

고도근시안에서 마이너스 디옵터의 인공수정체 삽입 후 굴절력에 대한 고찰

권진우 · 이현수 · 박신혜 · 주천기

가톨릭대학교 의과대학 안과 및 시과학교실

목적: 안축장의 길이가 긴 고도근시안에서 마이너스 디옵터의 인공수정체 삽입 후 임상 결과에 대해서 고찰하였다.

대상과 방법: SRK-T 공식을 이용하여 마이너스 디옵터의 ACR6D SE[®] (Corneal SA, France) 인공수정체를 고도 근시를 동반한 백내장 환자 33명의 44안에서 삽입한 후 술 전 목표 굴절력과 술 후 6개월에 측정된 환자의 굴절력과 시력의 변화에 대해서 후향적으로 분석하였으며 술 후 나타난 굴절력의 오차의 원인에 대해서 알아보기 위해 안축장의 길이와 삽입한 인공수정체의 디옵터와 굴절력의 오차와의 관계에 대해서 분석을 시행하였다.

결과: 환자들은 술 전 목표 굴절력과 술 후 굴절력을 비교할 때 평균 $+1.04 \pm 1.05D$ ($p < 0.01$)의 통계학적으로 유의한 원시성 굴절력 오차를 보였다. 이는 안축장 길이가 길수록, 마이너스 디옵터가 커질수록 원시성의 굴절력 오차가 더 크게 나타났지만 통계학적으로 유의하지는 않았다.

결론: 술 후 시력에 있어 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다. 단 고도근시 환자에서 백내장 수술을 시행할 때에는 여러 가지 원인에 의해서 원시성 굴절력 오차가 발생할 수 있음을 감안하여 인공수정체의 도수를 정해야 하겠다.

〈대한안과학회지 2009;50(9):1308-1312〉

백내장 수술 시 인공수정체의 도수는 수술 후 굴절 상태나 시력을 결정하는 중요한 요소이다. 하지만 고도 근시 환자에서 인공수정체의 도수를 정하는데 있어 정확한 예측이 힘들다.¹⁻⁴ 처음 인공수정체의 도수를 계산하는 공식이 1967년 Fedorov 등에 의해서 제안된 이후 여러 세대를 거치면서 인공수정체 도수를 계산하는 공식은 발전해 왔다. Sanders-Retzlaff-Kraff (SRK) 공식이 계산을 통해 처음으로 도입된 회귀 공식으로 사용되어 왔으나 전방의 깊이를 고려하지 않았으며 안축장의 길이가 긴 경우 잘 맞지 않았다. 이후 후방 인공수정체를 주로 사용하게 되고 전방의 깊이가 안축장의 길이에 따라 달라진다는 것이 밝혀져 2세대 SRK II 공식이 도입되었다. 하지만 선형회귀분석에 의한 2세대 공식은 안축장이 길거나 짧은 경우 잘 맞지 않을 수도 있다는 것이 밝혀져 전방과 렌즈 위치의 관계에 대해 분석하여 만들어진 SRK-T, Holliday 1, Hoffer Q 등의 3세대 공식과 Holliday 2, L-SRK 등의 인공수정체 도수 계산 공식이 개발되었다.⁵⁻¹¹ 하지만 이 공식들의 정확성에 대한 연구는 아직

부족한 실정이며 여러 가지 제약으로 현실적으로 널리 이용되지는 못하고 있다. 또한 현재까지 밝혀진 바로는 이 공식들 역시안축장의 길이가 아주 긴 환자의 경우 부정확하며 산출 공식에 따라 결정되는 인공수정체의 도수에 큰 차이가 있는 것이 알려져 있다.¹⁰ 또한 이러한 오차에 대해서는 오차의 경향이나 오차의 원인에 대해 아직 확립된 바가 없으며 연구도 많이 부족한 실정이다. 따라서 우리는 심한 고도 근시를 동반한 백내장 환자를 대상으로 비교적 정확하다고 알려져 있고 흔히 사용하고 있는 SRK-T 공식을 이용하여^{8,11-14} 마이너스 디옵터의 렌즈를 삽입한 33명의 44안에서 술 전 목표 굴절력과 6개월 후 측정된 굴절력의 차이, 수술 전후의 나안시력과 교정시력의 비교, 안축장에 길이와 굴절력 오차 사이 관계, 삽입한 렌즈와 굴절력 오차 사이 관계 등에 대해 분석하였다.

