

백내장 환자에서 비구면 다초점 인공수정체 삽입 후 시기능 평가

김재윤, 이군자*

을지대학교 보건대학원 안경광학과, 대전 461-71

투고일(2013년 7월 31일), 수정일(2013년 9월 4일), 게재확정일(2013년 9월 14일)

목적: 비구면 다초점 인공수정체인 ReSTOR® SN6AD3 삽입안의 시력과 시기능 변화를 분석하였다. **방법:** 양안 또는 단안에 비구면 다초점 인공수정체(ReSTOR® SN6AD3)를 삽입한 백내장 환자 19명의 30안을 대상으로 하였다. 수술 전, 수술 후 1주일, 1개월 및 3개월 후에 시력과 객관적인 시기능을 측정하였고 수술 3개월 후 인공수정체 삽입안의 시기능 측정값을 동일 연령대의 정상안 20명(38안)과 비교하였다. 원거리 시력은 2 m 거리에서 LCD chart ETDRS 시력표를 이용하여 측정하였고, 중간거리(50 cm)와 근거리(30 cm) 시력은 Jaeger chart를 이용하였다. 객관적인 시기능은 OQAS 장비를 이용하여 OSI (objective scatter index, 객관적 산란지수), MTF (modulation transfer function, 변조전달함수) cut off, Strehl ratio를 4 mm 동공크기에서 측정하여 수술 후 경과기간에 따른 측정값을 비교·평가하였다. 수술 3개월째 시력 및 시기능은 객관적 평가와 주관적인 평가를 통해 동일 연령대의 정상안과 비교하였다. **결과:** 나안 원거리 시력과 OSI, MTF와 Strehl ratio는 다초점 인공수정체 삽입 1개월까지 유의하게 향상되었다($p<0.05$). 수술 3개월 후 다초점 인공수정체 삽입안의 MTF와 Strehl ratio는 정상 대조군의 수준으로 회복되었지만, OSI는 대조군보다 높은 값으로 측정되었다($p<0.001$). 자각적인 원거리 및 근거리 시력에 대한 만족도는 높았지만, 중간거리 시력에 대한 만족도가 낮으며 눈부심과 빛 번짐 증상이 나타났다. **결론:** 비구면 다초점 인공수정체 삽입안의 시기능은 수술 1개월 후부터 안정화되며 동일 연령대의 정상안의 수준으로 개선되지만 만족스러운 중간거리 시력을 제공하지 못하며 눈부심과 빛 번짐의 시각적 불편감이 나타나는 것으로 사료된다.

주제어: 비구면 다초점 인공수정체, OSI, MTF cut off, Strehl ratio, 시력, 시기능

서 론

백내장 환자에서 단초점 인공수정체 삽입 후 원거리 시력 회복에 대한 만족스러운 결과는 여러 논문에서 보고되었지만^[1,2] 근거리 주시 시 돋보기를 사용해야 하는 불편함이 있으며, 최근에 개발된 비구면 디자인의 단초점 인공수정체 역시 백내장 수술 후 어느 정도 근거리시력이 유지되지만 구면수차가 작아지면서 초점심도가 얕아져 근거리시력에 대한 만족도는 매우 낮은 것으로 알려졌다.^[3,4] 다초점 인공수정체는 두 개 또는 그 이상의 초점을 갖도록 고안되어 원거리와 근거리 시력을 모두 개선시킬 수 있어 백내장 수술 후 돋보기 없이 근거리 시력에 대한 욕구를 충족시킬 수 있도록 개발되었으며, 최근에는 근거리, 중간거리 시력 향상이 가능하도록 다양한 디자인의 다초점 인공수정체가 개발되어 사용되고 있다.^[5-7]

다초점 인공수정체는 굴절성과 회절성의 두 가지 디자인으로 제조되는데 최근에는 초기에 개발된 굴절성 디

인보다는 회절성 디자인의 다초점 인공수정체가 근거리 시력, 대비감도 및 고위수차 등 시력과 시기능에서 더 좋은 결과를 제공하며,^[7,8] 단초점 인공수정체에 비해 더 좋은 원·근거리시력을 제공한다고 보고되었다.^[2,9-11] 그러나 다초점 인공수정체를 삽입한 경우에는 동일한 디자인의 인공수정체를 삽입한 경우에도 개인마다 시기능에 대한 만족도가 다르고, 인공수정체에 2개 이상의 초점이 있어 상이 망막에 맺힐 때 초점이 분산되어 단초점 인공수정체에 비하여 대비감도가 저하되어 시력의 질적인 면에서 크게 차이가 없으며, 특히 달무리(halo), 눈부심(glare) 등의 증상이 나타난다고 보고되었다.^[5,11-15] 따라서 다초점 인공수정체 삽입 수술 후 시력검사 결과는 좋지만 눈부심과 달무리 증상, 대비감도 저하, 이중상(double image) 등의 불편감을 느끼는 경우가 보고되면서^[16-18] 인공수정체 삽입 후 시력 뿐만 아니라 시기능에 대한 평가가 중요하게 인식되고 있다.

눈부심과 달무리 증상은 인공수정체 삽입으로 유발된 구면수차와 관련이 있으며, 이중상은 코마수차와 관련이

*Corresponding author: Koon-Ja Lee, TEL: +82-31-740-7182, E-mail: kjl@eulji.ac.kr

※ 본 논문의 일부내용은 2013년도 DIOPS Optometry Conference에서 구연으로 발표되었음.

있다고 보고되면서,^[19] 인공수정체 삽입술 후 시기능의 평가는 수술 후 대비감도와 구면수차, 코마수차 등의 고위수차를 측정하는 방법과,^[20,21] 설문조사에 의한 자각적인 증상을 확인하는 방법이 사용되었다.^[1,22,23] 광학적인 시기능 평가방법은 회절과 수차에 기초한 점퍼짐함수(point spread function)와 광전달함수(optical transfer function)를 이용하는 방법이 사용되었지만^[24] 눈의 시기능은 수차, 동공에서의 회절, 간섭, 안구내의 산란, 망막의 추체의 크기 및 시신경계가 모두 관여하는 복잡한 기능이기 때문에^[25-27] 인공수정체 삽입안의 시기능을 객관적으로 평가하기에는 한계가 있었다.

