

짧은 안축장에서 백내장수술 후 굴절오차 분석과 각막굴절력 및 전방깊이에 따른 정확성 분석

신정아 · 황규연 · 김만수

가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 안과 및 시과학교실

목적: 짧은 안축장의 눈에서 백내장수술 후 여러 인공수정체 도수계산 공식을 비교, 분석하고, 전방깊이 및 각막굴절력에 따른 정확성을 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 안축장이 22.0 mm 이하인 환자 185명(251안)을 대상으로 동일한 방법의 백내장수술을 시행한 뒤 SRK II, SRK-T, Holladay 1, Hoffer Q 공식을 통해 인공수정체 도수를 결정 후 예상굴절력과 실제굴절력 간의 오차를 분석하였다. 또한 전방깊이에 따라 두 군으로 나누어 술 후 굴절오차를 분석하였다.

결과: 짧은 안축장의 눈에서 모든 공식이 실제 수술 후 보다 원시편위된 굴절력을 예측하였으나, Hoffer Q 공식이 통계적으로 유의하게 높은 정확성을 보였다. 안축장이 극단적으로 짧은 환자에서도 비슷한 경향을 보였으나, 편차가 더 커졌다. 전방깊이에 따른 술 후 굴절력의 정확성을 비교하였을 때, 통계적으로 유의하지 않았지만 전방깊이가 깊은 군에서 원시화 경향이 컸다. 또한 각막굴절력이 낮을수록 각 공식이 계산한 인공수정체 도수의 차이가 커졌고, Hoffer Q 공식에서 가장 높은 인공수정체 도수를 계산하여 원시편위의 가능성이 적었다.

결론: 안축장이 짧은 경우 인공수정체 도수를 선택함에 있어서 각막굴절력과 전방깊이에 따라 공식의 예측력이 달라질 수 있으므로 그 경향을 파악하여 인공수정체 도수를 결정하여야 할 것이다.

〈대한안과학회지 2013;54(1):65-71〉

백내장수술 후 환자의 만족도를 높이는 가장 중요한 요인은 술 후 굴절력의 정확한 예측이다. 이를 위해서는 정밀한 생체계측, 정확한 인공수정체 도수계산 공식의 사용, 인공수정체의 관리 등이 필요하다.¹

현재 널리 사용되고 있는 3세대 인공수정체 도수계산공식인 SRK-T, Holladay 1, Hoffer Q은 각막굴절력과 안축장에 따라 전방깊이를 변화시켜 술 후 효과적인 렌즈 위치(effective lens position, ELP)를 예측하고자 하였다. 이러한 3세대 인공수정체 도수계산공식은 평균 안축장을 가진 환자에서는 공식간에 유의한 차이가 없고, 예상 굴절력이 비슷한 정확도를 보이나, 안축장이 평균을 벗어나는 경우 공식간 정확도의 차이를 보인다고 보고된 바 있다.^{2,3} 이는 평균 안축장의 환자에서 보이는 안축장과 전방깊이의 관계식을 짧거나 긴 안축장의 눈에서는 적용할 수 없어 공식을 통한 술 전 전방깊이 예측이 정확하지 않기 때문이다.

우리나라에서는 매년 40만건에 이르는 백내장수술이 시행되고 있는데, 서양인에서보다 동양인에서 짧은 안축장을 가진 환자의 비율이 높다는 것을 감안하면, 특히 우리나라에서 짧은 안축장의 정확한 인공수정체 도수예측이 점점 중요하게 여겨지고 있다. Lee et al⁴은 한국인을 대상으로 한 연구에서 안축장이 짧은 경우 Hoffer Q 공식이 상대적으로 정확하다고 발표한 바 있지만, 짧은 안축장의 환자만을 대상으로 한 연구가 충분치 않고, 연구 대상자의 수가 많지 않아 추가적인 고찰이 필요하다.

이에 저자들은 안축장이 22.0 mm 보다 작은 환자를 대상으로 접촉식 초음파 방식으로 생체계측을 하고 백내장수술 후 굴절 오차를 측정하여, Hoffer Q 공식을 비롯한 인공수정체 도수계산공식의 정확성을 비교하여 보고하는 바이다. 또한 안축장이 극단적으로 짧은 환자를 따로 나누어 분석하였고, 안축장이 짧은 환자만을 대상으로 하여 안축장을 제외하고 술 후 굴절력에 영향을 줄 수 있는 요인인 전방깊이와 각막굴절력의 영향을 추가로 분석하였다.

