

## 안축장이 짧은 안에서 인공수정체도수 산출 공식과 전방 깊이에 따른 정확성 분석

이영은 · 최규룡 · 전루민

이화여자대학교 의학전문대학원 안과학교실

**목적:** 안축장이 짧은 환자에서 백내장으로 수정체유화술을 받은 경우 인공수정체도수 산출 공식과 전방 깊이에 따른 정확성을 비교 분석하고자 하였다.

**대상과 방법:** 백내장수술을 받은 환자 중 안축장이 짧은 환자(안축장 < 22.0 mm, 50명 57안)와 안축장이 정상인 환자(22.0 mm ≤ 안축장 < 25.0 mm, 36명 42안)를 대상으로 SRK II, SRK/T, Binkhorst, Holladay I, Hoffer Q 공식을 이용하여 계산한 예상굴절력과 술 후 실제굴절력과의 오차를 비교하였고 안축장이 짧은 군을 전방 깊이에 따라 두 군으로 나누어 그 정확성을 분석하였다.

**결과:** 안축장이 짧은 군에서 Binkhorst, Holladay I, Hoffer Q, SRK/T로 술 후 굴절력을 예측 시 비슷한 수준의 정확도를 보였고 모든 공식에서 원시화되는 경향을 보였으며 Hoffer Q와 Holladay I이 비교적 정확한 예측도를 보였다. SRK II에서는 낮은 정확도를 보였고 SRK II, SRK/T에서는 안축장이 짧을수록 원시화 경향이 커지는 상관성을 보였으며 안축장이 짧은 군 내에서는 전방 깊이가 깊은 군이 상대적으로 원시화되는 경향이 컸다.

**결론:** 안축장이 짧은 환자에서 Hoffer Q와 Holladay I 공식의 정확도가 우수하였고 술 전 전방 깊이와 안축장이 굴절오차에 영향을 미쳤다. <대한안과학회지 2010;51(10):1338-1344>

백내장수술에서 술 후 정확한 굴절력의 예측은 환자의 만족도를 결정하는 가장 중요한 요인 중 하나이다. 최근에는 수술기법이나 기계의 발달로 수술에 의한 오차는 적어지고 난시, 조절성, 다초점 등의 특수 인공수정체의 발달로 환자의 술 후 시기능에 대한 기대치가 높아짐에 따라 그 중요성이 더욱 부각되고 있다. 술 후 굴절력을 예측하는 데 관여하는 인자로는 생체계측의 정확도, 인공수정체 도수계산공식의 정확도, 인공수정체 도수의 정밀한 질 관리 등이 있다.<sup>1</sup>

현재 널리 사용되고 있는 경험적, 이론적 인공수정체 도수 계산공식은 평균 안축장의 눈에서는 대체로 정확하나 안축장이 아주 길거나 짧은 경우에는 예측도가 떨어진다.<sup>2-4</sup> 또한 근시에서는 인공수정체 도수가 작기 때문에 예측오차가 술 후 굴절력에 미치는 영향이 작으나 원시에서는 도수가 크기 때문에 오차가 미치는 영향도 크며<sup>5,6</sup> 안축장이 짧은 경우 이에 따른 전방 깊이의 예측에서 발생하는 오차도 영향을 미칠 수 있다.

초음파 방식을 이용한 인공수정체 도수계산 시 안축장이 짧은 환자들에서는 Hoffer Q가 상대적으로 정확한 것으로 알려져 있으며 최근에는 부분결합간섭계로 인공수정체 도수를 계산하는 방법이 개발되어 각막의 함입이나 검사자의 숙련도에 따른 오차 없이 좋은 결과를 보이는 것으로 보고되고 있다. 아직까지 국내 술자들이 사용하고 있는 인공수정체 공식이나 생체계측방법에 대한 정확한 통계는 없지만 부분결합간섭계나 새로운 프로그램 도입 등은 고가의 추가 비용이 발생하기 때문에 아직까지도 접촉식 초음파를 이용한 SRK II 나 SRK/T공식이 널리 사용되고 있다. 그러나 안축장이 짧은 안에 대한 국내 보고는 충분치 않고 보고마다 차이가 있어 이에 대한 추가적인 고찰이 필요한 상태이다.

본 연구에서는 안축장이 22.0 mm보다 작은 환자를 대상으로 하여 초음파 방식을 이용한 인공수정체 도수계산에서 각 계산공식에 따른 예측 굴절력과 술 후의 실제굴절력간의 오차를 알아보고 전방 깊이의 차이에 따른 오차의 경향을 분석하고자 하였다.

■ 접 수 일: 2010년 3월 8일 ■ 심사통과일: 2010년 6월 28일

■ 책임저자: 전 루 민

서울시 양천구 목동 911-1  
이화여자대학교 의학전문대학원 목동병원 안과  
Tel: 02-2650-5154, Fax: 02-2654-4334  
E-mail: jrmoph@ewha.ac.kr

\* 본 논문의 요지는 2009년 대한안과학회 제102회 추계학술대회에서 구연으로 발표되었음.

