

ICL 렌즈 시술 후 나타나는 잔류난시에 대한 연구

김덕훈 · 이동희*

마산대학 안경광학과

*울지대학교 보건과학대학 안경광학과

투고일(2008년 10월 30일), 수정일(2008년 11월 15일), 게재확정일(2008년 12월 9일)

목적: ICL 렌즈 시술 후 잔류난시가 측정될 경우 시술에 사용된 ICL 렌즈의 상태를 분석할 수 있는 프로그램의 개발이 본 연구의 목적이다. **방법:** ICL 렌즈 시술 후 측정된 잔류난시를 분석하여 시술된 ICL 렌즈의 회전각 및 ICL 렌즈의 대응 MR 처방식을 산출하는 식을 유도하였다. 이 식에 의해 계산된 ICL 렌즈 회전각 및 시술된 ICL 렌즈의 대응 MR 처방식을 윈도우 화면에서 시각적으로 편리하게 확인할 수 있는 프로그램을 델파이 6.0언어를 사용하여 개발하였다. **결과:** ICL 렌즈 시술 후 측정된 잔류난시를 분석하여 시술된 ICL 렌즈의 회전각 및 대응 MR 처방식을 산출하는 식을 유도하여 시술 후 ICL 렌즈의 상태를 분석할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 개발된 프로그램으로 우리는 시각적으로 편리하게 시술 후의 ICL 렌즈의 상태를 분석할 수 있게 되었다. **결론:** 개발된 프로그램에 임상사례를 적용해 본 결과 개발된 프로그램은 시술 후의 ICL 렌즈의 상태를 분석하는데 효과적인 것으로 판단되었다.

주제어: ICL 렌즈, 잔류난시, 회전각, 대응 MR 처방식

서 론

ICL은 안내 삽입 콘택트 렌즈(Implantable Contact Lens)의 약자로 시력교정을 위해 각막과 수정체를 그대로 보존하면서 눈 속의 수정체와 홍채 사이에 삽입할 수 있도록 특수하게 고안된 유연한 렌즈이다(Figs. 1, 2 참조). 이 렌즈의 재료로는 인체에 가장 친화적인 Collamer(refractive index=1.44)라는 재질을 사용함으로써 생체 적합성을 향상시켜 눈 속에서 염증반응을 일으키지 않고 신진대사 물질을 잘 투과 될 수 있도록 하여 매우 눈에 대해 안전하다고 알려져 있다^{2,3}. ICL은 눈 안에 렌즈를 삽입하여 영구적으로 시력교정을 하는 시력교정술로, 현재까지 알려진 여러 종류의 시력교정술 가운데 가장 우수한 시력회복을 제공하는 것으로 인정받고 있다. 고도근시의 경우나 각막의 두께가 얇아 라식이나 라섹 등 레이저 시력교정수술을 하기에는 많은 양의 각막의 절삭이 불가능한 환자들에게 이 시술이 소개됨으로써 넓은 범위의 시력교정이 가능하게 되었다. 또한, 기존의 초고도근시 수술인 투명 수정체적출술과는 달리 사람의 수정체를 그대로 보존하기 때문에 원거리와 근거리의 조절기능을 유지할 수 있는 장점이 있다. 이러한 ICL 렌즈삽입술은 라식 등의 기존 굴절수술

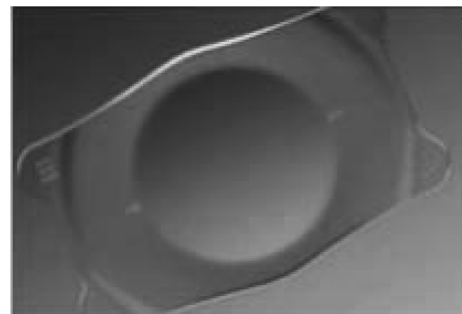


Fig. 1. External appearance of an ICL lens.

