안축장이 긴 눈의 백내장수술 후 굴절력의 안정성 관찰: 일체형과 세 부분 인공수정체 비교

Assessing Refractive Stability after Cataract Surgery in Axial Myopes: One-piece and Three-piece Intraocular Lenses

이지혜 · 조양경

Ji Hye Lee, MD, Yang Kyung Cho, MD, PhD

가톨릭대학교 의과대학 성빈센트병원 안과 및 시과학교실

Department of Ophthalmology, St. Vincent's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Suwon, Korea

Purpose: To assess the refractive changes and stability after cataract surgery with insertion of three different intraocular lenses in axial myopes.

Methods: A retrospective analysis was performed with 44 eyes of normal axial length ($22.0 \text{ mm} < \text{axial length} \leq 24.5 \text{ mm}$) and 49 eyes of long axial length ($24.5 \text{ mm} < \text{axial length}$) in patients who underwent phacoemulsification and posterior chamber lens insertion. Automated keratometry examination and refraction were performed using an autorefractor keratometer; A-scan ultrasound was used to calculate target refraction. One-piece intraocular lenses (IOLs) and three-piece IOLs were inserted. At 2 and 12 months postoperatively, refraction differences relative to the target refraction (calculated using the SRK-T formula) were analyzed. The refractive changes between 2 and 12 months postoperatively were compared according to the IOL.

Results: Myopic shift from the target refraction was observed with eyes of long axial length, compared with eyes of normal axial length, at 2 and 12 months postoperatively ($p = 0.003$, $p = 0.013$). For refractive stability according to IOL, there was no significant difference in eyes with normal axial length; in eyes with long axial length, three-piece IOLs showed significant refractive stability ($p < 0.05$).

Conclusions: In eyes with long axial length, there was a significant difference in postoperative refractive stability according to the inserted IOL; three-piece IOLs showed significant refractive stability compared with one-piece IOLs.

J Korean Ophthalmol Soc 2022;63(2):150-159

Keywords: Cataract surgery, Intraocular lens, Axial length, Refraction

다수의 연구에서 축성근시는 다른 인종에 비해 동양인에

서 더 많이 나타난다고 보고된 바 있다.^{1,2} 논란의 여지는 있으나 고도근시안에서 핵경화 및 후낭하 백내장의 발생 빈도가 높다는 연구가 있으며 정상안에 비해 고도근시안의 경우 술 후 망막박리 등 합병증 발생 가능성이 높아 주의를 요한다.^{2,3} 일반적으로 백내장수술 후 장기간 추적 관찰을 시행하는 환자의 비율이 높지 않아 백내장 술 후 장기간 경과관찰이 어려운데 반해 고도근시 환자의 경우 주변부 망막 변성, 망막 찢김, 망막 박리, 황반 원공, 근시성 맥락막 신생혈관 그리고 녹내장 등 여러 합병증이 동반되는 경우가 많아 정상안에 비하여 장기간 경과관찰이 용이한 경우

■ Received: 2021. 2. 22.   ■ Revised: 2021. 9. 2.

■ Accepted: 2022. 1. 17.

■ Address reprint requests to **Yang Kyung Cho, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, St. Vincent's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, #93
Jungbu-daero, Paldal-gu, Suwon 16247, Korea
Tel: 82-31-240-7340, Fax: 82-31-251-6225
E-mail: yangkyeung@hanmail.net

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

© 2022 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.

가 많다.^{2,3} 저자들은 이러한 추적 관찰의 용이성을 이용하여 안축장이 긴 환자에서 일반적인 백내장수술 후 굴절력의 목표와의 근접도 및 시간 경과에 따른 굴절력의 변화 및 안정성을 알아보고자 하였다. 또한 일체형 인공수정체 및 세 부분 인공수정체를 비교하여 인공수정체 종류가 굴절력의 변화에 미치는 영향을 비교해 보았다.

대상과 방법

본 연구는 임상시험심사위원회(Institutional Review Board [IRB] 승인 번호: VC20RISI0262)의 승인을 받은 후 진행되었다. 2016년 1월부터 2020년 6월까지 본원에서 수정체유화술 및 후방인공수정체삽입술을 시행 받은 환자 중 수술 후 12개월 이상 경과 관찰이 가능하며 수술 전후 굴절력을 측정할 수 있는 환자를 대상으로 후향적 의무기록 분석을 시행하였다. 경과 관찰 기간이 12개월 미만인 경우, 성숙 및 과숙 백내장인 경우, 고도 근시성 망막변화가 있는 경우, 각막 혼탁과 같은 각막 질환이 있는 경우, 수술 중 후방 파열이 발생한 경우, 술 전 굴절력이 정시 및 원시를 보이는 환자는 대상에서 제외하였다. 총 60명 93안을 대상으로 연구를 진행하였으며, 환자를 두 군으로 나누어 안축장 길이가 22.0 mm 초과 및 24.5 mm 이하인 눈을 안축장이 정상인 눈(eyes with normal axial length), 24.5 mm 초과인 눈을 안축장이 긴 눈(eyes with long axial length)으로 정의하였다.^{4,6} 분석 가능한 93안 중 안축장이 긴 눈은 30명 49안, 안축장이 정상인 눈은 30명 44안이었으며, 인공수정체의 선택은 Precizon® IOL (Ophtec BV, Sunrise, FL, USA), TECNIS® ZCB00 (AMO Inc., Santa Ana, CA, USA), Hoya® YA60BBR (HOYA Corp., Tokyo, Japan) 세 가지 인공수정체 중 하나를 선택하여 삽입하였다. 안축장이 정상인 눈에서는 수술실에 항상 구비되어 있는 TECNIS® ZCB00과 Hoya® YA60BBR 중 한 가지를 사용하였다. 안축장이 긴 눈의 경우, TECNIS® ZCB00과 Hoya® YA60BBR 인공수정체는 매우 낮은 도수의 인공수정체의 국내 판매 및 이용에 제한이 있어 이 경우 Precizon® IOL을 사용하였다. 따라서 인공수정체의 선택은 세 가지 인공수정체 중 하나로 이루어졌으며 이용 가능한 인공수정체 중 목표로 하는 굴절값에 가장 근접한 도수의 인공수정체로 삽입하였다.

