

## 두 종류의 다초점 비구면 인공수정체 삽입 후 임상 결과의 비교

박율리 · 황규연 · 주천기

가톨릭대학교 의과대학 안과 및 시과학교실

**목적:** 회절-굴절형 후면을 가진 다초점 인공수정체인 OptiVis™의 임상성적을 알아보고, 회절형 다초점 인공수정체인 AcrySol® ReSTOR® D1과 차이를 알아보았다.

**대상과 방법:** 백내장 수술 후 OptiVis™를 삽입한 환자 11명 20안과 AcrySol® ReSTOR® D1를 삽입한 환자 10명 20안을 대상으로 술 전과 술 후 1주, 1개월, 2개월에 나안 및 교정 근거리, 중간거리, 원거리 시력을 측정하고 중심이탈, 경사도, 대비감도와 고위수차의 변화를 분석하였다. 또한 술 후 2개월에 defocus curve를 확인하고, 전반적 환자 만족도를 조사하였다.

**결과:** OptiVis™ 삽입 후 2개월째 평균 나안시력은 근거리 0.09 ± 0.10, 중간거리 0.11 ± 0.08, 원거리 0.08 ± 0.07이었고, 두 군간의 원거리, 근거리 시력은 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았으나 중간거리 시력은 OptiVis™ 군에서 통계적으로 유의하게 높게 나타났다. 중심이탈, 경사도, 대비감도와 고위수차는 두군에서 유의한 차이는 없었다.

**결론:** OptiVis™ 인공수정체는 원거리 및 근거리 시력 저하 없이 우수한 중간거리 시력교정이 가능하여 높은 만족도를 보였다.  
<대한안과학회지 2013;54(8):1199-1207>

백내장 수술은 인공수정체의 발전으로 굴절 교정의 효과를 얻을 수 있다. 아직 기준이 되고 가장 많이 사용 중인 것은 단초점 인공수정체이나<sup>1</sup> 가장 큰 단점은 조절능력이 떨어져 백내장 수술 후에 대부분 환자들은 돋보기를 착용해야 하는 불편을 겪고 있는 실정이다. 이에 원거리 뿐만 아니라 근거리의 시력을 회복하는 노력이 계속됐고 그 결과 다초점 인공수정체가 개발되어<sup>2</sup> 백내장뿐만 아니라 노안 교정의 방법으로 사용되고 있다.<sup>3-5</sup> 최근 개발된 인공수정체는 회절(diffractive) 방식과 굴절(refractive) 방식이 있는데 회절성 다초점 인공수정체는 Huygens-Fresnel 법칙을 기본으로 만들어진 것으로, 근거리와 원거리의 두 개의 초점을 가지게 된다. 최근 여러 연구에서 다초점 인공수정체를 삽입한 경우, 단초점 인공수정체를 삽입한 것에 비해 만족할 만한 근거리 및 원거리시력 교정 효과를 보고하고 있으며,<sup>6-13</sup> 양안에 서로 다른 종류의 다초점 렌즈를 삽입한

경우에도 비교적 좋은 시력 예측이 보고되고 있다.<sup>14,15</sup> 하지만 중간거리 시력의 저하, 대비감도의 저하, 눈부심이나 빛 번짐 등을 이유로 점차 굴절형이 혼합된 형태의 인공수정체로 발전되어 왔다.

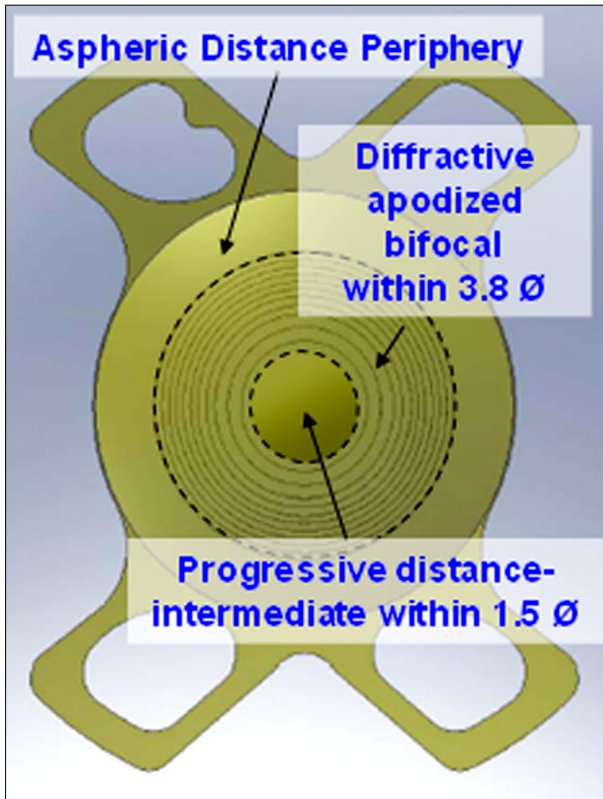
OptiVis™는 회절-굴절형 방식의 친수성 acrylic 1-piece folderble 인공수정체로 중심부에서 1.5 mm까지는 progressive power refractive zone으로 중간거리와 원거리 초점을 담당하고 1.5-3.8 mm까지는 apodized diffractive zone으로 근거리 초점을 제공하며 3.8 mm 외곽은 Bi-sign 비구면 굴절 영역으로 원거리 초점을 담당하고 있다. 그리고 광학부 중앙에 안경면에서 2.5디오퍼터에서 근거리가 발생하도록 하여 40 cm에서 선명하게 보이는 렌즈이다. 렌즈의 원리는 굴절-아포다이즈드 회절-비구면 순서로 렌즈 중앙에서부터 이루어져 있고 중간거리의 시력이 렌즈 중앙의 굴절 부분에서 나오기 때문에 예측 가능한 장점이 있다 (Fig. 1). 회절 부위가 끝나는 3.8 mm 부근(동공크기가 커지는 밤 시간대 4.0 mm 동공크기)에서 OptiVis™의 빛 분산은 100%의 빛이 원거리로 입사하게 되어 야간에 취약한 원거리 시력을 향상시킬 뿐 아니라 빛을 하나의 초점에 집중되게 하여 빛 손실을 최소화시켜 대비감도를 향상시키고 Halo의 크기를 감소시킬 수 있다. 또한 빛의 손실을 최소화시키기 위해 근거리·원거리의 빛이 동일하게 분산되는 지점을 최소화시켜 회절 렌즈 중 가장 적은 빛 손실율의 특징을 지닌다. 렌즈 직경의 3 mm까지는 플러스 기하광학 구면

■ Received: 2012. 12. 21.      ■ Revised: 2013. 3. 5.

