

미국백내장굴절수술학회 제공 공식을 포함한 굴절교정수술 후 백내장수술 환자의 인공수정체 도수 계산 방법 비교

Comparison of Intraocular Lens Power Calculation Methods after Refractive Surgery Provided by the ASCRS

정소연 · 정지원

Soyeon Jung, MD, Jiwon Jung, MD, PhD

인하대학교 의과대학 안과학교실

Department of Ophthalmology, Inha University School of Medicine, Incheon, Korea

Purpose: Methods of intraocular lens (IOL) calculations for cataract surgery after myopic corneal refractive surgery were compared.

Methods: The medical records of 23 eyes from 20 patients were retrospectively analyzed. Five methods - Haigis L and Barrett no history method from Post-Refractive IOL Calculator of American Society of Cataract and Refractive Surgery (ASCRS), Shammas no history method, Haigis suite from IOL Master 700, and clinical history method - were used.

Results: The Barrette no history method from the ASCRS showed the lowest arithmetic errors, while the Haigis-L from the ASCRS showed the lowest absolute prediction errors (-0.38 ± 0.99 diopters [D] and 0.76 ± 0.68 D, respectively). The percentages of refractive prediction errors within 0.50 D and 1.00 D of the Barrett no history method were 52.2% and 82.6%, respectively.

Conclusions: The Barrette no history method and Haigis-L from the ASCRS showed the smallest errors in this study. The Barrett no history method showed a high percentage of refractive prediction errors within 0.50 D and 1.00 D.

J Korean Ophthalmol Soc 2018;59(9):827-833

Keywords: American Society of Cataract and Refractive Surgery (ASCRS) intraocular lens (IOL) calculator, Cataract, Corneal refractive surgery, IOL power calculation

1990년대 이후 굴절교정수술이 대중화되면서 많은 환자들이 굴절교정수술을 시행받았다. 이후 굴절교정수술을 시행받은 환자들의 연령의 증가와 함께 백내장수술의 필요성 또한 증가되고 있다. 일반적인 백내장수술과는 다르게 굴

절교정수술을 받은 환자가 백내장수술을 받을 경우 인공수정체의 도수 계산 및 선택이 어려워지는데, 이는 굴절교정수술 이후 변화된 각막을 기존의 각막곡률검사가 제대로 측정하기 어려우며, 굴절교정수술 후 각막 전면의 곡률의 변화로 각막 전·후면 곡률 관계가 변하고 인공수정체 도수 계산식에서 사용하는 유효렌즈위치(effective lens position, ELP)가 부정확해지기 때문이다.¹⁻³ 이러한 부정확성을 극복하기 위하여 굴절수술 후 인공수정체 도수 계산을 위한 다양한 공식들이 고안되어 보고되어 왔다. 최근까지도 샴플러그 카메라와 같은 새로운 계측 기계를 사용한 새로운 인공수정체 도수 계산 방법⁴ 및 Barrett True-K formula⁵ 등

■ Received: 2018. 3. 22. ■ Revised: 2018. 6. 25.

■ Accepted: 2018. 8. 28.

■ Address reprint requests to **Jiwon Jung, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Inha University Hospital, #27
Inhang-ro, Jung-gu, Incheon 22332, Korea
Tel: 82-32-890-2400, Fax: 82-32-890-2417
E-mail: panch325@gmail.com

* Conflicts of Interest: The authors have no conflicts to disclose.

© 2018 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.

새로운 공식들이 보고되고 있으며, 이러한 여러 공식들의 보다 편한 임상적 적용을 위한 스프레드시트 또는 온라인 상에서 계산이 가능한 사이트의 개발 등이 있었다. 그 대표적인 예가 American Society of Cataract and Refractive Surgery (ASCRS) online tools에서 제공하는 Post-Refractive IOL Calculator (iolcalc.ascrs.org, accessed Sep. 10, 2017)이다.

굴절교정수술로 시력 호전을 경험한 환자들의 경우 시력 호전에 대한 기대 및 요구도, 백내장수술 후 안경착용에 대한 거부감이 일반 백내장 환자의 경우보다 높아^{6,7} 인공수정체 도수 계산에 정확성이 보다 더 요구되고 있는 실정이다. 이에 본 연구는 굴절교정수술 시행 후 본원에서 백내장수술을 받은 환자들의 의무기록을 토대로 여러 가지 인공수정체 도수 계산 방법을 비교해보고자 하였다.

