

회절성 이중 다초점 인공수정체와 회절성 삼중 다초점 인공수정체의 임상 결과 비교

Comparison of the Visual Outcomes after Cataract Surgery with Implantation of a Bifocal and Trifocal Diffractive Intraocular Lens

유 성 · 김용일 · 하상원 · 이광자 · 이규원 · 박영정

Sung Yu, MD, Yong Il Kim, MD, Sang Won Ha, MD, Gwang Ja Lee, MD, Kyoo Won Lee, MD, PhD,
Young Jeung Park, MD, PhD

제일안과병원

Cheil Eye Hospital, Daegu, Korea

Purpose: To evaluate and compare visual outcomes and optical quality after implantation of a bifocal (Acrysof ReSTOR® SN6AD1) or trifocal (AT LISA® tri 839MP) diffractive intraocular lens (IOL).

Methods: Fifty-one eyes of 43 patients undergoing cataract surgery were enrolled and assigned to one of two groups: the trifocal group, comprising 24 eyes implanted with the trifocal diffractive IOL (AT LISA® tri 839MP), and the bifocal group, comprising 27 eyes implanted with the bifocal diffractive IOL (Acrysof ReSTOR® SN6AD1). Visual acuity (distant, intermediate, and near vision) and refractive postoperative outcomes were evaluated at one and three months postoperatively. Measurements of optical quality (using OQAS II®), contrast sensitivity (using CGT-2000®), automated visual field examination, and evaluation of defocus curve were performed three months postoperatively.

Results: No statistically significant differences between the two groups were found in three-month postoperative distant and near (40 cm) visual acuities and optical quality. However, intermediate (63 cm, 80 cm, and 100 cm) visual acuities were significantly better in the trifocal group. Distant contrast sensitivity (5 m) under mesopic conditions was significantly better with the bifocal lens, whereas near contrast sensitivity (30 cm) under mesopic and scotopic conditions was significantly better with trifocal lens. There was no statistical difference between the groups under photopic conditions. In the defocus curve, the visual acuity was significantly better at intermediate distance in the trifocal group.

Conclusions: Trifocal diffractive IOLs provide significantly better intermediate vision than bifocal IOLs, with equivalent post-operative levels of distant and near vision and ocular optical quality. Further, they provide better near contrast sensitivity under scotopic condition compared to diffractive bifocal IOLs.

J Korean Ophthalmol Soc 2016;57(3):405-412

Keywords: Bifocal, Cataract, Diffractive, Multifocal intraocular lens, Trifocal

최근 백내장 수술은 다초점 인공수정체 삽입으로 백내장

수술 후 환자들이 안경 없이 일상생활을 할 수 있게 하였고 다양한 취미 활동을 할 수 있게 하여 삶의 질을 향상시키고 있다. 이러한 다초점 인공수정체는 회절이나 굴절의 광학적 원리를 바탕으로 만들어지고 디자인의 특성에 따라서 수술 후 시력과 시기능에 영향을 준다. 회절성 다초점 인공수정체는 Huygens-Fresnel principle을 기초로 만들어진 것으로, 회절에 의해서 빛 에너지의 일부를 소실하지만 근거리

■ Received: 2015. 7. 17. ■ Revised: 2015. 9. 3.

■ Accepted: 2015. 11. 11.

■ Address reprint requests to **Young Jeung Park, MD, PhD**
Cheil Eye Hospital, #1 Ayang-ro, Dong-gu, Daegu 41196, Korea
Tel: 82-53-959-1751, Fax: 82-53-959-1758
E-mail: eyepark9@naver.com

© 2016 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.

와 원거리에 두 개의 초점을 가지게 된다.¹ 국내외 여러 연구에서 회절성 다초점 인공수정체는 수술 후 원거리와 근거리 시력이 우수하다고 알려져 있다.^{2,4} 그러나 지금까지 많이 사용된 회절성 이중 다초점 인공수정체는 원거리와 근거리에만 정확한 초점이 맞아서 중간거리 시력이 부족하여 술 후 안경의 필요성이 요구되며 특히 젊은 연령대의 백내장 수술 환자는 컴퓨터 사용 등의 중간거리 시력 요구가 많아 기존의 이중 다초점 인공수정체로 모든 거리에서 안경을 벗을 수 없는 문제점이 부각되고 있다.^{5,6}

최근에 2개의 회절을 합쳐서 3개의 초점이 만들어지는 삼중 다초점 인공수정체가 개발되어 임상에 사용되고 있다.⁷ 이러한 회절성 삼중 다초점 인공수정체는 원거리 및 근거리뿐만 아니라 중간거리 시력까지 우수하다는 연구가 발표되고 있다.⁸⁻¹⁰ 국내에서도 회절성 삼중 다초점 인공수정체인 AT LISA[®] tri 839MP (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany)가 도입되어 사용되고 있다.

지금까지 여러 종류의 다초점 인공수정체 간의 술 후 시력과 시기능에 대한 비교 연구는 많이 있으나,^{11,12} 다초점 인공수정체의 이중 초점과 삼중 초점의 차이에 따라서 시력이나 시기능 차이에 대한 연구는 충분하지 않다. 그래서 저자들은 회절성 다초점 인공수정체 중 널리 사용되는 이중 다초점 인공수정체인 Acrysof ReSTOR[®] SN6AD1 (Alcon Laboratories Inc., Fort Worth, TX, USA)과 최근 국내에 도입되어 사용되는 삼중 다초점 인공수정체인 AT LISA[®] tri 839MP를 삽입한 환자를 대상으로 수술 후 시력과 다양한 광학적 시기능을 비교해 보고자 한다.

