

## 백내장 수술 후 비구면 인공수정체 및 구면인공수정체 삽입안에서 광학적 기능의 비교

정진호<sup>1</sup> · 김미금<sup>2,3</sup> · 위원량<sup>2,3</sup> · 이진학<sup>3,4</sup>

인천광역시 의료원 안과<sup>1</sup>, 서울대학교 의과대학 안과학교실<sup>2</sup>,  
서울대학교병원 임상의학연구소 인공안구센터<sup>3</sup>, 분당 서울대학교병원 안과<sup>4</sup>

**목적:** 구면 및 비구면 인공수정체(intraocular lens; IOL)를 삽입한 눈의 광학기능을 비교하고자 한다.

**대상과 방법:** 69명 88안에서 구면(Sensar AR40; Acrysof natural SN60AT) 또는 비구면(Tecnis ZA9003; Acrysof IQ SN60WF) IOL을 22안씩 삽입 후, 술후 1개월에 대비감도, 초점심도, 구면수차를 측정하여 분석하였다.

**결과:** 대비감도는 명소시에는 12,18 cpd에서, 박명시에는 6,12,18 cpd에서 ZA9003와 SN60WF이 구면 IOL보다 유의하게 높았다. 초점심도는 ZA9003 1.31D, SN60WF 1.67D, AR40 1.52D, SN60AT 1.49D로 유의한 차이는 없었다. 구면수차는 ZA9003  $-0.032 \mu\text{m}$ , SN60WF  $0.022 \mu\text{m}$ , AR40  $0.076 \mu\text{m}$ , SN60AT  $0.072 \mu\text{m}$ 으로, SN60WF이 구면 IOL군보다 유의하게 낮았고, ZA9003은 다른 모든 IOL군보다 유의하게 낮았다. 구면수차와 초점심도는 유의한 상관관계를 보였다.

**결론:** 비구면 IOL는 박명시 대비감도가 구면 IOL보다 우수하며, 초점심도도 구면 IOL에 필적하는 결과를 보였다. 인공수정체의 선택 시 개인 각막의 수차를 참조하여 선택하는 것이 바람직하다.

〈대한안과학회지 2010;51(11):1445-1452〉

사람의 안구는 초점거리가 평균 23 mm에 불과하고, 굴절력의 경우 각막 43.5디옵터 및 수정체 20디옵터로 총 63.5디옵터라는 굴절율을 가진 광학계이다. 따라서 상당한 구면수차를 유발할 것으로 예상되지만, 인간의 각막은 주변부로 갈수록 편평한 구조로 구면수차를 줄여주고 있으며, 수정체는 중심부에 비해 주변부의 밀도가 낮아 이에 따른 굴절률(refractive index)의 차이로 안구내 총 구면수차는 0에 가깝게 유지된다.<sup>1-4</sup> 각막의 구면수차는 나이에 따른 변동이 거의 없으나, 수정체는 노화과정에 따라 굴절률(refractive index) 및 구면수차가 증가하며, 안구내 구면수차의 증가는 눈부심, 달무리, 빛 번짐의 증상을 야기하여 시기능을 저하시키는 요인이 된다.<sup>5-8</sup>

2004년 비구면 인공 수정체인 Tecnis (Z9000; Pfizer, New York, NY, USA)가 출시되어, 비구면 디자인과 함께 각막에 존재하는 양의 구면수차를 교정하는 것이 가능해졌다.<sup>9</sup> 비구면 인공수정체 가운데 Tecnis (ZA9003; AMO,

Santa Ana, CA, USA) 인공수정체는 사람 각막의 평균 구면수차인  $+0.27 \mu\text{m}$ 를 전부 보정하기 위해  $-0.27 \mu\text{m}$ 의 구면수차를 가지고 있고, Acrysof IQ (SN60WF; Alcon, Fort Worth, TX, USA)는 약간의 양의 구면수차를 남기기 위해  $-0.20 \mu\text{m}$ 의 구면수차를 지니도록 설계되어 있다. 비구면 인공수정체는 수차의 왜곡이 보정된 좀더 선명한 상을 가 능하게 하고, 조도가 부족한 환경에서 향상된 대비감도를 보여 야간운전에 도움이 되는 장점이 있으나, 조절력의 면에서 이론적으로는 기존 구면 인공수정체보다 초점 심도가 떨어진다는 문제점도 제기되었다.<sup>10-12</sup>

국내에도 비구면과 구면 인공수정체의 임상성적을 비교한 논문이 다수 보고되었으며, 대부분 대비감도의 비교에 중점을 두고 있었다. 여러 종류의 단초점 비구면 인공수정체의 초점심도 및 조절에 대한 비교는 2009년 Bae et al<sup>13</sup>이 Akreos (AO; Bausch & Lomb, Rochester, NY, USA), Acrysof IQ (SN60WF; Alcon), Tecnis (Z9003; AMO)를 비교하여 발표한 논문이 있으며, 인공수정체 간의 내장된 구면수차가  $0.27 \mu\text{m}$ 까지 차이가 나지만 초점심도는 평균 값에서 차이가 나지 않는 것으로 보고한 바 있다.

본 연구의 목적은 Tecnis (ZA9003; AMO) 및 Acrysof IQ (SN60WF; Alcon)의 두 가지 비구면 인공수정체를 삽입한 안의 광학적 성능이 구면 인공수정체인 Sensar (AR40e; AMO, Santa Ana, CA, USA) 및 Acrysof Natural

■ 접 수 일: 2010년 3월 24일 ■ 심사통과일: 2010년 10월 1일

■ 책임저자: 김 미 금

서울시 종로구 연건동 28  
서울대학교병원 안과  
Tel: 02-2072-2665, Fax: 02-741-3187  
E-mail: kmk9@snu.ac.kr

\* 본 논문의 요지는 2007년 대한안과학회 제97회 학술대회에서 구연으로 발표되었음.