대상과 방법

본 연구는 2009년 8월부터 2017년 9월까지 본원에서 백내장수술을 받은 환자 중, 백내장수술 전 굴절교정수술을 받은 환자 총 20명, 23안을 대상으로 해당 환자의 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 백내장수술 시행 전 6개월 이내에 다른 안과적 수술력이 있는 환자는 연구 분석에서 제외하였다. 환자들은 13안에서 공막절개창, 10안에서 투명각막절개창을 사용하여 수정체유화술 및 접합인공수정체삽입술을 시행하였다. 인공수정체는 18안에서 TECNIS 1-piece IOL ZCB00 (Abbott Medical Optics Inc., Santa Ana, CA, USA)를 사용하였고 5안에서 AcrySof IQ SN60WF (Alcon, Fort Worth, TX, USA)를 사용하였다. 본 연구는 인하대병원 연구윤리 심의위원회의 승인을 받았으며, 헬싱키선언을 준수하여 시행되었다.

본 연구에서 비교한 인공수정체 도수 계산 방법은 총 다섯 가지이다. ASCRS Post-Refractive IOL Calculator 중 Haigis-L, Barrett no history method와 Shammas no history method를 사용하였다. ASCRS Post-Refractive IOL Calculator 웹사이트(<http://iolcalc.ascrs.org>)에 접속 후 해당 환자의 생체계측값을 입력하여 계산되는 인공수정체 도수 중 실제 환자에게 삽입한 인공수정체 도수에 해당하는 예측 굴절값을 구하였다. 또한 IOLMaster 700[®] (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany) 검사가 가능했던 10안에서 장비 내 Haigis suite에 의해 계산된 인공수정체 도수, 과거 굴절수술 전후 정보가 있었던 7안에서 clinical history method를 사용하여 총 다섯 가지의 방법으로 인공수정체 예측 굴절값을 계산하여 사용하였다.

이렇게 각 방법으로 계산한 예측 굴절값과 백내장수술 시행 1개월 이후에 시행한 환자의 현성굴절검사값 사이의

차이를 산술적 오차 및 절대 오차로 계산하여 비교하였다. 또한 환자의 수술 1개월 이후 현성굴절검사값을 기준으로 다섯 가지 방법의 예측 굴절값이 ± 0.25 D, ± 0.50 D, ± 0.75 D, ± 1.00 D 이내의 차이를 보이는 비율을 비교하였다. 통계적 분석은 SPSS statistical software package (version 20.0; IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 사용하였다. 산술 오차의 통계적 유의성을 검증하기 위해서 단일표본 *t* 검정을 사용하여 각 방식에 의한 산술 오차가 0과 유의한 차이가 있는지 확인하였으며, 절대 오차의 경우 Wilcoxon 부호 서열검정을 사용하여 통계적 유의성을 보았다.

결 과

대상 환자 20명 23안의 평균 연령은 51.83 ± 8.28 세였고, 남자는 11명, 12안, 여자는 9명, 11안이었다. 본 연구에 포함된 총 23안 중 16안은 laser-assisted *in-situ* keratomileusis (LASIK), 2안은 laser-assisted sub-epithelial keratectomy (LASEK), 5안은 photorefractive keratectomy (PRK)를 백내장수술 시행 평균 15.78 ± 5.31 년 전에 시행받았다. 총 연구 대상 23안 중 8명, 8안이 굴절 수술 후 평균 10.0년 이후, 백내장 수술 전 평균 17.5 ± 15.2 개월 이전에 열공성 망막박리로 인한 공막돌출술(2명, 2안), 열공성 망막박리로 유리체절제술(2명, 2안), 망막전막으로 유리체절제술(2명, 2안), 황반원공으로 인한 유리체절제술(2명, 2안)을 시행받았다. 연구 대상 23안 중 굴절교정수술 시행 전 각막곡률값 및 수술 후 굴절력의 기록이 있는 경우는 총 7안이었으며 이들 환자의 굴절교정수술 시행 전 평균 구면렌즈대응치는 -7.02 ± 2.72 D, 시행 후 평균 구면렌즈 대응치는 -1.05 ± 0.60 D였다. 전체 23안의 백내장수술 전 구면렌즈 대응치는 평균 -4.98 ± 7.18 D였으며 각막곡률값(K)은 평균 38.26 ± 2.09 D였다. 백내장수술 1개월 이후 평균 구면렌즈 대응치는 -0.61 ± 0.91 D였다. 총 23안의 백내장수술 중 후방파열 등의 합병증 발생은 없었으며 1안에서 백내장 수술 후 7개월 시점에 망막박리가 관찰되어 유리체절제술을 시행하였다(Table 1).