환자의 핵경화 정도는 세극등현미경을 이용해 한 명의 전안부 전문의에 의해 Lens Opacities Classification System Grading III (LOCS Grading III)를 이용해 기술되었다. 수술 전 자동 굴절곡률검사계(auto-refractor keratometer, RK-F1, Canon, Japan)를 이용하여 환자의 수술 전 굴절력과 각막곡률을 측정하였으며 A-scan ultrasound (Aviso®; Quantel

Medical, Cournon-d'Auvergne, France)를 이용해 안축장 길이 및 전방깊이를 측정하였다. 수술 전 자동 굴절곡률검사 및 A-scan ultrasound는 한 명의 검사자에 의해 시행되었으며, 인공수정체 목표 도수 계산은 장비에 내장된 SRK-T 인공수정체 도수 계산 프로그램을 이용하여 도출하였다. 장비에 내장된 Haigis formula⁷와 Wang-Koch 보정^{8,9}에 의한 안축장을 SRK/T 공식에 적용한 도수계산도 비교를 위해 산출하였다.

목표 굴절력은 안축장이 정상인 눈의 경우 정시에 가장 가까운 근시 값을 택하였고, 안축장이 긴 눈의 경우 -1.00에서 -3.00 diopters (D)의 근시를 목표 도수로 하여 인공수정체 도수를 결정하였다. 두 군 모두 경우에 따라 반대안의 굴절력에 맞춰 목표 도수를 결정한 경우도 있었다.

백내장수술은 단일 술자(C.Y.G)에 의해 시행되었다. 0.5% proparacaine hydro-chloride (Alcaine®, Alcon, Fort Worth, TX, USA)를 이용하여 점안 마취 시행 후 리도카인을 이용해 테논하 마취를 더하였다. 직경 2.75 mm의 상측 투명각막 절개창을 만들어 점탄 물질을 주입하였으며, 5.0-5.5 mm의 수정체낭 원형절개술을 시행하였다. 수력분리술 및 수력분출술을 시행하고 초음파를 이용해 수정체핵에 대해 수정체유화술 시행 후, 수정체 피질은 관류흡입기를 이용해 제거하였다. 이후 수정체낭 내에 인공수정체를 삽입하였으며 관류흡입기를 이용해 점탄물질을 제거한 후 10-0 nylon을 이용해 절개창을 봉합하였다. 봉합사는 수술 후 1주일째 발사하였다.

수술 후 2개월째, 12개월째 자동 굴절곡률검사계(RK-F1, Canon)를 이용하여 굴절력을 측정한 후 구면렌즈대응치(spherical equivalent, SE)에서 술 전 목표 굴절력을 빼서 그 차이(D)로 계획했던 수술 후 목표 굴절력과의 근접도를 산출하였다. 차이가 양의 값이 나오면 목표 굴절력보다 원시 방향의 예측 오차(prediction error)가 생겼음을 의미하고 음의 값이 나오면 수술 후 목표 굴절력보다 근시 방향의 예측 오차가 생겼음을 의미하였다. 수술 후 12개월 시점의 굴절력과 수술 후 2개월 시점의 굴절력을 비교할 때, 근시이행=수술 후 12개월 시점의 굴절력-수술 후 2개월 시점의 굴절력 <0, 원시이행=수술 후 12개월 시점의 굴절력-수술 후 2개월 시점의 굴절력 >0으로 정의하였다.

SPSS 11.5 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용해 평균 SE로 계산된 환자들의 수술 전 목표 굴절력과 수술 후 2개월, 수술 후 1년째 굴절력의 차이를 분석하였다. 그룹 간의 비교는 unpaired *t*-test를 시행하였고, 인공수정체 종류에 따른 굴절력과 수술 후 계측값의 차이는 분산분석(analysis of variance, ANOVA)을 이용하였다. *p*-value가 0.05 이하인 경우를 통계적으로 유의하다고 정의하였다.

결 과

수술 후 12개월 이상 경과 관찰이 가능했던 환자 60명 93안을 대상으로 진행되었으며, 안축장이 정상인 눈 및 안축장이 긴 눈의 연령 및 수술 전 핵경화 정도는 차이가 없

었다($p=0.809$, $p=0.143$) (Table 1).

수술 전 두 군 간의 SE, 목표 굴절력, 안축장 길이, 전방 깊이를 비교하였을 때, 안축장이 정상인 눈에서 수술 전 평균 SE는 -2.34 ± 0.272 였으며 평균 안축장 23.37 ± 0.08 , 평균 전방깊이는 3.29 ± 0.076 이었다. 안축장이 긴 눈에서 수

Table 1. Patient demographics and preoperative data

	Normal AL (22 < AL ≤ 24.5, n = 44)	Long AL (24.5 < AL, n = 49)	p-value*
Age (years)	67.93 ± 1.49 (54 to 78)	67.43 ± 1.45 (46 to 86)	0.809
Nucleosclerosis	4.18 ± 0.059 (4 to 5)	4.35 ± 0.095 (3 to 6)	0.143
Preop refraction (spherical equivalent, D)	-2.34 ± 0.273 (-5.75 to -0.50)	-9.05 ± 0.857 (-22.0 to -1.50)	<0.001
Target refraction (D)	-0.220 ± 0.044 (-0.75 to 0.16)	-1.298 ± 0.129 (-3.21 to -0.30)	<0.001
AL (mm)	23.37 ± 0.08 (22.54 to 24.10)	27.51 ± 0.35 (24.56 to 32.93)	<0.001
ACD (mm)	3.29 ± 0.076 (2.27 to 3.75)	3.58 ± 0.079 (2.59 to 4.41)	0.010

Nucleosclerosis grading by Lens Opacities Classification System III. Values are presented as mean ± standard error of the mean (range). AL = axial length; D = diopters; ACD = anterior chamber depth.

