

서로 다른 세 가지 비구면 일체형 인공수정체 삽입 수술 후 임상 결과의 비교

Comparing Clinical Results after Intraocular Lens Implantation Surgery Using Three Other Aspheric Lenses

정병훈 · 정지원 · 이형근 · 서경률 · 김응권 · 김태임

Byung Hoon Chung, MD, Ji Won Jung, MD, Hyung Keun Lee, MD, PhD, Kyoung Yul Seo, MD, PhD,
Eung Kweon Kim, MD, PhD, Tae Im Kim, MD, PhD

연세대학교 의과대학 안과학교실 및 시기능개발연구소

Institute of Vision Research, Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: We compared the clinical results after implantation of the newly-developed aspheric intraocular lens iSert 250 NC60 (Hoya Corporation Ltd., Tokyo, Japan) with 2 other types of widely used intraocular lenses, AcrySof IQ SN60WF (Alcon Laboratories, INC., Fort Worth, TX, USA) and TECNIS 1-piece ZCB00 (AMO Inc., Santa Ana, CA, USA).

Methods: Seventy cataract eyes were implanted with 1 of 3 aspheric intraocular lenses (Hoya iSert 250 NC60, TECNIS 1-piece ZCB00 or AcrySof IQ SN60WF) by the same surgeon. Uncorrected vision, best corrected vision, spherical equivalent, higher order aberrations, and modulation transfer function were measured 1 and 3 months after the cataract surgery.

Results: Uncorrected vision and best corrected vision were not significantly different among the 3 groups; however, eyes implanted with iSert250 NC60 showed more hyperopic-shifted postoperative spherical equivalents than expected compared to the other 2 groups. Total ocular aberrations and internal optics aberrations were similar among the 3 groups while the root mean square of the corneal aberrations showed differences. Eyes implanted with iSert 250 NC60 showed superior results in modulation transfer function compared with the other 2 groups in a majority of spatial frequencies 3 months postoperatively.

Conclusions: The newly developed aspheric intraocular lens iSert 250 NC60 showed clinically equal results compared with 2 other verified intraocular lenses AcrySof IQ SN60WF and TECNIS 1-piece ZCB00 in vision, higher-order aberrations, and modulation transfer functions.

J Korean Ophthalmol Soc 2015;56(4):541-547

Key Words: Aberration, Cataract, Intraocular lens, Modulation transfer function, Preloaded

■ **Received:** 2014. 4. 11. ■ **Revised:** 2014. 10. 8.
■ **Accepted:** 2015. 3. 7.

■ Address reprint requests to **Tae Im Kim, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Severance Hospital, #50-1
Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 120-752, Korea
Tel: 82-2-2228-3570, Fax: 82-2-312-0541
E-mail: TIKIM@yuhs.ac

* This study was presented as a narration at the 111th Annual Meeting of the Korean Ophthalmological Society 2014.

초음파 유희술을 이용한 백내장 수술은 현재 가장 일반적으로 사용되는 백내장 수술로, 1967년 처음 시도된 이후 백내장 수술에 필요한 절개창의 크기를 효과적으로 줄일 수 있게 되었다. 낭내, 낭외 백내장 적출술을 시행하던 기존 방식에 비해 크게 줄어든 절개창은 수술 후 최종 시력, 시력 회복 속도, 합병증의 발생 비율 등의 여러 가지 측면에서 우수한 결과를 보였다. 또한 짧은 수술 시간은 초음파 유희술의 대표적 장점 중 하나로 이로 인해 수술 후 발생하게 되는 합병증 빈도 역시 감소하게 되었다.¹⁻³

© 2015 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.

인공수정체 재질은 기존 polymethyl methacrylate (PMMA)를 이용해 제작되던 방식에서 실리콘을 거쳐 현재의 아크릴 제제로 발전하였다. 현재 가장 널리 사용되고 있는 소수성 아크릴 제제의 인공수정체는 염증 반응을 포함한 전반적 생체 적합성 면에서 기존 인공수정체에 비해 월등한 임상 결과를 보여주고 있다.⁴

인공수정체 설계방식 역시 기존 구면 인공수정체에서 비구면 인공수정체로 발전하였다. 각막의 구조적 특성으로 인해 존재하게 되는 양의 구면수차를 줄이기 위해 음의 구면수차를 갖도록 설계된 비구면 인공수정체는 여러 연구에서 구면 인공수정체에 비해 우수한 대비 감도 및 향상된 고위 수차 측정치를 가지고 있음이 보고된 바 있다.^{5,6} 반면 비구면 인공수정체가 가지는 이러한 장점은 환자의 동공 크기, 수술 중 혹은 수술 후 발생할 수 있는 인공수정체의 기울어짐 및 중심 이탈 등에 의해 그 효과가 제한적일 수 있음 역시 논의되고 있다.⁷

