

이중초점인공수정체와 연속초점인공수정체의 임상결과 비교

Clinical Outcomes of Patients Implanted with Bifocal and Extended Depth of Focus Intraocular Lenses

박수환^{1,2} · 김성일^{1,2} · 안정호^{1,2} · 신종훈^{1,2} · 김수진^{1,2} · 이지은^{1,2}

Su Hwan Park, MD^{1,2}, Sung Il Kim, MD^{1,2}, Jung Hyo Ahn, MD^{1,2}, Jong Hoon Shin, MD^{1,2},
Su Jin Kim, MD, PhD^{1,2}, Ji Eun Lee, MD, PhD^{1,2}

부산대학교 의학전문대학원 양산부산대학교병원 안과학교실¹, 양산부산대학교병원 의생명융합연구소²

Department of Ophthalmology, Pusan National University Yangsan Hospital, Pusan National University School of Medicine¹, Yangsan, Korea
Research Institute for Convergence of Biomedical Science and Technology, Pusan National University Yangsan Hospital², Yangsan, Korea

Purpose: To compare the postoperative clinical outcomes after cataract surgery with implantation of bifocal intraocular lenses (IOLs) and extended depth of focus (EDOF) IOLs.

Methods: A total of 60 patients were divided into three groups, and each group included 20 patients of 40 eyes: group A with a +3.25 D bifocal IOL in both eyes, group B with an EDOF IOL in both eyes, and group C with a +3.25 D bifocal in one eye and an EDOF IOL in the other eye. We retrospectively reviewed the patients' medical charts to analyze their binocular uncorrected visual acuities (UCVAs; distant, intermediate, and near) and refraction at postoperative 3 months.

Results: The binocular distant UCVAs were 0.04 ± 0.01 , 0.05 ± 0.02 , and 0.04 ± 0.01 in groups A, B, and C, respectively, and there were no differences between the groups ($p > 0.05$). The intermediate UCVAs were 0.16 ± 0.01 , 0.10 ± 0.01 , and 0.10 ± 0.01 , respectively, and group A was the lowest (A-B, $p = 0.031$; A-C, $p = 0.018$; B-C, $p = 1.000$). The near UCVAs were 0.05 ± 0.01 , 0.24 ± 0.01 , and 0.13 ± 0.01 , respectively, and there were significant differences between the groups (A-B, $p < 0.001$, A-C: $p = 0.009$; B-C, $p = 0.003$).

Conclusions: There were no significant differences among the three groups in binocular distant UCVA, and groups B and C showed better intermediate UCVAs than group A. Near UCVA was ranked in the order of groups A, C, B.

J Korean Ophthalmol Soc 2019;60(9):835-842

Keywords: Bifocal, Extended depth of focus, Multifocal intraocular lens, Visual acuity

■ Received: 2019. 4. 18. ■ Revised: 2019. 5. 11.

■ Accepted: 2019. 8. 16.

■ Address reprint requests to Ji Eun Lee, MD, PhD
Department of Ophthalmology, Pusan National University
Yangsan Hospital, #20 Geumo-ro, Mulgeum-eup, Yangsan
50612, Korea
Tel: 82-55-360-2131, Fax: 82-55-360-2161
E-mail: jiel@hanmail.net

* This study was supported by a 2019 research grant from Pusan National University Yangsan Hospital.

* We thank Ji Won Jung, Jung Ae Bae and Young Hee Kim in BalGeunNun Eye Hospital for valuable advice.

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

백내장은 노화에 의한 수정체 혼탁으로, 고령환자들에서 발생하는 시력 저하의 흔한 원인이다.¹ 과거에는 백내장수술 후 원거리 시력을 회복하고 안경교정을 통해 근거리 시력을 얻는 것을 목표로 하였으나, 최근에는 백내장수술 기법과 인공수정체의 지속적인 발전으로 안경교정 없이 근거리와 원거리 시력을 모두 얻을 수 있는 다초점인공수정체가 개발되어 많이 사용되고 있다.

최근 여러 연구에서 다초점인공수정체를 삽입한 경우, 단초점인공수정체에 비해 만족할 만한 근거리 및 원거리 시력 교정 효과가 있었다고 보고하고 있으며,²⁻⁹ 양안에 서로 다른 종류의 다초점인공수정체를 삽입한 경우에도 비교

적 시력예후가 좋은 것으로 보고되고 있다.^{10,11} 그러나 지금까지 사용된 이중초점인공수정체는 원거리와 근거리에만 초점이 맞춰져 중간거리 시력이 부족한 단점이 있으며, 특히 젊은 연령대의 백내장수술 환자는 컴퓨터, 스마트폰 사용 등 중간거리 시력 요구가 많아 기존의 이중초점인공수정체로는 안경을 완전히 벗을 수 없다는 문제점이 부각되고 있다.^{5,12} 그리하여 에슬렛(Echelette) 회절 기술과 무색수차(Achromatic) 기술을 이용한 연속초점인공수정체인 TECNIS® Symphony (ZXR00, Johnson & Johnson Surgical Vision, Inc., Santa Ana, CA, USA)가 개발되었고,¹³⁻¹⁵ 이는 중거리와 근거리 시력을 모두 향상시키는 것으로 알려져 있다.¹⁶

그러나 다초점인공수정체 종류에 따른 원거리, 중거리, 근거리 시력에 대한 연구는 아직까지 미흡한 실정이며, 이중초점인공수정체와 연속초점인공수정체의 안정성과 거리에 따른 시기능 개선 효과에 대한 연구는 아직까지 보고된 바가 없다. 이에 본 연구에서는 수정체유화술 후 이중초점인공수정체 또는 연속초점인공수정체를 삽입한 환자에서

양안에 동일 인공수정체를 삽입한 환자와 양안에 각각 다른 인공수정체를 혼합 삽입한(mix and match) 환자의 술 후 임상결과를 비교 분석하고자 하였다.

