

전방깊이와 안축장에 따른 인공수정체 삽입 후 굴절 오차의 경향

맹효성 · 류은혜 · 정태영 · 정의상

성균관대학교 삼성서울병원 안과학교실

목적: 백내장 수술 시 전방깊이와 안축장에 따른 술 전후 예상 굴절력과 실제 굴절력의 오차 경향성을 알아보고 이를 통해 인공수정체 도수결정에 미치는 영향을 보고하는 바이다.

대상과 방법: 62명 82안을 대상으로 IOL Master[®]로 전방깊이 및 안축장을 측정하였으며, SRK II, SRK/T 공식을 통해 인공수정체 도수를 계산하였다. 환자군을 전방깊이 및 안축장에 따라서 각각 3그룹으로, 총 9그룹으로 나눈 뒤 술 후 1개월째 굴절 오차의 경향을 분석하였다.

결과: 각 그룹의 굴절 오차는 원시화 편위를 보였으며, SRK/T 공식에서만 각 그룹 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). SRK/T 공식에서 전방깊이와 안축장을 모두 고려한 평균 실제오차의 변화는 안축장이 길수록 오차 변화가 커졌으며 특히 전방깊이가 얇은군(<2.5 mm)에서 큰 오차 변화를 보였다($p < 0.05$). 전방깊이가 깊을수록 굴절 오차가 커졌으며 특히 안축장이 짧은군(<22.5 mm)에서 큰 오차 변화를 보였다($p < 0.05$).

결론: 전방깊이 및 안축장을 고려한 술 후 굴절 오차의 경향을 파악하여 인공수정체 도수를 결정하여야 한다.

(대한안과학회지 2010;51(2):195-202)

최근 백내장 수술 기법 및 인공수정체의 발전과 더불어 수술 후 시기능에 대한 관심 또한 높아지게 되었다. 백내장 수술 후에 시기능을 판단하는 척도에는 눈부심 등 주관적 증상의 여부, 대비감도의 변화, 난시값 등 여러 가지가 있겠지만 그 중에서 술 후 굴절력이 가장 중요한 척도이며 따라서 술 후 굴절상태에 대한 정확한 예측이 백내장 수술 후 환자의 만족도에 가장 큰 영향을 미치는 요인이라 할 수 있겠다. 특히 다초점 인공수정체 및 난시교정 인공수정체의 개발과 더불어 환자들의 술 후 시력의 질에 대한 기대가 커지는 상황에서 정확한 술 후 굴절력 예측의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 술 후 원하는 굴절력을 얻기 위해서는 무엇보다 인공수정체 도수계산이 정확하게 이루어져야 하는데, 안축장, 각막굴절력 및 전방깊이 등 생체계측이 정확해야 인공수정체 도수계산에 있어서 오류가 줄어들게 된다.^{1,2} 술 후 예상 굴절력에 이르지 못하는 이유로 Olsen은 안축장(54%), 각막굴절력(30%), 전방깊이(20%)에 대한 부정확한 측정 때문이라고 보고하였으며 실제 안구 길이가 100 μ m 달라질 경우 약 0.29 디옵터의 도수 차이를 유발한다고 하

였다.³

1990년대에 부분결합간섭(partial coherence interferometer)의 원리가 도입되었고 안축장을 비롯한 안구 생체계측에 있어 기존의 초음파를 이용하여 측정하는 방법에 비하여, 보다 정밀한 측정을 가능케 하기 위해 IOL Master[®] (Carl Zeiss, Jena, Germany)가 개발되었으며,^{4,5} 이미 여러 연구에서 안축장, 전방깊이 측정에 있어 우수한 정확성과 재현성이 보고되었다.⁶⁻¹¹ IOL Master[®]을 이용하여 생체계측의 정확성은 향상되었지만 인공수정체 도수계산공식 역시 술 후 굴절력의 예측도에 큰 영향을 미치므로 보다 정확한 공식의 선택 또한 필수적이다. 현재 제2세대 공식인 SRK-II와 제3세대 공식인 SRK/T, Holladay 1, Haigis, Hoffer Q 등이 사용되고 있다. 전방깊이를 매개변수로 사용한 Haigis 등의 공식은 정확성과 재현성이 높다고 알려져 있으나 이를 이용하기 위해서는 새로운 프로그램 등, 고가의 추가 비용이 필요하여 널리 사용하지 못하고 있는 실정이다. 반면 SRK-II와 SRK/T 공식이 비교적 간단하고 표준치의 안축장에서 정확하다는 것이 임상경험에 의해 보고되어¹² 세계적으로 가장 많이 사용되고 있다.

백내장 수술 전후에 있어서 안축장과 각막곡률값의 변화는 거의 없지만 술 후 전방깊이의 변화, 인공수정체의 종류 및 위치, 수술 방법의 차이 등에 의해서 굴절력 예측에 오차가 발생할 수 있다.¹³ 인공수정체 도수계산공식에서 안축

■ 접 수 일: 2009년 7월 27일 ■ 심사통과일: 2009년 11월 17일

■ 책임저자: 정 의 상

서울시 강남구 일원동 50
성균관대학교 삼성서울병원 안과
Tel: 02-3410-3565, Fax: 02-3410-0074
E-mail: eschung@skku.edu

장과 각막곡률값을 통해 전방깊이를 예측하고 있지만 술 전 전방깊이의 예측값과 술 후 전방깊이의 실제값이 차이를 보이고 있기에 최근 들어 술 후 굴절력을 결정하는데 있어서 전방깊이의 중요성이 더욱 부각되고 있다.¹⁴ 이에 저자들은 현재 가장 널리 사용되고 있는 SRK-II와 SRK/T 공식을 이용하여 안축장과 전방깊이에 따른 예측 굴절력과 실제 굴절력 간 오차의 경향성을 알아보고 이를 통해 술 전 인공수정체 도수결정에 있어 전방깊이와 안축장이 미치는 영향을 보고하는 바이다.

