

# 새로운 수정체 모델을 적용한 Gullstrand-Emsley 모형안의 설계 및 분석

## Design and Analysis of the Gullstrand-Emsley eye model using new approximation for the human 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 Gullstrand-Emsley 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, 즉 빛이 통과하는 경로인 각막, 수정체, 방수, 유리체 등의 굴절률, 굴절기관인 각막과 수정체의 곡률 및 굴절면의 비구면 계수, 굴절력, 그리고 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 안광학계로 인한 시기능 (visual performance)을 결정하는 요소는 수차, 회절, 안구내부에서의 산란이다. 이 외에 이상적인 광학계 즉 시기능이 뛰어난 눈을 제한하는 요소는 중심와 시력(foveal vision), 조절(accommodation), 동공 크기 등이 있다).

눈의 조절(accommodation)이란 외계의 물점이 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.

조절이 일어나는 동안(그림 1), 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.

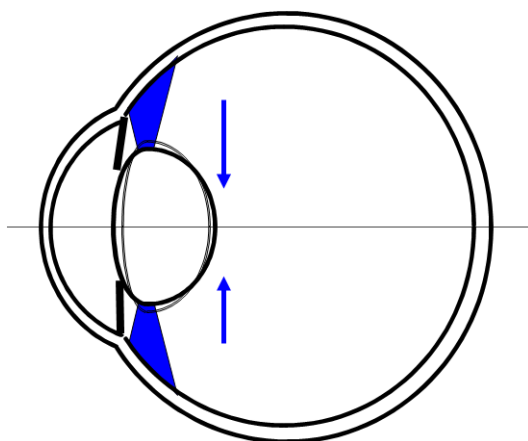


그림 1 조절이 일어나는 동안 안광학계의 변화요인

본 연구에서는 안광학에서 표준으로 널리 사용되는 2개의 구형 굴절면과 일정한 굴절률 분포를 가진 고적적인 Gullstrand-Emsley 간략 모형안을 이용하여 수정체에 대한 새로운 분석을 통해, 조절이 포함된 모형안을 제시하고자 한다. 본 연구에서 제안된 새로운 수정체에 대한 모델은 수정체 전면과 후면은 구면의

굴절면을 가지며, 조절이 일어나는 동안 수정체 두께가 증가하고, 광축에 수직인 방향으로의 길이는 짧아지게 된다. 수정체 내부의 굴절률이 일정하다고 할 때, 수정체 전체 부피는 변하지 않는다<sup>2)</sup>. 이에 따라 수정체 전면과 후면의 곡률반경을 계산하였으며, 곡률이 커짐에 따라 sag가 커져 수정체 전, 후면에서의 두께의 변화를 가져온다. 그림 2는 조절자극세기가 0~6 D 일 때, Navarro가 제안한 모형안과 Gullstrand exact model(수정체 굴절면 4개)이라고 알려진 모형안, 그리고 새로운 Gullstrand-Emsley model의 수정체 전면과 후면의 곡률반경의 변화를 나타낸 것이다. 여기에서 제시된 새로운 수정체 전면과 후면의 곡률반경의 변화는 Navarro model 과 좀 더 유사한 분포를 보였으나, 각막 뒷면과 수정체 전면 사이의 두께 및 수정체 전면과 후면 사이의 두께는 조절 자극세기의 변화에 대해 다른 두 model에 비해 좀 더 많은 증가량을 보여주었다. 그림 3은 조절자극세기의 변화에 따른 전체 굴절력의 변화를 나타낸 것이다.

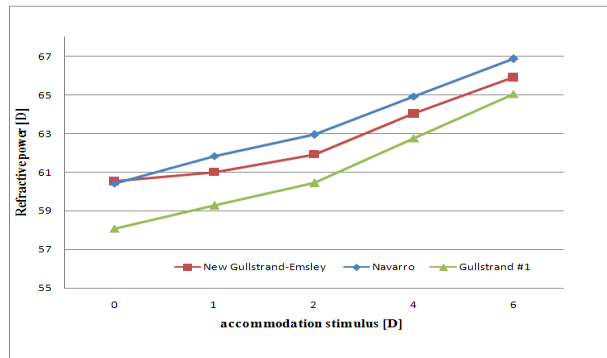
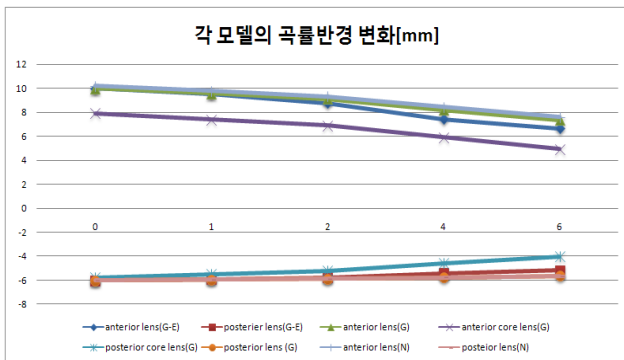


그림 2 조절자극세기에 따른 수정체 전,후면 곡률반경변화      그림 3 조절자극세기에 따른 모형안의 전체 굴절력

기존의 연구에서의 모형안들은 조절휴지상태를 기본으로 하였으나, 본 연구에서 제안된 수정체를 적용한 모형안은 조절의 단계적 변화에 따른 눈의 광학적 성능을 분석할 수 있다. 또한 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) Henryk T. Kasprzak, "New approximation for the whole profile of the human crystalline lens." *Ophthalm. Physiol.* Vol.20, No.1, pp.31-43, 2000