.12	-1.74 ± 1.09	0.377†	-2.65 ± 1.50	-2.45 ± 1.99	0.494†
Pre Op Scheimpflug corneal astigmatism						
Total	1.97 ± 1.23	1.32 ± 0.96	0.006†	2.26 ± 1.19	2.10 ± 1.54	0.244†
Anterior	1.92 ± 0.94	1.26 ± 0.53	0.008†	1.99 ± 1.12	1.72 ± 1.43	0.046†
Posterior	0.53 ± 0.40	0.40 ± 0.13	0.164†	0.25 ± 0.15	0.29 ± 0.24	0.830†
Pre Op Auto-Keratometer astigmatism	1.99 ± 0.77	1.43 ± 0.33	0.004†	2.17 ± 1.19	1.80 ± 1.47	0.020†

Values are presented as mean ± standard deviation or number (%).

OD = right eye; UCVA = uncorrected visual acuity; logMAR = logarithms of the minimal angle of resolution; BCVA = best corrected visual acuity; D = diopter; Pre Op = before surgery.

*Chi-square test; †Mann-Whitney test.

Table 3. Preoperative and postoperative change of Auto-Keratometer astigmatism, refraction cylinder astigmatism, visual acuity and spherical equivalent

	Auto-Keratometer astigmatism			Refraction cylinder astigmatism			UCVA (logMAR)			BCVA (logMAR)			Spherical equivalent (D)		
	Pre Op	Post Op	p-value	Pre Op	Post Op	p-value	Pre Op	Post Op	p-value	Pre Op	Post Op	p-value	Pre Op	Post Op	p-value
Group 1 (n = 54)	1.80 ± 0.70	1.61 ± 0.75	0.005*	-1.89 ± 1.10	-0.93 ± 0.80	<0.001*	0.62 ± 0.44	0.19 ± 0.17	<0.001*	0.39 ± 0.34	0.04 ± 0.09	<0.001*	-1.71 ± 3.49	-0.68 ± 1.45	0.023**
2.75 mm (n = 35)	1.99 ± 0.77	1.68 ± 0.89	<0.001†	-1.98 ± 1.12	-0.85 ± 0.52	0.001†	0.53 ± 0.37	0.17 ± 0.18	<0.001†	0.32 ± 0.25	0.04 ± 0.09	<0.001†	-1.39 ± 3.12	-0.79 ± 1.29	0.184†
2.2 mm (n = 19)	1.43 ± 0.33	1.47 ± 0.38	<0.001†	-1.74 ± 1.09	-1.07 ± 1.15	<0.001*	0.90 ± 0.52	0.22 ± 0.15	0.001†	0.60 ± 0.47	0.05 ± 0.10	0.001*	-2.68 ± 4.43	-0.38 ± 1.87	0.028†
Group 2 (n = 44)	2.05 ± 1.29	1.64 ± 1.42	<0.001*	-2.58 ± 1.66	-1.22 ± 0.85	<0.001*	0.57 ± 0.35	0.35 ± 0.32	<0.001*	0.35 ± 0.32	0.07 ± 0.15	<0.001*	-3.01 ± 4.21	-0.74 ± 1.50	0.001*
2.75 mm (n = 29)	2.17 ± 1.19	1.68 ± 1.34	<0.001†	-2.65 ± 1.50	-1.22 ± 0.84	<0.001†	0.58 ± 0.34	0.17 ± 0.25	<0.001†	0.36 ± 0.35	0.07 ± 0.17	<0.001†	-3.11 ± 3.88	-0.70 ± 1.45	0.002†
2.2 mm (n = 15)	1.80 ± 1.47	1.57 ± 1.60	0.033†	-2.45 ± 1.99	-1.22 ± 0.92	0.017*	0.55 ± 0.37	0.18 ± 0.22	0.004†	0.31 ± 0.18	0.08 ± 0.10	0.005*	-2.70 ± 5.32	-0.88 ± 1.71	0.286†

Values are presented as mean ± standard deviation.

UCVA = uncorrected visual acuity; BCVA = best corrected visual acuity; logMAR = logarithms of the minimal angle of resolution; D = diopter; Pre Op = before surgery.

*Paired t-test; †Wilcoxon signed rank test.

이드를 이용한 소그룹 간에는 술 전후로 통계적 유의성을 띠지 못했다.