대상과 방법

2008년 8월부터 2009년 1월까지 본원 안과에서 한 명의 동일 술자에 의해 초음파 유화술 및 후방 인공수정체삽입술을 시행 받은 환자들 중 동일 인공수정체 Acrysof® IQ (Alcon Laboratories, Inc., Fort Worth, TX, USA)를 삽입한 62명 82안을 대상으로 후향적으로 조사하였다. 당뇨나 기타 망막병변이 있는 경우, 외상이나 포도막염으로 인한 이차성 백내장, 원발성 또는 속발성 녹내장, 수정체비늘증후군(Pseudoexfoliation syndrome)과 같이 전방수축이 호발하는 경우나 수술 중 각막 절개 부위에 봉합을 시행한 경우 및 후방파열, 초자체탈출 등 술중 합병증이 있는 경우는 제외하였다. 또한 이전에 안과 수술을 받은 병력이 있거나 IOL Master®로 안축장을 측정할 수 없었던 경우는 제외하였다. 수술 전 IOL Master®를 이용하여 모든 환자들의 안축장 및 각막곡률값, 전방깊이를 측정하였다. IOL Master®에 내장되어 있는 SRK-II, SRK/T 공식을 이용하여 인공수정체 도수를 계산하였으며, 인공수정체의 A 상수는 IOL Master®에 특화된 값을 이용하였다(A 상수: 119.0 (SRK-II), 118.7 (SRK/T)). 술 후 1주, 1개월 후 현성 굴절검사를 시행하였으며 수술 전 예측 굴절력의 구면렌즈 대응치와 술 후 1개월 후 측정된 실제 굴절력의 구면렌즈 대응치

사이의 차이를 실제오차(numeric error)로 간주하였고 실제오차의 절대값을 절대오차(absolute error)로 간주하여 비교 분석하였다.

전방깊이에 따른 분석을 위해 대상 환자들의 전방깊이를 IOL Master®를 이용하여 측정하였고, 이는 평균 3.08 mm 이었다. 이를 참고하여 2.50 mm와 3.50 mm를 기준으로 2.5 mm 미만인 환자를 A군, 2.50 mm 이상 3.50 mm 미만인 환자를 B군, 3.50 mm 이상인 환자를 C군으로 분류하였다.¹⁵ 안축장에 따른 분석을 위해 다시 모든 대상자들을 안축장 22.5 mm와 24.0 mm를 기준으로 하여 안축장이 22.5 mm 미만인 환자를 a군, 22.5 mm 이상 24.0 mm 미만인 환자를 b군, 24.0 mm 이상인 환자를 c군으로 분류하여 총 9 군으로 분류하였다.¹⁶ 전방깊이와 안축장의 상관관계, 전방 깊이 및 안축장과 실제오차 사이에 연관성을 분석하기 위해 Spearman rank correlation test를 이용하였으며 전방 깊이와 안축장에 따라 각각 분류한 세 그룹사이의 평균 실제 오차가 유의한 차이를 보이는지 알아보기 위해 1-Way ANOVA test를 이용하여 분석하였다. 그리고 전방깊이와 안축장을 모두 고려하였을 때 평균 실제오차의 변화 경향성을 알아보기 위해 회귀분석을 이용하여 분석하였다. 통계학적 분석은 SPSS 17.0 version을 사용하였고 p값의 유의 수준은 0.05 미만으로 하였다.

결 과

대상 인원은 62명 82안으로 남자가 23명 34안(41.5%), 여자가 39명 48안(58.5%)이었으며 평균 나이는 66.0 ± 10.9세(48~83세)였다. 술전 평균 전방깊이는 3.08±0.53 mm (1.83~4.45 mm)였고 평균 안축장은 24.02±1.93 mm (21.00~29.63 mm)였으며 전방깊이와 안축장은 약한 양의 상관관계를 보였다(상관계수=0.29, $p=0.00$). 전방깊이에 따라 분류한 A군은 총 11안이 포함되었으며 평균 전

Table 1. Characteristics of each group according to the anterior chamber depth (ACD)

Group	A*	B†	C‡	Total	p-value*
Eyes	11	53	18	82	
Sex (M/F)	2/5	17/26	4/8	23/39	
Age (years)	68.4±6.7	67.6±11.7	65.4±11.7	66.0±10.9	
ACD (mm)	2.23±0.23	3.06±0.48	3.82±0.39	3.08±0.53	
MNE (D)					
SRK-II	0.24±0.38	0.33±0.47	0.56±0.41	0.35±0.45	0.14
SRK/T	0.37±0.49	0.20±0.42	0.55±0.40	0.32±0.47	0.00
MAE (D)					
SRK-II	0.35±0.28	0.46±0.33	0.64±0.38	0.47±0.34	0.28
SRK/T	0.55±0.29	0.34±0.32	0.68±0.37	0.44±0.36	0.01

*A=Group A, ACD <2.5; †B=Group B, 2.5≤ACD <3.5; ‡C=Group C, 3.5≤ACD; MNE=mean numeric error, MAE=mean absolute error; 1-Way ANOVA test: Group B vs Group C: $p=0.00$.

