

인위적 근시에서 망막상의 크기와 시력과의 관계

최운상 · 손성은* · 김진숙**

부산여자대학 안경광학과 · 제주관광대학 안경광학과* · 김천대학 안경광학과**

인위적 근시에서 측정된 시력을 이론적 계산과 비교하였다. 계산은 망막에 형성되는 착란원 뿐만 아니라 상의 높이도 포함시켰다. 착란원은 기하광학적 모델에서 계산하였으며, 망막상의 높이는 인위적 근시에서 측정된 굴절력과 시력과의 관계로 계산하였다. 이 결과를 착란원과 망막상 높이의 비로서 망막상비를 정의하여 시력크기에 대한 망막상비의 관계를 조사하였다.

Relationship of Blur Circle and Height of the Retinal Image about Visual Acuity in a Artificial Myopia

Woon Sang Choi · Sung Eun Sohn* · Jin Suk Kim**

Department of Ophthalmic Optics, Pusan Women's College ·

*Department of Ophthalmic Optics, Cheju Tourism College**

*Department of Ophthalmic Optics, Kimcheon College***

Compared visual acuity that is measured in a artificial myopia with the numerical calculation. Calculation included image's height as well as blur circle that is formed to retina. The blur circle calculated in geometrical optics model, and height of retinal image calculated by refractive power and visual acuity that is measured in a artificial myopia. Define this result as "blur ratio" about blur circle and height of retinal image, and investigated blur ratio relationship about visual acuity in a artificial myopia.

I 서 론

시력을 표시하는 위리는 랜돌트 고리표시에 의한 1분각 5분각 위리를 기준으로 표현되며, 시력은 이러한 시표의 상이 망막에 형성되었을 때 나타나는 착란원의 크기로도 계산될 수 있다. 망막에 형성되는 상은 단순한 원으로 생성되어 시력으로 표시되나, 실지로 형성되는 상은 원의 모양보다 물체에 의해 만들어지는 모양으로 형성되어지며, 이러한 상을 인식 및 유추하여 물체의 모양을 판별하게 된다. 그러므로 시력은 단순 착란원 크가 아닌 망막상의 높이 및 이에 영향을 끼칠 수 있는 요소들로 복합되어 계산되어야 한다.

본 연구는 망막에 맺히는 상을 착란원의 직경뿐만 아니라 상의 높이도 고려하여 피검사자를 대상으로 측정된 시력값에 대하여 계산하였다. 망막상의 높이는 피검사자의 시력을 인위적 근시상태에서 조사된 굴절력과 시력과의 관계를 사용하여 계산하였으며, 이를 같은 굴절력값에 대한 착란원 크기와 비교하였다. 이것으로부터 착란원 크기와 망막상 높이의 망막상 비(Bur Ratio)를 정의하여 시력 크기에 대한 망막상 비의 관계를 조사하였다.

II 계산 및 결과

1인위적인 근시에서 시험렌즈 굴절력 변화에 따라 망막에 형성되는 착란원의 크기는 시험렌즈와 눈의 굴절력에

영향을 받는다. 시험렌즈 굴절력이 증가하면, 이는 눈과의 합성굴절력이 증가하여 합성굴절력 증가에 따른 초점거리가 감소할 것이며, 초점거리가 짧아짐에 따라 망막으로부터 초점이 멀어져서 결국 시험렌즈 굴절력 증가에 따라 착란원의 크기는 증가할 것이다. 시험렌즈 굴절력을 D_1' 라 하고, 착란원의 직경을 ρ 라 할 때 그 관계는 (1) 식으로 계산되었다.^[11]

$$\rho = p' \left[\frac{\frac{f}{n' - D_1' d} - 1}{D_1' \left(1 - D_E' \frac{d}{n} \right) + D_E' - y} \right] \quad (1)$$

이 식에서 p' 는 출사동의 직경이며, f 는 출사동과 망막 사이의 거리, n' 는 초자체의 굴절률, D_1' 는 시험렌즈의 굴절력, D_E' 는 정시의 굴절력, d 는 시험렌즈와 눈과의 정점간거리, n 는 공기의 굴절률, y 는 상측주점에서 출사동사이의 거리이다.

