

백내장 수술 전후 교정시력의 변화가 없는 환자 군에서 OQAS를 이용하여 측정한 광학적 질의 변화

박창원 · 이용은 · 주천기

가톨릭대학교 의과대학 안과 및 시과학연구소

목적: 백내장 수술 전후에 교정시력이 동일한 환자군에서 수술 전후의 NEI-VFQ-25의 만족도와 OQAS의 결과를 이용하여 환자의 시기능 개선상태를 객관적으로 알아보고자 한다.

대상과 방법: 2011년 12월부터 2012년 2월에 수술을 받은 백내장 환자에서 술 전과 술 후 2달째에 교정시력이 0.8에서 0.8, 1.0에서 1.0으로 변화가 없는 환자 24명(24안)을 대상으로 NEI-VFQ-25 test (National Eye Institute Visual Function Questionnaire25)를 시행하였고, OQAS (Optical Quality Analysis System)의 Objective Scatter Index (OSI), Modulation Transfer Function (MTF Cut off), Strehl ratio, Width at 50%, 10%를 측정하여 비교하였다.

결과: 백내장 술 전과 술 후에서 NEI-VFQ-25 test는 71.54 ± 14.88 (score), 85.70 ± 6.17 (score)로 환자의 시기능에 대한 만족도가 상승하였다($p=0.002$). OSI는 3.13 ± 1.66 (OSI value), 1.53 ± 0.58 (OSI value)로 감소되었으며($p=0.000$), MTF cut off value는 14.51 ± 6.97 에서 27.63 ± 8.98 으로 개선되었다($p=0.000$). Strehl ratio는 0.09 ± 0.03 , 0.14 ± 0.03 으로 나아졌으며($p=0.000$), width at 50%는 8.44 ± 3.73 , 4.52 ± 1.90 으로 width at 10%는 35.30 ± 15.22 , 18.04 ± 8.87 으로 개선되었다($p=0.000$).

결론: 백내장 수술 후 시력만으로 시기능의 개선을 알 수 없는 환자에서 NEI-VFQ-25 test는 시력의 개선을 반영하였고 OQAS는 정량화된 수치를 통해 시력의 질이 향상됨을 보여주었다.

〈대한안과학회지 2013;54(8):1208-1212〉

백내장 환자는 수정체의 혼탁으로 인해 망막에 맺히는 상이 흐려져 시력이 떨어진다. 시력의 저하는 일반적인 시력검사나 대비감도 검사(contrast sensitivity test)로 측정할 수 있으나¹ 최근에 개발된 OQAS (optical quality analysis system, visiometrics, Spain)의 Double-Pass Technique²⁻⁴는 시력의 변화가 없더라도 수정체의 혼탁과 망막에 맺히는 상의 광학적 질(optical quality)을 객관적으로 측정할 수 있다.

OQAS의 더블패스 테크닉(double-pass technique)의 원리를 간략히 설명하면(Fig. 1), OQAS의 주요 측정치인 안구의 MTF (modulation transfer function)를 평가하는데 단색의 다이오드 레이저 광선(780 nm)을 망막에 조사하여 측정한다.⁵ 망막으로부터 되돌아 나온 반사광의 빛 번짐(point spread function, PSF) 정도는 low-noise digital

camera에 의해 기록되고 이 반사광은 Beam Splitter (BS)를 통해 반사된 후 두 개의 더블 렌즈와 Focus Corrector (FC)를 통해서 두 개의 거울에 도달하게 된다. 렌즈와 렌즈 사이에서 광학적 경로가 변형되면서 Focus Corrector에서 구면 굴절력을 산출해 낼 수 있게 된다. HeNe 다이오드 레이저를 사용하며 동공 안으로 256개의 레이저빔을 순차적으로 조사하여 환자의 구면굴절력을 검출하게 된다. 조사되는 레이저 빔의 패턴이 자동으로 조절되기 때문에 6 mm 보다 작은 동공에서도 검사를 수행해 낼 수 있다.⁶ OQAS에서는 안구 내부의 혼탁의 정도, 망막에 맺히는 상의 이미지, 이를 이용한 광학적 질을 나타내는 여러 가지의 수치를 측정할 수 있다.

