

수술 전 Crystalline Lens Rise가 안내후방인공수정체 삽입술 후 Vaulting에 미치는 영향

곽애영^{1,2} · 류익희³ · 김진국⁴ · 김태임¹ · 하병진⁵

연세대학교 의과대학 안과학교실, 시기능 개발 연구소¹, 실로암 안과병원², 아이앤유 안과의원³,
강남밝은세상 안과의원⁴, 밝은눈 안과의원⁵

목적: 안내후방인공수정체(Implantable contact lens :ICL) 삽입술 후 Vaulting에 영향을 미치는 인자들을 확인하고 특히 수술 전 계속한 Crystalline lens rise (CLR)과 ICL 삽입 후 Vaulting과의 상관성에 대해 연구하고자 하였다.

대상과 방법: 고도근시로 ICL 삽입술을 받은 29명, 53안을 대상으로 후향적 연구를 진행하였다. 수술 전 각막지형도를 통해 각막윤부직경(White-to-White:WTW), 전방깊이(Anterior chamber depth, ACD)를 측정하고 전안부 빛간섭단층촬영(Anterior segment OCT)으로 수술 전 Crystalline lens rise (CLR) 값과 수술 후 6개월에 중심 vaulting을 측정하여, 상관관계 분석, 다중 회귀 분석을 통해 수술 후 vaulting에 영향을 주는 계측 값들을 확인하였다.

결과: 수술 전 평균 구면렌즈 대응치(Spherical equivalent:SE)는 -8.84 ± 1.81 D, WTW는 11.81 ± 0.30 mm, ACD는 3.32 ± 0.30 mm, CLR 값은 -120 ± 219 μ m였다. 수술 후 6개월째 중심 vaulting 평균 값은 544 ± 175 μ m였으며 수술 전 SE ($p<0.05$), WTW ($p<0.01$), ACD ($p<0.05$), CLR ($p=0.001$)이 수술 후 6개월의 vaulting 값과 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다. 상관관계가 입증된 변수들을 이용하여 다중선형회귀분석을 시행한 결과 CLR, WTW, ACD, SE의 순으로 수술 6개월 후 vaulting에 큰 영향력을 미치는 인자임을 확인할 수 있었으며(adjusted $R^2=0.559$), vaulting을 예측할 수 있는 다음과 같은 선형회귀식을 얻었다. Vaulting (μ m) = $(160.913 \times \text{ACD (mm)}) + (170.134 \times \text{WTW (mm)}) + (-0.338 \times \text{CLR (\mu m)}) + (-23.783 \times \text{SE (D)}) - 2250.184$.

결론: 본 연구를 통해 기존 연구에서 vaulting에 영향을 주는 것으로 알려진 WTW, ACD, SE 보다 Crystalline lens rise (CLR) 값이 통계적으로 더욱 유의하게 vaulting에 영향을 주는 것으로 확인하였다. 따라서 수술 전 ICL vaulting을 예측 시 새로운 변수인 CLR 또한 고려해야 할 것으로 생각한다.

〈대한안과학회지 2012;53(12):1749-1755〉

초고도 근시를 교정하는 수술적 치료에 있어 LASIK (laser in situ keratomileus)과 같은 각막 굴절교정 수술은 각막 돌출증, 각막퇴행, 고차 광학수차 등의 발생으로 효과 및 안정성이 떨어질 수 있어 투명수정체 적출술이나 유수정체 인공수정체 삽입술이 시행되고 있다. 1997년 국내에 소개된 ICL (Implantable contact lens)은 안내 후방 유수정체 인공수정체로 고도근시 환자의 굴절교정에 있어 효과적이며 안전한 수술로 알려졌다.¹⁻⁵ ICL 삽입술은 굴절력 예측이 가능하고 조절기능이 유지되는 장점이 있으며 전방의 구조 및 각막내피세포에 대한 손상이 적으며 렌즈 제거 및 교체가 용이하다고 보고되고 있다.⁶⁻⁸ ICL 삽입술 후 ICL후면과 수정체전면과의 거리인 vaulting 값이 낮으면 2

차적인 백내장 발생의 위험이 높아지며, vaulting 값이 높을 경우 홍채와 많은 접촉을 하게 되어 색소분산이 발생할 수 있다.⁹ 따라서 수술 후 정확한 vaulting을 예측하는 것이 ICL 삽입 후 안정성에 있어 매우 중요한 요소라 할 수 있겠다.