망막에 맺히는 상을 판단할 때에는 시각 원리에 의한 착란원의 크기가 시력판단의 원인이 되지만 망막에 맺히는 상의 크기 또한 고려되어야 할 요소가 된다. 이를 위해 착란원 뿐만 아니라 망막에 형성되는 상의 크기 또한 고려된 인위적 근시의 기하광학적 모델을 구성하여야 되며, 이를 그림 1에 나타내었다.^[12] 그림 1에서 Q의 물체에 높이 h 의 물체가 있으며, 이 물체의 상은 눈의 주점 H' 에서 굴절이 일어난 후, 출사동 p' 를 통과하여 망막 앞 Q' 점에서 높이 h' 의 상이 형성된다. h' 의 상은 망막 R 에서 착란원 ρ 과 망막상의 높이 h_b' 를 형성하게 된다. 상을 인식할 때에는 착란원뿐만 아니라 망막상의 높이도 영향을 끼치게 되므로, 이 영향을 반영하여 상 인식에 대한 효과를 망막상 높이와 착란원직경의 비로서 나타낼 수 있다.

망막상의 높이는 망막 앞에 맺어지는 h' 에 영향을 받으며,

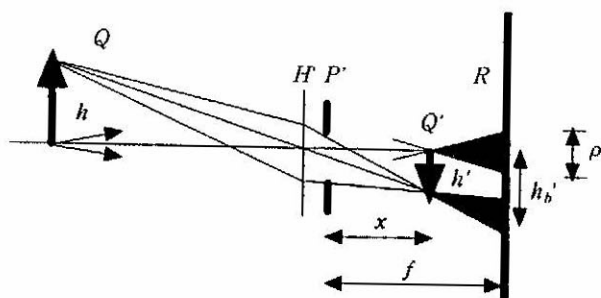


Fig. 1 Blur circle ρ and height h_b' of the retinal image in a myopic schematic eye. H' , P' and R is imaginary principal point, exit pupil and retina, respectively.

며, h' 는 물체높이 h 에 의해 결정된다. h 와 h' 는 그림으로부터 다음의 비례관계가 성립된다.

$$h' = \frac{L}{L'} h \quad (2)$$

이 식에서 L 와 L' 는 각각 물측버전스와 상측버전수이다. 또한 h_b' 와 h' 는 그림 1로부터 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$h_b' = \left(\frac{f}{x} \right) h' \quad (3)$$

여기서 f 와 x 는 그림 1에서 소개된 것처럼 각각 출사동으로부터 상의 거리 및 망막까지의 거리이다.

착란원과 망막상의 높이는 시험렌즈 굴절력에 대한 변수가 되며, 그 결과가 그림 2에 나타나 있다. 그림 2는 Gullstrand 광학모형 안의 수치로서 계산되었다. 그림 2에서 렌즈 굴절력과 착란원의 크기는 식 (1)에서 제시된 것처럼 착란원 크기가 시험렌즈 굴절력과 일정한 비례관계를 가지고 있다. 망막상 높이 또한 시험렌즈 굴절력 증가에 따라 증가하며, 그 증가폭이 착란원의 증가보다 더 크다. 이러한 변화량은 단순수치 변화보다 착란원과 망막상 높이의 비로서 나타낼 수 있으며, 이를 망막상 비(Bur Ratio)로 정의하고 착란원과 망막상의 높이로 표현하면 (4)식과 같다.

$$BR = \frac{\rho}{h_b'} \quad (4)$$

여기서 BR 은 망막상비이다.