Table 2는 환자의 백내장수술 후 실제 구면렌즈 대응치를 사용한 다섯 가지 방법의 수술 후 굴절값의 예측 오차를 보여준다. ASCRS의 Barrett no history method가 가장 작은 산술 오차(-0.38 ± 0.99 D)를 보였으며, ASCRS의 Haigis L 방식(-0.49 ± 0.91 D), IOLMaster 700의 Haigis suite (-0.54 ± 1.02 D), Shammas no history method (-0.66 ± 1.08 D), clinical history method ($+1.02 \pm 1.91$ D) 순서였다. 산술 오차의 경우 ASCRS의 Barrett no history method, IOLMaster 700의 Haigis suite, clinical history method가 0과 통계적으로 차이가 없었다(Fig. 1A). 절대 오차의 경우 ASCRS의

Table 1. Demographics and characteristics of patients

Data	Value	Median (range)
Age (years)	51.83 ± 8.28	52 (39, 67)
Male:female	11:9	-
OD:OS	13:10	-
Ocular OP history (except refractive surgery) (n, %)	8 (34.78)	-
Scleral buckling	2 (8.70)	-
Pars plana vitrectomy	6 (26.09)	-
LASIK:LASEK:PRK	16:2:5	-
Pre-refractive surgery SE (n = 7, D)	-6.87 ± 2.37	-6.50 (-10.00, -4.25)
Pre-refractive surgery mean K (n = 7, D)	42.86 ± 0.98	42.75 (41.00, 43.75)
Post-refractive surgery SE (n = 7, D)	-1.05 ± 0.60	-0.75 (-2.00, -0.50)
Pre-cataract surgery SE (D)	-4.98 ± 7.18	-4.75 (-17.38, 11.75)
Pre-cataract surgery mean K (D)	38.26 ± 2.09	38.50 (-18.50, 11.75)
Post-cataract surgery SE (D)	-0.61 ± 0.91	-0.74 (-2.25, 1.50)
Axial length(mm)	27.80 ± 1.94	27.80 (24.12, 31.40)
IOL diopter (D)	17.70 ± 3.46	18.50 (11.00, 23.00)
Post-cataract surgery complication (n, %)		
Posterior capsule rupture	0 (0)	-
Retinal detachment	1 (4.35)	-

Values are presented as mean ± standard deviation unless otherwise indicated.

OD = oculus dexter; OS = oculus sinister; OP = operation; LASIK = laser-assisted *in-situ* keratomileusis; LASEK = laser-assisted sub-epithelial keratectomy; PRK = photorefractive keratectomy; SE = spherical equivalent; IOL = intraocular lens.

Table 2. Mean arithmetic and absolute refraction prediction errors of patients

Formula/method	Refraction predication errors (D)			
	Arithmetic		Absolute	
	Mean ± SD	Median (range)	Mean ± SD	Median (range)
ASCRS-Haigis L	-0.49 ± 0.91	-0.42 (-2.917, 1.320)	0.76 ± 0.68	0.55 (0.080, 2.917)
ASCRS-Barrett no history	-0.38 ± 0.99	-0.33 (-2.725, 0.975)	0.79 ± 0.70	0.50 (0.020, 2.725)
Shammas	-0.66 ± 1.08	-0.56 (-3.259, 1.100)	0.98 ± 0.79	0.66 (0.048, 3.259)
Haigis suite (IOLMaster 700®, n = 10)	-0.54 ± 1.02	-0.42 (-1.965, 0.965)	0.92 ± 0.67	0.70 (0.220, 1.965)
Clinical history (n = 7, SRK/T, A-scan)	1.02 ± 1.91	0.20 (-0.654, 4.965)	1.25 ± 1.75	0.65 (0.055, 4.965)

Values are presented as mean ± standard deviation (SD) unless otherwise indicated.