■ Accepted: 2013. 6. 5.

■ Address reprint requests to Choun Ki Joo, MD, PhD  
Department of Ophthalmology, The Catholic University of Korea, Seoul St. Mary's Hospital, #222 Banpo-daero, Seocho-gu, Seoul 137-701, Korea  
Tel: 82-2-2258-7621, Fax: 82-2-599-7405  
E-mail: ckjoo@catholic.ac.kr

\* This study was presented as a narration at the 108th Annual Meeting of the Korean Ophthalmology Society 2012.



**Figure 1.** The design of OptiVis™ aspheric multifocal intra-ocular lens.

수차를 3 mm 외곽은 마이너스 기하광학 구면 수차를 발생시켜 동공크기가 증가해도 구면 수차가 증가하지 않으며 렌즈 직경의 3 mm까지는 더 편평(flatter)하게, 3 mm 외곽은 더 경사지게(steeper)하게 제작한 Bi-sign 비구면 렌즈이다. 이 Bi-Sign의 비구면에 의해 OptiVis™의 비구면 값은  $-0.005 \sim +0.02$ 이다.

AcrySof® ReSTOR® D1은 회절(apodized diffractive)로 만들어진 다초점 인공수정체로, 광학부분은 3.6 mm 크기에 12개 동심원 모양의 아포다이즈드 회절 영역을 가지고 있고, +3.00D의 덧맴굴절력을 가진다. 빛이 인공수정체의 회절 영역을 통해 회절되면서 근거리와 원거리 거리에 대해 초점이 맞추어지게 된다. 2005년 3월 미국 FDA의 승인을 받았으며, 근거리와 원거리에서는 뛰어난 결과를 보였으나 중간거리의 시력이 떨어지는 여러 보고들이 있었다.<sup>6-14</sup>

본 연구는 회절 방식의 비구면 다초점 인공수정체인 OptiVis™의 효용성을 평가하고자 하였다. 따라서 저자는 OptiVis™와 AcrySof® ReSTOR® D1을 삽입한 환자를 대상으로 수술 2개월 후 원거리, 중간거리 및 근거리 시력, 대비감도, 초점심도 및 고위수차 등을 측정하여 비교하였다. 그리고 설문조사를 실시하여 주관적 만족도 및 불편 사항

을 조사하였다.

## 대상과 방법

2012년 2월부터 2012년 8월까지 본원 안과에서 백내장으로 진단받고 수술받은 환자 중 무작위로 배정된 OptiVis™를 삽입한 환자 11명 20안과 AcrySof® ReSTOR® D1을 삽입한 환자 10명 20안을 대상으로 연구를 진행하였으며, 다초점 인공 수정체의 삽입 대상자의 적응증으로는 나이는 50-80세 사이의 연령으로 노인성 백내장 진단받고(lens opacities classification grade III 이상) 난시는 -1.0디옵터 미만으로 제한하였고, 당뇨가 없고 망막 소견이 정상인 환자를 대상으로 하였다. 또한 환자의 주관적인 측면에서 돋보기를 착용하지 않길 원하는 환자를 대상으로 하였으며 약시, 사시, 녹내장이나 망막박리, 각막 혼탁, 각막 또는 안내 수술의 기왕력, 홍채 이상, 황반 변성을 포함한 시력에 영향을 줄 수 있는 망막질환이나 각막 굴절수술을 시행 받은 사람, 수술 상담 후 수술 결과에 대한 기대치가 지나치게 높은 환자는 제외하였다.

수술 전 검사는 IOL master (Carl Zeiss, Jena, Germany)를 이용하여 인공 수정체 도수를 구하였고 IOL master로 측정이 안 되는 환자에 대하여 A-scan을 이용하여 측정하였다. 두 군 간의 수술 전 평균 나이, 성별, 구면렌즈대응치, 목표 디옵터, 인공수정체 돛수, 수술 후 구면렌즈대응치 및 수술 후 굴절이상을 측정하여 비교하였다. 수술 후 굴절이상은 수술 후 구면렌즈대응치에서 목표 디옵터를 뺀 값으로 정의하였다.

수술은 한명의 술자에 의해서 시행되었고, 수술 방법은 0.5% proparacaine hydrochloride 점안액으로 점안 마취한 후 3.0 mm 투명각막 절개를 시행하였으며 5 mm 크기의 원형 전방 절개를 시행한 뒤 수정체유화술 및 인공수정체 후낭내 삽입술을 시행하였다. 수술 후 각막 절개 부위를 평형 염액(balanced salt solution, BSS®, Alcon, USA)을 이용하여 기질 수화(stromal hydration)를 시행하였다. 20안의 모든 경우에서 전방 확장 및 후낭 파열, 유리체 소실 등의 술 중 합병증은 발생하지 않았다. 안약은 수술 전 3일간 gatifloxacin을 하루 4회 점안하였으며 수술 후 0.3% gatifloxacin 및 0.1% fluorometholone을 하루 4회 4주간 점안하였다.