**Table 1.** Optical characteristics of the spherical and aspheric IOLs used in the study

Characteristic	Spherical IOLs		Aspheric IOLs	
	Sensar AR40e (AMO)	Acrysof SN60AT (Alcon)	Tecnis ZA9003 (AMO)	Acrysof IQ SN60WF (Alcon)
Optic type	Monofocal	Monofocal	Monofocal	Monofocal
Lens	3-piece	1-piece	3-piece	1-piece
Optical material	Hydrophobic acrylic	Hydrophobic acrylic	Hydrophobic acrylic	Hydrophobic acrylic
Refractive index	1.47	1.55	1.47	1.55
Optic size (mm)	6	6	6	6
Overall length (mm)	13	13	12	13
Design	Spherical surfaces	Spherical surfaces	Prolate anterior surface	Prolate posterior surface
Haptic angulation (°)	5	0	6	0
Haptic material	PMMA*	Hydrophobic acrylic	Polyvinylidene fluoride	Hydrophobic acrylic

\*PMMA = polymethylmethacrylate.

(SN60AT; Alcon, Fort Worth, TX) 인공수정체를 삽입한 안보다 우수한지를 대비감도, 구면수차, 초점심도 면에서 검증하고, 구면수차와 초점심도의 상관관계를 분석하여 비교해 보고자 함에 있다.

## 대상과 방법

2007년 1월부터 2007년 12월까지 백내장 진단을 받은 환자 69명 88안을 대상으로 선정하여 전향적 연구를 시행하였다. 삽입할 인공수정체의 종류에 따라, 비구면 인공수정체로는 Tecnis ZA9003, Acrysof IQ SN60WF의 두 군, 그리고 구면 인공수정체로는 Sensar AR40e 및 Acrysof Natural SN60AT의 두 군의 총 4군으로 군당 22안을 할당하여 분류하였으며, 사용된 인공수정체의 종류별 광학적 특성은 다음의 표로 요약하였다(Table 1).

대상자의 나이는 50에서 80세 사이로 하였고, 증식성 당뇨병망막병증이나, 녹내장이 있거나, 라식 등의 안과적 수술을 받은 경우, 군날개과 같이 각막의 표면에 불규칙한 난시를 일으키는 질환이 있는 경우, 안구건조증으로 각막미란이 심한 경우, 각막 난시가 1.5디옵터 이상인 경우는 대상에서 제외를 하였다.

백내장수술은 한 명의 술자(M.K.)에 의해 동일한 방법으로 시행되었다. 2.75 mm의 이측 각막 투명절개술과 원형 전방절개를 하고, 수력분리술과 수력분출술을 시행하였다. Infinity™ 초음파 유화기(Alcon, Fort Worth, TX, USA)를 사용하여 초음파 수정체유화술을 시행한 다음, 해당 연성 인공수정체를 후방 삽입하였고, 점탄물질을 제거하였다. 수술절개창은 평형염액으로 절개창의 양쪽 끝에 부종을 발생하여 자체 폐쇄되도록 하여 무봉합 상태로 수술을 종료하였다. 수술 중 후방파열이나 인공수정체 중심이탈 등의 합병증이 생긴 경우, 수술 후 경과관찰 중 후방혼탁이 발생한 경우에도 대상에서 제외하였다.

수술 후 1개월째에 현성 굴절검사, 대비감도검사, 초점심

도 검사, 그리고 파면 수차계 검사를 시행하였으며, 현성 굴절검사로 교정된 최대 교정 시력을 logMAR 방식으로 기록하였다. 대비감도 검사는 최대 교정시력으로 교정한 상태에서 VCTS 6500 (Stereo Optical Co, Inc. Chicago, IL, USA)를 사용하여 명소시(photopic condition, 85 cd/m<sup>2</sup>)와 박명시(mesopic condition, 3 cd/m<sup>2</sup>) 조건 하에서 각각 1.5, 3, 6, 12, 18 cpd (cycle per degree)의 주파수에 대해 측정하였다. 초점 심도의 양은 명소시(photopic condition, 85 cd/m<sup>2</sup>) 환경에서 시력을 최대 교정한 상태에서, 마이 너스 구면렌즈를 0.25디옵터 단위로 추가하면서 4 m 거리에서 ETDRS 시력측정법으로 시력을 측정하여, 시력이 0.3 logMAR 이하로 떨어지는 구간의 디옵터의 양으로 측정하였다.<sup>14-16</sup> 안구의 수차를 측정할 때는 30분간 암순응을 한 상태에서, Hartmann-Shack 수차계(WaveScan™ I) (Visx, Santa Clara, CA, USA)를 이용하여 동공크기, 구면수차(Z<sub>40</sub>)를 측정하였고, 측정된 구면수차는 표준 동공크기 4.0 mm를 기준으로 환산하였다.