한편 접합 인공수정체의 개발은 기존 경성 재질의 인공수정체를 삽입하는 데 필요했던 절개창의 크기를 작게 하는데 큰 기여를 했다. 절개창의 크기가 작아지며 침습성의 정도가 줄어들어 수술 후 염증이 감소하고, 절개창으로 인한 난시 역시 줄어들게 되어 수술 후 시력 회복이 빨라지는 등 임상적인 장점들이 보고되었다.⁸⁻¹¹

초음파 유평술, 소수성 아크릴 제제의 비구면 인공수정체를 사용하는 현재 대부분의 백내장 수술에서는 주입기를 사용하여 접합 인공수정체를 후방에 삽입하고 있다. 이 과정에서 주입기를 통한 인공수정체의 삽입 속도에 따라 다른 절개창의 변형을 유발할 수 있으며,¹² 주입기에 인공수정체를 장착하는 과정에서의 감염 위험성 역시 보고되고 있다.¹³⁻¹⁵

이에 대한 대안으로 인공수정체가 주입기에 장착된 채로 수술 중 사용할 수 있도록 설계된 제품들이 개발되어 왔으며, 이러한 인공수정체들은 수술 시 술자가 직접 주입기 인공수정체를 장착하는 기존 인공수정체와 비슷한 임상 결과를 보이면서도 효율성, 경제성 측면에서 장점을 지닐 수 있음이 보고된 바 있다.^{16,17}

본 연구에서는 백내장 수술 시 일회용 인공수정체 주입기에 장착된 상태로 개발된 새로운 일체형비구면 인공수정체 iSert 250 NC60 (Hoya Corporation Ltd., Tokyo, Japan)의 수술 후 임상 결과를 기존에 널리 사용되는 두 가지 종류의 일체형 비구면 인공수정체인 AcrySof IQ SN60WF (Alcon Laboratories, INC., Fort Worth, TX, USA) 및 TECNIS 1-piece ZCB00 (AMO Inc., Santa Ana, CA, USA)과 비교하고자 시행되었다. iSert 250 NC60 인공수정체는 소수성 아크릴 재질의 비구면 일체형 인공수정체로 광학부의 직경은

6.0 mm이고 광학부와 지지부의 유착을 줄이고자 지지부의 끝부분이 푸른색 PMMA재질로 되어 있으며, 구면수차 -0.18 μm 를 가지도록 설계되었다.

대상과 방법

2011년 1월부터 2014년 1월까지 백내장으로 내원한 환자 중 수정체 초음파 유평술을 시행한 후 비구면 일체형 인공수정체를 삽입하고 3개월 이상 추적 관찰이 가능하였던 환자 총 50명 70안을 대상으로 전향적으로 연구를 진행하였으며, 대상 안에는 무작위 할당을 통해 세 가지 종류의 비구면 일체형 인공수정체 iSert 250 NC60, TECNIS 1-piece ZCB00, 혹은 AcrySof IQ SN60WF 중 하나를 삽입하였다. 백내장 외 다른 안과적 질환이 있는 경우나 수술 중 혹은 수술 후 합병증이 발생한 경우 및 술 후 시행한 세극등 검사 및 iTrace를 이용한 안구수차 결과상 시력 저하를 유발할 수 있다고 알려진 0.5 mm 이상의 인공수정체 중심이탈이나 6° 이상의 기울어짐이 발견된 경우는 제외하였다.¹⁸

수술과정은 다음과 같다. 0.5% proparacaine hydrochloride (Alcaine, Alcon laboratories, Fort Worth, TX, USA)를 사용하여 점안마취하 수술을 진행하였다. 2.8 mm 크기의 투명 각막 절개창을 만들었으며 앞방 내에 점탄물질을 주입한 후 26게이지의 주사 침을 사용하여 약 5-5.5 mm의 크기로 수정체 전방 원형절개를 시행하였다. 이어서 평형염액을 사용하여 수력 분리술을 시행하여 수정체 핵과 겔질을 분리하였고, 수력 분층술을 시행하여 수정체 핵을 외핵과 내핵으로 분리하였다. 이후 초음파를 이용한 수정체 유평술을 사용하여 수정체 핵을 제거하였으며, 남아있는 수정체 겔질은 관류흡입기를 이용하여 제거하였다. 수정체 낭내 잔류수정체를 완전히 제거한 후 점탄 물질을 주입하고 카트리지를 이용하여 인공수정체를 낭내에 삽입하였으며, 이후 관류흡입기를 이용해 잔류 점탄물질을 제거하였다. 수술 절개창은 봉합하지 않고 평형염액으로 절개창의 양쪽 끝에 부종을 일으켜 자체 폐쇄되도록 하였다.