수술 후 4주째 환자의 근거리 중간거리 및 원거리 나안 시력 및 최대 교정 시력, 원거리 교정 근거리 및 중간거리 교정시력을 두 군에서 각각 측정하였다. 근거리는 40 cm를 기준으로 하였고 중간거리는 70 cm, 원거리는 5 m 거리에서 측정하였다. 원거리 시력은 100% 대비감도의 Early

Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS) 차트 (Optec 6500, Stereo Optical Co. Inc., Chicago, IL, USA) 를 이용하여 명소시(85 candelas [cd]/m<sup>2</sup>), 4 m에서 측정하였다. 근거리 시력은 Logarithmic Visual Acuity Chart 2000 New ETDRS (Precision Vision)을 이용하여 명소시 (85 cd/m<sup>2</sup>), 40 cm에서 측정하였고, 중간거리 시력은 70 cm에서 동일한 조건으로 측정하였고 원거리 보정한 근거리 시력을 얻었다. 대비감도는 술 후 한 달째에 FACT 차트방식 Optec 6500 R (Stereo Optical Co, Inc., Chicago, IL)을 사용하여 원거리에 맞춘 교정시력상태에서 명소시(photopic, 85 cd/m<sup>2</sup>)와 박명시(mesopic, 3 cd/m<sup>2</sup>)에서 1.5, 3, 6, 12, 18 cycle/degree마다 측정하였다. 웨이브프론트 수치는 술 후 한 달째에 Wavescan Wavefront™ system (VISX, Santa-Clara, CA, USA)을 이용하였으며, 초점심도를 각각 측정하여 두 군 간의 차이를 비교하였다.

수술 후 1일, 1달, 2달째에 산동 후 Pentacam® (Oculus, Wetzlar, Germany)을 사용하여 인공수정체의 중심이탈 및 경사도를 측정하였다. 중심이탈의 거리는 인공수정체 광학부의 꼭지점과 시축 간의 거리를 측정하였으며, 경사도는 인공수정체의 광축과 시축과의 기울어진 정도를 측정하였다. 모든 검사는 같은 검사자가 시행하여 검사자에 의한 변이를 줄였다. Pentacam®을 이용한 경사도, 중심이탈은 2회 반복 측정하여 두 값이 차이가 크면 최대 3회까지 측정한 후 비슷한 두 값의 평균으로 결정하였다.

설문조사를 통하여 수술 후 만족도 및 불편사항을 조사

하였는데 각 항목에 대하여 만족도는 1-5점으로 점수화하여 매우 만족을 5, 만족 4, 보통 3, 불만족 2, 매우 불만족을 1점으로 하였다. 안경 착용의 필요 유무를 조사하였고, 수술 후 불편한 사항을 조사하였는데 환자가 자발적으로 불편함을 호소하지 않더라도 다초점 인공수정체에서 주로 발생할 수 있는 여러 증상을 설문자가 모두 확인하여 약간이라도 있다면 이를 포함하는 형식으로 진행하였다. 양안을 시행 받은 환자에게는 단안 수술에 대한 상태 만족도를 조사하였다.

통계 프로그램으로는 SPSS 12.0을 이용하였으며 독립표본 *t*-test, Mann-whitney test, chi-square test, Fisher exact test 등을 이용하여 두 군 간의 차이를 비교하였고 *p*<0.05인 경우 통계적으로 유의하다고 간주하였다.

## 결 과

OptiVis™군은 11명 20안으로 남자 4명 여자 7명이었으며 AcrySof® ReSTOR® D1군은 10명 20안으로 남자 4명 여자 6명이었다. OptiVis군의 평균 연령은 59.7 ± 8.2세이고, 수술 전 평균 구면렌즈 대응치는 +1.27 ± 1.14디옵터, 삽입한 인공수정체의 도수는 +21.0 ± 0.54디옵터였다 (Table 1). 수술 2개월 후 OptiVis™군의 나안시력은 근거리 0.09 ± 0.10, 70 cm 중간거리 0.11 ± 0.08, 원거리 0.08 ± 0.07 (logMAR)이었으며, 최대교정시력은 근거리 0.05 ± 0.07, 70 cm 중간거리 0.04 ± 0.11, 원거리 0.03 ± 0.08 (logMAR)이었다. 원거리 교정 근거리 및 중간거리

Table 1. Baseline preoperative characteristics of two groups

Characteristic	IOL type		<i>p</i> -value*
	OptiVis™	AcrySof® ReSTOR®	
No. of patients (eyes)	11 (20)	10 (20)	
Mean age (years)	59.7 ± 8.2	63.7 ± 7.5	0.651
Sex (M:F)	4:7	4:6	0.215
Preop SE	+1.27 ± 1.14	+1.57 ± 2.05	0.846
IOL power	21.0 ± 0.54	21.5 ± 1.57	0.497
UCVA (log MAR)	0.41 ± 0.09	0.45 ± 0.18	0.164
BCVA (log MAR)	0.35 ± 0.08	0.33 ± 0.15	0.284

Values are presented as mean ± SD.

\*Mann-Whitney *U*-test.

Table 2. Comparison of wavefront aberrations between two groups

	OptiVis™	AcrySof® ReSTOR®	<i>p</i> -value*
RMS total (micron)	1.21 ± 0.47	0.97 ± 0.35	0.716
HOA (micron)	0.35 ± 0.21	0.41 ± 0.25	0.341
SA (micron)	0.00 ± 0.14	-0.02 ± 0.13	0.659
Coma (micron)	-0.02 ± 0.08	-0.03 ± 0.05	0.741
Trefoil (micron)	0.04 ± 0.04	-0.02 ± 0.07	0.453

Values are presented as mean ± SD.

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

\*Mann-Whitney *U*-test.

시력 측정 결과 근거리  $0.06 \pm 0.07$ , 70 cm 중간거리  $0.11 \pm 0.08$  (logMAR)이었다. 웨이브프런트 수차에서 수술 2개월째 RMS 총합은  $1.21 \pm 0.47$ , 고위수차는  $0.35 \pm 0.21$ 였으며, 구면수차는  $0.00 \pm 0.14$  마이크론이었다(Table 2).

