

급성 원발폐쇄각녹내장으로 레이저홍채절개술을 시행한 환자에서 백내장수술 후 굴절력 예측

Refractory Outcomes after Cataract Surgery in Acute Primary Angle-closure Glaucoma Patients Treated with Laser Iridotomy

황혜성 · 김동윤 · 김현태 · 채주병 · 형성민

Hye Seong Hwang, MD, Dong Yoon Kim, MD, PhD, Hyun Tae Kim, MD, Ju Byung Chae, MD, PhD,
Sungmin Hyung, MD, PhD

충북대학교 의과대학 충북대학교병원 안과학교실

Department of Ophthalmology, Chungbuk National University Hospital, Chungbuk National University College of Medicine, Cheongju, Korea

Purpose: To analyze the accuracy of ocular biometry and prediction of postoperative refraction after cataract surgery in acute primary angle-closure glaucoma (ACG) patients treated with laser iridotomy (LI).

Methods: We retrospectively reviewed the medical records of 44 patients who underwent cataract surgery after LI due to ACG (ACG group), and 37 patients who underwent cataract surgery without ocular disease other than cataract (control group) from January 2015 to May 2018. An Acrysof[®] single piece (SN60WF) was used as the intraocular lens. We performed preoperative ocular biometry and intraocular lens power calculations using AL-Scan[®]. The accuracy of the postoperative refractive power prediction was analyzed according to the anterior chamber depth (ACD) and axial length (AL).

Results: The preoperative ACD was 2.29 ± 0.32 mm in the ACG group and 3.15 ± 0.27 mm in the control group ($p < 0.01$), and the respective AL values were 22.53 ± 0.80 mm and 23.87 ± 1.38 mm ($p < 0.01$). Using the Haigis formula, patients with an ACD < 2.30 mm in the ACG group (0.52 ± 0.36 diopters [D]) had less accurate results in terms of the mean absolute error than patients with an ACD > 2.31 mm in the ACG group (0.27 ± 0.20 D) and control group (0.27 ± 0.20 D). There was no significant difference in the mean absolute error between each formula in patients with an AL of < 22.0 mm or > 22.1 mm in the ACG and control groups.

Conclusions: Among patients treated with LI due to ACG, those patients with an ACD > 2.31 mm showed no difference in refractory prediction compared to the control group. However, in patients with an ACD < 2.30 mm, the refractory prediction may be inaccurate when using the Haigis formula, a fourth-generation formula that takes into account the ACD.

J Korean Ophthalmol Soc 2019;60(5):447-454

Keywords: AL-Scan[®], Angle-closure glaucoma, Anterior chamber, Axial length, Refractive errors

■ Received: 2018. 10. 25. ■ Revised: 2019. 1. 2.

■ Accepted: 2019. 4. 25.

■ Address reprint requests to Sungmin Hyung, MD, PhD
Department of Ophthalmology, Chungbuk National University
Hospital, #776 1sunhwan-ro, Seowon-gu, Cheongju 28644,
Korea
Tel: 82-43-269-6368, Fax: 82-43-264-5263
E-mail: smh@chungbuk.ac.kr

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

폐쇄각녹내장은 좁은 전방각을 특징으로 하며 연령이 증가함에 따라 빈도가 증가하므로 백내장을 동반하는 경우가 많고 우리나라를 비롯한 동양에서 비교적 흔한 질환으로 알려져 있다.¹⁻³ 특히 백내장이 동반되어 있는 경우는 수정체의 두께 증가로 인해 전방각의 깊이가 더 좁아지며, 이러한 경우에 백내장수술을 시행하게 되면 전방각이 깊어지고 안압이 낮아지는 효과에 대해서는 국내외 여러 연구에서

보고되었다.⁴⁷

백내장수술 후 환자의 시력과 굴절 상태는 삶의 질에 큰 영향을 미치므로 백내장수술 후 원하는 굴절력을 획득하기 위해서 정확한 생체계측과 인공수정체 도수 계산 공식을 사용하여야 한다. 하지만 폐쇄각녹내장이 동반된 환자의 경우 좁은 전방각을 갖고 있으며 수정체 두께가 증가되어 유효렌즈위치의 예측이 어려울 수 있다.⁸⁻¹⁰ 또한 폐쇄각녹내장 이후 일차 치료로 레이저홍채절개술(laser iridotomy, LI)을 시행하게 되면 홍채앞유착 등으로 백내장수술 시간이 증가하게 되어 수술 후 합병증이 증가할 수 있다. 이러한 폐쇄각녹내장환자에서 백내장수술 후 굴절력 예측에 관하여 초음파를 이용해 측정한 연구와 부분결합간섭(partial coherence interferometry) 원리를 이용한 IOL master[®] (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany)를 사용해 측정한 국내 연구에서는 백내장수술 후 굴절력 예측이 부정확할 수 있으며, 수술 전 수정체 두께가 두꺼운 경우 큰 굴절력 변화를 일으킬 수 있다고 보고한 바 있다.¹¹⁻¹³ 하지만 이러한 환자들에서 레이저홍채절개술 이후 전방 깊이 및 안구길이에 따라 굴절력 예측을 분석한 연구나 부분결합간섭 원리를 이용한 방법 중 샤임플러그(Scheimpflug) 원리로 전방 깊이를 측정하는 AL-Scan[®] (Nidek, Co., Ltd., Gamagori, Japan)을 사용했던 연구는 없었다. 따라서 본 연구에서는 폐쇄각녹내장으로 레이저홍채절개술을 시행받은 환자에서 백내장수술을 시행하였을 때, AL-Scan[®] (Nidek, Co., Ltd.)을 이용한 술 전 안구생체계측과 백내장수술 후 인공수정체 공식에 따른 굴절력 예측을 전방 깊이, 안구길이에 따라 분석하고자 한다.