### 대상과 방법

본원 안과에서 백내장수술을 받은 환자 중 접촉성 초음파 (UBM plus<sup>2000</sup> System, Paradigm<sup>®</sup> Inc., Utah, USA)로 측정한 안축장이 22.0 mm 미만인 환자 50명 57안(I군), 22.0

**Table 1.** Preoperative demographics, preoperative biometry and implanted intraocular lens power

Parameters	Group I (AL* < 22 mm)	Group II (22 mm ≤ AL < 25 mm)	p value
No. of eyes	57	42	
Age (years)	69.8 ± 3.2	67.4 ± 8.0	0.148
Sex (M/F)	2/48	1/35	
Nucleus opacity score (LOCS <sup>†</sup> III)	2.2 ± 0.9	1.9 ± 0.8	0.075
Keratometry (D)	45.53 ± 1.07	44.50 ± 0.99	0.000
Anterior chamber depth (mm)	2.26 ± 0.35	2.83 ± 0.52	0.000
Axial length (mm)	21.63 ± 0.30	23.24 ± 0.75	0.000
IOL <sup>‡</sup> power (D)	25.66 ± 1.05	21.61 ± 1.81	0.000

\*AL = axial length; <sup>†</sup>LOCS III = Lens Opacities Classification System III; <sup>‡</sup>IOL = intraocular lens.

mm 이상 25.0 mm 미만인 36명 42안(II군)을 대상으로 후향적 의무기록 분석을 시행하였다. 백내장 이외에 각막이상, 녹내장, 망막이상 등 다른 안병증이나 안수술의 기왕력이 없고 술 후 굴절상태를 좌우하는 합병증이 없는 경우를 대상으로 하였다.

술 전에 인공수정체 도수결정을 위해 접촉식 초음파(UBM plus<sup>2000</sup> System, Paradigm<sup>®</sup> Inc., Utah, USA)에 의한 안축장과 수동각막곡률계(OM-4, Topcon, Japan)로 각막곡률을 측정하였다. 모든 공식에서 A상수는 제품 고유의 A상수를 이용하였고 술자요소(surgeon factor)와 전방요소(anterior chamber depth factor, ACD factor)는 제품 고유의 A상수로 부터 산출하였다.

수술은 투명각막절개로 백내장 초음파유화술을 시행하고 SRK II formula로 계산한 동일한 종류의 인공수정체(MA60BM, AcrySofTM, Alcon)를 후방 내 삽입하였고 목표 굴절치는  $-0.64 \pm 0.36D$  ( $-1.21 \sim -0.10D$ )이었다. 수술 후 3일, 1주일, 1개월, 2개월에 추적관찰하였고 나안시력, 교정시력, 현성굴절검사, 안압검사 등을 시행하였다.

수술 후 약 3개월에 자동굴절검사계(KR-8100, Topcon, Japan)와 망막 경영기(Retinoscopy, Welch Allyn, USA)를 이용하여 굴절검사를 시행한 후 SRK II, SRK/T, Binkhorst, Holladay I, Hoffer Q 공식으로 계산된 예상굴절력의 구면렌즈 대응치와 술 후 실제 굴절력의 구면렌즈 대응치의 차이를 평균실제오차(mean numerical error, MNE)로 계산하여 음의 값인 경우 술 전 목표보다 원시화된 것으로 양의 값인 경우 근시화된 것으로 평가하였다. 또한 오차의 절대값을 평균 절대오차(Mean Absolute Error, MAE)로 계산하여 인공수정체 도수계산의 정확성을 평가하였다.

또한 안축장이 짧은 군 내에서 전방 깊이가 인공수정체 결과를 비교하기 위해 평균 전방깊이 2.26 mm를 기준으로 2.26 mm 미만(I군)과 2.26 mm 이상(II군)으로 나누어 인공수정체 도수계측의 정확성을 분석하였다.

통계분석은 SPSS 12.0 version을 이용하여, 각 계산공식

에 따른 두 군 간의 예측오차의 비교는 Independent-*t* test, 한 군에서 다섯 공식에 의한 오차간의 비교는 각각의 짝에 대해 Paired-*t* test, 안축장과 예측오차간의 상관관계를 보기 위해 Pearson's correlation test를 시행하였다.