현재까지 알려진 안내후방인공수정체를 삽입한 후의 vaulting에 영향을 주는 인자로는 나이, 각막윤부직경(White-to-White: WTW), 전방깊이(Anterior chamber depth: ACD), 섬모체고랑 사이거리(Sulcus-to-sulcus: STS), 구면렌즈 대응치(Spherical equivalent: SE), ICL의 크기 등이 있다.^{10,11}

이에 저자들은 추가적으로 Crystalline lens rise (CLR) 값과 vaulting의 상관성 여부를 확인해보고자 하였다. Baikoff et al^{12,13}이 제시한 CLR는 수술 전 수정체(crystalline lens) 위치의 전방 돌출 정도, 즉 해부학적으로 수정체가 얼마나 앞쪽으로 치우쳐 있는지를 의미하는 값인데 저자들은 이 CLR 값이 안내후방인공수정체 삽입술 후 vaulting에 영향을 줄 수 있을 것이라 예상하였다.

본 연구는 안내 후방 유수정체 인공수정체 삽입술을 시

■ 접수 일: 2012년 2월 25일 ■ 심사통과일: 2012년 6월 25일
■ 게재허가일: 2012년 11월 6일

■ 책임저자: 하 병 진

서울특별시 서초구 강남대로 465
밝은눈 안과의원
Tel: 02-2086-0088, Fax: 02-2086-0099
E-mail: nairwiny@naver.com

행한 29명의 53안을 대상으로 vaulting에 영향을 주는 인자들을 예측하여 구면렌즈 대응치(SE), 각막윤부직경(WTW), 전방깊이(ACD), Crystalline lens rise (CLR) 등을 측정하였고 vaulting과의 상관성에 대해 확인하고자 하였다.

대상과 방법

2010년 1월부터 2010년 12월까지 ICL 시술을 받은 고도근시 환자 중 6달 이상 추적관찰이 가능했던 29명 53안을 대상으로 후향적 연구를 시행하였다. 만 21세 미만이거나 전방 깊이가 2.8 mm 미만인 경우, 각막내피 세포수가 2000 cells/mm² 미만인 경우, 녹내장, 포도막염 등 안내 질환이 있는 경우, 안내 수술의 기왕력이 있는 경우, 당뇨병나 고혈압, 결체조직질환 등의 전신질환이 있는 경우는 제외하였다.

수술 전 검사로 나안시력 및 최대 교정시력, 현성 및 조절마비굴절검사, 세극등검사, 전방각경 검사, 안압 및 안저검사, 중심각막두께검사, 각막윤부직경검사, 각막곡률반경검사, 각막지형도 검사를 시행하였다.

모든 환자에게 ICL 삽입술 후 발생 가능한 동공폐쇄 녹내장을 예방하기 위해 Argon 레이저와 Nd-YAG 레이저를 이용한 주변부 홍채 절개술을 수술 2주 전에 시행하였다. 수술은

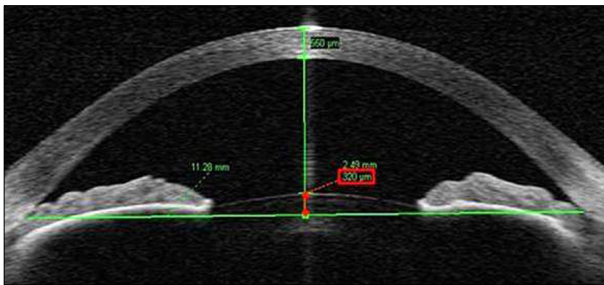


Figure 1. Crystalline lens rise which is the distance between the anterior pole of the crystalline lens and the line connecting the 3 o'clock to 9 o'clock angle recess is measured on the horizontal diameter median image of anterior segment OCT. In this patient, crystalline lens rise is 320 μ m.

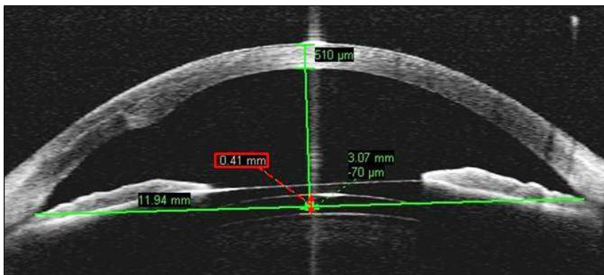


Figure 2. Anterior segment OCT image of the left eye of a 25-year-old man at 6 months after ICL implantation. Vaulting is 410 μ m.