AcrySof® ReSTOR® D1군의 평균 연령은  $63.7 \pm 7.5$ 세, 수술 전 평균 구면렌즈 대응치  $+1.6 \pm 3.0$ 디옵터, 인공수정체 평균 도수는  $21.5 \pm 1.57$ 디옵터였다(Table 1). 수술

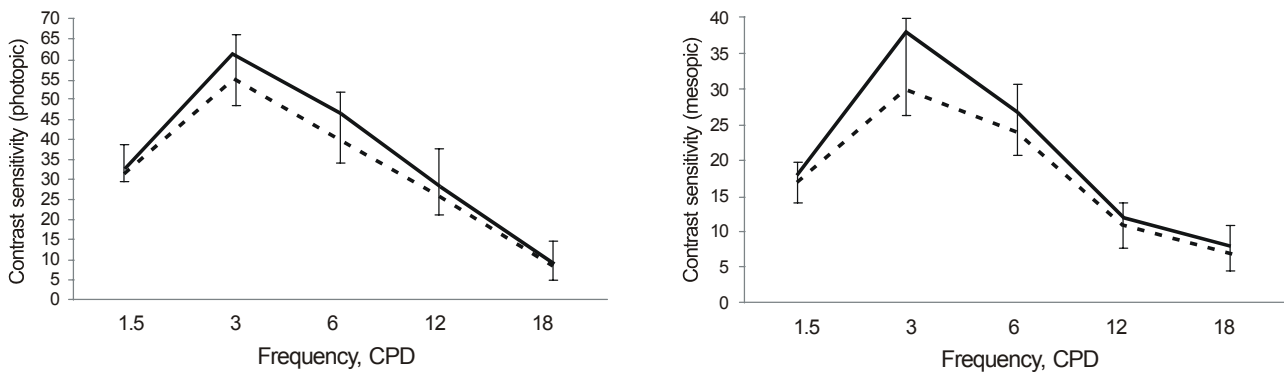
2개월 후 나안 시력은 근거리  $0.17 \pm 0.12$ , 70 cm 중간거리  $0.32 \pm 0.17$ , 원거리는  $0.09 \pm 0.11$  (logMAR)이었고, 최대 교정 시력은 근거리  $0.06 \pm 0.09$ , 70 cm 중간거리  $0.15 \pm 0.13$ , 원거리  $0.01 \pm 0.02$  (logMAR)였다. 원거리 교정 근거리 시력은  $0.16 \pm 0.13$ , 70 cm 중간거리는  $0.37 \pm 0.21$  (logMAR)이었다. 웨이브 프런트 수차에서 RMS 총합은  $0.97 \pm 0.35$ , 고위수차는  $0.41 \pm 0.25$ , 구면수차는

**Table 3.** Comparison of results between two groups at postoperative 2 months

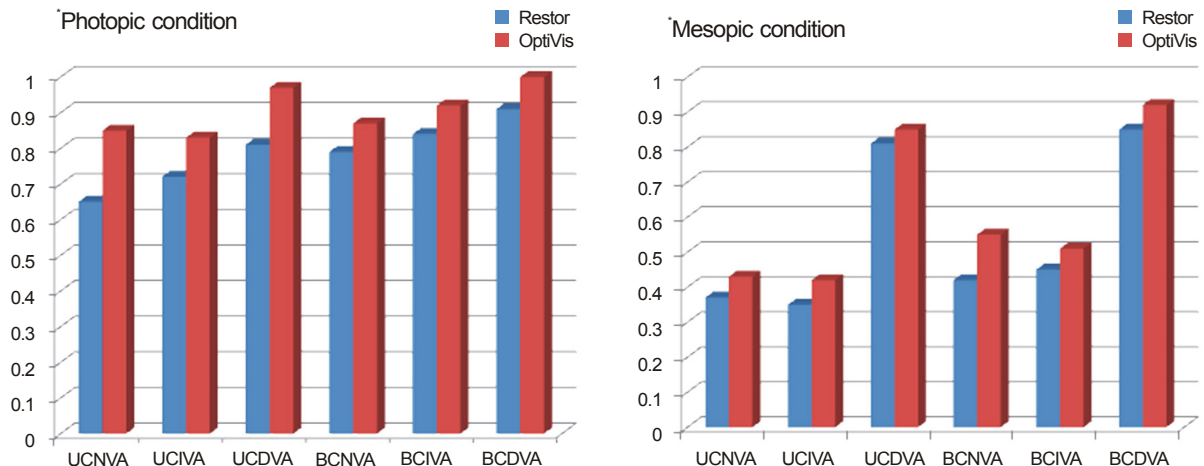
		OptiVis™ (n = 20)	ReSTOR® (n = 20)	p-value
Distant (log MAR)	UCVA	$0.08 \pm 0.07$	$0.09 \pm 0.11$	0.739
	BCVA	$0.03 \pm 0.08$	$0.01 \pm 0.02$	0.094
Intermediate 70 cm (log MAR)	UCVA	$0.11 \pm 0.08$	$0.32 \pm 0.17$	0.023*
	DCVA	$0.11 \pm 0.08$	$0.37 \pm 0.21$	0.016*
	BCVA	$0.04 \pm 0.11$	$0.15 \pm 0.13$	0.047*
Near 40 cm (log MAR)	UCVA	$0.09 \pm 0.10$	$0.17 \pm 0.12$	0.517
	DCVA	$0.06 \pm 0.07$	$0.16 \pm 0.13$	0.282
	BCVA	$0.05 \pm 0.07$	$0.06 \pm 0.09$	0.141
Postoperative SE		$-0.19 \pm 0.17$	$-0.27 \pm 0.21$	0.472

Values are presented as mean  $\pm$  SD.

\*Independent samples *t*-test.



**Figure 2.** Contrast sensitivity functions in patients implanted with the OptiVis™ intraocular lens for different lighting conditions ((A) 85 cd/m<sup>2</sup> and (B) 3 cd/m<sup>2</sup>) at 2 month (dashed line = AcrySof® ReSTOR® D1, solid line = OptiVis™).

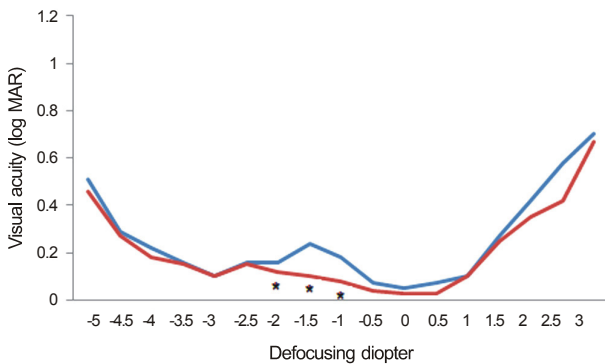


**Figure 3.** Visual acuity at photopic and mesopic condition. Blue line = OptiVis™ group, Red line = AcrySof® ReSTOR® D1 group.

