

다초점 비구면 인공수정체의 술 후 시력, 고위수차, 대비감도 및 조절력, 초점심도

윤종억¹ · 정재림¹ · 홍진표¹ · 하병진² · 김태임¹ · 김응권¹

연세대학교 의과대학 안과학교실 시기능연구소¹, 실로암 안과병원²

목적: 단초점 비구면 인공수정체인 TECNIS ZA9003와 다초점 비구면 인공수정체인 TECNIS ZM900의 술 후 시력, 고위수차, 대비감도 및 조절력, 초점심도를 비교하고자 하였다.

대상과 방법: 인공수정체 후방삽입술을 시행한 34안을 ZM900 삽입군(17안)과 ZA9003 삽입군(17안)으로 구분하여 술 전과 술 후 3개월에 원거리 시력 및 중간거리 시력, 근거리 시력, 초점심도를 측정하고 i-Trace를 이용하여 고위수차, 구면수차, 조절력을 측정하고 Optec 6500을 이용하여 대비감도를 측정하여 독립 T-검정으로 두 군의 차이를 비교하였다.

결과: 술 후 3개월째 고위수차, 구면수차, 조절력, 원거리 시력에서 두 군은 유의한 차이를 보이지 않았다. ZM900군은 ZA9003군에 비해 더 낮은 대비감도($P=0.03$), 더 높은 근거리 시력 및 중간거리 시력($P<0.01$), 더 깊은 초점심도를 보였다.

결론: TECNIS ZM900은 단초점 인공수정체와 조절력에는 차이가 없으나 인공수정체의 렌즈의 회절기능으로 근거리와 중간거리 시력을 향상시키고, 비구면 형태로 구면수차를 감소시키는 기능을 보여주었다.

(대한안과학회지 2009;50(2):195-201)

백내장 환자에서 수정체를 제거하고 인공수정체를 삽입하는 수술은 1949년 Ridley에 의해 시행된 후 안과의 보편적인 수술로 자리잡았다. 과거에는 백내장 수술 후 원거리 시력이 회복되는 것을 일차적인 목표로 하였으나 최근에는 백내장 수술에 대한 환자의 기대 수준이 향상되어 돋보기 없이 근거리와 원거리 시력을 모두 얻을 수 있는 다초점 인공수정체와 구면수차를 줄여주는 비구면 인공수정체가 개발되었다.

다초점 인공수정체는 초점이 하나인 기존의 단초점 인공수정체와 달리 2개 혹은 그 이상의 초점을 가지므로 근거리 시력을 향상시키지만,¹⁻⁴ 빛의 분산으로 인해 대비감도가 감소하고⁵⁻¹² 또한, 조도의 변화에 따라 시력 및 시야가 감소한다고 보고된 바 있다.¹³ 한편 비구면 인공수정체는 구면수차를 감소시키므로 기존의 구면 인공수정체에 비해서 시력의 질을 향상시킨다고 알려져 있다.¹⁴

TECNIS ZM900은 다초점 인공수정체인 동시에 비구면 인공수정체로서 렌즈 후면에 있는 동심성의 링에서 빛이 회절하면서 분산되어 원거리와 근거리에 2개의 초점이 생기

게 되며 근거리 굴절 교정값은 4디옵터이다. 또한 렌즈 전면을 통해 비구면 렌즈로 디자인되어 있어 구면수차 교정값이 -0.27로써 구면 인공수정체와는 달리 음의 값을 가진다.

다초점 비구면 인공수정체인 TECNIS ZM900을 통해 비구면 인공수정체가 다초점 디자인에 의해 어떻게 영향을 받는가를 알아보기 위하여 대조군으로 비구면 단초점 인공수정체인 TECNIS ZA9003을 사용해 시력, 고위수차, 대비감도, 조절력 및 초점심도를 비교하고자 하였다. 술 후 임상 결과를 비교하기 위해 시력, 대비감도를 측정하였고, 인공수정체의 원리적인 측면을 비교하기 위해 초점심도, 조절력을 측정하였으며 다초점 디자인이 고위수차에 미치는 영향을 알아보기 위해 안구수차를 측정하였다.