OSI (objective scattering index)는 안구 내에서 빛의 산란(scattering)의 정도를 객관적으로 나타낸 것으로 백내장 환자에서 수정체 혼탁이 심할수록 수치가 증가한다.⁷ PSF (point spread function)는 점 광원이 안구내의 매질을 통과한 다음의 망막에 맺히는 상으로 많이 퍼질수록 안구의 광학적 질이 불량함을 의미한다.

MTF (modulation transfer function)는 광학계(optical system)의 광학적 질을 평가하는데 사용하는 방법으로서 광학적 질이 우수할수록 시표의 공간주파수(spatial fre-

■ Received: 2013. 3. 8.

■ Revised: 2013. 4. 6.

■ Accepted: 2013. 6. 1.

■ Address reprint requests to Choun-Ki Joo, MD, PhD
Department of Ophthalmology, Seoul St. Mary's Hospital, The Catholic University of Korea, #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

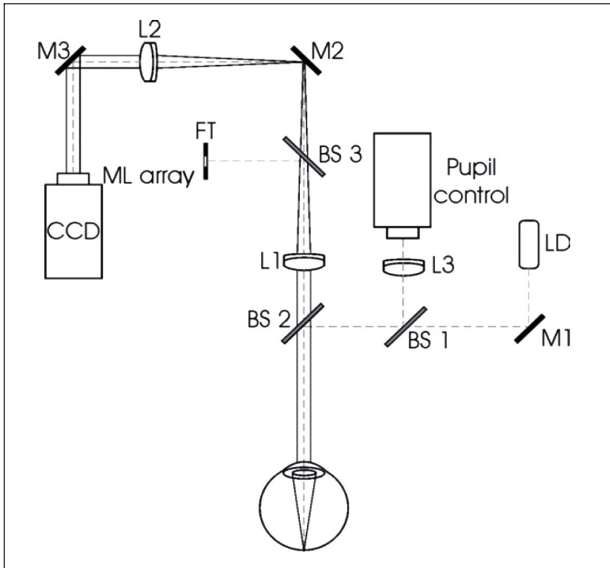


Figure 1. Illustration of a double-pass system.

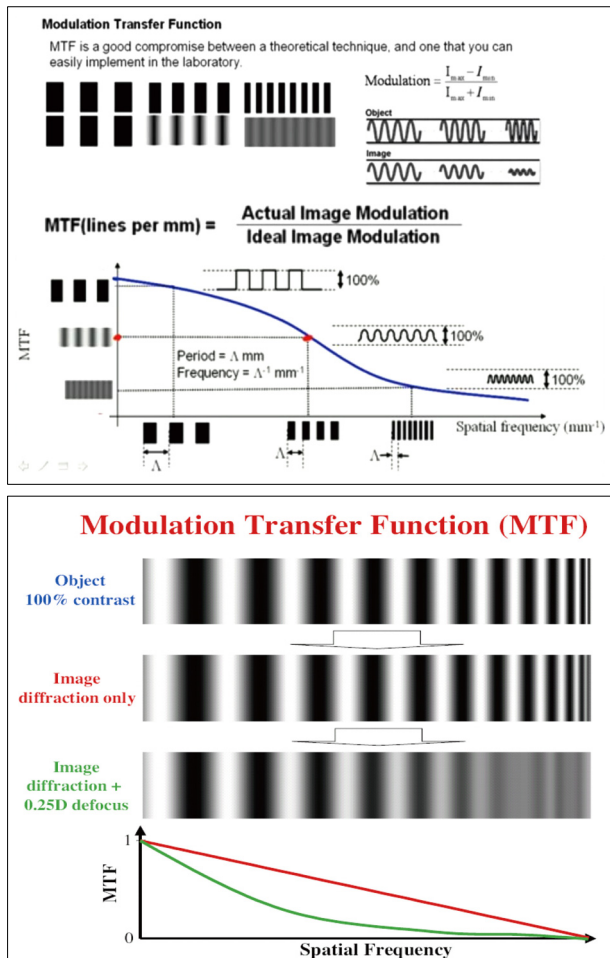


Figure 2. Modulation transfer function.

quency)가 증가하더라도 광학계를 통과한 이미지의 대비 감도가 천천히 감소한다(Fig. 2). 반면에 광학적 질이 불량

한 경우에는 이미지의 대비감도가 급격히 감소한다. 그러므로 MTF cut off value가 클수록 안구의 광학적 질이 우수함을 의미한다.