대상과 방법

2015년 1월부터 2018년 1월 사이에 충북대학교병원 안과에서 급성폐쇄각녹내장발작으로 LI를 시행받은 환자 중 백내장수술을 시행한 44명(ACG군)과 다른 안과 질환 없이 백내장만 진단받고 백내장수술을 시행받은 환자 37명(대조군)의 의무기록을 후향적으로 조사하였다. 안통, 두통, 구토, 시야흐림, 결막충혈, 안압상승, 중등도 확장된 반응 없는 동공, 폐쇄된 주변전방각 등의 특징적인 증상 및 소견을 보일 때 급성폐쇄각녹내장 발작이라고 정의하였고, LI 시행 후 일주일 내에 안압이 18 mmHg 이하로 하강한 경우만을 대상으로 하였다. 포도막염, 신생혈관녹내장, 수정체탈구, 망막혈관폐쇄 등의 질환이 있는 경우는 제외하였다. ACG군 중 전방 깊이가 2.30 mm 이하인 환자를 A군, 전방 깊이가 2.31 mm 이상인 환자를 B군으로 정의하였고, ACG군 중 안구길이가 22.0 mm 이하인 환자를 C군, 안구길이가

22.1 mm 이상인 환자를 D군으로 정의하였다.

백내장수술은 한 명의 술자에 의하여 이루어졌으며, 이측 2.75 mm 투명각막절개를 이용한 수정체유화술 및 접합 인공수정체내삽입술을 시행하였다. 모든 환자에게 인공수정체는 Acrysof[®] Single piece IOL (SN60WF, Alcon, Fort Worth, TX, USA)이 삽입되었다. 인공수정체 삽입 후 절개창의 방수 유출 여부에 따라 절개창을 봉합 또는 무봉합 처리하였다. 수술 도중 후낭파열이 있었거나 인공수정체를 후낭에 넣지 않은 경우는 연구에서 제외하였다. 또한 이전에 안과적 수술을 받은 병력이 있거나, AL-Scan[®] (Nidek, Co., Ltd.)으로 안축장길이 측정 시 신호대 잡음비(signal to noise ratio)가 10.0보다 작았던 경우 및 안축장길이 측정이 불가능하였던 경우도 제외하였다. 양안 모두 포함 기준을 충족시킨 환자에서는 단안만이 무작위로 선택되었다. 본 연구는 본원의 의학연구윤리심의위원회(Institutional review board, IRB)의 승인하에 진행되었다(IRB No. 2018-09-012).

인공수정체 도수 계산 공식은 2세대 공식인 SRK II, 3세대 공식인 SRK/T, Holladay 1, Hoffer Q, 4세대 공식인 Haigis 등이 사용되었으며, 인공수정체의 A 상수는 AL-Scan[®] (Nidek, Co., Ltd.)에 특화된 값을 이용하였으며 내장된 소프트웨어를 이용해 인공수정체 도수를 계산하였다. 최종 굴절력(final spherical equivalent)은 백내장수술 후 2개월째 현성굴절검사를 이용해 측정하였다. 절대값 예측 오차는 최종 굴절력에서 예상 굴절력을 뺀 차이의 절대값으로 구하였다. 수술 후 굴절력이 예측한 값보다 원시로 나타나는지, 근시로 나타나는지 확인하기 위해 최종 굴절력에서 예상 굴절력을 뺀 값의 평균(평균 예측 오차)도 함께 구했다.

통계분석은 IBM SPSS 프로그램 ver. 22.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하였다. 자료는 평균(표준편차)과 최소값과 최대값의 범위로 제시하였다. 각 군의 크기는 Mann-Whitney U-test를 통해 분석하였고 각 군의 비율은 Fisher's exact test를 통해 분석하였으며 $p < 0.05$ 인 경우에 통계학적으로 유의하다고 판단하였다. 각 공식들 간의 인공수정체 도수 계산의 예측 오차값의 비교는 Kruskal-Wallis test를 이용하였으며 사후검정은 Mann-Whitney U-test를 사용하였으며, Bonferroni's method에 의해 세 군 간 비교 시 $p < 0.017$, 다섯 군 간 비교 시 $p < 0.005$ 인 경우 유의하다고 판단하였다.