## 결 과

포함된 환자는 총 86명(99안)으로 안축장을 기준으로 하였을 때, 안축장이 22.0 mm 미만은 I군 50명 57안, 22.0 mm 이상 25.0 mm 미만은 II군 36명 42안으로 분류하였다. 환자의 평균 연령은 I군 69.8 ± 3.2세(52~86세), II군 67.4 ± 8.0세(49~83세)이었으며 LOCS III (Lens Opacities Classification System III)를 이용한 수정체 핵경화도(nuclear opalescence)는 두 군에서 차이를 보이지 않았다(I군: 2.2 ± 0.9, II군: 1.9 ± 0.8,  $p>0.05$ ). 수술 전 평균 구면렌즈 대응치는 I군 0.95 ± 1.70D, II군 -0.44 ± 1.61D였고 평균각막곡률은 I군 45.53 ± 1.07D, II군 44.50 ± 0.99D였으며( $p=0.000$ ), 평균 안축장은 I군 21.63 ± 0.30 mm, II군 23.24 ± 0.75 mm이었고 평균 전방깊이는 I군 2.26 ± 0.35 mm, II군 2.83 ± 0.52 mm로 안축장이 짧은 군에서 유의하게 얇은 전방을 보였다( $p=0.000$ ) (Table 1).

술 후 약 3개월째의 굴절력을 기준으로 한 각 계산공식에 따른 평균실제오차는 안축장이 짧은 안에서 SRK II, SRK/T, Binkhorst, Holladay I, Hoffer Q 공식으로 산출한 경우 각각  $-0.63 \pm 0.68D$ ,  $-0.18 \pm 0.61D$ ,  $-0.13 \pm 0.61D$ ,  $-0.16 \pm 0.59D$ ,  $-0.05 \pm 0.56D$ , II군  $-0.01 \pm 0.55D$ 로 모든 공식에서 술 후 굴절치의 원시화 경향을 보였으며 SRK II, SRK/T, Holladay I에서 정상안축장 군과 유의한 차이를 보였고( $p=0.000$ ,  $p=0.007$ ,  $p=0.039$ ) Hoffer Q에서는 차이를 보이지 않았다( $p>0.05$ ). 평균절대오차는 SRK II, SRK/T, Binkhorst, Holladay I, Hoffer Q 공식으로 산출한 경우 각각  $0.75 \pm 0.53D$ ,  $0.47 \pm 0.42D$ ,  $0.46 \pm 0.42D$ ,  $0.46 \pm 0.41D$ ,  $0.47 \pm 0.38D$ 로 다섯 가지 공식 모두에서 정상 안축장 군과

**Table 2.** Mean absolute predictive error and numerical predictive error according to intraocular lens power calculation formulas

IOL* formula		Mean absolute error (D)	Mean numerical error (D)
SRK II	I	$0.73 \pm 0.53^{\dagger}$	$-0.63 \pm 0.68$
	II	$0.59 \pm 0.41$	$-0.11 \pm 0.72$
SRK/T	I	$0.47 \pm 0.42$	$-0.18 \pm 0.61$
	II	$0.48 \pm 0.34$	$0.15 \pm 0.57$
Binkhorst	I	$0.46 \pm 0.42$	$-0.13 \pm 0.61$
	II	$0.48 \pm 0.30$	$0.01 \pm 0.57$
Holladay I	I	$0.46 \pm 0.41$	$-0.16 \pm 0.59$
	II	$0.46 \pm 0.29$	$0.08 \pm 0.54$
Hoffer Q	I	$0.47 \pm 0.38$	$-0.05 \pm 0.60$
	II	$0.46 \pm 0.29$	$-0.01 \pm 0.55$

\*IOL = intraocular lens;  $^{\dagger}$ SRK II vs other formulas,  $p < 0.05$  (Paired-t test).

I = Group I, axial length  $< 22.0$  mm; II = Group II,  $22.0$  mm  $\leq$  axial length  $< 25.0$  mm.

**Table 3.** Percentage of cases predicted to within  $\pm 0.5$ D,  $\pm 1.0$ D and over  $+1.0$ D using different intraocular lens calculation formulas

IOL* formula		Percentage of error predicted (%)		
		$< 0.5$ D	$< 1.0$ D	$> 1.0$ D
SRK II	I	40.4	78.9	$22.8^{\dagger}$
	II	50.0	88.1	7.1
SRK/T	I	64.9	87.7	$8.8^{\dagger}$
	II	57.1	92.9	0
Binkhorst	I	66.7	93.0	$7.0^{\dagger}$
	II	59.7	95.2	0
Holladay I	I	61.4	93.0	$7.0^{\dagger}$
	II	61.9	95.2	0
Hoffer Q	I	63.2	91.2	$7.0^{\dagger}$
	II	59.5	95.2	0

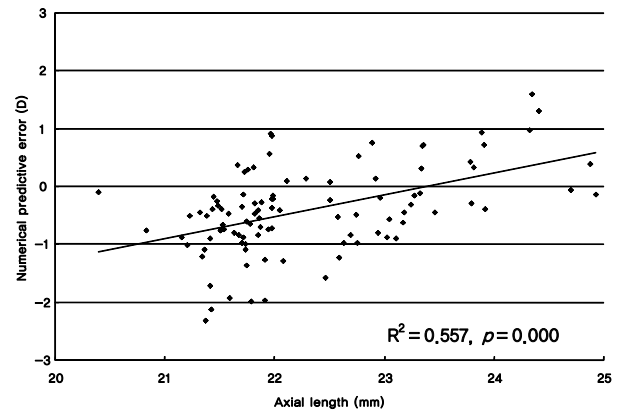
\*IOL = intraocular lens;  $^{\dagger}p < 0.05$  in group I and II comparison.