■ 접수 일: 2012년 5월 4일 ■ 심사통과일: 2012년 8월 2일
■ 게재허가일: 2012년 12월 2일

■ 책임저자 김 만 수
서울특별시 서초구 반포대로 222
가톨릭대학교 서울성모병원 안과
Tel: 02-2258-1188, Fax: 02-2258-1173
E-mail: mskim@catholic.ac.kr

대상과 방법

본원 안과에서 백내장수술을 받은 환자 중 접촉식 초음

파로 측정된 안축장이 22.0 mm 이하인 환자 185명(251안)을 대상으로 하였다. 각막이상, 망막이상 등 각막굴절력이나 안축장에 영향을 줄 수 있는 다른 안병증이 없고 안수술의 기왕력이 없으며, 후낭파열과 같은 술 후 굴절상태를 좌우하는 합병증이 없는 경우만 포함하였다.

술 전에 인공수정체 도수결정을 위해 접촉식 초음파로 안축장과 전방깊이를 측정하였고, 수동각막굴절력계로 각막굴절력을 측정하였다. 3가지 종류의 인공수정체 Akreos-AO[®] (MI60, Bausch & Lomb, Rochester, NY, USA), Technis[®] (ZA9003, Abbott Medical Optics, California, USA), YA-60BBR[®] (Hoya AF-1, HOYA Co., Tokyo, Japan)를 사용하였으며, 다른 요소의 영향을 배제하고 수술 전 검사 결과에 따라 정사에서 가장 가까운 근시값을 갖는 인공수정체를 선택하였다. SRK II 공식과 SRK-T 공식에서는 제 품 고유의 A상수를 이용하였고, 이를 이용해 Holladay 1 공식과 Hoffer Q 공식에 대입할 술자요소(Surgeon factor, S)와 전방상수(Anterior chamber depth constant, pACD)를 계산하였다(Table 1). 백내장수술은 동일 술자에 의해 투명각막절개로 백내장 초음파유화술을 시행하고 인공수정체를 후낭 내 삽입하였다.

수술 후 2개월에 현성 굴절검사를 시행하여 얻어진, 술 후 실제 굴절력의 구면렌즈 대응치와 SRK II, SRK-T, Holladay 1, Hoffer Q 공식으로 계산된 수술 전 예상 굴절력의 구면렌즈 대응치의 차이를 평균 실제오차(mean numerical error, MNE)로 계산하여 음의 값인 경우 술 전 목표보다 원시화된 것으로 양의 값인 경우 근시화된 것으로

평가하였고, 실제오차의 절대값을 평균 절대오차(Mean absolute error, MAE)로 정의하여 인공수정체 도수계산의 정확성을 평가하였다.

측정된 안축장 20.5 mm를 기준으로 환자를 두 군으로 나누어, 안축장이 극단적으로 짧은 환자에서의 정확성도 평가하고자 하였다. 또한 전방깊이에 따른 정확성을 비교하기 위해 접촉식 초음파로 전방깊이를 측정하였고, 평균 전방깊이 2.43 ± 0.22 mm를 참고하여 전방깊이 2.43 mm 미만인 환자를 I 군, 2.43 mm 이상인 환자를 II 군으로 나누어 비교하였다.

통계분석은 SPSS 18.0 version을 이용하였고, 인공수정체 도수계산공식 사이에 유의한 차이가 있는지 분석하기 위해 Kruskal-Wallis test를 이용하였다. 안축장과 전방깊이에 따른 두 군 간의 차이는 paired t-test를 이용해 분석하였고, 공식별로 계산된 인공수정체 도수와 각막굴절력간의 상관관계를 보기 위해 Pearson's correlation test를 시행하였다.

결 과

안축장이 22.0 mm 이하인 총 251안이 연구에 포함되었고, 평균 연령은 69.69 ± 14.11세였고, 수술 전 평균 안축장은 21.07 ± 0.62 mm, 평균 각막굴절력은 44.82 ± 0.56D, 평균 전방깊이는 2.43 ± 0.22 mm였다. 안축장이 20.5 mm 이하인 환자는 39안으로 평균 안축장은 20.29 ± 0.57 mm, 평균 각막굴절력은 45.98 ± 0.73D, 평균 전방깊

Table 1. The constants used in the four formulas in three intraocular lens (IOL) subtypes

		B&L Akreos AO MI60	AMO Tecnis ZA9003	Hoya AF-1 YA-60BBR
Fomula	Constant	89 eyes	64 eyes	98 eyes
SRK II	A Constant	118.9	119.1	118.4
SRK-T	A Constant	118.9	119.1	118.4
Holladay 1	Surgeon factor	1.44	1.61	1.84
Hoffer Q	pACD Constant	5.20	5.37	5.61

ACD = anterior chamber depth.

