

# 안구 길이와 유리체절제술이 SRK/T 공식의 굴절 오차에 미치는 영향

이민규 · 황규연 · 김만수

가톨릭대학교 의과대학 안과 및 시과학교실

**목적:** SRK/T를 사용한 인공수정체 삽입안의 목표 굴절값과 술 후 실제 굴절값의 오차를 파악하고, 안구 길이와 유리체절제술이 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

**대상과 방법:** SRK/T 공식으로 인공수정체 도수를 결정하고 초음파유화술 및 인공수정체 후방삽입술을 시행한 90명 90안의 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 대상자를 안구 길이 24.4 mm 이하인 경우와 24.4 mm 초과인 경우에서 유리체절제술 유무에 따라 그룹을 나누고, 각 그룹에서 수술 후 1, 2개월에 현성 굴절값을 측정하여 분석하였다.

**결과:** 굴절값 오차의 평균은 각 그룹 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 안구 길이와 굴절값 오차는 정상범위 안구 길이( $\leq 24.4$  mm)에서 음의 상관관계( $r=-0.502$ ,  $p=0.005$ )를 보였고, 안구 길이가 긴 환자( $>24.4$  mm)에서 양의 상관관계를 보였다( $r=0.718$ ,  $p<0.001$ ). 유리체절제술을 받았던 환자는 안구 길이와 굴절값 오차 사이에 유의한 상관관계를 보이지 않았다.

**결론:** SRK/T 공식으로 백내장 수술 시 유리체절제술 과거력이 없는 환자는 안구 길이에 따른 굴절 편위를 고려하여 인공수정체 도수를 결정해야 한다.

〈대한안과학회지 2013;54(2):257-264〉

백내장 수술은 초음파 유화술의 도입과 접합 인공수정체의 개발 이후 비약적으로 발전하기 시작했다. 각막 절개창은 술 후 난시를 줄이기 위해서 점차 크기를 줄여 최근에는 2.2 mm 미세절개를 시행하고,<sup>1</sup> 펄스레이저로 원하는 크기의 수정체낭원형절개를 중심에서 벗어나지 않게 시행하여 술 후 인공수정체의 위치 변화로 인한 굴절 이상을 줄이고 있다.<sup>2,3</sup> 또 광학기술이 발전함에 따라 난시교정 인공수정체, 다초점 인공수정체, 조절형 인공수정체 등 기능성 인공수정체를 사용하는 빈도가 점차 증가하고 있다.<sup>4-6</sup> 이렇듯 백내장 수술은 수정체 혼탁을 제거하려는 단순한 목적을 넘어 굴절 수술로 발전하고 있으며, 술 후 시력에 대한 환자들의 기대도 이에 맞춰 높아지고 있다.<sup>7,8</sup>

시력의 질은 굴절값, 대비감도, 고위 수차 등 여러가지 방법으로 평가할 수 있는데 그 중 굴절값은 시력에 가장 큰 영향을 미친다.<sup>9</sup> 굴절 검사상 굴절 이상은 대부분의 사람들이 가지고 있지만 조절 기능을 가진 수정체에 의해 굴절 이상은 완화된다는. 그러나 인공수정체는 조절을 할 수 없기 때

문에 백내장 수술 후 생긴 굴절 이상은 완충 작용 없이 환자가 인지하게 되며, 적응 기간 없이 수술 후 갑자기 발생하여 더 민감하다. 따라서 백내장 수술 후 환자의 불편을 줄이고 시력의 질을 높이기 위해서는 술 전 목표한 굴절값과 술 후 실제 굴절값의 오차를 최소한으로 줄여야 한다.

굴절값 오차를 줄이기 위해서는 각막 곡률, 안구 길이 등의 생체계측이 정확해야 하고 도수계산공식은 계측값을 이용하여 인공수정체의 도수를 정확히 계산할 수 있어야 한다. 부정확한 생체계측은 굴절값에 큰 영향을 주는데, 실제 안구 길이가 1 mm 오차는 약 2.7D, 각막곡률반경 1 mm 오차는 약 5.7D, 그리고 술 후 전방 깊이 1 mm 오차는 1.5D의 수술 후 굴절값 오차를 야기하는 것으로 알려졌다.<sup>10,11</sup> 그러나 자동각막곡률계와 부분간섭계 등의 사용으로 생체계측의 정확성은 많이 증진되었으며 여러 연구에서 우수한 정확성 및 재현성을 보고하고 있다.<sup>12-15</sup> 반면 안구 길이에 따른 공식의 오차나 유리체절제술 후 환자에서의 결과는 아직까지 연구자들마다 의견이 일치하지 않기에,<sup>9,16-22</sup> 저자들은 현재 가장 많이 사용되고 있는 SRK/T 공식에서 안구 길이와 유리체절제술 유무가 굴절값 오차에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

■ 접수 일: 2012년 9월 25일 ■ 심사통과일: 2012년 10월 23일  
■ 게재허가일: 2013년 1월 7일

■ 책임저자: 김 만 수  
서울특별시 서초구 반포대로 222  
가톨릭대학교 서울성모병원 안과  
Tel: 02-2258-6197, Fax: 02-599-7405  
E-mail: mskim@atholic.ac.kr

## 대상과 방법

2010년 5월부터 2012년 2월까지 본원 안과에서 한 명의

술자에게 초음파유화술 및 인공수정체 후방삽입술을 시행 받은 환자 90명 90안을 대상으로 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 외상이나 포도막염으로 인한 이차성 백내장, 원발성 혹은 속발 녹내장, 수정체비늘증후군과 같이 전방수 축이 호발하는 경우와 각막절개 부위에 봉합을 시행한 경우, 후방 파열 등의 술 중 합병증이 있었던 환자는 대상에서 제외하였다. 유리체절제술을 받지 않고 안구 길이가 24.4 mm 이하인 환자를 A군, 24.4 mm 초과인 환자를 B군, 과거 유리체절제술을 받은 환자 중 안구 길이가 24.4 mm 이하인 환자를 C군, 24.4 mm 초과인 환자를 D군으로 분류하였다. 유리체절제술 환자 중 당뇨 합병증으로 수술한 환자는 수술 후 결과가 당뇨로 인해 영향을 받을 수 있어 대상에서 제외하였으며, 안내 가스치환술을 포함한 유리체절제술을 받았던 망막 전막과 황반원공 환자를 대상으로 하였다.