대상과 방법

대상환자

2007년 12월부터 2008년 1월까지 백내장 진단하에 한 술자에 의해서 이측 각막투명절개술과 원형전낭절개를 이용한 초음파유화술을 시행한 후 후방 연성 인공수정체 삽입술을 시행한 26명의 환자 34안을 대상으로 13명의 17안은 TECNIS ZM900를, 나머지 13명의 17안은 TECNIS ZA9003을 무작위로 삽입하였다. 50세에서 75세까지 노인성백내장 환자 중 술 전 각막난시가 1디옵터 이내이고, 안축장 길이가 22 mm에서 24 mm까지의 환자를 대상으로

■ 접 수 일: 2008년 5월 2일 ■ 심사통과일: 2008년 9월 2일

■ 통 신 저 자: 김 태 임

서울시 서대문구 신촌동 134
연세대학교 세브란스병원 안과
Tel: 02-2228-3570, Fax: 02-312-0541
E-mail: tikim@yumc.yonsei.ac.kr

* 본 논문의 요지는 2006년 대한안과학회 제96회 추계학술대회에서 포스터로 발표되었음.

수술을 시행하고, 시력에 영향을 줄 수 있는 눈의 다른 질환이 있거나 수술 과정에 문제가 생긴 경우 연구대상에서 제외하였다.

수술전 검사로써 IOL master (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA)를 이용하여 안축길이 및 각막굴절력을 측정하였다. 술자 고유의 TECNIS ZM900의 상수 A값을 구하기 위해서 TECNIS ZM900과 동일한 재질, 크기, 모양, 삽입기를 가지는 TECNIS Z9000을 이용하여 20례의 수술 후 술 전 K값, 안축장 길이, 인공수정체 도수, 목표굴절값, 술 후 굴절 교정값을 측정하였다. 술자 고유의 상수 A값을 계산한 결과 본래 119.0의 A값을 가지는 TECNIS Z9000가 SRK-T 공식에서 119.31으로 보정되었다. 이에 따라 본래 119.0인 TECNIS ZM900의 상수 A값을 119.31로 보정하여 사용하였다. 곡광도는 SRK-T 공식에 의하여 계산하였고, TECNIS ZM900은 수술 후 최대한 정시안에 가깝게 되는 것을 원칙으로 인공수정체 도수를 선택하였으며 TECNIS ZA9003은 최대한 정시안에 가까운 근시안이 되는 것을 원칙으로 도수를 선택하였다. 모든 환자에서 술 전과 술 후 3개월째 검사를 시행하였으며 통계는 SPSS 12.0 버전을 이용하여 정규성 검정 후 독립 T 검정을 시행하였다. 통계학적 유의성의 기준은 p 값이 0.05 미만으로 하였다.

시력

시력은 근거리, 중간거리와 원거리 시력으로 나뉘어 측정하였다. 그리고 환자가 안경을 쓰지 않을 경우와 안경을 쓸 경우 모두 살펴보기 위해서 각 거리마다 교정하지 않은 나안시력과 원거리에서 교정한 도수의 안경을 착용한 시력에 대해서 각각 측정하였다. 근거리 시력은 33 cm에서 로젠바움(Rosenbaum, Cleveland, OH) 근거리 시력표를 이용하여 측정하였다. 중간거리 시력은 ETDRS 1 m 시력 측정법으로 먼저 측정해보고 이 경우 최대 측정 가능한 시력이 0.5가 되므로 시력이 0.5 이상인 경우는 로젠바움 근거리 시력표를 이용하여 1 m에서 시력을 측정한 뒤 3을 곱하는 방식으로 구했다. 원거리 시력은 6 m에서 스넬렌 시력표를 이용하여 측정하였다.

수차와 조절력

수차는 Mydrin-P (Santen, Osaka, Japan)의 점안으로 6 mm 이상의 동공크기를 얻은 후 i-Trace (Tracey technology Inc., Houston, TX)를 이용하여 RMS(Root mean square)총합, 고위수차, 구면수차, 코마수차, 트레포일수차를 측정하였다. 기계의 특성상 전제수차와 각막수

차 및 안내수차가 따로 표시되어 각각의 값을 얻어 분석하였다.

조절력은 산동하지 않은 상태에서 33 cm 거리의 시력표와 6 m 거리의 표지를 주시할 때 각각 i-Trace를 따로 시행하고, 이들의 굴절 지형도(refraction map)의 차이를 통해서 얻었다. i-Trace의 3차원 굴절 지형도를 이용하여 평균값과 범위를 측정하였다.

대비감도

대비감도는 Optec 6500[®] (Stereo Optical Co, Inc. Chicago, IL)을 이용하여 명소시 (photopic condition, 85 cd/m²)와 박명시 (mesopic condition, 3 cd/m²) 조건하에서 각각 1.5, 3, 6, 12, 18 cpd(cycle per degree)의 주파수에 대해 측정하였다. 검사 시 시력은 원거리에 맞춘 교정 시력이었다.