수술 후 1, 3개월째에 현성 굴절검사로 구면 대응치 (spherical equivalent, SE) 및 최대교정시력(log MAR)을 측정하였으며, 수술 전 목표한 굴절력(goal diopter)과 수술 후 1, 3개월의 구면대응치의 차이를 계산하여 비교하였다. 술 전 목표 굴절력은 IOL master (Carl Zeiss, Jena, Germany)의 SRK-T 공식을 이용하여 산출하였으며 연구 당시 기계에 설정된 초기 A 상수는 118.6이었다. 이후 추가적인 자료 수집을 거쳐 A 상수를 보정하였고 현재 사용 중인 iSert 250 NC60의 A 상수는 118.8이다. 수술 후 3개월째에 Ray tracing 방식인 iTrace (Tracey technology, Houston, TX,

USA) 수차계를 사용하여 안구 수차를 측정하였다. 검사는 암실에서 검사치를 얻은 후, 얻어진 값을 바탕으로 동공중심부 5 mm 값을 계산하는 방식으로 시행하였다. 측정된 수차는 Zernike 상수로 표시하였으며, 구면 수차(spherical aberration, SA, Z_4^0 in Zernike term), 수직 및 수평의 코마 수차(vertical and horizontal coma aberration, coma 7: Z_3^{-1} , and coma 8: Z_3^1), 수직 및 수평의 트레포일 수차(vertical and horizontal trefoil aberration; trefoil 6: Z_3^{-3} , and trefoil 9: Z_3^3), 총 고위 수차의 root mean square (RMS of total higher order aberrations; 3rd to 6th order, RMS HoA), 총 수차의 root mean square (RMS of total aberrations, RMS Total)를 분석하였다. 각각의 수차 항목에 대해서는 측정에 사용한 수차계가 제공하는 기능을 이용하여 눈 전체의 수차(ocular aberration), 안구 내 수차(internal optic aberration), 각막 수차(corneal aberration)를 따로 분석하였다. 또한 5 mm 동공 영역에서의 새로 계산된 변조전달기능 (Modulation transfer function, MTF)을 비교하였다. 통계학적 분석은 SPSS 18 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하였다. 세 군의 결과를 분산분석(analysis of variance, ANOVA)하였으며, 통계학적 유의성의 기준은 $p < 0.05$ 로 하였다. 유의한 차이가 있는 경우 각각의 집단을 본페로니 검정(Bonferroni test)을 통해 확인하였다.

결 과

총 70안을 대상으로 진행되었으며, 굴절률, 난시, 동공크기, 환자의 나이, 안축장 등의 영향을 최소화하기 위하여 무작위 할당을 통하여 각각의 인공수정체 삽입 군을 배정

하였다. 총 70안 중 26안에는 iSert 250 NC60, 23안에는 TECNIS 1-piece ZCB00, 그리고 나머지 21안에는 AcrySof IQ SN60WF가 각각 삽입되었다. 연구대상 군 중에서는 수술 중 혹은 후 시력 저하를 유발할 수 있다고 알려진 0.5 mm 이상의 인공수정체 중심이탈이나 6° 이상의 기울어짐이 발견되지 않았다.

세 환자 군에서 연령, 성별, 수술 전 안축장의 길이 차이는 없었다(Table 1). 수술 후 1, 3개월에 측정한 나안시력, 최대 교정시력 및 구면렌즈 대응치는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 수술 전 목표한 구면렌즈 대응치와 수술 후의 구면렌즈 대응치와의 차이는 수술 후 1, 3개월째 모두에서 세 군 간 유의한 차이를 보였다(Table 2, 3). iSert 250 NC60 인공수정체를 삽입한 군에서는 목표했던 구면렌즈 대응치에 비해 실제 구면렌즈 대응치가 더 높은 결과를 보였으나 TECNIS 1-piece ZCB00, AcrySof IQ SN60WF 인공수정체를 삽입한 군에서는 반대로 목표했던 구면렌즈 대응치에 비해 실제 구면렌즈 대응치가 낮은 결과를 보였다. 이에 대해서 Bonferoni 분석을 시행한 결과, 수술 후 1개월째에는 iSert 250 NC60 인공수정체를 삽입한 군과 TECNIS 1-piece ZCB00, AcrySof IQ SN60WF를 삽입한 군 각각에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었으며(Table 2), 수술 후 3개월째에는 iSert 250 NC60 인공수정체를 삽입한 군과 TECNIS 1-piece ZCB00를 삽입한 군에서만 통계적으로 유의미한 차이가 있었다(Table 3).

수술 후 3개월째 iTrace를 이용하여 측정한 수차는 안구 전체 수차(total ocular aberrations)의 경우 전체 root mean square (RMS)와 고위수차 총합(high-order aberration total) 등을 포함한 모든 수차에서 세 군 간의 통계적인 차이는 없

Table 1. Patient demographics

	iSert 250 NC60 (n = 26)	TECNIS ZCB00 (n = 23)	AcrySof SN60WF (n = 21)	p-value
Mean age (years)	64.77 ± 8.9	64.04 ± 8.4	66.67 ± 10.3	0.516
Sex (M/F)	14/12	11/12	8/13	0.514
Right/left of eyes	11/15	11/12	11/10	0.723
Axial length (mm)	23.48 ± 0.46	23.37 ± 0.44	23.74 ± 1.31	0.698