대상과 방법

대상 환자

2014년 8월부터 2015년 2월까지 본원에서 한 명의 술자(Y.J. Park)에 의해 백내장 초음파유화술 시행 후 3개월 이상 추적 관찰이 가능했던 환자를 대상으로 AT LISA[®] tri 839MP를 삽입한 20명 24안과 Acrysof ReSTOR[®] SN6AD1을 삽입한 23명 27안을 대상으로 의무기록을 후향적으로 조사하였다. 대상자는 술 후 굴절력 차이에 의한 시기능과 시력 차이를 최소화하기 위해서, 술 후 3개월째 나안 원거리 시력이 0.1 logMAR 미만, 현성굴절검사상 구면렌즈대응치가 ± 0.5 diopter (D) 이내, 굴절난시가 0.5D 이하, 스펙트럼빛간섭단층촬영에서 시신경유두와 황반부에 특이소견이 없는 환자를 대상으로 하였다. 각막지형도상 불규칙 각막난시, 술 후 시력에 영향을 줄 수 있는 각막 질환이나 망막질환, 녹내장, 외상력, 염증이 있는 환자는 대상에서 제외하였고 또한 술 중 합병증이 생긴 경우도 제외하였다. 수술

받은 환자는 수술 전 다초점 인공수정체의 장단점 및 발생 가능한 합병증에 대해서 충분한 설명을 듣고 동의하였다.

모든 대상 환자는 백내장 수술 전에 세극등검사, 나안 원거리 시력, 안압측정, 자동굴절각막곡률계, 안저검사, 스펙트럼빛간섭단층촬영(Spectralis[®] OCT, Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany)을 시행하였다. 인공수정체 도수는 IOL Master[®] (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany)와 A-scan (ECHOSCAN US-3000[®], NIDEK, Aichi, Japan)을 이용하여 측정된 안축장을 사용하였고, 인공수정체 도수는 Sanders-Retzlaff-Kraff/Theoretical (SRK/T) 공식에서 정시안(0.0D)에 가까운 도수로 결정하였다.

다초점 인공수정체

AT LISA[®] tri 839MP는 single piece, 비구면 인공수정체로 친수성 아크릴 재질에 소수성 아크릴 표면으로 만들어져 있고, 광학부 크기가 6.0 mm이며 전체 길이는 11.0 mm의 plate 지지부를 가진다. 전면 광학부 중심 4.34 mm는 삼중초점, 바깥쪽 4.34-6.0 mm는 이중 초점을 갖고 입사광선의 50%는 원거리, 20%는 중간거리, 30%는 근거리에 초점이 모이도록 디자인되어 있다. 근거리 시력을 위하여 +3.33D, 중간거리 시력을 위하여 +1.66D의 덧댐굴절력을 가진 회절성 삼중 다초점 인공수정체이다(Fig. 1).

Acrysof ReSTOR[®] SN6AD1은 대칭형 양면 볼록한 single piece로 청색광 차단 기능을 가진 소수성 아크릴 재질(hydrophobic acrylic material)이고, 전면 비구면 인공수정체로 6.0 mm 광학부 크기에 전체 길이가 13.0 mm의 C-loop형 지지부 디자인이다. 전면 중심부 3.6 mm에 9개의 아포다이즈드 회절(apodized diffractive)로 +3.0D의 덧댐굴

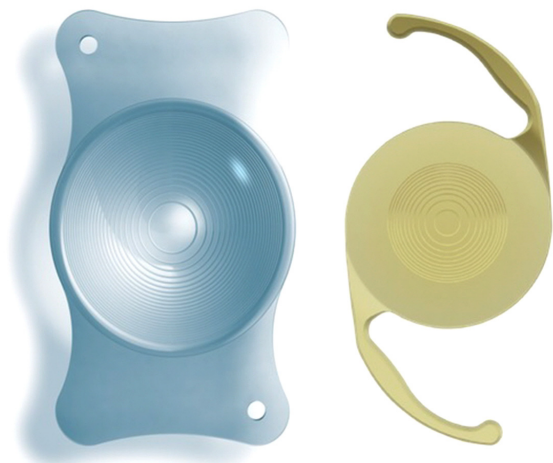


Figure 1. AT LISA[®] tri 839MP (left, adapted from Sheppard et al¹⁰), Acrysof ReSTOR[®] SN6AD1 (right, adapted from Davison and Simpson¹).

절력을 가지는 회절성 이중 다초점 인공수정체로 동공이 커질수록 원거리 시력이 잘 보이도록 디자인되어 있다. 3.0 mm 동공에서 빛 에너지는 원거리에 58.9%, 근거리에 25.5% 분포된다(Fig. 1).

수술

수술은 침공마취(Pinpoint anesthesia)를 이용하였고 이측에 2.8 mm의 미세 투명각막 절개 후 전낭원형절개의 크기는 5.0 mm 내외로 하여 Infinity Vision System® (Alcon Laboratories Inc., Irvine, CA, USA)을 이용하여 초음파유화술을 시행한 후 인공수정체를 후낭에 삽입하였다. 관류 및 흡인을 시행하여 남은 점막물질을 제거하였다. 모든 대상 환자는 수술 중 전낭원형절개의 합병증, 후낭 파열 및 수정체 중심 이탈 등의 합병증은 발생하지 않았다.

