

ICL 삽입술 후 안축장 측정값의 변화

석주용¹ · 이담호² · 경학수¹ · 김준모³

국립중앙의료원 안과¹, 비전안과의원², 성균관대학교 의과대학 강북삼성병원 안과학교실³

목적: 안축장 측정은 백내장 수술의 인공수정체 도수계산에 있어서 중요한 변수이다. implantable collamer lens (ICL)의 유무가 안축장 측정에 어떤 영향을 미치는지 알아보려고 하였다.

대상과 방법: 76명 141안의 고도근시 환자를 대상으로 ICL 삽입술 전과 수술 후 1개월째 안축장을 압평 A-scan 초음파검사를 이용하여 측정하였다.

결과: ICL 삽입술 전과 수술 후 1개월째 안축장은 각각 28.03 ± 1.91 mm, 28.08 ± 1.86 mm로 수술 후 0.05 mm 더 길게 통계학적으로 유의하게 측정되었으며($p=0.036$), 술 전과 후의 안축장 값은 높은 상관관계를 보였다($R^2=0.9829$, $p<0.0001$).

결론: ICL 삽입술 후에 안축장 값이 의미있게 길게 측정 되었으나 0.05 mm의 안축장 차이는 인공수정체의 도수선택에 영향을 미치지 않을 정도의 작은 크기이다. 따라서 ICL 삽입 여부는 백내장 수술 시 인공수정체 도수 선택을 위한 안축장 측정에서 고려할 사항이기는 하나, ICL의 유무와 관계없이 백내장 수술 직전에 측정한 안축장을 그대로 인공수정체 도수계산공식에 사용하여도 무방할 것으로 생각한다.

〈대한안과학회지 2013;54(11):1675-1679〉

최근 ICL (implantable collamer lens) 삽입술은 LASIK (laser-assisted in-situ keratomileusis), LASEK (laser-assisted sub-epithelial keratectomy) 등이 불가능한 고도 근시를 포함한 많은 환자들에게 시행되고 있다. 고도근시안은 그렇지 않은 눈보다 백내장의 발생률이 높음이 보고되어 있다.¹⁻⁵ 또한 ICL 삽입술 후에 발생할 수 있는 백내장의 발생 등을 고려하여 볼 때 ICL 삽입술을 받은 고도근시 환자들은 상대적으로 높은 비율에서 백내장 수술을 받게 될 것임을 추측할 수 있다.⁶⁻⁹ 이로 인해 이 환자들이 추후 백내장 수술을 받게 될 경우 인공수정체 도수계산 시 ICL 자체의 렌즈 특성에 의한 안축장 측정오차를 고려하는 것이 중요함을 알 수 있으며, 본 저자들은 초음파(A-scan)를 이용하여 ICL 삽입술 전과 수술 후 1개월 시점의 안축장을 비교하여 ICL 존재 여부가 안축장 측정값에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

대상과 방법

2002년 5월부터 2003년 11월까지 구면렌즈대응치 평균 -12.61D(범위: -5D~-23D)의 근시 환자를 대상으로 한 술자(DL)에 의해 ICL 삽입술을 시술하고, 수술 전과 수술 후 1개월 시점의 안축장 측정값을 전향적으로 비교하였다. 망막질환이나 각막혼탁, 녹내장, 포도막염 등의 안질환이 동반된 경우는 수술 대상에서 제외하였으며, 76명 141안을 대상으로 하였다. 모든 환자에서 수술 전에 병력문진, 세극 등현미경검사, 안저검사, 나안시력 및 교정시력, 안압검사, 각막지형도검사(corneal topography, Oculus, Inc., St. Louis, MO, USA), 중심부 각막두께검사(corneal pachymeter; SP-2000, Tomey Co., Nagoya, Japan)와 안축장 검사(ultrasonic A/B scan; P37 A/B scan, Paradigm Medical Industries, Inc., Salt Lake City, UT, USA), 각막 곡률과 현성 및 조절마비하 굴절검사(auto ref-keratometer; RK-5, Canon Inc., Tokyo, Japan)를 실시하였다. 수술 전과 수술 후 1개월째의 안축장 값은 A-scan을 이용하여 압평(applanation)법으로 각막 중심부에서 각 3 회씩 측정하여 평균값을 구하였다.