Table 2. Characteristics of each group according to the axial length (AXL)

Group	a [*]	b [†]	c [‡]	Total	p-value [*]
Eyes	13	43	26	82	
Sex (M/F)	4/7	12/21	7/11	23/39	
Age (years)	64.4±6.2	68.2±12.7	66.1±12.7	67.1±10.9	
AXL (mm)	22.04±0.35	23.34±0.46	26.09±2.04	24.01±1.92	
MNE (D)					
SRK-II	0.47±0.29	0.32±0.38	0.48±0.58	0.35±0.45	0.49
SRK/T	0.32±0.41	0.21±0.39	0.67±0.48	0.32±0.47	0.00
MAE (D)					
SRK-II	0.49±0.25	0.41±0.28	0.56±0.43	0.47±0.34	0.56
SRK/T	0.38±0.26	0.31±0.25	0.73±0.38	0.44±0.36	0.00

*a=Group a, AXL<22.5 mm; †b=Group b, 22.5≤AXL <24.0; ‡c=Group c, 24.0≤AXL; MNE=mean numeric error; MAE=mean absolute error; 1-Way ANOVA test; Group a vs Group c: $p=0.00$; Group b vs Group c: $p=0.00$.

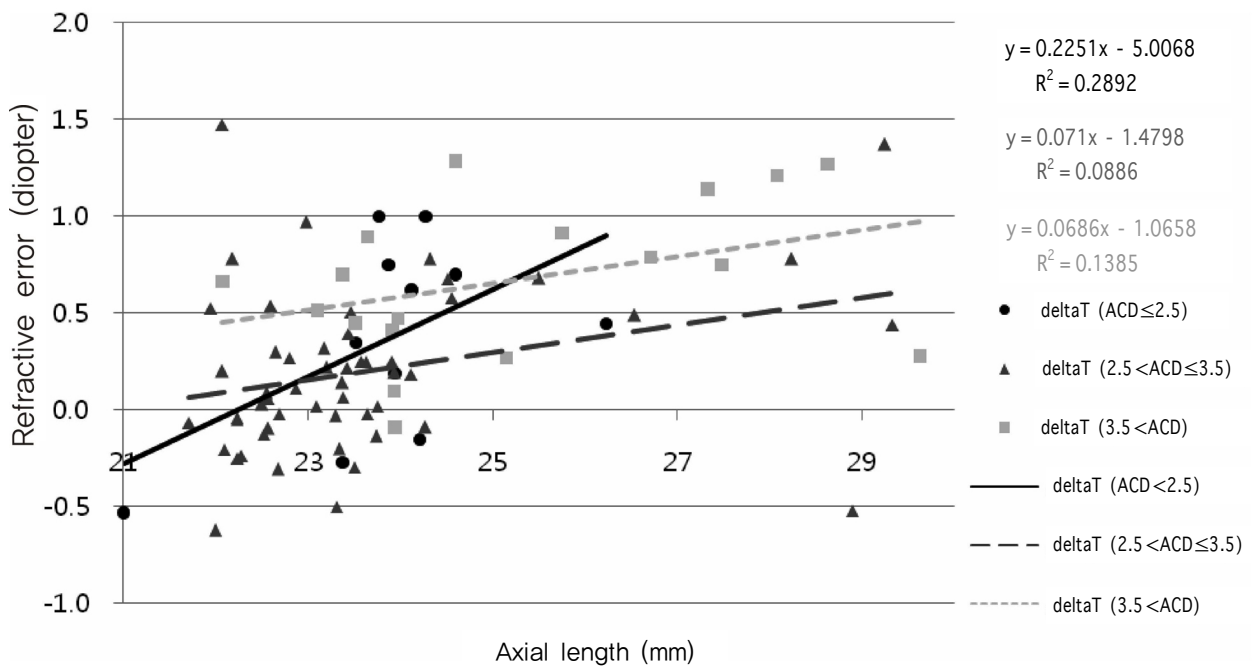


Figure 1. Relationship between refractive error, axial length and anterior chamber depth. Note that the refractive error change increases more in shallow anterior chamber group but not statistically significant.

방깊이는 2.23 ± 0.23 mm였고, B군은 총 53안이었으며 평균 전방깊이는 3.06 ± 0.48 mm였고, C군은 총 18안에 해당되었고 평균 전방깊이는 3.82 ± 0.39 mm였다. 전방깊이로 분류한 세 군의 SRK-II, SRK/T 공식에 대한 술 후 1개월 뒤 평균실제오차(mean numeric error: MNE) 및 평균절대오차(mean absolute error: MAE)는 Table 1과 같이 원시로의 편위를 보였다. 세 군을 비교하였을 때 평균실제오차는 SRK-II 공식에 대해서는 각 군간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나 SRK/T 공식에 대해서는 각 군간 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($p=0.00$) 특히 그룹 B와 C간에 평균실제오차의 유의한 차이를, 즉 그룹 C에서 B보다 유의하게 큰 원시 편위를 보였다($p=0.00$, Table 1).