백내장 수술은 이측에 3 mm 투명각막절개를 시행하고 전방에 점탄물질을 주입한 후 주사침을 이용하여 약 5.5 mm 직경의 원형전방절개를 시행하였으며 평형염액을 사용하여 수력분리술 및 수력분층술을 시행하였다. 수정체핵은 초음파유화술로 제거하였고, 수정체 피질은 관류흡입기를 이용하여 제거하였다. 수정체낭에 점탄물질을 주입한 후 삽입장치를 이용하여 인공수정체를 후방에 삽입하고 인공수정체의 지지부가 모두 수정체낭에 위치한 것을 확인한 후 관류흡입기를 이용하여 남아 있는 점탄물질을 제거하였다. 수술 후 약 2개월 간 항생제와 스테로이드 점안약을 사용하여 전방 내 염증을 조절하였다.

수술 전 검사로 IOL Master® (Carl Zeiss, Jena, Germany)를 이용하여 환자의 안구 길이와 각막곡률을 측정하고, 내장되어 있는 SRK/T 공식을 이용하여 인공수정체 도수를 계산하였다. 인공수정체의 A 상수는 IOL Master®에 특화된 값을 이용하였다. 술 전과 술 후 1, 2개월에 자동 굴절률 측정기(Canon, RF-F1, Japan)를 이용하여 현성 굴절값과 각막 곡률값을 측정하였다. 술 전 목표 굴절값과 술 후 측정

굴절값의 구면렌즈 대응치 차이를 굴절값 오차(Refractive error=postoperative spherical equivalent-target diopter)로 간주하고, 굴절값 오차가 양의 값이면 원시 편위, 음의 값이면 근시 편위된 것으로 판단하였다. 또 술 전과 술 후 1, 2개월의 각막 곡률값을 비교하여 백내장 수술 시 각막의 굴절력 변화 여부를 살펴보았다. 그리고 삽입한 인공수정체의 종류가 연구결과에 미치는 영향을 확인하기 위해서 인공수정체를 지지부 형태에 따라 일체형(1-piece)과 삼체형(3-piece)으로 나누고, 인공수정체 종류에 따른 굴절값 오차를 비교하였다.

통계학적 분석은 통계프로그램 SPSS (version 18.0, SPSS Inc., USA)를 사용하였다. 각막의 굴절력 변화는 Paired *t*-test를 이용하였고, 안구 길이와 굴절값 오차의 연관성은 Pearson 상관계수(Pearson correlation coefficient)를 구하여 분석하였다. 안구 길이와 유리체절제술 유무에 따라 나눈 4그룹 간 굴절값 오차의 평균 비교는 Kruskal-Wallis test를 사용하였고, 인공수정체 종류에 따른 굴절값 오차는 Mann-Whitney test로 비교하였다. *p*-value가 0.05 미만인 것을 통계적으로 유의한 결과로 간주하였다.

## 결 과

대상 인원은 90명 90안으로 남자가 41명, 여자가 49명이었으며, 평균 나이는  $62.6 \pm 13.2$ 세였다. 90안의 안구 길이 평균은  $25.72 \pm 3.11$  mm (21.6–35.1 mm)였으며, 목표 굴절값은  $-1.07 \pm 1.03$ D (–3.40–0.42D)였다. 술 전 각막 굴절력은 평균  $44.13 \pm 1.36$ D (40.88–47.88D)로 환자군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다( $p=0.066$ ). A군은 30안으로 안구 길이는 평균  $23.45 \pm 0.71$  mm (21.6–24.4 mm)였고 B군 30안은  $28.87 \pm 2.56$  mm (25.3–35.1 mm), C군 15안은  $23.26 \pm 0.74$  mm (22.0–24.4 mm), D군 15안은  $26.41 \pm 2.61$  mm (24.5–34.3 mm)였다(Table 1). 안구 길이 24.4 mm 이하

Table 1. Demographics of patients

Patient group	Simple		Post-vitrectomy	
	Group A AXL $\leq$ 24.4 mm	Group B AXL > 24.4 mm	Group C AXL $\leq$ 24.4 mm	Group D AXL > 24.4 mm
Number of eyes	30	30	15	15
Mean age (years)	$69.0 \pm 13.3$	$54.7 \pm 11.0$	$65.1 \pm 6.3$	$56.9 \pm 14.2$
Gender (M/F)	10/20	15/15	7/8	9/6
Axial length (mm)	$23.45 \pm 0.71$ (21.6–24.4)	$28.87 \pm 2.56$ (25.3–35.1)	$23.26 \pm 0.74$ (22.0–24.4)	$26.41 \pm 2.61$ (24.5–34.3)
Preoperative SE (D)	$-0.12 \pm 2.19$	$-12.78 \pm 7.90$	$-0.54 \pm 1.53$	$-5.86 \pm 4.25$
Preoperative K (D)	$44.35 \pm 1.27$	$44.15 \pm 1.41$	$44.07 \pm 1.29$	$43.28 \pm 1.27$

Values are presented as mean  $\pm$  standard deviation.

