

ZCB00 인공수정체의 부분결합간섭계와 초음파 방식의 술 후 굴절 예측치 차이

Formula Comparison for Intraocular Lens Power Calculation Using IOL Master and Ultrasound for the ZCB00 IOL

신동훈 · 임동희 · 유자영 · 정의상 · 정태영

Dong Hoon Shin, MD, Dong Hui Lim, MD, Ja Young You, MD, Eui Sang Chung, MD, PhD,
Tae Young Chung, MD, PhD

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 안과학교실

Department of Ophthalmology, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To evaluation the accuracy of the IOL power calculation formulae measured by IOL Master[®] and applanation ultrasonography for the Tecnis ZCB00 IOL

Methods: We performed a retrospective study of 170 eyes in 121 patients who underwent cataract surgery in our hospital with AMO Tecnis ZCB00 IOL.s. The SRK/T formula was used to predict the patient's implanted IOL power. Differences in the predicted refractive errors between IOL Master[®] and ultrasonography were analyzed and factors attributed to the differences were also analyzed. Three months after cataract surgery, mean numeric error and mean absolute error were analyzed.

Results: SRK/II and SRK/T formulas calculated using ultrasonography showed differences compared to the same formulas calculated using IOL Master[®], in which hyperopic shift was also demonstrated. No definite factor was attributed to the differences between the 2 methods. Although the 3 formulas of IOL Master[®] showed no significant difference in refractive errors, the SRK/T formula calculated using IOL Master[®] showed the least mean absolute and numeric errors.

Conclusions: IOL Master[®] is considered more suitable when determining proper AMO Tecnis ZCB00 IOL power in cataract surgery. The hyperopic shift should be considered when calculating the IOL power using only ultrasonography.

J Korean Ophthalmol Soc 2014;55(4):527-533

Key Words: Intraocular lens power calculation, IOL Master[®], Ultrasound (A-scan), ZCB00

백내장수술기법의 발전과 기능성 인공수정체의 개발, 인공수정체 도수계산공식의 발전으로 인해 근래의 백내장 수

술은 굴절조절수술이라 할 만큼 수술 후 환자들의 기대가 높아지고 있는 수술이다. 술 후 환자들의 높은 만족도를 위해서는 정확한 생체계측을 통한 인공수정체 도수 계산이 필요하다.¹

최근에는 부분결합간섭계 원리를 이용한 IOL Master[®] (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA)를 통해 기존의 초음파에 비해 생체계측의 정확성은 향상되어 보다 정확한 술 후 굴절력을 예측할 수 있게 되었다.²⁻⁵ 하지만 IOL Master[®]의 경우 백내장이 심하거나 황반변성 등의 원인으로 인해 주시가 불가능한 일부 환자에서는 생체계측이 불가능하며 전방깊이가 얇은 환자에서는 원시편위를 보이는 등의 단점

■ Received: 2013. 7. 8. ■ Revised: 2013. 10. 4.

■ Accepted: 2014. 3. 4.

■ Address reprint requests to **Tae Young Chung, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Samsung Medical Center,
#81 Irwon-ro, Gangnam-gu, Seoul 135-710, Korea
Tel: 82-2-3410-3563, Fax: 82-2-3410-0074
E-mail: tychung@skku.edu

* This study was presented as a poster at the 109th Annual Meeting of the Korean Ophthalmological Society 2013.

© 2014 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.

이 있어, 저자들은 평소에 인공수정체도수 선택 시 부분결합간섭계 및 초음파방식을 모두 이용하고 있다.⁶ 두 가지 방법을 이용하여 인공수정체 도수를 선택할 경우에도 술 후 굴절 예측치에 차이가 나서 어떤 도수의 인공수정체를 선택해야 할지 고민스러운 경우가 종종 발생한다. 저자들이 근래에 많이 사용하는 인공수정체인 ZCB00 (Abbott Medical Optics Inc., Santa Ana, CA, USA)의 경우 두 측정 기기간에 굴절 예측치의 차이가 큰 경향성을 보였다.