또한 Strehl ratio는 망막의 일정한 면적에 맺히는 상의 집속도로 값이 높을수록 안구의 광학적 질이 우수함을 의미한다. Width at 50%와 width at 10%는 PSF의 peak intensity 50%와 10%에서의 폭을 의미하는 것으로 광학적 질이 우수할수록 작은 값을 가진다.

백내장 수술 후에는 대개 교정시력이 좋아지지만 수술이 잘 되었음에도 불구하고 수술 후 교정시력이 향상되지 않는 경우가 있다. 이러한 환자에서 혼탁한 수정체를 제거하였기 때문에 광학적 질은 개선되었을 것이라고 예상되지만 이를 객관적으로 증명하기 어려웠다. 본 저자들은 이러한 경우에 OQAS를 이용하여 실제로 광학적 질이 향상되는지를 객관적으로 확인해보고자 하고, 시력의 질(visual quality)에 대한 자각적 설문조사도 시행하여 OQAS의 결과와 비교해 보고자 한다.

대상과 방법

본 연구는 가톨릭대학교 중안의료원 임상연구심의위원회(Institutional Review Board)의 심사를 거쳐 연구윤리 규정에 따라 진행되었다. 2011년 12월부터 2012년 2월에 본원에서 수술받은 백내장 환자를 선정하였으며 그 중에서 수술 전과 후에 원거리 교정시력이 0.8에서 0.8인 14명(14안), 1.0에서 1.0인 10명(10안)으로 교정시력의 향상을 보이지 않는 환자 24명(24안)을 대상으로 하였다. 시력 측정 은 6 meter 거리에서 진용한 시력표를 이용하여 측정하였고, 술 전과 술 후에 안경으로 최대 교정시력이 동일하게 0.8 이상으로 측정되는 환자만을 포함하였다. 그리고 다른 안과적 질환(당뇨, 녹내장 등)으로 인하여 시력이 저하된 환자는 제외하였다. 또한 측정 시 협조가 안되어 검사시간이 길어지거나 검사조건에 영향을 미칠 수 있는 전신질환 환자는 연구에서 제외하였다.

객관적 검사방법인 OQAS의 OSI, MTF cut-off value, strehl ratio, width at 50, 10%를 측정하였다. OQAS의 검사결과는 3회 반복 측정하여 평균값을 사용하였으며 한 명의 숙련된 검사자(CWP)가 검사하였다. 모든 피험자는 산 동제를 사용하지 않고 암순응 후 6 mm 이상의 상태로 검사를 받았다. 환자의 난시는 trial lens set의 cylinder lens를 OQAS 검사장비에 삽입하여 교정하였으며 OQAS의 artificial pupil size는 4 mm로 설정하고 검사하였다.

모든 대상자는 자각적 설문지인 NEI-VFQ-25 test (National Eye Institute Visual Function Questionnaire25)⁸

를 작성하여 시력의 만족도를 점수화하였다. 본 연구에서 사용한 NEI-VFQ-25 test 설문지는 미국 국립 안 연구센터로부터 후원을 받아 만들어졌고 노바티스에서 후원 받은 대한망막학회에서 번역하였는데 시각 기능 저하에 의한 환자들의 작업 수행 능력이나 증상, 감정적인 만족감, 사회적 기능을 평가하기 위하여 25개의 문항으로 개발되었다.⁸ 기본적으로 면담형식으로 진행되며 설문 시행에는 평균적으로 10분 정도 걸리게 된다. 검사결과는 0-100점까지 나올 수 있으며 점수가 높을수록 시력의 만족도가 높다는 것을 의미하게 된다.

통계학적 분석은 SPSS 18.0 version 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL)을 사용하여 백내장 환자의 술 전, 술 후의 결과를 paired *t*-test로 분석하였고 통계학적 유의성의 기준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

결 과

본 연구에 포함된 24명의 나이, 성별, 술 전 굴절이상은 Table 1과 같다. 교정시력이 0.8에서 0.8로 변화가 없는 군 14명 14안의 술 전 평균연령은 63.23 ± 9.27 세, 교정시력이 1.0에서 1.0으로 변화가 없는 군 10명 10안의 평균연령은 57.63 ± 9.92 세였다.