대상과 방법

2017년 1월부터 2018년 3월까지 본원에서 노년성 백내장을 진단받고 수정체유화술 및 다초점인공수정체삽입술을 시행한 환자 60명 120안을 대상으로 후향적으로 분석하였다(Fig. 1). 추적 관찰이 3개월 이상인 환자들을 대상으로, 백내장 외에 시력에 영향을 미칠 수 있는 각막혼탁, 약시, 녹내장, 시신경병증, 망막이상 등의 다른 안과적 질환이 있는 경우나 수술 중 혹은 수술 후 합병증이 발생하였거나 현저한 인공수정체 중심부 이탈이 발생한 경우에는 연구대상에서 제외하였다. 또한 난시에 의한 영향을 배제하기 위해 각막난시가 1.0D 이상인 경우도 제외하였다. 수정체유화술 후 양안에 +3.25D 덧댐굴절력을 가지는 이중초점

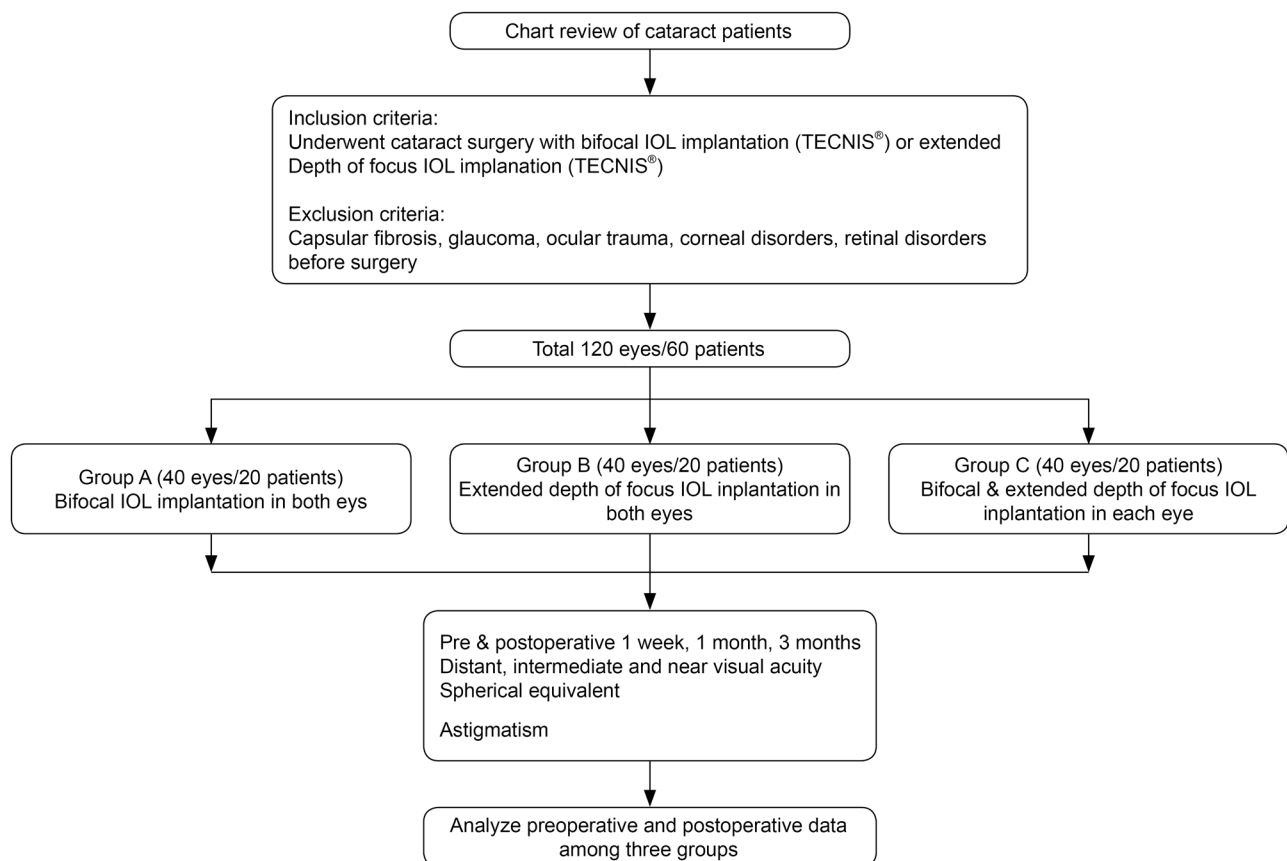


Figure 1. Flow diagram of the study. Their medical records were retrospectively analyzed. 120 eyes were divided into three groups: Bifocal intraocular lens (IOL) implantation in both eyes, extended depth of focus (EDOF) IOL implantation in both eyes and Bifocal & EDOF IOL implantation in each eye. In these three groups, distant, intermediate, and near visual acuity, spherical equivalent, and astigmatism were examined at preoperative and postoperative time points.