결 과

전체 대상 환자 81명 중 ACG군은 44명, 대조군은 37명이었다. ACG군 중 전방 깊이가 2.30 mm 이하인 환자(A군)는 22명, 전방 깊이가 2.31 mm 이상인 환자(B군)는 22명이

였으며 안구길이가 22.00 mm 이하인 환자(C군)는 12명, 안구길이가 22.01 mm 이상인 환자(D군)는 32명이었다.

ACG군의 평균연령은 69.20 ± 6.81 세, 대조군은 70.70 ± 8.32 세였다. ACG군과 대조군 사이에 최대교정시력, 안압, 구면렌즈대응치, 3.3 mm 각막곡률치, 2.7 mm 각막곡률치의 차이는 없었다. 안구길이는 ACG군 22.53 ± 0.80 mm, 대조군 23.87 ± 1.38 mm였으며($p < 0.001$), 백내장수술 전 전방 깊이는 ACG군 2.29 ± 0.32 mm, 대조군 3.15 ± 0.27 mm였다($p < 0.001$). 삽입된 인공수정체 평균도수는 ACG군 23.11 ± 1.85 diopter (D), 대조군 19.77 ± 3.51 D였다($p < 0.001$, Table 1).

전체 대상 환자에서 절대값 예측 오차는 SRK II 공식이 0.59 ± 0.44 D로 Hoffer Q, Haigis, Holladay 1 공식에 비하여 크게 나타났으나($p < 0.001$). ACG군 중 전방 깊이가 2.31 mm 이상인 환자(B군)에서는 SRK II 공식을 적용하였을 때 절대

값 예측 오차가 0.60 ± 0.39 D로 크게 나타났으나($p = 0.017$), 사후검정에서 다른 공식과의 차이는 없었다. SRK II, SRK/T, Hoffer Q, Holladay 1 공식의 경우, ACG군 중 전방 깊이가 2.30 mm 이하인 환자(A군), 전방 깊이가 2.31 mm 이상인 환자(B군), 대조군 사이에서 절대값 예측 오차의 차이는 없었다. Haigis 공식의 경우, ACG군 중 전방 깊이가 2.30 mm 이하인 환자(A군)에서 0.52 ± 0.36 D로 전방 깊이가 2.31 mm 이상인 환자(B군, 0.27 ± 0.20 D)와 대조군(0.27 ± 0.20 D)보다 부정확한 결과를 보였다($p = 0.011$, Table 2). SRK II 공식에서 예측 오차가 1.0 D 이내였던 환자의 비율은 A군 68.18%, B군 77.27%, 대조군 86.49%였다. SRK/T 공식에서 예측 오차가 1.0 D 이내였던 환자의 비율은 A군 95.45%, B군과 대조군은 각각 100%였다. Hoffer Q 공식과 Holladay 1 공식에서는 모든 환자에서 예측 오차가 1.0 D 이내였으며, Haigis 공식에서 예측 오차가

Table 1. Characteristics of enrolled patients

	All	ACG group	Control group	p-value
Number	81	44	37	
Sex (M/F)		9/35	14/23	0.137*
Right/left		16/28	15/22	0.819*
Age (years)	69.89 ± 7.52	69.20 ± 6.81	70.70 ± 8.32	0.375†
BCVA (logMAR)	0.42 ± 0.28	0.38 ± 0.20	0.48 ± 0.35	0.117†
IOP (mmHg)	14.67 ± 3.44	14.95 ± 4.05	14.32 ± 2.56	0.415†
Spherical equivalent (D)	-0.07 ± 1.80	0.14 ± 0.16	-0.33 ± 1.97	0.238†
K 3.3 (D)	44.47 ± 1.65	44.86 ± 1.77	44.11 ± 1.43	0.079†
K 2.3 (D)	44.53 ± 1.65	44.78 ± 1.78	44.14 ± 1.43	0.096†
Axial length (mm)	23.14 ± 1.29	22.53 ± 0.80	23.87 ± 1.38	< 0.001 †
ACD (mm)	2.68 ± 0.53	2.29 ± 0.32	3.15 ± 0.27	< 0.001 †
IOL power (D)	21.59 ± 3.19	23.11 ± 1.85	19.77 ± 3.51	< 0.001 †

Values are presented as mean \pm standard deviation or number unless otherwise indicated.

M/F = male/female; BCVA = best-corrected visual acuity; logMAR = logarithm of minimal angle of resolution; IOP = intra ocular pressure; D = diopter; K 3.3 = keratometry calculated at corneal radius 3.3 mm; K 2.3 = keratometry calculated at corneal radius 2.3 mm; ACD = anterior chamber depth; IOL = intraocular lens.

*Determined using the Fisher's exact test; †determined using the Mann-Whitney U-test.