ICL 삽입술이 결정된 환자는 술 후 발생할 수 있는 동공 폐쇄녹내장을 예방하기 위해서 최소한 수술 1주전에 Nd-YAG 레이저(neodymium YAG laser; YC-1300, Nidek, Gamagori, Japan)와 아르곤 레이저(argon laser; Ultima

■ Received: 2013. 2. 2. ■ Revised: 2013. 5. 21.
■ Accepted: 2013. 9. 23.
■ Address reprint requests to Damho Lee, MD, PhD
Vision Eye Center, #581-15 Sinsa-dong, Gangnam-gu, Seoul
135-120, Korea
Tel: 82-2-548-3579, Fax: 82-2-540-1431
E-mail: damholee@naver.com

2000 SE, Lumenis Inc., Santa Clara, CA, USA)를 이용한 주변부홍채절개술을 11시와 1시 방향에 각각 시행하였다. 삽입할 렌즈의 도수계산은 현성굴절검사상의 굴절이상을 기준으로 제조사(STAAR Surgical AG, Switzerland)의 공식을 따랐다. 수술 1일 전부터 0.3% ofloxacin을 하루에 6회씩 점안하였고, 술 전에 0.5% tropicamide/phenylephrine HCl를 10분 간격으로 3회 점안하여 산동시킨 후 0.5% proparacaine으로 점안마취하였다. 각막절개는 12시, 6시 방향에 각막천자를 시행하였고, 점탄물질(Ophthalmic, Carl Zeiss Meditec, Inc., Dublin, CA, USA)을 전방에 채운 후 렌즈삽입을 위해 이측 주변부 투명 각막에 3.2 mm 길이의 절개를 시행하였다. 삽입장치(STAAR ICL injector system)에 ICL 렌즈를 장착하여 위아래가 뒤집히지 않도록 렌즈를 전방으로 천천히 주입하였다. 전방천자된 부위로 manipulator를 이용하여 ICL 지지부(footplate)를 부드럽게 홍채 뒤로 밀어 넣고, 후방 내에 수평 방향으로 위치시켰다. Miostat (carbachol)를 사용하여 축소시키고 난 후 점탄물질은 평형염액(BSS, Alcon laboratories, Corp., Fort Worth, TX, USA)을 충분히 관류시켜 제거하였으며 각막절개창은 봉합하지 않고 수술을 마쳤다. 수술 당일부터 점안액으로 0.3% ofloxacin과 1% prednisolone acetate를 하루 4회씩 사용하였으며 1주 후 점안약을 중단하였다.

통계분석에는 paired *t*-test (SPSS statistics version 19.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하였고, *p*값이 0.05 미만일 경우 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

결 과

환자의 연령은 평균 29.9 ± 7.6 (범위 19-49)세였으며 남자가 22명 40안, 여자가 54명 101안이였다. 수술 전후의 환자의 안축장, 구면렌즈대응치, logMAR 시력은 Table 1과 같았다. ICL 삽입술 후 안축장이 평균 0.05 mm 더 길게 측정되었으며 통계적으로 유의했다($p=0.036$). 수술 전후의 안축장 값을 상관관계분석을 시행 한 결과 R^2 값이

0.9829로 높은 상관관계가 있었다($p<0.0001$) (Fig. 1).

고 찰

최근 들어 ICL은 초고도 근시에서도 시행이 가능하다는 장점과 좋은 예측도로 인해 임상에서 많이 쓰이고 있는 굴절교정수술이다. 이전의 연구들에서 ICL 삽입술 후 백내장이 발생할 수 있음이 보고되었으며 그 원인으로는 ICL과 수정체 표면과의 기계적인 접촉, 수정체 앞면으로의 방수순환 변화, 혈액방수장벽의 변화로 유발되는 무증상 염증(subclinical inflammation) 등이 제시되어 왔다.⁶⁻¹³ 또한 고도근시안은 그렇지 않은 눈보다 핵백내장과 후낭하백내장이 높은 빈도에서 발생하며 이러한 고도근시안에서는 유리체 액화의 증가로 인한 유리체내 액체의 흐름의 증가와 이로 인한 산소와의 접촉이 핵 백내장을 가속화 시키는 것으로 발표된바 있다.^{1-5,14} 한편 고도근시안에서 안축장이 시간이 지남에 따라 길어짐이 보고되어 있고, ICL이 삽입된 고도근시안에서의 백내장성 변화는 앞서 설명한 원인들에

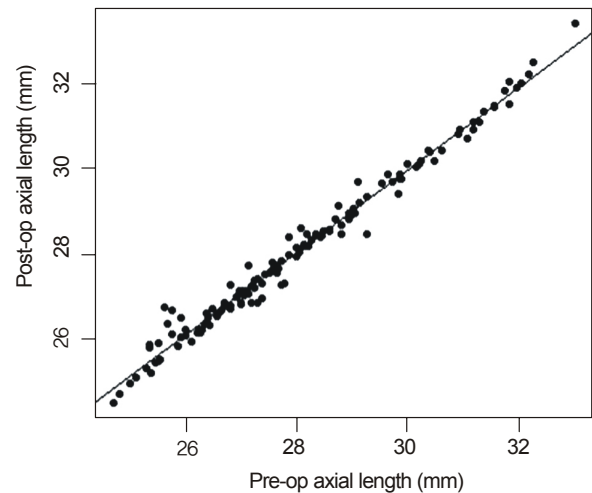


Figure 1. Relation between preoperative axial length (x-axis) and postoperative axial length (y-axis) ($y = 0.9665x + 0.9844$, $R^2 = 0.9829$, $p < 0.0001$).

