

인위적 원시에 따른 망막에서 착란원 크기

최운상·김윤경·오흥근

부산여자대학 안경광학과

(2005년 1월 31일 받음, 2005년 3월 30일 수정본 받음)

인위적 원시상태에서 조절작용이 포함된 가운데 시험렌즈 굴절력 변화에 따라 망막에서 만들어지는 착란원을 조사하였다. 간단한 인위적 원시 모델을 만들어 시험렌즈의 굴절력을 함수로 수정체의 조절력에 따른 상측초점거리를 계산하였으며, 또한 출사동에서 망막사이의 거리를 조절력의 함수로 계산하였다. 이 두 결과를 비교함으로써 망막에서 만들어지는 착란원의 크기를 나타낼 수 있었다.

주제어: 인위적 원시, 착란원, 시험렌즈 굴절력

I 서 론

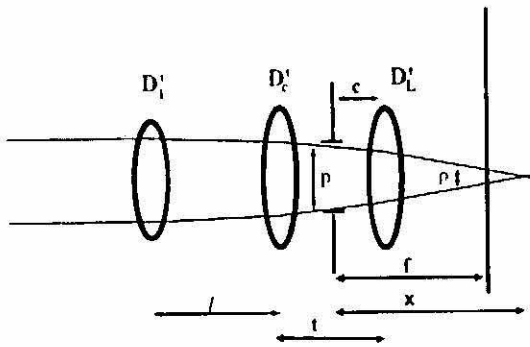
원시를 교정렌즈의 굴절력 변화로 교정하는 과정은 조절작용이 포함된 가운데 상측초점의 변화와 그에 수반된 착란원(blur circle)의 변화과정을 수치적으로 예측할 수 있는 과정이다. 원시의 교정과정은 시험렌즈의 굴절력 과 조절작용에 결과된 눈의 굴절력이 합성된 굴절력에 대해 착란원의 변화 및 착란원 과 시력의 변화를 수치적으로 계산할 수 있으며, 또 이 결과로부터 교정굴절력 변화와 시력과의 상관관계를 계산할 수 있다.

본 논문은 인위적인 원시상태에서 (-) 굴절력의 시험렌즈를 사용한 교정굴절력변화 와 그 변화에 따른 착란원크기 변화를 간단한 모형안 과 기하광학적 방법으로 계산하였다. 원시상태에서는 피검사자가 조절을 행하기 때문에 결과로 나타나는 굴절력은 시험렌즈의 굴절력과 조절력이 포함된 눈의 굴절력으로 구성된다.

II 계 산

시험렌즈의 굴절력과 착란원과의 상관관계는 간단한 모형안을 만들어 계산했으며, Gullstrand 광학모형안 수치가 사용되었다. 계산에 사용된 광학모형안의 개략적 모양이 Fig. 1에 나타나 있다. 시험렌즈의 (-) 굴절력변화에 따른 시력변화과정을 조사하기 위해 앞서 발표한 인위적 비정시 모델에 따라 시험렌즈의 굴절력과 착란원과의 관계를 계산할 수 있다^[1-3]. 착란원 ρ는 눈의 출사동점에서 상측초점까지의 거리인 x의 함수가 되는데 그 관계는 (1) 식과 같다.

$$\rho = p \left(1 - \frac{f}{x}\right) \dots\dots\dots (1)$$



- D₁' : Refractive power of test lens
 - D_c' : Refractive power of cornea
 - D_L' : Refractive power of crystal lens
 - p : Diameter of exit pupil
 - f : Distance between exit pupil and retina
 - c : Distance of principle point of crystal lens from exit pupil
 - t : Distance between principle point of cornea and crystal lens
 - l : Distance between vertex point of ophthalmic lens and cornea
 - p : Blur circle on the retina
- Fig. 1. Schematic diagram of simplified eye and optical test lens.

여기서 p는 출사동의 직경이며, f는 출사동에서 망막까지의 거리이다. 인위적 원시는 시험렌즈의 (-) 렌즈 굴절력에 의해 망막뒤쪽에 상측초점이 맺어지는데, 이러한 상측초점은 또한 조절력의 영향을 받는다. 조절력의 영향을 받는 동적굴절상태는 정적굴절상태와는 달리 눈의 주점과 출사동의 위치 및 수정체의 주점 등이 조절력의 함수로 주어진다.