Table 2. Preoperative characteristics and biometry

Group	All eyes	Short eyes	Extremely short eyes
No. (eyes)	251	212	39
Sex (M/F)	41/210	15/91	11/28
Age (yrs)	69.69 ± 14.11	69.95 ± 9.17	68.25 ± 8.71
Cataract (LOCS III)	2.2 ± 0.7	2.3 ± 0.5	2.0 ± 0.8
Axial length (mm)	21.07 ± 0.62	21.21 ± 0.34	20.29 ± 0.57
ACD (mm)	2.43 ± 0.22	2.47 ± 0.24	2.21 ± 0.19
K (D)	44.82 ± 0.56	44.60 ± 0.66	45.98 ± 0.73

Values are presented as mean ± SD.

LOCS III = Lens Opacities Classification System III; ACD = anterior chamber depth; K: corneal refractive power = keratometric diopter.

Table 3. Mean numerical error (MNE) and Mean absolute error (MAE) according to intraocular lens power calculation formulas

Group	All eyes	Short eyes	Extremely short eyes
MNE (D, mean \pm SD)			
SRK II	-0.44 \pm 0.61	-0.36 \pm 0.82	-0.83 \pm 0.66
SRK-T	-0.26 \pm 0.56	-0.19 \pm 0.25	-0.59 \pm 0.33
Holladay 1	-0.20 \pm 0.75	-0.13 \pm 0.53	-0.66 \pm 0.49
Hoffer Q	-0.19 \pm 0.47	-0.12 \pm 0.33	-0.46 \pm 0.20
<i>p</i> -value*	0.148	0.104	0.061
MAE (D, mean \pm SD)			
SRK II	0.81 \pm 0.68	0.76 \pm 0.34	1.08 \pm 0.60
SRK-T	0.60 \pm 0.42	0.57 \pm 0.45	0.72 \pm 0.59
Holladay 1	0.61 \pm 0.42	0.57 \pm 0.48	0.79 \pm 0.55
Hoffer Q	0.37 \pm 0.30	0.33 \pm 0.21	0.56 \pm 0.49
<i>p</i> -value*	0.022	0.010	0.001

Values are presented as mean \pm SD.

MNE = mean numeric error = the predicted postoperative diopter - actual postoperative diopter; MAE = mean absolute error = the mean absolute value of the numeric error.

*Kruskal-Wallis test.

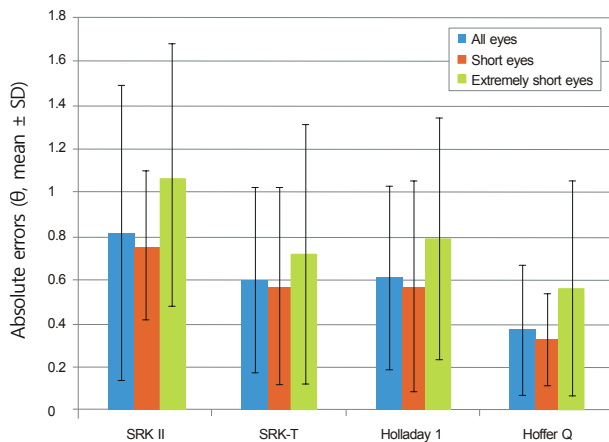


Figure 1. Means and standard deviations of the absolute errors of the 4 intraocular lens calculation formulas.

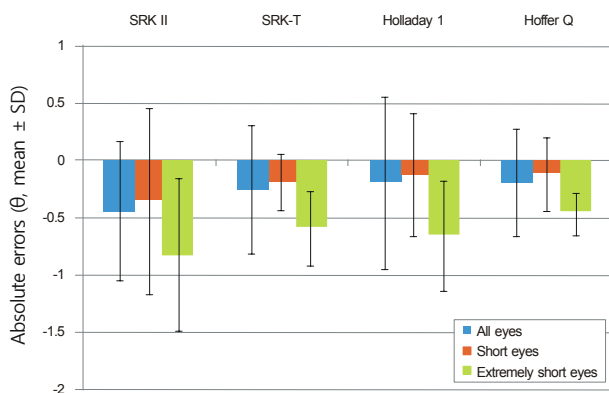


Figure 2. Means and standard deviations of the mean errors of the 4 intraocular lens calculation formulas.