이에 저자들은 ZCB00 인공수정체에서 IOL Master와 초음파 방식을 이용한 도수 결정 시 술 후 굴절 예측치의 차이가 통계적으로 유의한지, 또한 이러한 차이에 영향을 미치는 요인이 있는지 알아보고자 하였다. 아울러 이처럼 차이가 있는 경우 어떤 방법으로 인공수정체 도수를 결정하는 것이 가장 적합한지 알아보았다.

대상과 방법

2011년 3월부터 2012년 7월까지 본원 안과에서 한 명의 술자에 의해 수정체초음파유화술 및 후방 인공수정체삽입술을 시행 받은 환자를 대상으로 하였으며, 최근에 많이 사용하고 있는 비구면 인공수정체인 ZCB00 (Abbott Medical Optics Inc., Santa Ana, CA, USA)를 삽입받은 환자 중 부분결합간섭계(IOL Master[®])와 초음파 방식 모두로 인공수정체 값을 측정할 수 있었던 121명 170안을 대상으로 연구를 진행하였다. 수술 중 각막 절개 부위에 봉합을 시행한 경우, 후방 파열 및 유리체 탈출 등의 술 중 합병증이 있는 경우, IOL Master[®]로 안구 길이 및 전방 깊이를 측정할 수 없는 경우, IOL Master[®]의 신호대 잡음비(signal to noise ration, SNR)가 2.1보다 작은 경우는 제외하였다.

인공수정체 도수 결정을 위한 계측 방법은 다음과 같이 하였다. 수술 전 각막곡률계(Topcon DM-4, JAPAN)를 이용하여 각막곡률을 측정하고, 초음파(OPTIKON2000, Rome, Italy)를 이용하여 접촉 방식을 통해 안구길이를 측정하였으며, IOL Master[®]를 이용하여 안구 길이 및 전방 깊이, 각막곡률을 측정하였다. 첫째로 각막곡률계를 이용하여 측정한 각막곡률과, 초음파를 이용하여 측정한 안구길이를 바탕으로 초음파 방식에 특화된 A상수 118.8을 이용하여 SRK/II, SRK/T 공식을 이용하여 인공수정체 도수를 계산하였으며 둘째로 IOL Master[®]에 내장되어 있는 SRK/II, SRK/T, Haigis 공식을 이용하여서도 인공수정체 도수를 계산하였는데, 이때에는 IOL Master[®]에 특화된 A상수 값(119.8 for SRK/II, 119.4 for SRK/T, A0 -1.047, A2 0.174, A2 0.246 for Haigis)을 사용하였다. 수술 3개월 후 모든 환자들을 대상으로 현성 굴절검사를 시행하여 굴절력(spherical equivalent, SE)을

측정하였다.

수술 전 예측 굴절력에서 수술 3개월 후 측정된 실제 굴절력의 차를 실제오차(numeric error)로 간주하고 그 평균을 평균 실제오차(mean numeric error, MNE)로 정의하였다. 따라서 실제 오차가 양의 값이 나왔을 경우 술 후 근시 편위를 나타낸 것으로 보았고, 음의 값이 나왔을 경우 술 후 원시 편위를 나타낸 것으로 보았다. 실제오차의 절대 값을 절대오차(absolute error)로 간주하고 그 평균을 평균 절대오차(mean absolute error, MAE)로 정의하였다. 각 공식들 간의 평균 실제오차와 평균 절대오차를 비교 분석하였다.

IOL Master[®]를 이용하여 측정한 안구 길이가 22.5 mm 미만인 환자들을 AXL I군으로 하였으며, 안구 길이가 22.5 mm 이상 24.5 mm 미만인 환자들을 AXL II군으로, 안구 길이가 24.5 mm 이상인 환자들을 AXL III군으로 하였다. 안구 길이에 따라 각각 분류한 군에서 인공수정체 도수계산공식 사이의 평균 실제오차와 평균 절대오차가 유의한 차이를 보이는지 알아보기 위해 Kruskal-Wallis test를 이용하여 분석하였다.

특정 도수의 ZCB00 인공수정체를 삽입하였을 때, IOL Master 방식과 기존의 초음파 방식의 술후 굴절 예측치 차이를 GAP으로 정의하였다(동일 인공수정체의 IOL Master[®]에서의 SRK/T 술 후 굴절 예측치값-초음파 방식에서의 SRK/T 술 후 굴절 예측치 값). GAP을 알아보기 위해 기존의 초음파 방식 및 IOL Master[®] 방식 모두에서 측정 가능하고 안구 길이가 긴 경우에도 적용 가능한 SRK/T 공식을 이용하여 각각의 굴절 예측치를 알아보았다.