I = Group I, axial length  $< 22.0$  mm; II = Group II,  $22.0$  mm  $\leq$  axial length  $< 25.0$  mm.

유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ ) (Table 2).

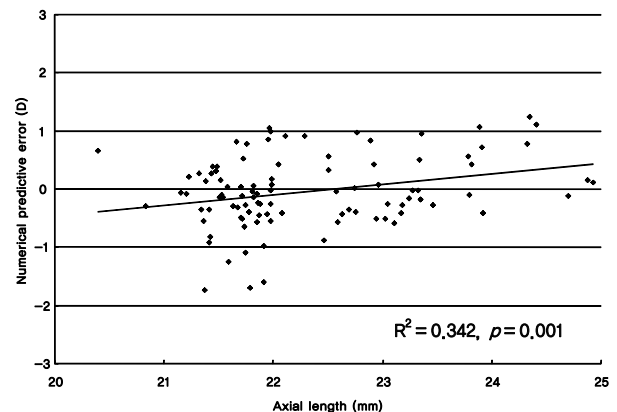
안축장이 짧은 군의 인공수정체 도수 계산 공식 간에는 SRK/T, Binkhorst, Holladay I, Hoffer Q에서 평균절대오차는 차이가 없었고 SRK II는 다른 네 가지 공식에 비해 유의하게 낮은 정확도를 보였다( $p = 0.000$ ,  $p = 0.000$ ,  $p = 0.000$ ,  $p = 0.000$ ). II군에서는 다섯 가지 공식 모두에서 비슷한 정확도를 보였다( $p > 0.05$ ).

안축장이 짧은 군에서 평균절대오차가 0.5D 이하인 경우 SRK II, SRK/T, Binkhorst, Holladay I, Hoffer Q 공식으로 산출한 경우 각각 40.4, 64.9, 66.7, 61.4, 63.2%였고 1.0D 이하인 경우는 각각 78.9, 87.7, 93.0, 93.0, 91.2%로 정상안



**Figure 1.** Correlation between axial length and accuracy of intraocular lens power calculation with SRK II formula There is positive correlation between axial lengths and numerical predictive errors with SRK II.

\*PE = predictive error;  $^{\dagger}R^2$  = Pearson's correlation coefficient.

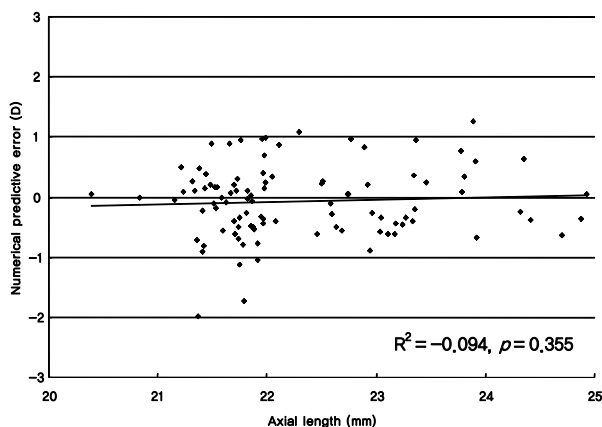


**Figure 2.** Correlation between axial length and accuracy of intraocular lens power calculation with SRK/T formula There was positive correlation between axial lengths and numerical predictive errors with SRK/T.

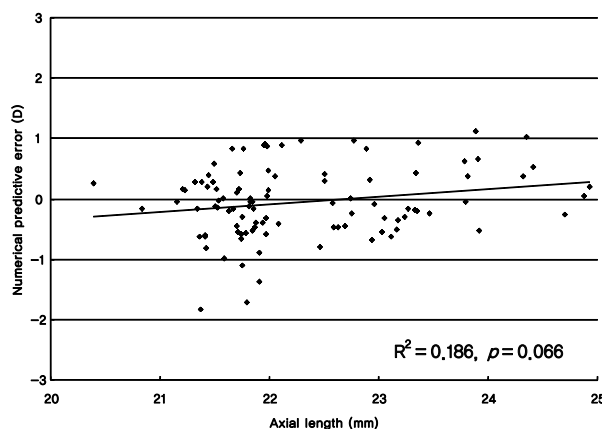
\*PE = predictive error;  $^{\dagger}R^2$  = Pearson's correlation coefficient.