자동굴절 및 각막곡률검사를 통하여 수술 전과 수술 3개월 경과 시점의 난시 변화량을 분석하였다(Table 4). 수술 후 각막난시의 변화량은 통계적 유의성을 보이지는 않았으나($p=0.244$), 직난시인 1군에서 $0.38 \pm 0.30D$, 도난시인 2군

에서 $0.48 \pm 0.38D$ 로 나타났다. 술 후 굴절난시의 변화량은 1군에서 $0.97 \pm 1.10D$, 2군에서 $1.36 \pm 1.61D$ 로 통계적으로 유의하진 않았으나($p=0.161$), 각막난시와 굴절난시 모두 수술안의 이측에 절개를 가한 2군에서 변화량이 큰 추세를 보였다. 각막절개의 크기에 따른 난시변화량 비교를 위해 소그룹 분석을 시행한 결과, 각막난시는 수술 후 1군과 2군

고찰

모두에서 2.75 mm의 큰 절개창을 낸 소그룹 1에서 2.2 mm 절개창을 낸 소그룹 2보다 큰 난시변화량을 보였다(각각 $p=0.014$, $p=0.001$). 굴절난시는 1군과 2군 모두에서 소그룹 1이 더 큰 변화량을 보였으나 통계적 유의성을 띠지는 못했다(각각 $p=0.233$, $p=0.804$).

난시교정인공수정체 계산 프로그램을 통하여 계산된 예상 잔여난시량과 실제 잔여 굴절난시량을 비교해보면, 1군에서는 $0.15 \pm 0.12D$, 2군에서는 $0.25 \pm 0.42D$ 의 난시가 예상되었고, 수술 후 실제 잔여 굴절난시량은 1군에서 $-0.93 \pm 0.80D$, 2군에서는 $-1.22 \pm 0.85D$ 가 확인되어 유의한 차이를 보이지 않았다(각각 $p=0.614$, 0.065). 예상 잔여난시량과 수술 후 실제 잔여 굴절난시량의 차이를 두 군 간에 비교했을 때에도 통계적으로 유의한 차이는 없었으며(1군, 1.08 ± 0.81 ; 2군, 1.47 ± 1.16 , $p=0.062$), 각 군 내에서 2.75 mm 절개와 2.2 mm 절개 간에도 차이를 보이지 않았다(Table 5). Power vector 분석을 시행하여 1군과 2군, 그리고 각 소그룹들의 수술 전후 난시의 차이를 doubled-angle plot으로 나타내었다(Fig. 1).

본 연구는 백내장수술에서 난시교정인공수정체 삽입 시 각막절개의 위치와 크기에 따른 잔여난시 및 난시변화량을 비교하고자 한 연구로 국내 환자를 대상으로 각막절개의 방법에 따른 잔여난시를 비교한 연구는 지금까지 없었다. 이번 연구에서 수술 3개월 경과 후, 두 군과 군 내의 소집단 모두에서 나안시력과 최대교정시력의 유의한 호전을 확인할 수 있었다. 각막난시의 변화량을 비교하였을 때 통계적으로 유의하진 않았으나 1군($0.38 \pm 0.30D$)보다 2군($0.48 \pm 0.38D$)에서 약 0.1D 정도의 큰 변화의 추세를 보였다($p=0.244$). 굴절난시의 변화도 각막난시와 유사하게 2군에서 약 0.4D 정도 큰 변화 추세를 보였다. 이에선 각막 상층에 절개를 가한 1군의 경우, 수술 후 윗눈꺼풀에 의해 가해지는 압력이 난시 변화를 억제하는 자연봉합의 효과를 주었을 것으로 여겨진다. Grosvenor¹²는 나이가 들어감에 따라 윗눈꺼풀 긴장도가 감소하는 것이 난시축의 변화에 영향을 줄 수 있을 것으로 가정하였다. Saunders¹³는 나이가

Table 4. Comparison of differences between preoperative and postoperative refraction cylinder astigmatism and Auto-Keratometer astigmatism by groups

	Group 1 (n = 54)		Group 2 (n = 44)	p-value*		
Difference between preop and postop Auto-Keratometer astigmatism	0.38 ± 0.30		0.48 ± 0.38	0.244		
Difference between preop and postop refraction cylinder astigmatism	0.97 ± 1.10		1.36 ± 1.61	0.161		
Subgroup analysis	Group 1 (n = 54)			Group 2 (n = 44)		
	2.75 mm (n = 35)	2.2 mm (n = 19)	p-value†	2.75 mm (n = 29)	2.2 mm (n = 15)	p-value†
Difference between preop and postop Auto-Keratometer astigmatism	0.46 ± 0.31	0.25 ± 0.25	0.014	0.61 ± 0.36	0.23 ± 0.29	0.001
Difference between preop and postop refraction cylinder astigmatism	1.13 ± 1.16	0.67 ± 0.95	0.233	1.42 ± 1.52	1.23 ± 1.83	0.804

Values are presented as mean ± standard deviation.