SE = Spherical equivalent; K = corneal power; D = diopter; AXL = axial length.

**Table 2.** Comparison of postoperative refractive error

	Group A	Group B	Group C	Group D	p-value*
Preoperative					
Spherical equivalent (D)	-0.12 ± 2.19	-12.78 ± 7.90	-0.54 ± 1.53	-5.86 ± 4.25	
Target diopter	-0.51 ± 0.49	-1.80 ± 1.04	-0.31 ± 0.15	-1.45 ± 1.15	
Postoperative 1 month					
Spherical equivalent (D)	-0.63 ± 0.74	-2.02 ± 1.54	-0.11 ± 0.61	-1.54 ± 1.54	
Refractive error <sup>†</sup> (D)	-0.12 ± 0.60	-0.21 ± 1.02	0.20 ± 0.61	-0.01 ± 0.46	0.429
Postoperative 2 months					
Spherical equivalent (D)	-0.57 ± 0.84	-2.05 ± 1.34	-0.03 ± 0.67	-1.44 ± 1.58	
Refractive error (D)	-0.06 ± 0.72	-0.25 ± 0.94	0.27 ± 0.67	0.12 ± 0.49	0.239

Values are presented as mean ± standard deviation.

D = diopter.

\*Tested by Kruskal-Wallis test; <sup>†</sup>(Postoperative spherical equivalent) - (Target diopter).

**Table 3.** Change of corneal power after cataract surgery

	Group A		Group B		Group C		Group D	
	K <sup>†</sup>	p-value*	K <sup>†</sup>	p-value	K <sup>†</sup>	p-value	K <sup>†</sup>	p-value
Preoperative	44.35 ± 1.27		44.15 ± 1.41		44.52 ± 1.32		43.28 ± 1.27	
Postoperative								
1 month	44.41 ± 1.16	0.267	44.25 ± 1.48	0.088	44.56 ± 1.29	0.622	43.39 ± 1.22	0.085
2 months	44.46 ± 1.15	0.080	44.30 ± 1.48	0.052	44.59 ± 1.32	0.181	43.38 ± 1.23	0.056

Values are presented as mean ± standard deviation.

\*Comparison with preoperative K, tested by paired t-test in Group A, B and by Wilcoxon signed rank test in Group C, D; <sup>†</sup>Corneal power.

**Table 4.** Comparison of refractive error in different type of intraocular lens

IOL type	Group A		Group B		Group C		Group D	
	Ref. error <sup>†</sup>	p-value*	Ref. error <sup>†</sup>	p-value*	Ref. error <sup>†</sup>	p-value*	Ref. error <sup>†</sup>	p-value*
1-piece	0.03 ± 0.81 (n = 20)	0.371	0.03 ± 0.81 (n = 19)	0.061	0.33 ± 0.29 (n = 7)	0.354	0.16 ± 0.30 (n = 6)	0.906
3-piece	-0.23 ± 0.49 (n = 10)		-0.23 ± 0.49 (n = 11)		0.09 ± 0.09 (n = 8)		0.12 ± 0.15 (n = 9)	

Values are presented as mean ± standard deviation.

\*Tested by Mann-Whitney test; <sup>†</sup>(Postoperative spherical equivalent) - (Target diopter).

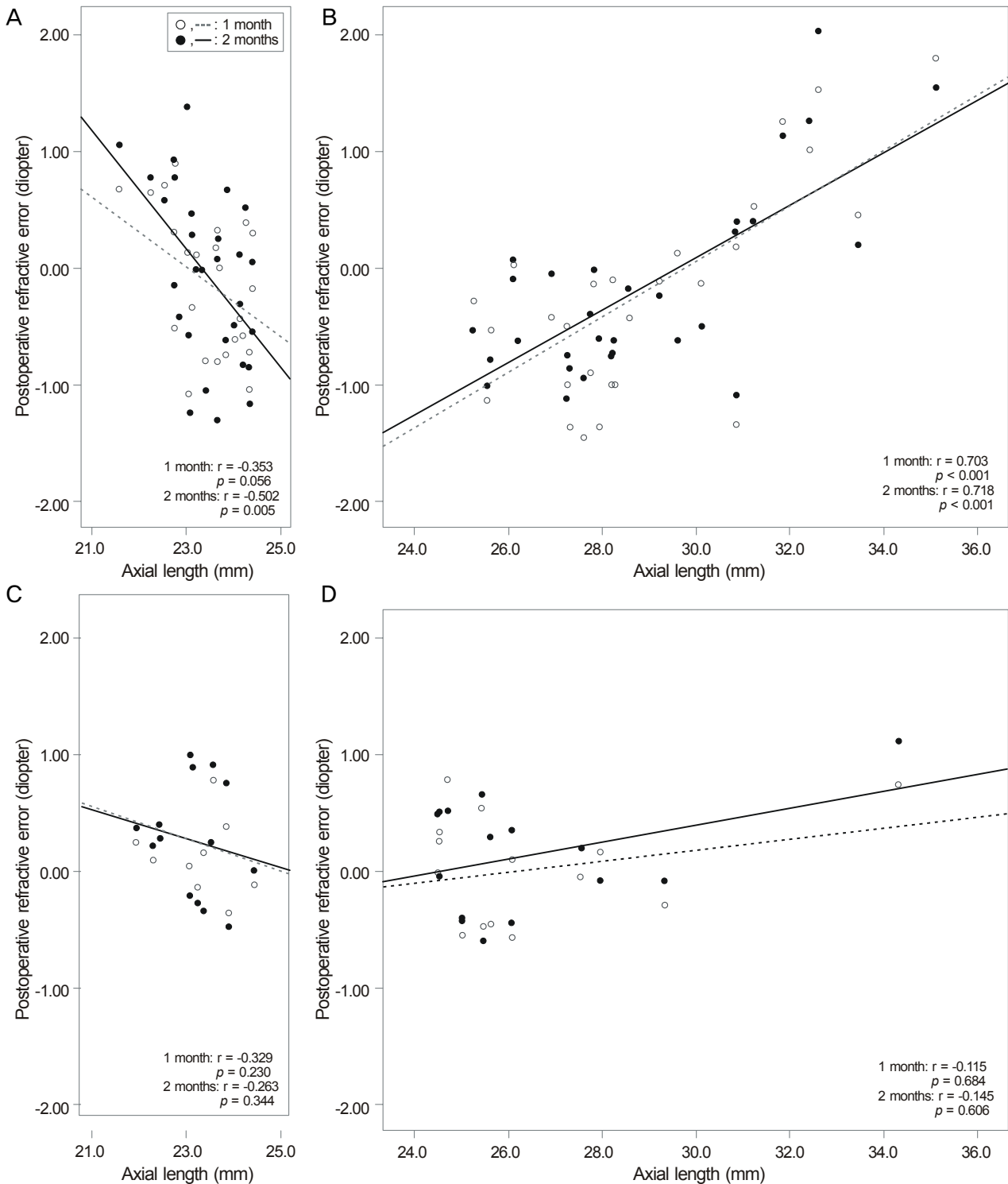
인 A군과 C군의 평균 안구 길이는 유의한 차이가 없었으나 ( $p=0.500$ ), 24.4 mm 초과인 B군과 D군의 평균 안구 길이는 D군이 B군보다 짧았다( $p=0.036$ ).