축장 군과 차이가 없었다. 예측한 굴절력에 비해 1.0D 이상의 원시가 발생한 경우는 각각 22.8% (13안), 8.8% (5안), 7.0% (4안), 7.0% (4안), 7.0% (4안)로 정상안축장 군에 비하여 모든 공식에서 유의하게 빈도가 높았다(Table 3). 안축장과 실제오차 간에는 평균각막곡률을 보정하였을 때 SRK II, SRK/T 공식만이 유의한 양의 상관관계를 보였다( $R^2 = 0.557$ ,  $p = 0.000$ / $R^2 = 0.342$ ,  $p = 0.001$ ) (Fig. 1-5).

안축장이 짧은 군 내에서 전방 깊이에 따른 결과를 비교하기 위해 2.26 mm 미만(i군)과 2.26 mm 이상(ii군)으로 나누었을 때, i군은 30안, 평균 전방 깊이  $1.97 \pm 0.13$  mm, ii군 27안, 평균 전방깊이  $2.59 \pm 0.19$  mm였다. 평균안축장은 i군 21.61 mm, ii군 21.66 mm였고 평균각막곡률은 i군 45.45D, ii군 45.63D로 두 군에서 유의한 차이가 없었다



**Figure 3.** Correlation between axial length and accuracy of intraocular lens power calculation with Binkhorst formula. There was no correlation between axial lengths and predictive errors with Binkhorst. \*PE = predictive error;  $R^2$  = Pearson's correlation coefficient.

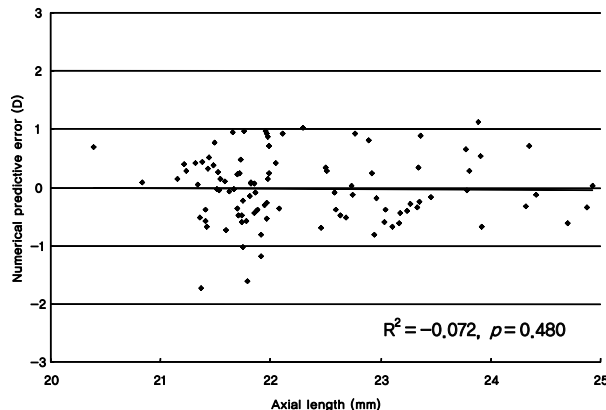


**Figure 4.** Correlation between axial length and accuracy of intraocular lens power calculation with Holladay I formula. There was no correlation between axial lengths and predictive errors with Holladay I. \*PE = predictive error;  $R^2$  = Pearson's correlation coefficient.

( $p > 0.05$ ). i군과 ii군의 평균 실제오차와 절대오차를 비교했을 때 다섯 가지 공식 모두에서 두 군 간의 유의한 차이는 없었으나 전방 깊이가 상대적으로 얇은 i군이 상대적으로 원시화되는 경향이 더 적었다(Table 4).

## 고 찰

최근 백내장수술에 있어서 초음파유화술과 소절개백내장수술이 보편화되어 술 후 난시가 적어짐에 따라 술 후 원하는 굴절상태에 도달하기 위해서 정확한 인공수정체 도수 계산의 필요성이 더욱 증가되었다. 현재 사용되고 있는 대부분의 경험적, 이론적 인공수정체 도수계산공식은 평균 안축장의 눈에서는 대체로 정확하나 안축장이 아주 길거나 짧은 경



**Figure 5.** Correlation between axial length and accuracy of intraocular lens power calculation with Hoffer Q formula. There was no correlation between axial lengths and predictive errors with Hoffer Q. \*PE = predictive error;  $R^2$  = Pearson's correlation coefficient.

**Table 4.** Mean absolute predictive error and numerical predictive error according to intraocular lens power calculation formulas and anterior chamber depth (Group i: anterior chamber depth < 2.26 mm; Group ii: 2.26 mm ≤ anterior chamber depth)

IOL* formula		Mean absolute error (D)	Mean numerical error (D)
SRK II	i	0.70 ± 0.57	-0.64 ± 0.64
	ii	0.81 ± 0.48	-0.62 ± 0.73
SRK/T	i	0.45 ± 0.44	-0.16 ± 0.62
	ii	0.49 ± 0.41	-0.21 ± 0.61
Binkhorst	i	0.42 ± 0.42	-0.05 ± 0.58
	ii	0.51 ± 0.40	-0.21 ± 0.64
Holladay I	i	0.42 ± 0.42	-0.12 ± 0.58
	ii	0.51 ± 0.40	-0.21 ± 0.62
Hoffer Q	i	0.44 ± 0.38	0.01 ± 0.59
	ii	0.50 ± 0.29	-0.11 ± 0.62

\*IOL = intraocular lens.

i = Group i, anterior chamber depth < 2.26 mm; ii = Group ii, 2.26 mm ≤ anterior chamber depth.