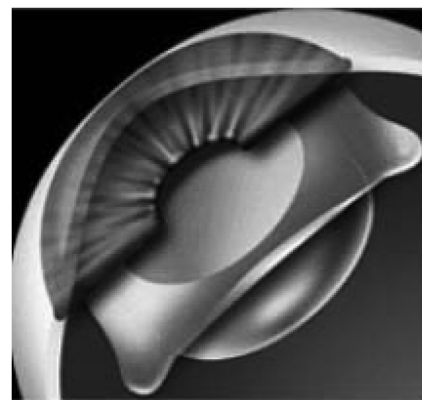


Fig. 2. Configuration of the ICL lens after operation.

의 단점을 극복할 수 있기 때문에 현재 세계적인 관심을 받고 있는 것으로 알려져 있다^{4,10}.

그러나 시술시 여러 가지 요인으로 난시 교정용 ICL렌즈가 회전하는 경우가 발생한다. ICL렌즈 회전량이 적다면 임상적으로 별 문제가 없지만 회전량이 크다면 시술 후 완전교정상태가 잘못 교정된 상태로 되기 때문에 시력의 저하를 가져올 수 있다. 따라서 ICL렌즈 시술 후 일정한 시간이 지난 다음 교정 예정 시력을 얻지 못한다면 ICL렌즈가 어느 정도 회전되어 시술되었을 것으로 파악될 수 있을 것이다. 만약 ICL렌즈 회전량을 파악할 수 있다면 시술자는 재시술로 ICL렌즈를 정상 회전시켜 정상 예상 시력으로 회복시켜 줄 수 있기 때문에 ICL렌즈 회전량의 파악은 시술자 입장에서는 중요한 것이 된다. ICL렌즈가 회전했다면 시술 후 굴절검사에서 잔류 난시¹¹가 검출될 것이다. 이 잔류난시를 이용해서 우리는 ICL렌즈의 회전량을 계산하는 프로그램을 텔파이 6.0 언어¹²를 사용하여 개발하였다.

ICL렌즈 회전사례

Table 1, 2에 두가지 임상사례가 있다. Table 1의 것은 ICL렌즈의 시술이 잘되어 3개월 경과 후 잔류난시가 0.25D 이내로 잘 제어된 상태를 보여 준다. 그러나 Table 2에서는 잔류난시가 시술 후 10일 이후 +1.00~-2.00A

Table 1. One clinical case of ICL prescription

Before operating	
PRE OP MR	-6.50~-3.50Ax5
ICL Lens	-14.50~+5.00Ax95
After operating	
3 Days MR	+1.25~-3.00Ax25
6 Days MR	+0.50~-0.50Ax30
14 Days MR	+0.00~-0.50Ax30
3 Months MR	+0.00~-0.25Ax10

Table 2. Another clinical case of ICL prescription

Before operating	
PRE OP MR	-5.50~-3.50Ax180
ICL Lens	-13.50~+5.00Ax90
After operating	
3 Days MR	+0.25~-1.75Ax145
10 Days MR	+1.00~-2.00Ax145
20 Days MR	+1.00~-2.00Ax145

x145로 거의 고정되어 나타난다. 그런데 이 경우 구면굴절력과 2배의 실린더 굴절력의 합이 영이다. 콘택트렌즈인 경우에는 이러한 상태라면 콘택트렌즈가 원래 위치에서 회전하여 나타난 잔류 난시로 파악될 수 있다¹³. 그렇지만 ICL 렌즈인 경우에는 이것을 어떻게 해석하는 것이 타당한지를 살펴볼 필요가 있다.

여기서 MR은 보다 정확한 시력을 측정하기 위해 눈앞에 불빛을 비추면서 여러 가지 디옵터 단위를 가진 렌즈를 사용하는 레티노스코프 등을 통해 시력을 측정하는 방법을 의미한다.