대상과 방법

2004년 1월부터 2006년 12월까지 한 명의 술자에 의해 수정체유화술을 시행받고 마이너스 디옵터의 ACR6D SE[®] (Corneal SA, France) 인공수정체를 후방에 삽입하였고 수술 중 합병증이 발생하지 않은 33명 44안을 대상으로 후향적으로 분석하였다. 환자들은 고도 근시 이외에는 망막이상이나 녹내장 등의 이상이 발견되지 않은 환자를 대상으로 하였으며 안저 검사나 안구 초음파(B-scan)검사를 시행하여

■ 접 수 일: 2008년 10월 20일 ■ 심사통과일: 2009년 6월 23일

■ 책임저자: 주 천 기

서울특별시 서초구 반포동 505
가톨릭대학교 서울성모병원 안과
Tel: 02-2258-1188, Fax: 02-599-7405
E-mail: ckjoo@catholic.ac.kr

* 본 논문은 가톨릭중앙의료원에서 연구비의 일부를 지원받았음.

Table 1. Demographics of patients and implanted IOL

Variables	Patients
N (eyes)	33 (44)
Age (years)	59.4±9.7
Sex (Male / Female)	11 / 22
Axial length (mm)	33.20±2.46
IOL power (diopter)	-3.77±2.65

후공막 포도종이 발견되는 경우에는 연구에서 제외하기로 하였다. 환자들의 평균 연령은 59.4±9.7세(31~77세), 평균 안축장 길이는 33.20±2.46 mm (29.49~38.98 mm), 삽입한 인공수정체의 평균 디옵터는 -3.77±2.65D (-1~-10D) 이었다. 19안에서는 정시를 목표로 인공수정체의 도수를 결정하였으며 25안에서는 -2D 이상의 근시를 목표로 하여 인공수정체를 삽입하였다(Table 1).

안축장 길이는 Quantel medical AXIS-II® (Quantel medical SA, France)¹⁵를 이용하여 측정하였다. Quantel medical AXIS-II®는 전방에서는 1,530 m/sec, 수정체 1,641 m/sec, 유리체 1,532 m/sec의 속도를 갖는다. 이를 이용하여 안축장을 2회씩 측정한 후 긴 안축장을 이용하여 SRK-T공식을 적용하고 인공수정체 도수를 결정하였으며 초음파검사(B-scan)를 통해 후공막 포도종 여부를 확인하였다. 평균 구면 렌즈대응치로 계산된 굴절력 오차와 수술 전후 시력에 대해 SPSS V15.0을 이용하여 분석을 시행하였다. 수술 전후 시력의 비교와 굴절력의 변화의 분석은 Paired *t*-test를 이용하였으며 안축장의 길이와 삽입한 렌즈의 디옵터에 따른 굴절력 차이와의 관계를 알아보기 위해 단순 회귀분석을 이용하여 분석을 시행하였다. 또한 6개월까지 발생한 합병증에 대해서 분석하였다.

결 과

환자들의 평균 안축장 길이는 33.20±2.46 mm, 술 전 예상 굴절력은 평균 -1.88±1.12D였으며 수술 후 6개월째 굴절력은 전체군의 굴절력 -0.84±1.40D으로 나타났다. 목표 굴절력과 술 후 측정된 굴절력의 차이인 굴절력 오차는 +1.04±1.05D ($p<0.01$)로 원시성의 오차를 보였다.

굴절력에 따른 환자 분포를 살펴보면 굴절력 오차없이 술 전 목표 굴절력과 술 후 굴절력이 같았던 안구 수는 1안(2.2%), 목표 굴절력보다 근시로 나온 경우가 5안(11.4%), 목표 굴절력보다 원시로 나온 경우가 38안(86.4%)이었다. 구체적인 환자의 분포를 살펴보면 모든 환자는 -1.0D에서 +5.0D까지의 굴절력 오차를 보였으며 -1.0D에서 정시 사이에 5안(11.4%), 정시를 보인 환자 1안(2.2%), 정시에서 +1.0D까지 원시의 굴절력 오차를 보인 환자는 18안(40.9%),

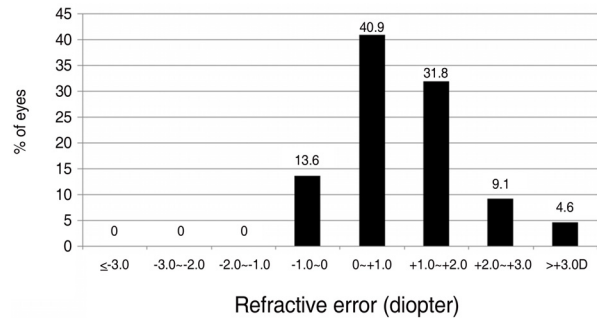


Figure 1. The graph of distribution of patients according to refractive error shows relative hyperopic results than our expectations (Refractive error=postoperative refraction at 6 months-preoperative target diopter).

