

새로운 수정체 모델을 적용한 모형안의 설계 및 분석

Design and Analysis of the human eye model using new approximation for the crystalline lens

강은경*, 황보창권, 박성찬†

인하대학교 물리학과, 단국대학교 전자물리학과(†)

mogoai@hotmail.com

This paper presents a new approximation for the crystalline lens of the human eye with refracting surfaces based on schematic eye during accommodation. A new model eye describes the iso-indical profiles in the form of symmetric spherical surfaces. A vary important condition which was imposed upon the parameters (thickness, radius) was the lens volume conservation during accommodation.

모형안(Schematic eye)은 인간의 눈에 대한 여러 가지 광학 상수 (굴절률, 굴절기관인 각막과 수정체의 곡률 및 굴절면의 비구면 계수 및 굴절력 등)와 렌즈계로서 주요점들(cardinal points)의 위치에 대한 평균값을 적용하여 인간의 눈의 형상을 광학적 수치로 나타낸 것으로, 눈을 광학계로 간주하여 이론적인 연구를 할 수 있도록 기초적인 자료를 제공한다.

인간의 눈에서 이상적인 광학계 즉 시기능이 뛰어난 눈을 제한하는 요소는 수차, 회절 안구내부에서의 산란등과 함께 조절(accommodation), 동공 크기 등이 있다).

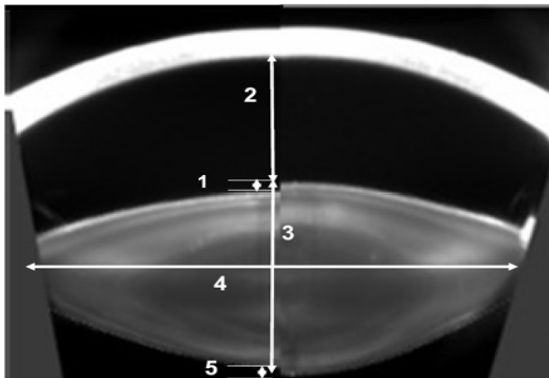


그림 1 Purkinje and scheinpflug imaging for the evaluation of crystalline and ocular lenses in vivo -Patricia Rosales Lopez(Doctoral thesis)(February 7, 2008)

이 중 조절이란 외계의 물체점이 눈 앞 무한거리에서 유한거리로 이동하더라도 상면인 망막 위에 선명한 상을 맺을 수 있도록 수정체의 굴절력을 증가시키는 것을 말한다. 안광학계에서 다양한 거리에서 조절이 일어나는 동안 선명한 상을 얻기 위해 기하학적으로 다양한 변수들이 존재한다.

그림 1은 조절 전 후의 안구의 전반부 특히 수정체의 변화를 나타낸 것이다. 양 볼록 형태를 가진 수정체 전면과 후면의 곡률반경은 감소하고 두께는 점점 더 증가한다. 이에 따라 전체 광학계의 두께는 일정하기 때문에 각막 뒷면과 수정체 전면사이의 두께, 수정체 후면과 상면인 망막사이의 두께는 점점 감소한다.

본 연구에서는 현재까지 알려진 조절이 고려된 수정체에 대한 새로운 분석을 통해, 조절이 포함된 모형안을 제시하고자 한다. Helmholtz의 가설에 따르면 조절이 진행되는 동안, 광축에 수직인 방향의 수정체의 직경은 점차 작아지면서 곡률반경과 두께는 증가하게 된다. 조절이 진행되는 동안의 수정체 내부의 굴절률의 변화는 없었으며²⁾, 수정체 전체 부피는 일정하다는 전제 아래 수정체 전면과 후면의 곡률반경과 두께를 계산하였다. 그림 2는 조절이 진행되는 동안 수정체 전면과 후면이 양볼록렌즈 형태의 구면으로 구성되어 있다고 할 때 곡률반경과 광축상의 직경 및 두께의 변화를 나타낸 것이다.

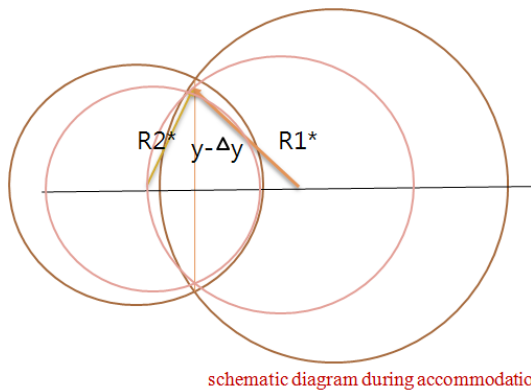


그림 2 조절이 진행되는 동안의 수정체의 곡률반경 및 두께 변화.

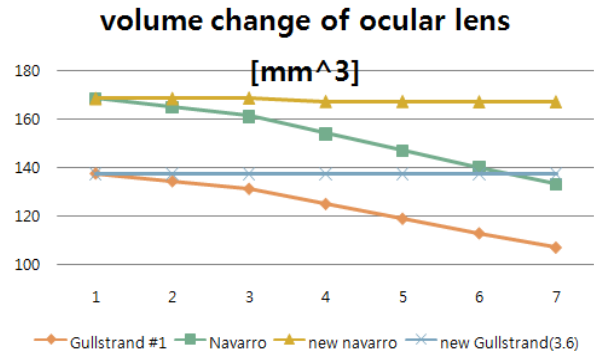


그림 3 조절이 진행되는 동안의 부피변화

여기에서 제시된 새로운 수정체 전면과 후면의 곡률반경의 변화는 조절휴지상태로는 일반적으로 사용되고 있는 Navarro model 과 Gullstrand #1 model을 사용하였으며, 새로이 설계된 모형안은 그림 3과 같이 조절이 진행되는 동안 부피가 일정하다.

기존의 연구에서의 모형안들은 조절휴지상태를 기본으로 하였으나, 본 연구에서 제안된 수정체를 적용한 모형안은 조절의 단계적 변화에 따른 눈의 광학적 성능을 분석할 수 있다. 또한 최근 연구에서의 측정값과 유사한 변화를 보여 좀 더 실안에 가까운 설계임을 알 수 있다. 성능 분석에 있어서도 눈의 3차 수차들을 고려하여 조절에 따른 광학적 시기능 변화를 예측함에 있어 좀 더 좋은 도구를 제공할 것이다.

참고문헌

- 1) Schwiegerling, "Theoretical Limits to Visual Performance," surv. ophthalmol., Vol.45, No.2, pp.139-146, 2000.
- 2) Sanjeev Kasthurirangan, Emma L. Markwell, David A. Atchison, and James M. Pope, "In Vivo Study of Changes in Refractive Index Distribution in the Human Crystalline Lens with Age and Accommodation," Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. Vol.49 , pp. 2531-2540, 2008