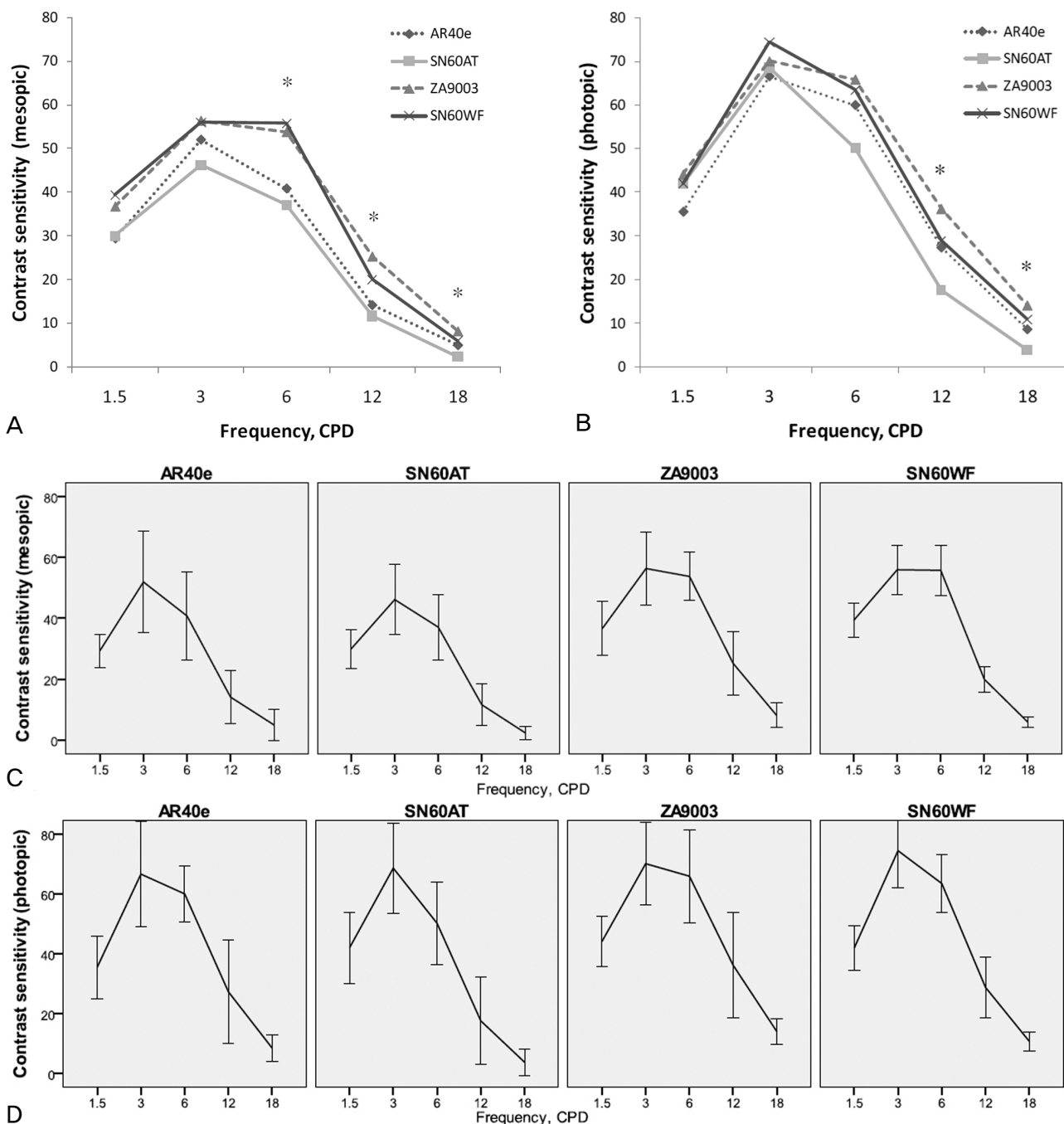
통계적인 분석을 위하여 SPSS 12.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA)프로그램을 사용하였으며, 4가지 인공수정체 군의 다자간 비교를 위해서 Kruskal-Wallis test를 시행하였고, 두 군간의 비교를 위해서 Mann-Whitney U test를 시행하였다. 초점 심도와 환자의 연령, 인공수정체의 도수, 술 후 구면수차의 관련성 분석을 위해 Pearson 상관 분석을 시행하였다. 유의 수준은 p value가 0.05 미만인 경우를 기준으로 하였다.

## 결 과

전체 환자 69명 88안 중 남자는 30명, 여자는 39명이었으며, 각군의 평균 나이는 Tecnis군 62.07 ± 9.80세, Acrysof IQ군 66.36 ± 8.88세, Sensar군 65.48 ± 9.52세, 그리고 Acrysof군은 66.46 ± 9.99세로 각 군간 유의한 차이는 없었다. 삽입한 인공수정체의 도수(power)의 평균값은 Tecnis

**Table 2.** Patient age, IOL power, postoperative BSCVA, and dark-adapted mesopic pupil diameter for the spherical and aspheric IOL groups

Type	Spherical IOLs		Aspheric IOLs	
	Sensar AR40e (AMO)	Acrysof SN60AT (Alcon)	Tecnis ZA9003 (AMO)	Acrysof IQ SN60WF (Alcon)
Mean age*	65.48 ± 9.52	66.46 ± 9.99	62.07 ± 9.80	66.36 ± 8.88
Mean IOL power*	20.52 ± 2.55	20.75 ± 2.32	21.56 ± 2.24	20.73 ± 2.66
Mean postoperative BSCVA* (logMAR)	-0.02 ± 0.12	0.03 ± 0.10	-0.03 ± 0.11	0.01 ± 0.13
Pupil diameter (mm)*	4.64 ± 0.56	4.53 ± 0.52	4.65 ± 0.52	4.55 ± 0.46



**Figure 1.** Contrast sensitivity values under mesopic (3 cd/m<sup>2</sup>) (A,C) and photopic (85 cd/m<sup>2</sup>) (B,D) lighting conditions 1 month postoperatively. The asterisks(\*) indicate the differences in values were significant ( $P < 0.05$ ) between the aspheric and spherical IOL groups. Error bars are indicated on each IOL's contrast sensitivity curve (C,D).