ASCRS = American Society of Cataract and Refractive Surgery; SRK/T = Sanders-Retzlaff-Kraff/Theoretical.

Haigis-L이 가장 작았고(0.76 ± 0.68 D), ASCRS의 Barrett no history method (0.79 ± 0.70 D), IOLMaster 700의 Haigis suite (0.92 ± 0.67 D), Shammas no history method (0.98 ± 0.79 D), clinical history method (1.25 ± 1.75 D) 순서였다. Wilcoxon 부호서열검정으로 절대 오차를 검정한 결과, ASCRS의 Barrett no history method, IOLMaster 700의 Haigis suite, clinical history method는 통계적으로 유의하지 않았다(Fig. 1B).

Table 3은 환자의 백내장수술 후 구면렌즈 대응치를 기준으로 다섯 가지 방법의 예측 오차가 ±0.25 D, ±0.50 D, ±0.75 D, ±1.00 D 이내인 경우의 비율을 나타낸다. ASCRS의 Barrett no history 방식은 ±0.25 D 이내의 차이를 보인 비율이 13.0%, ±0.50 D 이내의 차이 52.2%, ±0.75 D 이내의 차이 65.3%, ±1.00 D 이내의 차이 82.6%를 보였다.

고 찰

1885년 Schiotz가 각막절개를 통해 난시를 교정할 수 있음을 보인 이후로 굴절교정수술은 비약적인 발전을 거듭해 왔다.⁸ 1980년대 Peyman⁹이 레이저를 사용하여 각막곡률을 변화시킬 수 있음을 밝힌 후로 엑시머 레이저를 사용한 굴절교정방법이 소개되었고, 이후 PRK, LASIK, LASEK, 펄스초레이저를 사용하는 방법 등 굴절교정수술 방법의 발전이 있었다.¹⁰ 굴절교정수술 후 백내장수술 시 인공수정체의 선택이 어려워지게 된다. 그 이유는 굴절교정수술로 인하여 각막 전면의 곡률이 변화하고 이에 따라 기존에 사용하던 인공수정체의 도수 계산 방법에 오류가 생기기 때문이다. 이런 오류가 생기는 원인으로 크게 세 가지 원인을 들 수 있다.¹⁻³ 먼저 각막곡률을 측정할 때 사용하는 기존의 각막곡률측정계(keratometry)는 각막의 정중앙이 아닌 고정된

여러 개의 점에서 각막곡률을 측정함으로써 굴절교정수술로 인하여 각막곡률의 변화가 발생한 가운데 부분의 변화를 정확하게 측정하지 못하여 오류가 발생하게 된다.¹ 또한 기존의 각막곡률계는 각막 전면의 곡률을 측정하여 고정된 값인 굴절지수(keratometer index)를 사용하며 후면을 예측하고 전체 각막곡률을 계산하는데, 굴절교정수술 후에는 각막이 변화하면서 전후면곡률비도 함께 변해 고정된 굴절지수를 사용하게 되면 오류가 발생한다.¹ 마지막으로 기존 인공수정체 도수 계산식에서 사용하는 유효렌즈위치(ELP) 또한 굴절수술을 받은 안구에서는 예측치보다 작아지게 되면서 오류를 일으킨다.¹

이러한 오류들을 보정하고 굴절수술 후 인공수정체 도수 계산에 정확도를 높이기 위하여 굴절수술 후 인공수정체 도수를 계산하는 여러 가지 방법들이 고안되어 왔다. 최근에는 온라인 상의 ASCRS 사이트에서 여러 가지 방법들을 종합하여 환자의 굴절수술 전후의 각막곡률값, 구면렌즈 대응치 등 clinical history data와 생체계측치, 여러 가지 장

비를 이용한 현재의 각막곡률값을 입력하면 자동으로 인공수정체의 도수를 계산해주는 Post Refractive IOL calculator를 제공하여, 보다 손쉽게 굴절수술 후 백내장 환자에서 인공수정체 도수 예측을 할 수 있도록 하고 있다.¹