*Unpaired student *t*-test.

Table 2. Specification of three intraocular lenses

	ZCB00®	Precizon®	YA60BBR®
Overall length	13.0 mm	12.5 mm	12.5 mm
Optic diameter	6.0 mm	6.0 mm	6.0 mm
Optic material	Hydrophobic acrylic	Hydrophilic acrylic	Hydrophobic acrylic
Haptic material	Hydrophobic acrylic	Hydrophilic acrylic	PMMA
Optic design	Biconvex	Biconvex	Biconvex
Optic edge	Square edge	Square edge	Square edge
Angle	0°, haptic offset	0°, haptic offset	5°
Estimated A constant (ultrasound)	118.8	118.0	118.4

PMMA = polymethyl methacrylate.

Table 3. Preoperative data according to the intraocular lens and axial length subgroup

	1-Piece IOL		3-Piece IOL	p-value
	TECNIS® ZCB00	Precizon®	Hoya® YA60BBR	
Normal AL (22 < AL ≤ 24.5)	22	0	22	
Age (years)	65.85 ± 2.41		70.01 ± 1.14	>0.05*
Nucleosclerosis	4.00 ± 0.01		4.36 ± 0.10	>0.05*
Preop refraction (D)	-2.01 ± 0.361		-2.66 ± 0.351	>0.05*
Target refraction (D)	-0.27 ± 0.05		-0.16 ± 0.15	>0.05*
AL (mm)	23.43 ± 0.13		23.31 ± 0.07	>0.05*
ACD (mm)	3.12 ± 0.10		3.47 ± 0.20	>0.05*
IOL power (D)	21.68 ± 0.09		18.95 ± 0.34	<0.05*
Long AL (24.5 < AL)	148	21	14	
Age (years)	70.28 ± 0.49	65.33 ± 2.22	66.71 ± 3.11	>0.05†
Nucleosclerosis	4.14 ± 0.10	4.42 ± 0.19	4.42 ± 0.14	>0.05†
Preop refraction (D)	-7.11 ± 0.11	-9.11 ± 1.78	-8.39 ± 1.27	>0.05†
Target refraction (D)	-1.23 ± 0.10	-1.21 ± 0.17	-1.25 ± 0.18	>0.05†
AL (mm)	26.56 ± 1.10	27.34 ± 1.38	27.70 ± 1.46	>0.05†
ACD (mm)	3.48 ± 1.90	3.91 ± 1.19	3.35 ± 0.84	>0.05†
IOL power (D)	16.428 ± 0.048	5.30 ± 0.942	11.07 ± 0.778	<0.05†

Values are presented as mean ± standard error of the mean.

IOL = intraocular lens; AL = axial length; D = diopters; ACD = anterior chamber depth.

*Unpaired student *t*-test; †analysis of variance.

술 전 평균 SE는 -9.05 ± 0.857 이었고 평균 안축장 27.51 ± 0.35 , 평균 전방깊이는 3.58 ± 0.079 였으며 모든 값에서 두 군 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.001$,

$p < 0.001$, $p < 0.001$, $p = 0.010$) (Table 1).

Table 2에는 사용한 인공수정체 각각의 특성을 보여준다. 안축장이 정상인 눈 44안 중 22안은 일체형 인공수정체인

Table 4. Postoperative data

	Normal AL (22 < AL ≤ 24.5, n = 44)	Long AL (24.5 < AL, n = 49)	p-value*
IOL power (D)	20.31 ± 0.272	10.3 ± 0.809	<0.001
Target refraction (D)	-0.220 ± 0.044	-1.298 ± 0.129	<0.001
Postop 2 m refraction (D)	-0.613 ± 0.071	-2.208 ± 0.164	<0.001
Postop 12 m refraction (D)	-0.425 ± 0.064	-1.898 ± 0.137	<0.001
Postop 2 m ref.-target ref.	-0.393 ± 0.074	-0.911 ± 0.151	0.003
Postop 12 m ref.-target ref.	-0.206 ± 0.080	-0.600 ± 0.134	0.013
Postop 12 m ref.-2 m ref.	0.188 ± 0.072	0.310 ± 0.080	0.263

Values are presented as mean ± standard error of the mean.

IOL = intraocular lens; D = diopters; m = months.

*Unpaired student *t*-test.

Figure 1. Postoperative refractive changes and prediction error at 2 months and 12 months. (A) Postoperative refractive changes with time in eyes with normal axial length (AL) and eyes with long AL. Myopic shift from the target refraction was observed with high myopes compared with normal eyes at the time of postoperative 2 months and 12 months ($p = 0.003$, $p = 0.013$, unpaired *t*-test). (B) Prediction error at 2 months and 12 months in eyes with normal AL and eyes with long AL. S.E.M = standard error of the mean. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

Table 5. Postoperative data according to intraocular lens

	TECNIS® ZCB00 (D)	Hoya® YA60BBR (D)	Precizon® (D)	p-value
Normal AL (22 < AL ≤ 24.5)				
Target ref. (D)	-0.375 ± 0.050	-0.063 ± 0.055		0.001*
Postop 2 m ref. (D)	-0.772 ± 0.109	-0.452 ± 0.078		0.020*
Postop 12 m ref. (D)	-0.465 ± 0.111	-0.384 ± 0.065		0.530*
Postop 2 m ref. - target ref. (D)	-0.397 ± 0.127	-0.389 ± 0.078		0.953*
Postop 12 m ref. - target ref. (D)	-0.091 ± 0.138	-0.321 ± 0.078		0.152*
Postop 12 m ref. - 2 m ref. (D)	0.307 ± 0.140	0.068 ± 0.024		0.116*
Long AL (24.5 < AL)				
Target ref. (D)	-0.334 ± 0.003	-1.451 ± 0.188	-1.837 ± 0.177	0.001†
Postop 2 m ref. (D)	-1.407 ± 0.038	-1.678 ± 0.295	-3.095 ± 0.203	0.001†
Postop 12 m ref. (D)	-1.178 ± 0.080	-1.621 ± 0.263	-2.561 ± 0.175	0.001†
Postop 2 m ref. - target ref. (D)	-1.073 ± 0.038	-0.227 ± 0.355	-1.258 ± 0.225	0.067†
Postop 12 m ref. - target ref. (D)	-0.844 ± 0.082	-0.170 ± 0.352	-0.725 ± 0.186	0.006†
Postop 12 m ref. - 2 m ref. (D)	0.229 ± 0.072	0.057 ± 0.088	0.533 ± 0.160	0.036