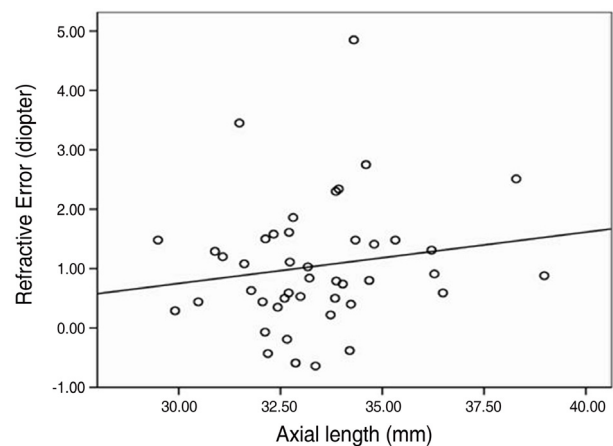


Figure 2. Scatter gram of axial length and refractive error shows the longer the axial length was, the larger hyperopic errors grew. But there were no statistically significant differences between them (Refractive error : postoperative refraction at 6 months-preoperative target diopter). ($r^2=0.025$ $p=0.302$ refractive error=0.086×axial length-1.842)

+1.0D 이상의 원시의 굴절력 오차를 보인 환자가 20안(45.5%)으로 나타났다(Fig. 1).

안축장 길이와 굴절오차의 관계를 알아보기 위해 단순 회귀 분석을 시행한 결과 안축장의 길이가 증가할수록 굴절 오차가 증가하는 양의 상관관계를 가졌으나 통계학적으로 유의하지는 않았으며($p=0.302$)(Fig. 2), 인공수정체 도수와 굴절오차의 상관관계 역시 삽입한 인공수정체의 디옵터가 큰 음의 값을 가질수록 굴절오차가 증가하는 것으로 나타났다으나 통계학적으로 유의하지는 않았다($p=0.102$)(Fig. 3).

수술 전과 술 후 6개월의 시력의 비교에서 전체 술 전 나안 시력은 0.039±0.035로 교정 시력은 0.108±0.096 측정되었다. 전체군의 술 후 나안 시력은 0.339±0.223, 교정 시력은 0.470±0.262을 보였다. 전체 환자를 술 전과 술 후

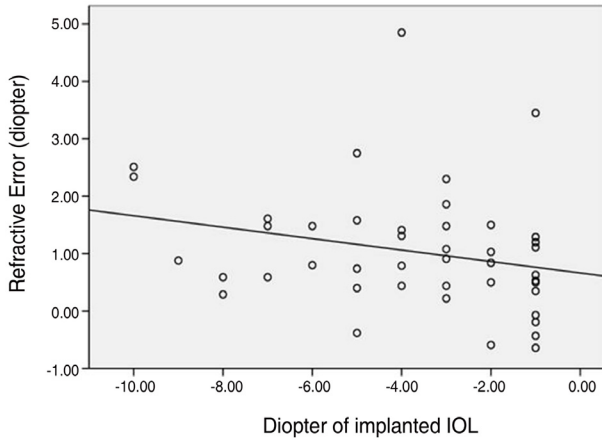


Figure 3. Scatter gram of IOL diopter power and re-fractive error shows the larger the minus diopter lens was inserted, the larger hyperopic errors grew. But there were no statistically significant differences between them (Refractive error=postoperative refraction at 6 months-preoperative target diopter). ($r^2=0.062$ $p=0.102$ refractive error= $-0.10 \times \text{IOL diopter} + 0.664$)

교정 시력을 Paired t -test를 이용하여 비교한 결과 통계학적으로 유의한 변화가 있었다($p<0.01$).

술 후 굴절력의 변화에 대해서 살펴보면 술 후 1주일째 굴절력은 $-1.04 \pm 1.43\text{D}$, 1개월째 $-0.88 \pm 1.37\text{D}$, 2개월째 $-0.88 \pm 1.44\text{D}$, 6개월째 $-0.84 \pm 1.40\text{D}$ 를 보여 추적 관찰 기간 중 원시화 경향을 보였으나 술 후 1개월째와 6개월째의 굴절력의 차이는 통계적으로 유의하지는 않았다($p=0.054$) (Fig. 4).