본 연구에서는 굴절교정수술 후 본원에서 백내장수술을 시행한 23안에 대하여 ASCRS Post-Refractive IOL Calculator 중 Haigis-L과 Barrett no history 공식, Shammas no history method, IOLMaster 700의 Haigis suite, clinical history method로 인공수정체 도수를 계산하여 실제 환자의 수술 후 현성굴절값과 비교하였다. 가장 작은 산술 오차를 보인 경우는 ASCRS의 Barrett no history method를 사용하여 IOL을 계산한 경우(-0.38 ± 0.99 D)였으며, 절대 오차의 경우 ASCRS의 Haigis-L이 가장 작은 절대 오차(0.76 ± 0.68 D)를 보였다.

환자의 수술 1개월 이후 현성굴절검사값을 기준으로 본 연구에서 비교한 다섯 가지 공식의 ± 0.25 D, ± 0.50 D, ± 0.75 D, ± 1.00 D 이내의 차이를 보이는 비율은 Barrett no

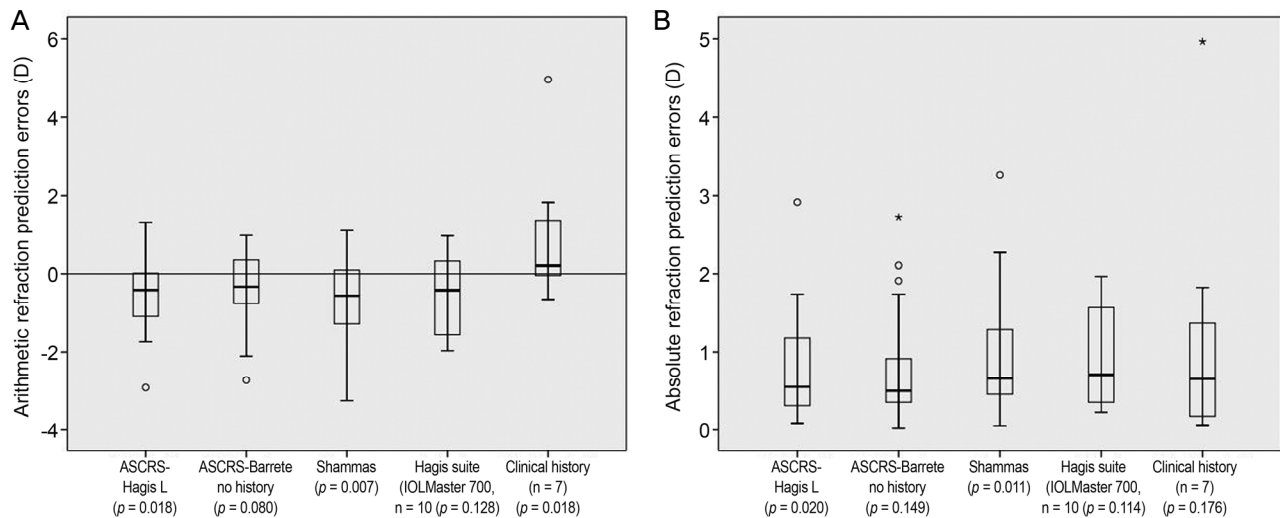


Figure 1. Box-plots of arithmetic (A) and absolute refraction prediction errors (B) of patients. It shows the distribution of errors of prediction by five methods. (A) 1-sample *t* test was used to determine whether the arithmetic refraction prediction errors were significantly different from zero and *p*-values were presented. (B) Wilcoxon signed rank test was performed to determine the statistical significance for absolute refraction prediction errors and *p*-values were presented. ASCRS = American Society of Cataract and Refractive Surgery. ° = outliers; * = extreme outliers.