초점심도

초점심도는 defocusing curve를 사용하여 측정하였다. 스넬렌 시력표를 이용하였고 원거리에서 최대 교정한 상태를 기본으로 여기에 -5 디오퍼터에서 +3 디오퍼터까지 0.5 디오퍼터 단위로 구면렌즈를 바꿔가며 추가하여 시력을 측정하였고 결과값을 이용하여 defocusing curve를 얻었다. 그리고 기존 해외 논문과 동일하게 defocusing curve에서 시력이 0.3 logMAR 이상인 구간을 초점심도로 측정하였다.^{21,22}

결 과

환자 군은 연령, 성별, 술 전 목표굴절치, 술 전 각막난시 수치, 술 후 난시 수치, 술 후 구면렌즈대응치(spherical equivalent)에서 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 1).

시력에서 원거리 시력은 단초점군과 다초점군 간에 차이를 보이지 않았으나, 중간거리, 근거리 시력은 모두 다초점군에서 통계적으로 유의하게($P<0.01$) 높게 나타났다. 나안시력과 원거리에서 교정한 도수의 안경을 착용한 시력에서 모두 같은 결과를 보였다(Table 2). 다초점군에서는 원거리 나안시력이 17안 중에서 17안 모두 0.6 이상이었고 17안 중에서 15안이 0.8 이상이었으며 근거리 나안시력은 17안 중에서 17안 모두 0.6 이상이었고 17안 중에서 12안이 0.8 이상이었다. 단초점군에서는 원거리 나안시력이 17안 중에서 17안 모두 0.6 이상이었고 17안 중에서 13안이 0.8 이상이었으며 근거리 나안시력은 17안 중에서 3안이 0.6 이상이었고 17안 모두 0.8을 넘지 않았다.

Table 1. Demographics of study groups

IOL groups	TECNIS ZM900	TECNIS ZA9003	Mean±SD [†]
No* of eyes (%)	17	17	
OD	7 (41.2)	9 (52.9)	
OS	10 (58.8)	8 (47.1)	
Gender (M:F)	10:7	9:8	
Mean Age	68.00±6.84	64.67±10.37	0.42
Preoperative GD [§]	-0.02±0.11	-0.24±0.26	0.14
Postoperative SE [‡]	-0.19±0.17	-0.29±0.45	0.47
Preoperative corneal Ast	0.43±0.17	0.45±0.21	0.88
Postoperative Ast	0.40±0.29	0.47±0.18	0.48

* No=number; [†] SD=standard deviation; [‡] SE=spherical equivalent; [§] GD=goal diopter; ^{||} Ast=astigmatism.

Table 2. Postoperative visual acuity (logMAR)(Mean±Standard deviation)

IOL groups	TECNIS ZM900	TECNIS ZA9003	p-value
BCDVA*	0.03±0.03	0.03±0.04	0.85
DCIVA [†]	0.04±0.09	0.30±0.09	<0.01**
DCNVA [‡]	0.06±0.07	0.47±0.19	<0.01**
UCDVA [§]	0.07±0.04	0.10±0.04	0.11
UCIVA	0.09±0.11	0.35±0.10	<0.01**
UCNVA [#]	0.10±0.07	0.45±0.20	<0.01**

* BCDVA=best corrected distance visual acuity; [†] DCIVA=distance corrected intermediate visual acuity; [‡] DCNVA=distance corrected near visual acuity; [§] UCDVA=uncorrected distance visual acuity; ^{||} UCIVA=uncorrected intermediate visual acuity; [#] UCNVA=uncorrected near visual acuity; ** Statically significant.

Table 3. Total aberrations (μm) of the examined eyes (Mean±Standard deviation)

IOL groups	RMS* total	HO A [†]	Sph A [‡]	Coma7 A	Coma8 A	Trefoil6 A	Trefoil9 A
ZM900	0.48±0.26	0.22±0.09	-0.02±0.03	0.03±0.06	0.06±0.06	-0.06±0.07	0.13±0.07
ZA9003	0.56±0.24	0.24±0.11	-0.01±0.06	0.01±0.03	-0.03±0.15	-0.1±0.07	0.05±0.11
p-value	0.57	0.74	0.62	0.52	0.18	0.32	0.11

* RMS=Root mean square; [†] HO A=higher-order aberration; [‡] Sph A=Spherical aberration.