굴절값 오차의 평균은 A군과 B군에서 술 후 1, 2개월 모두 근시 편위를 보였고 C군에서는 원시 편위를 보였다. D군은 술 후 1개월에는  $-0.01 \pm 0.46$ D의 근소한 근시 편위를 보였고 술 후 2개월에는  $0.12 \pm 0.49$ D 원시 편위를 보였다. 하지만 술 후 1, 2개월 굴절값 오차의 평균은 환자군 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $p=0.429$ ,  $p=0.239$ , respectively; Table 2).

안구 길이 24.4 mm 이하에서 굴절값 오차와 안구 길이는 A군에서 음의 상관관계를 보이며 안구 길이가 길수록 근시 편위를 나타냈고 술 후 1개월보다 술 후 2개월에 더 유의한 수치를 보였으나(Pearson correlation coefficient  $r=-0.353$ ,  $p=0.056$ ,  $r=-0.502$ ,  $p=0.005$ , respectively; Fig. 1), 유리체절제술을 받았던 C군은 술 후 1, 2개월 모

두 유의한 상관관계를 보이지 않았다( $r=-0.329$ ,  $p=0.230$ ,  $r=-0.263$ ,  $p=0.344$ , respectively; Fig. 1). 안구 길이가 24.4 mm 보다 긴 B군에서는 굴절값 오차와 안구 길이가 양의 상관관계를 보이며 안구 길이가 길어질수록 원시 편위를 나타냈고 역시 술 후 1개월보다 술 후 2개월의 상관관계가 더 높았으나( $r=0.703$ ,  $p<0.001$ ,  $r=0.718$ ,  $p<0.001$ , respectively; Fig. 1), 유리체절제술을 받았던 D군에서는 술 후 1, 2개월 모두 유의한 상관관계를 보이지 않았다( $r=-0.115$ ,  $p=0.684$ ,  $r=-0.145$ ,  $p=0.606$ , respectively; Fig. 1).

술 후 각막의 굴절력은 술 전과 비교하여 모든 그룹에서 평균적으로 증가하였으나 통계적으로는 유의하지 않았다(Table 3). 또한 모든 그룹에서 인공수정체 종류에 따른 굴절값 오차는 유의한 차이가 없었다(Table 4).



**Figure 1.** Correlation between axial length and refractive error after cataract surgery. Correlation is more significant at 2 month than 1 month after surgery in nonvitrectomized patient (A, B). Vitrectomized patient showed no significant correlation in both normal range (C) and long axial length (D). Refractive error = (Postoperative spherical equivalent) - (Target diopter);  $r$  = Pearson correlation coefficient in A and B;  $r$  = Spearman rho in C and D.

## 고 찰

백내장 수술 후 굴절값은 각막과 인공수정체의 굴절력에

의해 결정되며 인공수정체의 굴절력은 도수계산공식에서 계산한 ELP (effective lens position)에 인공수정체가 위치한다는 가정하에 안구 길이와 각막곡률 등을 이용하여