술 후 검사

두 군에서 술 후 1, 3개월에 자동굴절검사기를 이용하여 굴절력을 측정하고, 나안 원거리 시력, 나안 중간거리 63 cm, 80 cm 및 100 cm 시력, 나안 근거리 40 cm 시력, 최대교정 원거리 시력을 명소시(photopic condition, 100 cd/m²) 상태에서 측정하였다. 원거리 시력은 5 m 한천석 시력표를 이용하여 측정하였고, Logarithmic Visual Acuity Chart-ETDRS 2000 Series Chart “2” (precision Vision®, LaSalle, IL, USA)를 이용하여 40 cm에서 근거리 시력을, Colenbrander Mixed Contrast Card Set (precision Vision®, LaSalle, IL, USA)를 이용하여 63 cm, 80 cm 및 100 cm에서 중간거리 시력을 측정하였다. 술 후 3개월에 시력의 질을 평가하기 위해서 Optical Quality Analysis System II® (OQAS II®, Visiometrics S.L., Castelldefels, Spain)를 이용하여 objective scatter index (OSI), modulation transfer function

(MTF) cut-off value, Strehl ratio, VA100, VA20, VA9를 측정하였다. 시야검사는 Humphrey field analyzer® (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA)를 이용한 24-2 Swedish Interactive Thresholding Algorithm (SITA)-fast 검사상의 mean deviation (MD), pattern standard deviation (PSD), Fovea threshold를 두 군 간에 비교하였다. 대비감도는 술 후 3개월에 자동대비감도 눈부심 측정기인 Contrast glare tester 2000® (CGT 2000®, Takagi, Seiko, Japan)을 사용하여 원거리 5 m 및 근거리 30 cm에서 명소시(photopic), 박명시(mesopic), 암소시(scotopic) 상태에서 눈부심(glare) 유무에 따라 14개의 대비감도 정도를 6.3, 4.0, 2.5, 1.6, 1.0, 0.7 cycle/degree마다 측정하였다. 초점심도(defocusing curve)는 명소시(photopic condition, 100 cd/m²) 상태에서 한천석 시력표를 이용하였고, 원거리에서 시력을 완전 교정한 상태에서 -4.5D에서 +2.0D까지, 0.5D 단위의 구면렌즈를 교체하며 시력을 측정하였고, 그 결과값을 이용하여 초점심도(defocusing curve)를 얻었다. 술 후 3개월째 산동상태에서 세극등검사로 인공수정체의 낭 내 이탈이나 후발성 백내장 유무를 조사하였다.

통계

통계학적 분석은 PAWS 18.0 version (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였으며 독립표본 *t*-test를 이용하여 두 군 간의 차이를 비교하였고 *p*<0.05인 경우 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

AT LISA® tri 839MP 삽입군은 20명(24안)이고 Acrysof ReSTOR® SN6AD1 삽입군은 23명(27안)으로 두 군의 평

Table 1. Patient demographics

	Intraocular lens type		<i>p</i> -value*
	AT LISA® tri 839MP	Acrysof ReSTOR® SN6AD1	
Number of eyes (patients)	24 (20)	27 (23)	
OD:OS	14:10	16:11	
Sex (male:female)	16:4	16:7	0.455
Age (years)	49.5 ± 6.7	52.4 ± 9.3	0.697
S.E. (D)	0.39 ± 1.09	0.32 ± 1.97	0.298
UCDVA (log MAR)	0.58 ± 0.79	0.38 ± 0.77	0.916
Axial length (mm)	24.03 ± 1.11	23.80 ± 0.78	0.372
Corneal power (D)	43.50 ± 1.48	43.73 ± 1.36	0.551
Anterior chamber depth (mm)	3.47 ± 0.41	3.34 ± 0.36	0.252
Intraocular lens power (D)	19.41 ± 2.72	20.03 ± 2.41	0.140

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

OD = oculus dexter; OS = oculus sinister; S.E. = spherical equivalent; D = diopter; UCDVA = uncorrected distance visual acuity; log MAR = logarithm of the minimum angle of resolution.

*Independent student *t*-test.

Table 2. Visual acuity and spherical equivalent at postoperative 1 month and 3 months

	1 month			3 months		
	AT LISA® tri 839MP	Acrysof ReSTOR® SN6AD1	<i>p</i> -value*	AT LISA® tri 839MP	Acrysof ReSTOR® SN6AD1	<i>p</i> -value*
S.E. (D)	-0.29 ± 0.35	-0.19 ± 0.27	0.247	-0.29 ± 0.36	-0.13 ± 0.26	0.053
BCDVA (log MAR)	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.14	0.339	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	-
UCDVA (log MAR)	0.02 ± 0.07	0.02 ± 0.09	0.987	0.01 ± 0.07	0.02 ± 0.08	0.615
UNVA (log MAR)	0.10 ± 0.11	0.09 ± 0.13	0.339	0.09 ± 0.07	0.07 ± 0.10	0.446
UIVA63 (log MAR)	0.19 ± 0.12	0.24 ± 0.13	0.125	0.17 ± 0.11	0.24 ± 0.12	0.027*
UIVA80 (log MAR)	0.07 ± 0.13	0.28 ± 0.09	<0.001*	0.06 ± 0.13	0.29 ± 0.11	<0.001*
UIVA100 (log MAR)	0.11 ± 0.09	0.29 ± 0.21	<0.001*	0.11 ± 0.13	0.29 ± 0.10	<0.001*

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

S.E. = spherical equivalent; D = diopter; BCDVA = best corrected distance visual acuity; log MAR = logarithm of the minimum angle of resolution; UCDVA = uncorrected distance visual acuity; UNVA = uncorrected near visual acuity at 40 cm distance; UIVA63 = uncorrected intermediate visual acuity at 63 cm distance; UIVA80 = uncorrected intermediate visual acuity at 80 cm distance; UIVA100 = uncorrected intermediate visual acuity at 100 cm distance.

*Independent student *t*-test.

Table 3. Optical quality parameters measured by optical quality analysis system II® (OQAS II®) at postoperative 3 months

	Intraocular lens type		<i>p</i> -value*
	AT LISA® tri 839MP	Acrysof ReSTOR® SN6AD1	
OSI	1.28 ± 0.65	1.16 ± 0.40	0.425
MTF cut-off value (cpd)	42.52 ± 10.74	40.71 ± 8.75	0.504
Strehl ratio	0.37 ± 0.54	0.26 ± 0.10	0.325
VA100	1.42 ± 0.36	1.36 ± 0.29	0.513
VA20	1.10 ± 0.35	1.03 ± 0.34	0.512
VA9	0.70 ± 0.27	0.68 ± 0.30	0.776

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

OSI = objective scatter index; MTF = modulation transfer function; VA100 = optical quality of the eye for 100% contrast conditions; VA20 = optical quality of the eye for 20% contrast conditions; VA9 = optical quality of the eye for 9% contrast conditions.