안축장에 따라 분류한 a군은 총 13안이 포함되었으며 평균 안축장은 22.04 ± 0.35 mm였고, b군은 43안이었으며 평균 안축장은 23.34 ± 0.46 mm였고, c군은 총 26안이 포함되었으며 평균 안축장은 26.09 ± 2.04 mm였다. 안축장으로 분류한 세 군의 SRK-II, SRK/T 공식에 대한 술 후 1개월 뒤 평균실제오차 및 평균절대오차는 Table 2와 같이 원시로의 편위를 보였다. 세 군을 비교하였을 때 평균실제오차는 SRK-II 공식에 대해서는 각 군간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나 SRK/T 공식에 대해서는 각 군간 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p=0.00$). 특히 그룹 a와 c간, b와 c간에 평균실제오차의 유의한 차이를, 즉 그룹 a보다 c가, b보다 c가 유의하게 큰 원시 편위를 보였다

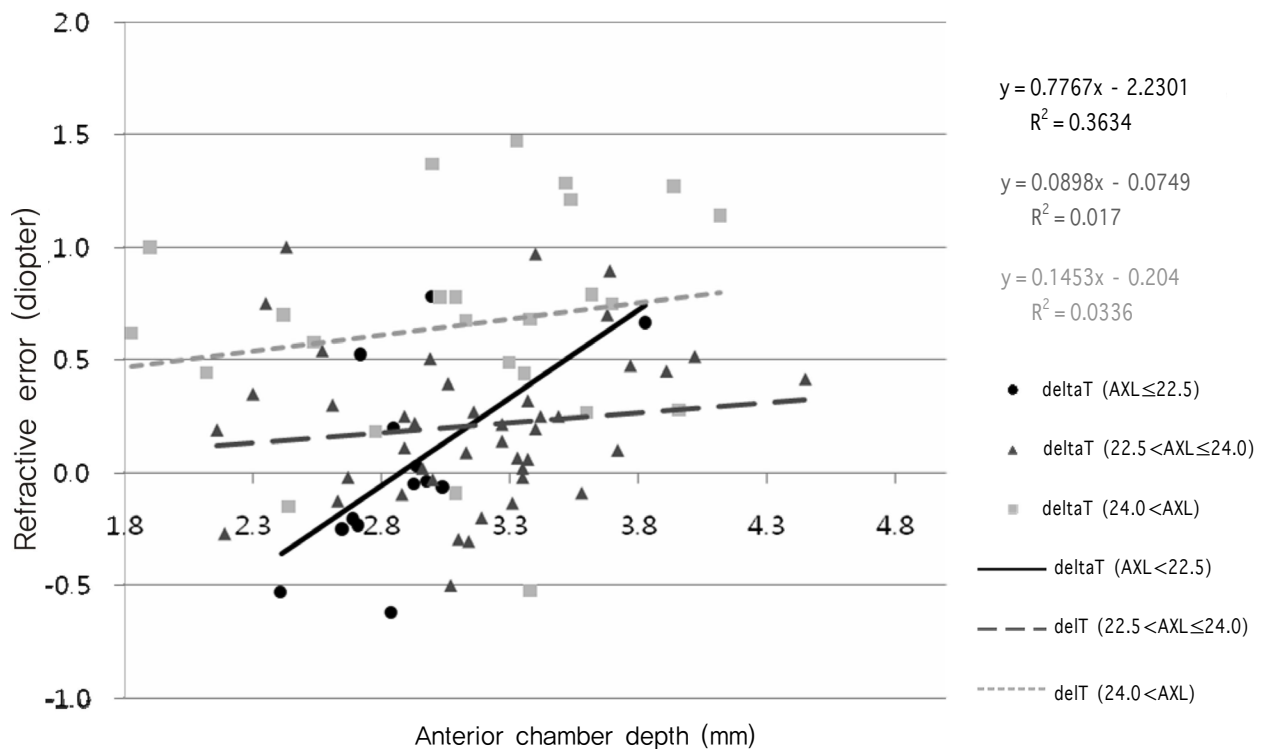


Figure 2. Relationship between refractive error, anterior chamber depth and axial length. Note that the refractive error change was statistically significant in short axial length group ($p=0.00$).

($p=0.00$, $p=0.00$, Table 2).

대상안을 전방깊이와 안축장을 모두 고려하여 9그룹으로 분류하여 알아본 술 후 1개월 뒤 평균실제오차 및 평균절대 오차는 대체적으로 원시 편위를 보였지만 각 군 간의 오차 차이는 개체수가 적어 통계적인 분석은 시행하지 못하였다.

전방깊이와 안축장을 고려한 평균실제 오차의 경향을 살펴해보았는데 일반적으로 안축장과 SRK/T에 대한 평균실제 오차 사이에는 약한 양의 상관관계로(상관계수=0.27, $p=0.01$) 안축장이 길어질수록 원시 편위를 보였다. 이후 전방깊이에 따른 3그룹으로 분류하였을 때 전방깊이가 얇을 경우가 큰 굴절력 오차 변화, 즉 큰 폭의 원시 편위를 보였지만 전방 깊이에 따른 세 그룹의 평균실제오차 변화의 크기는 통계적으로 유의하지는 않았다(Fig. 1). 또한 일반적으로 전방 깊이와 SRK/T에 대한 평균실제오차 사이에는 약한 양의 상관관계로(상관계수=0.23, $p=0.03$) 전방깊이가 길어질수록 원시 편위를 보였다. 이후 안축장에 따른 3그룹으로 분류하였을 때 안축장이 짧은 경우가 큰 굴절력 오차 변화 즉 큰 폭의 원시 편위를 보였으며 표준 길이의 안축장 및 안축장이 긴 경우 보다 통계적으로 유의하게 큰 굴절력 오차 변화를 보였다($p=0.00$, $p=0.00$, Fig. 2).