Table 1. Demographics of patients and preoperative and postoperative characteristics

Demographics			
Age (years)	29.9 ± 7.6 (range; 19-49)		
Sex (Female/Male) (eyes)	54 (101) / 22 (40)		
	Pre-op.	Post-op.	<i>p</i> -value*
Axial Length (mm)	28.03 ± 1.91	28.08 ± 1.86	0.036
Spherical Equivalent (D)	-12.61 ± 4.34	-0.93 ± 0.95	<0.0001
BCVA (log MAR)	0.06 ± 0.21	-0.03 ± 0.18	<0.0001

Values are presented as mean \pm SD.

Pre-op. = Preoperative; Post-op. = Postoperative; D = diopter; BCVA = best corrected visual acuity; log MAR = log minimal angle of resolution.

*From the paired *t*-test.

의해 시간이 지남에 따라 더욱 증가할 것이라고 추측할 수 있다.^{15,16} 그리고 백내장 수술 전 인공수정체 도수선택을 위해 가장 중요한 과정 중 하나인 안축장의 측정에서, ICL 삽입술을 받은 환자는 ICL의 광학적 성질에 의한 안축장 측정오차가 발생할 수 있다는 점을 고려하는 것이 백내장 수술 시 정확한 인공수정체 도수결정에서 중요하다. 그러나 삽입된 ICL이 안축장 측정치에 미치는 영향에 대한 연구는 아직 동양인에서 발표된 적이 없다.

과거 Hoffer¹⁷에 의하여 본 저자들과 동일한 목적으로 안내렌즈가 삽입된 눈에서 A-scan 초음파를 이용한 안축장 측정에 관한 연구가 발표된바 있다. 그는 여러 재질의 안내렌즈 중 collamer 재질(1740 m/s)이 안구 내 초음파의 속도(1550 m/s)와 가장 작은 차이를 보이고, 이론적으로 collamer 내에서의 빠른 초음파 속도 때문에 ICL 삽입술 후 안축장은 미세하지만 수술 전보다 더 짧게 측정될 것이라고 하였다. 그리고 고도근시용 ICL은 광학부 중심두께가 0.11 mm로 아주 얇아서 안축장 측정에 미미한 영향을 끼친다고 보고하였다. Sanders et al¹⁸은 부분결합간섭방식(partial coherence interferometry)을 이용한 IOL Master (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA)를 사용하여 임상적으로 ICL 삽입술 전후의 안축장 측정치를 비교하였다. 이 연구에서는 수술 후 안축장이 본 연구와 마찬가지로 수술 전보다 약간 더 길게 측정되었는데, 수술 전후 안축장 측정치 오차는 0.1 mm 이하로 작아서 안구 내 ICL 존재 유무로 인해 발생하는 안축장 측정 오차가 인공수정체 도수선택에 별 영향을 미치지 않는다고 하였다. 또한 Khokhar et al¹⁹은 6명 12안을 대상으로 비접촉성 A-scan을 이용하여 ICL 삽입술 전후 안축장을 비교하였는데 술 전후 통계적으로 유의한 측정치 변화는 없었다고 하였고, 따라서 ICL 삽입술을 받은 환자에서 ICL 삽입술 후 안축장 측정치를 백내장 수술에 그대로 사용하여도 임상적으로는 별문제가 없을 것이라고 하였다.