*Independent student *t*-test.

군 나이와 술 전 평균 나안시력은 각각 49.5 ± 6.7세, 0.58 ± 0.79 (logMAR)와 52.4 ± 9.3세, 0.38 ± 0.77 (logMAR)이었다. 사용된 인공수정체도수는 AT LISA® tri 839MP 삽입군과 Acrysof ReSTOR® SN6AD1 삽입군에서 각각 평균 19.41 ± 2.72D와 20.03 ± 2.41D였다(Table 1).

술 후, 1개월, 3개월째 측정한 평균 나안 원거리 5 m 시력, 평균 나안 근거리 40 cm 시력은 두 군에서 차이가 없었다. 그러나 평균 나안 중간거리 80 cm 및 100 cm 시력은 Acrysof ReSTOR® SN6AD1 삽입군에 비해 AT LISA® tri 839MP 삽입군이 각각의 경과 관찰 시기에서 통계적으로 의미있게 높게 측정되었다($p < 0.01$). 술 후 3개월째 나안 원거리 시력, 근거리 시력, 중간거리 63 cm, 80 cm, 100 cm 시력은 AT LISA® tri 839MP 삽입군/Acrysof ReSTOR® SN6AD1 삽입군에서 각각 0.01 ± 0.07/0.02 ± 0.08, 0.09 ± 0.07/0.07 ± 0.10, 0.17 ± 0.11/0.24 ± 0.12, 0.06 ± 0.13/0.29 ± 0.11, 0.11 ± 0.13/0.29 ± 0.10 (logMAR)이었다(Table 2). 술 후 자동굴절검사에서 구면렌즈대응치는 AT LISA® tri 839MP 삽입군/Acrysof ReSTOR® SN6AD1 삽입군에서 1개월째 -0.29 ± 0.35D/-0.19 ± 0.27D, 3개월째 -0.29 ±

0.36D/-0.03 ± 0.26D로 측정되어 두 군에서 통계적으로 의미 있는 차이가 없었다(Table 2).

술 후 3개월째 OQAS II®를 이용하여 측정한 시기능 검사상 AT LISA® tri 839MP 삽입군/Acrysof ReSTOR® SN6AD1 삽입군에서 OSI 1.28 ± 0.65/1.16 ± 0.40, MTF cutoff value 42.52 ± 10.74/40.71 ± 8.75, Strehl ratio 0.37 ± 0.54/0.26 ± 0.10으로 두 군에서 차이가 없었다. 그리고 대비감도에 따른 시력 VA100, VA20, VA9도 두 군에서 차이가 없었다(Table 3). Humphrey field analyzer®를 이용한 24-2 SITA-fast 시야 검사상의 MD는 AT LISA® tri 839MP 삽입군/Acrysof ReSTOR® SN6AD1 삽입군에서 -1.95 ± 1.10/-1.72 ± 1.08, PSD는 1.46 ± 0.23/1.54 ± 0.32, Fovea threshold는 34.60 ± 2.01/33.76 ± 2.59로 두 군 간 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 4).

CGT 2000®을 이용한 대비감도 검사상, 원거리(5 m)에서는 명소시와 암소시에서 glare on 및 off 상태에서 두 군 간 유의한 차이를 보이지 않았으나, 박명시 glare off 상태에서 Acrysof ReSTOR® SN6AD1이 대비감도가 좋은 것으로 나타났다(Visual angle of test target 각각 6.3, 4, 2.5, 1.6 degree

Table 4. Visual field parameters measured by Humphrey field analyzer®: SITA-Fast at postoperative 3 months

	Intraocular lens type		<i>p</i> -value*
	AT LISA® tri 839MP	Acrysof ReSTOR® SN6AD1	
MD	-1.95 ± 1.10	-1.72 ± 1.08	0.257
PSD	1.46 ± 0.23	1.54 ± 0.32	0.366
Fovea threshold	34.60 ± 2.01	33.76 ± 2.59	0.240

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

SITA = Swedish Interactive Thresholding Algorithm; MD = mean deviation; PSD = pattern standard deviation.

*Independent student *t*-test.