술 후 합병증으로는 술 후 추적 관찰 기간 중 발생한 망막 박리 2안이 발생하여 초자제 절제술을 2안에서 시행하였으며 근시성 맥락막 신생혈관 1안이 발생하여 신생혈관 억제제 유리체주입술을 시행하였고, 기존에 있었던 사시로 인한 복시로 경과 관찰 중인 1안이 있었으며, 후발성 백내장 4안이 있어 레이저 치료를 시행하였다.

고 찰

고도 근시의 환자에서 백내장 수술 후 굴절력은 수술 전에 예측이 힘들며 결과에 대해서도 오차가 많은 것으로 알려져 있다. 이를 보완하기 위해 현재까지 많은 연구를 통해 원인을 분석하려는 시도가 있어 왔고 여러 가지 공식이 개발되어 왔지만 확립된 의견이 없다. Zaldivar et al¹³에 따르면 27.0 mm 이상의 안축장을 가진 50안에서 백내장 수술 후 인공수정체를 삽입한 후 분석해 본 결과 인공수정체 도수가 -1.0D 에서 -4.0D 까지 오차를 보여 수술 후 원시화되는 경향이 있다고 하였다. Tsang et al¹⁰은 25 mm 이상의 안축

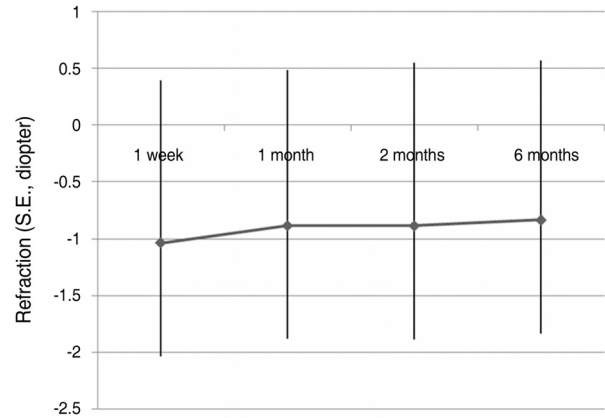


Figure 4. The change of postoperative refraction shows mild hyperopic shift. But there were no statistically significant differences between them ($p=0.054$).

* SE=spherical equivalent.

장을 가진 125안에서 평균 굴절률 오차를 $+0.74\text{D}$ 로 원시성의 오차를 보이며 1D 이하의 굴절률 오차를 보인 경우가 54.5%라고 하였으며 Chang et al¹⁶은 26.0 mm 이상의 안축장을 가진 79안에서 분석한 결과 26.0~28.4 mm의 안축장을 가진 안구에서는 $-0.26 \pm 0.77\text{D}$ 의 근시성 오차를 보였으며 28.4 mm 이상의 안축장을 보인 환자에서는 $-0.08\text{D} \pm 0.60\text{D}$ 의 근시성 오차를 보인다고 하기도 하였다.

고도근시 환자에서 원시성 굴절력 오차의 원인은 현재까지 발표된 바에 따르면 후공막 포도종(posterior staphyloma), 근시 환자의 A-scan의 부정확성 등이 있으며¹³ 각막 굴절력의 측정에서의 오차, 전방의 깊이에 대한 고려 등에서 원인을 찾기도 하였다.¹⁷ 향후 고도근시 환자에서 인공수정체 도수를 산출하는 공식의 정확도에 대한 비교와 수술 전후 전방 깊이 및 인공수정체의 위치 평가 및 시간에 따른 인공수정체의 위치 변화 등에 대한 추가 연구가 필요하리라 생각된다. 본 연구에서는 인공수정체의 위치에 대한 평가는 시행하지 않았으나 환자들의 시간 변화에 따른 굴절력의 변화를 분석하여 보면 통계적으로 유의하지는 않으나 6개월까지 추적 관찰 결과 원시화되는 경향을 보였다.

술 후 합병증에 대한 결과에 대해서 살펴보면 Ripandelli et al¹⁸은 930명의 양안 고도근시 환자에서 백내장 수술 후 36개월간 추적 관찰 결과 수술을 시행하지 않은 반대안의 경우 1.2%가 백내장 수술한 눈의 경우 8.0%에서 발생했다고 보고하였다. 우리의 연구 결과에서 망막 박리 합병증의 경우가 Ripandelli et al¹⁸ 보고에 비해 발생 비율이 낮긴 했으나 수술 후 추적 기간의 차이와 대상군 선정의 차이로 인해 정확한 비교는 시행할 수 없었다.