Table 4. Internal aberrations (μm) of the examined eyes (Mean±Standard deviation)

IOL groups	RMS* total	HO A [†]	Sph A [‡]	Coma7 A	Coma8 A	Trefoil6 A	Trefoil9 A
ZM900	0.51±0.36	0.19±0.1	-0.07±0.04	-0.02±0.08	0.05±0.08	-0.06±0.07	0.05±0.07
ZA9003	0.52±0.13	0.27±0.18	-0.15±0.14	-0.02±0.06	-0.02±0.11	-0.1±0.07	-0.03±0.17
p-value	0.99	0.37	0.13	0.97	0.16	0.32	0.25

* RMS=Root mean square; [†] HO A=higher-order aberration; [‡] Sph A=spherical aberration.

Table 5. Difference (diopter) of refraction map (Mean±Standard deviation)

IOL groups	TECNIS ZM900	TECNIS ZA9003	p-value
Mean	0.08±0.14	-0.09±0.29	0.15
Range	2.72±1.02	3.39±1.9	0.4

눈 전체 수차와 안구 내 수차는 RMS총합, 고위수차, 구면수차, 코마수차, 트레포일수차의 모든 경우에서 단초점군과 다초점군 사이에 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 구면수차는 눈 전체 수차에서 단초점군이 $-0.01 \pm 0.06 \mu\text{m}$ 였고 다초점군은 $-0.02 \pm 0.03 \mu\text{m}$ 로 두 군 모두에서 매우 낮

은 절대값을 보였다(Table 3, 4).

조절력은 근거리를 주시할 때와 원거리를 주시할 때 시행한 굴절 지형도의 차이가 평균값과 범위에서 두 군 간에 차이를 보이지 않았다(Table 5).

대비감도는 명소시, 박명시 모두에서 다초점군이 단초점군에 비해서 전체적으로 떨어지는 것으로 나타났다. 그 중 주파수 1.5와 6 주파수에서 명소시, 박명시 모두에서 통계적으로 유의하게 대비감도가 저하되었다(Fig. 1, 2).

초점심도는 단초점군이 3디오퍼, 다초점군이 5.5디오퍼로 다초점군에서 단초점군에 비해서 깊은 초점심도를 나타냈다(Fig. 3).

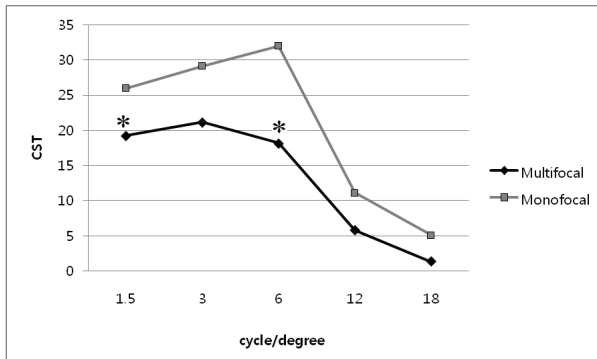


Figure 1. Contrast sensitivity test of the two groups at photopic condition (* $p < 0.05$).

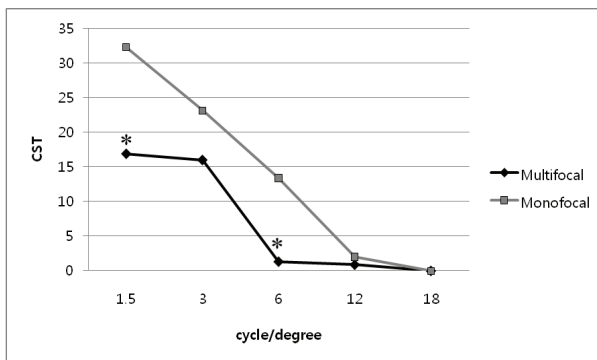


Figure 2. Contrast sensitivity test of the two groups at mesopic condition (* $p < 0.05$).

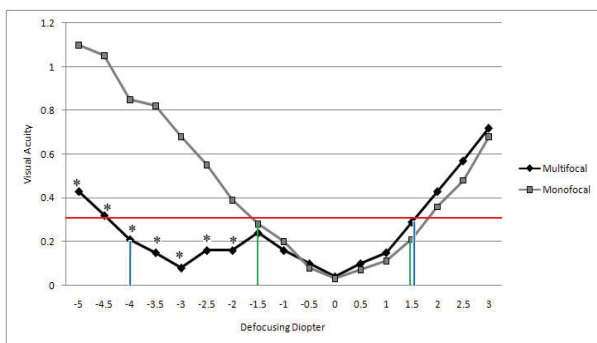


Figure 3. Visual acuity at various defocus levels. The values are a mean of logMAR visual acuity (* $p < 0.05$). Red line=logMAR 0.3; Green line=monofocal group depth of focus; Blue line=multifocal group depth of focus.