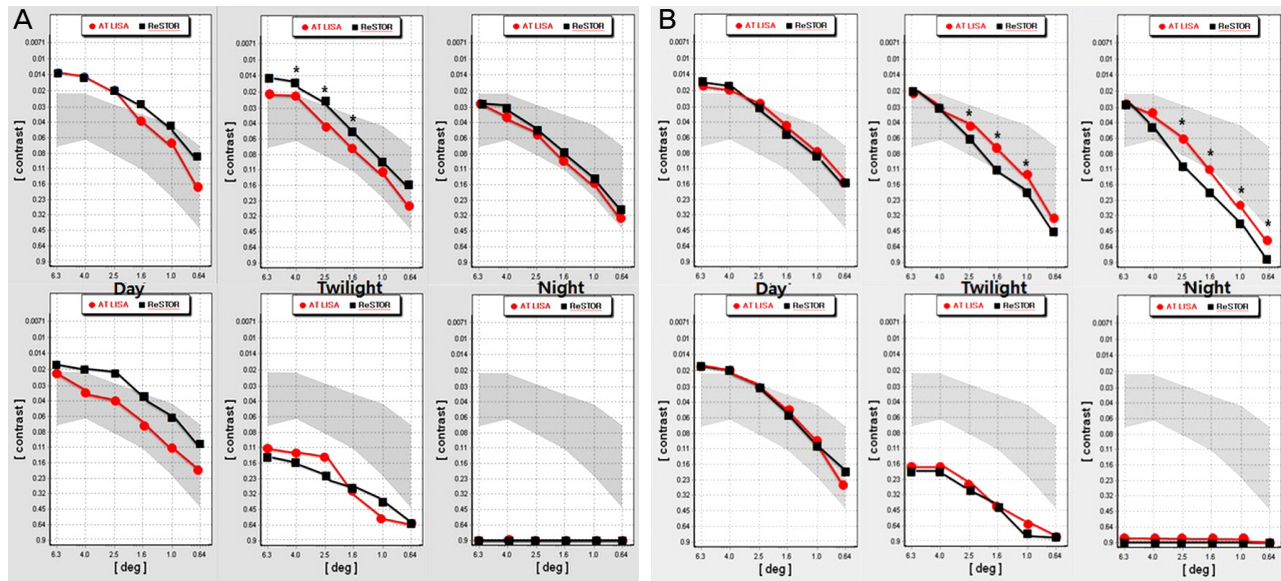


Figure 2. Contrast sensitivity test by CGT-2000®. (A) Contrast sensitivity at 5 m, (B) contrast sensitivity at 30 cm. Superior column tested when glare off, inferior column tested when glare on. deg = degree. * *p* < 0.05.

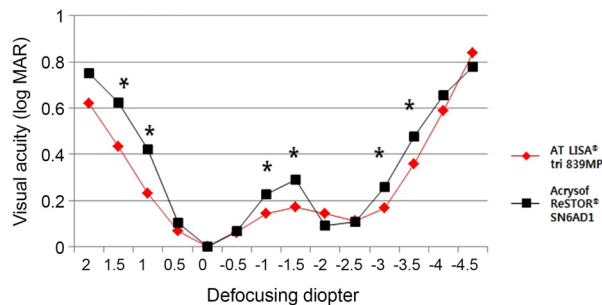


Figure 3. Visual acuity at various defocus levels. The values are a mean of log MAR visual acuity. * *p* < 0.05.

에서 $p=0.019$, $p=0.044$, $p=0.010$, $p=0.003$). 근거리(30 cm)에서는 glare on의 모든 조건과 glare off 시 명소시에서는 두 군에서 차이가 없었으나 박명시(Visual angle of test target 각각 2.5, 1.6, 1 degree에서 $p=0.020$, $p=0.005$, $p=0.020$) 및 암소시(Visual angle of test target 각각 2.5, 1.6, 1, 0.64 degree에서 $p=0.004$, $p<0.001$, $p=0.036$, $p=0.030$)에서 AT LISA® tri 839MP의 대비감도가 유의하게 더 좋은 결과를

보였다(Fig. 2).

초점심도는 AT LISA® tri 839MP 삽입군에서 Acrysof ReSTOR® SN6AD1 삽입군에 비해 +1.5D, +1.0D, -1.0D, -1.5D, -3.0D, -3.5D에서 더 나은 시력결과를 나타냈다 ($p=0.002$, $p<0.001$, $p=0.012$, $p<0.001$, $p=0.008$, $p=0.024$) (Fig. 3). 술 후 3개월째 산동 검사하여 인공수정체의 위치를 확인한 결과 대상안 모두에서 인공수정체는 낭 내에 잘 고정되어 중심이탈이 없었고, 시력에 영향을 주는 후발성 백내장 등의 합병증은 없었다.

고 찰

백내장 수술에서 다초점 인공수정체의 삽입은 시력의 기능적 향상과 안경을 착용하지 않고 일상 생활을 원하는 환자가 늘어나면서 증가하고 있다. 지금까지 개발된 회절성 다초점 인공수정체는 원거리와 근거리에서 우수한 시력 결과를 보였다.^{2,4,13} 하지만 대부분 회절성 이중 다초점 인공수정체는 중간거리 시력(컴퓨터 작업 등)이 만족스럽지 못

하다는 연구가 발표되고 있다.^{5,6} 이러한 미흡한 중간거리 시력에 대한 보완으로 초점심도가 넓은 회전 비축대칭 굴절형 다초점 인공수정체에 대한 적용이나 이중 초점 인공수정체에서 덧댐굴절력을 낮추어서 중간거리 시력을 보완하려는 연구가 임상에서 적용되고 있다.^{14,15} 본 연구는 지금까지 널리 사용되는 회절성 이중 다초점 인공수정체 Acrysof ReSTOR[®] SN6AD1과 회절성 삼중 다초점 인공수정체 AT LISA[®] tri 839MP의 수술 후 시각적 및 광학적 임상결과를 비교하였다. 본 연구에서 대상안은 모두 술 후 3개월째 현성굴절검사상 구면렌즈대응치가 $\pm 0.5D$ 이내로 정확하게 굴절 이상이 교정되었으며 굴절난시가 0.5D 이하인 경우를 대상으로 하여 대상 환자 간에 술 후 굴절력에 의한 시력 차이를 최소화하여 다초점 인공수정체 자체의 특징에 따른 시력과 시기능의 차이를 알아보고자 하였다.