고 찰

근래에 미세절개술 등의 백내장 수술기법의 발전과 다초점 인공수정체 및 난시교정 인공수정체의 개발 그리고 인공수정체 도수계산공식의 발전으로 술 후 보다 정확한 굴절력 예측이 가능해졌으며 이에 따라 술 후 굴절상태에 대한 정확한 예측이 환자의 수술 만족도에 큰 영향을 미치게 되었다. 백내장 수술 후 굴절력의 정확히 예측하기 위해서는 안축장, 각막곡률값 등의 생체계측자료 및 인공수정체 도수계산공식의 정확성, 제조사의 인공수정체 질적 관리의 정확성 그리고 술자의 특성 등을 고려한 임상적인 변수 등 여러 가지 요소를 고려해야 한다.^{1,2} 그 중 생체계측의 오차가 술 후 굴절 오차에 가장 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있으며 굴절 오차에 있어 안축장 길이 1 mm 오차는 약 2.7D의 오차를 야기하며, 각막곡률반경 1 mm 오차는 약 5.7D의 오차를 그리고 술 후 전방깊이 1 mm 오차는 1.5D의 오차를 야기하는 것으로 알려져 있다.¹⁴ 최근 자동각막 곡률계, 컴퓨터를 응용하여 개발된 Computerized videokeratography (C.V.K)¹⁷ 그리고 부분간섭계 등이 이용되면서 생체계측의 정확성이 많은 부분 증진되었으며 여러 연구에서 우수한 정확성 및 재현성이 보고되고 있다.¹⁸⁻²¹

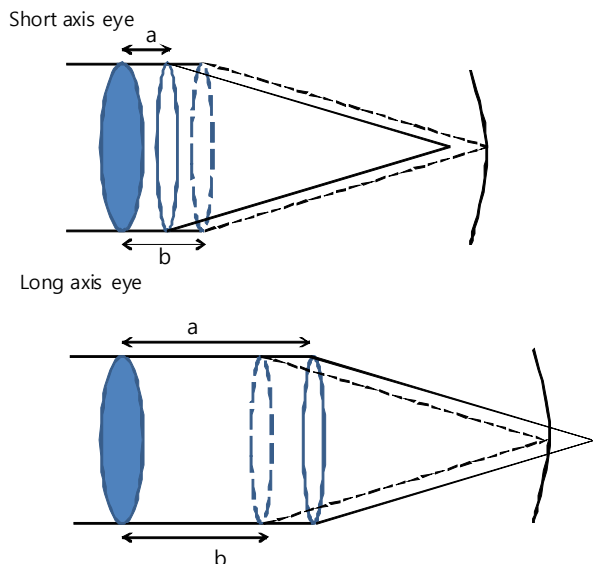


Figure 3. The postoperative change of depth of anterior chamber in shallow anterior chamber eye. The intraocular lens can be implanted in a more anterior or posterior plane than pre-operatively planned in short or long axis eye respectively. a=postoperative anterior chamber depth; b=predicted value of postoperative anterior chamber depth.

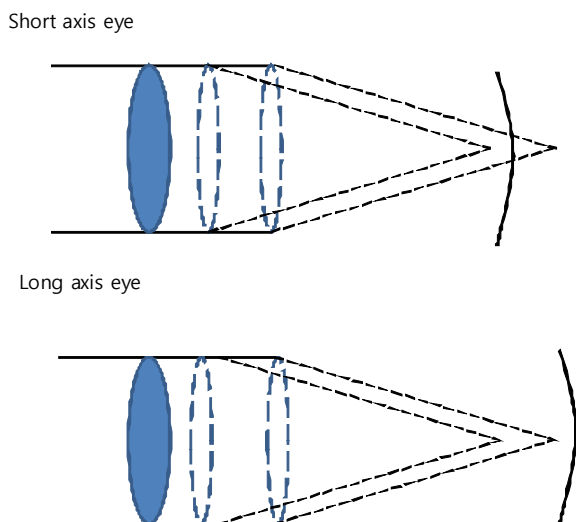


Figure 4. Large refractive change can be caused more in short axis than in long axis eyes.

인공 수정체의 도수계산공식은 1967년 Fyodorov가 기하학적 광학(geometric optics)을 근거로 한 이론적 공식²⁰을 발표한 이래로 1980년 안축장과 각막굴절력을 이용하여 술 후 정시안이 될 수 있는 A상수를 각 인공수정체마다 실험적으로 산출한 실험적 공식인 SRK 공식이 발표되었고 이후 SRK-II 공식,¹² Holladay 공식²³ 및 SRK-T 공식,²⁴ Hoffer Q 공식,²⁵ Olsen 공식²⁶ 등의 3세대 공식으로 발전