단일 술자에 의해 진행되었으며 Mydrin-P[®] (Tropicamide/phenylephrin HCL)를 사용하여 8 mm 이상 충분히 산동시킨 후 0.5% Alcaine으로 점안마취하였다. 각막 6시, 12시 방향에 1 mm 정도의 전방 출입구를 만든 후 점탄물질을 주입하고 홍채와 평행하게 3.2 mm 투명 각막절개창을 만들어 제조사의 ICL 삽입장치(STAAR ICL injector system)를 통해 홍채 앞쪽으로 ICL을 주입하였다. ICL이 충분히 퍼진 것을 확인하며 Sinsky hook를 전방출입구를 통해 넣어 ICL의 지지부를 눌러 동공을 통해 홍채 뒤쪽으로 밀어 넣었다. ICL의 위치를 확인한 후 점탄 물질을 제거하고 Miostat[®] (Carbachol)을 주입하여 동공을 수축시킨 후 절개창은 봉합하지 않고 수술을 마쳤다. 수술 중 모든 조작은 가능한 각막내피와 수정체 전방, 홍채에 손상이 없도록 세심한 주의를 기울였다.

수술 전 전방깊이(ACD)와 각막윤부직경(WTW)은 각막지형도(ORB scan IIz, Bausch & Lomb, Rochester, NY, USA)를 통해 측정하였다.

수정체 위치의 전방 돌출정도인 Crystalline lens rise (CLR)에 대한 해부학적인 기준은 Baïkoff et al¹²이 정하고 Kucumen et al¹⁴이 적용한 바 있으며, 저자들은 이와 동일하게 술 전 전안부 빛간섭단층촬영(Visante OCT, Carl Zeiss Meditec Inc., Dublin, USA)을 통해 얻은 영상에서 기계에 내장된 소프트웨어(software)를 이용하여 측정하였다. 3시 방향과 9시 방향(3 to 9 o'clock) 전방각(iridocorneal angle)을 수평으로 연결한 선에서 수정체의 전극(anterior pole)까지의 거리를 Crystalline lens rise (CLR)로 하였다 (Fig. 1).

수술 후 6개월에 최대 교정시력, 세극등검사, 전안부 빛간섭단층촬영(AS-OCT)을 통한 중심부 vaulting을 각각 측정하였다(Fig. 2). 수술 후 6개월에 측정한 vaulting에 대한 술 전 환자의 나이, 구면렌즈 대응치(SE), 각막윤부직경(WTW), 전방깊이(ACD), crystalline lens rise (CLR)의 영향을 상관관계 분석(Pearson's correlation analysis)과 다중선형회귀분석(Multiple linear Regression Analysis)을 통해 조사하였다. 모든 통계적 분석은 SPSS v18.0 (SPSS INC., Chicago, USA)을 이용하였으며, *p*-value의 유의 수준은 0.05 미만으로 하였다.

Table 1. Preoperative data of 53 eyes that underwent ICL implantation

Parameter	Mean \pm SD (range)
Age (yrs)	26 \pm 4 (18 to 32)
Spherical equivalent (D)	-8.84 \pm 1.81 (-3.88 to -12.75)
White-to-white (mm)	11.81 \pm 0.30 (11.1 to 12.2)
Anterior chamber depth (mm)	3.32 \pm 0.30 (2.87 to 3.92)
Crystalline lens rise (μ m)	-120 \pm 219 (-700 to 320)

결 과

수술 환자는 총 29명, 53안으로 남자 13명, 여자 16명, 평균나이 25.9세(18-32세), 평균 관찰기간은 8.7개월(6-19개월)이었다. 수술 전 평균 SE는 $-8.84 \pm 1.81\text{D}$ ($-3.88 \sim -12.75\text{D}$)였으며 평균 WTW은 $11.81 \pm 0.30\text{ mm}$ ($11.1 \sim 12.2\text{ mm}$), 평균 ACD는 $3.32 \pm 0.30\text{ mm}$ ($2.87 \sim 3.92\text{ mm}$)였다. 그리고 환자들의 수술 전 평균 Crystalline lens rise (CLR) 값은 $-120 \pm 219\text{ }\mu\text{m}$ ($-700 \sim 320\text{ }\mu\text{m}$)였다(Table 1). 수술 후 6개월째 최대 교정시력의 평균은 1.20 ± 0.10 이며

중심 vaulting 값의 평균은 $544 \pm 174\text{ }\mu\text{m}$ ($210 \sim 980\text{ }\mu\text{m}$)였다.

수술 후 ICL 위치이상이나 vaulting이 과도하게 높거나 낮아서 ICL을 제거한 경우는 없었으며 일시적인 고안압, 녹내장, 색소분산 증후군, 망막박리, 백내장, 유의한 각막내피 세포수감소 등의 합병증은 발생하지 않았다.

상관관계 분석(Pearson's correlation analysis)에 따르면 수술 후 6개월째의 vaulting 값이 수술 전 SE (Pearson coefficient = -0.317 , $p=0.021$), WTW (Pearson coefficient = -0.440 , $p<0.001$)와 ACD (Pearson coefficient = -0.586 ,

Table 2. Correlation analysis between vaulting and preoperative data

	Age	SE	WTW	ACD	CLR
Vaulting					
Pearson coefficient	-0.248	-0.317	0.440	0.586	-0.531
<i>p</i> -value	0.073	0.021*	0.001†	0.000†	0.000†

SE = spherical equivalent; WTW = white-to-white distance; ACD = anterior chamber depth; CLR = crystalline lens rise.