본 연구에서 수술 후 3개월째 원거리 시력과 근거리 시력은 AT LISA[®] tri 839MP 삽입군과 Acrysof ReSTOR[®] SN6AD1 삽입군에서 유의한 차이가 없었으나, 중간거리 63 cm, 80 cm, 100 cm 시력은 각각 $0.17 \pm 0.11/0.24 \pm 0.12$, $0.06 \pm 0.13/0.29 \pm 0.11$, $0.11 \pm 0.13/0.29 \pm 0.10$ (logMAR)으로 모두 AT LISA[®] tri 839MP에서 유의하게 우수한 시력을 보였다. Marques and Ferreira¹⁶는 두 가지 종류의 회절성 삼중 다초점 인공수정체인 Finevision Micro F (Micro AY, PhysIOL, Liège, Belgium)/AT LISA[®] tri 839MP에서 중간거리 80 cm에서 시력이 $0.09 \pm 0.13/0.14 \pm 0.09$ (logMAR)로 저자들의 결과처럼 회절성 삼중 다초점 인공수정체는 충분한 중간거리 시력을 보고하고 있다. Mojzis et al¹⁷의 연구에서는 회절성 이중 다초점 인공수정체인 AT LISA[®] 801 삽입군과 회절성 삼중 다초점 인공수정체인 AT LISA[®] tri 839MP 삽입군에서 원거리 시력은 나안과 교정 모두 유의한 차이가 없었으나, 근거리 및 중간거리 시력은 삼중초점군에서 우수한 시력을 보고하고 있다. 이처럼 회절성 삼중 다초점 인공수정체는 원거리와 근거리 시력이 우수하면서도 중간거리에 해당하는 덧댐굴절력이 중간거리 시력을 보완해서 모든 거리에서 우수한 시력을 보이는 것으로 생각된다. 최근에는 회절성이나 굴절성 이중 다초점 인공수정체에서 덧댐굴절력을 양안에 다르게 하는 방법, 즉 한 눈은 근거리, 다른 눈은 중간거리 시력에 맞는 덧댐굴절력을 더한 다초점 인공수정체를 삽입하는 임상 연구가 진행되고 있다. 향후 모든 거리에서 시력을 잘 보이기 위해서 양안의 삼중 초점 다초점 인공수정체를 삽입하는 것과 각각의 눈에 덧댐굴절력이 다른 이중 초점 다초점 인공수정체를 삽입하는 것 중 어떤 방법이 더 생리적으로 효과적인가에 대한 추가적 연구가 필요할 것으로 생각된다.

OQAS II[®]는 다이오드 레이저의 근적외선(near-infrared

light; 780 nm)을 이용한 double-pass system으로 시력의 질을 평가할 수 있다. 이 장비의 임상에서는 백내장 정도의 객관적 평가, 백내장 술 후, 굴절수술 후 그리고 눈물막의 변화에 따른 시력의 질 평가 등 다양한 부분에 적용되고 있다.^{18,19} Saad et al²⁰은 OQAS II[®]로 측정한 정상인에서 30대 미만은 OSI는 0.47 ± 0.11 , MTF cut-off 39.44 ± 3.93 cpd, Strehl ratio 0.23 ± 0.02 이고 40대 이상은 OSI는 1.73 ± 0.26 , MTF cut-off 26.07 ± 3.89 cpd, Strehl ratio 0.15 ± 0.002 로 보고하면서 연령이 증가할수록 시력의 질이 떨어짐을 보고하였다. 저자들의 연구에서 술 후 3개월째 OQAS II[®] 검사상 AT LISA[®] tri 839MP 삽입군과 Acrysof ReSTOR[®] SN6AD1 삽입군에서 각각 평균 OSI는 1.28 ± 0.65 , 1.16 ± 0.40 , MTF cut-off value는 각각 42.52 ± 10.74 cpd, 40.71 ± 8.75 cpd였으며, Strehl ratio는 각각 0.37 ± 0.54 , 0.26 ± 0.10 , VA 100은 각각 1.42 ± 0.36 , 1.36 ± 0.29 로 두 군 간 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 Kim et al¹⁴이 술 후 3개월째 OQAS II[®] 검사상 ReSTOR[®] 삽입군과 Lentis Mplus[®] 삽입군에서 각각 평균 OSI는 1.07 ± 0.40 , 0.88 ± 0.39 , MTF cutoff는 40.98 ± 8.07 cpd, 37.44 ± 8.66 cpd, Strehl ratio는 0.25 ± 0.07 , 0.18 ± 0.05 로 보고한 것과 비슷한 결과이며 Saad et al²⁰이 보고한 40대 이상의 정상인보다 우수한 시력의 질을 보였다.

Aychoua et al²¹은 다초점 인공수정체에 대한 자동시야검사에 대한 연구에서 유수정체안, 단초점 인공수정체안과 다초점 인공수정체안으로 나누어 시야검사 결과를 비교했을 MD 값이 유수정체안과 단초점 인공수정체안은 차이가 없었으나 유수정체안과 다초점 인공수정체안에서 MD 값은 통계적으로 유의하게 2.40 dB 감소함을 보고하면서 이는 다초점 인공수정체 구조에 의해서 MD 값이 감소한다고 보고하였다. Farid et al²²은 단초점 인공수정체와 다초점 인공수정체 간 MD가 -0.97 dB와 -2.84 dB로 통계학적으로 유의하게 다초점 인공수정체가 감소하며 이는 6개월이 지나고 검사해도 여전히 차이가 나서 이러한 MD의 감소는 신경적응에 의해서 개선되지 않음을 발표하였다. 본 연구에서는 MD는 AT LISA[®] tri 839MP 군이 -1.95, Acrysof ReSTOR[®] SN6AD1 군이 -1.72였으며, PSD는 각각 1.46, 1.54, fovea threshold는 각각 34.60, 33.7로 두 군 간 유의한 차이를 보이지 않아서 두 다초점 인공수정체의 디자인에 따라서는 자동시야검사의 검사 결과에 영향을 주지 않는 것을 알 수 있었다. 향후 국내에서도 단초점 인공수정체와 자동시야검사 결과의 비교 연구가 필요할 것으로 생각되며 기존에 발표된 연구 결과로 녹내장이나 황반변성 등 시신경에 이상이 있는 질환에서는 다초점 인공수정체를 삽입하지 않는 것이 좋을 것으로 생각된다.