이는 2.21 \pm 0.19 mm였다(Table 2). 전방깊이와 안축장은 양의 상관관계를 보였다(상관계수=0.54, p =0.0039).

각 공식에 대해 술 후 2개월 뒤 측정된 굴절력을 기준으로 SRK II, SRK-T, Holladay 1, Hoffer Q 공식으로 계산

한 평균 실제오차(MNE)는 각각 -0.44 \pm 0.61D, -0.26 \pm 0.56D, -0.20 \pm 0.75D, -0.19 \pm 0.47D로 모든 공식에서 원시화 경향을 보였으며, 유의하지 않았지만 Hoffer Q 공식에서 편위가 작았다(p =0.148). 절대 예측오차(MAE)는 0.81 \pm 0.68D, 0.60 \pm 0.42D, 0.61 \pm 0.42D, 0.37 \pm 0.30D로 Hoffer Q 공식이 가장 정확하게 술 후 굴절력을 예측하였다(p =0.022).

안축장이 20.5 mm 이하인 환자의 평균 실제오차(MNE)를 SRK II, SRK-T, Holladay 1, Hoffer Q 공식에 따라 비교하였을 때, 각각 -0.83 \pm 0.66D, -0.59 \pm 0.33D, -0.66 \pm 0.49D, -0.46 \pm 0.20D로 모든 공식에서 원시로의 편위를 보였다. 절대 예측오차(MAE)를 비교하였을 때 통계적으로 유의하게 다른 공식에 비해 SRK II 공식의 정확도가 낮았고(p =0.001), 모든 환자를 대상으로 한 결과와 비교하였을 때 그 오차가 컸다(Table 3, Fig. 1, 2).

전방깊이에 따라 분류하였을 때 전방깊이가 2.43 mm 미만인 I 군에는 총 115안이 포함되었으며, 평균 전방깊이는 2.23 \pm 0.36 mm였고, 전방깊이가 2.43 mm 이상인 II 군은 총 136안이였으며, 평균 전방깊이는 2.59 \pm 0.21 mm였다. 두 군에서 평균 안축장과 평균 각막굴절력은 유의한 차이를 보이지 않았다(p =0.415, p =0.103). 평균 실제오차(MNE)를 비교하였을 때 두 군에서 모두 Hoffer Q 공식이 가장 작은 편위를 보였으나, 통계적으로 유의하지 않았다. 평균 절대오차(MAE)는 I 군에서 각 공식별로 SRK II는 0.85 \pm 0.49D, SRK-T는 0.63 \pm 0.11D, Holladay 1은 0.60 \pm 0.19D, Hoffer Q는 0.40 \pm 0.45D였고, II 군에서는 각각 0.77 \pm 0.61D, 0.57 \pm 0.46D, 0.61 \pm 0.84D, 0.34 \pm 0.15D로 유의하게 Hoffer Q 공식이 정확한 예측을 하였다. 전방깊이에 따른 영향을 비교하였을 때, 통계적으로 유

Table 4. Characteristics of each group according to the anterior chamber depth (ACD)

Group	Group I*	Group II†	p-value‡
No. (eyes)	115	136	
ACD (mm)	2.23 ± 0.36	2.59 ± 0.21	
Axial length (mm) length (mm)	20.95 ± 0.70	21.16 ± 0.69	0.415
K (D)	44.91 ± 0.19	44.74 ± 0.53	0.103
MNE (D, mean ± SD)			
SRK/II	-0.56 ± 0.48	-0.45 ± 0.23	0.139
SRK-T	-0.29 ± 0.45	-0.22 ± 0.38	0.086
Holladay 1	-0.28 ± 0.55	-0.10 ± 0.53	0.033
Hoffer Q	-0.25 ± 0.62	-0.11 ± 0.63	0.057
p-value	0.294	0.127	
MAE (D, mean ± SD)			
SRK/II	0.85 ± 0.49	0.77 ± 0.61	0.154
SRK-T	0.63 ± 0.11	0.57 ± 0.46	0.464
Holladay 1	0.60 ± 0.19	0.61 ± 0.84	0.058
Hoffer Q	0.40 ± 0.45	0.34 ± 0.15	0.235
p-value	0.001	0.001	

Values are presented as mean ± SD.

MNE = mean numeric error = the predicted postoperative diopter - actual postoperative diopter; MAE = mean absolute error = the mean absolute value of the numeric error.