인위적 비정시 모델에 따라 각막의 주점에서 수정체의 주점까지의 거리를 t라 하고, 출사동점에서 수정체의 주점까지 거리를 c라 할 때, 이 값들을 Gullstrand의 정식모형안에 의해 정적굴절상태와 최대동적굴절상태에 대해 표현하면 다음과 같다^[4].

$$t = -0.00003964 Ac + 0.00058586 \dots\dots\dots (2)$$

$$c = -0.000033667 Ac + 0.002414 \dots\dots\dots (3)$$

(2), (3)식에서 수정체는 수정체의 굴절률 변화에 따른 함수값으로 주어지나 여기서는 단순히 선형값으로 가정하여 표현하였다. Ac는 조절력의 크기이며 이 값이 0일 때에는 정적굴절상태의 값이다. 이러한 함수를 이용하여 출사동점에서 상측초점까지의 거

리인 x값을 구할 수 있다. x는 눈과 시험렌즈의 합성 굴절력에 기인한 초점거리로서 다음과 같이 주어진다.

$$x = \frac{n}{D} + b - a + c \dots\dots\dots (4)$$

여기서, D는 시험렌즈와 눈의 합성굴절력이며, n은 눈의 굴절률이다. b는 눈의 주점에서 시험렌즈와 눈의 합성굴절력의 주점거리이며, a는 눈의 주점에서 수정체 주점사이의 주점거리이다. x를 시험렌즈 굴절력 D'의 함수로 표현한 것이 (5) 식이다.

$$x = \frac{n - D_1' d}{D_1' + (1 - D_1' d)(D_c' + (D_L' + Ac)(1 - D_c' \frac{t}{n}))} - \frac{D_c'}{D_c' + (D_L' + Ac)(1 - D_c' \frac{t}{n})} t + c \dots\dots (5)$$

이 식에서 D_c'은 각막 굴절력, D_L'은 정적굴절상태의 수정체 굴절력이다. d는 시험렌즈의 굴절력과 눈의 주점사이의 거리이며 (6) 식으로 주어진다.

$$d = l + t - a \dots\dots\dots (6)$$

(6) 식에서 l은 시험렌즈의 상측정점과 각막의 정점간거리이다. (5) 식에서 구한 값으로 시험렌즈의 (-) 굴절력을 함수로 하여 그래프로 나타낸 것이 Fig. 2에 있다. 이 그림에서는 또한 조절력값을 0 Dptr에서 12 Dptr까지 변화시켜서 나타내었다.

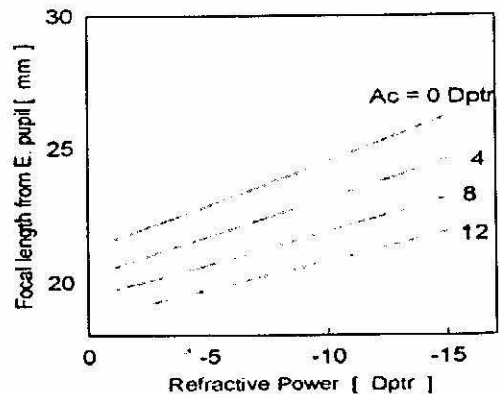


Fig. 2 Focal length from exit pupil along to refractive power of ophthalmic lens. Ac is accommodated power.

Fig. 2는 Gullstrand 모형안의 값을 사용했으며, 앞선 연구에서 사용된 값과 같다. 이 그림에서 시험렌즈의 굴절력이 증가하면 눈과의 합성굴절력이 감소함으로서 초점거리가 길어진다. 그리고 동적굴절상태에서 조절력증가는 합성굴절력을 증가시키므로서 일정한 시험렌즈 굴절력에서 초점거리가 감소하고 있다.

출사동점에서 망막까지의 거리 f 는 다음 (7) 식으로 주어진다.

$$f = \frac{n}{D_c' + (D_L' + Ac)(1 - D_c' \frac{t}{n})} - a + c \quad \dots\dots (7)$$

(7) 식을 조절력 Ac 의 함수로 f 의 값을 구하면 Fig. 3과 같다.

이 그림은 조절력이 증가하면 출사동과 망막사이의 거리가 감소함을 나타낸다.