Table 2. Mean absolute error: comparison of various IOL power calculation formulas according to anterior chamber depth

Group	Mean absolute error (diopter)					p-value*
	SRK II	SRK/T	Hoffer Q	Haigis	Holladay 1	
Total	0.59 ± 0.44 (0.01-1.86)	0.38 ± 0.28 (0.00-1.42)	0.35 ± 0.25 (0.00-1.00)	0.34 ± 0.27 (0.01-1.21)	0.31 ± 0.20 (0.00-0.99)	< 0.001
Group A	0.78 ± 0.53 (0.07-1.86)	0.48 ± 0.32 (0.00-1.42)	0.43 ± 0.28 (0.00-0.87)	0.52 ± 0.36 (0.07-1.21)	0.39 ± 0.26 (0.00-0.99)	0.067
Group B	0.60 ± 0.39 (0.11-1.54)	0.36 ± 0.27 (0.03-0.84)	0.34 ± 0.26 (0.00-0.90)	0.27 ± 0.20 (0.02-0.67)	0.31 ± 0.19 (0.03-0.75)	0.017
Control	0.47 ± 0.36 (0.01-1.86)	0.33 ± 0.24 (0.00-0.85)	0.31 ± 0.22 (0.01-1.00)	0.27 ± 0.20 (0.01-0.79)	0.31 ± 0.20 (0.01-0.72)	0.139
p-value*	0.050	0.183	0.334	0.011	0.535	

Values are presented as mean \pm standard deviation (range) unless otherwise indicated.

*Kruskal-Wallis test.

1.0 D 이내였던 환자의 비율은 A군 81.82%, B군과 대조군은 각각 100%였다(Fig. 1).

전체 대상 환자에서 평균 예측 오차는 SRK II 공식이 0.44 ± 0.59 D로 사후검정에서 SRK/T, Hoffer Q, Haigis, Holladay 1 공식에 비하여 원시 소견을 보였다. SRK/T, Hoffer Q, Holladay 1 공식의 경우, 전방 깊이가 2.30 mm 이하인 환자(A군), 전방 깊이가 2.31 mm 이상인 환자(B군), 대조군 사이에서 평균 예측 오차의 차이는 없었다. 사후검증을 시행하였을 때, SRK II 공식의 경우 A군에서 평균 예측 오차 $+0.76 \pm 0.56$ D로 대조군 $+0.20 \pm 0.56$ D보다 원시 소견을 보였으며($p < 0.001$), Haigis 공식의 경우 A군

$+0.35 \pm 0.53$ D로 대조군 -0.08 ± 0.33 D보다 원시 소견을 보였다($p = 0.002$, Table 3).

A군에서 예측한 굴절력에 비해 1.0 D 이상 원시가 발생한 경우는 SRK II 공식에서 31.82%, Haigis 공식에서 18.18%, SRK/T 공식에서 4.55%였으며, Hoffer Q 공식과 Holladay 1 공식에서는 없었다. 예측한 굴절력에 비해 1.0 D 이상 근시가 발생한 경우는 없었다. B군에서 예측한 굴절력에 비해 1.0 D 이상 원시가 발생한 경우는 SRK II 공식에서 18.18%였으며, SRK/T, Hoffer Q, Haigis, Holladay 1 공식에서는 없었다. 예측한 굴절력에 비해 1.0 D 이상 근시가 발생한 경우는 없었다. 대조군에서 예측한 굴절력에 비

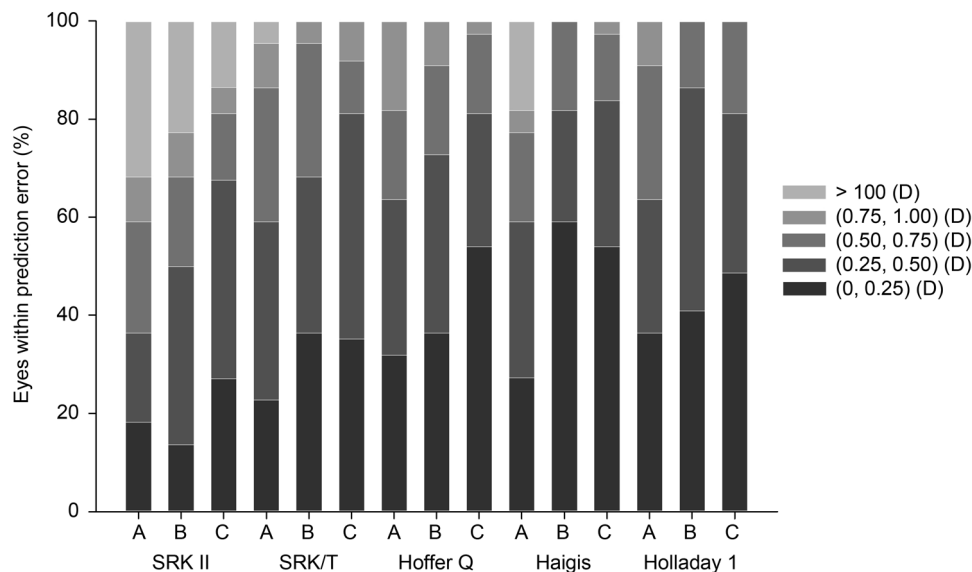


Figure 1. Comparison of various IOL power calculation formulas according to anterior chamber depth. Stacked histogram compare the percentage of eyes within a given diopter range of predicted spherical equivalent refraction outcome. A-C indicated group A, group B, and control group individually. IOL = intraocular lens; D = diopter.