하였다. 현재 3세대 공식은 이론적인 공식의 장점과 경험적인 공식의 장점을 함께 가지고 있다. 이들 공식들은 개개의 안축장과 각막곡률값에 따른 전방깊이의 예측을 통해 인공수정체 도수계산에 정확을 기하려는 공식들로서 예측 정확도는 보고자에 따라 차이는 있으나 우수한 예측도를 보여 수술 후 굴절 오차를 줄이는 것으로 알려져 있다.^{8,11,13} 그 후 Holladay 2 등의 4세대 공식이 최근에 개발되었고 술 후 전방깊이의 정확한 예측을 통한 인공수정체의 최종 위치의 예측성을 높이기 위해 각막직경, 수정체 두께 등의 요소를 사용하였으며 높은 예측 정확도가 보고되고 있다.²⁷

하지만 여전히 술 후 굴절 오차는 발생하고 있는데 수술 전후에 안축장과 각막곡률값의 변화는 거의 없고, 연령이나 성별 등도 술 후 굴절 오차에 큰 영향을 주지 않기 때문에 술 후 굴절력 결과의 궁극적인 결정인자는 전방깊이라고 할 수 있다.⁵ 인공수정체의 위치에 따른 전방깊이는 실제값과 예측값 사이에 차이가 있을 수 있으며³ 실제 한국인을 대상으로 술 후 실제 전방깊이는 술 전 예측 전방깊이보다 짧게 측정되었다는 보고도 있다.²⁸ 최근 들어 대부분의 새로운 세대의 인공수정체 계산 공식인 Haigis 공식, Olsen 공식 등은 술 후 전방깊이의 예측 인자로서 안축장보다 술 전 전방깊이가 더 중요하다는 점을 인식하였고 이를 공식에 사용하였다.^{26,29-33} 실제로 Olsen³은 1992년도에는 생체계측에서 오차 비율을 안축장 및 각막곡률측정에서 오는 오차가 각각 54%, 8% 차지하고 술 후 전방깊이의 예측에서 오는 오차를 38%라고 하였다. 하지만 2006년도에는 IOL Master[®]에 의해서 생체계측의 오차가 줄어들게 되면서 안축장 및 각막곡률측정에서 오는 오차는 36%, 22%로 감소하고 반면 술 후 전방깊이 예측에서 오는 오류는 42%로 증가하였다고 보고하였다.¹⁴ Olsen et al³¹은 백내장 술 후 정확한 전방깊이를 예측할 수 있다면 안축장에 따른 실제 굴절 오차는 줄어들 것으로 생각하였다. 이에 약 1000 case의 백내장 수술 환자에서 술 전 예상 전방깊이와 술 후 실제 전방깊이의 차이를 구하여 전방깊이에 따른 오차를 완전히 보정한 후에는 안축장에 의한 유의한 오차가 없다는 점을 밝혔다.³⁴ 이를 통해 술 후 정확한 전방깊이의 예측이 인공수정체 계산의 예측 오차를 줄일 수 있을 것이라고 주장하였다.

본 연구에서는 술 후 굴절 오차에 있어 전방깊이와 안축장이 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 본 연구에서는 SRK-II, SRK/T 공식에서 전방깊이 및 안축장에 상관없이 술 후 1개월째 예상 굴절력보다 원시 편위를 보였고 그 중 SRK/T 공식에서만 전방깊이 및 안축장에 따른 유의한 굴절력 차이를 보였다. SRK-II 공식에서 각 군 간에 유의한 차이를 보이지 않는 이유는 IOL Master[®]에 의한 최적화된

상수를 사용한 점과 술자의 안축장에 따른 경험적인 보정의 영향인 것으로 생각하였다. 술 후 원시 편위는 전방 깊이가 깊어지거나 술 후 안압 하강에 의해 안축장이 짧아짐에 의한 것으로 알려져 있으며^{35,36} 실제로 본 연구처럼 안축장이 실제보다 더 길게 측정되는 부분 간섭계를 이용한 경우 원시 편위 경향을 보이는 것으로 보고되고 있다.^{8,9} 하지만 실제 술 후 굴절력은 전방깊이와 안축장 모두에 영향을 받으므로 두 요인을 모두 고려했을 때의 굴절 오차의 결과도 살펴보았다. 역시 두 요인을 모두 고려하였을 때도 모든 경우에서 원시 편위를 보였지만 특이한 점은 전방깊이가 얇거나 안축장이 짧은 경우 상대적으로 굴절 오차의 변화 정도가 심해 큰 굴절 오차를 야기할 수 있다는 점이다. 저자들은 그 이유로 수술 후 전방 깊이와 안축장의 크기는 비례관계에 있지만³⁷ 술 전 전방 깊이가 얇거나 안축장이 짧은 경우에는 술 후 전방깊이가 예상 정도보다 큰 변화를 일으키기 때문으로 생각하였다. 즉 술 전 전방깊이가 얇은 안에서 짧은 안축장이 동반될 경우는 술 후 전방깊이가 예상보다 더 얇게 형성되어 근시 편위를 보였고, 긴 안축장이 동반될 경우는 술 후 전방깊이가 예상보다 더 깊게 형성되어 원시 편위를 보였기 때문에 술 전 얇은 전방 깊이를 가진 안에서는 심한 굴절 변화를 일으킬 수 있다고 생각하였다(Fig. 1, 3). 그리고 술 전 안축장이 짧은 안에서는 안축장이 긴 안에 비해서 상대적으로 술 후 전방깊이의 변화에 큰 영향을 받기 때문에 큰 굴절력 변화를 일으킬 수 있다고 생각하였다(Fig. 2, 4). Gavin과 Hammond가 SRK-T 공식을 사용하여 22.0 mm 이하의 안축장을 가진 41안을 대상으로 시행한 결과에서 0.87 D의 큰 원시 편위를 보인 연구에서도 본 저자들과 동일한 주장을 하였다.³⁵ Olsen도 7418 case의 대규모 연구에서 술 후 0.25 mm의 전방깊이 예측 오차에 의한 인공수정체 실제 굴절 오차는 안축장의 길이가 30 mm일 때 평균 0.1 D의 작은 오차를 보인 반면 20 mm일 때 평균 0.5 D의 큰 오차로 보인다고 주장하여 본 연구와 유사한 결론을 보여주었다.³⁴