*Anterior chamber depth < 2.43 mm; †Anterior chamber depth ≥ 2.43 mm; ‡Paired t-test.

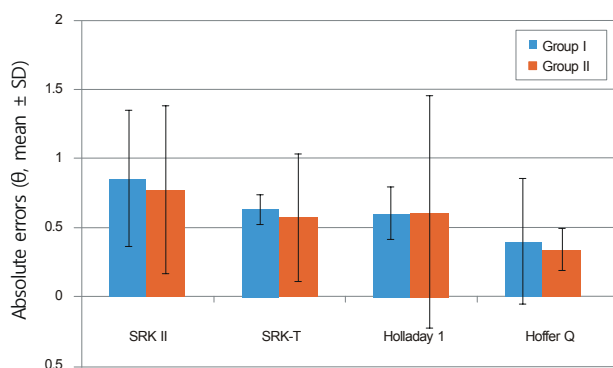


Figure 3. Means and standard deviations of the absolute errors of the 4 intraocular lens calculation formulas.

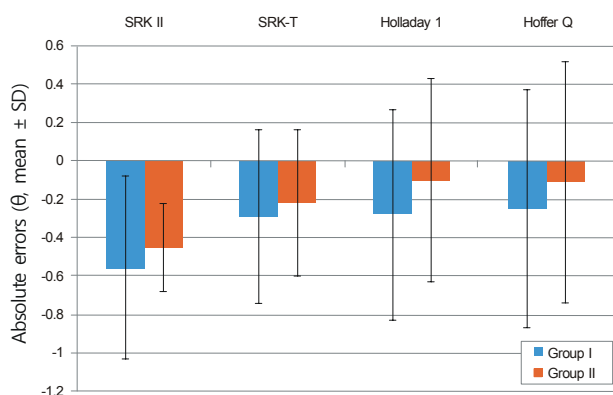


Figure 4. Means and standard deviations of the mean errors of the 4 intraocular lens calculation formulas.

의하지는 않았지만 전방깊이가 얇은 I 군에서 상대적으로 원시화 경향이 더 적었다(Table 4, Fig. 3, 4).

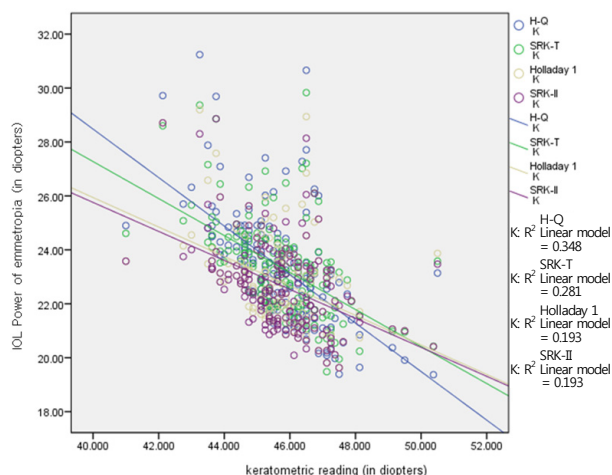


Figure 5. Relationship between target IOL dioptric and Keratometric reading.

짧은 안축장을 가진 환자에서 각 공식이 계산한 인공수정체의 도수(IOL power for emmetropia)와 각막굴절력의 상관관계를 분석하였을 때, 각막굴절력이 작을수록 공식간 계산된 도수의 차이가 커졌고, Hoffer Q이 가장 높은 인공수정체의 도수를 예측하여 원시로의 편위 가능성이 가장 적음을 알 수 있었다(Fig. 5).

고 찰

정확한 생체계측뿐 아니라 정확한 인공수정체 도수계산 공식 또한 술 후 굴절력에 큰 영향을 미치게 된다. 특히 여

러 생체계측치 중에서도 효과적인 렌즈 위치(effective lens position, ELP)로 표현되는 술 후 인공수정체의 위치가 가장 중요하게 작용하는데, 이는 술 전 직접 측정하여 얻을 수 있는 안축장이나 각막굴절력과는 달리 술 전 전방깊이를 통해 예측해야 하므로 정확하지 않을 경우 술 후 큰 굴절오차를 유발할 수 있다.