다초점 인공수정체에서 입사광선이 분산되어 2개 이상의 초점을 만들기 때문에 대비감도가 감소하는 것은 광학구조상 피할 수 없는 일이다. 여러 연구들에서 다초점 인공수정체 삽입 후 명소시 대비감도를 평가하였으며, 정상 범위 내에 있을지라도 유의하게 단초점에 비해서 저하된 대비감도를 보이고^{23,24} 이것은 다초점 인공수정체 삽입 후 불만족의 주요 원인으로 보고하고 있다.²⁵ 이러한 빛 에너지의 감소는 박명시에 더욱 대비감도 저하를 야기할 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구에서 대비감도 검사상, 원거리에서는 명소시 및 암소시에서 두 군 간 유의한 차이를 보이지 않았으나, 박명시 glare off 상태에서 Acrysof ReSTOR[®] SN6AD1이 대비감도가 좋은 것으로 나타났다. 이는 인공수정체의 디자인상 glare off 상태에서 동공 크기가 3.6 mm 이상으로 증가할 경우 원거리 시력이 잘 보이게 디자인한 아포다이즈 회절의 특성이 반영된 것으로 생각된다.²⁶ 또한 박명시 glare off 상태에서 AT LISA[®] tri 839MP의 근거리에서 대비감도가 전반적으로 좋았는데, 이는 동공 크기와 상관없이 전체 광학영역이 회절성을 갖는 AT LISA[®] tri 839MP 디자인에 의한 것으로 해석할 수 있다. 이러한 다초점 인공수정체의 디자인에 따라서 대비감도의 차이는 향후 다초점 인공수정체를 고려할 때 환자들의 생활 패턴을 고려하여 적절한 다초점 인공수정체를 선택해 줄 수 있는 자료로 활용될 수 있으리라 생각된다. Mojzis et al¹⁷은 회절성 이중 다초점 인공수정체와 회절성 삼중 다초점 인공수정체에서 대비감도에서 차이가 없었는데 이 두 다초점 인공수정체는 동공크기에 상관없이 광학부 전체가 회절이 있게 디자인된 것이 저자들의 결과와 차이 나는 원인으로 생각된다.

본 연구에서도 초점심도는 AT LISA[®] tri 839MP 삽입군에서 Acrysof ReSTOR[®] SN6AD1 삽입군에 비해 +1.5D, +1D, -1D, -1.5D, -3D, -3.5D에서 더 나은 시력결과를 나타냈고 기존의 다른 삼중 다초점 인공수정체의 초점심도에 대한 연구들과 마찬가지로 중간거리 시력에 대한 초점심도가 이중 다초점 인공수정체보다 우수하게 나타났다.^{10,17} 이는 Mojzis et al¹⁷의 defocus curve에서도 이중 다초점 회절성 인공수정체 AT LISA[®] 801 삽입군과 삼중 다초점 회절성 인공수정체 AT LISA[®] tri 839MP의 비교연구에서 삼중 초점군이 -0.50~-1.50D의 중간거리 시력에서 우수한 초점심도를 보인 것과 일치하는 소견이다.

본 연구는 대상안이 적고, 술 후 시력이 우수한 환자만을 대상으로 하여 두 회절성 다초점 인공수정체를 비교한 결과로 모든 환자의 결과로 해석하기는 어렵고, 술 후 환자의 만족도를 반영하지 못하여 실제의 시기능의 차이가 환자의 일상생활 만족도와 관계가 있는지를 조사하지 못한 점, 그리고 단기간의 시력과 인공수정체의 안전성을 평가한 한계

가 있다. 그리고 비교가 된 인공수정체가 청색광 차단 기능이 있는 인공수정체를 사용함으로써 대비감도에 영향을 줄 수 있는 점을 배제하지 못했다. 그래서 향후 더 많은 환자를 대상으로 연구가 필요하며 인공수정체의 특성이 동일한 군에서 삼중 다초점과 이중 다초점 인공수정체의 시기능 차이에 대한 연구와 장기간의 임상결과에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다. 하지만 본 연구는 위의 한계점에도 불구하고 국내외에서 이중과 삼중의 회절성 다초점 인공수정체 간의 임상결과를 비교한 드문 연구이고, 다양한 시기능 검사의 비교로 회절성 다초점 인공수정체의 시기능 결과를 알아보는 자료로 활용할 수 있는 의의가 있다. 또한 백내장과 같이 노안을 교정하기 위해서 다초점 인공수정체를 고려할 때 환자의 요구에 맞춘 인공수정체를 선정할 때 참고 자료가 되리라 생각된다.

결론적으로 백내장 수술 후 회절성 삼중 다초점 인공수정체 AT LISA[®] tri 839MP는 기존의 회절성 이중 다초점 인공수정체 Acrysof ReSTOR[®] SN6AD1과 원거리, 근거리 시력 및 시기능은 동일하면서 중간거리 시력이 우수한 결과를 보여 백내장과 노안을 고려한 수술에 사용될 유용한 다초점 인공수정체로 생각된다.

REFERENCES

- 1) Davison JA, Simpson MJ. History and development of the apodized diffractive intraocular lens. J Cataract Refract Surg 2006; 32:849-58.
- 2) Alfonso JF, Fernández-Vega L, Baamonde MB, Montés-Micó R. Prospective visual evaluation of apodized diffractive intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2007;33:1235-43.
- 3) de Vries NE, Webers CA, Montés-Micó R, et al. Long-term follow-up of a multifocal apodized diffractive intraocular lens after cataract surgery. J Cataract Refract Surg 2008;34:1476-82.
- 4) Park YL, Hwang GY, Joo CK. Comparative study of clinical outcomes between 2 types of multifocal aspheric intraocular lenses. J Korean Ophthalmol Soc 2013;54:1199-207.
- 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) 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.
- 7) Voskresenskaya A, Pozdeyeva N, Pashtae N, et al. Initial results of trifocal diffractive IOL implantation. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2010;248:1299-306.
- 8) Gatineau D, Pagnouille C, Houbrechts Y, Gobin L. Design and qualification of a diffractive trifocal optical profile for intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2011;37:2060-7.
- 9) Cochener B, Vryghem J, Rozot P, et al. Visual and refractive outcomes after implantation of a fully diffractive trifocal lens. Clin Ophthalmol 2012;6:1421-7.
- 10) Sheppard AL, Shah S, Bhatt U, et al. Visual outcomes and sub-