잔류난시 이론

MR에 의한 처방굴절력이 $S_m \circ C_m Ax \theta_m$ 로 나왔을 경우 ICL렌즈의 처방 굴절력은 $S_{id} \circ C_{id} Ax \theta_{icl}$ 로 전환(일반적으로 MR 처방은 S-C 표기, ICL 처방은 S+C 표기로 한다. 그러나 연산의 편리상 이 논문에서는 모두 S-C표기로 사용한다.)될 수 있는데 일반적으로 MR 처방은 각막 전방 12 mm를 기준으로 하고 ICL렌즈 처방은 각막 후방 즉 홍채와 수정체 사이의 굴절률이 1.336정도인 방수체 속에 이루어진다. 따라서 MR 처방 굴절력은 ICL렌즈 처방 굴절력 보다 적게 된다.

ICL렌즈 시술이 완벽하였다면 시술 후 굴절 검사 결과는 Table 1과 같이 더 이상의 교정 굴절력이 허용한계 이내이거나 나타나지 않을 것이다. 그런데 시술 과정에서 ICL렌즈가 회전하면 시술 후 MR 검사에서 잔류 난시가 발생되어 잔류 난시 교정 굴절력이 얻어질 것이다. 이때 시술 전 MR 처방시 난시 축을 θ_1 라 두고 처방 굴절력 식을 $S_1 \circ C_1 Ax \theta_1$ 라 두자. 시술 과정에서 난시축이 회전

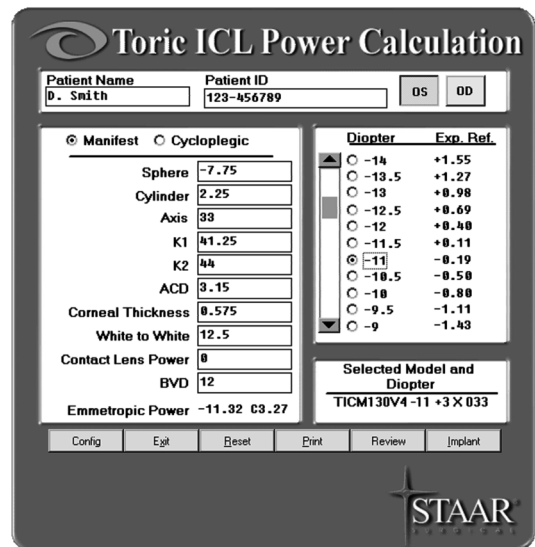


Fig. 3. Calculation window of toric ICL power (in STAAR s/w).

Table 3. Conversion example of MR and ICL prescription

MR	(S-C)	-5.50○-2.25Ax123
ICL	(S+C)Cal	-11.32○3.27Ax33
	(S+C) Rx	-11.00○3.00Ax33

한 ICL 렌즈의 회전각을 θ_2 로 하여 회전한 ICL 렌즈의 MR 처방굴절력으로 환산한 처방굴절력식을 $S_{1'} \circ C_{1'} Ax \theta_2$ 라 두자. 그러면 ICL 렌즈 시술 후 MR 굴절검사에서의 잔류난시가 나타날 것이다. 이 잔류난시의 MR 처방 굴절력식을 $S_3 \circ C_3 Ax \theta_3$ 로 하면, 이들 처방식의 연산관계는 아래의 식¹⁴⁻¹⁶으로 된다.

$$\begin{array}{l} S_1 \circ C_1 Ax \theta_1 \\ -) S_{1'} \circ C_{1'} Ax \theta_2 \\ \hline S_3 \circ C_3 Ax \theta_3 \end{array} \quad (1)$$

이것을 풀기 위해 극좌표 벡터를 이용하기로 하자. 그런데 일반적으로 $C_1, C_{1'}, C_3$ 의 부호가 음수이므로 $\underline{C_1} = -C_1, \underline{C_{1'}} = -C_{1'}, \underline{C_3} = -C_3$ 를 극좌표 벡터의 크기성분으로 하기로 한다.

$$\text{즉 } \vec{P}_1 = \left[\frac{C_1}{2\theta_1} \right], \vec{P}_2 = \left[\frac{C_{1'}}{2\theta_2} \right], \vec{P}_3 = \left[\frac{C_3}{2\theta_3} \right]$$

라 두면

$$\vec{P}_1 - \vec{P}_2 = \vec{P}_3$$

의 관계가 성립한다.