최근 생체계측 기기의 발달로 그에 따른 오차가 적어지면서, 보다 정확한 인공수정체 도수를 얻기 위해 계산공식도 발전하고 있다. SRK-T, Hoffer Q, Holladay 1, Haigis 등의 3세대 공식은 다중회기함수에 기초한 이론적인 공식으로, 얇은 렌즈 광학(thin lens optics)을 바탕으로 하여 2개의 얇은 렌즈로 치환한 각막과 수정체 사이의 거리인 효과적인 렌즈 위치(ELP)로 표현하였다.⁵ 이러한 3세대 공식은 안축장과 각막굴절력에 따른 전방깊이의 변화를 예측하여 보다 정확한 도수를 계산하고자 하였다. 따라서 효과적인 렌즈 위치(ELP)를 단순 상수로 적용한 1세대 공식이나 안축장에 따라 효과적인 렌즈 위치(ELP)의 보정을 시행한 2세대 공식보다 전방깊이를 중요한 요인으로 고려했음을 알 수 있다.

SRK-T 공식은 1세대인 Fyodorov 공식을 바탕으로, 망막두께 교정인자(retinal thickness correction factor)와 각막굴절지수(corneal refractive index), 전방깊이를 변수로 이용하는 경험적 공식(empirical formula)으로, 각막의 높이(corneal height)로 표현한 각막굴절력과 안축장, A상수를 이용하여 산출한 전방상수(ACD constant, cACD)를 계산하였다.⁶

Holladay 1 공식은 각막내피부터 홍채면까지의 거리를 해부학적인 전방깊이(anatomical ACD, a ACD)라 하고, 홍채면에서 인공수정체의 위치를 술자효과(surgeon factor, S)라는 상수로 표현하여, 효과적인 렌즈 위치(ELP)를 결정하였다.⁷

Hoffer는 SRK-T 공식이 전방깊이와 안축장이 비례하는 선형(linear) 관계라는 이론에 기반을 두기 때문에 평균 안축장을 벗어나 아주 짧거나 길어지게 되면 오차가 커짐을 확인하고, 1992년 2세대 Hoffer 공식을 기반으로 Hoffer Q 공식을 발표하였다.⁸ 평균을 벗어난 안축장과 전방깊이는 곡선(tangent curve) 관계를 보인다고 생각하고, 개개인의 안축장과 각막굴절력에 따른 plotting curve를 그려 개인화된 전방깊이(personalized ACD, p ACD)를 결정하였다. 이를 이용해 평균 안축장의 환자에서 보다 술 후 굴절력 예측의 정확도가 떨어지는 고도 근시 및 원시 환자에서 예측도를 높이하고자 하였고, 실제 317명의 백내장 환자를 대상으로 한 연구에서 안축장이 짧은 환자에서는 Hoffer Q 공식이, 안축장이 긴 환자에서는 SRK-T 공식이 정확하다고 하

였다.⁹

Donoso et al¹⁰은 안축장이 22.0 mm 미만인 환자에서 Hoffer Q 공식이 가장 정확하였고, 27.0 mm 이상인 환자에서는 SRK-T 공식이 정확하다고 하였다. MacLaren et al¹¹은 안축장이 22.0 mm 보다 짧은 환자 87명을 대상으로 하여 공식간 비교하였을 때, Hoffer Q 공식이 SRK-T, Holladay 1 공식보다 정확하다고 보고하였다. 국내에서 시행한 안축장이 짧은 환자만 포함한 연구를 보면, Lee et al⁴이 안축장이 22.0 mm 보다 짧은 환자 57안을 대상으로 하여, Holladay 1 공식과 Hoffer Q 공식이 정확하다고 하여 유사한 결과를 발표하였다. 본 연구에서도 Hoffer Q 공식에서 평균 절대오차(MAE)가 SRK II, SRK-T, Holladay 1 공식보다 유의하게 낮아 안축장이 짧은 환자에서 Hoffer Q 공식이 정확함을 확인하였다.

짧은 안축장을 가진 환자에서 술 전 전방깊이의 측정 오류는 평균 안축장의 눈보다 큰 술 후 굴절오차를 유발하게 된다. Maeng et al¹²이 82안의 환자를 대상으로 한 연구에서 안축장이 짧고, 전방깊이가 얇은 경우 통계적으로 유의하게 큰 굴절오차를 보였다고 하였고, 안축장이 짧은 환자만을 대상으로 한 Lee et al⁴의 연구에서도 전방깊이가 얇은 환자에서 술 후 전방깊이가 예측한 위치보다 더 얇게 형성되어 큰 굴절오차를 유발했다고 하였다. 본 연구에서도 전방깊이에 따른 평균 실제오차(MNE) 및 평균 절대오차(MAE)는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나 전방깊이가 얇았던 I 군에서 II 군보다 원시화 경향이 적어 근시 편위를 유발한 것으로 생각한다.