최근에 눈의 시기능을 평가하는 방법으로 이중경로 광학분석시스템(double-pass optical quality analysis system)을 이용한 OQAS(optical quality analysis system) 장비가 개발되어 사용되고 있다. OQAS 장비는 광원으로 적외선(780 nm)을 사용하여 이중경로로 망막에 빛을 입사시켜 빛이 망막에 집중된 정도를 Strehl ratio 값으로 제공하며^[27,28] 이 값은 완벽한 광학계의 에어리디스크(Airy disc)의 광량을 1로 기준하고 오차와 수차를 가진 눈은 0~1의 값을 가지며 수차와 산란이 많을수록 값은 작게 측정된다. 또한 공간주파수에 대한 응답함수로 MTF(변조전달함수, modulation transfer function)값과 OSI(객관적산란지수, objective scattering index)값을 제공하는데 MTF 값은 1% cut off를 사용하여 최대 구별 가능한 공간주파수를 cycle/degree를 사용하여 시력의 대비감도로 나타내는 값으로 활용되며, OSI는 상이 망막에 맺힐 때 정확하고 선명하게 초점을 맺지 못하고 번지는 정도를 나타내는 값으로 눈의 시기능을 평가하는 값으로 활용된다.^[28,29]

따라서 OQAS 장비에서 제공되는 OSI, MTF cut-off, Strehl ratio 값은 매질이 혼탁해지는 백내장 환자의 시기능 평가^[30] 뿐만 아니라 인공수정체 삽입안의 시기능을 객관적으로 평가할 수 있는 값으로 최근에 일부 연구자들에 의해 시기능을 평가하는데 사용되고 있으나,^[31] 아직까지는 이 기기를 이용하여 시기능을 측정한 연구 발표가 미미하며 비구면 다초점 인공수정체 삽입 후 시력 회복 과정에서 시기능을 추적 관찰한 연구 또한 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 비구면 다초점 인공수정체 삽입 수술 후 시력 회복 과정에서 OQAS 장비를 이용하여 객관적인 시기능을 평가하고, 수술 후 안정기에 도달한 인공수정체 삽입안의 시기능을 안과질환이 없는 동일 연령대의 정상안과 비교하여 시기능의 회복정도를 평가하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

본 연구에서 실험군은 인천 소재 OO안과병원 내원 환

자 중 백내장 진단을 받고 수술한 환자 중 19명(평균연령 54.00±6.15세)의 30안을 대상으로 진행하였다. 42세에서 65세까지 백내장 환자 중 어두운 조도(20 lx)에서 동공이 6 mm보다 작고, 비접촉식 안압계로 측정된 안압이 정상 범위(10~21 mmHg)인 수술 안을 대상으로 하였다. 대상자 중 수술 후 원거리 교정시력이 0.7미만 이거나 각막흔탁 등의 이상이 있거나, 각막내피 세포수가 단위면적당 1,500개 미만이거나, 시력에 영향을 줄 수 있는 안질환이 있거나, 망막박리 등 망막관련 질환이 있는 경우는 제외시켰다. 또한 자동굴절력계(keratometer)를 이용하여 측정된 각막난시가 2.00 D 이상인 경우에도 대상 환자군에서 제외시켰다.

정상 대조군은 백내장, 망막관련 질환과 시력에 영향을 줄 수 있는 안과질환이 없으며 안과 수술의 경험이 없는 동일 연령대의 정상안으로 현성굴절검사 후 최대교정시력이 최소 0.8이상 나오는 20명(평균연령 52.89±6.30세)의 38안을 대상으로 하였으며(Table 1), 비구면 다초점 인공수정체 삽입안과 정상 대조군의 연령은 유의한 차이가 없었다($p=0.470$).

대상안은 자동굴절력계를 이용하여 각막난시값을 측정하였고, 레이저안축장거리계(IOL master, Carl Zeiss, Germany)로 안축장 및 각막굴절력을 측정하여 인공수정체 굴절력을 구하였고, 레이저안축장거리계로 측정이 어려운 환자의 경우는 AB스캔초음파측정기(A-B 5500, Sonomed, USA)을 이용하여 안축장의 길이를 측정하였다.

2. 방법

1) 시력

실험군은 수술 전에 나안 원거리 시력, 최대교정 원거리 시력, 현성굴절검사에 의한 굴절이상도를 측정하였고 수술

Table 1. Preoperative characteristics of the patients and normal control

Characteristic	Cataract patient Means±SD	Normal control Means±SD
No. of participants	19	20
No. of eyes	30	38
Gender (M/F)	8/19	8/12
Mean age (yr)	54.00±6.15 (42~65)	52.89±6.30 (43~66)
IOL power (D)	19.22±2.06	-
CDVA (logMAR)	0.39±0.19	0.06±0.05
Sphere (D)	0.75±1.32	-0.05±1.24
Cylinder (D)	-0.59±0.49	-0.42±0.50

CDVA: corrected distance visual acuity, IOL: intraocular lens

후 경과기간에 따라 수술 후 1주일, 1개월 째 나안 원거리시력을 측정하고 현성굴절검사를 실시하여 최대교정 원거리시력을 측정하였다. 수술 3개월째에는 나안 원거리 시력, 나안 중간거리 시력, 나안 근거리 시력, 최대교정 원거리 시력 및 현성 굴절검사에 의한 굴절이상도를 모두 측정하였다. 대조군은 최대교정 원거리 시력과 현성굴절검사에 의한 굴절이상도를 측정하였다.

원거리 시력은 2 m 거리에서 LCD chart ETDRS 시력표를 이용하여 측정하였고, 중간거리(50 cm)와 근거리(30 cm) 시력은 Jaeger chart를 이용하여 측정 후 logMAR 시력표에 해당하는 환산시력으로 보정하였다.

2) 시기능 측정

시기능은 수술 전 OQAS 장비(Visionmetrics, Castelldefels, Spain)로 4 mm 동공크기에서 OSI, MTF cut off, Strehl ratio를 측정하였으며, 대상자의 $-11.00\text{ D} \sim +5.00\text{ D}$ 범위의 구면굴절력은 장비에서 제공하는 값으로, 원주굴절력은 현성굴절검사 후 0.50 D 이상의 난시는 시험렌즈로 교정 후 측정하였다. 각막 건조에 의한 영향을 최대한 배제하기 위하여 측정 전 눈을 깜박이게 하고 측정하는 동안에도 자연스러운 눈 깜박임을 유지하도록 하였고 대조군도 동일한 방법으로 측정하였다. 인공수정체 삽입안의 경우에는 수술 1주일 후, 1개월 후, 3개월 후에 각각 OSI, MTF cut-off, Strehl ratio 값을 측정하였다.

3) 설문조사

수술 3개월 후 자각적으로 느끼는 만족도는 설문조사를 통해 전반적인 만족도, 원거리 시력, 중간거리 시력, 근거리 시력, 달무리(halo), 눈부심(glare)의 항목에 대해 5점 척도(매우 만족 5, 만족 4, 보통 3, 불만족 2, 매우 불만족 1)로 측정하였다.