이 때 우리가 구하려는 것은 θ_2 이므로

$$\vec{P}_2 = \vec{P}_1 - \vec{P}_3$$

에서 θ_2 를 구하면 된다.

따라서

$$2\theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{C_1 \sin 2\theta_1 - C_3 \sin 2\theta_3}{C_1 \cos 2\theta_1 - C_3 \cos 2\theta_3} \right) \quad (2)$$

이 때 $C_1 \sin 2\theta_1 - C_3 \sin 2\theta_3 < 0$ 이면 $2\theta_2 \rightarrow 2\theta_2 + \pi$ 로 치환하면 된다.

또한

$$C_{1'} = -\sqrt{C_1^2 + C_3^2 - 2C_1C_3 \cos(2\theta_1 - 2\theta_3)} \quad (3)$$

를 구해서 C_1 와 같은가를 비교하여 계산의 결과에 대한 편차를 확인하도록 하면 된다.

식 (1)에서 연산 전후의 등가 구면 굴절력은 항상 같기 때문에

$$S_3 + \frac{C_3}{2} = \left(S_1 + \frac{C_1}{2} \right) - \left(S_{1'} + \frac{C_{1'}}{2} \right)$$

$$S_{1'} = \left(S_1 + \frac{C_1}{2} \right) - \left(S_3 + \frac{C_3}{2} \right) - \frac{C_{1'}}{2} \quad (4)$$

이 성립한다.

단순히 MR 처방굴절력에 정확하게 대응된 ICL 렌즈가 회전만을 하게 되면

$$S_1 = S_{1'}, C_1 = C_{1'} \quad (5)$$

이므로

$$C_3 = -2S_3 \quad (6)$$

이 성립한다.

그런데 일반적으로 식 (5)는 성립하지 않는다.

그 이유를 기술하면 아래와 같다.

Fig. 3은 MR에의 한 처방 굴절력을 ICL 처방 굴절력으로 변환하는 프로그램의 사용 예를 보여 주는데 -7.75 \circ 2.25 Ax 33의 MR 처방이 ICL 정시로의 완전처방은 -11.32 \circ 3.27 Ax 33이지만 시술용 처방은 -11.00 \circ 3.00 Ax 33임을 알 수 있다. 이러한 내용이 Table 3에 잘 정리되어 있다. 여기에는 ICL 렌즈의 굴절력 분포가 안경 렌즈 처럼 0.25 Dptr 에 대응되도록 하는 여러 가지 종류로 구비될 수 없고, 구면굴절력 간격이 0.50 Dptr, 실린더 굴절력이 1.00 Dptr로 밖에 할 수 없는 사정이 반영된 것으로 판단된다. 따라서 약간의 잔류 난시를 가지고 ICL 렌즈가 처방되기 때문에 일반적으로 식 (4)는 성립하지 않는 것이다.

따라서 ICL 렌즈 시술 후 식 (6)가 성립하지 않는 상황은 MR에 의한 처방굴절력과 시술용 ICL 렌즈의 처방굴절력이 오차범위(MR 굴절력으로 환산된 오차범위는 Dptr 이내) 이상으로 일치하지 않거나, MR 처방굴절력 측정시 환자의 안광학계가 안정화되지 못한 관계로, 환자의 나안 상태의 처방굴절력이 잘못 측정된 것으로 판단될 수 있다. 이러한 판단을 할 수 있도록 ICL 렌즈 시술 후 측정된 MR 잔류난시의 분석에 자료로 나타내 주는 것이 ICL 렌즈 시술 후 후 처치를 결정하는데 도움이 될 것이다.

프로그래밍 방법

프로그래밍 작업은 다양한 프로그래밍 컴포넌트를 제공하여 코딩에 편리한 볼랜드사의 텔파이6.0 언어¹²를 사용하였는데 제공되는 다양한 컴포넌트를 폼에 배치하여 윈도우를 시각적으로 잘 보이도록 디자인하는 것에서 출발하였다^{13,17}. 따라서 이러한 구성을 위해서 Fig. 4와 같이 Label, Edit, Button, PaintBox와 같은 컴포넌트를 사용하였다.