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

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

	iSert 250 NC60 (n = 26)	TECNIS ZCB00 (n = 23)	AcrySof SN60WF (n = 21)	p-value
UCVA (log MAR)	0.20 ± 0.20	0.22 ± 0.18	0.19 ± 0.24	0.810
BCVA (log MAR)	0.12 ± 0.20	0.06 ± 0.21	0.07 ± 0.14	0.347
SE	-0.30 ± 0.41	-0.42 ± 0.57	-0.39 ± 0.69	0.366
Δ (goal diopter-achieved SE)*	0.20 ± 0.29	-0.21 ± 0.48†	-0.10 ± 0.27†	0.001

Values are presented as mean ± SD.

UCVA = uncorrected visual acuity; BCVA = best corrected visual acuity; SE = spherical equivalent.

*Calculated as (spherical equivalent at postoperative 3 months - goal diopter); †Statistically significant difference with iSert 250 NC60.

Table 3. Visual acuity and spherical equivalent at postoperative 3 months

	iSert 250 NC60 (n = 26)	TECNIS ZCB00 (n = 23)	AcrySof SN60WF (n = 21)	p-value
UCVA (log MAR)	0.18 ± 0.22	0.21 ± 0.22	0.19 ± 0.24	0.778
BCVA (log MAR)	0.09 ± 0.17	0.06 ± 0.13	0.06 ± 0.12	0.821
SE	-0.37 ± 0.48	-0.42 ± 0.46	-0.38 ± 0.70	0.559
Δ (goal diopter-achieved SE)*	0.13 ± 0.37	-0.21 ± 0.37†	-0.09 ± 0.27†	0.006

Values are presented as mean ± SD.

UCVA = uncorrected visual acuity; BCVA = best corrected visual acuity; SE = spherical equivalent.

*Calculated as (spherical equivalent at postoperative 3 months – goal diopter); †Statistically significant difference with iSert 250 NC60.

Table 4. Total ocular aberrations (μm) of the 3 groups measured by iTrace®

	iSert 250 NC60 (n = 26)	TECNIS ZCB00 (n = 23)	AcrySof SN60WF (n = 21)	p-value
RMS total	1.95 ± 2.43	1.89 ± 2.56	1.23 ± 0.82	0.464
RMS HOA total	1.62 ± 2.09	1.41 ± 2.21	0.77 ± 0.56	0.276
Trefoil 6 (Z ₃ ⁻³)	-0.21 ± 0.79	-0.20 ± 0.47	0.12 ± 0.50	0.135
Coma 7 (Z ₃ ⁻¹)	-0.07 ± 1.12	0.43 ± 1.11	0.11 ± 0.28	0.186
Coma 8 (Z ₃ ¹)	0.07 ± 0.46	-0.18 ± 0.85	0.01 ± 0.24	0.288
Trefoil 9 (Z ₃ ³)	-0.22 ± 0.99	0.30 ± 0.94	0.02 ± 0.22	0.092
SA (Z ₄ ⁰)	-0.07 ± 0.59	-0.33 ± 0.76	0.01 ± 0.14	0.121

Values are presented as mean ± SD.

RMS = root mean square; HOA = higher order aberration; SA = spherical aberration.

Table 5. Internal optics aberrations (μm) of the 3 groups measured by iTrace®

	iSert 250 NC60 (n = 26)	TECNIS ZCB00 (n = 23)	AcrySof SN60WF (n = 21)	p-value
RMS total	1.93 ± 2.45	1.81 ± 2.57	1.20 ± 0.69	0.479
RMS HOA total	1.63 ± 2.09	1.41 ± 2.23	0.91 ± 0.58	0.404
Trefoil 6 (Z ₃ ⁻³)	-0.19 ± 0.79	-0.17 ± 0.46	0.18 ± 0.55	0.093
Coma 7 (Z ₃ ⁻¹)	-0.06 ± 1.09	0.44 ± 1.09	0.22 ± 0.35	0.175
Coma 8 (Z ₃ ¹)	0.06 ± 0.49	-0.14 ± 0.86	0.01 ± 0.29	0.498
Trefoil 9 (Z ₃ ³)	-0.29 ± 0.98	0.22 ± 0.91	-0.14 ± 0.22	0.075
SA (Z ₄ ⁰)	-0.18 ± 0.60	-0.44 ± 0.82	-0.14 ± 0.15	0.178

Values are presented as mean ± SD.

RMS = root mean square; HOA = higher order aberration; SA = spherical aberration.