* $p < 0.05$; † $p < 0.001$.

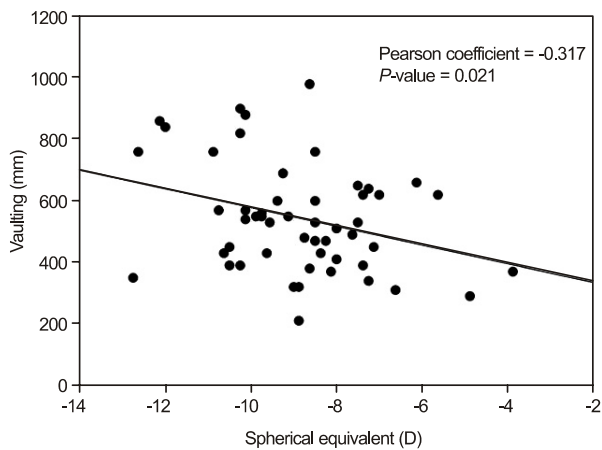


Figure 3. Correlation between spherical equivalent and the central vaulting of the ICL.

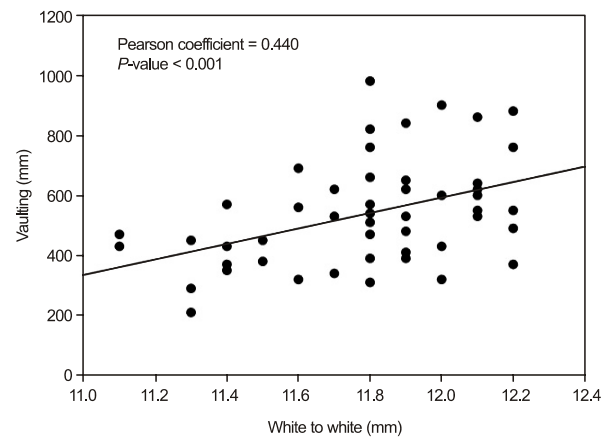


Figure 4. Correlation between horizontal white-to-white distance and the central vaulting of the ICL.

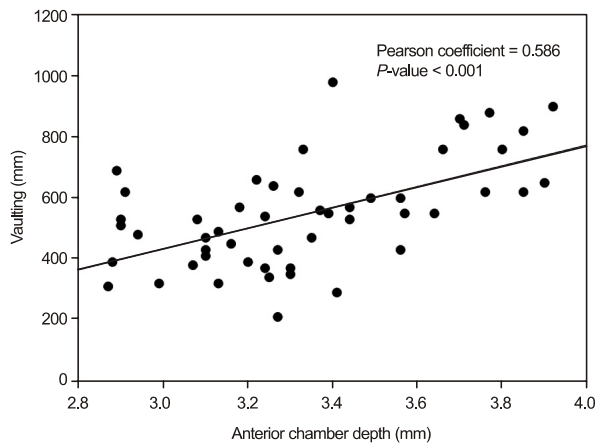


Figure 5. Correlation between anterior chamber depth and the central vaulting of the ICL.

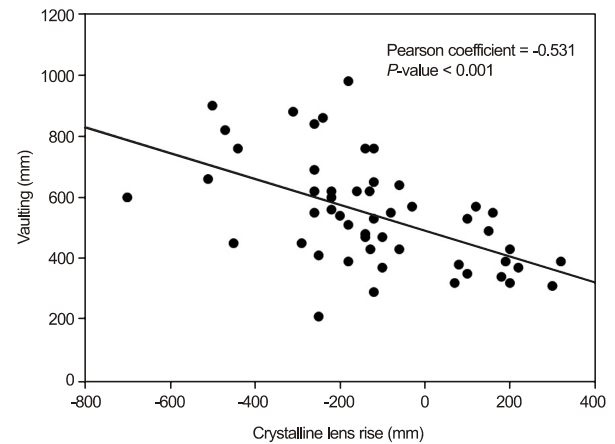


Figure 6. Correlation between crystalline lens rise and the central vaulting of the ICL.

Table 3. Results of stepwise multiple regression analysis to select variables relevant to the central vaulting after ICL implantation

Variables	Partial Regression Coefficient	Standardized Partial Regression Coefficient	p-value
SE (D)	-23.783	-0.247	0.012
WTW (mm)	170.134	0.290	0.005
ACD (mm)	160.913	0.276	0.014
CLR (μm)	-0.338	-0.424	0.001
Constant	-2250.184		
Adjusted R ² = 0.559			

SE = spherical equivalent; D = diopter; WTW = white-to-white distance; ACD = anterior chamber depth; CLR = crystalline lens rise.