Table 2는 백내장 수술 후 교정시력의 증가가 없었던 24명의 OSI, MTF cut-off value, strehl ratio, width at

50%, width at 10%, NEI-VFQ-25 score의 평균값이다. 매체의 빛의 산란을 의미하는 OSI는 3.13에서 1.53로 유의하게 감소하였으며($p=0.000$), MTF cut off value는 14.51에서 27.63로 증가하였다($p=0.000$). Strehl ratio는 0.09에서 0.14로 증가하였으며($p<0.01$), width at 10%는 35.30에서 18.04로, width at 50% 8.44에서 4.52로 시력의 질이 향상된 결과를 보였다. NEI-VFQ-25 score는 71.54에서 85.70으로 증가($p=0.002$)하여 주관적인 시력의 질도 향상되었음을 알 수 있었다.

Fig. 3은 교정시력이 백내장 수술 전후 모두 0.8인 한 환자의 전형적인 PSF, MTF curve, OSI, MTF cut-off value, strehl ratio, width at 50%, width at 10%이다. 수술 전에는 수정체 혼탁에 의해 넓게 퍼져있던 PSF가 술 후에는 작게 집중되어 있다. 시표의 spatial frequency가 증가함에 따라 급격히 감소하던 MTF curve가 술 후에는 보다 완만히 감소하는 것을 알 수 있다. 안구내 매체의 혼탁을 나타내는 OSI는 술 후 현저히 감소하였으며 MTF cut-off value와 strehl ratio는 증가하였다. 술 후 PSF의 width인 width 50%, width 10%는 모두 감소하여 광학적 질이 증가하였음을 알 수 있다.

고 찰

본 연구는 백내장 수술 전후 교정시력의 변화가 없는 환

Table 1. Demographics of patients

Characteristics	0.8→0.8 CDVA group	1.0→1.0 CDVA group	Total
Eye (n)	14	10	24
Age \pm SD (years)	62.23 ± 9.27	57.63 ± 9.92	60.39 ± 9.64
Sex			
Male (n)	5	6	11
Female (n)	9	4	13
Pre operative SE	0.19 ± 2.27	-0.16 ± 2.41	0.04 ± 2.28
Pre operative cylinder	-1.06 ± 0.45	-1.08 ± 0.89	-1.07 ± 0.66

Values are presented as mean \pm SD.

CDVA = corrected distance visual acuity; SE = spherical equivalent.

Table 2. OQAS parameters before and after cataract surgery (n = 24)

Parameter	Pre operation	Post operation	p-value
OSI (OSI value)	3.13 ± 1.66	1.53 ± 0.58	0.000*
MTF cut-off (C/deg)	14.51 ± 6.97	27.63 ± 8.98	0.000*
Strehl ratio	0.09 ± 0.03	0.14 ± 0.03	0.000*
Width at 50%	8.44 ± 3.73	4.52 ± 1.90	0.000*
Width at 10%	35.30 ± 15.22	18.04 ± 8.87	0.000*
NEI-VFQ-25 (score)	71.54 ± 14.88	85.70 ± 6.17	0.002*

Values are presented as mean \pm SD.

OSI = objective scatter index; MTF = modulation transfer function; NEI-VFQ-25 = National Eye Institute Visual Function Questionnaire 25.

* $p < 0.01$ significantly different from each group compared.

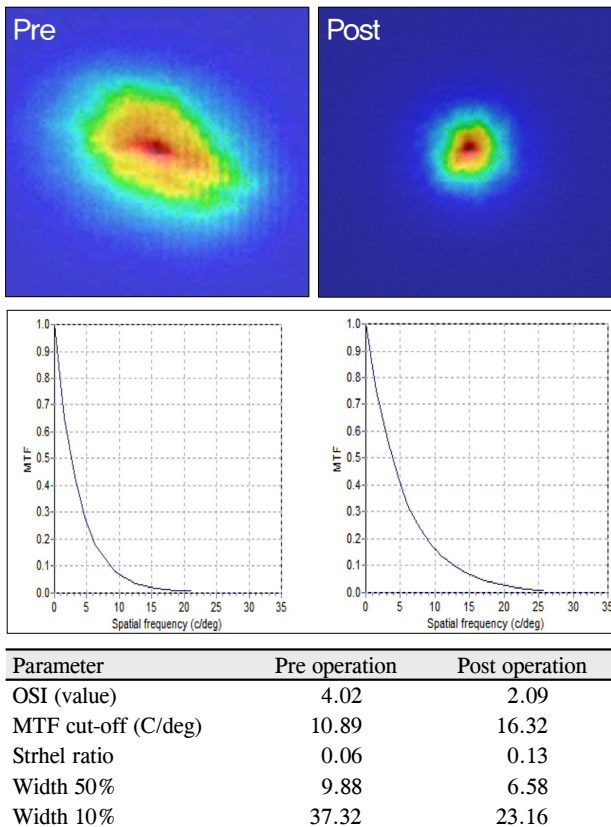


Figure 3. A representative OQAS result of a patient.