-0.02 ± 0.13 마이크로미터였다(Table 2).

두 군 간의 비교 결과 원거리 교정 및 나안시력 및 원거리, 근거리 최대교정시력은 두 군 간의 통계적인 차이가 없었으나( $p>0.05$ ), 중간거리의 나안 시력과 교정시력은 OptiVis™ 군에서 통계적으로 유의하게 높게 나타났다( $p<0.05$ )(Table 3). 대비감도는 명순응과 암순응 상태에서 모두 두 군간의 통계학적인 차이는 보이지 않았고( $p>0.05$ )(Fig. 2), 명소시 및 박명시 조건 하의 시력 역시 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다(Fig. 3). 초점심도는 OptiVis™ 군에서 AcrySof® ReSTOR® D1군에 비해서 깊은 초점심도를 나타냈다(Fig. 4). 웨이브프런트 수차에서는 RMS 총합, 고위수차, 구면수차에서 모두 두 군 간의 유의한 차이는 없었다( $p>0.05$ )(Table 2). 그리고 두 군의 모든 데이터 값에 대해서 Kolmogorov-Smirnov 정규성 검정법을 통해  $p$ 값이 0.05 이상으로 정규 분포임을 확인하였다.

OptiVis™ 다초점 인공수정체를 삽입한 11명의 환자에



**Figure 4.** Visual acuity at various defocus levels. The values are a mean of log MAR visual acuity (\* $p < 0.05$ ). Red line = OptiVis™ group, Blue line = AcrySof® ReSTOR® group.

게 만족도를 조사하였는데 전체적인 만족도는 5점이 6명, 4점이 4명 그리고 3점이 1명이었다. 나안 근거리 시력에 대한 만족도의 평균은 4.57점, 중간거리에 대해서는 4.79점, 5 m 이상의 원거리에 대해서는 4.61점, 전반적인 만족도에 대해서는 4.67점의 결과를 보였다. 11명의 환자는 모두 수술 후 일상생활에서 별다른 불편감없이 지내고 있었으며 수술 후 안경 착용의 필요성에 대한 질문에서는 11명 모두 안경이 필요하지 않다고 대답하였다. 환자의 불편 사항을 조사한 결과 심하게 불편함을 호소하는 환자는 없었고 달무리 현상을 호소하는 경우가 1건, 빛번짐을 호소하는 경우가 1건 있었으며 모두 약간의 불편함만을 호소하였다. 수술 후 결과에 대하여 주관적으로 만족하는 환자들 대부분에서 근거리, 중간거리 및 원거리 모두 만족하는 결과를 보였다. 또한 양안을 시행받은 후 단안만 했을 때보다 모든 대상자에서 만족도가 더 높아졌다고 대답하였다. AcrySof® ReSTOR® D1을 삽입한 10명의 환자에게도 만족도를 조사하였고 전반적인 만족도에 대해 4.28점의 결과를 보였다. 수술 후 약간의 눈부심을 호소하는 경우가 10명 중 3명, 심한 눈부심을 호소하는 경우가 1명, 약간의 달무리 현상으로 호소하는 경우가 10명 중 3명, 심한 달무리 현상을 호소하는 경우가 10명 중 1명이었다.

OptiVis™의 중심이탈은 수술 후 1일 0.101 ± 0.03 mm, 1달 0.148 ± 0.59 mm, 2달 0.053 ± 0.04 mm였으며, ReSTOR®의 중심이탈은 수술 후 1일 0.148 ± 0.34 mm, 1달 0.152 ± 0.27 mm, 2달 0.103 ± 0.029 mm였다. 수술 후 1일째( $p=0.09$ )와 1달째( $p=0.18$ ), 2달째( $p=0.16$ )에서 모두 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 4). 경사도는 OptiVis™의 경우 수술 후 1일 1.65 ± 0.47°, 1달 2.01 ± 0.93°, 2달 1.20 ± 0.81°였으며, ReSTOR®의 경사

**Table 4.** Postoperative changes in the length of the intraocular lens decentration (mm)

	Postoperative day		
	1 day	1 month	2 months
OptiVis™ (mm)	0.101 ± 0.03	0.148 ± 0.59	0.053 ± 0.04
ReSTOR® (mm)	0.148 ± 0.34	0.152 ± 0.27	0.103 ± 0.029
$p$ -value*	0.09	0.18	0.16

Values are presented as mean ± SD.

\*Independent samples  $t$ -test.

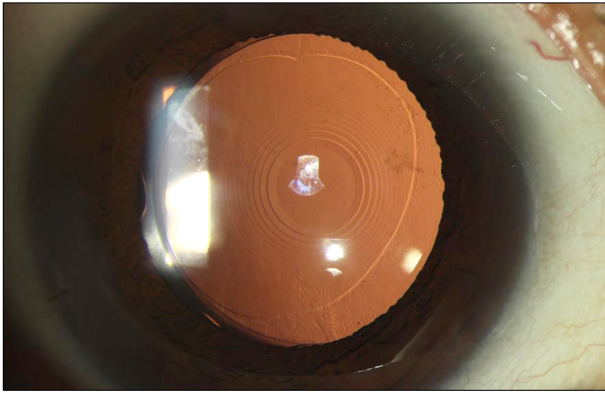
**Table 5.** Postoperative changes in the degree of the intraocular lens tilt (°)

	Postoperative day		
	1 day	1 month	2 months
OptiVis™ (°)	1.65 ± 0.47	2.01 ± 0.93	1.20 ± 0.81
ReSTOR® (°)	1.77 ± 0.49	1.74 ± 0.92	1.64 ± 0.86
$p$ -value*	0.57	0.31	0.49

Values are presented as mean ± SD.

\*Independent samples  $t$ -test.





**Figure 5.** A capsular tension ring and foldable intraocular lens in the capsular bag. Centration was good and full coverage of the optic with continuous curvilinear capsulorrhexis margin is shown.

도는 술 후 1일  $1.77 \pm 0.49^\circ$ , 1달  $1.74 \pm 0.92^\circ$ , 2달  $1.64 \pm 0.86^\circ$ 로 측정되었다. 술 후 1일( $p=0.57$ ), 1달( $p=0.31$ ), 2달( $p=0.49$ )에서 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다 (Table 5).