도수를 계산한다. 때문에 ELP의 정확성이 술 후 굴절값에 미치는 영향은 매우 크다. 그러나 실제로는 ELP와 술 후 실제 전방 깊이가 차이를 보이기 때문에 도수계산공식에서 전방 깊이의 중요성이 최근 들어 더욱 부각되고 있으며,<sup>23-25</sup> 여러 연구에서 안구 길이에 따른 굴절값 오차를 보고하였지만 실제로는 안구 길이에 따른 ELP의 계산 오차가 술 후 굴절값 오차의 가장 큰 원인으로 생각되어진다.<sup>25-27</sup> 인공수정체 도수계산공식은 현재 SRK/T,<sup>28</sup> Holladay et al,<sup>29</sup> Hoffer et al<sup>30</sup>의 3세대 공식과 4세대 Haigis<sup>31</sup> 공식 등을 사용하고 있다. 안구 길이와 각막곡률을 이용해 ELP를 계산하던 3세대 공식과 달리, Haigis<sup>31</sup> 공식은 매개변수에 술 전 전방 깊이를 추가하여 ELP를 더 정확히 예측할 수 있기 때문에 수술 후 굴절값 예측이 3세대 공식보다 정확하다고 알려졌다. 하지만 Haigis<sup>31</sup> 공식은 고가의 추가비용이 필요하여 널리 사용되고 있지 못한 반면 SRK/T 공식은 추가 장비 없이 이용할 수 있고 표준치와 긴 안구 길이에서 비교적 정확하다고 알려져 있어 세계적으로 가장 많이 사용되고 있으며, 본 연구도 SRK/T 공식을 사용하여 인공수정체 도수를 결정하였다.<sup>32</sup>

안구 길이와 굴절값 오차에 대한 이전 연구에서 Lim et al<sup>16</sup>은 정상범위 안구 길이에서 평균  $0.25 \pm 0.67D$ 의 원시 편위를 보였고 안구 길이와 굴절값 오차는 음의 상관관계가 있다고 하였다. 또 Lee et al<sup>17</sup>은 안구 길이가 짧은 환자에서  $0.18 \pm 0.61D$  원시 편위와 정상범위 안구 길이에서  $-0.15 \pm 0.57D$  근시 편위를 보였고, 안구 길이와 굴절값 오차는 음의 상관관계가 있다고 하였다.

본 연구에서는 유리체절제술을 받지 않고 안구 길이가 정상 범위인 A군과 안구 길이가 긴 B군은 굴절값 오차 평균이 술 후 2개월에 각각  $-0.06 \pm 0.72D$ ,  $-0.25 \pm 0.94D$ 의 근시 편위를 보였는데, 환자군 사이에 통계적 유의성은 없었다. 또 A군에서는 Lim et al<sup>16</sup>과 Lee et al<sup>17</sup>의 연구에서와 같이 안구 길이가 길수록 근시 편위를 보였으나, B군에서는 안구 길이가 길수록 원시 편위를 나타내어 굴절 오차와 안구 길이의 상관관계는 안구 길이 24.4 mm를 기준으로 서로 반대임을 알 수 있었다(Fig 1). 반면 Maeng et al<sup>9</sup>은 안구 길이와 굴절값 오차가 약한 양의 상관관계가 있다고 밝혔는데, 이는 안구 길이에 따라 각각의 환자군에서 상관관계를 구하지 않고 안구 길이 21.00-29.63 mm인 전체 환자에서 계산하였기 때문으로 생각한다. 또한 Maeng et al<sup>9</sup>의 연구에서는 안구 길이로 구분한 세 환자군의 굴절값 오차 평균이 본 연구결과와 달리 모두 원시 편위를 보였는데, 안구 길이가 정상범위인 환자군( $0.21 \pm 0.39D$ )에 비해 안구 길이가 짧은 환자군과 긴 환자군( $0.32 \pm 0.41D$ ,  $0.67 \pm 0.48D$ , respectively)이 더 심한 원시 편위를 보였

다. 이처럼 술 후 굴절값 오차의 평균값은 연구마다 차이가 있지만 안구 길이에 따른 경향성은 비슷한 것을 확인할 수 있었다. 굴절값 오차의 평균값이 다른 이유는 술자 요소, 인공수정체 종류, 포함되는 환자의 분포 등이 다르기 때문일 것으로 생각하며, 본 연구에서도 상대적으로 근시 편위되는 안구 길이 24.4 mm 근처의 환자가 많이 포함되었기 때문에 평균값이 근시 편위를 보인 것으로 판단된다.

굴절값 오차의 경향성은 앞서 언급한 것처럼 안구 길이에 따른 ELP 계산 오차가 가장 큰 원인일 것으로 생각한다.<sup>25-27</sup> 전방 깊이는 각막곡률이 가파르고 안구 길이가 길수록 깊어지지만 1차원적으로 비례하지는 않기 때문에 도수계산공식들은 각각의 방법으로 ELP를 계산하는데 SRK/T 공식의 ELP 계산 공식은 다음과 같다.<sup>33</sup>

(1) ELP (effective lens position) =  $H + ACD_{const} - 3.336$ ;  $ACD_{const} = 0.62467A - 68.747$

(2)  $H$  (corneal height) =  $R - \sqrt{R^2 - (Cw/2)^2}$ ;  $R$  = anterior corneal radius

(3)  $Cw$  (corneal width) =  $-5.41 + 0.58412 coAL + 0.098 \times 337.5/R$

(4)  $coAL$  (corrected AL) =  $AL$  (if  $AL \leq 24.4$  mm),  $= -3.446 + 1.716 AL - 0.0237 (AL)^2$  (if  $AL > 24.4$  mm);  $AL$  = axial length