4) 통계분석

통계분석은 SPSS ver. 18.0을 이용하였고 다초점 인공수정체 삽입군의 수술 전, 수술 후 1주일, 1개월, 3개월 후 측정값은 경과 기간에 따라 대응표본 T검정과 분산분석을 이용하여 비교하였고, 인공수정체 삽입 3개월 후의 검사값을 정상 안의 검사값과 독립표본 T검정을 이용하여 비교하였으며 유의수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

결 과

1. 비구면 다초점 인공수정체 삽입 후 굴절이상도 및 시력 변화

비구면 다초점 인공수정체 삽입 3개월 후 굴절이상도는 구면굴절력 $0.03 \pm 0.35\text{ D}$, 원주굴절력 $-0.43 \pm 0.31\text{ D}$ 로 수술 전과 큰 차이는 없지만 인공수정체의 형태 및 재질 등에 의한 수정체내에서 위치변동으로 나타난 것으로 보인다.

원거리 나안시력은 수술 전 $0.67 \pm 0.20\text{ logMAR}$, 수술 1주일 후 $0.30 \pm 0.12\text{ logMAR}$, 수술 1개월 후 $0.22 \pm 0.13\text{ logMAR}$ 로 수술 전 나안시력보다 유의하게 향상되었으며 ($p < 0.001$, $F = 65.07$), 수술 후 경과기간에 따라서도 유의하게 개선되어($p = 0.009$, $F = 4.98$), 수술 1개월 후 나안시력이 안경 없이 원거리 시력에 대해 만족도를 보이는 소수시력 0.7 이상(0.3 logMAR 0.3 이상)인 비율은 80%로 나타났다(Table 2). 수술 3개월 후의 시력은 $0.20 \pm 0.13\text{ logMAR}$ 로 수술 1개월 후와 유의한 차이를 보이지 않았다($p = 0.483$).

원거리 교정시력(Log MAR)은 수술 전 $0.43 \pm 0.21\text{ logMAR}$, 수술 1주일 후 $0.12 \pm 0.09\text{ logMAR}$, 수술 1개월 후 $0.09 \pm 0.07\text{ logMAR}$, 수술 3개월 후 $0.07 \pm 0.06\text{ logMAR}$ 로 수술 후 교정시력이 수술 전보다 유의하게 향상되었으며($p < 0.001$, $F = 59.72$), 수술 후에도 경과기간에 따라서도

Table 2. Postoperative visual acuity, residual refractive error and pseudoaccommodation

	Pre-op	Post-op (at 1week)	Post-op (at 1month)	Post-op (at 3month)	ANOVA test
UDVA (logMAR)	0.67 ± 0.20	$0.30 \pm 0.12^*$	$0.22 \pm 0.13^*$	0.20 ± 0.13	$p < 0.001$
CDVA (logMAR)	0.43 ± 0.21	$0.12 \pm 0.09^*$	$0.09 \pm 0.07^*$	$0.07 \pm 0.06^*$	$p < 0.001$
Sphere (D)	0.08 ± 1.32	0.19 ± 0.38	0.08 ± 0.33	0.03 ± 0.35	$p < 0.001$
Cylinder (D)	-0.59 ± 0.49	-0.53 ± 0.35	-0.38 ± 0.33	-0.43 ± 0.31	$p < 0.001$
UIVA (logMAR) at 50 cm				0.28 ± 0.13	
UNVA (logMAR) at 30 cm				0.04 ± 0.05	

UDVA: uncorrected distance visual acuity, CDVA: corrected distance visual acuity, UIVA: uncorrected intermediate visual acuity, UNVA: uncorrected near visual acuity
* $P < 0.05$, (two-sample t-test)

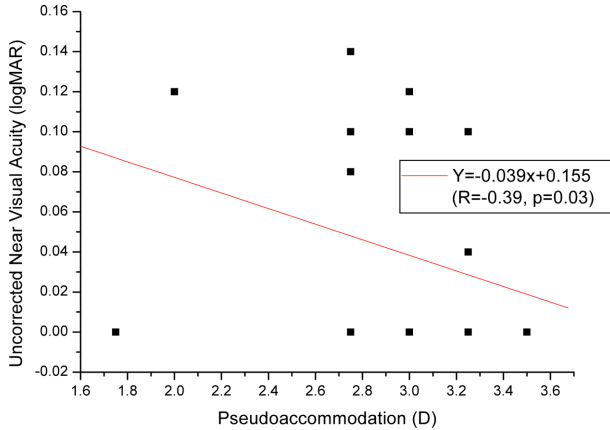


Fig. 1. Correlation between uncorrected near visual acuity and pseudo-accommodation 3 months after multifocal IOL implantation.

유의하게 개선되었다($p=0.020$, $F=4.07$), (Table 2).

시력이 안정기에 접어드는 수술 3개월 후 나안 중간거리 시력은 0.28 ± 0.13 logMAR, 나안 근거리시력은 0.04 ± 0.05 logMAR로 측정되었다.

주관적으로 느끼는 시력에 대한 만족도 조사에서도 수술 3개월 후 원거리 시력은 4.00 ± 0.74 점, 근거리 시력은 4.12 ± 0.77 점으로 평균 4점 이상으로 수술 후 원거리 시력에 대한 만족도가 높았지만, 중간거리 시력은 2.69 ± 0.75 점으로 만족도가 낮게 조사되었다(Table 3).

2. 비구면 다초점 인공수정체 삽입 후 객관적 시기능 평가

객관적 산란지수 OSI는 수술 전 3.10 ± 1.98 , 수술 1주일 후 1.42 ± 0.53 로 유의하게 감소하였고($p < 0.001$), 수술 1주일 이후부터는 더 작은 값으로 측정되었으나 유의한 차이는 없었다(Table 4, Fig. 2). MTF cut off 값은 수술 전 15.96 ± 6.81 , 수술 후 1주일 31.19 ± 10.22 , 수술 후 1개월 34.46 ± 10.72 로 최대 구별 가능한 공간주파수가 유의하게 높아져 대비감도가 향상되었음을 알 수 있었고, 수술 후 1개월과 3개월 사이에는 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 4, Fig. 3). 망막의 빛 집중도 Strehl ratio는 수술 전 0.11 ± 0.04 ,

Table 3. Subjective satisfaction scores in multifocal intraocular lens group

	Mean \pm SD
Overall	3.69 ± 0.48
Far vision	4.00 ± 0.74
Intermediate vision	2.69 ± 0.75
Near vision	4.12 ± 0.77
Glare	3.62 ± 0.65
Halo	2.46 ± 0.88