그리고 두 군의 모든 데이터 값에 대해서 Kolmogorov-Smirnov 정규성 검정법을 통해 p 값이 0.05 이상으로 정규 분포임을 확인하였다.

고 찰

인공수정체는 인체의 수정체와 달리 탄력성이 없어서 백

내장 수술 후에는 시력의 획기적인 개선을 얻을 수 있지만 조절력이 소실된다는 문제점이 있었다. 이를 해결하기 위해서 한쪽 눈은 원거리, 반대편 눈은 근거리에 맞춰 인공수정체를 넣는 등의 시도가 있었지만 양안시, 입체시의 장애로 만족스런 결과를 얻기 어려웠다.¹⁵

다초점 인공수정체는 이러한 문제를 근본적으로 해결하기 위해 단초점 인공수정체와는 달리 2개 혹은 그 이상의 초점을 가지도록 고안되어 돋보기 없이도 근거리와 원거리 시력을 모두 얻을 수 있다는 장점이 있다. 이전에 발표된 여러 논문들에서 다초점 인공수정체는 단초점 인공수정체에 비해서 근거리 시력을 향상시킬 수 있다고 보고 되었다.^{1-4,16-18,27} 본 연구에서도 다초점군은 단초점군에 비해서 원거리 시력의 유의한 저하가 없이 근거리 시력과 중간거리 시력의 향상을 보였다. 중간거리 시력을 측정하는 거리는 기존 논문에서 50 cm, 66 cm, 80 cm, 1 m로 다양한 거리가 사용되었으나²³⁻²⁶ 본 연구에서는 1 m를 선택하여 중간거리 시력을 측정하였다. 중간거리는 근거리, 원거리와는 달리 널리 사용되고 있는 시력표가 없으며 주로 조명식 시력표가 아니라 인쇄한 시력표를 이용하고 있어 검사의 재현성이 떨어진다는 단점이 있으나 ETDRS 1 m 시력 측정법을 이용하면 조명식 시력표를 이용할 수 있다. 또한 defocusing curve 없이도 1 m 거리의 시력과 33 cm 거리의 시력의 평균값을 통해 초점심도를 간접적으로 알 수 있기 때문에²⁴ 초점심도를 보다 확실하게 비교하기 위해서 중간거리 시력을 1 m에서 측정하였다.

다초점 인공수정체는 근거리와 원거리로 빛이 분산되어 대비감도가 감소하고^{5-12,17} 눈부심, 달무리가 발생할 수 있다는 보고가 여러 차례 있었다.^{3,6,16-18} 본 연구에서도 다초점군은 단초점군에 비해서 전반적으로 모든 빈도에서 대비감도가 감소했으며 특히 1.5와 6 주파수에서 통계적으로 유의한 수준으로 저하되었다. 회절의 원리를 이용한 다초점 인공수정체는 근거리에 41%, 원거리에 41%로 빛을 분산 시키며 나머지 18%는 회절(diffraction)과정에서 소실된다고 보고된 바 있고^{17,19} 이러한 빛의 회절과정에서 빛의 분산 및 소실으로 망막에 정확히 상을 맺는 빛의 조도량이 감소하기 때문에 다초점군에서의 대비감도가 저하되었다고 생각된다. 따라서 다초점 인공 수정체를 원하는 환자의 경우 수술 후 안경이나 돋보기의 의존도가 감소하나, 대비감도의 저하가 생겨 야간에 어두운 곳에서 책을 볼 때 시력저하가 있거나 눈부심 또는 빛 번짐 현상이 있을 수 있음을^{17,18} 미리 주지하여야 할 것이다. 그러나 본 연구에서 다초점 인공 수정체를 삽입한 13명의 환자는 모두 술 후 일상생활에서 안경이나 돋보기를 착용하지 않고 별다른 불편감 없이 지내고 있으며 야간 눈부심, 달무리, 운전 장애를 특별

히 호소하는 환자는 없었다.