Table 4. Correlation analysis between anterior chamber depth and preoperative data

	Age (yrs)	SE (D)	WTW (mm)	CLR (μm)
ACD (mm)				
Pearson coefficient	-0.378	-0.201	0.359	-0.367
p-value	0.005	0.148	0.008	0.007

SE = spherical equivalent; WTW = white-to-white distance; CLR = crystalline lens rise; ACD = anterior chamber depth.

$p < 0.001$), 그리고 CLR 값(Pearson coefficient = -0.531, $p < 0.001$)과 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다. 그 외 환자의 연령은 수술 후 6개월째 vaulting 값과 통계적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았다(Table 2, Figs. 3-6).

수술 후 6개월의 vaulting과 상관관계가 입증된 술 전에 측정한 SE, WTW, ACD, CLR을 대상으로 다중선형회귀분석을 통해 조사한 결과, 수술 전 WTW ($p = 0.005$)와 ACD ($p = 0.014$)가 작을수록 SE ($p = 0.012$)는 클수록 vaulting은 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 수술 전 CLR은 양의 값과 음의 값을 모두 가질 수 있는데 이 CLR ($p = 0.001$)이 클수록 수술 후 6개월째 vaulting은 감소하는 것으로 나타났다. 즉 수정체의 전방 돌출 정도를 의미하는 CLR이 양의 값일 경우 절대값이 클수록, 음의 값일 경우 절대값이 작을수록 vaulting이 감소함을 의미한다(adjusted R² = 0.559). 이에 대한 선형회귀식은 Vaulting (μm) = (160.913 × ACD (mm)) + (170.134 × WTW (mm)) + (-0.338 × CLR (μm)) + (-23.783 × SE(D)) - 2250.184로 나타낼 수 있다(Table 3).

특히 CLR 값(standardized partial regression coefficient = -0.424)이 WTW (standardized partial regression coefficient = 0.290)와 ACD (standardized partial regression coefficient = 0.276) SE (standardized partial regression coefficient = -0.247)에 비해 수술 후 6개월의 vaulting에 통계적으로 가장 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다(Table 3). CLR이 양의 값으로 클 경우 ACD가 작아지므로 vaulting에 영향을 미칠 수도 있을 것이다. 이를 확인하기 위해 CLR과 ACD의 상관성을 포함하여 각 변수들끼리의 관계를 분석하였다. ACD와 CLR의 상관성(Pearson coefficient = 0.367, $p = 0.007$)은 ACD와 WTW의 상관성(Pearson coefficient = 0.359, $p = 0.008$)에 비해 특징적으로 높은 상관관계를 가지고 있지는 않았다. 즉, Vaulting과 ACD,

Vaulting과 CLR의 독립적인 상관관계 보다는 ACD와 CLR의 상관성이 낮은 것을 확인할 수 있었다(Table 4).

고 찰

LASIK이 불가능한 초고도근시 환자들에 있어서 ICL 삽입술은 매우 좋은 효과와 예측도를 보이는 안전한 수술로 알려져 있음에도 불구하고 앞서 언급한 것과 같이 부적절한 vaulting과 관련하여 백내장, 동공 차단 녹내장, 색소녹내장 등의 합병증 발생의 가능성이 있으며 이 중 특히 수정체의 혼탁이 가장 흔한 합병증으로 보고되고 있다.³

많은 연구에 따르면 수술 중 수정체에 가해지는 외상이나 인공수정체의 후방표면과 수정체의 전방표면 사이의 간격인 vaulting이 낮을수록 이들간의 일시적 혹은 지속적인 접촉에 의한 2차적인 백내장 발생의 위험성이 높아진다고 알려졌다.^{15,16} 뿐만 아니라 부적절한 vaulting에 의해 굴절 이상, 방수의 정상순환이 비정상적으로 저해되어 방수 정체, 수정체 대사장애 등이 야기될 수 있다는 가능성이 제기되어 왔다.^{5,15}

최근에 개발된 전안부 빛간섭단층촬영(Visante OCT)이나 생체현미경(ultrasound biomicroscopy: UBM) 관찰에 의하면 vaulting은 시간에 따라 변하며 눈이 조절(accommodation)을 하거나 나이가 들면서 수정체 만곡의 증가에 의해서도 변화된다고 알려졌다.¹⁷⁻¹⁹ García-Feijóo et al²⁰이 ICL 삽입술을 시행한 18안을 대상으로 UBM으로 관찰한 결과 수정체와 ICL의 접촉이 13안(72.2%)에서 관찰되었으며 특히 3안(16.6%)에서는 중심부의 접촉이 있었다. 이처럼 적절한 수준의 vaulting을 확보하는 것이 ICL 삽입술 후 합병증 없이 안정성을 유지하는데 있어 매우 중요한 요소이나 실제로 정확한 vaulting을 예측하는 것은 쉽지 않아 현재까

지 알려진 vaulting에 영향을 주는 요인들을 고려하여 ICL 크기를 계산하여도 예상외의 높거나 낮은 vaulting으로 인해 드물게 ICL을 교체하는 경우가 있다.