인공수정체(TECNIS® Multifocal ZLB00, Johnson & Johnson Surgical Vision, Inc.)를 삽입한 환자 20명 40안(A군), 양안에 연속초점인공수정체(TECNIS® Symphony ZXR00, Johnson & Johnson Surgical Vision, Inc.)를 삽입한 환자 20명 40안(B군), 양안에 각각 다른 인공수정체를 혼합 삽입한 환자 20명 40안(C군)을 대상으로 연구하였다. 양안에 각각 다른 인공수정체를 혼합 삽입한 경우에는 우세안에 연속초점인공수정체를, 비우세안에 이중초점인공수정체를 삽입하였다. 본 연구는 양산부산대학교병원 생명윤리위원회의 심사를 받고 승인받았다(승인 번호: 05-2019-048).

수술 전 IOL master (Carl Zeiss, Jena, Germany)를 이용하여 안축장과 각막곡률을 측정하여 인공수정체 도수를 측정하였고, 목표 도수는 수술 후 최대 정시안에 가깝도록 인공수정체 도수를 결정하였다. 모든 환자는 한 명의 수술자(J.E.L)에 의해 백내장수술이 진행되었으며, 0.5% proparacaine hydrochloride (Alcaine, Alcon, Fort Worth, TX, USA)로 점안마취하에 5% potadine 용액으로 결막 소독 후 시행되었다. 이측부에 투명각막절개를 하고 점탄 물질 1.6% sodium hyaluronate/4% chondroitin sulfate (DisCoVisc, Alcon)를 전방에 채워 넣고 인공수정체 광학부보다 약간 작은 5 mm 크기의 원형 전방 절개를 시행하였다. 관류액을 사용하여 수력분리술 혹은 수력분층술을 시행한 뒤 초음파유화기(Infinity, Alcon)로 핵의 수정체유화술과 피질 흡입을 시행하였다. 이후 다초점인공수정체를 injector system으로 수정체낭 내에 삽입한 후 관류흡입장치로 점탄 물질을 제거하였고, 투명각막절개는 기질수화(stromal hydration)를 시행하였다.

수술 전과 수술 후 1주, 1개월, 3개월째 양안 원거리, 중거리, 근거리 시력과 구면렌즈대응치, 구면굴절치, 전체 및

각막난시를 측정하였다. 각각의 시력은 양안을 모두 뜯은 상태에서 명소시(photopic condition, 85 cd/m²) 조건하에서 평가하였다. 근거리 시력은 33 cm에서, 중거리는 66 cm에서 Jaeger standard 시력표를 이용하여 측정하였고, 원거리 시력은 5 m에서 한천식 시력표를 이용하여 측정하였다. 각각의 측정된 시력은 통계적 분석을 위해 logarithm of minimal angle of resolution (LogMAR) 변환을 하였으며, 근거리와 중거리의 경우 Journal of Refractive Surgery에서 제시한 변환표를 참고하였다. 구면렌즈대응치, 구면굴절치 및 난시는 자동굴절검사기(RK-F2, Canon, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다.

통계처리는 SPSS for Windows 18.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) 통계 프로그램을 이용하였으며, Kolmogorov-Smirnov 검정상 정규성 분포를 확인하였다. 수술 전과 후의 시력은 paired *t*-test를 이용하여 비교하였고, 세 군 간 측정값의 비교는 Student *t*-test로 분석하였다. 유의도(*p*값) 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

환자 60명 120안 중에서 남자는 28명, 여자는 32명이었으며, 평균 연령은 56.0세였다. A군의 평균 연령은 56.4세, B군의 평균 연령은 53.8세, C군의 평균 연령은 57.8세였다. 수술 전 세 군의 최대교정시력 및 각막난시에는 유의한 차이가 없었으나 구면렌즈대응치, 구면굴절치 및 전체 난시는 유의한 차이가 있었다(Table 1).

원거리(5 m) 양안 나안시력의 경우, A군은 수술 전 0.26 ± 0.23에서 술 후 1주, 1개월, 3개월에 각각 0.08 ± 0.06, 0.04 ± 0.01, 0.04 ± 0.01로 측정되었다. B군은 수술 전 0.27

Table 1. Demographics of the study groups

	Group A	Group B	Group C	<i>p</i> -value* (A-B, A-C, B-C)
Eyes/patients	40/20	40/20	40/20	-
Sex (male:female)	7:13	16:4	5:15	-
Age (years)	56.35 ± 6.41	53.80 ± 8.18	57.80 ± 7.12	0.312, 0.431, 0.185
Best corrected visual acuity (logMAR)	0.05 ± 0.05	0.09 ± 0.09	0.07 ± 0.06	0.135, 0.352, 0.554
Spherical equivalent (D)	-0.10 ± 2.09	-2.44 ± 6.10	0.03 ± 1.05	0.027, 0.776, 0.015
Spherical errors (D)	0.25 ± 2.22	-1.77 ± 5.98	0.42 ± 1.00	0.050, 0.688, 0.028
Cylindrical errors (D)	-0.68 ± 0.61	-1.34 ± 0.73	-0.79 ± 1.06	<0.001, 0.340, <0.001
Corneal astigmatism (D)	-0.21 ± 0.56	-0.55 ± 1.16	-0.21 ± 0.40	0.114, 0.954, 0.107
IOP (mmHg)	16.18 ± 3.32	16.7 ± 2.16	16.8 ± 2.77	0.380, 0.375, 0.924

Values are presented as mean ± standard deviation or number. Group A is bifocal intraocular lens implantation in both eyes, Group B is extended depth of focus intraocular lens implantation in both eyes, Group C is bifocal and extended depth of focus intraocular lens implantation in each eye.

logMAR = logarithm of minimal angle of resolution; D = diopter; IOP = intraocular pressure.