*Mann-Whitney test; †Independent t-test.

Table 5. Comparisons of preoperative estimated astigmatism and postoperative residual refraction cylinder astigmatism

	Group 1 (n = 54)		Group 2 (n = 44)	p-value*		
Preop estimated astigmatism	0.15 ± 0.12		0.25 ± 0.42	0.614		
Residual refractive astigmatism	-0.93 ± 0.80		-1.22 ± 0.85	0.065		
Difference between estimated and residual refractive astigmatism	1.08 ± 0.81		1.47 ± 1.16	0.062		
Subgroup analysis	Group 1 (n = 54)			Group 2 (n = 44)		
	2.75 mm (n = 35)	2.2 mm (n = 19)	p-value†	2.75 mm (n = 29)	2.2 mm (n = 15)	p-value†
Preop estimated astigmatism	0.16 ± 0.13	0.15 ± 0.08	0.778	0.23 ± 0.36	0.29 ± 0.53	0.921
Residual refractive astigmatism	-0.85 ± 0.52	-1.07 ± 1.15	0.803	-1.22 ± 0.84	-1.22 ± 0.92	0.626
Difference between estimated and residual refractive astigmatism	1.01 ± 0.55	1.22 ± 1.16	0.765	1.46 ± 1.09	1.50 ± 1.33	0.656

Values are presented as mean ± standard deviation.

*Mann-Whitney test; †Independent t-test.