Table 3. Percentage of eyes within ± 0.25 D, ± 0.50 D, ± 0.75 D and ± 1.00 D from target refraction of subjects

Formula/method	Percentage (%)			
	Within ± 0.25 D	Within ± 0.5 D	Within ± 0.75 D	Within ± 1.0 D
ASCRS-Haigis L	21.7	47.8	65.2	65.2
ASCRS-Barrett no history	13.0	52.2	65.3	82.6
Shammas	13.0	34.8	52.2	60.9
Haigis suite (IOLMaster 700®, n = 10)	10.0	50.0	50.0	60.0
Clinical history (n = 7)	42.9	42.9	57.1	71.4

ASCRS = American Society of Cataract and Refractive Surgery.

history 방식이 각각 13.0%, 52.2%, 65.3%, 82.6%였다. 이 결과를 2009년 영국 National Health Service에서 기준으로 제시한 기준인 백내장수술 후 0.50 D 이내의 차이 55%, 1.00 D 이내의 차이 85%¹¹⁾의 수치와 비교해 볼 때, ASCRS의 Barrett no history method가 기준에 근접했다고 볼 수 있다.

ASCRS 사이트의 calculator에서 제공하는 Barrett True-K 공식은 Barrett Universal II 공식을 기반으로 하는 방식⁵⁾으로 clinical history data를 사용하는 방법과 no history 방법 두 가지가 제공되고 있다. 2016년 Abulafia¹²⁾의 연구에 따르면, Barrett True-K 공식이 ASCRS 사이트에서 제공되는 다른 공식들과 비교하였을 때 동등하거나 더 나은 결과를 보였으며, 이후 Barrett True-K 공식은 2017년 ASCRS post-refractive IOL calculator에 추가되었다. Abulafia¹²⁾의 연구에서 Barrette True-K 공식으로 ± 0.50 D와 ± 1.00 D 이내 예측률이 67.2%, 94.8%였다. 본 연구에서 Barrett True-K 공식의 ± 0.50 D와 ± 1.00 D 이내 예측률은 52.2%, 82.6%로 Abulafia의 연구에는 못 미치는 수치이지만 본 연구에서 비교한 다섯 가지 공식 중에서는 가장 예측치가 높은 결과를 보였다.

Fig. 1의 상자 그림에서 산술 오차 및 절대 오차값이 많이 벗어나는 경우가 있음을 볼 수 있으며 이는 총 23안 중 4안에 해당한다. 이 4안의 평균 안축장은 29.18 ± 1.94 (28.21, 30.92) mm로 전체 23안의 평균 안축장 27.80 ± 1.94 (24.12, 31.40) mm에 비하여 길었다. 안축장은 백내장수술 시 인공수정체 도수 결정에 영향을 끼치는 항목으로, 백내장수술 예측 굴절력의 오차의 54%가 안축장 측정 오류에서 발생한다는 연구 결과가 있다.¹³⁾ 특히 고도 근시의 경우 공막경직도가 낮아 초음파를 사용한 안축장 길이 측정 시 부정확하게 측정될 확률이 높으며,^{14,15)} 후극포도종이 있는 경우 더욱 안축장 측정이 부정확해진다.^{16,17)} 오차값이 많이 벗어난 4안의 평균 안축장이 전체 대상 환자의 평균 안축장보다 긴 점으로 보아 안축장에 의한 오차로 다른 환자들보다 오차 범위가 커진 것으로 생각된다.

또한 오차값이 많이 벗어난 4안 중 3안의 경우, 백내장수술 전 평면부유리체절제술을 각각 45개월, 14개월, 6개월 이전에 시행받았다. 망막수술은 안축장의 변화, 난시의 변화, 각막곡률값의 변화로 굴절 이상을 유발할 수 있다.¹⁸⁾ 평면부유리체절제술에서 난시 값이 변화할 수 있음이 보고되었으며,¹⁹⁾ 수술 방법에 따라 난시 값의 변화 정도가 다르며 수술 후 지속 여부도 다르게 보고되었다.¹⁸⁾ 공막돌출술 시행 후 각막표면의 불균일성과 비대칭성이 증가하며,^{20,21)} 평면부유리체절제술에서 시행하는 공막창의 크기, 봉합의 직경 등에 따라 각막곡률값이 변한다고 보고되었다.²²⁾ 안축장