우리 연구결과에서는 ICL 삽입술 후 안축장이 평균 0.05 mm 더 길게 측정되었으나 수술 전후 평균값의 차이인 0.05 mm는 A-scan을 이용하여 안축장을 측정할 때 흔히 관찰되는 측정 오차범위보다 작다. 본 연구 대상 환자들의 술 전 평균 안축장인 28.03 mm와 평균 구면렌즈대응치인 -12.61D를 Hoffer¹⁷와 Sanders et al¹⁸의 연구 결과에 술 전 값으로 대입하여 산출된 술 후 안축장을 비교하면 본 연구에서 Hoffer¹⁷의 이론적 결과보다 0.06 mm 길게 측정되었으며, Sanders et al¹⁸의 임상적 결과보다는 0.01 mm 짧은 값을 얻을 수 있다. Hoffer¹⁷는 이론적으로 술 후 안축장이 약간 더 짧게 측정된다고 하였으나 본 연구에서는 Sanders et al¹⁸의 임상 연구에서와 같이 술 후 안축장이 평

균적으로 약간 더 길게 측정되었다. Hoffer¹⁷의 이론적 측정치와 달리 Sanders et al¹⁸과 우리의 연구에서는 술 후 안축장 측정치가 약간 더 길게 측정된 원인으로는 ICL 삽입술 후 정시에 가까운 시력이 되면서 A-scan 프로브의 고정 빛(fixation target)을 정확하게 주시함으로써 초음파가 황반에 좀더 가깝게 도달하고, 이로 인해 술전보다 안축장이 더 정확하고 길게 측정되었을 가능성을 추론해 볼 수 있다.

평균적으로 0.1 mm의 안축장 차이는 SRK 공식에 의한 인공수정체 도수계산에서 0.25D의 차이를 유발하므로, 본 연구에서 나타나는 수술 전후 0.05 mm의 안축장 차이는 0.125D의 굴절력 차이를 유발한다.²⁰ 현재 시중에 유통중인 인공수정체가 0.5D 단위로 생산되는 것을 고려하면 Hoffer¹⁷와 Sanders et al¹⁸의 결과와 마찬가지로 이는 인공수정체의 도수선택에 거의 영향을 주지 않는다고 할 수 있다. 수술 전후 안축장 값이 높은 상관관계를 보였다는 점 역시 수술 전후의 두 값이 측정 오차가 거의 발생하지 않았고, 밀접하게 연관되어 있음을 알 수 있다($R^2=0.9829$, $p<0.0001$).

앞서 언급한 바와 같이 고도근시 환자에서 안축장이 시간이 지남에 따라 증가함을 고려하면 추후 백내장 수술을 받게 될 경우 인공수정체 도수 계산을 위한 안축장은 백내장 수술 직전에 측정한 안축장을 적용해야 정확한 굴절값을 얻을 수 있다. 그리고 본 연구 결과에서는 이전의 다른 연구들과 같이 ICL 자체의 광학적 성질로 인한 안축장의 측정오차는 미미하기 때문에 ICL의 유무가 인공수정체 도수 결정에 고려할 사항이기는 하지만, 인공수정체의 도수 선택에 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

본 연구의 한계점으로는 대상인들이 고도근시안임을 고려할 때 안축장의 측정방법에 있어서 후극포도종이 있는 환자에서 정확한 안축장 측정이 이루어지지 않았을 가능성이 있고, 압평법에 의한 각막의 미세한 함입에 의한 오차가 발생 가능했을 것으로 생각한다. 그러나 수술 전후의 측정 방법이 동일하게 압평법이었기 때문에 수술 전후 안구 내 ICL 존재유무로 인한 측정 오차가 얼마나 발생하는지에 대한 연구로는 무리가 없었을 것이라 생각한다.

결론적으로 ICL 삽입술 후 A-scan을 이용한 안축장 측정값은 수술 전과 미세한 차이가 있어서 인공수정체의 도수계산에 고려할 사항이기는 하지만, 그 차이가 인공수정체의 도수 결정에 미치는 영향이 아주 작으므로 백내장 수술 직전 측정한 안축장 값을 그대로 사용하여도 무방할 것으로 생각한다.