자 군에서 OQAS로 광학적 질의 변화를 측정한 최초의 연구이다. Artal et al⁷은 세극등으로 수정체의 혼탁의 정도를 검사한 결과와 OQAS로 검사한 OSI수치를 비교한 최초의 실험이었는데 실제로 검사자가 주관적으로 판단한 LOCSIII 수치가 높아질수록 OSI 수치도 비례하여 증가하는 경향을 보였고 그에 따라 망막에 맺히는 상 이미지가 혼탁해진다고 보고하였다. 즉 백내장 환자의 수정체는 OQAS의 OSI, MTF 등의 주요 변수에 영향을 준다고 보고되었다.

시력표를 통한 전통적인 시력검사는 동일한 줄의 시력표를 읽는 환자들에게서 시각 기능의 질적 차이를 미세하게 평가하기에는 한계점을 가지고 있다. 기존의 시력검사는 한 줄 시표에서 3-5개의 숫자를 읽고 환자가 판독하는 숫자의 개수에 따라 시력을 판정하기 때문에 정밀한 차이를 반영하기 힘들다.^{9,10} 시력표에 의한 시력검사는 검사실의 조도, 환자의 심리적 요인, 뇌의 해석하는 기능, 검사자의 숙련도 등이 시력 판정결과에 영향을 끼칠 수 있다. 즉 동일한 시력을 갖는 환자들이라도 실제 시기능은 차이가 발생할 수 있음을 의미한다.

반면에 OQAS의 변수는 안구 내 망막의 일정한 면적에 맺히는 상의 이미지와 집속도 값을 OSI, MTF 등의 광학적 수치로 나타내기 때문에 보다 정밀하고 객관적인 분석이

가능하다. 또한 NEI-VFQ 25 설문지 결과는 환자 스스로 느끼는 시각능력을 0-100점까지 점수화하므로 시각기능의 주관적인 느낌을 수치화하여 나타내는데 효과적이다.

본 연구에서는 백내장 수술 전 후 동일한 시력을 보이는 환자 군에게 NEI-VFQ-25 시기능 설문지를 실시하여 환자 본인이 느끼는 시기능의 차이를 점수화하였고 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 또한 수술 전 후에 OQAS의 변수를 분석하였는데 통계학적으로 유의하게 시기능이 개선되는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 백내장 수술 전 후에 동일한 시력을 가진 환자군에서 시력검사에서 발견하지 못한 시기능의 차이를 NEI-VFQ test와 OQAS 검사에서 확인 하였으며 환자의 시력의 질이 개선되었음을 의미한다. 안구에서 광학수차는 각막, 수정체, 유리체의 광학적인 상태에 따라 영향을 받는데,¹¹ OQAS에서 얻어진 OSI value도 안구에서 각각의 요소(눈물막, 각막, 수정체, 유리체)의 상태에 따라 영향을 받게 된다. OQAS의 HeNe 다이오드 레이저는 안구 내의 각각의 매질을 통과하면서 빛의 산란 정도를 나타내는데 건성안 환자의 경우처럼 눈물막이 쉽게 파괴되어 빛변질을 유발하는 경우나 수정체, 유리체에 이물질이 움직이는 환자를 검사 시 OSI value의 오차가 발생할 수 있다. 또한 술 전에 원시인 경우에는 교정시력의 변화가 없어도 환자의 자각적인 만족도는 향상될 수 있는데 이에 대해 고려하지 못한 점이 본 연구의 한계점으로 생각한다.

결론적으로 기존의 시력 검사법은 환자의 시력의 질을 미세하게 파악하는데 어려움이 있는 반면 OQAS 검사는 백내장 환자의 수술 전후의 미세한 시력의 질 향상을 수치화된 객관적인 자료로 얻을 수 있으므로 유용하다. 또한 OQAS에서 얻어진 결과들은 수술 전후 교정시력의 변화가 없을 때 시력의 질이 향상되었음을 객관적을 증명할 수 있기 때문에 환자에게 이를 설명하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 생각한다.