상기 식 (2)와 (3)은 ICL 렌즈 시술 전후의 MR 검사에서의 처방굴절력과 잔류 난시 굴절력들 사이의 관계를 보여준다. 프로그래밍 작업은 다음과 같은 순서로 진행하였다. 먼저 시술 전의 MR 검사에 의한 정시로의 처방굴절력을 입력하도록 하였다. 다음 시술 후 일정한 시간이 경과한 다음 MR 검사에서 나타나는 정시로의 처방굴절력을 입력하도록 한다. 이렇게 입력된 데이터로 식 (2), 식 (3), 식 (4)에 의해 θ_2 , C_1 , S_1 를 계산한다. 측정된 잔류 난시가 단순히 회전만 한 것인지 기타 앞에서 설명된 여러 가지 원인에 의한 것인지를 판단할 수 있도록 ICL렌즈의 회전각과 잔류난시를 유발한 ICL 렌즈의 대응 MR 처방식 $S_1 \circ C_1$ Ax θ_2 값을 함께 출력하도록 하였다. 또한 상기 회전각의 변화를 볼 수 있도록 하기 위해 원주 굴절력의 축의 변화를 Fig. 4에서의 왼쪽 PaintBox 컴포넌트에 나타나도록 하였다. 일반적으로 ICL 렌즈의 처방은 S+C표기를 사용하기 때문에 S+C 표기에서 $S_1 \circ C_1$ Ax θ_2 값과 원주 굴절력의 축의 변화를 Fig. 4에서의 오른쪽 PaintBox 컴포넌트에 나타나도록 하였다. 잔류난시 유발요인은 앞에서 설명한 것과 같이 MR 처방에서 ICL 처방으로의 변환에 개입된 어쩔 수 없는 오차이거나 시술전 MR 검사가 여러 가지 요인에 의해 변화를 나타내었을 때 나타날 수 있다. 본 프로그램의 활용으로 여러 환자의 $S_1 \circ C_1$ Ax θ_2 값을 축적하여 분석하면 잔류난시 유발 요인을 점검할 수 있을 것으로 판단된다.

Edit 컴포넌트는 화면에서의 ICL 렌즈 시술 전후의 MR 처방 값의 입력창을 제공하는데 사용하였고, Label 컴포넌트는 데이터 입력창 왼쪽에서 입력창의 종류를 표시하는데 사용하였다. Button 컴포넌트는 화면에서의 'click-

calculation'을 제공하는데 이 버튼을 누르면 상기 입력된 변수로 식 (2), (3), (4)를 계산하여 회전된 ICL 렌즈의 회전각, 입력된 잔류난시를 유발한 $S_1 \circ C_1$ Ax θ_2 의 처방값을 S-C, S+C 표현으로 나타나도록 하였다. 또한 이들 처방값에 따르는 난시축의 회전이 시각적으로 보이도록 하였다. 이러한 자료가 축적이 되면 단순한 ICL렌즈의 회전에 의한 잔류난시의 발생인지, MR과 ICL렌즈 처방 또는 MR측정의 오류로 인한 잔류난시의 발생인지를 판별하는데 유용하게 될 것으로 판단된다.