본 연구 결과로 술 후 굴절 오차를 줄임에 있어서 정확한 안축장의 측정도 중요하지만, 무엇보다도 전방깊이가 중요한 요인임을 알 수 있었다. 따라서 술 후 정확한 전방깊이에 따른 오차를 줄이기 위해 전방깊이를 매개변수로 사용하는 제 4세대 공식을 사용할 수 있겠지만 고가의 추가 비용이 필요한 단점이 있다. 또 다른 방법으로 술자마다 수술 전후의 전방깊이의 정확한 측정을 통한 정확한 전방 상수 및 A상수의 보정을 하는 방법도 있을 것이다. 하지만 상수의 보정을 위해서는 표준화된 생체계측 방법 및 수술 환경에서 다수의 정상적인 안구 구조를 가진 환자들을 대상으로 한 임상적인 수술 결과가 필요하고, 생체계측 방법 및

수술 방법이 바뀌게 될 경우 다시 보정이 필요하다는 한계점이 있다. 또한 안축장의 길이가 매우 짧거나 혹은 긴 안구를 대상으로 한 다수의 임상적인 결과를 모으기 힘든 점도 보정을 어렵게 한다.³ 따라서 실제 임상적으로 상수의 보정은 잘 이루어지지 않고 있으며 전방깊이가 안축장과 가장 긴밀한 관련성이 있다고 알려져 있기에³⁸ 안축장을 고려해 인공수정체를 주로 선택하고 있다. 하지만 안축장과 전방깊이가 비례하지 않을 경우 특히 안축장이 짧거나 긴 경우에는 예측 굴절력의 오차가 커지게 된다.^{14,38} 술 후 굴절력 오차에 있어 술 후 전방깊이가 매우 중요하며, 특히 술 후 전방깊이에 관여하는 인자로 안축장보다 술 전 전방깊이가 더 중요함이 알려져 있기에¹⁴ 술 전 인공수정체도수 결정에 있어 술 전 전방깊이를 반드시 고려해야 한다고 생각되어진다. 따라서 저자들은 고가의 인공수정체 계산공식을 사용할 수 없고 A상수 및 전방 상수의 보정이 어려운 환경에서 오차를 줄이는 방법 중의 하나로 술자마다 전방깊이 및 안축장에 따른 굴절력 오차의 경험적인 결과를 바탕으로 인공수정체 결정하는 것이 도움이 될 것으로 생각된다.

본 연구에서는 생체계측상의 오차를 최소한으로 줄이기 위하여 검사에 오차를 유발할 수 있는 해부학적인 이상을 가진 경우를 제외하여 비교적 균일한 집단을 대상으로 하였고, 인공수정체 도수의 계산은 현재 가장 널리 사용되고 정확성이 인정받는 SKT-II, SRK/T 공식을 사용하였으며, 인공수정체도 한 종류만을 사용함으로써 오차에 영향을 미치는 다른 요인들을 최소화하려고 노력하였다. 본 연구의 제한점은 환자수가 충분하지 못하였다는 점으로 추후 좀 더 많은 수의 환자를 대상으로 표준화된 방법을 통한 비교 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결론적으로 전방깊이 및 안축장은 백내장 수술 후 실제 굴절력 오차에 유의한 영향력을 미치므로 술자마다 정확한 보정이 필요하겠지만 여의치 않을 경우에는 술자 개인적 경험을 바탕으로 전방깊이 및 안축장에 따른 굴절력 오차를 예측하여 인공수정체 도수를 결정하는 것이 도움이 될 수 있을 것 같다. 특히 전방깊이가 얇거나 안축장이 짧은 경우에는 술 후 큰 굴절력 오차를 유발할 수 있으므로 보다 신중한 인공수정체 선택이 필요할 것이다.

참고문헌

- 1) Holladay JT, Prager TC, Ruiz RS, et al. Improving the predictability of intraocular lens power calculations. Arch Ophthalmol 1986;104:539-41.
- 2) Mamalis N. Complications of foldable intraocular lenses requiring explanation or secondary intervention-1998 survey. J Cataract Refract Surg 2000;26:766-72.