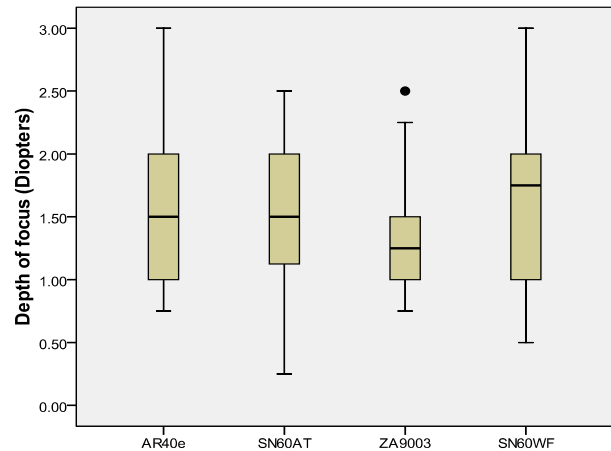
군  $21.56 \pm 2.24$ 디옵터(D), Acrysof IQ군  $20.73 \pm 2.66$ D, Sensar군  $20.52 \pm 2.55$ D, 그리고 Acrysof군은  $20.75 \pm 2.32$ D로, 각 군간 통계적 차이는 없었다(Table 2). 1개월째 시행한 굴절검사상 최대교정시력(logMAR)은 Tecnis군은  $-0.03 \pm 0.11$ , Acrysof IQ군은  $0.01 \pm 0.13$ , Sensar군은  $-0.02 \pm 0.12$ , 그리고 Acrysof Natural은  $0.03 \pm 0.10$ 로 각 군간 유의한 차이는 발견되지 않았다(Table 2).

대비감도 검사에서는 비구면 인공수정체인 Tecnis와 Acrysof IQ군이 명소시와 박명시 조건에서 구면 인공수정체군인 Sensar와 Acrysof Natural군보다 우수한 감도를 보여주었다(Fig. 1). 비구면 인공수정체와 구면 인공수정체를 비교할 때, 명소시에서는 12, 18 CPD구간에서 Tecnis와 Acrysof IQ군이 Acrysof Natural군보다 유의하게 높은 감도를 보여주었다( $p < 0.05$ ). 박명시에서는 6 CPD구간에서 Tecnis군이 Acrysof Natural보다 유의하게 높은 감도를 보여주었고, 12 CPD구간에서는 Tecnis와 Acrysof IQ군 모두가 Sensar 및 Acrysof Natural군보다 유의하게 높은 감도를 보여주었으며, 18 CPD구간에서는 Tecnis와 Acrysof IQ군 모두 Acrysof Natural군보다 통계적으로 유의하게 높은 감도를 보여주었다.

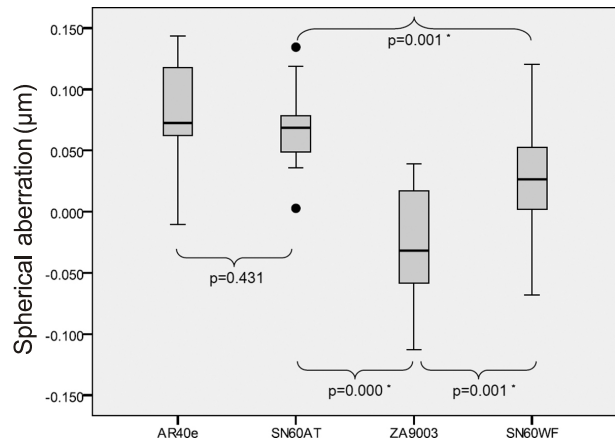
추가로, 비구면 인공수정체인 Tecnis와 Acrysof IQ군을 서로 비교할 때, 3, 6 CPD구간에서는 Acrysof IQ군이 Tecnis군보다 비슷하거나 약간 높은 감도를 보이고, 12, 18 CPD구간에서는 Tecnis군이 Acrysof IQ군보다 약간 높은 감도를 나타내는 경향을 보였으나, 통계적으로 유의한 차이는 어느 구간에서도 관찰되지 않았다. 구면 인공수정체인 Sensar와 Acrysof Natural군을 서로 비교할 때, 전반적으로 Sensar군이 Acrysof Natural군보다 약간 높은 감도를 나타내는 것으로 나타났으나, 역시 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.

초점 심도의 경우 Tecnis군은  $1.31 \pm 0.48$ D, Acrysof IQ군은  $1.67 \pm 0.67$ D, Sensar군은  $1.52 \pm 0.63$ D, 그리고 Acrysof Natural군에서는  $1.49 \pm 0.57$ D로 측정되었고, 통계적으로는 각 군간 유의한 차이는 없었다(Fig. 2). 각 군별 초점 심도의 분포를 상자도표(box plot)로 표현하였을 때, 하위 1사분위 값은 Acrysof Natural 군에서 1.25D였고, 다른 군에서는 1.0D이었으며, 3사분위 값은 Tecnis군에서 1.5D였고, 다른 군들에서는 모두 2.0D로 측정되었다. 암순응된 동공의 평균 크기는 Tecnis군에서  $4.65 \pm 0.52$  mm, Acrysof IQ군에서  $4.55 \pm 0.46$  mm, Sensar군에서  $4.64 \pm 0.56$  mm, 그리고 Acrysof Natural군에서  $4.53 \pm 0.52$  mm로 측정되었으며, 각 군간 통계적 차이는 없었다(Table 3).