1예에서는 수술 중 섬모체소대해리가 발생하였으나 유리체 가닥의 감돈 소견이나 동공 모양의 이상 소견 관찰되지 않아 수정체낭내팽창고리 삽입 후 인공수정체 낭내삽입술을 시행하였다. 인공수정체 삽입술시 인공수정체의 4 지지부 중 한 부분이 절단되었으나 인공수정체 위치는 안정화된 소견을 보여 진행하였다. 최종 외래 관찰시 인공수정체는 중심부에 위치하였으며, 펜타캠에서 언급할 만한 위치 이탈이나 기울어짐(tilting)은 관찰되지 않았고, 그 외에 시력에 영향을 주는 굴절 이상, 인공수정체 위치 이상이나 안압 상승 등의 합병증은 없었다. 원거리, 중간거리, 근거리 시력 모두 1.0으로 측정되었고 환자는 만족해 하였다(Fig. 5).

모든 환자에서 수술 2개월 후 인공수정체가 삽입된 안을 산동하여 평가한 결과 뒤 수정체낭 혼탁 소견은 보이지 않았다.

## 고 찰

인공수정체는 백내장 수술 후 무수정체상태를 교정하는 중요한 장치로 1950년대 Ridley가 개발한 뒤 디자인과 재질이 발전하여 노안을 교정하는 단계로 왔다. 하지만 인체의 수정체와 달리 탄력성이 없어서 백내장 수술 후에는 시력의 획기적인 개선을 얻을 수 있지만 조절력이 소실된다는 문제점이 있었다. 다초점 인공수정체는 단초점 인공수정체와는 달리 2개 혹은 그 이상의 초점을 가지도록 고안되어 돋보기 없이도 근거리와 원거리시력을 모두 기대할 수 있어, 백내장 수술 후에 안경을 벗고자 하는 환자의 욕구를

충족시키고자 개발되었다. 이전에 발표된 여러 논문들에서 다초점 인공수정체는 단초점 인공수정체에 비해서 근거리시력을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 원거리시력 또한 만족스러우며, 안경을 벗고자 하는 환자의 욕구를 충족시켜 환자의 만족도가 높다고 보고하고 있다.<sup>11-18</sup> 그러나 다초점 인공수정체를 통과한 빛은 나뉘어져 두 개 이상에 초점을 맺게 되면, 망막에 도달하는 빛의 효율이 저하될 수 있고 동시에 여러 초점의 상이 망막에 맺히게 되어 이로 인한 선명도에 제한이 생길 수 있다. 따라서 수술 초기시력의 저하 및 대비 민감도의 감소, 홍채뒤유착, 근거리시력 불만, 눈부심, 달무리 현상 등의 합병증이 보고되고 있으며, 이를 해결하고 보완하기 위해 여러 가지 형태의 다초점 인공수정체가 개발되고 있다.

본 연구에서 OptiVis<sup>TM</sup>는 AcrySof<sup>®</sup> ReSTOR<sup>®</sup> D1과 비교하여 원거리 및 근거리에서는 비슷한 시력을 보였으나 중간거리에서는 통계적으로 유의한 시력의 차이를 보였다. 이 두 인공수정체의 원거리, 근거리 및 중간거리 시력을 비교한 국내 연구는 없으나 Piovella and Bosc<sup>19</sup>는 회절 방식의 다초점 인공수정체인 AcrySof<sup>®</sup> ReSTOR<sup>®</sup> (Alcon laboratories Inc, Ft Worth, Tex, USA)와 OptiVis<sup>TM</sup>의 수술 후 시력을 비교하였는데 비슷한 결과를 보인다고 보고한 바 있다. 한편 Lee et al<sup>20</sup>은 AcrySof<sup>®</sup> ReSTOR<sup>®</sup> IOL (Alcon Laboratories Inc, Ft Worth, TX, USA)를 이용하여 3개월 결과를 보고하였는데 원거리 나안시력  $0.13 \pm 0.10$ , 교정시력  $0.06 \pm 0.21$ 이었고 근거리 나안시력  $0.25 \pm 0.22$ , 교정시력  $0.15 \pm 0.09$ 로서 근거리 시력이 본 연구 결과보다 조금 낮게 나타났으나 J1-J2 이상의 시력을 보였다.

본 연구에서 한 가지 주목할 점은 OptiVis<sup>TM</sup>군에서 근거리, 원거리 외에 70 cm의 중간거리에서도 시력 및 환자의 만족도가 높았다는 것이다. 이는 중간거리 시력이 렌즈 중앙의 굴절 부분에서 나오며 이 연속 파워 굴절 영역은 100%의 빛을 활용하기 때문에 회절렌즈와 비교할 때 빛 손실을 감소시키는데 도움을 주기 때문일 것으로 생각한다. 즉 일반적인 회절 디자인의 중간거리 초점은 원거리와 근거리 정점의 겹침(overlap)을 통하여 임의로 발생되므로 수술후의 안내수차에 의존하게 된다. 하지만 OptiVis<sup>TM</sup>는 빛의 유입이 적을 때에는 회절부위의 초점이 근거리로 100%, 원거리로 0%로 분산되었다가 빛의 유입량(동공의 크기)에 따라 원거리와 근거리로 빛의 양이 적절하게 분배되게 된다. 즉 독특한 OptiVis<sup>TM</sup>의 아포다이제이션은 빛 손실이 가장 크게 발생하는 근거리와 원거리로 빛 비율이 동일하게 발생하는 지점을 가장 적은 면적에 위치시킨다. 아포다이제이션은 직경 1.5 mm에서 근거리로 모든 빛을 입사시켰다가 3.8 mm 직경까지 동공크기에 따라 빛 비율을 원거

리로 이동시키고 빛 손실이 가장 커지는 원거리 근거리의 동일한 빛 분산 영역은 3 mm 부근의 작은 영역에 위치하는 것이다. 하지만 AcrySof® ReSTOR®의 아포다이제이션 디자인은 작거나 중간크기 동공 이내에서 상당한 표면 영역이 원거리와 근거리 사이에서 동일한 빛 분산에 가깝도록 위치하고 이러한 동일한 비율의 빛 분산은 가장 큰 빛손실을 발생시키게 된다. 회절부위의 초점이 동공크기가 작은 2 mm에서는 근거리와 원거리로 동일한 비율로 분산되어 큰 빛 손실 유발하게 되며 아포다이즈드 회절의 단점은 동공크기가 작을 때 빛 손실의 발생에 있는데 빛의 손실은 근거리·원거리로의 빛 분산을 동일하게 할수록 커지기 때문이다.