마이너스 디옵터의 인공수정체 삽입을 요하는 고도근시 환자에서도 백내장 수술 후 만족할 만한 나안시력 및 교정

시력을 얻을 수 있었다. 만약 인공수정체를 삽입하지 않고 무수정체 상태로 두었다면 술 후 시력 교정이 필요한 상태가 되어 환자가 불편했을 가능성이 있다. 또한 Nasisse et al¹⁹에 의하면 개를 통한 동물 실험에서 안구를 인공수정체를 삽입하는 것이 수정체 상피의 후방 이동을 완전히 막거나 섬유화 화생을 막지는 못하지만 섬유화 화생을 통해 수정체 낭이 주름지는 것을 막을 수 있는 효과는 있으며 후발성 백내장이 발생할 수 있는 공간을 제한할 수 있는 효과가 있다고 한 결과를 바탕으로 생각해 볼 때 후발성 백내장의 빈도도 줄일 수 있다. 환자의 불편도 줄이고 후발성 백내장의 빈도를 줄이기 위해 마이너스 디옵터의 렌즈가 필요할 정도의 고도 근시 환자에서도 인공수정체 삽입의 효용성은 있는 것으로 보인다.¹⁹⁻²²

이 실험에서 환자의 최종 나안 및 교정 시력이 낮은 것은 환자들의 고도 근시에 그 원인이 있다고 할 수 있는 것으로 사료된다. Xu et al²³의 최근 연구에 따르면 40세 이상의 -8D 이상의 근시 환자를 대상으로 한 연구에서 시신경의 모양에서 시신경 자체가 더 크며 시신경 주위 알파존(α -zone)의 위축이 더 크다고 하였으며 황반 변성에 있어서도 많은 수가 발견되었다고 하였다. 미세혈관의 이상에 있어서도 국소적인 동맥 직경의 감소가 시신경 주위나 변연부에서 더 많이 발견되었다고 하였고 동정맥 교차 등의 혈관 이상도 많이 발견되었다고 하였다. 이번 연구에 대상이 되었던 환자에서도 모두 근시성 시신경의 변성이 관찰되었는데 모두에서 시신경이 정상보다 컸으며 기울어진 모양을 보였다. 100%의 환자에서 시신경 주위 알파존(α -zone)의 위축이 관찰되었으며 술 후 6개월 내에 망막 박리 2예와 근시성 황반변성 1예가 있었다. 술 후 이러한 요인들이 최종 시력이 잘 나오지 않았던 원인이 되었을 것으로 사료된다. 이번 연구에서는 술 전에 황반 변성이 있었던 환자는 연구에서 제외하였기 때문에 Xu et al²³ 등이 발표하였던 통계와는 차이가 있었다.