GAP이 큰 경우 이에 영향을 미칠 수 있는 요인들이 있는지 알아보았다. 두 방법을 이용한 인공수정체 도수 결정 시, 굴절 예측치의 차이로 인해서 인공수정체 도수가 0.5D 이상 차이가 나는 경우, 도수 선택이 한 단계 바뀔 수 있다는 임상적인 영향력을 고려해서 인공수정체 도수를 한 단계 바꿀 수 있을 만큼의 차이를 유발하는 굴절 예측치 값을 알아보았다. 170안 모두에서 부분 결합 간섭계의 SRK/T를 기준으로, 실제 수술에서 사용한 도수의 한 단계 앞/뒤 도수의 인공수정체의 굴절 예측치의 차이를 알아보고 이 값의 평균인 0.34 D를 바탕으로 GAP이 0.34 D 및 0.68 D 이상 차이나는 빈도를 알아보았다. 또한 GAP이 큰 경우와 작은 경우로 나누어서 각 군 간에 차이점이 있는지를 알아보았다. GAP이 큰 경우와 작은 경우는 각각 SRK/T 기준 0.34 D 이상/미만 및 0.68 D 이상/미만을 기준으로 나누었고 연령, 성별, 기저질환, 술 전 안구 계측치(굴절력, 안구길이, 전방 깊이, 각막곡률, 수정체 두께) 등이 두 군 간에 차이가 있는지를 independent samples *t*-test 및 Chi-squared test를 이용하여 분석하였다.

GAP이 큰 군에서 정확한 인공수정체 도수 결정을 위한 방법을 알아보았다. GAP이 0.34 D와 0.68 D 이상으로 큰 군에서 각 공식들 간의 평균 실제오차 및 평균 절대오차를 비교 분석하기 위해 1-Way ANOVA test를 이용하였다. 통계학적 분석은 SPSS 18.0 version을 이용하였으며, p 값의 유의수준은 0.05 미만으로 하였다. 본 연구는 헬싱키 선언을 준수하였으며 기관윤리심의위원회의 승인하에 진행하였다 (2013-08-041).

결 과

총 121명, 170안(남자 77안, 여자 93안)을 대상으로 하였고, 평균 연령은 66.4 ± 10.8 세였다. IOL Master[®]로 측정된 평균 안구 길이는 23.64 ± 0.90 mm였고, 평균 전방 깊이는 3.10 ± 0.38 mm였다. 초음파 방식으로 측정된 평균 안구 길이는 23.58 ± 0.91 mm로 IOL Master[®]로 측정된 것과 유의한 차이를 보였다($p < 0.001$).

안구 길이에 따라 분류한 AXL I군은 총 14안이 포함되었으며 평균 안구 길이는 22.24 ± 0.23 mm였다. AXL II군은 총 132안이었으며 평균 안구 길이는 23.50 ± 0.54 mm였고 AXL III군은 24안이었으며 평균 안구 길이는 25.21 ± 2.67 mm였다(Table 1).

평균 실제오차의 경우 AXL I군에서는 IOL Master[®]의

SRK-T 공식이 초음파 방식의 SRK-II 공식에 비해 유의하게 작았으나($p=0.017$) 나머지 공식들 사이에 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$). AXL II군에서는 IOL Master[®]의 SRK-II, SRK-T, Haigis 세 공식들이 각각 초음파 방식의 SRK-II, SRK-T 공식에 비해 유의하게 작았으나($p < 0.001$), IOL Master[®]의 세 공식들 사이에는 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$). AXL III군에서는 IOL Master[®]의 SRK-II 공식이 초음파 방식의 SRK-II, SRK-T 공식에 비해 유의하게 작았으나($p=0.011$, 0.048) 나머지 공식들 사이에 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$). 전체 군에서는 IOL Master[®]의 세 공식들이 각각 초음파 방식의 SRK-II, SRK-T 공식에 비해 유의하게 작았으며($p < 0.001$), 초음파 방식의 SRK-T 공식이 SRK-II 공식에 비해 유의하게 작았다($p=0.001$).