또한 이전까지 개발된 다초점 인공수정체는 구면렌즈로 만들어져서 구면수차를 증가시키므로 시력의 질을 저하시킬 수 있었다.¹⁴ 그러나 TECNIS ZM900은 기존 다초점 인공수정체와 달리 비구면렌즈로 만들어졌으며 실제로 본 연구 결과 고위수차가 단초점 비구면 인공수정체인 TECNIS ZA9003와 매우 유사한 결과를 보였다. 따라서 이를 통해 시력의 질을 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다. 한편

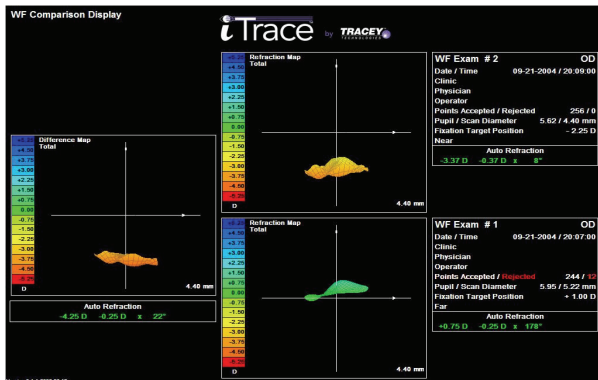


Figure 4. A case of accommodation power of phakic eye.

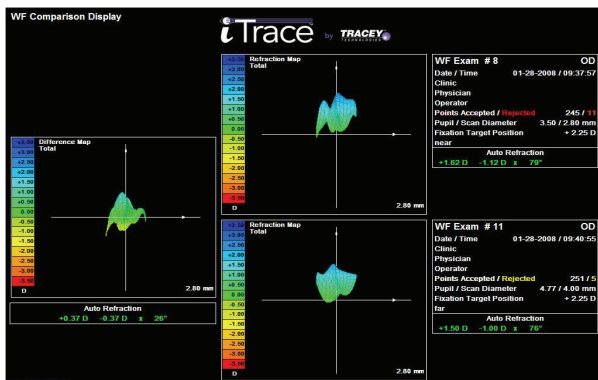


Figure 5. A case of accommodation power of monofocal IOL (TECNIS ZA9003) eye.

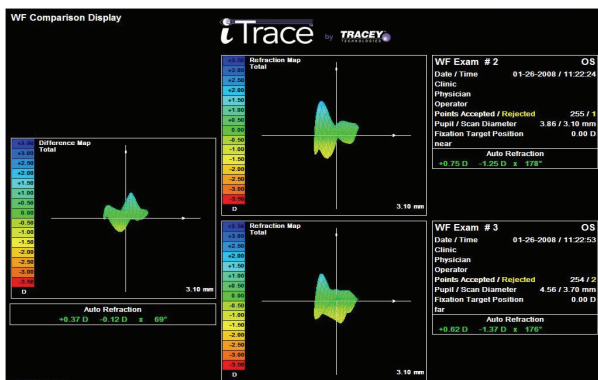


Figure 6. A case of accommodation power of multifocal IOL (TECNIS ZM900) eye.

i-Trace에서는 전체수차 뿐 아니라 각막수차와 안내수차를 따로 측정할 수 있어서 각막 자체의 수차가 심할 경우 이를 배제하고 안구 내부의 수차만을 측정할 수 있다. 그래서 본 연구에서는 전체수차와 안내수차를 따로 측정하였으나 두 값 간에 유의한 차이를 찾을 수는 없었다. 이는 본 연구가 각막난시가 적은 환자를 대상으로 시행되었기 때문으로 보인다.

본 연구에서는 TECNIS ZM900을 사용했을 때 근거리 시력이 향상되는 원리를 알아보기 위하여 조절력, 초점심도를 측정하였는데 조절력은 iTrace를 이용하여 근거리와 원거리를 볼 때 각각 굴절 지형도를 측정한 뒤 그 차이를 통해 계산하였다. 정상 수정체안에서는 근거리를 볼 때와 원거리를 볼 때 굴절 지형도가 조절력만큼의 차이를 보인다 (Fig. 4). 그러나 단초점군은 조절력이 소실되기 때문에 근거리를 볼 때와 원거리를 볼 때 굴절 지형도에 차이를 보이지 않았다 (Fig. 5). 그리고 다초점군의 경우에도 단초점군과 마찬가지로 근거리와 원거리를 볼 때 굴절 지형도에 차이를 보이지 않았다 (Fig. 6). Figure 4~6은 대표적인 예를 보인 것이며 두 군의 통계값은 Table 5에 정리하였고 두 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 즉 TECNIS ZM900에서 근거리 시력이 향상되는 원리가 조절력에 의한 것은 아님을 알 수 있다.

다초점 인공수정체의 경우 단초점 인공수정체에 비해서 초점이 2개 이상이기 때문에 초점심도가 깊어진다는 보고가 여러 차례 있었다.^{3,6,12,20-22} 본 연구에서 defocusing curve에 의해 측정한 다초점군의 초점심도는 5.5 디옵터로 단초점군의 초점심도 3 디옵터에 비해서 깊었다. 또한 원거리에서 교정한 1 m 시력과 33 cm 시력의 평균값에서도 다초점군은 logMAR 0.05, 단초점군은 logMAR 0.39로 다초점군에서 초점심도가 더 깊은 것을 알 수 있다. 이를 통해 볼 때 TECNIS ZM900에서 근거리 시력이 향상되는 원리는 단초점 인공수정체에 비해 깊은 초점심도에 의한 것으로 볼 수 있다.