*Student *t*-test.

± 0.21 에서 술 후 1주, 1개월, 3개월에 각각 0.08 ± 0.06 , 0.05 ± 0.02 , 0.05 ± 0.02 로 측정되었다. C군은 수술 전 0.23 ± 0.18 , 술 후 1주, 1개월, 3개월에 각각 0.07 ± 0.06 , 0.03 ± 0.01 , 0.03 ± 0.01 로 측정되었다. 세 군 모두 수술 전에 비해 술 후 3개월에 각각 통계적으로 유의하게 시력이 상승하였다(A, B, C: $p < 0.001$) (Fig. 2).

중거리(66 cm) 양안 나안시력의 경우, A군은 수술 전 0.20 ± 0.14 , 술 후 1주, 1개월, 3개월에 각각 0.17 ± 0.09 , 0.16 ± 0.01 , 0.16 ± 0.01 로 측정되었다. B군은 수술 전 0.35 ± 0.19 , 술 후 1주, 1개월, 3개월에 각각 0.20 ± 0.15 , 0.12 ± 0.02 , 0.10 ± 0.01 로 측정되었으며, C군은 수술 전 0.26 ± 0.11 , 술 후 1주, 1개월, 3개월에 각각 0.21 ± 0.13 , 0.11 ± 0.01 , 0.10 ± 0.01 로 측정되었다. A군은 수술 전에 비해 술 후 유의한 시력 상승은 없었으나, B군과 C군에서는 수술 전에 비해 술 후 3개월에 각각 통계적으로 유의하게 시력이 상승하였다(A, $p = 0.178$; B, $p < 0.001$; C, $p < 0.001$) (Fig. 3).

근거리(33 cm) 양안 나안시력의 경우, A군은 수술 전 0.38 ± 0.24 , 술 후 1주, 1개월, 3개월에 각각 0.15 ± 0.09 , 0.05 ± 0.01 , 0.05 ± 0.01 로 측정되었다. B군은 수술 전 0.44 ± 0.22 , 술 후 1주, 1개월, 3개월에 각각 0.32 ± 0.19 , 0.25 ± 0.05 , 0.24 ± 0.01 로 측정되었으며, C군은 수술 전 0.40 ± 0.27 , 술 후 1주, 1개월, 3개월에 각각 0.18 ± 0.12 , 0.13 ± 0.02 , 0.13 ± 0.01 로 측정되었다. 세 군 모두에서 수술 전에 비해 술 후 3개월에 각각 통계적으로 유의하게 시력이

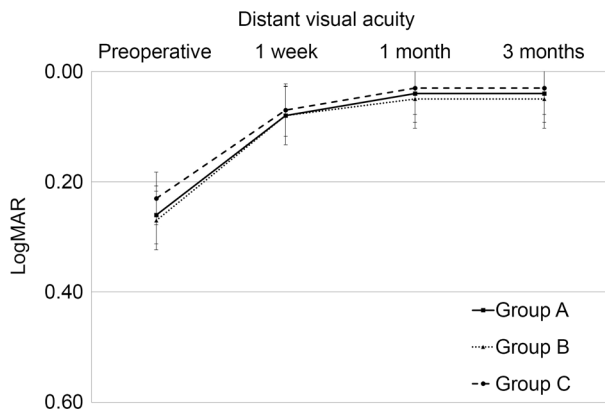


Figure 2. Comparison of postoperative distant uncorrected visual acuity (logMAR). Distant uncorrected visual acuity was improved with significant difference, but there were no significant differences among groups at 3 months postoperatively. Group A means bifocal intraocular lens implantation in both eyes, Group B means extended depth of focus intraocular lens implantation in both eyes, Group C means bifocal and extended depth of focus intraocular lens implantation in each eye. LogMAR = logarithm of minimal angle of resolution.

상승하였다(A, $p < 0.001$; B, $p = 0.001$; C, $p < 0.001$) (Fig. 4).

술 후 3개월째 원거리 시력의 경우, 세 군에서 유의한 차이가 없었으나 중거리 시력의 경우에는 A군이 나머지 두 군에 비해 유의하게 낮았으며, B와 C군은 유의한 차이가 없었다. 근거리 시력의 경우에는 A군, C군, B군의 순서로

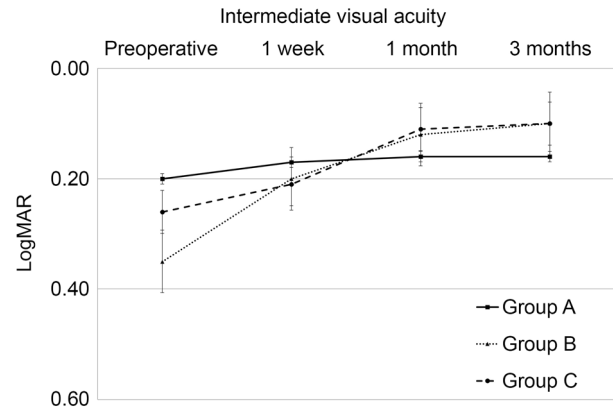


Figure 3. Comparison of postoperative intermediate uncorrected visual acuity (logMAR). Group B and C showed significant improvement compared with group A. There was no significant difference between group B and C. Group A means bifocal intraocular lens implantation in both eyes, Group B means extended depth of focus intraocular lens implantation in both eyes, Group C means bifocal and extended depth of focus intraocular lens implantation in each eye. LogMAR = logarithm of minimal angle of resolution.