Values are presented as mean ± standard error of the mean.

AL = axial length; D = diopters; m = months.

*Unpaired student *t*-test; †analysis of variance.

TECNIS® ZCB00 (AMO Inc., Santa Ana)을 사용하였고 나머지 22안은 세 부분 인공수정체인 Hoya® YA60BBR (HOYA Corp., Tokyo)을 사용하였다. 안축장이 긴 눈 14안에서 일체형 인공수정체 TECNIS® ZCB00 (AMO Inc., Santa Ana)을 사용하였으며 21안에서는 Precizon® (Ophtec BV)을 사용하였고, 나머지 14안에서 세 부분 인공수정체인 Hoya YA60BBR® (HOYA Corp., Tokyo)을 사용하였다(Table 3).

수술 후 2개월째, 12개월째 측정된 굴절력과 목표 굴절력의 차이, 즉 예측 오차를 비교하였을 때, 안축장이 정상인 눈에서 2개월째의 예측 오차는 -0.393 ± 0.074 , 12개월째의 예측 오차는 -0.206 ± 0.080 을 나타내어 목표치보다 근시 방향의 예측 오차를 확인할 수 있었다(Table 4, Fig. 1). 안축장이 긴 눈에서도 2개월째의 예측 오차는 -0.911 ± 0.151 , 12개월째의 예측 오차는 -0.600 ± 0.134 로 근시 방향의 예측 오차를 확인할 수 있었으며, 수술 후 2개월째와 12개월째 근시 방향의 예측 오차는 안축장이 정상인 눈에 비해 안축장이 긴 눈에서 유의하게 많이 발생하였다($p=0.003$, $p=0.013$) (Table 4, Fig. 1).

수술 후 2개월째부터 수술 후 12개월까지의 굴절력 변화를 ‘굴절력의 안정성’으로 정의하였을 때, 안축장이 정상인 눈은 0.188 ± 0.072 , 안축장이 긴 눈은 0.310 ± 0.080 으로 안축장이 정상인 눈이 안축장이 긴 눈보다 굴절력의 안정성을 보였으나 통계적으로 유의한 차이에 이르지 않았다($p=0.263$) (Table 4, Fig. 1).

삽입한 인공수정체 종류에 따라 수술 후 2개월째, 12개월째 측정된 굴절력과 목표 굴절력의 차이를 비교하였다. 안축장이 정상인 눈에서는 2개월째와 12개월째 모두 인공수정체 종류에 따른 차이가 유의하지 않았으며($p=0.953$, $p=0.152$), 안축장이 긴 눈에서는 수술 후 2개월째, 12개월째 측정된 예측 오차를 비교하였을 때, 세 부분 인공수정체인 Hoya YA60BBR®에서 12개월째 예측 오차가 유의하게 적었다($p=0.067$, $p=0.006$) (Table 5).

삽입된 인공수정체의 종류에 따라 ‘굴절력의 안정성’을 비교 시 안축장이 정상인 눈에서 TECNIS® ZCB00의 안정성은 0.307 ± 0.140 , Hoya® YA60BBR의 안정성은 0.068 ± 0.024 로 나타나 Hoya® YA60BBR 렌즈가 안정성을 보였으

Figure 2. Refractive changes and prediction error according to type of intraocular lens and axial length. (A) Refractive changes with time according to intraocular lens (IOL) in eyes with normal axial length (AL). In comparison of refractive stability according to IOL, there was no significant difference in eyes with normal AL ($p > 0.05$). (B) Prediction error at 2 months and 12 months in mild axial myopia according to inserted IOL. S.E.M = standard error of the mean.

Figure 3. Refractive changes and prediction error according to type of inserted intraocular lens in eye with long axial length. (A) Refractive changes with time according to intraocular lens (IOL) in eyes with long axial length (AL). In comparison of refractive stability according to IOL, in eyes with long AL, three-piece IOL showed the significant refractive stability ($p < 0.05$, analysis of variance). (B) Prediction error at 2 months and 12 months in eyes with long AL according to inserted IOL. S.E.M = standard error of the mean. * $p < 0.01$.

나 통계적 차이는 없었다($p=0.116$) (Table 5, Fig. 2).

안축장이 긴 눈에서는 TECNIS® ZCB00 삽입 시 술 후 12개월째 굴절력과 2개월째 굴절력의 차이가 0.229 ± 0.072 였고, Precizon® 삽입 시 0.533 ± 0.160 , Hoya® YA60BBR 삽입 시 0.057 ± 0.088 이었다. 등분산 검정을 시행하여 집단 간 차이를 분석한 결과, 각 인공수정체 간 통계적으로 유의한 차이를 보였고($p=0.036$), 세 부분 인공수정체 삽입

시 가장 높은 술 후 굴절력의 안정성을 나타냄을 알 수 있었다(Table 5, Fig. 3).