프로그램의 임상 사례에의 적용

Table 2의 데이터를 개발된 프로그램에 적용한 초기 화면은 Fig. 5와 같다. 여기서 Click--Calculation 버튼을 눌렀을 때 결과를 나타내 주는 것이 Fig. 6이다. Fig. 6에서 보면 ICL 렌즈의 회전이 원래 위치에서 반시계 방향으로 16.85° 회전된 것을 확인할 수 있다. 회전된 ICL 렌즈의 대응 MR 처방식을 ICL 렌즈 회전각 표시 아래에 S-C 표기와 S+C 표기로 나타나도록 하였다. 원래 MR 처방식 -5.50○-3.50Ax180에서 회전된 ICL의 MR 환산 처방식 -5.56○-3.39Ax16.85로의 변화는 회전각 이외에는 큰 변화를 보이지 않는 것으로 파악된다. S-C 표기 아래에는 원주 굴절력의 축의 회전을 시각적으로 보이도록 하기 화면이 구성되어 있는데 원 처방의 축이 회전된 처방의 축으로 시각적으로 점진적으로 돌아가는 것이 보이도록 하였고 그 흔적이 남도록 하여 판단에 도움이 되도록 하였다.

Fig. 7은 Table 1의 데이터를 프로그램에 적용해 본 결과를 보여주고 있다. 현재의 잔류난시로는 ICL 렌즈의 회

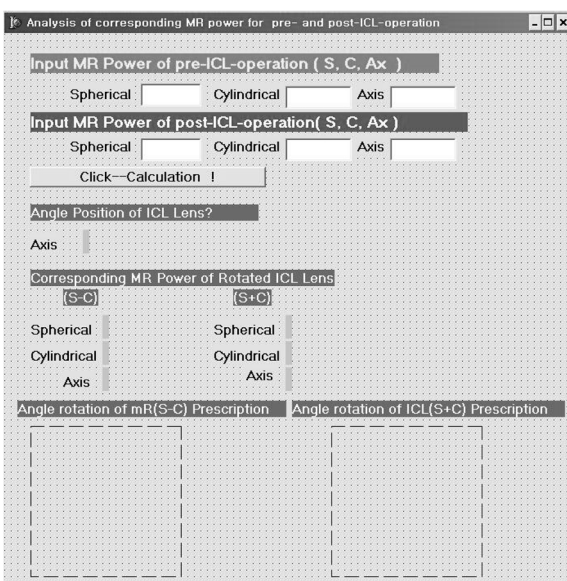


Fig. 4. Configuration of various components positioned on the window screen.

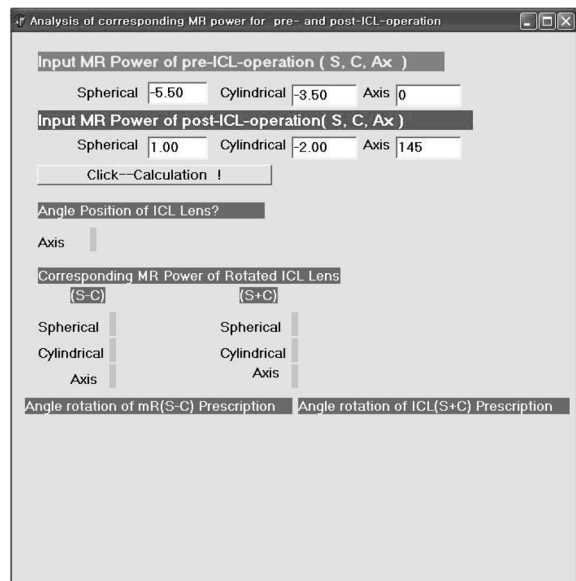


Fig. 5. Status of inputting mode of the corresponding MR power of pre- and post-operations in case of Table 2.

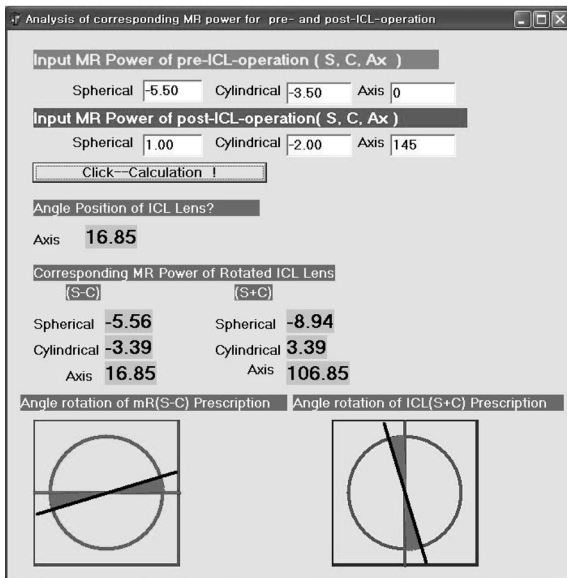


Fig. 6. Status of Calculation mode after clicking 'Click-Calculation' button.