REFERENCES

- 1) Jeon S, Kim HS. Clinical characteristics and outcomes of cataract

- surgery in highly myopic Koreans. *Korean J Ophthalmol* 2011; 25:84-9.
- 2) Kubo E, Kumamoto Y, Tsuzuki S, Akagi Y. Axial length, myopia, and the severity of lens opacity at the time of cataract surgery. *Arch Ophthalmol* 2006;124:1586-90.
- 3) Praveen MR, Shah GD, Vasavada AR, et al. A study to explore the risk factors for the early onset of cataract in India. *Eye (Lond)* 2010;24:686-94.
- 4) Tuft SJ, Bunce C. Axial length and age at cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:1045-8.
- 5) Younan C, Mitchell P, Cumming RG, et al. Myopia and incident cataract and cataract surgery: the blue mountains eye study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002;43:3625-32.
- 6) Fernandes P, González-Méjome JM, Madrid-Costa D, et al. Implantable collamer posterior chamber intraocular lenses: a review of potential complications. *J Refract Surg* 2011;27:765-76.
- 7) Sanders DR. Anterior subcapsular opacities and cataracts 5 years after surgery in the visian implantable collamer lens FDA trial. *J Refract Surg* 2008;24:566-70.
- 8) Sanders DR, Doney K, Poco M. United States Food and Drug Administration clinical trial of the Implantable Collamer Lens (ICL) for moderate to high myopia: three-year follow-up. *Ophthalmology* 2004;111:1683-92.
- 9) Sanders DR, Vukich JA, Doney K, Gaston M. U.S. Food and Drug Administration clinical trial of the Implantable Contact Lens for moderate to high myopia. *Ophthalmology* 2003;110:255-66.
- 10) Jimenez-Alfaro I, Benítez del Castillo JM, García-Feijóo J, et al. Safety of posterior chamber phakic intraocular lenses for the correction of high myopia: anterior segment changes after posterior chamber phakic intraocular lens implantation. *Ophthalmology* 2001;108:90-9.
- 11) Pérez-Santonja JJ, Iradier MT, Benítez del Castillo JM, et al. Chronic subclinical inflammation in phakic eyes with intraocular lenses to correct myopia. *J Cataract Refract Surg* 1996;22:183-7.
- 12) Kawamorita T, Uozato H, Shimizu K. Fluid dynamics simulation of aqueous humour in a posterior-chamber phakic intraocular lens with a central perforation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2012;250:935-9.
- 13) Uozato H, Shimizu K, Kawamorita T, Ohmoto F. Modulation transfer function of intraocular collamer lens with a central artificial hole. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2011;249:1081-5.
- 14) Harocopos GJ, Shui YB, McKinnon M, et al. Importance of vitreous liquefaction in age-related cataract. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45:77-85.
- 15) Saka N, Moriyama M, Shimada N, et al. Changes of axial length measured by IOL master during 2 years in eyes of adults with pathologic myopia. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2013;251:495-9.
- 16) Takahashi A, Ito Y, Iguchi Y, et al. Axial length increases and related changes in highly myopic normal eyes with myopic complications in fellow eyes. *Retina* 2012;32:127-33.
- 17) Hoffer KJ. Ultrasound axial length measurement in biphakic eyes. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:961-5.
- 18) Sanders DR, Bernitsky DA, Harton PJ Jr, Rivera RR. The Visian myopic implantable collamer lens does not significantly affect axial length measurement with the IOLMaster. *J Refract Surg* 2008;24:957-9.
- 19) Khokhar SK, Agarwal T, Dave V. Comparison of preoperative and postoperative axial length measurement with immersion A-scan in ICL cases. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:2168-9.
- 20) Retzlaff JA, Sanders DR, Kraff M. Lens implant power calculation: a manual for Ophthalmologists & Biometrists, 3rd ed. Thorofare, NJ: SLACK Incorporated, 1990.

=ABSTRACT=

Axial Length Change after Implantable Collamer Lens Implantation

Ju Yong Seok, MD¹, Damho Lee, MD, PhD², Haksu Kyung, MD, PhD¹, Joon Mo Kim, MD, PhD³

Department of Ophthalmology, National Medical Center¹, Seoul, Korea

Vision Eye Center², Seoul, Korea

Department of Ophthalmology, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine³, Seoul, Korea

Purpose: The axial length measurement is an important variable in calculating the intraocular lens (IOL) power in cataract surgery. In this study, the effects of the implantable collamer lens (ICL) on the axial length measurement were investigated.

Methods: The axial lengths of 141 eyes of 76 highly myopic patients were measured before ICL implantation and 1 month postoperatively using applanation A-scan ultrasound.

Results: The measured axial lengths before ICL implantation and 1 month after the surgery were 28.03 ± 1.91 mm and 28.08 ± 1.86 mm respectively, with a statistically significant difference of 0.05 mm ($p = 0.036$). These 2 values showed a high correlation ($R^2 = 0.9829$, $p < 0.0001$).

Conclusions: Even though the axial length after ICL implantation significantly increased, the 0.05 mm change was too small to influence the determination of the IOL diopters in cataract surgery. Therefore, ICL implantation history may be reflected when measuring the axial length for the IOL power calculation in cataract surgery, but the axial length measured immediately before the cataract surgery may be used to calculate the IOL power regardless of the ICL implantation history. J Korean Ophthalmol Soc 2013;54(11):1675-1679

Key Words: A-scan ultrasonography, Axial length measurement, Implantable collamer lens

Address reprint requests to **Damho Lee, MD, PhD**

Vision Eye Center

#581-15 Sinsa-dong, Gangnam-gu, Seoul 135-120, Korea

Tel: 82-2-548-3579, Fax: 82-2-540-1431, E-mail: damholee@naver.com