파면검사로 측정된 구면수차( $Z_{40}$ )는 Tecnis군에서  $-0.032 \pm 0.042$   $\mu$ m, Acrysof IQ군에서  $0.022 \pm 0.044$   $\mu$ m, Sensar



**Figure 2.** Comparison of the depth of focus for the spherical and aspheric IOL groups. Data are expressed as mean (lower and upper quartiles, box)  $\pm$  standard deviation (bars), extraordinary value (round dot).



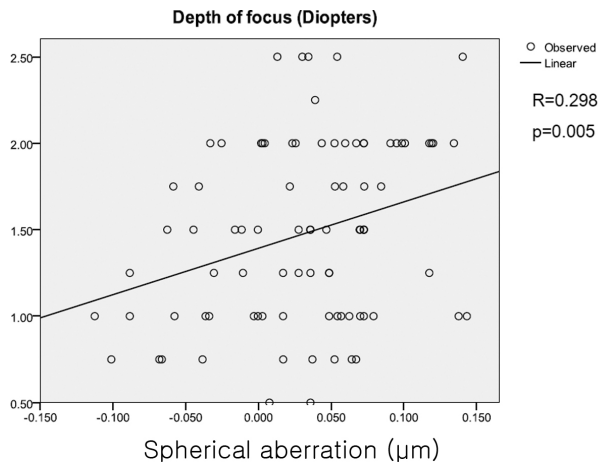
**Figure 3.** Comparison of the postoperative ocular spherical aberrations for the spherical and aspheric IOL groups. Data are expressed as mean (lower and upper quartiles, box)  $\pm$  standard deviation (bars), extraordinary value (round dot).

\*Mann-Whitney U test, statistically significant( $p < 0.05$ ).

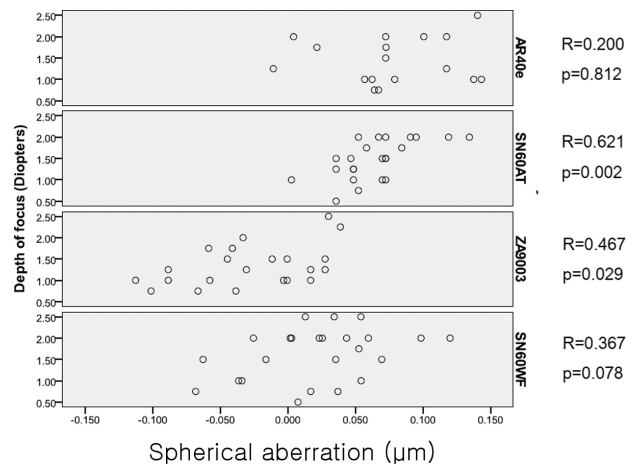
군에서  $0.076 \pm 0.049$   $\mu$ m, 그리고 Acrysof Natural군에서  $0.072 \pm 0.034$   $\mu$ m이었다. 각 군에서 측정된 구면수차값은 같은 구면 인공수정체군인 Sensar군과 Acrysof Natural군 사이에서는 차이가 없었고, 두 구면 인공수정체 군보다 Acrysof IQ군의 구면수차가 유의하게 낮았으며, Tecnis군은 다른 모든 인공수정체 군보다 유의하게 낮은 구면수차를 나타내었다( $p < 0.01$ ) (Fig. 3).

초점 심도에 관련된 인자를 분석하기 위하여, 환자의 연령, 인공수정체의 도수, 수술 후 구면수차에 대하여 전체 인공수정체를 모두 합하여 Pearson 상관 분석을 시행한 결과 환자의 연령(상관계수 0.212,  $p=0.030$ ), 수술 후 구면수차(상관계수 0.298,  $p=0.005$ )가 유의한 상관관계를 보였으

(A) Linear regression curve was estimated over all IOL groups



(B) Scattergram was expressed with each IOL group



**Figure 4.** Scattergrams of post-operative intraocular spherical aberrations and the depth of focus in the spherical and aspheric IOL groups.

며, 각 인공수정체군 가운데서는 Acrysof Naturel군(상관계수 0.621,  $p=0.002$ )과 Tecnis군(상관계수 0.467,  $p=0.029$ )에서 초점심도와 구면수차가 유의한 상관관계를 보였고, Acrysof IQ군은 경계유의성의 상관관계를 보였다(Fig. 4). 연령의 교란을 제거하기 위해, 연령을 조절인자로 하여 모든 인공수정체를 합하여 편상관분석(partial correlation test)을 시행한 결과, 술후 구면수차와 초점심도는 역시 유의한 상관관계를 보임을 확인하였다(상관계수 0.311,  $p=0.004$ ).

## 고 찰

본 연구는 현재 출시되어 있는 비구면 인공수정체 가운데 비교적 보편적으로 사용되고 있는 렌즈 두 가지를 선정하여 연구하였다. 본 연구를 통해 AMO사의 Tecnis ZA9003와 Alcon사의 Acrysof IQ SN60WF를 삽입한 안은 각 동일 회사의 제품인 Sensar AR40e와 Acrysof Natural SN60AT 구면 인공수정체를 삽입한 안에 비해, 광학적 기능이 우수하며, 초점심도도 떨어지지 않음을 확인하였다. 한편, 인공수정체 삽입 후 초점 심도는 개개인의 안구내 잔여 구면수차의 정도에도 영향을 받음을 확인하였고, 이에 따라 본 연구는 비구면 인공수정체의 선택 시 개인 각막의 수차를 참조하여 선택하는 것이 조도의 광학적 기능뿐 아니라 초점심도도 개선할 수 있음을 시사하였다.