Table 3. Mean error: comparison of various IOL power calculation formulas according to anterior chamber depth

Group	Mean absolute error (diopter)					p-value*
	SRK II	SRK/T	Hoffer Q	Haigis	Holladay 1	
Total	0.44 ± 0.59 (-1.46 to 1.86)	0.20 ± 0.42 (-0.63 to 1.42)	-0.11 ± 0.42 (-0.90 to 1.00)	0.03 ± 0.43 (-0.64 to 1.21)	-0.06 ± 0.39 (-0.76 to 0.99)	<0.001
Group A	0.76 ± 0.56 (-0.15 to 1.86)	0.36 ± 0.46 (-0.47 to 1.42)	-0.08 ± 0.51 (-0.83 to 0.87)	0.35 ± 0.53 (-0.47 to 1.21)	0.02 ± 0.47 (-0.76 to 0.99)	<0.001
Group B	0.52 ± 0.50 (-0.57 to 1.54)	0.16 ± 0.42 (-0.63 to 0.84)	-0.24 ± 0.35 (-0.90 to 0.54)	0.01 ± 0.34 (-0.63 to 0.67)	-0.14 ± 0.35 (-0.75 to 0.48)	<0.001
Control	0.20 ± 0.56 (-1.46 to 1.11)	0.13 ± 0.39 (-0.42 to 0.85)	-0.06 ± 0.38 (-0.75 to 1.00)	-0.08 ± 0.33 (-0.64 to 0.79)	-0.07 ± 0.38 (-0.69 to 0.72)	<0.001
p-value*	0.002	0.172	0.231	0.006	0.526	

Values are presented as mean \pm standard deviation (range) unless otherwise indicated.

IOL = intraocular lens.

*Kruskal-Wallis test.

해 1.0 D 이상 원시가 발생한 경우는 SRK II 공식에서 10.81%였으며, SRK/T, Hoffer Q, Haigis, Holladay 1 공식에서는 없었다. 1.0 D 이상 근시가 발생한 경우는 SRK II 공식에서 2.70%였으며, SRK/T, Hoffer Q, Haigis, Holladay 1 공식에서는 없었다(Table 4).

대상 환자를 대조군과 ACG군 중 안구길이가 22.0 mm 이하인 환자(C군), 안구길이가 22.1 mm 이상인 환자(D군)로 나누어 비교하였을 때, 모든 공식에서 각 군 간의 절대값 예측 오차의 차이는 없는 것으로 나타났다. ACG군 중 안구길이가 22.01 mm 이상인 환자(D군)에는 SRK II 공식을 적용하였을 때 절대값 예측 오차가 $+0.74 \pm 0.50$ D로 사후검정에서 Hoffer Q (0.37 ± 0.27 D), Haigis (0.37 ± 0.32 D), Holladay 1 공식(0.35 ± 0.24)에 비하여 부정확한 결과

를 보였다(Table 5).

고 찰

폐쇄각녹내장의 경우 연령이 증가함에 따라 빈도가 증가하며, 레이저홍채절개술은 효과적인 시술이지만 백내장을 동반하는 경우가 많으므로 안압하강의 목적으로 백내장수술을 시행할 수 있다.^{4,7} 백내장수술 후 굴절 상태는 환자의 삶의 질에 큰 영향을 미치므로 정확한 생체계측, 정확한 인공수정체 도수 계산 공식의 사용이 필요하다.¹⁴ 하지만 폐쇄각녹내장이 동반된 경우에서는 좁은 전방각과 두꺼운 수정체로 인해 유효 렌즈 위치의 예측이 어려워 안구생체계측과 수술 후 굴절력 예측이 어려워진다.⁸⁻¹⁰

Table 4. Refractive results (diopter): comparison of various intraocular lens power calculation formulas according to anterior chamber depth

Group	Formula	Over 1.0 D myopia [*]	Over 0.5 D myopia [†]	Over 0.5 D hyperopia [‡]	Over 1.0 D hyperopia [§]
Group A	SRK II	0.00	0.00	63.64	31.82
	SRK/T	0.00	0.00	40.91	4.55
	Hoffer Q	0.00	27.27	9.09	0.00
	Haigis	0.00	0.00	40.91	18.18
	Holladay 1	0.00	18.18	18.18	0.00
Group B	SRK II	0.00	4.55	45.45	18.18
	SRK/T	0.00	4.55	27.27	0.00
	Hoffer Q	0.00	22.73	4.55	0.00
	Haigis	0.00	9.09	9.09	0.00
	Holladay 1	0.00	13.64	0.00	0.00
Control	SRK II	2.70	5.41	32.14	10.81
	SRK/T	0.00	0.00	18.92	0.00
	Hoffer Q	0.00	8.11	10.81	0.00
	Haigis	0.00	13.51	2.70	0.00
	Holladay 1	0.00	8.11	8.11	0.00

Values are presented as %.