Table 6은 목표 굴절력 산출 공식 및 삽입한 인공수정체에 따른 술 후 굴절력의 변화와 안정성을 비교한 결과이다. 목표 굴절력 산출에 SRK/T, Haigis 공식을 사용했을 때와 Wang-Koch 보정을 적용한 SRK/T 공식을 사용했을 때를 비교해 보면 안축장이 정상인 눈에 비해 안축장이 긴 눈에

Table 6. Comparative data according to intraocular lens and intraocular lens formula and axial length-adjustment

IOL formula					p-value
SRK/T	Normal AL ($22 < AL \leq 24.5$)	TECNIS® ZCB00 (D)	Hoya® YA60BBR (D)		
	Target ref. (D)	-0.375 ± 0.050	-0.063 ± 0.055		0.001*
	Postop 2 m ref.-target ref. (D)	-0.397 ± 0.127	-0.389 ± 0.078		0.953*
Haigis	Postop 12 m ref.-target ref. (D)	-0.091 ± 0.138	-0.321 ± 0.078		0.152*
	Target ref. (D)	-0.125 ± 0.050	0.256 ± 0.049		0.010*
	Postop 2 m ref.-target ref. (D)	-0.647 ± 0.126	-0.708 ± 0.074		0.679*
Wang-Koch Adjustment†	Postop 12 m ref.-target ref. (D)	-0.341 ± 0.137	-0.640 ± 0.672		0.060*
	Target ref. (D)	0.130 ± 0.051	0.490 ± 0.067		0.010*
	Postop 2 m ref.-target ref. (D)	-0.903 ± 0.127	-0.942 ± 0.096		0.806*
SRK/T	Postop 12 m ref.-target ref. (D)	-0.596 ± 0.136	-0.874 ± 0.095		0.102*
	Long AL ($24.5 < AL$)	TECNIS® ZCB00 (D)	Hoya® YA60BBR (D)	Precizon® (D)	
	Target ref. (D)	-0.334 ± 0.003	-1.451 ± 0.188	-1.837 ± 0.177	0.001‡
Haigis	Postop 2 m ref.-target ref. (D)	-1.073 ± 0.038	-0.227 ± 0.355	-1.258 ± 0.225	0.067‡
	Postop 12 m ref.-target ref. (D)	-0.844 ± 0.082	-0.170 ± 0.352	-0.725 ± 0.186	0.006‡
	Target ref. (D)	0.165 ± 0.004	-0.894 ± 0.200	-1.202 ± 0.184	0.010‡
Wang-Koch Adjustment‡	Postop 2 m ref.-target ref. (D)	-1.57 ± 0.038	-0.78 ± 0.351	-1.89 ± 0.158	0.011‡
	Postop 12 m ref.-target ref. (D)	-1.34 ± 0.082	-0.72 ± 0.354	-1.35 ± 0.199	0.121‡
	Target ref. (D)	0.665 ± 0.005	-0.286 ± 0.168	-0.626 ± 0.192	0.011‡
Wang-Koch Adjustment‡	Postop 2 m ref.-target ref. (D)	-2.07 ± 0.038	-1.39 ± 0.348	-2.46 ± 0.236	0.012‡
	Postop 12 m ref.-target ref. (D)	-1.84 ± 0.082	-1.33 ± 0.331	-1.93 ± 0.187	0.137‡

Values are presented as mean $\pm$ standard error of the mean.

AL = axial length; D = diopters; m = months.

*Unpaired student *t*-test; †Wang-Koch Adjustment: Wang-Koch-adjusted axial length was applied to the SRK/T formula; ‡analysis of variance.

Table 7. Comparison of postoperative refractive stability (difference of refraction between postoperative 2 months and 12 months) between hydrophobic and hydrophilic intraocular lens

		p-value*
Hydrophilic (21 eyes) Precizon®	0.533 ± 0.160	0.005
Hydrophobic (TECNIS® ZCB00 & Hoya® YA60BBR, 72 eyes)	0.170 ± 0.949	
TECNIS® ZCB00 (D, 36 eyes)	0.276 ± 0.089	0.031
Hoya® YA60BBR (D, 36 eyes)	0.063 ± 0.036	
Normal AL ($22 < AL \leq 24.5$)		0.090
TECNIS® ZCB00 (D, 22 eyes)	0.307 ± 0.140	
Hoya® YA60BBR (D, 22 eyes)	0.068 ± 0.024	
Long AL ($24.5 < AL$)		
Hydrophobic (TECNIS® ZCB00 & Hoya® YA60BBR, 28 eyes)	0.142 ± 0.058	0.014
TECNIS® ZCB00 (D, 14 eyes)	0.229 ± 0.072	0.140
Hoya® YA60BBR (D, 14 eyes)	0.057 ± 0.088	
Hydrophilic Precizon® (21 eyes)	0.533 ± 0.160	0.014

Values are presented as mean $\pm$ standard error of the mean.

D = diopters; AL = axial length.

*Unpaired student *t*-test.

서 사용한 공식 및 보정에 따른 결과의 차이를 보여준다.

Table 7은 친수성 인공수정체와 소수성 인공수정체로 나누어 굴절력의 안정성을 비교한 결과로 친수성 렌즈와 소수성 렌즈의 굴절력의 안정성의 차이는 안축장 분류와 상관없이 일관되게 소수성 렌즈에서 안정성을 보였다. 친수성 렌즈인 Precizon®을 제외하고 안축장에 따른 군에 상관없이 TECNIS® ZCB00을 삽입한 36안과 Hoya® YA60BBR을 삽입한 36안을 비교해 보면, TECNIS® ZCB00에서 10개월 동안의 굴절력의 변화가 유의하게 많았다($p=0.031$).