평균 절대오차의 경우 AXL I군에서는 IOL Master[®]의 SRK-T, Haigis 공식이 초음파 방식의 SRK-II 공식에 비해 유의하게 작았으나($p=0.017$, 0.046) 나머지 공식들 사이에 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$). AXL II군에서는 IOL Master[®]의 세 공식들이 각각 초음파 방식의 SRK-II 공식에 비해 유의하게 작았으며($p < 0.001$) 초음파 방식의 SRK-T 공식이 SRK-II 공식에 비해 유의하게 작았으나($p=0.003$), IOL Master[®]의 세 공식과 초음파 방식의 SRK-T 공식 사이에는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). AXL III군에서는 두 측정기기 간에 유의한 차이가 없었다. 전체 군에서는 IOL Master[®]

Table 1. Characteristics of each group according to the axial length (AXL)

	AXL I (<22.5)	AXL II (≥ 22.5 , <24.5)	AXL II (24.5 \leq)	Total
Eyes	14	132	24	170
Age (years)	69.3 ± 12.0	66.8 ± 10.4	62.8 ± 11.6	66.4 ± 10.8
AXL (mm)	22.24 ± 0.23	23.50 ± 0.54	25.21 ± 0.67	23.64 ± 0.90
MNE				
IOL Master				
SRK-II	-0.52 ± 0.73	0.03 ± 0.54	0.00 ± 0.91	-0.02 ± 0.63
SRK-T	-0.09 ± 0.56	-0.01 ± 0.47	-0.31 ± 0.79	-0.06 ± 0.54
Haigis	-0.46 ± 0.56	-0.11 ± 0.49	-0.25 ± 0.71	-0.16 ± 0.54
A-scan				
SRK-II (A)	-1.08 ± 0.65	-0.58 ± 0.54	-0.79 ± 0.90	-0.65 ± 0.62
SRK-T (A)	-0.47 ± 0.65	-0.34 ± 0.48	-0.66 ± 0.78	-0.40 ± 0.56
p -value*	0.003	<0.001	0.008	<0.001
MAE				
IOL Master				
SRK-II	0.69 ± 0.56	0.43 ± 0.31	0.51 ± 0.74	0.47 ± 0.43
SRK-T	0.47 ± 0.30	0.37 ± 0.29	0.43 ± 0.73	0.39 ± 0.38
Haigis	0.54 ± 0.48	0.41 ± 0.30	0.44 ± 0.60	0.42 ± 0.37
A-scan				
SRK-II (A)	1.08 ± 0.64	0.64 ± 0.47	0.84 ± 0.84	0.70 ± 0.56
SRK-T (A)	0.61 ± 0.50	0.48 ± 0.34	0.69 ± 0.76	0.52 ± 0.44
p -value*	0.020	<0.001	0.239	<0.001

Values are presented as mean \pm SD.

AXL = axial length; MNE = mean numeric error; MAE = mean absolute error.

*Kruskal-Wallis test.

Table 2. Characteristics between groups with low and high GAP (Tecnis ZCB00 IOL)

	GAP < 0.34 (n = 86)	GAP ≥ 0.34 (n = 84)	p-value*
Age (years)	67.22 ± 11.60	65.61 ± 9.93	0.332*
Sex (male)	41	36	0.542†
Diabetes	37	31	0.437†
Hypertension	50	37	0.091†
SEq (diopter)	-0.48 ± 0.98	-0.55 ± 0.78	0.589*
AXL (mm)	23.71 ± 0.96	23.57 ± 0.83	0.326*
ACD (mm)	3.10 ± 0.39	3.09 ± 0.38	0.857*
Mean K-value (diopter)	44.13 ± 1.52	44.06 ± 1.58	0.771*
Lens thickness (mm)	4.70 ± 0.61	4.67 ± 0.47	0.687*

Values are presented as mean ± SD.

GAP = difference in postop refractive error estimates between IOL Master method and ultrasound method (SRK/T by IOL Master® method - SRK/T by Ultrasound method); SEq = spherical equivalent; AXL = axial length; ACD = anterior chamber depth.

*Independent samples *t*-test; †Chi-squared test.