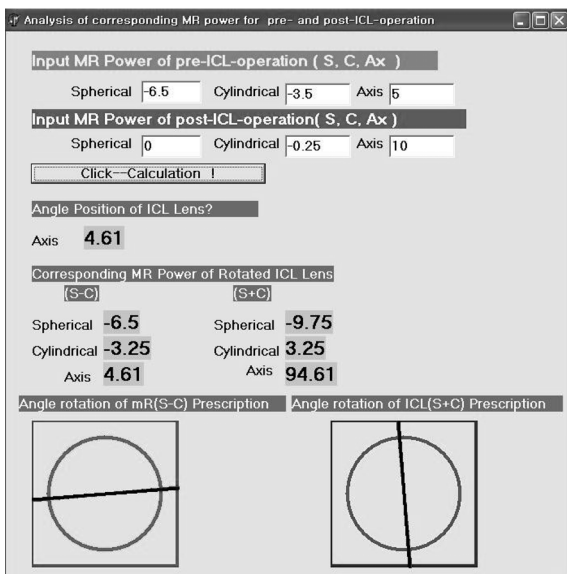


Fig. 7. Status of calculation mode after inputting the corresponding MR power of pre-/post-operations in case of Table 1.

전이 5°에서 4.61°로 회전하였음을 보여주고, ICL 렌즈의 대응 MR 처방 굴절력이 -6.50-3.25Ax4.61으로 원래 시술전 MR 처방 굴절력 -6.50-3.5Ax5와도 큰 차이를 보이지 않기 때문에 잘 된 시술로 판단할 수 있다.

결 론

최근에는 ICL 렌즈가 시력교정 분야에서 큰 관심을 끌고 있다. 그러나 시술시 여러 가지 요인으로 난시 교정용 ICL 렌즈가 회전하는 경우가 발생한다. ICL 렌즈 회전량

이 적다면 임상적으로 별 문제가 없지만 회전량이 크다면 시술 후 완전교정상태가 잘못 교정된 상태로 되기 때문에 시력의 저하를 가져올 수 있다. 따라서 ICL 렌즈 시술 후 일정한 시간이 지난 다음 교정 예정 시력을 얻지 못한다면 ICL 렌즈가 어느 정도 회전되어 시술되었을 것으로 파악될 수 있을 것이다. 이 때 ICL 렌즈 회전량을 파악할 수 있다면 시술자는 재시술로서 ICL 렌즈를 정상 회전시켜 정상 예상 시력으로 회복시켜 줄 수 있기 때문에 ICL 렌즈 회전량의 파악은 시술자 입장에서는 중요한 것이 된다. 본 논문에서는 이러한 ICL 렌즈의 회전량에 대한 정보와 잔류난시에 의한 시술된 ICL 렌즈에 대응되는 MR 처방굴절력의 상태를 파악할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 개발된 프로그램에 임상사례를 적용해 본 결과 개발된 프로그램은 시술 후의 ICL 렌즈의 상태를 분석하는데 효과적인 것으로 판단되었다. 향후 이 프로그램이 검안사들의 임상적인 적용에 크게 활용되길 기대해 본다.

감사의 글

본 연구는 새빛안과병원의 지원으로 수행되었음을 밝혀둡니다.