본 연구는 비구면 렌즈의 광학적 기능의 비교를 위해, 동일 회사의 구면렌즈를 대조군으로 사용하였다. 구면 인공수정체는 렌즈의 중심과 주변부가 같은 곡률을 지닌다. 따라서, 도수가 증가함에 따라 인공수정체의 구면수차는 이에 비례하여 증가하게 된다. 또한, 인공수정체의 구면수차는 렌즈 재료의 굴절률(refractive index)에 비례하며 증가하

며, 앞면과 뒷면의 곡률을 배합하는 디자인에 의해서도 변동된다.<sup>17</sup> 해당 구면 인공수정체는 각각의 비구면 인공수정체의 모체(mother product)에 해당하는 제품으로, Tecnis는 Sensar와 비교 시 전면부가 비구면이고, Acrysof IQ는 Acrysof Natural과 비교하면 후면부가 비구면이라는 점을 제외하면, 그 외의 인공수정체 재료, 굴절률(refractive index) 및 디자인 등에 대해서는 동일한 특성을 상당 부분 공유하기 때문에, 비구면도(Asphericity)에 따른 인공수정체의 특성 비교에 적합하다고 할 수 있다.<sup>18</sup>

비구면 인공수정체가 구면 인공수정체에 비해 가장 개선된 점은, 구면 수차의 왜곡이 없는 변조전달함수(modulation transfer function, MTF)를 얻게 되어 이루어지는, 저조도 환경에서의 대비감도의 향상이다.<sup>19</sup> 본 연구에서 비구면 인공수정체 군이 구면 인공수정체 군보다 통계적으로 유의하게 높게 측정된 부분은 6-18 CPD구간으로, 비교적 높은 공간 주파수 구간에서 장점이 있음을 알 수 있다. 이는 임상적으로 매우 중요한 의미를 가지는데, 높은 공간 주파수 영역은 실내에서 대비감도가 비교적 낮은 얼굴 알아보기 등의 일상생활에 매우 중요한 인지 영역이기 때문이다. 그리고, 일관되게 저조도 환경에서 비구면 인공수정체와 구면 인공수정체의 차이가 더 크게 나타났다.<sup>2,20</sup> 이는 비구면 렌즈의 광학적 유용성에 대한 기존의 여러 보고를 뒷받침한다.

한편, 대비감도의 성적에 영향을 끼치는 환자 측 요인 가운데 중요한 것으로 여겨지는 것은 동공의 크기, 굴절오차의 정도, 그리고 환자의 연령이다. Nio et al<sup>21</sup>이 보고한 바에 따르면, 대비감도의 측정에 있어 굴절오차가 모두 교정된 상태에서는, 동공의 지름이 2 mm에서 6 mm까지 커져도, 대비감도의 저하가 거의 없지만, 1디오퍼의 굴절오차가 있는 경우 최대 0.8 log-unit 가까이 대비감도의 저하를 유

발하며, 60대에서는 이전 연령대보다 평균 0.20 log unit의 감도 저하가 발생한다. 본 연구에서는 암순응 상태에서 동공의 크기를 측정하여, 각 인공수정체 군간에 유의한 차이가 없음을 확인하였고, 연령에 있어서도 각 군간에 차이가 없었으며, 최대 교정시력으로 교정한 상태에서 검사를 시행하였으므로, 이러한 교란 변수 요인에 대해서 어느 정도 통제되었다고 볼 수 있다.

비구면 인공수정체는 이론적으로 동일한 크기의 착란원을 가정하였을 때, 초점심도가 얇게 형성되는 관계로, 이론적으로 구면 인공수정체보다 초점 심도가 약하게 나타나는 것으로 알려져 있다. 단초점의 비구면 및 구면 인공수정체의 초점 심도를 비교하여 발표된 임상 결과에 따르면, Pepose et al<sup>22</sup>은 비구면과 구면 인공수정체 간에 초점심도는 차이가 없다고 보고하였고, Bae et al<sup>13</sup>은 서로 다른 구면 수차를 가지는 3종류의 비구면 인공수정체 간에 초점 심도의 차이가 없음을 보고한 바 있으며, van Gaalen et al,<sup>18</sup> Nochez et al,<sup>23</sup> Nanavaty et al<sup>24</sup>의 연구에서는 비구면 인공수정체가 구면 인공수정체보다 구면수차의 감소로 인하여 초점 심도가 얇아진다고 보고하였다.

본 연구에서 초점 심도는 Tecnis 비구면 인공수정체에서 평균 0.3디옵터 낮게 측정되었고, Acrysof IQ 비구면 인공수정체의 경우는 네 그룹 가운데 가장 높은 초점심도를 보였으나, 통계적으로 비구면과 구면 인공수정체 간에 초점 심도의 유의한 차이는 없었다.