우에는 예측도가 떨어진다. 또한 인공수정체 도수계산공식에서 안축장 다음으로 전방 깊이의 예측이 인공수정체 도수의 오차에 기여하는 것으로 보고되어 전방 깊이의 중요성 역시 부각되고 있다. 본 연구는 안축장이 짧은 눈만을 대상으로 하여 안축장 이외의 오차 요인을 분석하고자 하였으며 아직까지 도수계측의 기준이 되고 있는 초음파를 이용한 결과를 분석하였다.

본 연구 결과 인공수정체 도수계산의 정확성을 나타내는 평균절대오차의 경우, SRK II, SRK/T, Binkhorst, Holladay I, Hoffer Q 공식으로 계산했을 때 안축장이 짧은 군과 정상인 군을 비교 시 유의한 차이가 없었고 각 군내에서 다섯 가지 공식으로 계산한 굴절력을 비교했을 때는 안축장이 짧은

군에서 SRK II 공식만 다른 네 가지 공식에 비해 유의하게 낮은 정확도를 보였다.

Hoffer<sup>6</sup>는 Hoffer Q 공식과 SRK/T, Holladay, SRK, SRK II 공식 간을 비교하였을 때 SRK/T, Holladay, Hoffer Q 공식 간에는 유의 있는 차이는 없으나 SRK II 공식을 사용했을 때 안축장이 짧은 환자에서 예측오차가 2.0D보다 큰 경우가 11%로 높아 SRK II 공식이 안축장이 짧은 환자에서 부정확하며 이를 토대로 안축장이 짧은 안에서는 Hoffer Q 공식, 안축장이 정상인 안에서는 Holladay 공식, 안축장이 긴 안에서는 SRK/T 공식을 사용할 것을 권유하였다. 이와 비슷하게 안축장이 22.5 mm 이하인 눈에서 SRK II 공식이 Holladay 공식 등에 비해 부정확하다는 보고도 있었다.<sup>7,8</sup> 한국인을 대상으로 한 연구에서는 안축장이 짧은 경우만 포함한 연구는 없었고 전체 안축장에 대한 연구에서 Cho and Lee<sup>9</sup>는 안축장이 짧은 환자에서 SRK II 공식이 Holladay나 SRK/T 공식과 비슷한 결과를 보였고 Park and Yang<sup>10</sup>은 SRK II 공식과 Hoffer Q 공식을 비교했을 때 절대예측오차의 평균은 차이가 없었으나  $\pm 0.5D$  이내로 정확하게 예측하는 비율은 유의 있게 Hoffer Q 공식에서 높았다고 하였다. 본 연구에서도 안축장이 짧은 군의 인공수정체 도수계산 시 SRK II 공식을 제외한 다른 네 가지 공식의 절대예측오차의 평균 즉, 정확성에는 유의한 차이가 없으나 Holladay I, Hoffer Q 공식이 SRK II 공식에 비해  $\pm 0.5D$  이내로 정확하게 예측하는 비율이 높고 실제예측오차의 표준편차가 작아 예측의 일관도가 높으리라 예상할 수 있었다(Table 2, 3). 또한 Narvaez et al<sup>11</sup>은 통계적인 비교를 하지는 않았지만 안축장이 짧은 경우 안축장이 정상일 때에 비해 절대예측오차가 더 큰 결과를 보고하였으나 본 연구에서는 SRK II 공식은 안축장이 짧은 때 절대예측오차가 더 컸지만 SRK/T, Holladay I, Binkhorst, Hoffer Q 공식은 안축장이 짧은 군과 정상인 군에서 거의 비슷한 절대예측오차를 보였다( $p>0.05$ ).

평균 실제예측오차는 SRK II, SRK/T, Holladay I에서 각 군 간에 유의한 차이가 나지만 표준편차가 커서 평균만으로 의의를 두기는 어렵고, 일반적으로 예측한 굴절력보다 1.0D 이상 원시가 발생한 경우 환자의 불편이 커진다고 볼 때 본 연구에서 1.0D 이상 원시화 빈도는 다섯 가지 공식 모두에서 안축장이 짧은 경우 유의하게 높았고 원시화 정도는 SRK II 공식으로 계산할 때 평균  $-0.63D$ 로 가장 크고 Hoffer Q 공식으로 계산할 때 평균  $-0.05D$ 로 가장 작았다(Table 2). 따라서 본 연구에서는 안축장이 짧은 경우 인공수정체 도수계산의 정확도와 실제 굴절오차 모두에서 Hoffer Q가 우수했고 Holladay I 역시 우수한 예측도를 보였다. 반면에 SRK II와 Hoffer Q 두 공식 모두에서 술 후 굴절력의 근시화 경향을 보고한 연구도 있었는데 대상환자군에서 수술방법, 술 후