또한 Hoffer⁸는 안축장을 보정한 후, 각 공식이 계산한 인공수정체 도수와 각막굴절력의 상관관계를 분석하였다. 안축장이 짧은 환자에서는 각막굴절력이 낮을수록 각 공식이 계산한 인공수정체 도수의 차이가 커졌으며 Hoffer Q, Holladay 1, SRK-T 공식 순으로 높은 도수를 예측하였다고 하였는데, 저자들의 연구에서도 각막굴절력이 낮을수록 SRK II, SRK-T, Holladay 1, Hoffer Q 공식이 예측한 인공수정체 도수가 큰 차이를 보였고, Hoffer Q 공식이 가장 높은 도수를 예측하였다. 이를 바탕으로 안축장이 짧은 환자에서 각막굴절력이 낮은 경우에는 신중한 고려를 하여 인공수정체 계산공식을 선택하여야 할 것이다.

현재 널리 사용되는 초음파 방식에는 접촉성 방식(contact method)과 침수성 방식(immersion method)이 있는데, 접촉성 방식의 경우 각막에 직접 접촉하면서 검사자가 각막을 누를 수 있어서 비접촉 방식보다 전방 깊이와 안축장이 짧게 측정될 수 있다. 하지만 침수성 방식의 경우, 침수 실린더를 사용하므로 환자의 불편감과 검사시간이 증가하게 되어 사용에 제한이 있다.

기존 연구에서를 보면 침수성 방식으로 측정할 경우, 접촉식 방식에 비해 0.14-0.47 mm 더 길게 측정된다고 보고하였다.^{13,14} 하지만 두 기기 간 계측치의 차이가 없다는 보고도 있는데, 숙련자의 경우 각막함입 없이 정확히 측정할 수 있고, 접촉식 초음파에 완충장치를 사용한 경우 가능할 수 있다고 하였다.^{15,16} 본 연구에서도 숙련된 기술자 1인에 의해 생체계측을 하였고 오차를 줄이기 위해 3차례 반복하여 측정치 간 차이가 큰 경우는 연구에서 제외하였다.

최근 개발된 IOL master[®] (Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany)이 각막에 접촉하지 않고 주시를 한 상태에서 부분결합방식을 사용하여 생체계측을 하도록 하였다. 이러한 방식은 접촉식 초음파로 측정시 각막 함입에 의해 생기는 오차를 방지하였고, 실제 IOL master[®]이 기존의 접촉식 초음파보다 정확한 생체계측이 가능하다고 보고되면서,^{17,18} 보다 정확한 술 후 굴절력을 예측할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 하지만 IOL master[®]로 생체계측 시 필요한 주시 때문에 전방깊이 측정에 오차가 생길 수 있는데, 근거리 주시를 하며 발생하는 조절에 의해 수정체의 전방이동에 따라 전방깊이가 짧아질 수 있고, 광학축(optical axis)과 차이가 있는 시축(visual axis)를 따라 전방깊이를 측정하기 때문에 전방깊이가 짧게 측정될 수 있다고 하였다.^{19,20} 또한 Yi et al²¹은 평균 전방깊이를 가진 환자에서는 측정기간 차이가 없으나 전방깊이가 얇은 환자에서는 IOL master[®]이 유의하게 작게 측정하였다고 하였다. 짧은 안축장에서는 계산된 인공수정체의 도수가 높기 때문에 작은 측정오류도 큰 굴절오차를 유발하게 되므로, 짧은 안축장을 가진 환자, 특히 전방깊이가 얇은 눈에서는 측정 오류의 가능성을 꼭 감안해야 하며 IOL master[®]를 이용한 추가적인 연구가 필요하다.

결론적으로 안축장이 짧은 환자에서 백내장수술 시 평균 안축장의 환자보다 전방깊이와 각막굴절력에 따른 술 후 굴절 오차가 커질 수 있으므로, 보다 신중한 인공수정체 선택이 필요하며, Hoffer Q 공식이 술 후 정확한 굴절력을 예측할 수 있다.