현재까지 알려진 안내후방인공수정체를 삽입한 후의 vaulting에 영향을 주는 인자로는 나이, 각막윤부직경(White-to-White: WTW), ACD, 섬모체고랑사이거리(sulcus-to-sulcus: STS), ICL의 크기 등이 있다.^{10,11} ICL 회사(STAAR Surgical)에서 제공하는 프로그램을 비롯하여 많은 논문에서 ICL의 크기를 결정할 때 ACD와 WTW을 고려한 계산식을 사용하지만 이 WTW 값이 실제 ICL haptic이 놓이는 섬모체고랑의 거리를 대신 하기에는 한계가 있다는 많은 논란이 제기되고 있다.¹⁹ Lee et al¹¹은 vaulting을 예측하는데 있어 생체현미경(UBM)을 이용한 STS의 측정 값을 반영하는 것이 WTW을 사용하는 하는 것 보다 더 정확하다고 밝히고 있다.

본 연구에서는 술 전 측정한 WTW, ACD, SE가 ICL 삽입술 후 6개월에 측정한 vaulting과 상관관계가 있는 것으로 나왔으며 그 외에 저자들이 vaulting과의 상관성을 확인을 위해 새롭게 도입한 기준인 crystalline lens rise (CLR)의 값이 클수록 후방 안내렌즈 삽입술 후 6개월째 vaulting 값이 작다는 것을 추가적으로 확인할 수 있었다 (standardized partial regression coefficient=-0.424).

Baikoff et al^{12,13}은 2005년에 새로운 생체계측 값으로 CLR 값을 제시하였으며 이 CLR 값이 큰 환자일수록 Artisan 유수정체용 인공수정체와 수정체 사이의 홍채가 더 강력하게 압박되어 색소분산의 발생위험이 더 증가한다고 보고한 바 있다. 또한 Kucumen et al¹⁴은 이 CLR 개념을 도입하여 CLR값이 전방 깊이와 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 보이며 이 값이 백내장 수술 전 전방 깊이를 예측하는 지표가 될 수 있다고 보고하고 있다.

한편 Lee et al¹¹과 Kamiya et al¹⁰이 각각 vaulting에 연령 인자가 상관관계가 있다고 하였는데 Lee et al¹¹에 따르면 1년에 10 μ m 정도의 vaulting의 감소가 있으며 Baikoff¹³은 연령증가에 따라 1년에 20 μ m씩 수정체 중심부 두께가 두꺼워진다고 보고하였다. 본 연구에서는 연령 인자가 vaulting에 상관관계가 없는 것으로 나왔지만, 이것은 기존의 논문들에 비해 연령분포가 상대적으로 좁은 범위의 젊은 층에 국한되어 있기 때문으로 생각하며 이러한 노화에 의한 vaulting의 감소가 모든 인구집단에서 비슷한 정도로 일어나는지, 어느 시점에 시작되는지 등에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각하며 이를 토대로 vaulting을 예측하는데 있어 연령인자에 대한 고려가 또한 필요할 것으로 생각한다.

본 연구에서는 전안부의 단면영상을 얻기 위해 전안부

빛간섭단층촬영(Visante OCT)을 사용하였다. 초당 4000 axial scan의 속도로 구현해 주므로 각막 및 전방의 깊이, 너비, 전방각 등의 구조를 고해상도로 관찰할 뿐 아니라 비침습적인 검사가 가능하다.¹⁴ 특히 본 연구에서와 같이 ICL 삽입 환자들에 있어 저자들이 제시한 수술 전 CLR 값이나 수술 후 중심 및 주변부 vaulting을 보다 정확하고 정량적으로 측정할 수 있는 장점이 있다. 그러나 전안부 단면 영상에서 기준점을 정하고 변수들을 측정, 분석할 때 재현성이 떨어질 수 있다는 한계점이 있다.¹⁴

많은 논문들을 통해 이상적인 vaulting 수치가 제시되어 왔다. Gonvers et al²¹은 수정체 혼탁을 방지하기 위한 중심 vaulting의 최소 기준이 90 μ m이며 vaulting이 150 μ m 이상일 때 ICL과 수정체 사이의 접촉이 없었다고 보고하고 있다. Schmidinger et al²²이 10년 간의 관찰을 통해 확인한 결과 합병증 없이 장기간의 안정성을 확보하기 위한 vaulting의 최소 값은 230 μ m으로 밝혔으며 ICL 회사(STAAR Surgical)에서 제시하는 이상적인 vaulting은 500 μ m이다.