(4)에서와 같이 안구 길이가 24.4 mm 이하인 눈은 공식 (3)에 안구 길이를 직접 대입하지만 24.4 mm 보다 긴 눈은 계산으로 보정한 안구 길이를 사용하며, 본 연구도 이를 참고하여 안구 길이 24.4 mm를 기준으로 환자를 분류하였다. 그런데 SRK/T 공식에서 보정된 안구 길이는 실제 안구 길이보다 항상 짧게 계산된다. 예를 들어 실제 안구 길이가 28 mm이면 약 26.0 mm, 30 mm이면 약 26.7 mm로 계산하게 되며 보정된 안구 길이의 최대길이는 실제 안구 길이가 약 36.2 mm일 때 약 27.6 mm이다. 이처럼 24.4 mm 보다 긴 안구에서는 안구 길이가 길수록 보정된 안구 길이와 실제 안구 길이와의 차이가 커지게 되어 보정된 안구 길이로 계산한 ELP 역시 실제 안구 길이로 계산한 ELP보다 짧게 된다. 따라서 안구 길이가 길수록 SRK/T 공식으로 계산한 ELP는 실제 술 후 전방 깊이보다 얇게 예측될 가능성이 높기 때문에 수술 후 인공수정체가 ELP보다 뒤쪽에 위치하게 되어 굴절값이 원시 편위되는 것으로 판단되며 추후 전안부 빛간섭단층촬영 등으로 술 후 실제 전방깊이를 측정하고 ELP와 비교하여 이를 확인하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.<sup>23</sup>

유리체절제술을 받은 안구에서는 각막 굴절력과 안구 길이의 변화, 망막중에 의한 생체계측의 오차, 가스치환술 후 수정체낭을 지지하는 섬모체소대의 약화, 유리체가 방수로

대체됨에 따른 수정 체상의 위치변화 등 여러가지 요소들이 백내장 수술 후 굴절값에 영향을 줄 수 있기 때문에 각각의 요소가 술 후 굴절값 오차에 미치는 영향을 파악하기는 쉽지 않다.<sup>18-21,34</sup> 이전 연구들에서 0.5D 정도의 근시 이행을 보고하기도 하였으나 이는 대부분 유리체절제술과 백내장 수술을 동시에 시행한 연구 결과들이었다.<sup>18-20</sup> 반면 유리체절제술 후 백내장수술을 시행한 연구에서 Kim et al<sup>21</sup>은 유리체절제술 전 후 안구 길이와 각막곡률값의 차이를 보이지 않고 인공수정체 삽입 후 실제 굴절률도 유의한 차이를 보이지 않아 유리체절제술 자체가 인공수정체 도수 결정에 유의한 영향을 미치지 않는다고 하였다. Kang and Chung<sup>22</sup>도 술 전 목표했던 굴절값에 일치하는 술 후 굴절값을 얻을 수 있다고 하였으며, 이전 연구처럼 근시이행이 나타나지 않은 원인으로 안내 가스치환술 이후 모양체소대가 약화되어 후낭의 위치가 정상보다 뒤쪽으로 이동하여 삽입한 인공수정체가 예상보다 뒤쪽에 위치하여 잠재적 근시이행의 정도를 완화시켰을 가능성을 제시하였다. 본 연구에서 유리체절제술을 받은 C, D군은 그렇지 않은 A, B군과 달리 안구 길이와 굴절값 오차가 유의한 상관 관계를 보이지 않았는데(Fig. 1), 이는 Kang and Chung<sup>22</sup>이 제시한 것처럼 유리체절제술 후 섬모체소대의 약화와 수정체상의 위치 변화 때문일 것으로 판단되며, 추후 유리체절제술을 받은 환자와 받지 않은 환자에서 백내장 수술 후 전방 깊이를 비교하여 확인이 필요할 것이다. 또한 C, D군의 술 후 2개월 굴절값 오차의 평균은 각각  $0.27 \pm 0.67D$ ,  $0.12 \pm 0.49D$ 로 Kim et al<sup>21</sup>와 Kang and Chung<sup>22</sup>의 연구 결과처럼 목표한 굴절값에 근접하였다(Table 2). 그러므로 유리체절제술을 받은 환자는 백내장 수술 시 SRK/T 공식을 사용하여 인공수정체 도수를 선택하면 안구 길이에 큰 영향을 받지 않고 목표한 굴절값을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

굴절값에 영향을 줄 수 있는 다른 요소로 각막 굴절력의 수술 전 후 변화를 살펴보았다. 각막 굴절력은 각막 절개의 위치, 길이 등 수술 방법에 따라 술 후 다른 변화를 보인다.<sup>35-38</sup> 이중 이측 투명각막절개는 넓은 수술 시야를 확보할 수 있고 술 후 난시가 다른 방법보다 적게 유발되는 장점 때문에 현재 가장 널리 사용되고 있다. Merriam et al<sup>35</sup>은 DM 여러 절개 방법에 따른 각막 곡률의 변화를 비교하고 다른 방법과 달리 이측 투명각막절개 시에는 변화가 거의 없다고 하였다. 본 연구에 포함된 모든 환자는 이측 투명각막절개로 백내장 수술을 하였으며, 수술 전 후 각막의 굴절력 변화는 네 그룹에서 모두 통계적으로 유의하지 않았다(Table 3). 따라서 이측 투명각막절개 시 각막의 굴절력 변화는 굴절값 오차에 영향을 주지 않는 것을 확인할 수 있었으며 인공수정체 도수를 정할 때 고려하지 않아도 될

것으로 판단된다.

백내장수술 시 삽입하는 인공수정체는 제조사에서 술 후 전방 깊이를 고려하여 A 상수값을 결정하기 때문에 A-scan이나 IOL master에서 계산한 도수는 인공수정체의 종류에 따른 영향이 고려되어 있다. 그러나 서로 다른 인공수정체로 수술한 환자를 비교하여 굴절값 오차가 유의한 차이를 보였다고 보고한 연구들이 있으며,<sup>39-41</sup> 본 연구도 여러 종류의 인공수정체를 사용하였기 때문에 연구 결과가 인공수정체 종류에 영향을 받았는지 확인하였다. 비록 인공수정체를 분류하는 기준이 많고 본 논문에서 사용한 인공수정체가 고르게 분포하지 않았지만, 지지부 형태에 따라 분류한 결과 굴절값 오차는 인공수정체 종류에 따라 통계적으로 유의한 차이가 없었기 때문에 저자들은 인공수정체의 종류가 연구 결과가 미친 영향은 유의하지 않다고 판단하였다(Table 4).