Table 6. Corneal aberrations (μm) of the 3 groups measured by iTrace®

	iSert 250 NC60 (n = 26)	TECNIS ZCB00 (n = 23)	AcrySof SN60WF (n = 21)	p-value
RMS total	0.40 ± 0.20	0.60 ± 0.36*	0.74 ± 0.38*	0.002
RMS HOA total	0.27 ± 0.18	0.32 ± 0.25	0.40 ± 0.13	0.081
Trefoil 6 (Z ₃ ⁻³)	-0.02 ± 0.11	-0.04 ± 0.13	-0.06 ± 0.17	0.564
Coma 7 (Z ₃ ⁻¹)	0.03 ± 0.12	-0.01 ± 0.22	-0.04 ± 0.15	0.293
Coma 8 (Z ₃ ¹)	0.01 ± 0.13	-0.04 ± 0.13	0.00 ± 0.14	0.282
Trefoil 9 (Z ₃ ³)	0.06 ± 0.13	0.08 ± 0.14	0.13 ± 0.16	0.245
SA (Z ₄ ⁰)	0.11 ± 0.10	0.15 ± 0.14	0.15 ± 0.06	0.350

Values are presented as mean ± SD.

RMS = root mean square; HOA = higher order aberration; SA = spherical aberration.

*Statistically significant difference with iSert 250 NC60.

었다(Table 4). 인공수정체의 수차를 반영하는 안구 내부수차(internal aberrations) 또한 세 군 간 통계적인 차이는 없었으나(Table 5) 각막 수차(corneal aberrations)의 경우 전체

RMS 값에서만 iSert 250 NC60 군이 나머지 두 군에 각각에 비해 유의하게 작은 결과를 보였다(Table 6).

각막중심기준 5 mm 영역에서 측정된 수술 후 3개월째의

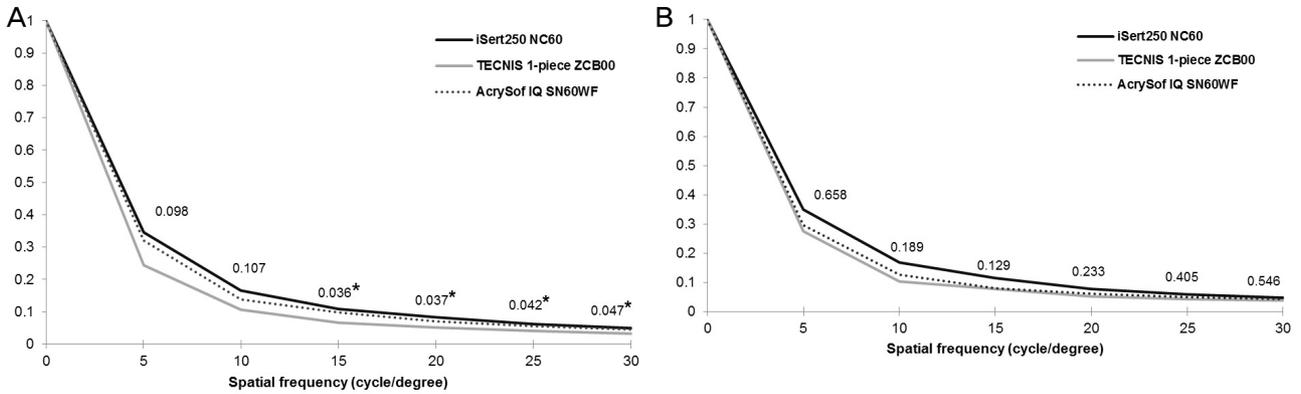


Figure 1. Modulation transfer function (MTF) of 3 groups at 5-mm pupil zone. (A) MTF of total eye. * *p*-value = statistical difference between 3 intraocular lens groups. (B) MTF of internal optics.

변조전달기능(modulation transfer function)을 비교하였을 때 일부를 제외한 다수의 공간주파수에서 iSert 250 NC60 인공수정체를 삽입한 군이 우수한 변조전달기능을 보였다 (Fig. 1). 도표에서 가로축에는 측정된 공간주파수를 세로축에는 해당 공간주파수에 대한 변조전달기능을 표시하였으며, 세 군 모두에서 일반적으로 알려진 것처럼 높은 공간주파수에서 변조전달기능이 감소하는 추세를 확인할 수 있었으나 iSert 250 NC60 군이 나머지 두 군에 비해 대부분의 공간 주파수에서 좀 더 높은 변조전달기능 수치를 보이는 경향이 있었다.

고 찰

저자들은 본 연구를 통해 새롭게 개발된 장착형 iSert 250 NC60 인공수정체의 임상 결과를 기존에 널리 사용되는 두 가지 종류의 일체형 비구면 인공수정체인 TECNIS 1-piece ZCB00 및 AcrySof IQ SN60WF와 비교하였다. 술 후 1, 3개월째 나안시력, 최대 교정시력, 구면렌즈 대응치, 그리고 술 후 3개월째 고위수차, 변조전달기능을 측정, 비교하였다.