망막상의 비를 계산하여 시력과의 관계로 나타내면 그

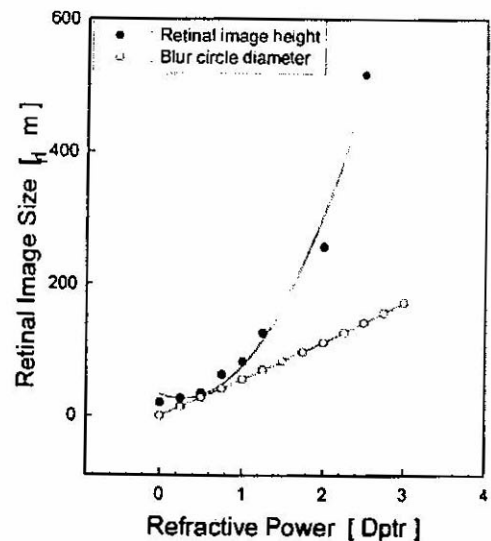


Fig. 2 Retinal image height and blur circle as a function of refractive power.

림 3과 같다. 이 그림에서 시력은 그림 2에서 표시된 시험 렌즈 굴절력을 눈과 합성된 합성굴절력으로 계산하고, 이것을 착란원 크기에 대한 시력으로 환산하여 나타내었다. 시력은 망막상비와 일정한 비례관계로 나타나 있다. 다른 문헌에 의하면, 이 망막상 비가 0.5 이상이 될 때 피검자가 시표를 판독할 수 있는 것으로 확인된다.^[2] 이 그림에서 살펴보면, 시력이 0.1 이상이 되었을 때, 망막상비가 0.5를 초과하게 된다. 또 시력이 회복됨에 따라 망막상 비의 값은 0.5 이상으로 증가함을 보이고 있다. 시력을 VA라 하고, 망막상 비를 BR이라고 할 때 이 그림으로부터 예상된 관계는 다음과 같다.

$$[VA] = a[BR] + b \quad (5)$$

이 식에서 a, b 는 상수로서 a 는 0.8, b 는 0.35의 값을 얻을 수 있다.

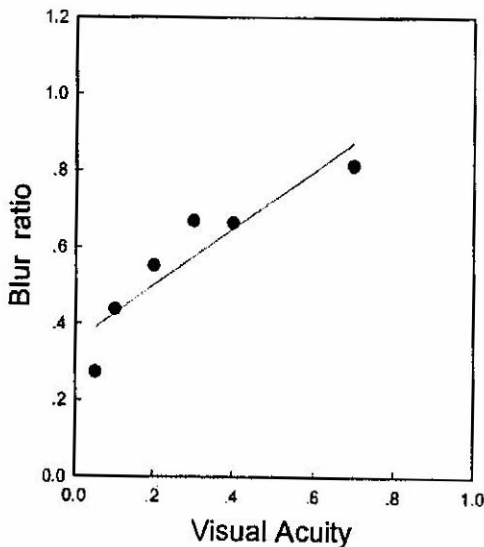


Fig. 3 Blur ratio as a function of visual acuity

II 결론

물체의 상이 망막에 형성될 때에 만들어지는 망막상과 시력과의 관계를 알기 위해 착란원뿐만 아니라 물체에 의해 형성되는 상의 길이도 포함시켜 시력과의 관계를 구하였다. 이를 위해 인위적 근시에서 만들어지는 시험렌즈 굴절력과 착란원의 관계 및 망막상의 높이를 구하고, 이로부터 착란원과 망막상의 높이의 비를 망막상비로 정의하여 시력과 망막상 비의 관계를 얻었다. 망막상 비는 0.5 이상이 될 때 시력을 결정할 수가 있는데 이 계산에서 시력이 0.1 보다 클 때, 망막상비가 0.5 이상이 나왔다.

참고문헌

- [1] 최운상, 한국안광학회지, 2권, 1호, p55 (1997)
- [2] Clinical Visual Optics 2nd ed., Butterworths, A.G. Bennett and R.B.Rabbetts (1989)
- [3] Y. Le Grand, S.G.El Hage, Physiological Optics, Springer Series in Optical Sciences Vol. 13, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p 65 (1980)
- [4] I. M. Borish, Clinical Refraction 3rd, Professional Press Books Fairchild Pub. New York, p 727 (1970)
- [5] F. A. Jenkins and H.E. White, Fundamentals of Optics 4th, McGraw Hill Inc. (1976)