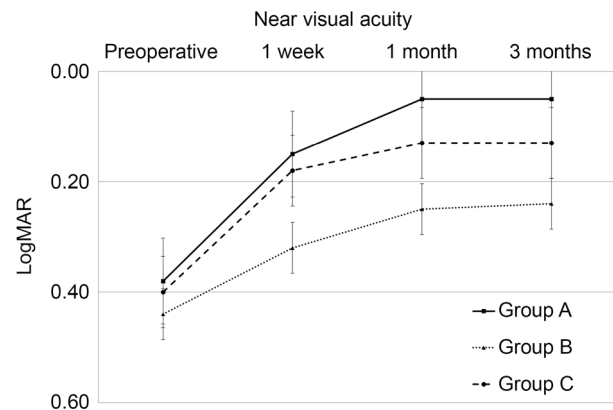


Figure 4. Comparison of postoperative near uncorrected visual acuity (logMAR). Group A showed the highest improvement and group B showed the lowest improvement. There were significant differences among groups. Group A means bifocal intraocular lens implantation in both eyes, Group B means extended depth of focus intraocular lens implantation in both eyes, Group C means bifocal and extended depth of focus intraocular lens implantation in each eye. LogMAR = logarithm of minimal angle of resolution.

유의하게 좋은 시력을 나타내었다. 또한 각 군에서 거리에 따른 시력을 비교해 보았을 때, A군에서는 중거리 시력이 원거리 및 근거리 시력보다 유의하게 낮았으며, 원거리 시력과 근거리 시력의 차이는 없었다. B군에서는 원거리, 중거리, 근거리 순서로 시력이 좋았으며 각각의 시력은 유의한 차이를 보였다. C군에서는 원거리 시력이 중거리 및 근거리 시력보다 유의하게 좋았으며, 중거리 시력과 근거리 시력의 차이는 없었다(Table 2, Fig. 5).

술 후 3개월째 구면렌즈대응치 및 구면굴절치는 세 군에서 통계적으로 유의한 차이를 보였으나 전체 및 각막난시는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 3). 혼합 삽입 군인 C군에서 삽입한 인공수정체에 따라 굴절이상을 비교하기 위해 이중초점인공수정체 삽입안과 연속초점인공수정체 삽입안으로 나누어 비교해 보았는데, 술 후 3개월째 구면렌즈대응치의 경우, 이중초점인공수정체 삽입안은 $-0.16 \pm 0.36D$, 연속초점인공수정체 삽입안은 $-0.74 \pm 0.40D$ 로 유의한 차이를 보였고, 전체 및 각막난시의 경우에는 유의한 차이가 없었다(Table 4).

고 찰

인공수정체는 백내장수술 후 무수정체 상태를 교정하는 중요한 안내삽입물로 1950년대에 Ridley에 의해 개발된 후부터 디자인과 재질이 지속적으로 발전하여 노안과 난시를 동시에 교정하는 단계까지 발전하였다.¹⁷ 인공수정체의 사용으로 백내장수술 후에 획기적인 시력 개선을 얻을 수 있었지만 인체의 수정체와 달리 탄력성이 없어 조절력이 상실된다는 문제점이 있었다. 다초점인공수정체는 단초점인공수정체와 달리 2개 혹은 그 이상의 초점을 가지도록 고안되어 돋보기 없이도 근거리와 원거리 시력을 모두 기대

할 수 있어, 백내장수술 후에 근거리에서도 안경을 벗고자 하는 환자의 요구를 충족시키고자 개발되었다. 최근에는 미흡한 중거리 시력에 대한 보완으로 연속초점인공수정체가 개발되어 임상에서 사용되고 있으며, 단초점인공수정체와 비교하여 연속초점인공수정체를 삽입한 환자에서 근거리뿐만 아니라 중거리에서도 시력 향상됨이 보고되고 있다.¹⁶ 그리하여 본 연구에서는 양안에 이중초점인공수정체, 양안에 연속초점인공수정체, 그리고 양안에 이중초점인공수정체와 연속초점인공수정체를 혼합 삽입한 환자에서 술 후 원거리, 중간거리, 근거리 양안 시력을 서로 비교 분석해 보았다.

Kretz et al¹⁸의 연구에 의하면, 양안에 이중초점인공수정체를 삽입한 환자의 술 후 3개월째 원거리, 중거리 및 근거리 양안 시력은 -0.01 ± 0.05 , 0.06 ± 0.09 , 0.00 ± 0.00 로,

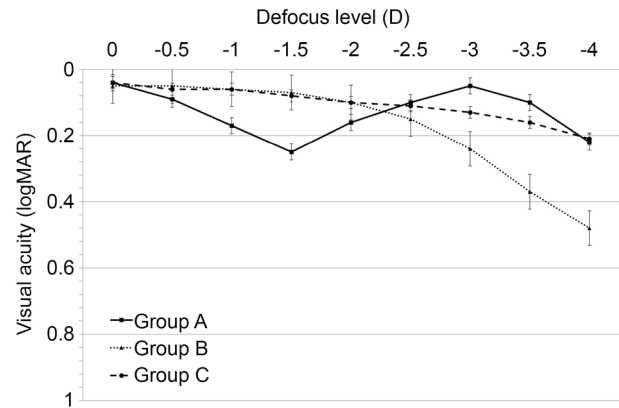


Figure 5. Binocular visual acuity at various defocus levels. Group A is bifocal intraocular lens implantation in both eyes, Group B is extended depth of focus intraocular lens implantation in both eyes, Group C is bifocal and extended depth of focus intraocular lens implantation in each eye. D = diopter.