D = diopter.

^{*}Percentage of eye which was myopic shift over 1.0 D from intended refraction; [†]percentage of eye which was myopic shift over 0.5 D from intended refraction; [‡]percentage of eye which was hyperopic shift over 0.5 D from intended refraction; [§]percentage of eye which was hyperopic shift over 1.0 D from intended refraction.

Table 5. Mean absolute error: comparison of various IOL power calculation formulas according to axial length

Group	Mean absolute error (diopter)					p-value [*]
	SRK II	SRK/T	Hoffer Q	Haigis	Holladay 1	
Group C	0.58 ± 0.38 (0.15-1.37)	0.37 ± 0.26 (0.06-0.85)	0.41 ± 0.29 (0.00-0.89)	0.44 ± 0.33 (0.02-1.21)	0.34 ± 0.20 (0.08-0.65)	0.487
Group D	0.74 ± 0.50 (0.07-1.86)	0.44 ± 0.31 (0.00-1.42)	0.37 ± 0.27 (0.00-0.90)	0.37 ± 0.32 (0.03-1.19)	0.35 ± 0.24 (0.00-0.99)	0.004
Control	0.47 ± 0.36 (0.01-1.86)	0.33 ± 0.24 (0.00-0.85)	0.31 ± 0.22 (0.01-1.00)	0.27 ± 0.20 (0.01-0.79)	0.31 ± 0.20 (0.01-0.72)	0.139
p-value [*]	0.064	0.347	0.480	0.186	0.782	

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

^{*}Kruskal-Wallis test.

보다 정확한 안구생체계측을 위해 여러 가지 안구계측 방법이 고안되었고, 현재 가장 널리 이용되고 있는 방법은 부분결합간섭의 원리를 이용한 IOL master[®] (Carl Zeiss Meditec AG)이며, 백내장수술 후 굴절력 예측이나, 안구생체계측에 있어서 정확성과 재현성이 보고된 바 있다.^{14,15} 이후 개발된 부분결합간섭 원리를 이용한 AL-Scan[®] (Nidek, Co., Ltd.)은 슬릿 광원을 이용해 각막의 바깥 표면에서 수정체 사이의 전방 깊이를 측정하는 IOL master[®] (Carl Zeiss Meditec AG)와는 다르게 사임플러그 원리를 이용하여 얻은 안구의 전방영상을 분석하여 전방 깊이를 측정한다.¹⁶ 또한 AL-Scan[®] (Nidek, Co., Ltd.)은 환자 정보 입력 후 결과 출력까지 총 소요 시간이 20초로, Lensstar의 203초, IOL master의 84초보다 훨씬 빠른 검사 시간이 소요된다는 장점이 있다.^{17,18} 본 연구에서는 AL-Scan[®] (Nidek, Co., Ltd.)을 이용하여 백내장수술 전 안구생체계측을 시행하였고, 수술 전 전방 깊이는 ACG군에서 평균 2.29 mm로 대조군 3.15 mm보다 얇았으며, 안구길이는 ACG군에서 평균 22.53 mm로 대조군 23.87 mm보다 짧은 것으로 나타났다.

정확한 인공수정체 도수 계산을 위해 여러 공식이 쓰이고 있으며, 현재 널리 사용 중인 인공수정체 도수 계산 공식으로는 2세대 공식인 SRK II와 3세대 공식인 SRK/T, Holladay 1, Hoffer Q, 4세대 공식인 Haigis 등이 있다. 2세대 공식인 SRK II는 기존의 SRK 공식에서 굴절상수(refractive constant)와 안축장에 따라 A상수를 변화시킨 공식이며, 3세대 공식은 환자의 안축장과 각막곡률반경에 토대를 두고 전방 깊이를 변화시키는 것으로 인공수정체 도수 계산에 있어서 가장 중요한 인자인 인공수정체안 전방 깊이(pseudophakic anterior chamber depth)의 정확한 예측에 초점을 맞추고 연구된 것이다.^{19,20} 특히 4세대 공식인 Haigis 공식의 경우 수술 전 전방 깊이를 고려하여 인공수정체 도수를 계산한다.²¹ Kim et al¹¹은 원발폐쇄각녹내장과 백내장이 동반된 환자에서 수술 후 굴절력은 예측치보다 평균 -0.61 D의 근시를 보인다고 하였다. 특히 Joo et al¹³에 따르면 전방 깊이를 고려하는 Haigis 공식의 경우 폐쇄각녹내장 환자에서 수술 후 비정상적인 전방 깊이의 증가로 인해 굴절력 예측이 부정확할 수 있다고 하였다. 폐쇄각녹내장으로 LI를 시행받은 환자를 전방 깊이에 따라 분석한 본 연구에서는 SRK II, SKR/T, Hoffer Q, Holladay 1 공식에서는 굴절력 예측에 있어 안구길이에 따라 대조군과 차이가 없었다. 하지만 Haigis 공식을 사용하였을 때, 전방 깊이가 2.30 mm 이하인 환자에서 전방 깊이가 2.31 mm 이상인 환자와 대조군에 비하여 굴절력 예측이 부정확한 것으로 나타났다. 이는 전방 깊이를 고려하는 공식인 Haigis 공식을 이용할 때, LI 시행 이후 전방 깊이가 지속적으로 얇은 환

자에서는 그렇지 않은 환자에 비하여 백내장수술 후 굴절력 예측이 부정확할 수 있음을 의미한다.