- jective experience after bilateral implantation of a new diffractive trifocal intraocular lens. J Cataract Refract Surg 2013;39:343-9.
- 11) Alfonso JF, Puchades C, Fernández-Vega L, et al. Contrast sensitivity comparison between AcrySof ReSTOR and Acri.LISA aspheric intraocular lenses. J Refract Surg 2010;26:471-7.
 - 12) Alfonso JF, Fernández-Vega L, Blázquez JI, Montés-Micó R. Visual function comparison of 2 aspheric multifocal intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2012;38:242-8.
 - 13) Kim SM, Kim CH, Chung ES, Chung TY. Visual outcome and patient satisfaction after implantation of multifocal IOLs: three-month follow-up results. J Korean Ophthalmol Soc 2012;53:230-7.
 - 14) Kim JH, Kim EJ, Kim YI, et al. Comparison of clinical outcomes between diffractive and refractive multifocal intraocular lens with same near added. J Korean Ophthalmol Soc 2015;56:875-84.
 - 15) Kretz FT, Gerl M, Gerl R, et al. Clinical evaluation of a new pupil independent diffractive multifocal intraocular lens with a +2.75 D near addition: a European multicentre study. Br J Ophthalmol 2015;May: pii: bjophthalmol-2015-306811. [Epub ahead of print]
 - 16) Marques EF, Ferreira TB. Comparison of visual outcomes of 2 diffractive trifocal intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2015; 41:354-63.
 - 17) Mojzis P, Kukuckova L, Majerova K, et al. Comparative analysis of the visual performance after cataract surgery with implantation of a bifocal or trifocal diffractive IOL. J Refract Surg 2014;30: 666-72.
 - 18) Cabot F, Saad A, McAlinden C, et al. Objective assessment of crystalline lens opacity level by measuring ocular light scattering with a double-pass system. Am J Ophthalmol 2013;155:629-35, 635.e1-2.
 - 19) Lee K, Ahn JM, Kim EK, Kim TI. Comparison of optical quality parameters and ocular aberrations after wavefront-guided laser in-situ keratomileusis versus wavefront-guided laser epithelial keratomileusis for myopia. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2013; 251:2163-9.
 - 20) Saad A, Saab M, Gatineau D. Repeatability of measurements with a double-pass system. J Cataract Refract Surg 2010;36:28-33.
 - 21) Aychoua N, Junoy Montolio FG, Jansonius NM. Influence of multifocal intraocular lenses on standard automated perimetry test results. JAMA Ophthalmol 2013;131:481-5.
 - 22) Farid M, Chak G, Garg S, Steinert RF. Reduction in mean deviation values in automated perimetry in eyes with multifocal compared to monofocal intraocular lens implants. Am J Ophthalmol 2014;158: 227-31.e1.
 - 23) Lee JM, Seo KY, Kim EK. Comparison of optical aberrations and contrast sensitivity between monofocal and multifocal intraocular lens. J Korean Ophthalmol Soc 2002;43:1882-6.
 - 24) Yoon JU, Chung JL, Hong JP, et al. Comparison of wavefront analysis and visual function between monofocal and multifocal aspheric intraocular lenses. J Korean Ophthalmol Soc 2009;50:195-201.
 - 25) Kamiya K, Hayashi K, Shimizu K, et al. Multifocal intraocular lens explantation: a case series of 50 eyes. Am J Ophthalmol 2014;158: 215-20.e1.
 - 26) Alfonso JF, Fernández-Vega L, Baamonde MB, Montés-Micó R. Correlation of pupil size with visual acuity and contrast sensitivity after implantation of an apodized diffractive intraocular lens. J Cataract Refract Surg 2007;33:430-8.

= 국문초록 =

회절성 이중 다초점 인공수정체와 회절성 삼중 다초점 인공수정체의 임상 결과 비교

목적: 회절성 이중 다초점 인공수정체(Acrysof ReSTOR® SN6AD1)와 회절성 삼중 다초점 인공수정체(AT LISA® tri 839MP)의 단기간 시각적 및 광학적 임상결과를 비교하고자 한다.

대상과 방법: 백내장 수술을 시행 받은 43명 51안을 대상으로, 24안은 회절성 삼중 다초점 인공수정체(AT LISA® tri 839MP), 27안은 회절성 이중 다초점 인공수정체(Acrysof ReSTOR® SN6AD1)를 삽입하였다. 술 후 1개월, 3개월째 근거리, 중간거리, 원거리 시력 및 굴절값을 측정하였고, 술 후 3개월째 OQAS II®를 이용한 시력의 질, CGT-2000®을 이용한 대비감도검사, 자동시야검사, 초점심도를 측정하여 두 군에서 비교하였다.

결과: 술 후 3개월째 두 군에서 원거리 및 근거리 시력과 광학 질은 차이가 없었으나 중간거리(63 cm, 80 cm, 100 cm)에서 시력은 삼중 다초점군이 통계적으로 유의하게 좋았다. 대비감도는 명소시에서는 두 군에 차이가 없었으나 박명시에서는 원거리(5 m)에서 이중 다초점군이, 암소시 및 박명시에서는 근거리(30 cm)에서 삼중 다초점군이 유의하게 높게 측정되었다. 초점심도 검사상 삼중 다초점군이 중간 거리에서 더 깊은 초점심도를 보였다.

결론: 회절성 삼중 다초점 인공수정체는 이중 다초점 인공수정체와 비교하여 원거리와 근거리의 시력 및 광학 질은 동일하면서 중간 거리 시력은 더 잘 보이며 야간 근거리 대비감도가 높았다.

〈대한안과학회지 2016;57(3):405-412〉