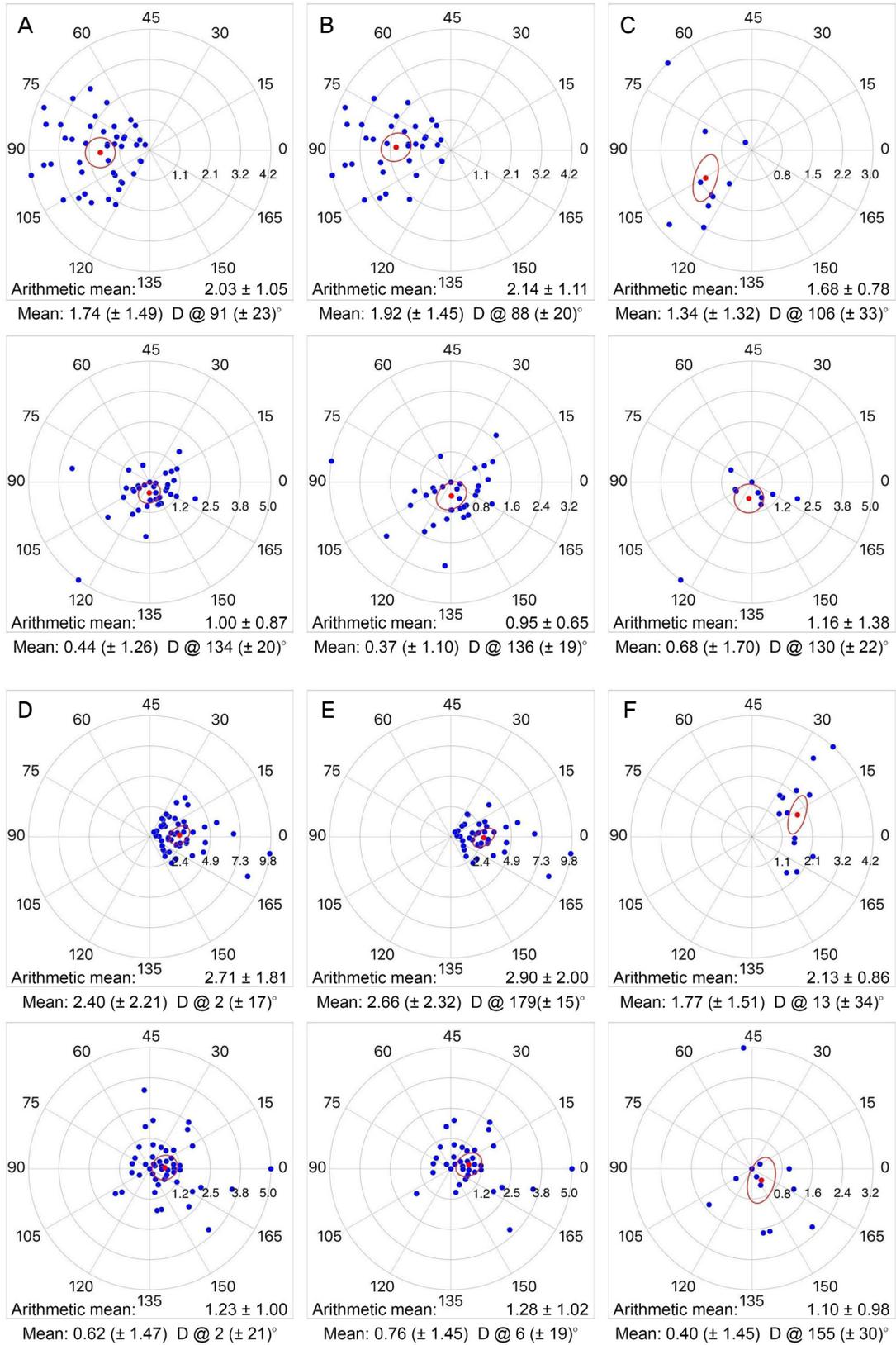


Figure 1. Double-angle plots of refraction cylinder astigmatism. Red dots are mean values of the amount and axis of refractive astigmatisms. (A) Group 1 (n = 52) preoperative (superior), postoperative (inferior). (B) In group 1, 2.75 mm incision subgroup (n = 39). (C) In group 1, 2.2 mm incision subgroup (n = 13). (D) Group 2 (n = 46). (E) In group 2, 2.75 mm incision subgroup (n = 35). (F) In group 2, 2.2 mm incision subgroup (n = 11). D = diopter.

들며 직난시는 유병률이 줄어들고, 각 연령대에서 도난시의 수가 늘어난다고 하였다. 이 외에도 외안근의 긴장도가 변화하는 것,¹⁴ 각막 구조가 변화하는 것¹⁵ 등이 난시의 변화를 설명하는 가설로 제시되었으나 현재까지 명확히 밝혀진 난시축 변화의 원인은 없다.

Hayashi et al¹⁶은 수술안의 이측에 투명각막절개를 하였을 때, 수술 후 각막지형도상 전체각막난시와 전면각막난시는 직난시 쪽으로, 각막후면난시는 도난시 쪽으로 이동한다고 하였다. 이는 각막의 후면은 굴절력이 음의 값을 가지므로 각막 전면 또는 각막 전체와는 다른 경향을 보인다고 설명하였다. 이에 반해 Kim et al¹⁷은 2.2 mm 크기의 절개창을 수술안의 이측에 내어 수술 6개월 후 각막 전면과 후면의 난시 변화를 비교하였고, 각막후면난시는 수술 전후로 유의한 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 단, 수술 전 각막후면난시가 직난시였던 62안 중 61안에서 수술 후 여전히 직난시의 난시를 보였다. 본 연구에 이어 추후 수술 후 각막후면난시의 변화를 분석하여 각막후면난시가 수술로 유발되는 난시 및 수술 후 잔여난시에 끼치는 영향을 더욱 자세히 알아볼 수 있을 것이다.

Kohnen et al¹⁸은 각막 절개에 따른 각막전면난시의 변화를 비교하였는데, 수술로 유발되는 난시가 절개창의 너비에 비례한다고 하였다. Hayashi et al¹⁶은 절개창 길이의 차이를 약 1.0 mm 정도 두고 각막절개를 길게 한 군과 짧게 한 군의 비교를 통해, 각막지형도상 각막전체난시, 전면난시, 후면난시 모두 긴 절개를 한 군에서 짧은 절개를 한 군보다 난시 변화가 크다는 것을 확인하였다. 본 연구에서도 두 군 모두에서 각막절개의 크기가 큰 소그룹 1에서 각막난시의 변화량이 크게 나타났다.