Table 2. Postoperative binocular uncorrected visual acuity

	Group A	Group B	Group C	p-value* (A-B, A-C, B-C)
Distant visual acuity (logMAR)	0.04 ± 0.01	0.05 ± 0.02	0.04 ± 0.01	0.586, 0.712, 0.781 (A = B = C)
Intermediate visual acuity (logMAR)	0.16 ± 0.01	0.10 ± 0.01	0.10 ± 0.01	0.031, 0.018, 1.000 (B = C < A)
Near visual acuity (logMAR)	0.05 ± 0.01	0.24 ± 0.01	0.13 ± 0.01	<0.001, 0.009, 0.003 (A < C < B)
p-value* (D-I, D-N, I-N)	<0.001, 0.494, <0.001 (D = N < I)	0.047, <0.001, <0.001 (D < I < N)	<0.001, <0.001, 0.137 (D < I = N)	

Values are presented as mean ± standard deviation. Group A is bifocal intraocular lens implantation in both eyes, Group B is extended depth of focus intraocular lens implantation in both eyes, Group C is bifocal and extended depth of focus intraocular lens implantation in each eye. LogMAR = logarithm of minimal angle of resolution; D = distant visual acuity; I = intermediate visual acuity; N = near visual acuity.

*Student t-test.

Table 3. Postoperative refractive errors in the study groups

	Group A	Group B	Group C	<i>p</i> -value* (A-B, A-C, B-C)
Spherical equivalent (D)	-0.24 ± 0.39	-0.70 ± 0.59	-0.45 ± 0.47	<0.001, 0.043, 0.022
Spherical errors (D)	0.04 ± 0.39	-0.39 ± 0.60	-0.20 ± 0.49	<0.001, 0.027, 0.047
Cylindrical errors (D)	-0.55 ± 0.27	-0.62 ± 0.44	-0.49 ± 0.29	0.381, 0.446, 0.106
Corneal astigmatism (D)	-0.44 ± 0.53	-0.69 ± 1.25	-0.55 ± 0.99	0.236, 0.429, 0.382

Values are presented as mean ± standard deviation. Group A is bifocal intraocular lens implantation in both eyes, Group B is extended depth of focus intraocular lens implantation in both eyes, Group C is bifocal and extended depth of focus intraocular lens implantation in each eye. D = diopter.

*Student *t*-test.

Table 4. Comparison of postoperative refractive errors in bifocal and EDOF implanted eyes in group C

	Group C-bifocal	Group C-EDOF	<i>p</i> -value*
Eyes/patients	20/20	20/20	-
Spherical equivalent (D)	-0.16 ± 0.36	-0.74 ± 0.40	<0.001
Spherical errors (D)	0.11 ± 0.38	-0.51 ± 0.39	<0.001
Cylindrical errors (D)	-0.54 ± 0.25	-0.45 ± 0.34	0.273
Corneal astigmatism (D)	-0.60 ± 0.90	-0.50 ± 1.08	0.517

Values are presented as mean ± standard deviation or number. Group C is bifocal and EDOF intraocular lens implantation in each eye.

EDOF = extended depth of focus; D = diopters.

*Student *t*-test.

본 연구의 A군 결과와 비슷하게 근거리에서는 원거리와 거의 동일한 시력을 보였으나 중거리에서는 상대적으로 낮은 시력 결과를 보였고, Yang et al¹⁹의 연구에서도 술 후 3개월째 중거리 양안 시력은 0.09 ± 0.09로 상대적으로 낮은 결과를 보였다.

양안에 연속초점인공수정체를 삽입한 Pilger et al¹⁶의 연구에서 환자의 술 후 3개월째 원거리, 중거리 및 근거리 양안 시력은 -0.02 ± 0.08, -0.13 ± 0.07, 0.11 ± 0.07이었고, Ganesh et al²⁰의 연구에서 술 후 6개월째 원거리, 중거리 및 근거리 양안 시력은 -0.036 ± 0.09, 0.048 ± 0.09, 0.152 ± 0.11로, 본 연구의 B군 결과와 비슷하게 근거리 시력이 원거리나 중거리 시력에 비해 상대적으로 낮은 결과를 보여 연속초점인공수정체의 경우 근거리 시력 확보가 제한적임을 재확인할 수 있었다.

양안에 본 연구와 동일한 이중초점인공수정체와 연속초점인공수정체를 혼합 삽입한 Black²¹의 연구에 의하면, 환자의 술 후 3개월째 원거리, 중거리, 근거리 양안 시력은 각각 -0.09 ± 0.06, -0.01 ± 0.07, 0.04 ± 0.07로, 이는 원거리에서 시력이 가장 우수하고 중거리, 근거리에서도 비교적 우수한 시력을 나타내어 본 연구의 C군 결과와 비슷한 결과를 보였다. 이러한 결과는 중거리 시력은 연속초점인공수정체가, 근거리 시력은 이중초점인공수정체가 담당하면서 각각의 인공수정체가 가진 단점을 상호보완한 것으로 생각된다. 이는 본 연구의 초점심도 그래프에서 C군의 곡

선이 중거리에서는 B군과 비슷하게, 근거리에서는 A군과 비슷하게 형성되는 양상으로도 확인할 수 있었다.