인공수정체의 위치 등이 동일하지 않아 본 연구와 다른 결과를 보였을 가능성을 생각해 볼 수 있다.<sup>10</sup>

본 연구에서 SRK II 공식은 정상안축장군에서도 상당한 원시화 결과를 보였고 0.5D 이내의 예측도가 비교적 낮은 결과를 보였는데 보정되지 않은 상수를 사용한 것에 기인하는 것으로 생각된다. 다만 실제로 안축장이 짧거나 긴 경우 다수의 임상경과를 모으기 힘들기 때문에 독립적으로 상수의 보정이 어려운 점을<sup>12</sup> 감안하면 본 연구는 안축장이 짧은 환자들의 경우 A 상수 보정 없이 산출된 예측오차의 경우 직접적으로 비교하고 적용하는 데는 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 안축장이 짧은 안에서 전방 깊이의 차이에 따른 오차도 분석하였는데 통계적인 유의성은 없었으나 전방깊이도 더 얇았던 i군은 ii군에 비하여 원시화 경향이 더 적었다(Table 4). 전반적으로 정확도가 떨어지는 SRK II 공식에서는 i군과 ii군 간의 차이가 미미하였으나 나머지 네 공식에서는 전방깊이가 더 얇은 경우 원시화 경향이 더 적었으며, 이는 아마도 예측된 전방 깊이보다 술 후 인공수정체 위치가 i군이 ii군보다 좀 더 앞쪽에 위치하기 때문인 것으로 생각할 수 있는데 이에 대한 설명으로 Maeng et al<sup>13</sup>은 술 전 전방깊이가 얇거나 안축장이 짧은 경우에는 술 후 전방 깊이가 예상 정도보다 큰 변화를 일으키기 때문에 술 전 전방 깊이가 얇은 안에서 짧은 안축장이 동반될 경우에는 술 후 전방 깊이가 예상보다 더 얇게 형성되어 근시 편위를 보일 수 있다고 보고한 바 있다. 이러한 결과를 토대로 안축장이 짧은 안에서 술전의 전방 깊이도 정확한 인공수정체의 도수선택에 고려사항이 될 수 있음을 시사하였다.

안축장이 짧은 환자에서 Hoffer Q, Holladay I, SRK/T, Haigis 공식을 비교한 외국의 연구에서는 Haigis 공식을 제외한 세 가지 공식에서 모두  $-0.7 \sim -1.45D$ 의 원시화 결과를 보였다.<sup>14</sup> 이러한 원시화 정도의 차이는 본 연구에서 안축장 평균이 21.63 mm였던 것에 반해 평균 안축장이 20.79 mm로 안축장이 아주 짧은 환자를 대상으로 하였으며, 한국인은 후방인공수정체 삽입 시 인공수정체의 위치가 서양인보다 좀 더 앞에 위치하게 되어 근시화되는 결과를 나타내어 원시화 효과가 감소했기 때문으로 생각해 볼 수 있다.<sup>15</sup> 또한 본 연구에서 SRK II, SRK/T로 계산 시 실제예측오차가 안축장과 양의 상관관계를 보여 안축장이 짧을수록 원시화 정도가 커지는 것으로 나타났다(Fig. 1, 2). 따라서 술 후 원시화를 방지하기 위해서는 안축장이 짧은 경우 술 후 굴절력이 근시가 되도록 인공수정체 도수를 결정하는 것이 안전하며 SRK II, SRK/T 공식으로 계산 시는 안축장에 따라 원시화 정도가 커지는 것을 고려하여 인공수정체 도수를 결정해야 할 것이다.

본 연구에서는 검사에 의한 오차를 줄일 수 있도록 백내장이외의 안구의 해부학적 이상이 없는 동일한 조건의 환자군을 대상으로 한명의 술자에 의해 동일한 수술술기, 동일한 인공수정체가 삽입된 경우만을 선별하였고 현재 가장 널리 이용되는 인공수정체 도수계산공식에 대해 분석을 하였다. 제한점으로는 안축장이 짧은 군을 선별하였으나 안축장이 20.0 mm 이하의 대상 환자가 적어 안축장이 짧은 군의 극단적인 값을 대변하기 어려웠다는 데에 있다. 추후 극단적으로 짧은 안축장의 환자를 대상으로 한 연구 및 최근 이용이 증가하고 있는 광학적 생체계측기기를 이용할 때 짧은 안축장에서 도수계산의 정확성에 대한 연구도 필요할 것으로 사료된다.

결론적으로, 안축장이 짧은 안에 인공수정체 도수를 결정할 때 Hoffer Q 혹은 Holladay I 공식을 선택하고 술 전 전방깊이와 안축장길이를 고려하여 도수를 산정하는 것이 보다 정확한 굴절력 예측에 도움이 될 것으로 생각되었다.