고 찰

백내장수술 후 만족스러운 결과를 얻기 위해서는 수술 전 환자와 목표 굴절력에 대한 충분한 상의가 이루어져야 하며, 정확한 술 전 검사와 수술이 필요하다. 그러나 고도근시안은 일반적인 눈에 비해 전방이 깊고 뒤포도종 등으로 인한 술 전 안구 길이 측정 오차가 정상안보다 크며, 수정체낭의 안정성이 확립되어 있지 않고 모양체소대가 약한 경우가 많아 수술 중에도 어려움이 많다.^{2,10} 고도근시안의 수술 시 목표 굴절값에 근접한 정확한 결과를 얻기 위해 수술 전에 적절한 안압 조절과 충분한 산동, 수술 중 전방절개를 충분히 크게 하여 모양체소대에 가해지는 손상을 최소화하는 것 등 술자가 수술 전후 시행할 수 있는 다양한 방법이 연구되었다.¹¹

이외에도 백내장수술 후 굴절력에 영향을 주는 요인으로 술 후 인공수정체의 위치 및 전방깊이의 변화를 고려할 수 있는데, 고도근시안의 백내장수술 후 시간 경과에 따른 굴절력 변화 추이를 비교한 이전의 논문을 살펴보면 원시 이행과 근시 이행이 모두 보고되어 있다. Guzowski et al¹²에 의해 5년에 걸쳐 진행된 Blue Mountains Eye Study에 따르면 술 전 근시였던 사람은 백내장수술 후 통계적으로 유의한 원시 이행 경향을 보였으며, 원시였던 사람은 근시 이행 경향을 보였다.

본 연구에서 고도근시안의 술 후 굴절력을 살펴보면 술 후 1년째 목표 굴절력에 비해 유의하게 근시 방향의 예측 오차를 보였는데, 이는 Chang et al¹³이 고도근시 환자에서 백내장수술 후 3개월째에 굴절력 측정 시 예상 굴절력에 비해 근시 방향의 예측 오차를 보였다는 보고와 일치한다. 저자들의 연구와 Chang et al¹³의 논문 모두 추적 관찰 기간이 타 연구에 비해 짧았던 것이 5년간 추적 관찰된 Guzowski et al¹²의 논문 결과와 다르게 도출된 이유로 생각된다.

고도근시안의 백내장수술 후 원시 이행 진행 이유로 전방수축증후군을 고려해볼 수 있는데, 모양체소대가 약한 경우 구심력이 원심력에 비해 크게 작용해 전방수축증후군

이 잘 나타난다고 알려져 있으며 고도근시안의 경우 이에 해당된다.¹⁴ Kim and Moon¹⁴은 환자들이 전방수축증후군을 나타낸 평균 기간은 9.3개월이었고, 이러한 전방수축증후군에 의해 인공수정체가 한정된 공간에서 뒤쪽으로 밀리게 되면 원시 이행이 나타난다고 보고하였으며, 야그레이저전낭절개술을 통하여 전방을 넓혀 줌으로써 원시 이행을 교정하였다.

본 논문에서 사용된 인공수정체는 세 가지로, 두 가지 친수성 및 소수성 아크릴 일체형 인공수정체와 한 가지 소수성 아크릴 세 부분 인공수정체를 사용하였다. 인공수정체 지지부의 종류 및 광학부의 재질에 따른 굴절력의 변화에 대해서는 많은 연구가 이루어져 왔으며, 소수아크릴인공수정체의 경우 친수성 인공수정체에 비해 수정체상피세포의 부착 및 증식이 적어 후낭혼탁이 적고 전방수축도 적게 발생한다고 보고되어 있다.¹⁴⁻¹⁷

본 논문에서 사용된 두 가지 일체형 수정체 중 재질이 친수성인 Precizon®이 소수성인 다른 두 렌즈보다 술 후 10개월 동안 원시 이행이 많이 진행되었으며(Table 7),^{15,18} 안축장에 의한 분류를 하지 않고 전체 93안에서 친수성 렌즈(21안)와 소수성 렌즈(72안)의 굴절력 안정성을 비교해 보았을 때, 친수성 렌즈보다 소수성 렌즈에서 유의한 굴절력 안정성이 관찰되었다($p=0.005$). 또한, 안축장이 긴 눈에서도 마찬가지로 소수성 렌즈(28안)는 친수성 렌즈(21안)에 비해 유의한 굴절력의 안정성을 보였다($p=0.014$).

본 논문에서와 같이 안축장이 긴 눈의 경우는 술 전 계획했던 목표 굴절값과 수술 초기에 보이는 실제 굴절값의 차이로 술자를 당황하게 하는 경우도 있고, 거기에 더해 수술 후 초기에 비해 수술 후 후기의 굴절력이 변화가 심한 경우도 있다. 이와 같이 술 후 굴절력의 변화가 심한 안축장이 긴 눈에서, 삽입한 인공수정체의 선택에 따라 수술 후 굴절 변화를 줄일 수 있다면 술 후 장기간의 굴절력 예측도를 높이는 데 도움을 줄 수 있어 보인다. 따라서 저자들은 인공수정체 종류에 따른 술 후 굴절력 안정성을 분석해 보았다.

안축장이 긴 눈의 백내장수술 시 술자의 선호도에 따라 일체형 혹은 세 부분 인공수정체를 선택하여 삽입할 수 있으나 각각의 장단점 및 저디오퍼가 생산되는 렌즈 종류에 한계가 있어 고도근시수술에 있어 렌즈 선택의 폭은 넓지 않다. 또한 술 전 안구 길이 측정 오차가 커 실제 굴절력을 예측하기 힘들기 때문에 난시 교정 인공수정체 및 다초점 인공수정체 삽입 시 술 전후 불만족스러운 결과를 얻을 가능성이 높아 수술 시 주의를 요한다.⁹ 일체형 인공수정체는 조작이 쉬워 수정체낭과 모양체소대에 영향을 덜 주기 때문에, 모양체소대가 약한 환자에서 좋은 선택지가 될 수 있다.¹⁰ 반면, 세 부분 인공수정체는 수정체낭 안에서 인공수

정체지지부가 수정체낭 확장고리(capsular tension ring)와 같은 역할을 하여 모양체소대에 가해지는 힘을 줄여줄 수 있다.¹⁰ 만약 1-2시 방향에 모양체소대 해리가 위치한다면, 모양체소대 결손 부위에 맞춰 인공수정체지지부가 위치하도록 인공수정체를 삽입해 수정체낭을 안정화시킬 수 있다는 장점이 있다.^{11,19}