단초점 인공수정체를 사용하는 경우 수술 후 원시안이 되는 것보다는 근시안이 되는 것이 초점이 근거리와 원거리의 사이에 생겨 환자의 만족도가 높지만 다초점 인공수정체의 경우에는 정시안에 가까운 도수를 사용하도록 렌즈 회사에서 권장하고 있으며 TECNIS ZM900도 AMO에서 목표굴절치를 -0.25에서 +0.25사이로 하도록 권하고 있다. 본 연구에서도 정시안에 되도록 렌즈 도수를 선택하였고 그 결과 TECNIS ZM900에서 평균 목표굴절치가 -0.02로 정시안에 가까웠다. 또한 수술 후 굴절오차를 최대한 줄이고 목표굴절치에 가까운 수술 결과를 위해서 본 연구에서는 TECNIS Z9000의 20예를 이용하여 술자 오차를 줄

이고자 하였으며 이를 통해 SRK-T 공식에서 TECNIS ZM900의 A값인 119.0을 119.31로 교정하여 사용하였다. 다만 TECNIS Z9000은 렌즈의 특성에서 TECNIS ZM900과 대부분 유사하지만 단초점 렌즈인 TECNIS Z9000의 수술 결과를 바탕으로 다초점 렌즈의 A값을 교정하였다는 한계가 있어 추후 TECNIS ZM900의 수술 결과를 바탕으로 다시 A값을 교정할 필요가 있다.

결론적으로 TECNIS ZM900은 단초점 인공수정체와 비교해서 조절력에 차이는 없으나 렌즈의 회절로 인해 초점심도가 깊어져 원거리 시력의 저하 없이 근거리와 중간거리 시력을 향상시키고, 기존의 비구면 인공수정체와 마찬가지로 구면수차를 감소시키기 때문에 시력의 질을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 환자 선택 시 빛의 분산 과정에서 나타나는 대비감도의 저하가 동반될 수 있음을 고려해야 하겠다.