과 각막곡률값은 인공수정체 도수 계산식의 주요한 항목으로 이들에 변화가 발생하면 인공수정체 도수 계산에 영향을 줄 수 있다. 본 연구 대상 환자 23명 중 8명에서 백내장수술 전 망막수술력이 있었으며, ASCRS의 Barrett no history method를 기준으로 백내장수술 전후 예측 굴절력의 산술 오차는 망막수술력이 있는 환자에서 -0.93 ± 1.10 으로 망막수술력이 없는 환자의 -0.08 ± 0.82 보다 크게 나타났고, 절대 오차의 경우 수술력이 있는 환자는 1.09 ± 0.92 로 수술력이 없는 환자의 0.62 ± 0.51 에 비하여 오차가 큰 것으로 나타났으나, 두 가지 모두 통계적 유의성은 없었다. 굴절교정수술 후 각막곡률값의 예측이 어려워지는 점에 더하여 망막수술의 영향이 더해져 백내장수술 시 인공수정체 도수 예측이 더욱 어려워지고 이를 보완하는 여러 가지 공식들이 망막수술의 영향을 반영하지 못하기 때문에 오차값이 많이 벗어나는 경향을 보인 것으로 생각된다.

본 연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 총 20명 23안이라는 적은 수를 대상으로 한 연구이며, 특히 IOLMaster 700을 이용한 경우는 10안, 이전 clinical data가 남아있어 clinical history method를 사용한 경우는 7안으로 그 대상 환자 수가 적어 분석에 한계가 될 수 있다는 점이다. 둘째, 연구에 참여한 23안 중 8안이 백내장수술 전 굴절교정수술 이외의 열광성 망막박리로 인한 공막돌출술 2건, 유리체절제술 2건, 망막전막으로 인한 유리체절제술 2건, 황반원공으로 인한 유리체절제술 2건 등 총 34.78%의 굴절교정수술 외의 안과수술력을 가지고 있어 이 또한 분석에 한계점으로 작용할 수 있다. 하지만 본 연구는 근시 굴절교정 수술력과 망막수술력을 동시에 가진 환자들의 분석을 시행하여 망막수술력이 인공수정체 도수 계산 공식들에 영향을 끼칠 수 있음을 보였다는 의의가 있으며, 이를 확인하기 위하여 추후 더 많은 환자 수를 대상으로 한 연구가 필요할 것이다.

본 연구는 근시 각막굴절교정수술력을 가진 23안에서 백내장수술 시 인공수정체 도수 계산 방법을 비교하였다. 가장 작은 산술 오차를 보인 경우는 ASCRS의 Barrett no history method를 사용하여 IOL을 계산한 경우였으며, 절대 오차의 경우는 ASCRS의 Haigis-L을 사용한 결과였다. ASCRS의 Barrett no history method가 ± 0.50 D와 ± 1.00 D 이내 예측률이 52.2%, 82.6%로 본 연구에서 비교한 다른 방식들에 비하여 높은 예측률을 보였다. 본 연구는 특히 최근에 새롭게 도입되는 장비 및 ASCRS site에서 제공하는 새로운 방법들을 비교해 보았다는 데에 그 의의가 있다.