Chae et al¹⁷에 의하면 일체형 인공수정체의 경우 수술 후 6개월까지 인공수정체가 앞쪽으로 이동하여 통계적으로 유의하게 전방깊이가 알아지는 양상을 보였으나 세 부분 인공수정체는 술 후 전방깊이가 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 동일한 연구에서 세 부분 인공수정체를 삽입한 군에서 술 후 근시이행이 진행된 것을 확인하였으나 전방깊이의 변화에 따른 상관관계 분석을 시행하지 않아 직접적인 관련성을 확인하지는 못하였다. Landers and Liu²⁰는 일체형 및 세 부분 인공수정체 간의 술 후 구면대응치 차이가 없다고 보고한 반면, Koeppl et al²¹은 세 부분 인공수정체를 삽입한 환자에서 6개월간 추적 관찰을 시행한 결과 인공수정체의 유의한 앞쪽으로 이동을 보고하여 추후 인공수정체 종류와 술 후 전방깊이의 변화에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

본 저자들이 알아보고자 한 안축장이 긴 눈에서 술 후 안정된 굴절력을 얻기 위한 적절한 인공수정체 선택을 위한 분석은 일관된 결과를 보였다. 즉, 결과적으로 안축장이 긴 눈의 백내장수술 시 수술 후 1년째까지는 목표 굴절력에 비해 약한 근시 방향의 예측 오차가 발생하며, 세 부분 인공수정체 삽입 시 술 후 10개월 동안의 굴절력 변화가 유의하게 크지 않아서 일체형 인공수정체에 비해 안정성이 높음을 알 수 있었다.

같은 소수성 렌즈끼리 비교한 Table 7의 결과를 보면, Hoya® YA60BBR을 삽입한 눈에서 TECNIS® ZCB00을 삽입한 안보다 술 후 10개월 동안의 굴절력 변화가 유의하게 적었다($p=0.031$). 즉 Hoya® YA60BBR은 TECNIS® ZCB00에 비해 굴절력의 안정성을 보였다. 이를 통해 일체형과 세 부분 인공수정체의 차이, 지지대 광확부와의 연결 각도나 지지대 재질 등이 술 후 굴절력에 영향을 줄 수 있음을 추측해 볼 수 있었다.

본 연구의 한계점으로 다음과 같은 점을 고려해야 할 것으로 생각된다. 먼저 경과 관찰 기간은 수술 후 1년으로 세 부분 인공수정체 삽입 시 1년 이상의 장기기간에서 안정성이 유지되는지에 대해 추적 관찰이 필요할 것으로 보인다. 또한 안축장이 긴 눈에서 인공수정체 계산 공식에 따라 술 후 굴절력을 예측한 연구에서 사용한 각 공식에 따라 목표 굴절값과 다른 수술 후 굴절변화를 나타낸다는 보고가 있어 본 연구에서 SRK-T를 사용하여 고도근시안의 목표 인공수

정체 도수를 결정한 것이 최종 굴절력에 영향을 주었을 것으로 추측해 볼 수 있다.^{2,22}

본 연구에서 안축장이 24.5 mm 초과인 안을 ‘안축장이 긴 눈’의 기준으로 연구를 진행한 것은 기존의 안축장이 긴 눈과 고도근시를 정의한 다른 논문들의 기준에^{4,6} 부합하지 않아서이며, 인위적인 기준이 설정된 것도 이 연구의 제한점 중 하나이다. 본 연구에서 안축장 길이를 타 연구에서의 일반적인 기준인 26.5 mm 혹은 26.5 mm 초과로 정의하게 되면 사용한 세 가지 인공수정체에 따른 비교를 하기에는 각 인공수정체 군에 속하는 개체수가 없거나, 적어서 이러한 인위적인 기준을 설정하게 되었다. 안축장에 따라 분리하여 비교할 때, 각 군에서 개체수가 적은 경우 통계적 분석에 영향을 주는 제한점도 고려해야겠다.

Table 6에서 보이는 바와 같이 안축장이 긴 눈에서 세 가지 인공수정체의 비교를 하였을 때, 술 후 12개월째에는 SRK/T 공식에 의하면 세 부분 인공수정체(YA60BBR®)는 근시 방향의 예측 오차가 유의하게 적었으나, Haigis 공식과 Wang-Koch 보정을 적용한 SRK/T 공식에 의하면 유의한 차이가 없었다. 반면 술 후 2개월째에는 SRK/T 공식에 의하면 인공수정체 종류에 따른 근시 방향의 예측 오차가 유의한 차이가 없었고, Haigis 공식과 Wang-Koch 보정을 적용한 SRK/T 공식에 의하면 세 부분 인공수정체(YA60BBR®)를 사용할 때 근시 방향의 예측 오차가 유의하게 적었다. 최근 안축장이 26 mm 이상, 인공수정체의 목표 도수가 6 D 이하인 환자에서는 Barrett Universal II, 안축장이 보정된 Holladay 1 및 Haigis 공식을 사용하는 것이 정확도가 높다고 보고된 바 있어 인공수정체의 선택 시 적절한 공식의 선택이 이루어져야 할 것이다.^{2,21}

REFERENCES

- 1) Hyman L. Myopic and hyperopic refractive error in adults: an overview. *Ophthalmic Epidemiol* 2007;14:192-7.
- 2) Chong EW, Mehta JS. High myopia and cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2016;27:45-50.
- 3) Ikuno Y. Overview of the complications of high myopia. *Retina* 2017;37:2347-51.
- 4) Rezapour J, Bowd C, Dohleman J, et al. The influence of axial myopia on optic disc characteristics of glaucoma eyes. *Sci Rep* 2021;11:8854.
- 5) Melles RB, Holladay JT, Chang WJ. Accuracy of intraocular lens calculation formulas. *Ophthalmology* 2018;125:169-78.
- 6) Sanders DR, Retzlaff JA, Kraff MC, et al. Comparison of the SRK/T formula and other theoretical and regression formulas. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:341-6.
- 7) Haigis W. The haigis formula. In: Shammas HJ, ed. *Intraocular lens power calculations*. 1st ed. NJ: SLACK Incorporated, 2004; chap. 5.