(5 point scale ranging from 1 (very dissatisfied) to 5 (very satisfied))

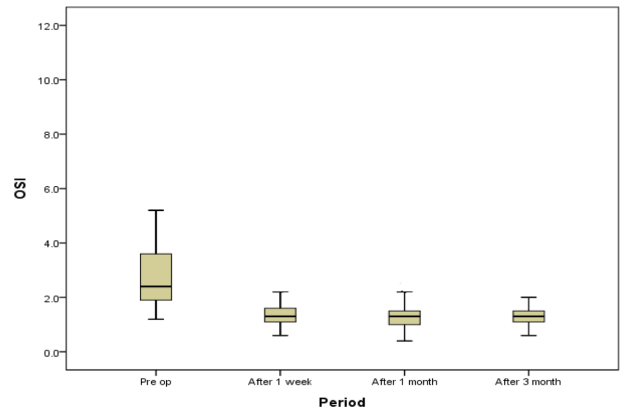


Fig. 2. OSI value in pre-op. and in different periods of follow-up.

수술 후 1주일 0.17 ± 0.07 , 수술 후 1개월 0.19 ± 0.08 로 빛의 집중도가 유의하게 향상된 값으로 나타났으며 수술 후 1개월과 3개월 사이에는 유의한 차이가 없었다(Table 4, Fig. 4).

3. 정상안과 비구면 다초점 인공수정체 삽입 3개월 후 시기능 비교

수술 후 시력이 안정기에 접어든 인공수정체 삽입 3개월 후 최대교정 원거리 시력은 0.07 ± 0.06 logMAR, 정상안의 시력은 0.06 ± 0.05 logMAR로 유의한 차이를 보이지 않았으며($p=0.365$) 인공수정체 삽입 후 원거리 시력은 백내장이 없는 동일 연령대의 정상안과 유사한 수준으로 회

Table 4. Visual performance in pre-op. and in different periods of follow-up

	Pre-op	Post op (at 1week)	Post op (at 1month)	Post op (at 3month)	ANOVA test
OSI	3.10 ± 1.98	$1.42 \pm 0.53^*$	1.33 ± 0.54	1.24 ± 0.33	$p < 0.001$
MTF cut off	15.96 ± 6.81	$31.19 \pm 10.22^*$	$34.46 \pm 10.72^*$	35.70 ± 6.85	$p < 0.001$
Strehl ratio	0.11 ± 0.04	$0.17 \pm 0.07^*$	$0.19 \pm 0.08^*$	0.19 ± 0.06	$p < 0.001$

OSI: objective scatter index, MTF: modulation transfer function, op: operation

* $P < 0.05$, (two-sample t test)

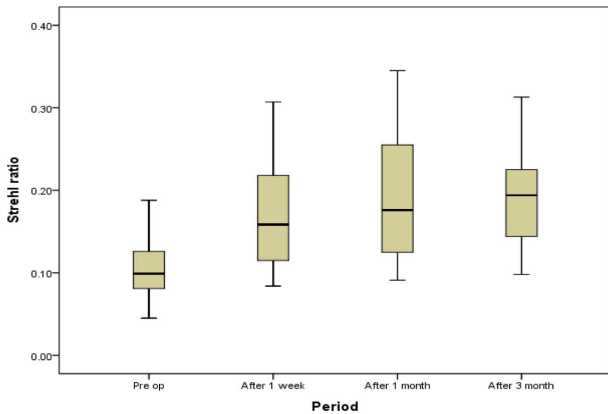


Fig. 3. MTF cut off value in pre-op. and in different periods of follow-up.

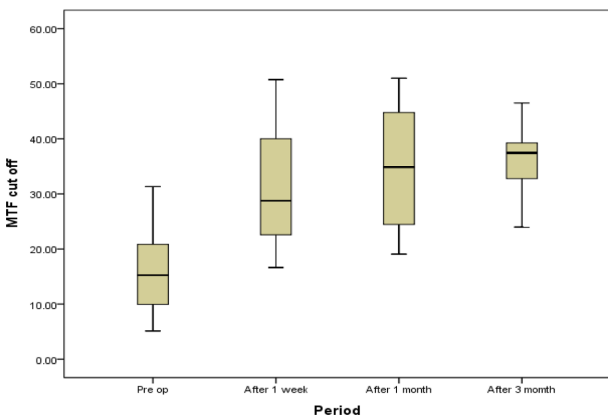


Fig. 4. Strehl ratio in pre-op. and in different periods of follow-up.

복된 것으로 나타났다.

시력의 질적인 요소 OSI 값은 인공수정체 삽입안에서 1.24 ± 0.33 , 정상안에서 0.91 ± 0.38 로 인공수정체 삽입안의 산란지수가 유의하게 높게 나타났고($p < 0.001$), MTF cut off 값과 Strehl ratio 값은 인공수정체 삽입안에서 각각 35.70 ± 6.85 , 0.19 ± 0.06 , 정상안에서 각각 32.44 ± 7.20 , 0.17 ± 0.04 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($p = 0.063$, $p = 0.103$), (Table 5).

주관적으로 느끼는 시력에 대한 만족도 조사에서는 눈부심과 빛 번짐 증상에 대하여 평균 2.46 ± 0.88 의 낮은 점

수를 보였고 특히 야간 빛 번짐이 불편하다고 응답하였다 (Table 3).

고 찰

백내장 수술 후 인공수정체 삽입안의 경우 시력표로 측정된 시력이 시기능의 평가 기준이 될 수 없어 시력의 질이 더 중요하다고 인식되고 있다. 백내장 수술 후 시기능을 향상시킬 수 있는 인공수정체의 개발이 활발히 이루어지고 있으며 최근에는 백내장 수술 후 돋보기를 착용하지 않고 근거리 작업이 용이하도록 다초점 인공수정체가 개발되어 사용되고 있다.

백내장 수술 후 원거리와 근거리 시력을 모두 개선시키는 방법으로 사용되는 다초점 인공수정체의 경우에는 양안에 서로 다른 종류의 다초점 인공수정체를 삽입한 경우에도 비교적 좋은 시력 예후가 보고되었고,^[32,33] 눈부심 및 달무리 증상을 완화하기 위한 여러 형태의 다초점 인공수정체도 개발되어 사용되고 있으나^[34,35] 구면 다초점 인공수정체의 경우에는 단초점 인공수정체보다 좋은 근거리와 중간거리 시력을 제공하지만 수술 후 시력저하, 대비감도 감소, 눈부심 및 달무리 등의 불편한 증상이 유발되었다. 비구면 디자인의 다초점 인공수정체가 개발된 후 각막의 구면수차를 상쇄시킬 수 있어 시각적 불편감이 개선되었지만 여전히 시각적 불편감이 보고되고 있어,^[16,36] 단초점 인공수정체를 선호하는 경우도 많은 실정이다.