세 군에서 측정된 나안시력, 최대 교정시력, 구면렌즈 대응치는 술 후 1, 3개월째에서 모두 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 수술 전 목표 구면렌즈 대응치와 수술 후 구면렌즈 대응치의 경우 술 후 1, 3개월째 모두에서 통계학적인 차이가 있었으며, 추가 검정을 실시한 결과 술 후 1개월째에는 iSert 250 NC60군과 TECNIS 1-piece ZCB00 군, iSert 250 NC60군과 AcrySof IQ SN60WF 각각에서 차이가 있었으며, 술 후 3개월째에는 iSert 250 NC60군과 TECNIS 1-piece ZCB00군 사이에서만 통계학적인 차이가 있었다. 술 후 1개월 후와 3개월 후 모두에서 TECNIS 1-piece ZCB00 (0.16 ± 0.51 , -0.14 ± 0.37), AcrySof IQ SN60WF

(-0.10 ± 0.27 , -0.09 ± 0.27) 삽입안에서는 수술 전 목표 구면렌즈 대응치에 비하여 수술 후 측정된 구면렌즈 대응치가 일부 근시 쪽으로 이동한 소견을 보였으나, iSert 250 NC60 삽입안에서는 목표 구면렌즈 대응치에 비해 다소 원시 쪽으로 이동한 소견을 보였다. 이는 목표 구면렌즈 대응치 산출 과정에서 기준에 널리 쓰이고 있는 TECNIS 1-piece ZCB00, AcrySof IQ SN60WF 인공수정체에 비해 최근 소개된 iSert 250 NC60의 경우 충분한 임상결과를 통한 수정 과정이 아직 진행되지 않아 회사에서 인공수정체 제작 초기에 제시된 A 상수를 목표 구면렌즈 대응치 산출에 이용한 것에 따른 오류의 가능성이 있다. 따라서 본 연구 결과를 바탕으로 임상 사례 취합을 통한 해당 인공수정체의 A 상수 값 보정이 필요할 것으로 생각한다.

비구면 인공수정체는 구면 인공수정체 삽입 시 발생할 수 있는 구면 수차 증가를 상대적으로 감소시킴으로써 기존 구면인공수정체에 비해 향상된 대비감도를 얻을 수 있는 것으로 알려졌다. 본 연구에서는 서로 다른 인공수정체를 삽입한 각각의 군에 대해 술 후 3개월째 ray trace 방식인 iTrace를 사용해 수차를 측정하였다. 인공수정체의 수차, 각막의 수차 및 이 두 가지를 모두 고려한 전체 안구 수차 모두에 대해 통계적인 분석을 했으며, 각막 수차의 root mean square (RMS) 값을 제외하고는 통계적으로 유의미한 차이를 보이는 경우는 없었으나, 세 군에서 모두 각각의 인공수정체가 가지고 있는 고유한 음의 구면수차와 유사한 경향의 안구내구면 수차 결과를 보였다. 세 군 모두 동일 술자에 의해 수술을 시행 받았다는 점을 고려할 때 술 후 3개월째에 나타난 각막 수차 RMS의 차이는 술 전 각각의 군의 각막 상태 차이에 영향을 받았을 것이라고 생각할 수 있다. 각막의 구조적 특성으로 인해 발생하는 양(positive)의 구면 수차를 줄이기 위해 본 연구에서 삽입한 세 가지 종류의 인공수정체 모두 음(negative)의 구면 수차를 가지

도록 설계되었으며(iSert 250 NC60 $-0.18 \mu\text{m}$, TECNIS 1-piece ZCB00 $-0.27 \mu\text{m}$, AcrySof IQ SN60WF $-0.17 \mu\text{m}$), 이는 iTrace 안구내 구면 수차 결과에서 확인할 수 있었다. 시력의 질에 주로 영향을 준다고 알려져 있는 나머지 수차(코마, 트레포일, 고위수차 총합)는 세 군 간 유의미한 차이를 보이지 않았으며, 이를 통해 새롭게 개발된 iSert 250 NC60 비구면 인공수정체가 기존 사용되던 TECNIS 1-piece ZCB00, AcrySof IQ SN60WF 비구면 인공수정체와 술 후 수차 면에서 대등함을 확인할 수 있었다.

시력의 질에 대한 또 다른 평가 도구로 변조전달기능(modulation transfer function)을 이용하였다. 변조전달기능은 시력의 질을 측정하는 데 있어 높은 재현성을 지닌 객관적 검사로 알려져 있다. 인공수정체 기능을 반영하는 안구 내부의 변조전달기능의 경우 세 군 간의 유의한 차이는 없었으나, 전체 안구에 대한 변조전달기능의 경우 iTrace로 측정된 6개의 공간 주파수 중 일부를 제외한 공간주파수 15, 20, 25, 30 (cycle/degree)에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 전반적인 변조전달기능은 iSert 250 NC60 인공수정체가 다른 두 인공수정체에 비해 우수한 경향을 보였는데 이는 노란색 재질의 AcrySof IQ SN60WF 인공수정체와 색이 없는 iSert 250 NC60 인공수정체 차이에 부분적으로 기인했을 가능성이 있다. 재질 차이가 있음에도 현재 임상적으로 널리 쓰이는 인공수정체와의 술 후 결과 비교를 위해 각각 AcrySof IQ SN60WF 인공수정체와 TECNIS 1-piece ZCB00 인공수정체를 비교 대상으로 정하였다. 그러나 TECNIS 1-piece ZCB00 인공수정체의 경우 iSert 250 NC60 인공수정체와 같이 무색 재질로 이루어져 있음에도 불구하고 변조전달기능의 전반적인 차이가 있으므로 iSert 250 NC60 인공수정체와의 변조전달기능 상의 차이는 고유의 구면 수차 값을 포함한 각 인공수정체의 고유 특성 차이에서 비롯됐을 가능성이 있다고 보인다. 변조전달기능에 대한 차이는 대상 수를 늘린 추가적인 연구에서 보다 확실하게 논의될 수 있을 것으로 생각한다.