- 3) Olsen T. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 1992;18:125-9.
- 4) Hitzengerger CK. Optical measurement of the axial eye length by laser Doppler interferometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1991;32: 616-24.
- 5) Drexler W, Findl O, Menapace R, et al. Dual beam optical coherence tomography: signal identification for ophthalmologic diagnosis. *J Biomed Opt* 1998;3:55-65.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) Kielhorn I, Rajan MS, Tesha PM, et al. Clinical assessment of the Zeiss IOLMaster. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:518-22.
- 10) Choi JH, Roh GH. The reproducibility and accuracy of biometry parameter measurement from IOL Master. *J Korean Ophthalmol Soc* 2004;45:1665-73.
- 11) Kim HJ, Kim HJ, Joo CK. Comparison of IOL Master, A-scan and Orbscan II for measurement of axial length and anterior chamber depth. *J Korean Ophthalmol Soc* 2003;44:1519-27.
- 12) 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.
- 13) McEwan JR, Massengill RK, Friedel SD. Effect of keratometer and axial length measurement errors on primary implant power calculations. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:61-70.
- 14) Olsen T. Prediction of the effective postoperative (intraocular lens) anterior chamber depth. *J Cataract Refract Surg* 2006;32: 419-24.
- 15) Weissman JL, Beatty RL, Hirsch WL, Curtin HD. Enlarged anterior chamber: CT finding of a ruptured globe. *AJNR Am J Neuroradiol* 1995;16:936-8.
- 16) Masket S. Alcon Restor multifocal-clinical pearls, mastering refractive IOLs, the art and science. Thorofare, NJ: Slack, Inc., 2008:125-9.
- 17) Bogan SJ, Waring GO 3rd, Ibrahim O, et al. Classification of normal corneal topography based on computer-assisted videokeratography. *Arch Ophthalmol* 1990;108:945-9.
- 18) 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.
- 19) 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.
- 20) Eleftheriadis H. IOLMaster biometry: refractive results of 100 consecutive cases. *Br J Ophthalmol* 2003;87:960-3.
- 21) Hwang JS, Lee JH. Comparison of the IOL master and A-scan ultrasound: Results of 96 consecutive cases. *J Korean Ophthalmol Soc* 2007;48:27-32.
- 22) Fedorov SN, Kolinko AI. A method of calculating the optical power of the intraocular lens. *Vestn Oftalmol* 1967;80:27-31.
- 23) 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.
- 24) 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.
- 25) Hoffer KJ. The Hoffer Q formula: a comparison of theoretic and regression formulas. *J Cataract Refract Surg* 1993;19:700-12.
- 26) Olsen T, Olesen H, Thim K, Corydon L. Prediction of pseudophakic anterior chamber depth with the newer IOL calculation formulas. *J Cataract Refract Surg* 1992;18:280-5.
- 27) Narvaez J, Zimmerman G, Stulting RD, et al. 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.
- 28) 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.
- 29) Haigis W. The Haigis formula. In: HJ S, ed. *Intraocular lens power calculations*. Thorofare, NJ: Slack, 2004; chap. 5.
- 30) Olsen T, Olesen H, Thim K, Corydon L. Prediction of postoperative intraocular lens chamber depth. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:587-90.
- 31) 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.
- 32) Olsen T. The Olsen formula. In: HJ S, ed. *Intraocular Lens Power Calculations*. Thorofare, NJ: Slack, 2004; chap. 4.
- 33) Sanders DR, Retzlaff JA, Kraff MC, et al. Comparison of the SRK/T formula and other theoretical and regression formulas. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:341-6.
- 34) Olsen T. Calculation of intraocular lens power: a review. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85:472-85.
- 35) 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.
- 36) Chang SW, Yu CY, Chen DP. Comparison of intraocular lens power calculation by the IOLMaster in phakic and eyes with hydrophobic acrylic lenses. *Ophthalmology* 2009;116:1336-42.
- 37) 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.
- 38) Gavin EA, Hammond CJ. Intraocular lens power calculation in short eyes. *Eye* 2008;22:935-8.

=ABSTRACT=

Effects of Anterior Chamber Depth and Axial Length on Refractive Error after Intraocular Lens Implantation

Hyo-Sung Maeng, MD, Eun Hye Ryu, MD, Tae-Young Chung, MD, PhD, Eui-Sang Chung, MD, PhD

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

Purpose: To investigate the error tendency between preoperative expected refraction and postoperative manifest refraction based on anterior chamber depth (ACD) and axial length (AXL) in cataract surgery cases and to report how ACD and AXL affect determination of intraocular lens (IOL) power.

Methods: We retrospectively studied 82 eyes of 62 patients who underwent cataract surgery in our hospital between August 2008 and January 2009. Anterior chamber depth and AXL were measured using IOL Master[®], and IOL power was calculated using the SRK II and SRK/T formulae. Patients were divided into three groups based on ACD and into another three based on AXL. Refractive error (RE) was analyzed one month after surgery.

Results: Though the RE of each group showed a tendency for hyperopic shifts, only those obtained with the SRK/T formula showed statistically significant differences between groups ($p < 0.05$). Using the SRK/T formula, we found that an increasing AXL was associated with an increased hyperopic shift. This was more pronounced in those with shallow ACD (< 2.5 mm), though the difference was not statistically significant. Similarly, an increase in ACD was associated with an increased hyperopic shift, and this difference was more pronounced in those with short AXL (< 22.5 mm), and this time the difference was statistically significant.

Conclusions: As ACD and AXL significantly affect RE, both should be considered when investigating postoperative RE tendency and when determining IOL power. Postoperative RE will be greatly affected by a short AXL or a shallow ACD, and therefore these factors should be considered in IOL power determination.

J Korean Ophthalmol Soc 2010;51(2):195-202

Key Words: Anterior chamber depth, Axial length, Refractive error

Address reprint requests to **Eui-Sang Chung, MD, PhD**

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

#50 Irwon-dong, Gangnam-gu, Seoul 135-710, Korea

Tel: 82-2-3410-3565, Fax: 82-2-3410-0074, E-mail: eschung@skku.edu