한편, 초점 심도 측정치의 분포를 분석한 결과, 동일한 인공수정체를 삽입한 군 내에서도 초점 심도 측정치에 다양한 편차를 보였다. 초점 심도에 관련된 인자를 분석하기 위하여, 환자의 연령, 인공수정체의 도수, 술후 구면수차에 대하여 Pearson 상관 분석을 시행한 결과 환자의 연령(상관계수 0.212,  $p=0.030$ ), 술후 구면수차(상관계수 0.298,  $p=0.005$ )가 초점 심도와 유의한 상관관계를 보였다. 초점 심도 검사는 대비감도 검사와 마찬가지로 변조 전달 함수(modulation transfer function, MTF)와 신경계의 반응을 결합한 결과라고 볼 수 있으며,<sup>18</sup> 이에 따라, 환자의 연령에 대한 교란을 배제하기 위해 연령을 조절인자로 하여 편상관분석(partial correlation test)을 시행한 결과, 술 후 구면수차와 초점심도는 마찬가지로 유의한 상관관계를 보임을 확인하였다(상관계수 0.311,  $p=0.004$ ). 이 결과는 인공수정체가 비구면이나 구면 여부의 차이가 술 후 초점심도에 주는 영향보다는 술 후 잔여 구면수차에 따라 유발되는 초점심도의 차이가 더 큰 영향을 끼침을 보여준다.

동일한 크기의 최소착란원을 가정하였을 때, 비구면 인공수정체는 구면 인공수정체보다 얇은 초점 심도를 가지는 것은 이미 잘 알려져 있다. 그러나, van Gaalen et al<sup>18</sup>의 개

념에 따르면, 구면 인공수정체가 광학적으로 품질이 좋지 못하여 MTF가 비구면 인공수정체 보다 낮은 경우에는 구면 인공수정체도 비구면 인공수정체에 비해 얇은 초점 심도를 가지게 된다. 하지만, 이러한 경우는 MTF값이 상대 인공수정체에 비해 50% 가까이 낮아야 가능한데, 본 연구에서 구면 인공수정체는 대비감도 검사에서 저조도와 높은 공간 주파수 구간에서 비구면 인공수정체보다 약간 낮게 측정되었을 뿐, 전반적으로는 좋은 대비 감도를 나타내어 본 연구에 해당이 되지 않는다고 판단된다.

결론적으로, 기능적 시력에 대한 분석은, 저조도에서 시행한 대비감도 검사에서 비구면 인공수정체가 구면 인공수정체보다 우수한 성적을 나타내는 것이 확인되었으며, 초점 심도 면에서도, 우려했던 것과는 달리 구면인공수정체에 필적한 결과를 나타내었다. 다만, 본 연구의 결과가 술후 1개월째에 수집되었음을 감안할 때, 정확한 검증을 위해서는 좀더 장기적인 결과의 분석이 필요할 것이다.

본 연구의 결과는 임상에서 다음 사항을 고려할 때 유용한 정보를 제공할 수 있다. 백내장수술을 시행함에 있어 단초점 비구면 인공수정체를 선택하는데 망설이게 하는 가장 큰 이유는 결국 감소된 초점심도와 이에 따른 근거리 나안시력의 감소로 인한 환자들의 불만족이다. 본 연구에 의하면, 비구면렌즈가 구면렌즈에 비해 초점심도가 저하되지는 않으므로, 이 점 때문에 비구면렌즈의 선택을 회피할 필요는 없을 것으로 간주된다. 그러나, 개개인의 안구내 잔여 구면수차의 정도 또한 술후 초점심도에 유의한 영향을 미치므로, 각막의 구면수차를 미리 측정할 수 있는 경우, 인공수정체 삽입 후 잔여 구면수차를 0 이상으로 예상할 수 있다면, 비구면 인공수정체를 선택함에 있어 초점 심도 감소에 대한 부담을 줄일 수 있다. 각막에 대한 수차계가 없는 경우에는 각막 지형도(corneal topography) 검사가 가능하다면, 지형도 검사자료를 Corneal Topography Viewer (VOL-CT; Sarver & associates, Carbondale, IL, USA) 등의 변환 프로그램에서 읽어 들여서 각막의 구면 수차분석이 가능하다.<sup>25</sup>

따라서, 인공수정체 삽입 후 초점 심도는 인공수정체의 특성(Asphericity)에도 관계되지만, 개인의 안구내 잔여 구면수차 또한 중요하므로, 비구면 인공수정체를 선택할 때 한 가지 종류만 선호하는 것보다는 각막의 수차를 개개인마다 측정하여 참고하는 것이 바람직하다.

## 참고문헌

- 1) Miller D, Gurland JE, Isbey EK. Optics, Refraction and Contact Lenses. San Francisco, CA: American Academy of Ophthalmology, 1992;106.