REFERENCES

- 1) Abulafia A, Hill WE, Wang L, et al. Intraocular lens power calcu-

- lation in eyes after laser in situ keratomileusis or photorefractive keratectomy for myopia. *Asia-Pac J Ophthalmology* 2017;6:332-8.
- 2) Hoffer KJ. Intraocular lens power calculation after previous laser refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:759-65.
- 3) Shammas HJ, Shammas MC. No-history method of intraocular lens power calculation for cataract surgery after myopic laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:31-6.
- 4) Potvin R, Hill W. New algorithm for intraocular lens power calculations after myopic laser in situ keratomileusis based on rotating Scheimpflug camera data. *J Cataract Refract Surg* 2015;41:339-47.
- 5) Barrett GD. An improved universal theoretical formula for intraocular lens power prediction. *J Cataract Refract Surg* 1993;19:713-20.
- 6) Patel RH, Karp CL, Yoo SH, et al. Cataract surgery after refractive surgery. *Int Ophthalmol Clin* 2016;56:169-80.
- 7) Shammas MC, Shammas HJ. Post-LASIK IOL power calculations: where are we in 2012. *Curr Ophthalmol Rep* 2013;1:39-44.
- 8) Choi DM, Thompson RW Jr, Price FW Jr. Incisional refractive surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2002;13:237-41.
- 9) Peyman GA, Larson B, Raichand M, Andrews AH. Modification of rabbit corneal curvature with use of carbon dioxide laser burns. *Ophthalmic Surg* 1980;11:325-9.
- 10) Kugler LJ, Wang MX. Lasers in refractive surgery: history, present, and future. *Appl Opt* 2010;49:F1-9.
- 11) Gale RP, Saldana M, Johnston RL, et al. Benchmark standards for refractive outcomes after NHS cataract surgery. *Eye (Lond)* 2009;23:149-52.
- 12) Abulafia A, Hill WE, Koch DD, et al. Accuracy of the Barrett True-K formula for intraocular lens power prediction after laser in situ keratomileusis or photorefractive keratectomy for myopia. *J Cataract Refract Surg* 2016;42:363-9.
- 13) Olsen T. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 1992;18:125-9.
- 14) Wang JK, Hu CY, Chang SW. Intraocular lens power calculation using the IOLMaster and various formulas in eyes with long axial length. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:262-7.
- 15) Bang S, Edell E, Yu Q, et al. Accuracy of intraocular lens calculations using the IOLMaster in eyes with long axial length and a comparison of various formulas. *Ophthalmology* 2011;118:503-6.
- 16) Zaldivar R, Shultz MC, Davidorf JM, Holladay JT. Intraocular lens power calculations in patients with extreme myopia. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:668-74.
- 17) Lege BA, Haigis W. Laser interference biometry versus ultrasound biometry in certain clinical conditions. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2004;242:8-12.
- 18) Randleman JB, Hewitt SM, Stulting RD. Refractive changes after posterior segment surgery. *Ophthalmol Clin North Am* 2004;17:521-6, v-vi.
- 19) Slusher MM, Ford JG, Busbee B. Clinically significant corneal astigmatism and pars plana vitrectomy. *Ophthalmic Surg Lasers* 2002;33:5-8.
- 20) Hayashi H, Hayashi K, Nakao F, Hayashi F. Corneal shape changes after scleral buckling surgery. *Ophthalmology* 1997;104:831-7.
- 21) Weinberger D, Lichter H, Loya N, et al. Corneal topographic changes after retinal and vitreous surgery. *Ophthalmology* 1999;106:1521-4.
- 22) Wirbelauer C, Hoerauf H, Roeder J, Laqua H. Corneal shape changes after parsplana vitrectomy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1998;236:822-8.

= 국문초록 =

미국백내장굴절수술학회 제공 공식을 포함한 굴절교정수술 후 백내장수술 환자의 인공수정체 도수 계산 방법 비교

목적: 근시 각막 굴절교정수술 시행 후 백내장수술을 받은 환자들을 분석하여 굴절교정수술 후 인공수정체 도수 계산 공식들을 비교해 보고자 하였다.

대상과 방법: 총 20명 23안을 대상으로 American Society of Cataract and Refractive Surgery (ASCRS) Post-Refractive intraocular lens (IOL) Calculator 중 Haigis-L, Barrett no history 공식과 Shammas no history method, IOLMaster 700의 Haigis suite, clinical history method로 계산된 인공수정체 예측 오차를 비교하였다.

결과: ASCRS의 Barrett no history method가 가장 작은 산술 오차(-0.38 ± 0.99 D)를 보였으며, 절대 오차의 경우 ASCRS의 Haigis-L이 가장 작았다(0.76 ± 0.68 D). 술 전 각 방식으로 계산한 굴절값과 술 후 실제 환자의 굴절값 차이를 비교해 보았을 때 ASCRS의 Barrett no history method에서 ± 0.50 D 이내가 52.2%, ± 1.00 D 이내가 82.6%였다.

결론: 본 연구에서 근시 굴절교정수술 시행 후 백내장수술 시 인공수정체 도수 예측에서 ASCRS calculator의 Barrett no history 방식과 Haigis-L 방식이 적은 산술 오차 및 절대 오차를 보였다. ASCRS의 Barrett no history 방식은 다른 공식들에 비하여 술 후 0.50 D 이내 및 1.00 D 이내의 차이를 보이는 비율이 높았다.

〈대한안과학회지 2018;59(9):827-833〉

정소연 / Soyeon Jung

인하대학교 의과대학 안과학교실
Department of Ophthalmology,
Inha University School of Medicine