본 연구에서는 디자인이 개선된 비구면 다초점 인공수정체 삽입 안을 대상으로 기존의 연구에서 사용한 단편적 또는 주관적인 평가법^[16-18,20-23]보다 객관화된 방법으로 평가된 double pass system을 활용한 OQAS 장비를 이용하여 시력의 질을 평가하였으며, 수술 경과기간에 따라 시기능을 추적 관찰하고 수술 후 안정기에 도달한 상태의 시기능을 백내장이 없는 동일 연령대의 정상안과 비교하였다. 연구에 사용된 인공수정체(ReSTOR® SN6AD3)는 비구면 디자인의 다초점 인공수정체로 apodized 회절성과 굴절성이 결합된 디자인으로 중심부는 3.6 mm 회절 광학부를 갖고 주변부로 가면서 12개의 동심원 모양의 회절영

Table 5. Comparison of visual acuity and visual performance in normal control and monofocal IOL group at 3 months postoperatively

	Multifocal IOL group	Normal control group	P-value
Age	54.00 ± 6.15	52.89 ± 6.30	0.470
CDVA (Log MAR)	0.07 ± 0.06	0.06 ± 0.05	0.365
OSI value	1.24 ± 0.33	0.91 ± 0.38	< 0.001
MTF cut off	35.70 ± 6.85	32.44 ± 7.20	0.063
Strehl ratio	0.19 ± 0.06	0.17 ± 0.04	0.103

역이 점차적으로 높이가 낮아지면서 동심성의 링에서 빛이 회절하면서 분산되어 원거리에서 근거리까지 초점이 생기도록 디자인된 렌즈이다.

인공수정체 삽입 후 원거리, 근거리 시력이 향상되었다는 결과는 여러 선행 연구에서 입증되었는데, Chiam 등^[8]은 구면 다초점 인공수정체(ReSTOR® SA60D3) 삽입 후 나안 원거리 시력이 0.8 이상, 나안 근거리 시력이 35 cm에서 J3 이상(logMAR 0.14 이상)이 90% 이상 나타났다고 보고하였고, Yoon 등^[21]도 비구면 다초점 인공수정체(TECNIS® ZM900) 삽입 후 나안 원거리 시력과 나안 근거리 시력이 0.8 이상인 경우가 각각 88%, 70% 이상이라고 보고한 바 있다. 본 연구에서 사용한 비구면 다초점 인공수정체 삽입안의 경우 원거리 나안시력은 수술 후 경과 기간에 따라 유의하게 개선되어 시력이 안정기에 도달하기 위해서는 수술 후 1개월의 최소 기간이 필요하며 이는 단초점 인공수정체 삽입안의 1주일^[37]보다 긴 기간임을 확인하였다. 수술 3개월 후 나안 원거리 시력은 0.7 이상이 80%, 원거리 교정시력은 0.9 이상이 80% 이상으로 상당한 만족스러운 시력 향상을 보였고, 동일 연령대의 정상안의 평균시력 0.05 ± 0.05 logMAR와 비교하여 유의한 차이가 없으며, 단초점 인공수정체 삽입 안의 결과와^[37] 비교하여도 원거리 나안 및 교정시력에서 모두 차이가 없는 것으로 나타났다($p = 0.75$, $p = 0.23$ respectively). 또한 주관적으로 느끼는 시력에 대한 만족도 조사에서도 수술 3개월 후 원거리 시력은 4.00 ± 0.74 점으로 높은 만족도를 보여주었다.

근거리 시력은 선행연구에서 구면 다초점 인공수정체(ReSTOR® SA60D3) 삽입 6개월 후 0.10 ± 0.03 logMAR,^[2] 비구면 다초점 인공수정체(TECNIS® ZM900)를 삽입 3개월 후 0.09 ± 0.11 logMAR의 시력으로 회복되었다고 보고되었는데,^[21] 본 연구에서도 인공수정체 삽입 3개월 후 0.04 ± 0.05 logMAR의 근거리 시력을 보여 선행 연구와 유사하게 좋은 근거리 시력을 회복한 것으로 나타났으며 주관적인 근거리 시력 만족도 역시 4.12 ± 0.77 점으로 높게 나타났는데 이는 연구에 사용된 다초점 인공수정체가 +4.00 D의 덧댐굴절력을 갖는 디자인으로 30 cm 거리에서의 시력을 회복시킨 것으로 보인다. 구면 다초점 인공수정체 삽입 후 근거리 시력에 대한 만족도는 인공수정체의 구조적인 특성과 관련이 있고 대상자가 고령인 경우가 많아 근거리 작업을 많이 하지 않기 때문에 만족도가 높게 나타날 가능성도 배제할 수 없을 것으로 사료된다.

중간거리 시력은 비구면 다초점 인공수정체(TECNIS® ZM900)를 삽입한 경우 수술 3개월 후 0.10 ± 0.07 logMAR로 향상되었고,^[21] ReSTOR® 계열의 여러 비구면 다초점 인공수정체 삽입안의 경우에도 시력과 만족도 조사에서 전반

적으로 높은 만족도를 얻었다고 보고되었으나,^[22] 본 연구에서는 인공수정체 삽입 3개월 후 중간거리 시력이 0.28 ± 0.13 logMAR로 앞선 근거리 시력에 비해 낮게 나타났고 주관적 만족도 역시 2.69 ± 0.75 점으로 낮게 조사되었다. 이것은 인공수정체 삽입 시 초점거리를 원거리, 중간거리, 근거리를 모두 고려할 수 없는 제한점이 있기 때문에 기대만큼 만족스런 중간거리 시력을 제공하지 못한 요인일 것으로 추정된다.