수술 후 예측한 굴절력보다 원시의 결과가 나오는 경우 특히 환자들의 불편감이 클 수 있다. 본 연구에서는 SRK/T, Hoffer Q, Holladay 1 공식에서는 공식 간 예측 오차에서 차이가 없었지만, SRK II 공식과 Haigis 공식의 경우, 전방 깊이가 2.30 mm 이하인 환자에서 대조군보다 원시 소견을 보였다. 또한 Haigis 공식을 이용하였을 때 전방 깊이가 2.31 mm 이상인 환자나 대조군에서는 예측한 굴절력에 비해 1.0 D 이상의 원시를 나타냈던 경우가 없었으나, 전방 깊이가 2.30 mm 이하인 환자에서 예측한 굴절력에 비해 1.0 D 이상의 원시를 나타냈던 경우가 18.18%로 비교적 높게 나타났다. Haigis공식의 경우 SRK/T, Hoffer Q, Holladay 1 공식과 다르게 직접 측정한 전방 깊이를 이용해 술 후 인공수정체 위치를 예측하게 되는데, 얇은 전방을 가진 경우 두꺼운 수정체로 인해 낭부피가 증가되어 있어 예측한 것보다 인공수정체의 후방 이동이 더 일어나 원시 편향이 일어난 것으로 보인다.²²⁻²⁴

본 연구의 제한점으로는 후향적 연구인 점, 대상 환자가 적다는 점, 한 가지 종류의 인공수정체만을 사용하여 연구가 진행되었다는 점, AL-Scan[®] (Nidek, Co., Ltd.)과 다른 기기를 비교하지 못했던 점 등을 들 수 있다. 향후 인공수정체 종류별로 더 큰 규모의 전향적 연구가 필요할 것으로 생각되며, 여러 종류의 인공수정체와 AL-Scan[®] (Nidek, Co., Ltd.)과 다른 기기를 비교한 연구가 시행되어야 할 것으로 생각된다.

결론적으로 원발폐쇄각녹내장으로 레이저홍채절개술을 시행받은 환자에서 백내장수술 후 굴절력 예측에 있어서 안구길이에 따른 차이는 없었으며, 전방 깊이가 비교적 깊게 유지되는 환자에서는 정상안에서 백내장수술을 시행받은 경우와 굴절력 예측에 있어서 차이가 없었다. 하지만 레이저홍채절개술 이후 전방 깊이가 지속적으로 얇은 경우에는 SRK II, Hoffer Q, Holladay 1 공식을 사용할 때보다 술 전 전방 깊이를 반영하는 4세대 공식인 Haigis 공식을 사용할 때 굴절력 예측이 부정확할 수 있음을 염두에 두어야 할 것이다.

REFERENCES

- 1) Congdon N, Wang F, Tielsch JM. Issues in the epidemiology and population-based screening of primary angle-closure glaucoma. *Surv Ophthalmol* 1992;36:411-23.
- 2) He M, Foster PJ, Johnson GJ, Khaw PT. Angle-closure glaucoma in East Asian and European people. Different diseases? *Eye* 2006;20:3-12.