본 연구에서 이용된 iSert 250 NC60 인공수정체는 인공수정체가 미리 삽입기에 장착된 상태로 사용되도록 새롭게 제작된 인공수정체이다. 기존 인공수정체의 경우 개봉 후 수술방에서 인공수정체 삽입기(injector)에 점탄물질을 주입하고 이후 인공수정체를 술자가 직접 장착하는 방식으로 사용되었다. 이에 비해 삽입기에 장착된 상태로 일체형으로 개발된 iSert 250 NC60 인공수정체의 경우 삽입기에 인공수정체를 장착하는 과정을 생략함으로써 수술과정을 용이하게 하고 동시에 인공수정체 장착 중 발생할 수 있는 오염과 같은 합병증의 발생률을 줄일 수 있을 것으로 기대되었다. 또한 소독을 통해 재사용하던 인공수정체 삽입기에

비해 삽입기 일체형 인공수정체의 경우 한 번의 수술 후 폐기하는 일회용으로 기구로 개발되어 재사용으로 인한 만일의 오염 가능성을 최소화하였다. 한편 원형으로 설계된 인공수정체 삽입기 iSert 250의 끝 부분은 기존에 사용되던 인공수정체 삽입기에 비해 그 직경이 작아 소절개 백내장 수술에 더욱 적합하다는 장점을 지니고 있다. 본 연구는 동일 술자에 의해 시행된 백내장 수술례 분석을 통해 진행되었으며, 백내장 수술 시 투명각막절개창의 크기는 2.8 mm로 각 군 사이의 차이는 없었다. Hoya iSert 250 NC60 인공수정체는 이보다 작은 크기의 절개창으로도 인공수정체 삽입이 가능하므로 추후 기존에 비해 작은 크기의 절개창으로 수술한 경우에 대한 연구가 진행된다면, 추가적인 장점 및 효과를 입증할 수 있을 것으로 생각한다.

그러나 일부에서 진행된 연구에서는 iSert 250의 작은 주입구로 인해 감염의 위험성이 높아질 우려가 있다는 보고가 있었다.¹⁹ 본 연구에서는 감염 관련 합병증은 한 건도 발생하지 않았으나 Matsuura and Inoue¹⁹가 진행한 연구에서는 iSert 250의 작은 주입구와 판상 형태(plate type)의 인공수정체 지지부(haptic)으로 인해 전방 내 오염 위험성을 높일 수 있는 가능성이 있다고 언급하였다. 장착형 인공수정체의 감염에 대한 영향에 대해서는 추가적인 임상 연구가 진행되어야 할 것으로 생각한다.

결론적으로 iSert 250 NC60 인공수정체는 기존에 임상 효과가 검증된 AcrySof IQ SN60WF, TECNIS 1-Piece ZCB00과 비교하여 수술 후 1, 3개월의 시기능 및 수술 후 3개월의 고위 수차, 변조전달기능에서 전반적으로 대등한 임상결과를 보였다.

REFERENCES

- 1) Brint SF, Ostrick DM, Bryan JE. Keratometric cylinder and visual performance following phacoemulsification and implantation with silicone small-incision or poly(methyl methacrylate) intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 1991;17:32-6.
- 2) Levy JH, Pisacano AM, Chadwick K. Astigmatic changes after cataract surgery with 5.1 mm and 3.5 mm sutureless incisions. *J Cataract Refract Surg* 1994;20:630-3.
- 3) Menapace R, Radax U, Amon M, Papapanos P. No-stitch, small incision cataract surgery with flexible intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 1994;20:534-42.
- 4) Olson RJ, Mamalis N, Werner L, Apple DJ. Cataract treatment in the beginning of the 21st century. *Am J Ophthalmol* 2003;136:146-54.
- 5) Nochez Y, Favard A, Majzoub S, Pisella PJ. Measurement of corneal aberrations for customisation of intraocular lens asphericity: impact on quality of vision after micro-incision cataract surgery. *Br J Ophthalmol* 2010;94:440-4.
- 6) Montés-Micó R, Ferrer-Blasco T, Cerviño A. Analysis of the possible benefits of aspheric intraocular lenses: review of the literature.