## 참고문헌

- 1) 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.
- 2) Holladay JT, Gills JP, Leidlin J, Cherchio M. Achieving emmetropia in extremely short eyes with two piggyback posterior chamber intraocular lenses. *Ophthalmology* 1996;103:1118-23.
- 3) Olsen T, Corydon L, Gimbel H. Intraocular lens power calculation with an improved anterior chamber depth prediction algorithm. *J Cataract Refract Surg* 1995;21:313-19.
- 4) Drews RC. Reliability of lens implant power formulas in hyperopes and myopes. *Ophthalmic Surg* 1988;19:11-5.
- 5) MacLaren RE, Sagoo MS, Restori M, Allan BDS. Biometry accuracy using zero or negative powered intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:280-90.
- 6) Hoffer KJ. The Hoffer Q formula : a comparison of theoretic and regression formulas. *J Cataract Refract Surg* 1993;19:700-12; Errata, 1994;20:677.
- 7) Coburn RM, Grandon SC, Grandon GM. Intraocular lens implant power calculations: Investigation controlling for lens type. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:457-64.
- 8) Richards SC, Steen DW. Clinical evaluation of the Holladay and SRK II formulas. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:71-4.
- 9) Cho YT, Lee EH. Evaluation for the accuracy of the SRK/T formula in PCL implanted patients(I). *J Korean Ophthalmol Soc* 1991;32:752-60.
- 10) Park HS, Yang KJ. Comparison of the Hoffer Q and SRK-II formulas in IOL power calculation. *J Korean Ophthalmol Soc* 1995;36:399-405.
- 11) Narvaez J, Zimmerman G, Stulting D, Chang DH. Accuracy of intraocular lens power prediction using the Hoffer Q, Holladay 1, Holladay 2, and SRK/T formulas. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:2050-3.
- 12) Olsen T. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 1992;18:125-9.
- 13) Maeng HS, Ryu EH, Chung TY, Chung ES. Effect of anterior chamber depth and axial length on refractive error after intraocular lens implantation. *J Korean Ophthalmol Soc* 2010;51:195-202.
- 14) MacLaren RE, Natkunarajah M, Riaz Y, et al. Biometry and formula accuracy with intra-ocular lenses used for cataract surgery in extreme hyperopia. *Am J Ophthalmol* 2007;143:920-31.
- 15) Lee WJ, Yoon GS, Hong NS, Shyn KH. A study for measurement of the anterior chamber depth and angle using image analysis technique in cataractous eyes. *J Korean Ophthalmol Soc* 1996;37:70-7.

=ABSTRACT=

## Accuracy of Intraocular Lens Power Calculations According to the Formulas and Anterior Chamber Depth in Short Eyes

Young-Eun Lee, MD, Kyu-Ryong Choi, MD, Roo Min Jun, MD

*Department of Ophthalmology, Ewha Womans University School of Medicine, Seoul, Korea*

**Purpose:** To evaluate the accuracy of intraocular lens (IOL) power calculations according to the chosen formulas and anterior chamber depths in eyes with short axial lengths.

**Methods:** A retrospective analysis was performed on 57 eyes of 50 patients (axial length < 22.0 mm) and 42 eyes of 36 patients (22.0 mm ≤ axial length < 25.0 mm) who underwent cataract surgery. IOL power was calculated with the SRK II, SRK/T, Binkhorst, Holladay I, and Hoffer Q formulas. The differences between the predicted refraction and the actual refraction were compared and analyzed. The errors according to the anterior chamber depth were also evaluated.

**Results:** The SRK II formula showed a lower predictive accuracy, and the other formulas showed similar accuracies in eyes with short axial lengths. The Holladay 1 and Hoffer Q formulas showed good predictive accuracies in eyes with short axial lengths. Hyperopic shift tended to occur with all formulas in eyes with short axial lengths. When using SRK II and SRK/T formulas, a correlation between axial length and hyperopic shift was observed, with shorter axial length patients shifting to more hyperopic conditions. In eyes with short axial lengths, larger hyperopic shifts tended to occur in eyes with relatively deeper anterior chambers.

**Conclusions:** In eyes with short axial lengths, preoperative predicted IOL power showed good accuracies with Holladay 1 and Hoffer Q formulas. Preoperative anterior chamber depth and axial length had a strong influence on the accuracies of predicted IOL power.

J Korean Ophthalmol Soc 2010;51(10):1338-1344

**Key Words:** Formula, IOL power, Predictive error, Short eye

---

Address reprint requests to **Roo Min Jun, MD**

Department of Ophthalmology, Ewha Womans University Mokdong Hospital

#911-1 Mok-dong, Yangcheon-gu, Seoul 158-710, Korea

Tel: 82-2-2650-5154, Fax: 82-2-2654-4334, E-mail: jrmoph@ewha.ac.kr