여기서 구한 (7) 식 값과 (5) 식 값으로 (1)식을 계산하면, 시험렌즈의 굴절력에 따른 착란원의 크기를 구할 수가 있다. 시험렌즈의 굴절력 뿐만 아니라 조절력의 변화도 포함시켜 착란원의 크기를 나타낸 것이 Fig. 4에 있다. 조절력의 변화가 시험렌즈의 굴절력변화에 버금가는 크기임에도 불구하고 전체변화는 시험렌즈 굴절력에 영향을 받고 있으며, 조절력의 변화는 착란원의 변화에 크게 작용하지 않는다. 이것은 조절을 일으키는 수정체가 각막 가까이 있어 각막과 수정체의 합성굴절력인 눈의 굴절력변화에

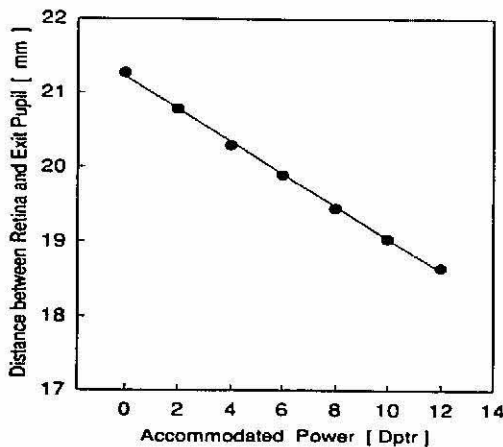


Fig. 3. Distance between retina and exit pupil as a function of accommodated power.

크게 기여하지 않는 반면에 시험렌즈의 굴절력은 정점간 거리만큼 떨어져 있어 시험렌즈와 눈의 합성굴절력변화에 크게 기여하게 되는 것을 의미한다. 일반적인 시력을 착란원크기로 환산하였을 때 50 μ m 임을 감안하면 시험렌즈 굴절력이 -3 Dptr 이내 일때만 시력의 크기를 환산할 수 있다.

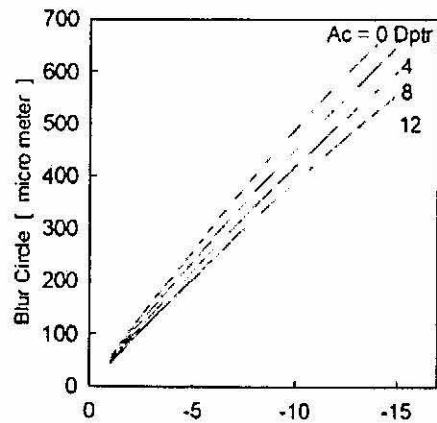


Fig. 4 Diameter of blur circle on the retina along to refractive power of ophthalmic lens.

II 결론

조절작용이 포함된 가운데 원시를 교정하는 과정을 상측초점의 변화와 착란원의 변화로 계산하였다. 시험렌즈의 (-) 굴절력의 증가는 시험렌즈와 눈의 합성굴절력을 감소시키며, 합성굴절력의 초점거리를 증가시켰다. 또 조절력의 증가는 합성굴절력을 증가시켜 초점거리를 감소시켰다. 이 두 가지 변수를 동시에 변화시켰을 때 전체적인 착란원의 변화를 관찰할 수 있었으며, 조절력의 변화보다 시험렌즈의 변화가 착란원 크기 변화에 큰 영향을 끼쳤다.

참고문헌

1. 최 운상, 지 택상, “교정굴절력 변화에 따른 근시의 시력회복과정”, 안경광학연구소 논문집, 1:47-51(1998).
2. 최 운상, 정 수자, “원시에서 교정굴절력변화에 따른 착란원크기”, 한국안광학회지, 5(1):155-157 (2000).

3. 최윤상. "인위적인 근사에서 시력의 회복과정". 한국안광학회지, 2(1):55-60(1997).
4. Butterworths, A.G. Bennett and R.B.Rabbetts, "Clinical Visual Optics", 2nd ed., Butterworths, London, UK, pp. 81-93(1989).
5. Y. Le Grand, S.G. El Hage, "Physiological Optics". Springer Series in Optical Sciences Vol. 13, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, USA, pp. 65-79(1980).
6. I.M. Borish, "Clinical Refraction", 3rd, Professional Press Books Fairchild Pub. New York, USA, 1970, pp. 399-827(1970).
7. F.A. Jenkins and H.E. White, "Fundamentals of Optics". 4th, McGraw Hill Inc. ToKyo, Japan, pp. 188-195(1976).

Diameter of the retinal blur circle in a artificial hypermetropia

Woon Sang Choi, Yoon-Kyung Kim, Heung Geun Oh

Department of Ophthalmic Optics, Pusan Women's College

(Received January 31, 2005 ; Revised manuscript received March 30, 2005)

In a artificial hypermetropia with the accommodative response, we investigated a diameter of blur circle as a function of test lens refractive power. In a schematic eye model of the hypermetropia, the second focal length along to accommodated power of the crystal lens are calculated as a function of test lens power and, also distance between the retina and exit pupil are calculated as a function of accommodated power. As these results are compared, the size of blur circle on the retina are obtained.

Key words : artificial hypermetropia , blur circle , refractive power of test lens