인공수정체 삽입안의 시력의 질은 선행연구에서는 대비감과 고위수차를 이용하여 비교적 쉽고 효과적으로 평가하였지만,^[38] 대비감과 고위수차는 굴절률, 난시, 동공 크기, 중심에서 이탈된 인공수정체의 위치, 연령 등에 의해 영향을 받으며^[39] 수차, 동공에서의 회절, 간섭, 안구내의 산란, 망막의 추체의 크기 및 시신경계가 모두 관여하는 복잡한 기능이기 때문에 연구자마다 비구면 인공수정체 삽입 안에서의 시력의 질에 대해서 이견을 보이고 있으며,^[40,41] 좀 더 안구 내의 환경과 유사한 검사방법이 필요한 것으로 인식되고 있다. OQAS 장비로 측정하는 객관적 시기능 평가는 안구 내 고위수차와 산란정도를 모두 평가하기 때문에 기존의 방법보다는 임상적으로 좀 더 접근된 검사방법이라 할 수 있다. OQAS 장비로 측정되는 객관적 산란지수 OSI값은 물체의 상이 망막에 맺힐 때 정확하고 선명하게 초점을 맺지 못하고 번지는 정도를 나타내는 값으로 객관적인 시력의 질을 제공하는 지표로 평가되어 백내장의 진행정도를 결정하는 자료로 최근 활용되고 있다.^[42]

본 연구에서 다초점 인공수정체 삽입 후 OSI는 점차 낮은 값을 보이지만 수술 1주일 후 안정된 값을 보이며 수술 3개월 측정된 OSI는 1.24 ± 0.33 로 동일 연령대 정상안의 OSI 0.91 ± 0.39 보다 유의하게 높았고, 단초점 인공수정체 삽입안의 측정값 1.01 ± 0.39 ^[37]보다 높게 나타나 정상안이나 단초점 인공수정체 삽입 안 보다는 산란지수가 높아 눈부심과 빛 번짐 증상의 가능성이 더 높을 것으로 보인다. 산란지수인 OSI는 안구 내 구조물(수정체) 등에 의해 유발되기 때문에 정상 안에서도 나이가 많을수록 증가하기 때문에^[43,44] 동일 연령대에서 정상 안보다는 투명성이 좋은 인공수정체 삽입 안에서 산란정도가 낮게 나타나 눈부심이나 halo현상이 감소한다고 보고되었는데,^[45] 본 연구에서는 정상 안보다 낮지 않고 유사한 수준의 OSI 값으로 측정되었다. 이는 삽입한 다초점 인공수정체에 초점이 2개 혹은 그 이상 있기 때문에 망막에 상이 맺힐 때 빛의 분산으로 산란정도가 높아졌기 때문으로 추정되며, 선행연구에서도 빛의 산란정도는 다초점 인공수정체 삽입 안에서 단초점 인공수정체 삽입 안보다 높다고 보고되었다.^[31] 따라서 다초점 인공수정체를 삽입한 경우 눈부심이

나 빛 번짐 등의 증상이 단초점 인공수정체로 수술 받은 경우와는 달리 나타날 수 있음을 주지시킬 필요가 있다고 사료된다.

다초점 인공수정체는 근거리와 원거리로 빛이 분산되어 대비감도가 감소되고,^[36] 특히 회절 원리를 이용한 다초점 인공수정체는 근거리에 41%, 원거리에 41%로 빛을 분산시키며 18%는 회절과정에서 소실된다.^[36] 따라서 망막에 상을 맺는 빛의 양이 감소하기 때문에 대비감도가 저하되어 수술 후 대비감도가 낮은 경우에는 시력에 대한 만족도가 떨어진다고 보고되었다.^[46] 그러나 본 연구에서는 회절형 디자인의 비구면 다초점 인공수정체를 삽입한 후 대비감도를 나타내는 MTF cut off 값이 단초점 인공수정체 삽입안^[37]과 유사한 수준으로 높게 측정되었고 수술 후 3개월에는 정상안과 유사한 수준으로 회복되었다. 따라서 본 연구에 사용된 비구면 다초점 인공수정체는 회절형 디자인이지만 대비감도를 크게 저하시키지 않아 시력개선에 영향을 준 것으로 사료된다.

망막의 빛 집중도를 나타내는 strehl ratio 값도 수술 후 유의하게 증가하여 수술 3개월 후에는 동일 연령대의 정상 안과 차이를 보이지 않았으며 이 또한 시력개선에 좋은 영향을 준 것으로 보인다. 그러나 주관적인 만족도 평가에서 다초점 인공수정체 삽입 후 눈부심이나 야간 빛 번짐 현상이 여전히 나타나 일정한 동공크기에서 측정된 측정값과 환자의 주관적인 평가에는 차이가 있다고 볼 수 있기 때문에 주관적 평가와 객관적인 평가의 합치점을 찾는 것이 중요할 것으로 보인다. 또한 수술 후 1년 경과 관찰 시 대비감도 및 고위수차가 수술 후 3개월과 비교하여 수술 1년 후 유의한 차이는 아니지만 점점 호전된다는 보고되었지만^[47] 본 연구에서는 1년 동안 추적 관찰할 환자의 수의 제한으로 확인하지 못했지만 추후 OQAS 장비를 이용한 1년 이상의 장기적인 시기능 평가가 필요할 것으로 사료된다.

결 론

본 연구는 OQAS 장비를 이용하여 백내장 환자에서 다초점 인공수정체 삽입 후 경과기간에 따라 객관적인 시력의 질을 평가했다는 점과 임상에서 시력의 질이 회복되는 시기를 제시했다는 점에 의의를 둘 수 있다. 다초점 인공수정체 삽입 3개월 후 원거리 시력과 시기능이 동일 연령대의 정상 안의 수준으로 개선되었으며, 근거리 시력에 대한 만족도는 높으나 중간거리 시력은 만족도가 떨어지는 것으로 나타났다. 다초점 인공수정체의 구조상 빛이 분산되어 대비감도가 감소함에도 수정체보다 투명성이 좋은 인공수정체를 삽입하였기 때문에 빛의 산란정도가 낮게

측정되어 시력의 질이 향상되지만 눈부심이나 빛 번짐 등의 증상이 나타날 수 있음을 주지시킬 필요가 있다고 사료된다.