본 연구는 후향적 연구로 몇 가지 제한점이 있다. 인공수정체 종류에 의한 굴절값 오차는 통계적 유의성은 없었으나 동일한 인공수정체를 사용하지 않아 변수가 많았고, 연구에 포함된 환자수가 많지 않아서 안구 길이가 긴 환자 중 유리체절제술을 받은 환자와 받지 않은 환자의 안구 길이 분포가 서로 다른 것이 연구의 보완점으로 생각한다. 또한 비록 백내장 수술 시 안구 길이는 변화가 거의 없다고 알려졌지만, 안구 길이의 차이가 굴절값에 미치는 영향은 매우 크기 때문에 실제 변화 여부에 대한 확인이 필요할 것이다.<sup>11</sup> 그리고 저자들은 안구 길이에 따른 굴절값 오차의 경향성을 파악하고 그 원인으로 ELP 계산 오차를 유추하였지만, 술 후 전방 깊이를 측정하지 않았기 때문에 ELP 계산 오차를 구할 수 없었다. 따라서 추후 연구에서 술 후 실제 전방 깊이를 측정하여 ELP와의 오차를 구하고 이를 굴절값 오차와 비교한다면 ELP 계산 오차가 굴절값 오차에 미치는 영향을 더 명확하게 확인할 수 있을 것이다.

결론적으로 SRK/T 공식의 술 후 굴절값 예측은 평균적으로는 비교적 정확하지만 굴절값 오차는 안구 길이와 상관 관계를 보였으며, 공식에서 안구 길이를 보정하는 기준인 24.4 mm를 경계로 서로 반대의 경향성을 나타냈다. 즉 24.4 mm 보다 짧은 안구에서는 안구 길이가 짧을수록 원시 편위 되고 24.4 mm 보다 긴 안구에서는 안구 길이가 길수록 원시 편위 되었으며, 편위 정도는 술 후 1개월 보다 술 후 2개월에 증가되었다. 그러므로 안구 길이가 정상 범위보다 짧거나 긴 경우 안구 길이에 따른 원시 편위를 고려해서 인공수정체 도수를 결정해야 되지만, 유리체절제술을 받은 환자에서는 굴절값 오차와 안구 길이가 상관 관계를 보이지 않기 때문에 안구 길이에 따른 편위를 고려하지 않아도 정확한 술 후 굴절값을 기대할 수 있다.