결론적으로 마이너스 디옵터 렌즈를 요하는 심한 고도근시 환자에서 백내장 수술을 시행할 때에 술 전 안저검사 및 초음파검사(B-scan)를 통해 세밀한 평가가 이루어져야 하겠으며 수술시 무수정체 상태로 두는 것보다는 인공수정체를 삽입하는 것이 환자의 편의와 발생 가능한 합병증 등을 고려할 때 효용성이 클 것으로 사료된다. 인공수정체 도수를 결정함에 있어 SRK-T 공식을 사용하는 경우 원시성의 굴절률 오차가 발생할 수 있는 것을 감안해서 인공수정체 도수를 정하는 것이 필요하다. 또한 향후 여러 가지 인공수정체 도수를 계산 하는 공식에 대한 정확성에 대한 비교 연구도 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 1) Drews RC. Reliability of lens implant power formulas in hyperopes and myopes. *Ophthalmic Surg* 1988;19:11-5.
- 2) Huber C. Effectiveness of intraocular lens calculation in high ametropia. *J Cataract Refract Surg* 1989;15:667-72.
- 3) Kalogeropoulos C, Aspiotis M, Stefanidou M, Psilas K. Factors influencing the accuracy of the SRK formula in the intraocular lens power calculation. *Doc Ophthalmol* 1994;85:223-42.
- 4) Olsen T, Thim K, Corydon L. Accuracy of the newer generation intraocular lens power calculation formulas in long and short eyes. *J Cataract Refract Surg* 1991;17:187-93.
- 5) 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.
- 6) Hoffer KJ. The Hoffer Q formula: a comparison of theoretic and regression formulas. *J Cataract Refract Surg* 1993;19:700-12.
- 7) Hoffer KJ. The effect of axial length on posterior chamber lenses and posterior capsule position. *Current Concepts of Ophthalmic Surgery* 1984;1:20-22.
- 8) 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.
- 9) Sanders DR, Retzlaff JA, Kraff MC, et al. Comparison to the SRK/T formula and other theoretical and regression formulas. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:341-46.
- 10) Tsang CS, Chong GS, Yiu EP, Ho CK. Intraocular lens power calculation formulas in Chinese eyes with high axial myopia. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1358-64.
- 11) 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.
- 12) Lee EH, Lee HS. Comparisons of the SRK, SRK 2 and Holladay Formulas In Pseudophakic Patients. *J Korean Ophthalmol Soc* 1990;31:1514-9.
- 13) Zaldivar R, Shultz MC, Davidorf JM, Holladay JT. Intraocular lens power calculations in patients with extreme myopia. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:668-74.
- 14) Olsen T, Corydon L, Gimbel H. Intraocular lenspower calculation with an improved anterior chamber depth prediction algorithm. *J Cataract Refract Surg* 1995;21:313-9.
- 15) Packer M, Fine IH, Hoffman RS, et al. Immersion A-scan compared with partial coherence interferometry. *J Cataract Refract Surg* 2002; 28:239-42.
- 16) Chang YH, Lim SJ, Kim TH, Kim HB. Prediction of the Refractive Power after Cataract Surgery on Myopic Eyes. *J Korean Ophthalmol Soc* 1999;40:424-9.
- 17) Olsen T. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 1992;18:125-29.
- 18) Ripandelli G, Scassa C, Parisi V, et al. Cataract Surgery as a Risk Factor for Retinal Detachment in Very Highly Myopic Eyes. *Ophthalmology* 2003;110:2355-61.
- 19) Nasisse MP, Dykstra MJ, Cobo LM. Lens capsule opacification in aphakic and pseudophakic eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1995;233:63-70.
- 20) Gris O, Güell JL, Manero F, Müller A. Clear lens extraction to correct high myopia. *J Cataract Refract Surg* 1996;22:686-9.
- 21) Lee KH, Lee JH. The surgical outcome of clear lens extraction for

correction of severe high myopia. J Korean Ophthalmol Soc 1996; 37:63-69.

22) Hwang SY, Na KS, Choi GJ. A clinical study on cataract surgery

in high myopia. J Korean Ophthalmol Soc 1997;38:956-61.

23) Xu L, Li Y, Wang S, et al. Characteristics of Highly Myopic Eyes: The Beijing Eye Study. Ophthalmology 2007;114:121-6.

=ABSTRACT=

Clinical Result After Implantation of Minus Diopter Intraocular Lens in the High Myopia Patients

Jin Woo Kwon, MD, Hyun Soo Lee, MD, Sin Hye Park, MD, Choun Ki Joo, MD

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

Purpose: To investigate the clinical results of 44 high myopic eyes with cataracts which had minus diopter IOLs (Intraocular lenses) implanted during cataract surgery.

Methods: A retrospective chart review was done on 44 eyes in 33 patients who had undergone cataract extraction and minus diopter posterior chamber lens implantation. The IOL power was calculated using the SRK-T formula, and ACR6D SE[®] (Corneal SA, France) IOL was implanted in all cases. We evaluated pre-operative target refraction, post-operative refraction at six months, pre-operative visual acuity with and without correction, and post-operative visual acuity with and without correction. The relationships between axial length and refractive error and between the diopter of IOLs and refractive error were analyzed.

Results: The mean postoperative hyperopic refractive error compared to the preoperative target refraction was $+1.04 \pm 1.05D$, which was statistically significant ($p < 0.01$). The longer the axial length and the larger the minus diopter lens inserted, the larger the hyperopic error. However, there were no statistically significant differences between them.

Conclusions: Satisfactory results in visual acuity were obtained after cataract surgery in high myopic patients. However, when choosing the IOL power in high myopic patients, the possible development of postoperative hyperopic error should be considered. J Korean Ophthalmol Soc 2009;50(9):1308-1312

Key Words: Axial length, Cataract surgery, High myopia, Minus lens, SRK-T formula

Address reprint requests to Choun Ki Joo, MD

Department of Ophthalmology and Visual Science, Seoul St. Mary's Hospital

#505 Banpo-dong, Seocho-gu, Seoul 137-701, Korea

Tel: 82-2-2258-1188, Fax: 82-2-599-7405, E-mail: ckjoo@catholic.ac.kr