참고문헌

1. Roberto Bellucci and Simonetta Morselli, "Are All Spherical IOLs the Same?", *Cataract & Refractive Surgery Today* Nov.:56-60(2006).
2. Assetto V., Benedetti S., and Pesando P., "Collamer intraocular contact lens to correct high myopia", *J. Cataract Refract. Surg.* 22:551-556(1996).
3. Khan A. J. and Percival S. P., "12 year results of a prospective trial comparing poly(methyl methacrylate) and poly(hydroxyethyl methacrylate) intraocular lenses", *J. Cataract Refract. Surg.*, 25(10):1404-1407(1999).
4. "라식을 준비하는 사람들", <http://cafe.naver.com/navercafezz.cafe>
5. Zaldivar R., Davidorf J. M., and Oscherow S., "Posterior chamber phakic intraocular lens for myopia of -8 to -19 diopters", *J. Cataract. Refract Surg.*, 14(3):294-305(1998).
6. 한상엽, 이경현, "고도근시 환자에서 안내후방콘택트렌즈 삽입술의 중장기간 임상결과", *대한안과학회지*, 48(4): 465-472(2007).
7. Arne J. L. and Lesueur L. C., "Phakic posterior chamber lenses for high myopia: functional and anatomical outcomes", *J. Cataract Refract. Surg.*, 26(3):369-74(2000).
8. Uusitalo R. J., Aine E., Sen N. H., and Laatikainen L., "Implantable contact lens for high myopia", *J. Cataract Refract. Surg.*, 28(1):29-36(2002).
9. *The Implantable Contact Lens in Treatment of Myopia*

- ITM Study Group, "U.S. Food and Drug Administration clinical trial of the Implantable Contact Lens for moderate to high myopia", *Ophthalmology*, 110(2):255-266(2003).
10. Chun Y. S., Lee J. H., and Lee J. M., et al., "Outcomes after Implantable Contact Lens for Moderate to High Myopia", *J. Korean Ophthalmol. Soc.*, 45(3):480-489(2004).
 11. Troy Fannin, and Theodore Grosvenor, "Clinical Optics", 2nd Ed., Butterworth-Heinemann, pp. 389-395(1996).
 12. 백운기, 양병규, 류기동, 김민식, "Delphi 6 시작 그리고 완성", 대림, 서울, pp. 301-431(2002).
 13. 이동희, 김정희, 차정원, "콘택트렌즈 회전량 검출에 대한 연구", *한국안광학회지*, 10(4):255-259(2005).
 14. Harris, W. F., "Joint Distribution of Sphere, Cylinder, and Axis", *Optometry & Vision Science*, 69(10):787-792(1992).
 15. Harris, W. F., "Testing Hypotheses on Dioptric Power", *Optometry & Vision Science*, 69(11):835-845(1992).
 16. 성풍주, "안경광학", 대학서림, 서울, pp. 607-610(2003).
 17. 이동희, "안경렌즈 코아 가공을 위한 비구면 형상 도출 프로그램 개발", *한국안광학회지*, 12(4):87-90(2007).

A Study on the Residual Astigmatism Appeared after Operating ICL Lens

Dook-Hoon Kim and Dong-Hee Lee*

Department of Ophthalmic Optics, Masan College

*Department of Optometry, College of Health Sciences, Eulji University

(Received October 30, 2008: Revised November 15, 2008: Accepted December 9, 2008)

Purpose: To develop a program for analyzing the condition of implanted ICL lenses in case the residual astigmatism appears after the implantation. **Methods:** From analyzing the measured residual astigmatism after operating ICL lens, we could induce formulas that produce the rotating angle and the corresponding MR prescription of the implanted ICL lens. Using the Delphi 6.0 language, we could develop a program by which we conveniently confirm, in the window screen visually, the rotating angle and the corresponding MR prescription of the implanted ICL lens calculated by these formulas. **Results:** We induced formulas that produce the rotating angle and the corresponding MR prescription of the implanted ICL lens by analyzing the measured residual astigmatism after operating ICL lens and developed a program which can analyze the condition of the implanted ICL lens. By this program we could easily analyze the condition of the implanted ICL lens. **Conclusions:** Judging from the results of applying this program to many clinical cases, we could conclude that this program is very effective in analyzing the condition of implanted ICL lenses.

Key words: ICL lens, residual astigmatism, rotation angle, corresponding MR