Table 3. Postop refractive accuracy in groups with high GAP (3 months postop)

	GAP ≥ 0.34 (n = 84)	GAP ≥ 0.68 (n = 15)
AXL (mm)	23.57 ± 0.83	23.64 ± 1.11
MNE (diopter)		
IOL Master		
SRK/II	0.09 ± 0.53	0.00 ± 0.72
SRK/T	0.05 ± 0.43	0.00 ± 0.56
Haigis	-0.04 ± 0.48	-0.01 ± 0.73
A-scan		
SRK/II	-0.73 ± 0.56	-1.08 ± 0.69
SRK/T	-0.47 ± 0.47	-0.80 ± 0.58
p-value*	<0.001	<0.001
MAE (diopter)		
IOL Master		
SRK/II	0.43 ± 0.33	0.55 ± 0.44
SRK/T	0.33 ± 0.27	0.44 ± 0.33
Haigis	0.38 ± 0.29	0.61 ± 0.37
A-scan		
SRK/II	0.76 ± 0.53	1.11 ± 0.63
SRK/T	0.55 ± 0.37	0.86 ± 0.49
p-value*	<0.001	0.001

Values are presented as mean ± SD.

GAP = difference in postop refractive error estimates between IOL Master method and ultrasound method (SRK/T by IOL Master® method - SRK/T by Ultrasound method); MNE = mean numeric error = the predicted postoperative diopter - actual postoperative diopter; MAE = mean absolute error = the mean absolute value of the numeric error.

*1-Way ANOVA test.

의 세 공식들이 각각 초음파 방식의 SRK-II 공식에 비해 유의하게 작았으며($p < 0.001$), IOL Master®의 SRK-T 공식의 경우 초음파 방식의 SRK-T 공식에 비해 유의하게 작았다($p = 0.036$). 또한 초음파 방식의 SRK-T 공식이 SRK-II 공식에 비해 유의하게 작았다($p = 0.002$).

부분결합간섭계의 IOL Master®와 기존의 초음파 방식의 술 후 굴절 예측치 차이인 GAP의 평균값은 0.34 ± 0.24 D (범위: -0.44~1.02 D)였다. GAP에 영향을 끼치는 요인들에 대해 살펴보았다(Table 2). GAP이 0.34 D 이상/미만인 군을 비교하였을 때, 연령, 성별, 당뇨, 고혈압 등의 인구학적 특

성 및 술전 굴절력, 안구 길이, 전방 깊이, 각막 곡률, 수정체 두께 등의 안구 계측치 사이에 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 또한 GAP이 0.68 D 이상/미만인 군으로 나누어 비교하였을 때에도 두 군 사이에 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

GAP이 클 경우에 어떤 도수계산공식을 통해 인공수정체 도수를 결정하는 것이 정확할지 알아보았다. GAP이 0.34 D와 0.68 D 이상으로 큰 군에서의 굴절 오차 값을 비교하였을 때에 IOL Master®의 SRK/II, SRK/T, Haigis 세 공식은 각각 초음파방식의 SRK/II, SRK/T 공식과 유의한 차이가 있

었지만 IOL Master®의 세 공식 사이에는 유의한 차이가 없었다(Table 3). GAP이 0.34 D 이상인 군에서는 IOL Master®의 SRK/T의 평균 절대오차가 $0.33 \pm 0.27D$ (0~1.14D), GAP이 0.68 D 이상인 군에서는 IOL Master®의 SRK/T의 평균 절대오차가 $0.44 \pm 0.33 D$ (0.04~0.94 D)로 가장 작았으나 IOL Master®의 다른 두 공식인 SRK/II, Haigis와는 유의한 차이가 없었다.