## 참고문헌

- 1) Choi JA, Chung SK, Kim HS. Comparative study of microcoaxial cataract surgery and conventional cataract surgery. *J Korean Ophthalmol Soc* 2008;49:904-10.
- 2) Szigeti A, Kránitz K, Takacs AI, et al. Comparison of long-term visual outcome and IOL position with a single-optic accommodating IOL After 5.5- or 6.0-mm Femtosecond laser capsulotomy. *J Refract Surg* 2012;28:609-13.
- 3) He L, Sheehy K, Culbertson W. Femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2011;22:43-52.
- 4) Na JH, Lee HS, Joo CK. The clinical result of acrysof toric intraocular lens implantation. *J Korean Ophthalmol Soc* 2009;50:831-8.
- 5) Kim SM, Kim CH, Chung ES, Chung TY. Visual outcome and patient satisfaction after implantation of multifocal IOLs: three-month follow-up results. *J Korean Ophthalmol Soc* 2012;53:230-7.
- 6) Han JH, Oh TH, Kim KS, Chung SK. The prognostic factors that influence in near vision after Accommodative intraocular lens implantation. *J Korean Ophthalmol Soc* 2012;53:510-5.
- 7) Kershner RM. Clear corneal cataract surgery and the correction of myopia, hyperopia, and astigmatism. *Ophthalmology* 1997;104:381-9.
- 8) Kohnen T, Koch MJ. Refractive aspects of cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 1998;9:55-9.
- 9) 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.
- 10) Olsen T. Prediction of the effective postoperative (intraocular lens) anterior chamber depth. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:419-24.
- 11) Olsen T. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 1992;18:125-9.
- 12) Rose LT, Moshegov CN. Comparison of the Zeiss IOLMaster and applanation A-scan ultrasound: biometry for intraocular lens calculation. *Clin Experiment Ophthalmol* 2003;31:121-4.
- 13) 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.
- 14) Eleftheriadis H. IOLMaster biometry: refractive results of 100 consecutive cases. *Br J Ophthalmol* 2003;87:960-3.
- 15) Hwang JS, Lee JH. Comparison of the IOL master(R) and A-scan ultrasound: refractive results of 96 consecutive cases. *J Korean Ophthalmol Soc* 2007;48:27-32.
- 16) Lim LH, Lee SY, Ang CL. Factors affecting the predictability of SRK II in patients with normal axial length undergoing phacoemulsification surgery. *Singapore Med J* 2009;50:120-5.
- 17) Lee YE, Choi KR, Jun RM. Accuracy of intraocular lens power calculations according to the Formulas and anterior chamber depth in short eyes. *J Korean Ophthalmol Soc* 2010;51:1338-44.
- 18) Kovács I, Ferencz M, Nemes J, et al. Intraocular lens power calculation for combined cataract surgery, vitrectomy and peeling of epiretinal membranes for macular oedema. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85:88-91.
- 19) Suzuki Y, Sakuraba T, Mizutani H, et al. Postoperative refractive error after simultaneous vitrectomy and cataract surgery. *Ophthalmic Surg Lasers* 2000;31:271-5.
- 20) Jeoung JW, Chung H, Yu HG. Factors influencing refractive outcomes after combined phacoemulsification and pars plana vitrectomy: results of a prospective study. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:108-14.
- 21) Kim EY, Ahn JH, Lew HM, Yang HS. Effect of vitrectomy on IOL calculation for cataract surgery : study of vitrectomized eyes. *J Korean Ophthalmol Soc* 2008;49:1759-64.
- 22) Kang S, Chung SK. Postoperative refractive error by using A-scan in cataract surgery after vitrectomy. *J Korean Ophthalmol Soc* 2009;50:1022-6.
- 23) Shin CJ, Lee JE, Kim JY, Tchah HW. Changes in anterior chamber depth and angle after phacoemulsification measured by anterior segment optical coherence tomography. *J Korean Ophthalmol Soc* 2010;51:353-8.
- 24) Olsen T. Prediction of the effective postoperative (intraocular lens) anterior chamber depth. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:419-24.
- 25) Olsen T, Corydon L, Gimbel H. Intraocular lens power calculation with an improved anterior chamber depth prediction algorithm. *J Cataract Refract Surg* 1995;21:313-9.
- 26) Olsen T, Thim K, Corydon L. Theoretical versus SRK I and SRK II calculation of intraocular lens power. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:217-25.
- 27) Olsen T. Calculation of intraocular lens power: a review. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85:472-85.
- 28) Retzlaff JA, Sanders DR, Kraff MC. Development of the SRK/T intraocular lens implant power calculation formula. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:333-40.
- 29) Holladay JT, Prager TC, Chandler TY, et al. A three-part system for refining intraocular lens power calculations. *J Cataract Refract Surg* 1988;14:17-24.
- 30) Hoffer KJ. The Hoffer Q formula : a comparison of theoretic and regression formulas. *J Cataract Refract Surg* 1993;19:700-12.
- 31) HJ Shammas. Intraocular lens power calculations. Thorofare NJ, USA: Slack Inc, 2003;41-57.
- 32) Aristodemou P, Knox Cartwright NE, Sparrow JM, Johnston RL. Formula choice: Hoffer Q, Holladay 1, 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.
- 33) Ho JD, Liou SW, Tsai RJ, Tsai CY. Estimation of the effective lens position using a rotating Scheimpflug camera. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:2119-27.
- 34) Shioya M, Ogino N, Shinjo U. Change in postoperative refractive error when vitrectomy is added to intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 1997;23:1217-20.
- 35) Merriam JC, Zheng L, Merriam JE, et al. The effect of incisions for cataract on corneal curvature. *Ophthalmology* 2003;110:1807-13.
- 36) Whang WJ, Byun YS, Joo CK. Steep axis incision versus temporal incision in microcoaxial cataract surgery. *J Korean Ophthalmol Soc* 2011;52:29-33.
- 37) Moon SC, Mohamed T, Fine IH. Comparison of surgically induced astigmatism after clear corneal incisions of different sizes. *Korean J Ophthalmol* 2007;21:1-5.
- 38) Jeon S, Na KS, Kim MS. The effect of manipulation of corneal incision on astigmatism during the cataract surgery. *J Korean Ophthalmol Soc* 2010;51:510-5.
- 39) Behrouz MJ, Kheirhah A, Hashemian H, Nazari R. Anterior segment parameters: comparison of 1-piece and 3-piece acrylic foldable intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:1650-5.
- 40) Lee KS, Kim JH, Lee J, et al. Comparison of clinical outcomes between different IOL sizes after microincisional cataract surgery. *J Korean Ophthalmol Soc* 2011;52:1281-5.
- 41) Iwase T, Tanaka N, Sugiyama K. Postoperative refraction changes

in phacoemulsification cataract surgery with implantation of dif-

ferent types of intraocular lens. Eur J Ophthalmol 2008;18:371-6.

**=ABSTRACT=**

## Effects of Axial Length and Vitrectomy on Refractive Error after Cataract Surgery Using SRK/T Formula

Min Kyu Lee, MD, Kyu Yeon Hwang, MD, Man Soo Kim, MD, PhD

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

**Purpose:** To investigate the error tendency between preoperative target diopter and postoperative manifest refraction in cataract surgery cases and the effect of axial length and vitrectomy on refractive error (RE).

**Methods:** We retrospectively studied 90 eyes of 90 patients who underwent cataract surgery. The power of intraocular lens (IOL) was calculated by SRK/T formula. Patients were divided into four groups based on axial length (AXL) and the past history of vitrectomy.

**Results:** The mean of RE showed no significant difference between groups. But an increasing AXL was associated with increased myopic shift with normal range AXL ( $\leq 24.4$  mm) ( $r = -0.502$ ,  $p = 0.005$ ) and increased hyperopic shift with long AXL ( $> 24.4$  mm) ( $r = 0.718$ ,  $p < 0.001$ ). In vitrectomized eyes, it showed no significant refractive shift with both normal range and long AXL.

**Conclusions:** When determining IOL power using SRK/T formula in nonvitrectomized eyes, postoperative refractive shift based on axial length should be considered.

J Korean Ophthalmol Soc 2013;54(2):257-264

**Key Words:** Axial length, Cataract surgery, Effective lens position, Refractive error, Vitrectomy

---

Address reprint requests to **Man Soo Kim, 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: 82-2-2258-6197, Fax: 82-2-599-7405, E-mail: mskim@catholic.ac.kr