웨이브프런트 수차는 본 연구에서 두 군 간의 유의한 차이가 없었는데 이는 두 군 모두 비구면 인공수정체이므로 두 군 모두에서 구면 수차를 줄이는 정도의 차이가 비슷하기 때문으로 생각한다. Lee et al<sup>20</sup>이 Technis ZM900을 삽입하고 WASCA analyzer (Carl Zeiss, Jena, Germany)를 이용한 수차 분석 결과는 안구 전체수차  $1.27 \pm 1.21$ , 고위수차  $0.34 \pm 0.22$ 로 본 연구 결과보다 다소 높게 나왔으나, Lee et al<sup>20</sup>이 i-Trace (Tracy technology Inc., Houston, TX)로 측정한 결과는 안구 전체수차  $0.48 \pm 0.26$ , 고위수차  $0.22 \pm 0.09$ 로 본 연구보다 다소 낮거나 유사한 결과를 보여 측정 장비에 따른 변이 때문일 수도 있으나 고위수차는 위 연구 모두 비슷한 결과를 보였다.

또한 OptiVis™의 비구면 디자인의 특징이 Bi-sign (바 이 싸인) 비구면인데 이는 빈번한 렌즈 중심이탈과 경사도 발생에도 대비감도(선명도)를 향상시키기 위해 렌즈의 3 mm 이내에는 더 편평하게 3 mm 외곽은 더 경사지게 설계되어 있는 것이다. 일반적인 비구면 렌즈들은 특정 각막 구면 수차의 양을 상쇄시키도록 디자인되어 동공크기가 커질 때 각막의 다양한 비구면성에 의해서 또는 렌즈가 중심이탈되거나 기울어졌을 경우에 상당한 결상 콘트라스트의 감소가 유발될 수 있으나 Bi-sign 비구면은 광범위한 각막 비구면성과 렌즈가 중심이탈되거나 기울었을 때에도 렌즈의 중심부와 주변부 사이에서 수차 상쇄가 유지되게 된다. 본 연구에서는 술 후 2달째에 명소시 및 박명시 조건 하에서 측정한 대비감도는 ReSTOR D1군과 비교하였을 때 통계학적인 차이는 보이지 않았는데 이는 두 렌즈 모두 중심이탈이나 기울어짐의 문제가 없어 차이가 없던 것으로 생각한다. 백내장 수술 후 발생할 수 있는 합병증인 중심이탈과 경사를 비교한 연구들을 살펴보면 광학부가 안정되어 있다면 시력에 큰 영향을 미치지 않지만, 인공수정체 삽입 후 시력이 정상으로 회복된 환자 중에 현휘(glare), 수명(photophobia) 등을 호소하는 경우가 있고 특히, 동공이 4 mm 이상 산동 되는 어두운 곳에서는 더 심해지는데 수정

체의 광학부 주변, 광학-지지부 이행부위의 회절 등이 원인이라 생각되어지고 있다.<sup>21</sup> 이 밖에도 수술기법, 수정체낭 수축, 비대칭 인공수정체 고정, 수정체낭의 파열, 인공수정체 광학부와 지지부의 재질 및 총 길이 등이 관련될 수 있다.

환자의 만족도를 살펴보면 대부분의 환자들이 4점 이상의 높은 만족도를 보이고 있는데 이는 회절 부위가 끝나는 3.8 mm 부근(한 마디로 동공크기가 커지는 밤 시간대 4.0 mm 동공크기)에서 OptiVis™의 빛 분산은 100%의 빛이 원거리로 입사하게 되어 이것은 야간에 취약한 원거리 시력을 향상시킬 뿐 아니라 빛을 하나의 초점에 집중되게 하여 빛 손실을 최소화시켜 대비감도를 향상시키고 Halo의 크기를 감소시키기 때문일 것으로 생각한다. 즉 동공크기가 커질 때의 빛 손실과 근거리 초점에서의 빛 분산을 최소화하여 밤 시간대에 dysphotopsia (halo) 감소시킨 것이다. 따라서 안경 착용이 필요한 환자가 없었다는 점과 중간거리 시력의 만족도가 근거리와 큰 차이가 없었다는 점은 의미 있다고 할 수 있다.

수술 2개월 후 OptiVis™ 인공수정체가 삽입된 안을 산동하여 평가하였을 때 인공수정체의 중심 이탈 등이 발생하지 않은 것으로 보아 수술 초기 안정성은 어느 정도 확보되어 있다고 볼 수 있다. 또한 섬모체소대해리 발생과 네 지지부 중 한 지지부가 절단되었던 케이스도 산동하여 평가해 보았을 때 인공수정체의 중심 이탈 소견을 보이지 않았고 환자의 원거리, 중간거리 및 근거리 시력도 잘 유지되었고 눈부심 등의 증상도 호소하지 않았던 것 역시 OptiVis™의 안정성을 뒷받침해주는 근거로 생각할 수 있다.

이 연구의 제한점으로는 첫째로 술 후 상태에 선택 편향(selection bias)을 배제할 수 없다는 점, 둘째로 대상군의 수가 적고, 셋째로 수술 후 관찰 기간이 2개월로 짧았다는 점이다. 그러나 수술 초기의 발생 가능한 합병증 및 부작용에 대한 평가를 할 수 있었고 그 결과 수술 초기의 안정성을 확인할 수 있었던 것은 의미있는 결과라 할 수 있다. 또한 대상 군을 결과 만족도에 대한 위험 요인이 적은 고령을 대상으로 시작하여 좋은 결과를 얻었으므로 향후 점진적인 대상의 확대할 수 있는 계기를 마련하였다고 할 수 있다.