술 후 구면렌즈대응치는 B군이 A군에 비해 약 0.5D의 근시를 보였으며 통계적 유의성을 가졌다. 그러나 근거리 시력은 B군보다 A군이 더 좋은 역설적인 결과를 보였다. 추가적인 분석을 위해 양안에 각각 다른 인공수정체를 혼합 삽입한 C군을 이중초점인공수정체를 삽입한 안과 연속초점인공수정체를 삽입한 안으로 분리하여 술 후 구면렌즈대응치를 비교하였을 때, 이중초점인공수정체 삽입한 눈에 비해 연속초점인공수정체를 삽입한 안에서 앞선 결과와 비슷하게 약 0.5D의 근시를 보였다. Millán and Vega²²는 연속초점인공수정체의 축상색수차(longitudinal chromatic aberration)가 +0.46D라고 보고하였으며, 환자에게 삽입된 모든 인공수정체 도수 계산은 정시를 기준으로 하였으므로, 이러한 연속초점인공수정체 삽입안에서 측정된 잔존 근시는 자동굴절검사기로 검사 시 원래보다 좀 더 근시로 측정되는 색수차 특성에 의한 오차로 생각된다. 따라서 세 군 간에 술 후 유의한 차이를 가지는 굴절이상은 실제로는 거의 없으며, 또한 이로 인한 나안시력 측정에 굴절이상이 미치는 영향은 없었을 것으로 추정된다.

또한 수술 전 세 군의 난시 상태를 비교해보면, 연속초점인공수정체를 삽입한 B군에서 -1.34 ± 0.73D로 전체 난시가 유의하게 차이가 있었지만 각막난시(corneal astigmatism)는 세 군에서 모두 유의한 차이가 없었으므로 이는 수

정체난시(lenticular astigmatism)에 기인한 것으로 생각된다. 실제로 백내장수술 후 B군에서 $-0.62 \pm 0.44D$ 로 전체 난시가 감소하였고, 세 군 간의 유의한 차이가 없어 수술 결과에 난시가 미치는 영향은 없었을 것으로 판단된다.

이번 연구의 첫 번째 제한점은 대상자의 수가 각 군당 20명으로 적었다는 점이다. 추후 더 많은 환자를 대상으로 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다. 둘째로 수술 후 경과 관찰 기간이 3개월로 짧았다는 점이다. 일반적인 백내장수술의 경우에는 3개월의 경과 관찰기간 동안 대부분의 환자들이 임상적으로 안정 상태에 이르게 되어 장기적인 경과 관찰이 필요한 경우는 드물다. 그러나 다초점인공수정체를 삽입한 본 연구에서 다중초점거리에 대한 적응이 필요한 상황을 고려한다면, 3개월이라는 기간이 다소 짧을 수도 있다. 셋째로 후향적 연구로 설문조사를 시행하지 않아 환자의 주관적 만족도 및 불편 사항을 알 수 없었으며, 추후 후속 연구에서 고려해야 할 점으로 사료된다. 넷째로 수동굴절검사(retinoscopic refraction)를 시행하지 않아 연속초점인공수정체 삽입안의 색수차에 의한 측정 오차를 보완하지 못해 잔여 굴절이상을 정확히 평가하지 못했다는 점이다.

결론적으로 원거리 시력은 A, B, C군에서 유의한 차이는 나타나지 않았으나 중거리 시력은 B군과 C군에서 A군보다 우수한 양안 시력을 보였으며, 근거리 시력은 A군, C군, B군 순서로 우수한 양안 시력을 보여, 근거리의 정밀한 시력을 요하는 환자일 경우 양안에 이중초점인공수정체를, 근거리 및 중거리 모두에서 적당한 시력을 요하는 환자일 경우 양안에 각각 다른 인공수정체를 혼합 삽입하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