- 8) Wang L, Shirayama M, Ma XJ, et al. Optimizing intraocular lens power calculations in eyes with axial lengths above 25.0 mm. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:2018-27.
- 9) Wang L, Koch DD. Modified axial length adjustment formulas in long eyes. *J Cataract Refract Surg* 2018;44:1396-7.
- 10) Tekin K, Inanc M, Elgin U. Monitoring and management of the patient with pseudoexfoliation syndrome: current perspectives. *Clin Ophthalmol* 2019;13:453-64.
- 11) Plateroti P, Plateroti AM, Abdolrahimzadeh S, Scuderi G. Pseudoexfoliation syndrome and pseudoexfoliation glaucoma: a review of the literature with updates on surgical management. *J Ophthalmol* 2015;2015:370371.
- 12) Guzowski M, Rochtchina E, Wang JJ, Mitchell P. Refractive changes following cataract surgery: the blue mountains eye study. *Clin Exp Ophthalmol* 2002;30:159-62.
- 13) Chang YH, Lim SJ, Kim TH, Kim HB. Prediction of the refractive power after cataract surgery on myopic eyes. *J Korean Ophthalmol Soc* 1999;40:424-9.
- 14) Kim TG, Moon SW. Hyperopic shift caused by capsule contraction syndrome after microincision foldable intraocular lens implantation: case series. *BMC Ophthalmol* 2019;19:116.
- 15) Yang MK, Han YK, Kwon JW, Wee WR. Comparison of long-term clinical results after implantation of hydrophilic and hydrophobic acrylic intraocular lens. *J Korean Ophthalmol Soc* 2015;56:33-8.
- 16) Lee DH, Shin SC, Joo CK. Effect of a capsular tension ring on intraocular lens decentration and tilting after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:843-6.
- 17) Chae JK, Jang JW, Choi TH, Lee HB. Changes in refraction and anterior chamber depth according to the type of the intraocular lenses. *J Korean Ophthalmol Soc* 2006;47:1935-42.
- 18) Park JH, Kim JH, Lee JE, et al. Clinical outcomes of aspheric 1-piece (Tecnis® ZCB00) and 3-piece (Tecnis® ZA9003) aspheric intraocular lens for 12 months. *J Korean Ophthalmol Soc* 2012;53:1451-7.
- 19) Desai MA, Lee RK. The medical and surgical management of pseudoexfoliation glaucoma. *Int Ophthalmol Clin* 2008;48:95-113.
- 20) Landers J, Liu H. Choice of intraocular lens may not affect refractive stability following cataract surgery. *Clin Exp Ophthalmol* 2005;33:34-40.
- 21) Koepl C, Findl O, Kriechbaum K, et al. Postoperative change in effective lens position of a 3-piece acrylic intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1974-9.
- 22) Abulafia A, Barrett GD, Rotenberg M, et al. Intraocular lens power calculation for eyes with an axial length greater than 26.0 mm: comparison of formulas and methods. *J Cataract Refract Surg* 2015;41:548-56.

= 국문초록 =

안축장이 긴 눈의 백내장수술 후 굴절력의 안정성 관찰: 일체형과 세 부분 인공수정체 비교

목적: 안축장이 긴 눈에서 백내장수술 후 굴절력의 변화 및 삽입한 인공수정체 종류에 따른 수술 후 굴절력의 변화 및 안정성을 비교해 보고자 하였다.

대상과 방법: 수정체유화술 및 후방인공수정체삽입술을 시행한 환자 중 안축장 길이가 22.0 mm 초과, 24.5 mm 이하인 안축장이 정상인 눈 44안과 24.5 mm 초과인 안축장이 긴 눈 49안을 대상으로 후향적 연구를 시행하였다. 자동 굴절곡률검사계를 이용하여 각막곡률 및 굴절률을 측정하였고, A-scan 초음파를 이용하여 술 후 목표굴절력을 계산하였다. 일체형 인공수정체 Precizon®과 TECNIS® ZCB00 그리고 세 부분 인공수정체 Hoya® YA60BBR을 사용하였으며, SRK-T 공식에 의해 계산된 목표굴절력과 수술 후 2개월, 12개월째 측정한 굴절력의 차이(예측 오차)를 분석하였다. 삽입된 인공수정체에 따른 수술 후 2개월과 12개월 사이의 굴절력의 변화를 비교하였다.

결과: 안축장이 정상인 눈에 비해 안축장이 긴 눈에서 목표굴절력보다 수술 후 2개월과 12개월째 모두 유의하게 근시 방향의 예측 오차를 보였다($p=0.003$, $p=0.013$). 삽입한 인공수정체에 따른 술 후 굴절력의 안정성을 비교해 보았을 때 안축장이 정상인 눈에서는 차이가 없었으나, 안축장이 긴 눈에서는 세 부분 인공수정체를 삽입하였을 때 가장 유의한 안정성을 보였다($p<0.05$).

결론: 안축장이 긴 눈의 경우 삽입한 인공수정체에 따른 백내장수술 후 굴절력의 안정성 차이를 보였으며, 세 부분 인공수정체가 일체형 인공수정체보다 유의한 굴절력 안정성을 보임을 알 수 있었다.

〈대한안과학회지 2022;63(2):150-159〉

이지혜 / Ji Hye Lee

가톨릭대학교 의과대학 성빈센트병원 안과 및 시과학교실
Department of Ophthalmology,
St. Vincent's Hospital, College of Medicine,
The Catholic University of Korea