REFERENCES

- [1] Zhao G, Zhang J, Zhou Y, Hu L, Che C, Jiang N. Visual function after monocular implantation of apodized diffractive multifocal or single-piece monofocal intraocular lens Randomized prospective comparison. *J Cataract Refract Surg.* 2010;36(2):282-285.
- [2] Vingolo EM, Grenga P, Iacobelli L, Grenga R. Visual acuity and contrast sensitivity: AcrySof ReSTOR apodized diffractive versus AcrySof SA60AT monofocal intraocular lenses. *J. Cataract Refract. Surg.* 2007;33(7):1244-1247.
- [3] Rocha KM, Soriano ES, Chamon W, Chalita MR, Nose W. Spherical aberration and depth of focus in eyes implanted with aspheric and spherical intraocular lenses: a prospective randomized study. *Ophthalmology.* 2007;114(11):2050-2054.
- [4] Franchini A. Compromise between spherical and chromatic aberration and depth of focus in aspheric intraocular lenses. *J. Cataract Refract. Surg.* 2007;33(3):497-509.
- [5] Leyland, M, Zinicola E. Multifocal versus monofocal intraocular lenses in cataract surgery: a systematic review. *Ophthalmology.* 2003;110(9):1789-1798.
- [6] Alio JL, Pinero DP, Plaza-Puche AB, Amparo F, Jimenez R, Rodriguez-Prats JL, et al. Visual and optical performance with two different diffractive multifocal intraocular lenses compared to a monofocal lens. *J Refract Surg.* 2011;27(8):570-581.
- [7] Zelichowska B, Rekas M, Stankiewicz A, Cervino A, Montes-Mico R. Apodized diffractive versus refractive multifocal intraocular lenses: optical and visual evaluation. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34(12):2036-2042.
- [8] Chiam PT, Chan JH, Haider SI, Karia N, Kasaby H, Aggarwal RK. Functional vision with bilateral ReZoom and ReSTOR intraocular lenses 6 months after cataract surgery. *J cataract Refract. Surg.* 2007;33(12):2057-2061.
- [9] Souza CE, Muccioli C, Soriano ES, Chalita MR, Oliveira F, Freitas LL, et al. Visual performance of AcrySof ReSTOR apodized diffractive IOL: a prospective comparative trial. *Am J Ophthalmol.* 2006;141(5):827-832.
- [10] Chiam PJ, Chan JH, Aggarwal RK, Kasaby S. ReSTOR intraocular lens implantation in cataract surgery: quality of vision. *J cataract Refract Surg.* 2006;32(9):1459-1463.
- [11] Cionni RJ, Chang DF, Donnenfeld ED, Lane SS, McCulley JP, Solomon KD. Clinical outcomes and functional visual performance: comparison of the ReSTOR apodized diffractive intraocular lens to a monofocal control. *Br J Ophthalmol.* 2009;93(9):1215-1219.
- [12] Alio JL, Plaza-Puche AB, Pinero DP, Amparo F, Rodriguez-Prats JL, Ayala MJ. Quality of life evaluation after

- implantation of 2 multifocal intraocular lens models and a monofocal model. *J Cataract Refract. Surg.* 2011;37(4): 638-648.
- [13] Hofmann T, Zuberbuhler B, Cervino A, Montes-Mico R, Haefliger E. Retinal straylight and complaint scores 18 months after implantation of the AcrySof monofocal and ReSTOR diffractive intraocular lenses. *J Refract Surg.* 2009;25(6):485-492.
- [14] de Vries NE, Webers CA, Touwslager WR, Bauer NJ, Brabander JD, Berendschot TT, et al. Dissatisfaction after implantation of multifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 2011;37(5):859-865.
- [15] Woodward MA, Randleman JB, Stulting RD. Dissatisfaction after multifocal intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg.* 2009;35(6):992-997.
- [16] Montés-Micó R, Espana E, Bueno I, Charman WN, Menezo JL. Visual performance with multifocal intraocular lenses: mesopic contrast sensitivity under distance and near conditions. *Ophthalmology* 2004;111(1):85-96.
- [17] Schmitz S, Dick HB, Krummenauer F, Schwenn O, Krist R. Contrast sensitivity and glare disability by halogen light after monofocal and multifocal lens implantation. *Br J Ophthalmol.* 2000;84(10):1109-1112.
- [18] 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(10):1882-1886.
- [19] Chalita MR, Chavala S, Xu M, Krueger RR. Wavefront analysis in post-LASIK eyes and its correlation with visual symptoms, refraction, and topography. *Ophthalmology* 2004; 111(3):447-453.
- [20] Ortiz D, Alio JL, Bernabeu G, Ponzo V. Optical performance of monofocal and multifocal intraocular lenses in the human eye. *J Cataract Refract. Surg.* 2008;34(5):755-762.
- [21] Yoon JU, Chung JL, Hong JP, Ha BJ, Kim EK, Kim TI. Comparison of wavefront analysis and visual function between monofocal and multifocal aspheric intraocular lenses. *J Korean Ophthalmol Soc.* 2009;50(2):195-201.
- [22] Kim SM, Kim CH, Chung ES, Chung TY. Visual outcome and patient satisfaction after implantation of multifocal IOL: three-month follow-up results. *J Korean Ophthalmol Soc.* 2012;53(2):230-237.
- [23] Zhang F, Sugar A, Jacobsen G, Collins M. Visual function and spectacle independence after cataract surgery: bilateral diffractive multifocal intraocular lenses versus monovision pseudophakia. *J Cataract Refract Surg.* 2011;37(5): 853-858.
- [24] Dowski ER Jr, Cathey WT. Extended depth of field through wave-front coding. *Appl Opt.* 1995;34(11):1859-1866.
- [25] Kim SG, Park, SC. Prediction of visual performance using contrast sensitivity function and modulation transfer function. *Korean J Optics Photonics.* 2004;15(5):461-468.
- [26] McLellan JS, Prieto PM, Marcos S, Burns SA. Effects of interactions among wave aberrations on optical image quality. *Vision Res.* 2006;46(18):3009-3016.
- [27] Artal, P, Ferro, M, Miranda, I, Navarro R. Effects of aging in retinal image quality. *J Opt Soc Am A.* 1993; 10(7):1656-1662.
- [28] Diaz-Douton F, Benito A, Pujol J, Arjona M, Guell JL, Artal P. Comparison of the retinal image quality with a Hartmann-Shack wavefront sensor and a double-pass instrument. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47(4): 1710-1716.
- [29] Castro JJ, Jimenez JR, Hita E, Ortiz C. Influence of interocular differences in the Strehl ratio on binocular summation. *Ophthal Physiol Opt.* 2009;29(6):370-374.
- [30] Ortiz D, Alio, JL, Ruiz-Colecha J, Oser U. Grading nuclear cataract opacity by densitometry and objective optical analysis. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34(8): 1345-1352.
- [31] Vilaseca M, Arjona M, Pujol J, Issolio L, Guell JL. Optical quality of foldable monofocal intraocular lenses before and after injection: comparative evaluation using a double-pass system. *J Cataract Refract Surg.* 2009;35(8): 1415-1423.
- [32] Gunenc U, Celik L. Long-term experience with mixing and matching refractive array and diffractive CeeOn multifocal intraocular lenses. *J Refract Surg.* 2008;24(3):233-242.
- [33] 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(3): 300-305.
- [34] Ito M, Shimizu K. Reading ability with pseudophakic monovision and with refractive multifocal intraocular lens: Comparative study. *J cataract Refract Surg.* 2009; 35(9): 1501-1504.
- [35] Leyland MD, Langan L, Goolfee F, Lee N, Bloom PA. Prospective randomized double-masked trial of bilateral multifocal, bifocal or monofocal intraocular lenses. *Eye.* 2002;16(4):481-490.
- [36] Sen HN, Sarikkola A-U, Uusitalo RJ, Laatikainen L. Quality of vision after AMO Array multifocal intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2004;30(12): 2483-2493.
- [37] Kim JY, Lee KJ. Optical performance after monofocal intraocular lens implantation evaluated using a OQAS. *Korean J Vis Sci.* 2013;15(2):173-182.
- [38] Piers PA, Weeber HA, Artal P, Norrby S. Theoretical comparison of aberration-correcting customized and aspheric intraocular lenses. *J Refract Surg* 2007;23(4): 374-384.
- [39] Pandita D, Raj SM, Vasavada VA, Kazi NS, Vasavada AR. Contrast sensitivity and glare disability after implantation of AcrySof IQ natural aspheric intraocular lens: prospective randomized masked clinical trial. *J Cataract Refract Surg.* 2007;33(4):603-610.
- [40] Kasper T, Buhren J, Kohnen T. Intraindividual comparison of higher-order aberrations after implantation of aspherical and spherical intraocular lenses as a function of