ICL 삽입술 후 이상적인 vaulting의 예측에 있어 기존에 알려진 바와 같이 WTW나 STS이 주된 요소로 작용한다는 것은 많은 연구를 통해 타당성을 입증받아 왔다. 본 연구에서 저자들은 추가적으로 CLR 값이 WTW나 ACD에 비해 술 후 6개월째 vaulting에 통계적으로 더 큰 영향을 미치는 것을 확인하였다. 따라서 수술 후 보다 정확하고 안전한 수준의 vaulting을 확보하기 위해서는 추가적으로 CLR 값을 고려해서 lens 크기(size)를 결정하는 것이 필요하다고 생각한다.

본 연구에서 저자들은 ICL 삽입술 후 vaulting에 영향을 미치는 요인으로 새로운 변수인 CLR을 처음 소개하였을 뿐 아니라, 이 CLR 값이 클수록 후방 안내렌즈 삽입술 후 중심 vaulting 값이 감소한다는 임상적 결과를 국내외 연구에서 처음으로 보고하는 바이다.

즉, 기존의 WTW 혹은 STS의 크기에 따른 ICL 사이즈 선택 방법에 더해 개별 환자의 CLR 값을 고려하여 ICL 사이즈를 가감하여 선택해야 할 수 있다는 것이다. 하지만 본 연구만으로는 적정한 vaulting을 확보하기 위해서 ICL 사이즈 선택 시 어떤 방식으로 CLR의 영향을 반영해야 하는지에 대해 구체적인 해답을 제시하기에는 한계가 있다. 추후 추가 연구를 통해 일반인구의 연령에 따른 CLR 정상 범위를 확립하고, 술 전 STS, WTW 등을 정확히 계측하였음에도 불구하고 과도하게 높거나 낮은 vaulting으로 ICL을 제거, 교체한 경우 CLR의 특징을 분석함으로써 CLR에 따라 ICL의 크기를 조정할 수 있는 기준을 확립할 수 있을 것으로 생각한다. 그 외에도 실제적인 vaulting의 예측을 위해서

는 부가적으로 홍채에 의한 수직압박 정도(vertical compression), ICL 고유 형태로 인한 vaulting에 대한 영향, 섬모체 고량의 댄프닝 효과(dampening effect) 등에 대해서도 추가적인 이해와 연구가 필요할 것으로 보인다.¹¹