- 3) Quigley HA. Number of people with glaucoma worldwide. *Br J Ophthalmol* 1996;80:389-93.
- 4) Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F. Effect of cataract surgery on intraocular pressure control in glaucoma patients. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:1779-86.
- 5) Yoon JY, Hong YJ, Kim CY. Cataract surgery in patients with acute primary angle-closure glaucoma. *Korean J Ophthalmol* 2003;17:122-6.
- 6) Nonaka A, Kondo T, Kikuchi M, et al. Cataract surgery for residual angle closure after peripheral laser iridotomy. *Ophthalmology* 2005;112:974-9.
- 7) Tarongoy P, Ho CL, Walton DS. Angle-closure glaucoma: the role of the lens in the pathogenesis, prevention, and treatment. *Surv Ophthalmol* 2009;54:211-25.
- 8) Yang CH, Hung PT. Intraocular lens position and anterior chamber angle changes after cataract extraction in eyes with primary angle-closure glaucoma. *J Cataract Refract Surg* 1997;23:1109-13.
- 9) Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F. Changes in anterior chamber angle width and depth after intraocular lens implantation in eyes with glaucoma. *Ophthalmology* 2000;107:698-703.
- 10) Nonaka A, Kondo T, Kikuchi M, et al. Angle widening and alteration of ciliary process configuration after cataract surgery for primary angle closure. *Ophthalmology* 2006;113:437-41.
- 11) Kim SA, Kang JH, Park JI, Lee KH. Difference between postoperative refraction and predictive refraction after cataract operation in patients with coexisting cataract and primary angle-closure glaucoma. *J Korean Ophthalmol Soc* 2005;46:1983-8.
- 12) Kim KN, Lim HB, Lee JJ, Kim CS. Influence of biometric variables on refractive outcomes after cataract surgery in angle-closure glaucoma patients. *Korean J Ophthalmol* 2016;30:280-8.
- 13) Joo J, Whang WJ, Oh TH, et al. Accuracy of intraocular lens power calculation formulas in primary angle closure glaucoma. *Korean J Ophthalmol* 2011;25:375-9.
- 14) 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.
- 15) Lam AK, Chan R, Pang PC. The repeatability and accuracy of axial length and anterior chamber depth measurements from the IOL Master. *Ophthalmic Physiol Opt* 2001;21:477-83.
- 16) Buckhurst PJ, Wolffsohn JS, Shah S, et al. A new optical low coherence reflectometry device for ocular biometry in cataract patients. *Br J Ophthalmol* 2009;93:949-53.
- 17) Shin JY, Lee JB, Seo KY, et al. Comparison of preoperative and postoperative ocular biometry in eyes with phakic intraocular lens implantations. *Yonsei Med J* 2013;54:1259-65.
- 18) Kwang 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.
- 19) Hoffer KJ. The Hoffer Q formula: a comparison of theoretic and regression formulas. *J Cataract Refract Surg* 1993;19:700-12.
- 20) Sanders DR, Retzlaff J, Kraff MC. Comparison of the SRK II formula and other second generation formulas. *J Cataract Refract Surg* 1988;14:136-41.
- 21) Haigis W. Occurrence of erroneous anterior chamber depth in the SRK/T formula. *J Cataract Refract Surg* 1993;19:442-6.
- 22) Marchini G, Pagliaruso A, Toscano A, et al. Ultrasound biomicroscopic and conventional ultrasonographic study of ocular dimensions in primary angle-closure glaucoma. *Ophthalmology* 1998;105:2091-8.
- 23) Chang SW, Yu CY, Chen DP. Comparison of intraocular lens power calculation by the IOL Master in phakic and eyes with hydrophobic acrylic lenses. *Ophthalmology* 2009;116:1336-42.
- 24) Kang SY, Hong S, Won JB, et al. Inaccuracy of intraocular lens power prediction for cataract surgery in angle-closure glaucoma. *Yonsei Med J* 2009;50:206-10.

= 국문초록 =

급성 원발폐쇄각녹내장으로 레이저홍채절개술을 시행한 환자에서 백내장수술 후 굴절력 예측

목적: 급성 원발폐쇄각녹내장(angle-closure glaucoma, ACG)으로 레이저홍채절개술(laser iridotomy, LI)을 시행한 환자에서 백내장 수술 후 굴절력 예측에 영향을 미치는 인자에 대해 알아보고자 한다.

대상과 방법: ACG로 LI 시행한 후 백내장수술을 시행받은 44명(ACG군)과 다른 안과 질환 없이 백내장수술을 시행받은 37명(대조군)의 의무기록을 후향적으로 조사하였다. AL-Scan[®]으로 술 전 안구생체계측을 시행하였으며, 전방 깊이, 안구길이에 따라 술 후 굴절력 예측의 정확성에 대해 분석하였다.

결과: 수술 전 전방 깊이는 ACG군 2.29 ± 0.32 mm, 대조군 3.15 ± 0.27 mm였으며($p < 0.01$), 안구길이는 ACG군 22.53 ± 0.80 mm, 대조군 23.87 ± 1.38 mm였다($p < 0.01$). Haigis 공식의 경우, ACG군 중 전방 깊이가 2.30 mm 이하인 환자(0.52 ± 0.36 D)에서 전방 깊이가 2.31 mm 이상인 환자(0.27 ± 0.20 D)와 대조군(0.27 ± 0.20 D)보다 부정확한 결과를 보였다. ACG군 중 안구길이가 22.0 mm 이하인 환자와 22.1 mm 이상인 환자, 대조군에서는 각 공식에서 절대값 예측 오차의 차이는 없었다.

결론: ACG로 LI 시행한 후 전방 깊이가 2.31 mm 이상인 경우 정상안에서 백내장수술을 시행받은 경우와 굴절력 예측에 차이가 없으나, 전방 깊이가 2.30 mm 이하로 얇은 경우에는 술 전 전방 깊이를 고려하는 Haigis 공식을 사용할 때, 굴절력 예측이 부정확할 수 있음을 고려해야 한다.

〈대한안과학회지 2019;60(5):447-454〉

황혜성 / Hye Seong Hwang

충북대학교병원 안과학교실
Department of Ophthalmology,
Chungbuk National University Hospital