고 찰

정확한 인공수정체 도수 계산은 백내장 수술에서 매우 중요하다. 백내장 수술 후 굴절력을 정확히 예측하기 위해서는 안축장, 각막곡률값 등의 생체계측자료 및 인공수정체 도수계산공식의 정확성, 제조자의 인공수정체 질적 관리의 정확성 그리고 술자의 특성 등을 고려한 임상적인 변수 등 여러 가지 요소를 고려해야 하며 그 중에서 생체계측의 오차가 술 후 굴절 오차에 가장 큰 영향을 주는 것으로 알려졌다.^{1,6-9} 이 때 초음파 방식의 경우 안축장이 길고 공막 경도가 낮은 고도 근시 환자에서는 안축장을 부정확하게 작게 측정할 위험이 있는 반면, IOL Master®는 안구 길이, 각막 곡률, 전방 깊이 등의 생체계측을 정확하게 측정할 수 있으며 다양한 종류의 인공수정체 도수계산공식을 내장하고 있어, 정확한 인공수정체 도수계산을 가능하게 하며 백내장 수술 후의 굴절 정확도를 높일 수 있다.¹⁰⁻¹⁴ 기존 연구에 따르면, 두 기기 사이에 생체계측 및 술 후 굴절력 예측에 있어 유의한 차이가 없다는 보고들도 있었지만 다른 여러 보고들에서는 부분간접결합계를 통해 인공수정체 도수를 계산함으로써, 수술 후 굴절 정확도를 기존의 초음파 방식에 비하여 27%까지 향상시킬 수 있다고 보고하였다.^{10,13,15-20} 여러 인공수정체 도수계산공식을 비교한 이전의 연구들을 살펴보면 Haigis²¹는 990명을 대상으로 한 연구에서 Haigis 공식이 SRK-II, SRK/T, Holladay 1, Hoffer Q 공식보다 정확하게 수술 후 굴절력을 예측하고 있다고 보고하였으며, Aristodemou et al²²은 8108명을 대상으로 한 연구에서 안구 길이에 따라 환자를 17군으로 나눈 후 여러 공식 별로 술 전 예측치와 술 후 실제 굴절치를 비교함으로써 안구 길이의 구간별로 가장 정확한 도수계산 공식을 제시하였다. 또한 Kim et al²³은 81명을 대상으로 한 연구(평균 안구 길이: 24.13 mm)에서 술 후 굴절력 예측에 있어서 공식들 간의 유의한 차이는 없다고 보고하였다. 본 연구에서도(평균 안구 길이: 23.64 mm) 평균 실제오차 및 평균 절대오차를 비교함에 있어, IOL Master®의 세 가지 공식(SRK/II, SRK/T, Haigis) 사이에 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

앞서 말한 연구들이 전체 환자를 대상으로 하거나 안구

길이 또는 전방 깊이에 따라 환자 군을 분류하여 인공수정체 도수계산공식의 정확성을 알아보았으나 본 연구에서와 같이 부분결합간접계 및 초음파 방식을 이용하여 술 후 예상 굴절력을 알아본 후 둘의 차이가 큰 경우와 작은 경우의 차이점을 알아보거나 차이가 큰 군에서 어떤 도수계산공식이 가장 정확한지 알아본 연구는 없었다. Sheng et al¹⁴은 100명을 대상으로 한 연구에서, 8%의 환자에서 황반변성 또는 심한 백내장으로 인한 주시 불안정 때문에 부분결합간접계를 통한 검사를 시행할 수 없었으며 해당 환자에서 기존의 초음파 방식을 이용하여 성공적으로 검사를 시행한 후 백내장 수술을 진행하였다고 보고하였다. 이처럼 여전히 일부 환자에서는 부분결합간접계를 적용하기 어려운 경우도 있으며 IOL Master®기기가 없는 경우에는 초음파 방식만을 이용하여 도수계산공식을 통해 예상 굴절력을 산출해야 하는데, 본 연구에서 초음파 방식으로 측정한 SRK/II, SRK/T 공식의 경우 각각 평균 실제오차가 $-0.65 \pm 0.62 D$, $-0.40 \pm 0.56 D$ 로 비교적 큰 원시 편위를 보였다.

두 기기 간의 예상 굴절력의 차이를 증가시킬 수 있는 요인에 대해 알아보기 위하여 임상적으로 유의미한 차이로 인공수정체 도수 결정을 한 단계(0.5 D) 또는 두 단계 바꿀 수 있는 도수차이를 설정한 후에, 이 도수 차이를 기준으로 두 군으로 나누어 유의미한 차이가 있는지 분석하였다. 두 군 사이에 인구학적 특성(연령, 성별, 당뇨/고혈압 등의 기저질환) 및 술 전 안구 계측치(안구 길이, 전방 깊이, 각막 곡률, 수정체 두께)를 비교하였는데, 이 때에 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 이처럼 GAP의 증가를 유발하는 요인에 사전에 보정 가능한 요인이 있다면 보정을 통해 정확한 인공수정체 도수 계산을 고려해 보고자 하였으나 아쉽게도 특정 원인은 알 수 없었다. 이러한 오류를 유발할 수 있는 요인에 대해서는 대규모의 추가적인 연구가 필요할 것으로 보이며, 본 연구는 향후 추가적인 연구의 방향을 제시할 수 있는 초석이 될 수 있을 것이다.