참고문헌

- Holladay JT, Prager TC, Ruiz RS, et al. Improving the predictability of intraocular lens power calculations. Arch Ophthalmol 1986;104:539-41.
- Eleftheriadis H. IOLMaster biometry: refractive results of 100 consecutive cases. Br J Ophthalmol 2003;87:960-3.
- Findl O, Kriechbaum K, Sacu S, et al. Influence of operator experience on the performance of ultrasound biometry compared to optical biometry before cataract surgery. J Cataract Refract Surg 2003;29:1950-5.
- 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.
- Holladay JT, Prager TC. Accurate ultrasonic biometry in pseudophakia. Am J Ophthalmol 1989;107:189-90.
- 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.
- Holladay JT. Standardizing constants for ultrasonic biometry, keratometry, and intraocular lens power calculations. J Cataract Refract Surg 1997;23:1356-70.
- Hoffer KJ. The Hoffer Q formula: a comparison of theoretic and regression formulas. J Cataract Refract Surg 1993;19:700-12.
- Hoffer KJ. Clinical results using the Holladay 2 intraocular lens power formula. J Cataract Refract Surg 2000;26:1233-7.
- Donoso R, Mura JJ, López M, Papic A. [Emmetropization at cataract surgery. Looking for the best IOL power calculation formula according to the eye length]. Arch Soc Esp Oftalmol 2003;78:477-80.
- MacLaren RE, Natkunarajah M, Riaz Y, et al. Biometry and formula accuracy with intraocular lenses used for cataract surgery in extreme hyperopia. Am J Ophthalmol 2007;143:920-31.
- 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.
- Hennessy MP, Franzco, Chan DG. Contact versus immersion biometry of axial length before cataract surgery. J Cataract Refract Surg 2003;29:2195-8.
- Rhim JW, Kang SY, Kim HM. Comparative analysis of contact and immersion technique in ultrasonographic biometry. J Korean Ophthalmol Soc 2009;50:1795-9.
- Giers U, Eppler C. Comparison of A-scan device accuracy. J Cataract Refract Surg 1990;16:235-42.
- Binkhorst RD. The accuracy of ultrasonic measurement of the axial length of the eye. Ophthalmic Surg 1981;12:363-5.
- 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.
- Holzer MP, Mamusa M, Auffarth GU. Accuracy of a new partial coherence interferometry analyser for biometric measurements. Br J Ophthalmol 2009;93:807-10.
- Su PF, Lo AY, Hu CY, Chang SW. Anterior chamber depth measurement in phakic and pseudophakic eyes. Optom Vis Sci 2008;85:1193-200.
- Sheng H, Bottjer CA, Bullimore MA. Ocular component measurement using the Zeiss IOLMaster. Optom Vis Sci 2004;81:27-34.
- 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.

=ABSTRACT=

Refractive Error According to the Anterior Chamber Depth and Corneal Refractive Power in Short Eyes

Jeong Ah Shin, MD, Kyu Yeon Hwang, MD, Man Soo Kim, MD, PhD

*Department of Ophthalmology and Visual Science, Seoul St. Mary's Hospital,
The Catholic University of Korea College of Medicine, Seoul, Korea*

Purpose: To evaluate the accuracy of the chosen formula in short eyes and the effect of the anterior chamber depth (ACD) and corneal refractive power on the accuracy.

Methods: A total of 251 eyes out of 185 patients (axial length below 22.0 mm) who underwent cataract surgery in our hospital were retrospectively studied. Intraocular lens (IOL) power was calculated with the Hoffer Q, SRK II, SRK-T and Holladay 1 formulas and refractive outcome was measured. Patients were divided into 2 groups based on ACD. The accuracy of the 4 formulas was compared and the errors according to the ACD were also evaluated.

Results: In eyes with short axial lengths, all formulas showed a tendency for hyperopic shifts. The Hoffer Q formula showed significantly high predictive accuracy. This tendency for hyperopic shifts was similar in the eyes with extremely short axial length, but a large refractive error deviation was observed. The 2 groups based on ACD showed no significant difference in the refractive error, but the group with deep ACD had a tendency for hyperopic shifts. The difference of the calculated IOL power between the 4 formulas was more pronounced in eyes with lower corneal refractive power.

Conclusions: In eyes with short axial lengths, preoperative ACD and corneal refractive power had an influence on the accuracies of predicted IOL power. Therefore, these factors should be considered in IOL power determination.

J Korean Ophthalmol Soc 2013;54(1):65-71

Key Words: Anterior chamber depth, Axial length, Corneal refractive power, Intraocular lens power calculation, Refractive outcome

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: 82-2-2258-1188, Fax: 82-2-2258-1173, E-mail: mskim@catholic.ac.kr