참고문헌

- 1) Uusitalo RJ, Aine E, Sen NH, Laatikainen L. Implantable contact lens for high myopia. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:29-36.
- 2) Sanders DR, Vukich JA, Doney K, Gaston M; Implantable Contact Lens in Treatment of Myopia Study Group. U.S. Food and Drug Administration clinical trial of the implantable Contact Lens for moderate to high myopia. *Ophthalmology* 2003;110:255-66.
- 3) Arne JL, Lesueur LC. Phakic posterior chamber lenses for high myopia: functional and anatomical outcomes. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:369-74.
- 4) Zaldivar R, Davidorf JM, Oscherow S. Posterior chamber phakic intraocular lens for myopia of -8 to -19 diopters. *J Refract Surg* 1998;14:294-305.
- 5) Chun YS, Lee JH, Lee JM, et al. Outcomes after implantable contact lens for moderate to high myopia. *J Korean Ophthalmol Soc* 2004;45:480-9.
- 6) Dejaco-Ruhswurm I, Scholz U, Pieh S, et al. Long-term endothelial changes in phakic eyes with posterior chamber intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:1589-93.
- 7) Jiménez-Alfaro I, Gómez-Tellería G, Bueno JL, Puy P. Contrast sensitivity after posterior chamber phakic intraocular lens implantation for high myopia. *J Refract Surg* 2001;17:641-5.
- 8) Lee SY, Cheon HJ, Baek TM, Lee KH. Implantable contact lens to correct high myopia (clinical study with 24 months follow-up). *J Korean Ophthalmol Soc* 2000;41:1515-22.
- 9) Chun YS, Lee JH, Lee JM, Park IK. IOP and gonioscopic changes after implantable contact lens implantation in myopic eyes. *J Korean Ophthalmol Soc* 2005;46:336-44.
- 10) Kamiya K, Shimizu K, Komatsu M. Factors affecting vaulting after implantable collamer lens implantation. *J Refract Surg* 2009;25:259-64.
- 11) Lee DH, Choi SH, Chung ES, Chung TY. Correlation between Preoperative biometry and posterior chamber phakic Visian Implantable Collamer Lens Vaulting. *Ophthalmology* 2012;119:272-7.
- 12) Baikoff G, Bourgeon G, Jodai HJ, et al. Pigment dispersion and Artisan phakic intraocular lenses: crystalline lens rise as a safety criterion. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:674-80.
- 13) Baikoff G. Anterior segment OCT and phakic intraocular lenses: a perspective. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:1827-35.
- 14) Kucumen RB, Yenerel NM, Gorgun E, et al. Anterior segment optical coherence tomography measurement of anterior chamber depth and angle changes after phacoemulsification and intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1694-8.
- 15) Lackner B, Pieh S, Schmidinger G, et al. Long-term results of implantation of phakic posterior chamber intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:2269-76.
- 16) Bourne WM, Nelson LR, Buller CR, et al. Long-term observation of morphologic and functional features of cat corneal endothelium after wounding. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1994;35:891-9.
- 17) Güell JL, Morral M, Gris O, et al. Evaluation of Verisyse and Artiflex phakic intraocular lenses during accommodation using Visante optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:1398-404.
- 18) Bechmann M, Ullrich S, Thiel MJ, et al. Imaging of posterior chamber phakic intraocular lens by optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:360-3.
- 19) Petternel V, Köppl CM, Dejaco-Ruhswurm I, et al. Effect of accommodation and pupil size on the movement of a posterior chamber lens in the phakic eye. *Ophthalmology* 2004;111:325-31.
- 20) García-Feijó J, Alfaro IJ, Cuiña-Sardiña R, et al. Ultrasound biomicroscopy examination of posterior chamber phakic intraocular lens position. *Ophthalmology* 2003;110:163-72.
- 21) Gonvers M, Bornet C, Othenin-Girard P. Implantable contact lens for moderate to high myopia: relationship of vaulting to cataract formation. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:918-24.
- 22) Schmidinger G, Lackner B, Pieh S, Skorpik C. Long-term changes in posterior chamber phakic intraocular collamer lens vaulting in myopic patients. *Ophthalmology* 2010;117:1506-11.

=ABSTRACT=

Effect of Preoperative Crystalline Lens Rise on Vaulting after Implantable Collamer Lens Implantation

Ae Young Kwak, MD^{1,2}, Ik Hee Ryu, MD³, Jin Kook Kim, MD⁴, Tae Im Kim, MD, PhD¹, Byoung Jin Ha, MD⁵

The Institute of Vision Research, Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine¹, Seoul, Korea

Siloam Eye Hospital², Seoul, Korea

Eyenu Eye Clinic³, Seoul, Korea

BS Eye Center⁴, Seoul, Korea

BGN Eye Clinic⁵, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate the parameters affecting vaulting and correlation between preoperative crystalline lens rise and vaulting after implantable collamer lense (ICL) implantation.

Methods: A total of 53 eyes of 34 patients who underwent ICL implantation were examined retrospectively. White-to-white (WTW) and anterior chamber depth (ACD) were obtained from scanning topography (ORB scan) before surgery. Preoperative crystalline lens rise (CLR) and vaulting at 6 months after ICL implantation were measured using anterior segment optic coherence tomography (AS-OCT). Multiple regression analysis was performed to evaluate the factors affecting central vaulting.

Results: The mean preoperative crystalline lens rise was $-120 \pm 219 \mu\text{m}$, and mean central vaulting 6 months after surgery was $544 \pm 175 \mu\text{m}$. Preoperative SE, WTW, ACD, and CLR were significantly correlated with vaulting at 6 months after surgery. With the use of meaningful variables, multiple regression analysis showed that CLR, WTW, ACD and SE, in that order of influence, had significant effects on vaulting and the multiple regression equation was obtained as follows: Vaulting (μm) = $(160.913 \times \text{ACD (mm)}) + (170.134 \times \text{WTW (mm)}) + (-0.338 \times \text{CLR (}\mu\text{m)}) + (-23.783 \times \text{SE (D)}) - 2250.184$.

Conclusions: CLR had a stronger influence on vaulting after ICL implantation than the previously proven parameters: WTW, ACD, and SE. In addition to WTW, ACD and SE, CLR should also be considered a new criterion for estimating vaulting after ICL implantation.

J Korean Ophthalmol Soc 2012;53(12):1749-1755

Key Words: Anterior chamber depth, Crystalline lens rise, Implantable contact lens, Vaulting, White-to-white

Address reprint requests to **Byoung Jin Ha, MD**

BGN Eye Clinic

#465 Gangnam-daero, Seocho-gu, Seoul 137-920, Korea

Tel: 82-2-2086-0088, Fax: 82-2-2086-0099, E-mail: nairwiny@naver.com