REFERENCES

- 1) Evans JR, Fletcher AE, Wormald RP; MRC Trial of Assessment and Management of Older People in the Community. Causes of visual impairment in people aged 75 years and older in Britain: an add-on study to the MRC trial of assessment and management of older people in the community. *Br J Ophthalmol* 2004;88:365-70.
- 2) Lane SS, Morris M, Nordan L, et al. Multifocal intraocular lenses. *Ophthalmol Clin North Am* 2006;19:89-105.
- 3) Hütz WW, Eckhardt HB, Röhrig B, Grolmus R. Reading ability with 3 multifocal intraocular lens models. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:2015-21.
- 4) Kohnen T, Allen D, Boureau C, et al. European multicenter study of the AcrySof ReSTOR apodized diffractive intraocular lens. *Ophthalmology* 2006;113:584.e1.
- 5) Blaylock JF, Si Z, Vickers C. Visual and refractive status at different focal distances after implantation of the ReSTOR multifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:1464-73.
- 6) Chiam PJ, Chan JH, Aggarwal RK, Kasaby S. ReSTOR intraocular lens implantation in cataract surgery: quality of vision. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:1459-63.
- 7) Sallet G. Refractive outcome after bilateral implantation of an apodized diffractive intraocular lens. *Bull Soc Belge Ophthalmol* 2006;(299):67-73.
- 8) Souza CE, Muccioli C, Soriano ES, et al. Visual performance of AcrySof ReSTOR apodized diffractive IOL: a prospective comparative trial. *Am J Ophthalmol* 2006;141:827-32.
- 9) Cumming JS, Colvard DM, Dell SJ, et al. Clinical evaluation of the Crystalens AT-45 accommodating intraocular lens: results of the U.S. Food and Drug Administration clinical trial. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:812-25.
- 10) Gunenc U, Celik L. Long-term experience with mixing and matching refractive array and diffractive CeeOn multifocal intraocular lenses. *J Refract Surg* 2008;24:233-42.
- 11) Goes FJ. Visual results following implantation of a refractive multifocal IOL in one eye and a diffractive multifocal IOL in the contralateral eye. *J Refract Surg* 2008;24:300-5.
- 12) Alfonso JF, Fernández-Vega L, Puchades C, Montés-Micó R. Intermediate visual function with different multifocal intraocular lens models. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:733-9.
- 13) Domínguez-Vicent A, Esteve-Taboada JJ, Del Águila-Carrasco AJ, et al. In vitro optical quality comparison between the Mini WELL ready progressive multifocal and the TECNIS symfony. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2016;254:1387-97.
- 14) Gatinel D, Loicq J. Clinically relevant optical properties of bifocal, trifocal, and extended depth of focus intraocular lenses. *J Refract Surg* 2016;32:273-80.
- 15) Kaymak H, Hohn F, Breyer DR, et al. Functional results 3 months after implantation of an "Extended Range of Vision" intraocular lens. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2016;233:923-7.
- 16) Pilger D, Homburg D, Brockmann T, et al. Clinical outcome and higher order aberrations after bilateral implantation of an extended depth of focus intraocular lens. *Eur J Ophthalmol* 2018;28:425-32.
- 17) Apple DJ, Sims J, Harold Ridley and the invention of the intraocular lens. *Surv Ophthalmol* 1996;40:279-92.
- 18) Kretz FT, Koss MJ, Auffarth GU; ZLB00 Study Group. Intermediate and near visual acuity of an aspheric, bifocal, diffractive multifocal intraocular lens with +3.25 D near addition. *J Refract Surg* 2015;31:295-9.
- 19) Yang CM, Lim DH, Hwang S, et al. Prospective study of bilateral mix-and-match implantation of diffractive multifocal intraocular lenses in Koreans. *BMC Ophthalmol* 2018;18:73.
- 20) Ganesh S, Brar S, Pawar A, Relekar K. Visual and refractive outcomes following bilateral implantation of extended range of vision intraocular lens with micromonovision. *J Ophthalmol* 2018; 2018:7321794. <https://www.hindawi.com/journals/joph/2018/7321794/>. Accessed Feb 6 2018.
- 21) Black S. A clinical assessment of visual performance of combining the TECNIS® Symphony Extended Range of Vision IOL (ZXR00) with the +3.25 D TECNIS Multifocal 1-piece IOL (ZLB00) in subjects undergoing bilateral cataract extraction. *Clin Ophthalmol* 2018;12:2129-36.
- 22) Millán MS, Vega F. Extended depth of focus intraocular lens: chromatic performance. *Biomed Opt Express* 2017;8:4294-309.

= 국문초록 =

이중초점인공수정체와 연속초점인공수정체의 임상결과 비교

목적: 수정체유화술 후 이중초점인공수정체와 연속초점인공수정체를 양안에 동일 삽입한 환자와 양안에 혼합 삽입한 환자의 임상결과를 비교하였다.

대상과 방법: +3.25D 덧댐굴절력을 가지는 이중초점인공수정체를 양안에 삽입한 환자를 A군, 연속초점인공수정체를 양안에 삽입한 환자를 B군, 양안에 각각의 인공수정체를 혼합 삽입한 환자를 C군으로 분류하였다. 각 군당 40안을 대상으로 하였으며, 술 후 3개월에 측정한 원거리, 중간거리 및 근거리 양안 시력과 굴절이상을 의무기록을 통해 후향적으로 분석하였다.

결과: A, B, C 세 군의 원거리 시력은 각각 0.04 ± 0.01 , 0.05 ± 0.02 , 0.04 ± 0.01 로 통계적 유의성은 없었다. 중거리 시력은 각각 0.16 ± 0.01 , 0.10 ± 0.01 , 0.10 ± 0.01 로 A군이 나머지 두 군에 비해 낮은 시력을 보였으며 다른 두 군과 통계적 유의성을 보였다 (A-B, $p=0.031$; A-C, $p=0.018$; B-C, $p=1.000$). 근거리 시력은 각각 0.05 ± 0.01 , 0.24 ± 0.01 , 0.13 ± 0.01 이었으며 각 군 간에 모두 통계적 유의성을 보였다 (A-B, $p<0.001$; A-C, $p=0.009$; B-C, $p=0.003$).

결론: 원거리에서 각 군 간의 유의한 차이는 나타나지 않았으나 중거리에서는 B와 C군이 A군보다 우수한 양안 시력을 보였으며, 근거리에서는 A, C, B군 순서로 우수한 양안 시력을 보였다.

〈대한안과학회지 2019;60(9):835-842〉

박수환 / Su Hwan Park

부산대학교 의학전문대학원 양산부산대학교병원 안과학교실
Department of Ophthalmology,
Pusan National University Yangsan Hospital,
Pusan National University School of Medicine