- pupil diameter. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(1):78-84.
- [41] Caporossi A, Martone G, Casprini F, Rapisarda L. Prospective randomized study of clinical performance of 3 aspheric and 2 spherical intraocular lenses in 250 eyes. *J Refract Surg.* 2007;23(7):639-648.
- [42] Artal P, Benito A, Perez GM, Alcon E, Casas AD, Pujol J et al. An objective scatter index based on double-pass retinal images of a point source to classify cataracts. *PLoS One.* 2011;6(2):e16823. doi:10.1371.
- [43] Van den Berg TJ, Van Rijn LJ, Michael R, Heine C, Coeckelbergh T, Nischler C, et al. Straylight effects with aging and lens extraction. *Am J Ophthalmol.* 2007;144(3):358-363.
- [44] Shahidi M, Yang Y. Measurement of ocular aberrations and light scatter in healthy subjects. *Optom Vis Sci* 2004; 81(11):853-857.
- [45] de Vries NE, Franssen L, Webers CA, Tahzib NG, Cheng YY, Hendrikse F et al. Intraocular straylight after implantation of the multifocal AcrySof ReSTOR SA60D3 diffractive intraocular lens. *J Cataract Refract Surg.* 2008; 34(6):957-962.
- [46] Kim JH, Lee JW, Chung JL, Kim EK, Kim TI. Combined Implantation of Monofocal and Multifocal Intraocular lenses in senile cataract surgery. *J Korean Ophthalmol Soc.* 2009;50(11):1632-1638.
- [47] Cheon MH, Lee JE, Kim JH, Kim KH, Lee HG, Kim JY et al. One-year outcome of monocular implant of aspheric multifocal IOL. *J Korean Ophthalmol Soc.* 2010;51(6): 822-828.

Evaluation of Visual Performance for Implanted Aspheric Multifocal Intraocular Lens in the Cataract Patients

Jae-Yoon Kim and Koon-Ja Lee*

Dept. of Optometry, Graduate School of Health Science, Eulji University, Dae-jeon 461-713, Korea
(Received July 31, 2013; Revised September 4, 2013; Accepted September 14, 2013)

Purpose: To evaluate the visual acuity and visual performance after implantation of a aspheric multifocal (ReSTOR[®] SN6AD3) intraocular lens (IOL). **Methods:** Nineteen cataract patients (30 eyes) implanted with an aspheric multifocal IOL (ReSTOR[®] SN6AD3) either unilaterally or bilaterally were participated. Visual acuity (VA) and objective optical performance were evaluated at the time of preoperation, 1 week, 1 month, and 3 month after operation. At 3 month of post-operation, objective visual performance were measured and compared with the 38 eyes of 20 age-matched normal control. Distance VA was measured by using the ETDRS LCD chart and intermediate and near visual acuity were measured using Jaeger chart. Objective visual performance was assessed preoperatively and 1 week, 1 month and 3 month postoperatively using a double-pass system (Optical Quality Analysis System) with a 4-mm pupil diameter, the OSI (objective scatter index), MTF (modulation transfer function) cut off and strehl ratio. At 3 month of post-operation, visual acuity and visual performance compared with age matched normal control. **Results:** The uncorrected distance VA, OSI, MTF cut off and strehl ratio were significantly improved ($p < 0.05$) until 1 month postoperatively. Visual performance of MTF cut off and strehl ratio after 3 month of operation were significantly improved compared to the normal control ($p = 0.063$, $p = 0.103$ respectively), however, OSI was higher than normal control. Patients implanted with aspheric multifocal IOL were satisfied with distance and near VA however, were unsatisfied with intermediate VA and reported glare and halos. **Conclusions:** The visual performance reaches to a stable condition in 1 month of implantation of aspheric multifocal IOL and improved to the level of age-mated normal patients. Also patients were satisfied with their quality of vision, however, intermediate VA, glare and halos were reported as complications.

Key words: Aspheric multifocal intraocular lens, OSI, MTF cut off, Strehl ratio, Visual acuity, Optical performance

Appendix 1

설문 조사서

이름 :

연락처 :

< 다음 항목에 대해서 5점 척도로 기술하십시오 >

5점 - 매우만족, 4점 - 만족, 3점 - 보통, 2점 - 불만족, 1점 - 매우 불만족

1. 백내장 수술 후 수술 전과 비교하여 전반적인 만족도는 어떠한가?5점 - 4점 - 3점 - 2점 - 1점 - 2. 백내장 수술 후 수술 전과 비교하여 원거리 시력에 대한 만족도는 어떠한가?5점 - 4점 - 3점 - 2점 - 1점 - 3. 백내장 수술 후 수술 전과 비교하여 중간거리 시력(50cm)에 대한 만족도는 어떠한가?5점 - 4점 - 3점 - 2점 - 1점 - 4. 백내장 수술 후 수술 전과 비교하여 근거리 시력(30cm)에 대한 만족도는 어떠한가?5점 - 4점 - 3점 - 2점 - 1점 - 5. 백내장 수술 후 수술 전과 비교하여 눈부심 현상에 대한 만족도는 어떠한가?5점 - 4점 - 3점 - 2점 - 1점 - 6. 백내장 수술 후 수술 전과 비교하여 빛 번짐 현상에 대한 만족도는 어떠한가?5점 - 4점 - 3점 - 2점 - 1점 -