GAP이 클 경우의 정확한 인공수정체 도수결정에 필요한 도수계산공식을 분석해 보았을 때, IOL Master®의 SRK/T 공식이 GAP이 0.34 D 이상인 군과 0.68 D 이상인 군 모두에서 가장 작은 평균 절대 오차 값을 보였으나 IOL Master®의 세 공식(SRK/II, SRK/T, Haigis) 사이에는 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 하지만 IOL Master®의 세 공식 모두 기존의 초음파 방식(A-scan)의 SRK/II, SRK/T 공식에 비해서는 각각 평균 실제오차 및 평균 절대오차 값이 유의하게 작았으며, 이는 ZCB00 인공수정체의 경우, 두 측정기기 간에 차이가 큰 경우 IOL Master®를 기준으로 인공수정체를 선택하는 것이 정확함을 의미한다. 또한 초음파 방식만 활용 가능한 경우에는 원시 편위 가능성이 있으므로, 초기 몇

건의 수술을 시행한 후에 술자 인자(surgeon factor)를 고려한 맞춤형 A 상수(personalized A constant)를 통해 인공수정체 도수를 계산하는 것이 도움이 될 수 있겠다.

본 연구는 한 가지 인공수정체를 가지고 연구를 진행하였으며 두 기기 간의 예측 굴절력의 차이를 설명할 수 있는 요인을 명확하게 밝히지는 못한 제한점이 있지만 특정 인공수정체에서 부분결합간섭계와 초음파 사이의 굴절 예측치 사이에 차이가 있다는 것을 통계적으로 증명하였으며 또한 이러한 차이가 있는 경우에 인공수정체 도수 선택을 위해 어떻게 접근해야 하는지 제시하였다. 향후 여러 인공수정체를 활용한 대규모 연구를 통하여 보다 정확한 인공수정체 도수 선택을 가능하게 하는 새로운 접근법을 제시할 수 있을 것이다.