- 2) Kim HS, Kim SW, Ha BJ, et al. Ocular aberrations and contrast sensitivity in eyes implanted with aspheric and spherical intraocular lenses. *J Korean Ophthalmol Soc* 2008;49:1256-62.
- 3) Wang L, Dai E, Koch DD, Nathoo A. Optical aberrations of the human anterior cornea. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1514-21.
- 4) Artal P, Berrio E, Guirao A, Piers P. Contribution of the cornea and internal surfaces to the change of ocular aberrations with age. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 2002;19:137-43.
- 5) Owsley C, Sekuler R, Siemsen D. Contrast sensitivity throughout adulthood. *Vision Res* 1983;23:689-99.
- 6) Michaels DD. Optics, refraction, and visual function. *Curr Opin Ophthalmol* 1992;3:69-70.
- 7) Packer M, Fine IH, Hoffman RS, Piers PA. Improved functional vision with a modified prolate intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:986-92.
- 8) Charman WN. Ablation design in relation to spatial frequency, depth-of-focus, and age. *J Refract Surg* 2004;20:S542-9.
- 9) Johansson B, Sundelin S, Wikberg-Matsson A, et al. Visual and optical performance of the Akreos Adapt Advanced Optics and Tecnis Z9000 intraocular lenses: Swedish multicenter study. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:1565-72.
- 10) Casprini F, Balestrazzi A, Tosi GM, et al. Glare disability and spherical aberration with five foldable intraocular lenses: a prospective randomized study. *Acta Ophthalmol Scand* 2005;83:20-5.
- 11) 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.
- 12) Kang IS, You IC, Park YG, Yoon KC. Comparison of visual function among aspheric intraocular lenses. *J Korean Ophthalmol Soc* 2009;50:691-7.
- 13) Bae HW, Kim EK, Kim TI. Spherical Aberration, Contrast Sensitivity and Depth of Focus With Three Aspherical Intraocular Lenses. *J Korean Ophthalmol Soc* 2009;50:1639-44.
- 14) Weghaupt H, Pieh S, Skorpik C. Comparison of pseudoaccommodation and visual quality between a diffractive and refractive multifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 1998;24:663-5.
- 15) Walkow L, Klemen UM. Patient satisfaction after implantation of diffractive designed multifocal intraocular lenses in dependence on objective parameters. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2001;239:683-7.
- 16) Ahn HS, Kim SW, Kim EK, Kim TI. Wavefront and visual function analysis after aspherical and spherical intraocular lenses implantation. *J Korean Ophthalmol Soc* 2008;49:1248-55.
- 17) Atchison DA. Design of aspheric intraocular lenses. *Ophthalmic Physiol Opt* 1991;11:137-46.
- 18) van Gaalen KW, Koopmans SA, Jansonius NM, Kooijman AC. Clinical comparison of the optical performance of aspheric and spherical intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:34-43.
- 19) Kamlesh, Dadeya S, Kaushik S. Contrast sensitivity and depth of focus with aspheric multifocal versus conventional monofocal intraocular lens. *Can J Ophthalmol* 2001;36:197-201.
- 20) 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;23:639-48.
- 21) Nio YK, Jansonius NM, Fidler V, et al. Age-related changes of defocus-specific contrast sensitivity in healthy subjects. *Ophthalmic Physiol Opt* 2000;20:323-34.
- 22) Pepose JS, Qazi MA, Edwards KH, et al. Comparison of contrast sensitivity, depth of field and ocular wavefront aberrations in eyes with an IOL with zero versus positive spherical aberration. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2009;247:965-73.
- 23) Nochez Y, Majzoub S, Pisella PJ. Effects of spherical aberration on objective optical quality after microincision cataract surgery. *J Fr Ophthalmol* 2010;33:16-22.
- 24) Nanavaty MA, Spalton DJ, Boyce J, et al. Wavefront aberrations, depth of focus, and contrast sensitivity with aspheric and spherical intraocular lenses: fellow-eye study. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:663-71.
- 25) Packer M, Fine IH, Hoffman RS. Aspheric intraocular lens selection based on corneal wavefront. *J Refract Surg* 2009;25:12-20.

=ABSTRACT=

## Comparison of Optical Performances in Eyes Implanted With Aspheric and Spherical Intraocular Lenses After Cataract Surgery

Jin Ho Jeong, MD<sup>1</sup>, Mee Kum Kim, MD<sup>2,3</sup>, Won Ryang Wee, MD<sup>2,3</sup>, Jin Hak Lee, MD<sup>3,4</sup>

*Department of Ophthalmology, Incheon Medical Center<sup>1</sup>, Incheon, Korea*

*Department of Ophthalmology, Seoul National University College of Medicine<sup>2</sup>, Seoul, Korea*

*Seoul Artificial Eye Center, Seoul National University Hospital Clinical Research Institute<sup>3</sup>, Seoul, Korea*

*Department of Ophthalmology, Seoul National University Bundang Hospital<sup>4</sup>, Seongnam, Korea*

**Purpose:** To compare optical performances in eyes implanted with aspheric and spherical intraocular lenses (IOLs) after cataract surgery.

**Methods:** In 88 eyes of 69 patients, spherical (Sensar AR40; Acrysof natural SN60AT) or aspherical (Tecnis ZA9003; Acrysof IQ SN60WF) IOLs were implanted. After one month, contrast sensitivity, depth of focus, and spherical aberration were measured and compared between the groups.

**Results:** Contrast sensitivities of ZA9003 and SN60WF were significantly higher in 12,18 cycles per degree (CPD) under photopic conditions and were also higher in 6,12,18 CPD under mesopic conditions compared to those of respective spherical IOLs. Depths of focus were 1.31 D in ZA9003, 1.67 D in SN60WF, 1.52 D in AR40, and 1.49 in SN60AT, and the differences were not significant. Spherical aberration (Z40) with a 4 mm pupil was -0.032  $\mu$ m in ZA9003, 0.022  $\mu$ m in SN60WF, 0.076  $\mu$ m in AR40, and 0.072  $\mu$ m in SN60AT. Spherical aberration of SN60WF was significantly lower than spherical IOLs, and that of ZA9003 had the lowest among all IOL groups. Depth of focus significantly correlated with spherical aberration.

**Conclusions:** Aspheric IOLs were superior in mesopic contrast sensitivity and equal in depth of focus to spherical IOLs. Individual corneal spherical aberration should be considered in the choice of IOLs.

J Korean Ophthalmol Soc 2010;51(11):1445-1452

**Key Words:** Aspheric IOL, Contrast sensitivity, Depth of focus, Spherical aberration, Spherical IOL

---

Address reprint requests to **Mee Kum Kim, MD**

Department of Ophthalmology, Seoul National University Hospital

#28 Yongon-dong, Chongno-gu, Seoul 110-744, Korea

Tel: 82-2-2072-2665, Fax: 82-2-741-3187, E-mail: kmk9@snu.ac.kr