난시교정인공수정체 계산 프로그램을 통하여 계산된 예상 잔여난시량과 실제 잔여 굴절난시량의 차이 비교에서 1군에서는 $1.08 \pm 0.81D$, 2군에서는 $1.47 \pm 1.16D$ 로 두 군 간의 유의한 차이는 보이지 않았다($p=0.062$). 각 군의 절개 크기에 따른 소그룹 간의 비교에서도 모두 유의성을 띠지 않았다. Hirschall et al¹⁹은 난시교정인공수정체 삽입 후 난시 잔존의 주요한 인자로 술 전 각막난시 측정의 부정확성을 꼽았는데 이는 특히 난시 양이 작은 눈에서 측정오차가 더욱 두드러진다고 하였다. 본 연구에서 술 전 굴절난시의 절대값이 1.5D 이하였던 눈은 1군에서 30안(55.6%), 2군에서 12안(27.3%)이었고, 술 전 각막난시가 1.5D보다 작았던 눈은 1군에서 27안(50.0%), 2군에서 18안(40.9%)이었다. Hirschall et al¹⁹은 난시교정인공수정체 삽입 후 난시 잔존의 또 다른 인자로 난시교정인공수정체의 정렬 불량을 들었는데 술 전 기준표지자 표시의 오차가 그에 영향을 줄 수 있다 하였다. 이번 연구에서 기준표지자 표시를 숙련된

술자가 직접 손으로 하였는데, Cornut et al²⁰, Raucau et al²¹의 연구들에서처럼 표시를 직접 손으로 하지 않고 digital marker system을 사용하였다면 잔여난시와 술 전 예상 난시값의 차이를 더욱 줄일 수 있었을 것이라 생각된다.

본 연구에서 수술 전후 각막난시의 변화량을 보면 수술안의 상측에 절개를 가한 1군에서 $0.38 \pm 0.30D$, 이측에 절개를 가한 2군에서 $0.48 \pm 0.38D$ 를 보였고 두 군 사이에 통계적 유의성을 띠지는 않았다. 2.75 mm의 큰 절개를 가한 소그룹 1은 1군에서는 $0.46 \pm 0.31D$, 2군에서는 $0.61 \pm 0.36D$ 로 나타났고, 2.2 mm의 작은 절개를 가한 소그룹 2는 1군에서는 $0.25 \pm 0.25D$, 2군에서는 $0.23 \pm 0.29D$ 의 난시 변화량을 보였다. 절개창의 위치에 상관없이 2.75 mm 크기의 절개를 한 군의 술 전후 각막난시변화량은 $0.53 \pm 0.34D$, 2.2 mm 크기의 절개를 한 군의 각막난시변화량은 $0.24 \pm 0.26D$ 로 확인되었다. 이러한 수술로 유발되는 각막난시는 술자에 따라 달라질 수 있고 많은 경험을 통하여 절개 크기에 따른 유발난시의 양을 알 수 있다면 난시교정인공수정체의 도수 계산에 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

결론적으로 난시교정인공수정체를 삽입하는 백내장수술은 본 연구에서처럼 각막절개의 방법에 상관 없이 유의미한 시력과 난시의 개선을 가져올 수 있다. 그러나 난시의 변화량은 절개의 위치에 따라 다를 수 있고 절개의 크기에 따라 수술유발 난시가 달라질 수 있으므로, 이들 인자들을 고려하여 각막절개의 위치와 크기에 따라 수술유발 난시를 조정하여 난시교정인공수정체의 도수와 술 후 난시를 계산한다면 실제 잔여난시의 예측도를 높일 수 있을 것이라 사료된다.

REFERENCES

- 1) Hoffmann PC, Hütz WW. Analysis of biometry and prevalence data for corneal astigmatism in 23,239 eyes. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:1479-85.
- 2) He W, Zhu X, Du Y, et al. Clinical efficacy of implantation of toric intraocular lenses with different incision positions: a comparative study of steep-axis incision and non-steep-axis incision. *BMC Ophthalmol* 2017;17:132.
- 3) Shimizu K, Misawa A, Suzuki Y. Toric intraocular lenses: correcting astigmatism while controlling axis shift. *J Cataract Refract Surg* 1994;20:523-6.
- 4) Ahmed, II, Rocha G, Slomovic AR, et al. Visual function and patient experience after bilateral implantation of toric intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:609-16.
- 5) Bauer NJ, de Vries NE, Webers CA, et al. Astigmatism management in cataract surgery with the AcrySof toric intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1483-8.
- 6) De Silva DJ, Ramkissoon YD, Bloom PA. Evaluation of a toric intraocular lens with a Z-haptic. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:

- 1492-8.
- 7) Entabi M, Harman F, Lee N, Bloom PA. Injectable 1-piece hydrophilic acrylic toric intraocular lens for cataract surgery: efficacy and stability. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:235-40.
 - 8) Mendicute J, Irigoyen C, Aramberri J, et al. Foldable toric intraocular lens for astigmatism correction in cataract patients. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:601-7.
 - 9) Poll JT, Wang L, Koch DD, Weikert MP. Correction of astigmatism during cataract surgery: toric intraocular lens compared to peripheral corneal relaxing incisions. *J Refract Surg* 2011;27:165-71.
 - 10) Till JS, Yoder PR Jr, Wilcox TK, Spielman JL. Toric intraocular lens implantation: 100 consecutive cases. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:295-301.
 - 11) Hill W. Expected effects of surgically induced astigmatism on AcrySof toric intraocular lens results. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:364-7.
 - 12) Grosvenor T. Etiology of astigmatism. *Am J Optom Physiol Opt* 1978;55:214-8.
 - 13) Saunders H. Age-dependence of human refractive errors. *Ophthalmic Physiol Opt* 1984;4:107.
 - 14) Howland HC, Sayles N. Photokeratometric and photorefractive measurements of astigmatism in infants and young children. *Vision Res* 1985;25:73-81.
 - 15) Hayashi K, Hayashi H, Hayashi F. Topographic analysis of the changes in corneal shape due to aging. *Cornea* 1995;14:527-32.
 - 16) Hayashi K, Sato T, Yoshida M, Yoshimura K. Corneal shape changes of the total and posterior cornea after temporal versus nasal clear corneal incision cataract surgery. *Br J Ophthalmol* 2019;103:181-5.
 - 17) Kim YJ, Knorz MC, Auffarth GU, Choi CY. Change in anterior and posterior curvature after cataract surgery. *J Refract Surg* 2016;32:754-9.
 - 18) Kohnen T, Dick B, Jacobi KW. Comparison of the induced astigmatism after temporal clear corneal tunnel incisions of different sizes. *J Cataract Refract Surg* 1995;21:417-24.
 - 19) Hirschall N, Hoffmann PC, Draschl P, et al. Evaluation of factors influencing the remaining astigmatism after toric intraocular lens implantation. *J Refract Surg* 2014;30:394-400.
 - 20) Cornut T, Touboul D, Rouglan S, et al. Refractive outcomes and precision in toric intraocular lens alignment using an automated alignment system. *J Fr Ophtalmol* 2018;41:291-301.
 - 21) Raucau M, El Chehab H, Agard E, et al. Toric lens implantation in cataract surgery: automatic versus manual horizontal axis marking, analysis of 50 cases. *J Fr Ophtalmol* 2018;41:136-44.

= 국문초록 =

각막절개 위치와 크기에 따른 난시교정인공수정체의 난시교정의 정확성

목적: 각막절개 방법에 따른 난시교정인공수정체 삽입 후의 잔여난시를 비교하여 그 방법에 따른 정확성을 비교하였다.

대상과방법: 2014년 1월부터 2017년 3월까지 수정체초음파유화술 및 난시교정인공수정체삽입수술을 받은 98명의 환자, 98안을 대상으로 후향적 연구를 하였다. 각막절개창은 모두 가파른 난시 축에 내었고, 각막 상측에 절개창을 낸 직난시 군을 1군(n=54), 각막의 이측에 절개창을 낸 도난시 군을 2군(n=44)으로 나누었다. 각 군에서 2.75 mm 블레이드를 이용하여 절개창을 낸 군(소그룹 1)과 2.2 mm 블레이드를 사용한 군(소그룹 2)의 두 소집단으로 나누었다. 수술 전 굴절률 및 자동각막곡률을 측정하였고, 술 후 잔여난시값과 난시값의 감소량을 계산하였다.

결과: 술 후 나안시력, 최대교정시력, 굴절난시, 각막난시는 두 군 모두 유의한 호전을 보였다. 각막난시값 감소량은 1군과(0.38 ± 0.30D), 2군에서(0.48 ± 0.38D) 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.244$). 술 후 잔여난시는 두 군 간 유의한 차이는 없었다. 1군과 2군 모두 2.75 mm 각막절개(각각 0.46 ± 0.31D, 0.61 ± 0.36D)는 2.2 mm (각각 0.25 ± 0.25D, 0.23 ± 0.29D)에 비해 각막난시값 감소량이 유의하게 많았다.

결론: 난시교정인공수정체 삽입 시 각막절개의 위치와 크기에 따른 난시 유발의 크기를 정확하게 적용하여 계산하면 술 후 난시를 정확하게 예측할 수 있을 것으로 사료된다.

〈대한안과학회지 2019;60(2):126-134〉

박우경 / Wookyung Park

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