REFERENCES

- Holladay JT, Prager TC, Ruiz RS, et al. Improving the predictability of intraocular lens power calculations. *Arch Ophthalmol* 1986;104:539-41.
- Vogel A, Dick HB, Krummenauer F. Reproducibility of optical biometry using partial coherence interferometry: intraobserver and interobserver reliability. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:1961-8.
- Kiss B, Findl O, Menapace R, et al. Biometry of cataractous eyes using partial coherence interferometry: clinical feasibility study of a commercial prototype I. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:224-9.
- Lam AK, Chan R, Pang PC. The repeatability and accuracy of axial length and anterior chamber depth measurements from the IOLMaster. *Ophthalmic Physiol Opt* 2001;21:477-83.
- Kielhorn I, Rajan MS, Tesha PM, et al. Clinical assessment of the Zeiss IOLMaster. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:518-22.
- Maeng HS, Ryu EH, Chung TY, Chung ES. Effects of anterior chamber depth and axial length on refractive error after intraocular lens implantation. *J Korean Ophthalmol Soc* 2010;51:195-202.
- Mamalis N. Complications of foldable intraocular lenses requiring explanation or secondary intervention--1998 survey. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:766-72.
- Olsen T. Prediction of the effective postoperative (intraocular lens) anterior chamber depth. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:419-24.
- Yi CH, Choi SH, Chung ES, Chung TY. Accuracy of the Haigis formula based on axial length and anterior chamber depth. *J Korean Ophthalmol Soc* 2011;52:175-81.
- Rajan MS, Keilhorn I, Bell JA. Partial coherence laser interferometry vs. conventional ultrasound biometry in intraocular lens power calculations. *Eye (Lond)* 2002;16:552-6.
- Connors R 3rd, Boseman P 3rd, Olson RJ. Accuracy and reproducibility of biometry using partial coherence interferometry. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:235-8.
- Eleftheriadis H. IOLMaster biometry: refractive results of 100 consecutive cases. *Br J Ophthalmol* 2003;87:960-3.
- Drexler W, Findl O, Menapace R, et al. Partial coherence interferometry: a novel approach to biometry in cataract surgery. *Am J Ophthalmol* 1998;126:524-34.
- Sheng H, Bottjer CA, Bullimore MA. Ocular component measurement using the Zeiss IOLMaster. *Optom Vis Sci* 2004;81:27-34.
- Findl O, Drexler W, Menapace R, et al. Improved prediction of intraocular lens power using partial coherence interferometry. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:861-7.
- Shin JA, Chung SK. Comparison of the refractive results measured by ultrasound and partial coherence interferometers. *J Korean Ophthalmol Soc* 2013;54:723-7.
- Hwang JS, Lee JH. Comparison of the IOL Master® and A-scan Ultrasound: refractive results of 96 consecutive cases. *J Korean Ophthalmol Soc* 2007;48:27-32.
- Jun RM, Kang SY, Kim BY. Accuracy of biometry and intraocular lens power calculation with partial coherence interferometry in high myopia. *J Korean Ophthalmol Soc* 2008;49:1746-51.
- Choi J, Choi SK. Accuracy of intraocular lens power calculation in diabetic patients. *J Korean Ophthalmol Soc* 2010;51:188-94.
- Kwag JY, Choi SH. Comparison of ocular biometry measured by ultrasound and two kinds of partial coherence interferometers. *J Korean Ophthalmol Soc* 2011;52:169-74.
- Haigis W. Intraocular lens power calculations. Thorofare NJ, USA: Slack Inc., 2003;41-57.
- Aristodemou P, Knox Cartwright NE, Sparrow JM, et al. Formula choice: Hoffer Q, Holladay I, or SRK/T and refractive outcomes in 8108 eyes after cataract surgery with biometry by partial coherence interferometry. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:63-71.
- Kim DY, Kim MJ, Kim JY, Tchah H. Comparison of formulas for intraocular lens power calculation installed in a partial coherence interferometer. *J Korean Ophthalmol Soc* 2009;50:523-8.

= 국문초록 =

ZCB00 인공수정체의 부분결합간섭계와 초음파 방식의 술 후 굴절 예측치 차이

목적: Tecnis ZCB00 인공수정체 도수 결정을 위해 부분결합간섭계와 초음파를 이용해 산출한 예측치 간에 차이를 보이는 경우가 있다. 이러한 차이를 통계적으로 분석하고, 정확한 도수 선택에 대해 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 한가지 인공수정체로(AMO Tecnis ZCB00) 백내장 수술을 받은 170안을 대상으로 술 전 SRK/T공식을 이용하여 계산한 부분결합간섭계와 초음파의 예상 굴절력 사이의 차이를 분석하고, 영향을 주는 요인이 있는지 분석하였다. 술전 예상 굴절력과 수술 3개월 후 실제 굴절력의 비교를 통해, 두 기기 사이의 도수 예측치 차이가 큰 경우, 어떤 방법에 근거하여 도수를 선택하는 것이 정확한지 알아보았다.

결과: ZCB00의 경우 부분결합간섭계 및 초음파로 산출한 예측 굴절력 사이에 유의한 차이가 있었다. 두 기기 간 도수 예측치에 차이를 가져오는 특정 요인은 없었다. 부분결합간섭계 및 초음파로 예측한 인공수정체 도수 간의 차이가 큰 경우에는, 부분결합간섭계가 초음파 방식에 비해 정확하였다. 이 때 IOL Master®의 세 공식 (SRK/II, SRK/T, Haigis) 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 초음파로 계산한 값을 기준으로 도수를 선택할 경우 술 후 원시편위를 보였다.

결론: ZCB00 인공수정체에서 부분결합간섭계 및 초음파를 이용해 측정한 인공수정체 굴절예측에 큰 차이를 보이는 경우가 있으며, 이때에는 부분결합간섭계를 바탕으로 도수를 선택하는 것이 정확하다.

〈대한안과학회지 2014;55(4):527-533〉