결론적으로 OptiVis™ 다초점 인공수정체는 근거리 및 원거리 시력뿐만 아니라 중간거리 시력이 뛰어나고 환자의 만족도도 높아 백내장 치료 및 노안 교정에서 유용할 것으로 생각한다.

## REFERENCES

- 1) Martínez Palmer A, Gómez Faiña P, España Albelda A, et al. Visual function with bilateral implantation of monofocal and multifocal intraocular lenses: a prospective, randomized, controlled

- clinical trial. *J Refract Surg* 2008;24:257-64.
- 2) Goes FJ. Refractive lens exchange with the diffractive multifocal tecnis ZM900 intraocular lens. *J Refract Surg* 2008;24:243-50.
- 3) Fernández-Vega L, Alfonso JF, Rodríguez PP, Montés-Micó R. Clear lens extraction with multifocal apodized intraocular lens implantation. *Ophthalmology* 2007;114:1491-8.
- 4) Fernández-Vega L, Alfonso JF, Montés-Micó R, Amhaz H. Visual acuity tolerance to residual refractive errors in patients with an apodized diffractive intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:199-204.
- 5) Lee DY, Roh JH, Shyn KH. 2005 Survey for KSCRS members: current trends in cataract surgery in Korea. *J Korean Ophthalmol Soc* 2007;48:485-92.
- 6) Lane SS, Morris M, Nordan L, et al. Multifocal intraocular lenses. *Ophthalmol Clin North Am* 2006;19:89-105.
- 7) Hütz WW, Eckhardt HB, Röhrig B, Grolmus R. Reading ability with 3 multifocal intraocular lens models. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:2015-21.
- 8) Kohnen T, Allen D, Boureau C, et al. European multicenter study of the AcrySof ReSTOR apodized diffractive intraocular lens. *Ophthalmology* 2006;113:584.e1.
- 9) 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.
- 10) Chiam PJ, Chan JH, Aggarwal RK, Kasaby S. ReSTOR intraocular lens implantation in cataract surgery: quality of vision. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:1459-63.
- 11) Sallet G. Refractive outcome after bilateral implantation of an apodized diffractive intraocular lens. *Bull Soc Belge Ophtalmol* 2006;299:67-73.
- 12) Souza CE, Muccioli C, Soriano ES, et al. Visual performance of AcrySof ReSTOR apodized diffractive IOL: a prospective comparative trial. *Am J Ophthalmol* 2006;141:827-32.
- 13) Cumming JS, Colvard DM, Dell SJ, et al. Clinical evaluation of the Crystalens AT-45 accommodating intraocular lens: results of the U.S. Food and Drug Administration clinical trial. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:812-25.
- 14) Gunenc U, Celik L. Long-term experience with mixing and matching refractive Array and diffractive CeeOn multifocal intraocular lenses. *J Refract Surg* 2008;24:233-42.
- 15) 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;24:300-5.
- 16) Bi H, Cui Y, Ma X, et al. Early clinical evaluation of Acrysof ReSTOR multifocal intraocular lens for treatment of cataract. *Ophthalmologica* 2008;222:11-6.
- 17) Pepose JS, Qazi MA, Davies J, et al. Visual performance of patients with bilateral vs combination Crystalens, Rezoom, and ReSTOR intraocular lense implants. *Am J Ophthalmol* 2007;144:347-57.
- 18) Apple DJ, Sims J. Harold Ridley and the invention of the intraocular lens. *Surv Ophthalmol* 1996;40:279-92.
- 19) Piovella M, Bosc JM. Clinical evaluation of the OptiVis™ multifocal intraocular lens. *Adv Ther* 2011;28:1012-20.
- 20) Lee HS, Park SH, Kim MS. Clinical results and some problems of multifocal apodized diffractive intraocular lens implantation. *J Korean Ophthalmol Soc* 2008;49:1235-41.
- 21) Caballero A, Losada M, Lopez JM, et al. Decentration of intraocular lenses implanted after intercapsular cataract extraction (enveloped technique). *J Cataract Refract Surg* 1991;17:330-4.



**=ABSTRACT=**

## Comparative Study of Clinical Outcomes Between 2 Types of Multifocal Aspheric Intraocular Lenses

Yu Li Park, MD, Gyu Yeon Hwang, MD, Choun Ki Joo, MD, PhD

*Department of Ophthalmology and Visual Science, The Catholic University of Korea School of Medicine, Seoul, Korea*

**Purpose:** To evaluate the efficacy of the OptiVis™ Multifocal intraocular lens (IOL) and compare the clinical outcome between OptiVis™ and AcrySof® ReSTOR® D1.

**Methods:** We reviewed 20 eyes of 11 patients implanted with OptiVis™ and 20 eyes of 10 patients implanted with AcrySof® ReSTOR® D1. The clinical outcomes of the 2 IOLs were evaluated 1 and 2 months postoperatively and consisted of distant, intermediate, and near visual acuity, depth of focus, contrast sensitivity, wavefront aberration, patient satisfaction, decentration and IOL tilt.

**Results:** Intermediate vision was better in the OptiVis™ group. There were no statistical differences between the 2 groups with respect to distant vision, near vision and wavefront aberration, contrast sensitivity, decentration and IOL tilt. Depth of focus was deeper in the OptiVis™ group at the intermediate visual acuity zone. There were no statistically significant result differences between postoperative 1 and 2 months.

**Conclusions:** The OptiVis™ multifocal IOL provided satisfactory visual acuity at distance, near, and intermediate with no apparent reduction in contrast sensitivity. The IOL can be effective for improving patient satisfaction after cataract surgery as well as correcting presbyopia.

J Korean Ophthalmol Soc 2013;54(8):1199-1207

**Key Words:** Depth of focus, Intermediate vision, Multifocal intraocular lens, Presbyopia

---

Address reprint requests to **Choun Ki Joo, MD, PhD**

Department of Ophthalmology, The Catholic University of Korea, Seoul St. Mary's Hospital

#222 Banpo-daero, Seocho-gu, Seoul 137-701, Korea

Tel: 82-2-2258-7621, Fax: 82-2-599-7405, E-mail: ckjoo@catholic.ac.kr