참고문헌

- 1) Javitt JC, Steinert RF. Cataract extraction with multifocal intraocular lens implantation: a multinational clinical trial evaluating clinical, functional, and quality-of-life outcomes. *Ophthalmology* 2000;107:2040-8.
- 2) Steinert RF, Post CT Jr, Brint SF, et al. A prospective, randomized, double-masked comparison of a zonal-progressive multifocal intraocular lens and a monofocal intraocular lens. *Ophthalmology* 1992;99:853-60.
- 3) Leyland MD, Langan L, Goolfee F, et al. Prospective randomized double-masked trial of bilateral multifocal, bifocal or monofocal intraocular lenses. *Eye* 2002;16:481-90.
- 4) Pineda-Fernández A, Jaramillo J, Celis V, et al. Refractive outcomes after bilateral multifocal intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:685-8.
- 5) 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.
- 6) Song MJ, Lee MK, Park BI. A Clinical study of 3M multifocal intraocular lens implant. *J Korean Ophthalmol Soc* 1991;32:234-40.
- 7) Monte's-Mico' R, Espana E, Bueno I, et al. Visual performance with multifocal intraocular lenses mesopic contrast sensitivity under distance and near conditions. *Ophthalmology* 2004;111:85-96.
- 8) Sen HN, Sarikkola A-U, Uusitalo RJ, Laatikainen L. Quality of vision after AMO Array multifocal intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:2483-93.
- 9) Schmitz S, Dick HB, Krummenauer F, et al. Contrast sensitivity and glare disability by halogen light after monofocal and multifocal lens implantation. *Br J Ophthalmol* 2000;84:1109-12.
- 10) Allen ED, Burton RL, Webber SK, et al. Comparison of a diffractive bifocal and a monofocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 1996;22:446-51.
- 11) Rossetti L, Carraro F, Rovati M, Orzalesi N. Performance of diffractive multifocal intraocular lenses in extracapsular cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 1994;20:124-8.
- 12) 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.
- 13) Kang SG, Lee JH. The Effect of Illumination on Visual Acuity and Visual Field in Eyes with Multifocal Intraocular Lens. *J Korean Ophthalmol Soc* 1994;35:78-82.
- 14) Barbero S, Marcos S, Jimenez-Alfaro I. Optical aberrations of intraocular lenses measured in vivo and in vitro. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 2003;20:1841-51.
- 15) Claoue C, Parmar D. Multifocal intraocular lenses. *Dev Ophthalmol* 2002;34:217-37.
- 16) Kim YS, Han TW, Kim MS, Kim JH. Clinical experience of 3M multifocal intraocular lens implantation. *J Korean Ophthalmol Soc* 1990;31:1308-17.
- 17) Heo JY, Kim YH, Joo CK. Clinical results of AMO ARRAY multifocal intraocular lens. *J Korean Ophthalmol Soc* 1999;40: 978-86.
- 18) Choi HS, Lim SJ, Kim HB. Clinical results of unilateral implantation of AMO Array multifocal intraocular lens. *J Korean Ophthalmol Soc* 2001;42:702-8.
- 19) Simpson MJ. The diffractive multifocal intraocular lens. *Eur J Implant Ref Surg* 1989;1:115-21.
- 20) Toto L, Falconio G, Vecchiarino L, et al. Visual performance and biocompatibility of 2 multifocal diffractive IOLs. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:1419-25.
- 21) Weghaupt H, Peh S, Skorpik C. Comparison of pseudo-accommodation and visual quality between a diffractive and refractive multifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 1998;24:663-5.
- 22) Walkow I, 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.
- 23) Schmidinger G, Geitzenauer W, Hahsle B, et al. Depth of focus in eyes with diffractive bifocal and refractive multifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:1650-6.
- 24) Rocha KM, Soriano ES, Chamon W, et al. Spherical Aberration and Depth of Focus in Eyes Implanted with Aspheric and Spherical Intraocular Lenses. *Ophthalmology* 2007;114:2050-4.
- 25) Hütz WW, Eckhardt HB, Röhrig B, Grolmus R. Intermediate vision and reading speed with array, TECNIS, and ReSTOR intraocular lenses. *J Refract Surg* 2008;24:251-6.
- 26) Goes FJ. Refractive lens exchange with the diffractive multifocal TECNIS ZM900 intraocular lens. *J Refract Surg* 2008;24:243-50.
- 27) Im YW, Lee KH, Park SC. The difference of the near visual acuity between multifocal IOL and monofocal IOL. *J Korean Ophthalmol Soc* 1994;35:1027-32.

=ABSTRACT=

Comparison of Wavefront Analysis and Visual Function Between Monofocal and Multifocal Aspheric Intraocular Lenses

Jong Uk Yoon, MD¹, Jae Lim, Chung, MD¹, Jin Pyo Hong, MD¹,
Byoung Jin Ha, MD², Tae-im Kim, MD¹, Eung Kweon Kim, MD, PhD¹

The Institute of Vision Research, Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine¹, Seoul, Korea
Siloam Eye Hospital², Seoul, Korea

Purpose: To compare postoperative vision, high-order aberrations, contrast sensitivity, power of accommodation, and depth of focus of monofocal aspheric (TECNIS ZA9003) and multifocal aspheric (TECNIS ZM900) intraocular lenses (IOL).

Methods: Thirty-four eyes which received intraocular lens implantation in the posterior chamber were equally divided into two groups: TECNIS ZA9003 (17 eyes) and TECNIS ZM900 (17 eyes). Before and three months after surgery, visual acuities at near, intermediate, and far distances, and depth of focus were recorded. High order aberrations, spherical aberrations and accommodation power were measured with iTrace, and contrast sensitivity was evaluated using Optec 6500. An independent T-test analysis was used to compare the two groups.

Results: There were no significant differences of high order aberrations, spherical aberrations, accommodation power, or distance vision between the two groups at three months postoperatively. The multifocal IOL (TECNIS ZM900) group revealed better intermediate and near vision ($p<0.01$) and deeper depth of focus, and lower contrast sensitivities ($p=0.03$) than the monofocal IOL group.

Conclusions: There was no difference in accommodation power between the two groups, but multifocal TECNIS ZM900 IOL exceeds monofocal TECNIS ZA9003 IOL in intermediate and near vision due to diffractive lens design and less spherical aberration by its asphericity.

J Korean Ophthalmol Soc 2009;50(2):195-201

Key Words: Aspheric, Diffractive, Multifocal, TECNIS

Address reprint requests to **Tae-im Kim, MD**

Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine

#134 Shinchon-dong, Seodaemun-gu, Seoul 120-140, Korea

Tel: 82-2-2228-3570, Fax: 82-2-312-0541, E-mail: tikim@yumc.yonsei.ac.kr