REFERENCES

- 1) Koch DD. Glare and contrast sensitivity testing in cataract patients. J Cataract Refract Surg 1989;15:158-64.
- 2) Vilaseca M, Arjona M, Pujol J, et al. Optical quality of foldable monofocal intraocular lenses before and after injection aaComparative evaluation using a double-pass system. J Cataract Refract Surg 2009;35:1415-23.
- 3) Benito A, Pérez GM, Mirabet S, et al. Objective optical assessment of tear-film quality dynamics in normal and mildly symptomatic dry eyes. J Cataract Refract Surg 2011;37:1481-7.
- 4) Díaz-Doutón F, Benito A, Pujol J, et al. Comparison of the retinal image quality with a hartmann-shack wavefront sensor and a double-pass instrument. Invest Ophthalmol Vis Sci 2006;47:1710-6.
- 5) Cabot F, Saad A, McAlinden C, et al. Objective assessment of cys-

- talline lens opacity level by measuring ocular light scattering with a double-pass system. *Am J Ophthalmol* 2013;155:629-635,e1-2.
- 6) Martínez-Roda JA, Vilaseca M, Ondategui JC, et al. Optical quality and intraocular scattering in a healthy young population. *Clin Exp Optom* 2011;94:223-9.
- 7) Artal P, Benito A, Pérez GM, et al. An objective scatter index based on double-pass retinal images of a point source to classify cataracts. *PLoS One* 2011;6:e16823.
- 8) Heo JW, Yoon HS, Shin JP, et al. A validation and reliability study of the Korean version of national eye institute visual function questionnaire 25. *J Korean Ophthalmol Soc* 2010;51:1354-67.
- 9) Kang SM, Kang IB, Kim JH. Visual acuity prediction with the illuminated near card in cataract patients. *J Korean Ophthalmol Soc* 2006;47:1568-74.
- 10) The potential role of the retinal acuity meter for predicting visual outcome after cataract surgery. *J Korean Ophthalmol Soc* 2007;48:898-904.
- 11) Ahn SM, Seok SS, Park CY. Considering spherical aberration in choosing the wavefront map for laser vision correction. *J Korean Ophthalmol Soc* 2011;52:147-56.

=ABSTRACT=

Changes in Optical Quality of Cataract Patients' Corrected Visual Acuity before and after Phacoemulsification

Chang Won Park, MS, Yong Eun Lee, MD, Choun-Ki Joo, MD, PhD

Department of Ophthalmology and Institute for Visual Science College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate objectively the improvement level of a patient's visual function using the NEI-VFQ-25 questionnaire pre- and post-operatively and the OQAS results from the patient group who had the same corrected visual acuity pre- and post-operatively.

Methods: We examined and compared the NEI-VFQ-25 test, OSI, MTF cut-off, strehl ratio, OQAS, and width at 50% and 10% in 24 eyes of 24 patients who had cataract surgery between December 2011 and February 2012. The patients' corrected visual acuity in both eyes had no change (0.8 and 0.8) pre-operatively and 2 months post-operatively (1.0 and 1.0).

Results: The satisfaction level regarding the patients' visual function increased. The NEI-VFQ-25 test was 71.54 ± 14.88 points pre-operatively and 85.70 ± 6.17 points post-operatively. OSI decreased to 3.13 ± 1.66 (OSI value) and 1.53 ± 0.58 (OSI value), and MTF cut off value improved from 14.51 ± 6.97 (C/deg) to 27.63 ± 8.98 (C/deg). Strehl ratio was improved to 0.09 ± 0.03 and 0.14 ± 0.03 , width at 50% improved to 8.44 ± 3.73 and 4.52 ± 1.90 and width at 10% improved to 35.30 ± 15.22 and 18.04 ± 8.87 pre- and post-operatively, respectively.

Conclusions: The NEI-VFQ-25 test reflected the vision improvement in patients where after cataract surgery, determination of the visual function improvement only through vision would not be possible. In addition, the OQAS showed the quality of vision improved through quantified values.

J Korean Ophthalmol Soc 2013;54(8):1208-1212

Key Words: Cataract surgery, MTF, NEI-VFQ-25, OQAS, OSI

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

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