- J Cataract Refract Surg 2009;35:172-81.
- 7) Schuster AK, Tesarz J, Vossmerbaeumer U. The impact on vision of aspheric to spherical monofocal intraocular lenses in cataract surgery: a systematic review with meta-analysis. Ophthalmology 2013;120:2166-75.
 - 8) Masket S, Wang L, Belani S. Induced astigmatism with 2.2- and 3.0-mm coaxial phacoemulsification incisions. J Refract Surg 2009;25:21-4.
 - 9) Kohnen T, Dick B, Jacobi KW. Comparison of the induced astigmatism after temporal clear corneal tunnel incisions of different sizes. J Cataract Refract Surg 1995;21:417-24.
 - 10) Hayashi K, Yoshida M, Hayashi H. Postoperative corneal shape changes: microincision versus small-incision coaxial cataract surgery. J Cataract Refract Surg 2009;35:233-9.
 - 11) Elkady B, Piñero D, Alió JL. Corneal incision quality: microincision cataract surgery versus microcoaxial phacoemulsification. J Cataract Refract Surg 2009;35:466-74.
 - 12) Pham Lagler CN, Munir WM, Rowe SG. Intraocular lens insertion speed and structural changes in lens and cartridge system. J Cataract Refract Surg 2013;39:660.
 - 13) Bausz M, Fodor E, Resch MD, Kristóf K. Bacterial contamination in the anterior chamber after povidone-iodine application and the effect of the lens implantation device. J Cataract Refract Surg 2006;32:1691-5.
 - 14) Weindler J, Spang S, Jung WK, Ruprecht KW. Bacterial anterior chamber contamination with foldable silicone lens implantation using a forceps and an injector. J Cataract Refract Surg 1996;22 Suppl 2:1263-6.
 - 15) Choi YJ, Han KE, Ahn JM, et al. Comparisons of clinical results after implantation of three aspheric intraocular lenses. J Korean Ophthalmol Soc 2013;54:251-6.
 - 16) Shimizu K, Kobayashi K, Takayama S, Zhaobin G. Preloaded injector for intraocular lens implantation without the use of ophthalmic viscosurgical devices. J Cataract Refract Surg 2008;34:1157-60.
 - 17) Kim YJ, Cheon MH, Ko DA, et al. Clinical outcome of in-the-bag single-piece aspheric intraocular lens implantation after microincision cataract surgery. J Korean Ophthalmol Soc 2013;54:595-601.
 - 18) McKelvie J, McArdle B, McGhee C. The influence of tilt, decentration, and pupil size on the higher-order aberration profile of aspheric intraocular lenses. Ophthalmology 2011;118:1724-31.
 - 19) Matsuura K, Inoue Y. Ophthalmic viscosurgical device backflow into cartridge during intraocular lens insertion using injectors. Clin Ophthalmol 2014;8:321-5.

= 국문초록 =

서로 다른 세 가지 비구면 일체형 인공수정체 삽입 수술 후 임상 결과의 비교

목적: 새롭게 개발된 비구면 인공수정체 iSert 250 NC60의 수술 후 임상 결과를 기존에 널리 사용되는 두 가지 종류의 일체형 비구면 인공수정체인 AcrySof IQ SN60WF, TECNIS 1-piece ZCB00와 비교하였다.

대상과 방법: 동일한 술자에게 수정체유화술 후 세 가지 일체형 비구면 인공수정체 중 하나를 무작위로 배정하여 삽입한 70안을 대상으로 수술 1개월 후, 3개월 후의 나안시력, 최대교정시력, 구면렌즈 대응치, 고위수차 및 변조전달기능을 측정 비교하였다.

결과: 서로 다른 일체형 비구면 인공수정체를 삽입한 세 군에서 수술 1, 3개월 후 나안시력 및 최대교정시력은 유의한 차이를 보이지 않았으나 수술 전 목표한 구면렌즈 대응치와 수술 후 구면렌즈 대응치 간의 차이는 통계적으로 유의했고, iSert 250 NC60을 삽입한 군에서 나머지 두 군에 비해 원시쪽으로 이동한 결과를 보였다. 수술 3개월 후 측정된 안구 전체 수차와 내부 수차에서 세 군 모두 유의한 차이를 보이지 않았으나 각막 수차의 전체 RMS 값에서는 차이를 보였다. 수술 후 3개월째의 변조전달기능을 비교하였을 때 일부를 제외한 다수의 공간주파수에서 iSert 250 NC60 인공수정체를 삽입한 군이 우수한 변조전달기능을 보였다.

결론: 새로운 일체형 비구면 인공수정체 iSert 250 NC60은 시력, 고위수차 및 변조전달기능에서 기존에 임상효과가 검증되었던 AcrySof IQ SN60WF와 TECNIS 1-piece ZCB00와 대등한 결과를 보였다.

<대한안과학회지 2015;56(4):541-547>
