

## 굴절이상과 안축장/각막곡률반경 비와의 관계에 관한 연구\*

서 용 원 · 최 영 준\*

대구보건대학 안경광학과 대구 702-722

\*대구대학교 물리교육과 대구 712-714

(1999년 9월 13일 받음)

본 연구에서는 안과적 질환이 없는 한국인 성인 남녀의 안광학적요소를 측정하여, 안축의 길이를 각막 양주경선의 평균곡률반경으로 나눈 값(AL/CR비)과 눈의 굴절이상과의 상관성을 분석하였다. 눈의 굴절이상과 안축의 길이, 각막곡률반경과는 각각  $-0.77(0.001 > p)$ ,  $0.29(0.01 > p)$ 의 상관관계가 있었으나, AL/CR비와는 이것들보다 훨씬 높은  $-0.89(0.001 > p)$ 의 상관성을 보였다. 그러므로 눈의 굴절이상의 대부분은 AL/CR비에 의해서 결정된다고 할 수 있다. 또한 AL/CR비에 기여하는 안광학 요소를 알아보기 위해 AL/CR비와 안광학요소와의 상관성을 분석한 결과, 안축의 길이와는  $0.82(0.001 > p)$ , 유리체의 깊이와는  $0.80(0.001 > p)$ , 전방의 깊이와는  $0.57(0.001 > p)$ , 각막굴절력과는  $0.40(0.001 > p)$ , 각막곡률반경과는  $-0.39(0.001 > p)$ , 수정체의 굴절력과는  $-0.35(0.01 > p)$  등의 순서로 나타났다. 그러므로 눈의 굴절이상은 안광학요소 중 안축의 길이와 각막곡률반경의 비에 의해서 가장 많은 영향을 받으며, 이 AL/CR비는 안축의 길이, 초자체의 깊이, 전방의 깊이 등이 밀접한 관련성이 있으나, 수정체의 두께는 유의할 만한 상관성이 없음을 알았다.

### Study of the Axial Length / Corneal Radius Ratio in Determining the Refractive State of the Eye\*

Y.W. Seo and Y.J. Choe\*

Dept. of Ophthalmic Optics, Taegu Health College, Taegu 702-722

\*Dept. of Physics Education, Taegu Univ., Taegu 712-714

(Received by 13 September 1999)

The purpose of this study is to evaluate the relationship between axial length/corneal radius ratio and refractive error for human eye. Ocular components were measured Baush & Lomb keratometer, Holden-Payor pachometer, and Stoz Compuscan. Refractive error was measured by subjective refraction.

The results were as follows;

- 1) Spherical equivalent refractive error and axial length/corneal radius ratio was very highly correlated with the correlation coefficient for  $-0.89$ .
- 2) Axial length/corneal radius ratio and axial length, vitreous chamber depth were highly correlated that the correlation coefficients were  $0.82$ ,  $0.80$  respectively.
- 3) Axial length/corneal radius ratio and anterior chamber depth, corneal power, corneal radius, lens power were correlated with the correlation coefficients for  $0.57$ ,  $0.40$ ,  $-0.39$ ,  $-0.35$  respectively.
- 4) There were no significant correlation between axial length/corneal radius ratio and lens thickness, and corneal thickness.

\*본 논문은 대구대학교 학술연구비 지원에 의해 이루어진 것임.

## I. 서론

Stenstrom<sup>11)</sup>, Hirsch & Weymouth<sup>12)</sup>, Sorsby<sup>13)</sup> 등의 연구결과에 의하면, 각막 굴절력, 수정체의 굴절력, 전방의 깊이와 안축의 길이 등은 독립적인 것이 아니라 서로 상호보완적인 요소로서 어린 시절에 눈은 성장하면서 정시화 되어간다고 한다. 정시화의 과정은 안광학계의 각 요소들이 서로 상호보완적으로 작용하여 정시가 되며, 정시를 유지한다고 Van Alphen, Hofstetter 등을 포함한 많은 연구자들이 주장해오고 있다. Van Alphen는 정시화 과정에서 2가지 굴절요인 분석의 결과를 제시했다<sup>14)</sup>. 첫째, 크기요인, 즉 각막 곡률 반경과 안축의 길이, 이는 눈이 정시를 유지하는데 작용하며, 둘째 확장요인, 즉 전방의 깊이, 수정체 굴절력, 안축의 길이, 이는 결국 눈의 굴절상태를 결정한다.<sup>15)</sup> Emsley<sup>16)</sup>, Gullstrand의 모형안에서 안축의 길이는 24mm이고, 각막 곡률 반경은 7.7mm이다. 그래서 AL/CR비는 24/7.7 또는 3.12라고 할 수 있다. 그러나 한 연구실에서 5년동안 측정된 수백 명의 안굴절 요소를 기반으로 한 조사결과 정시안의 안축 길이 24mm에 대한 각막 곡률 반경은 8mm에 가까워야 된다고 한다. 결국 정시안의 AL/CR비는 24.0/8.0 또는 3.0이어야 한다.<sup>17-18)</sup>

그림1에 도시한 눈은 모두 정시안의 부류에 속하는 것으로, 안축의 길이 23.4mm, 24.00mm, 24.6mm와 각막 곡률 반경 7.8mm, 8.0mm, 8.2mm로 AL/CR비는 3.0으로 정시가 될 수 있다.

Grosvenor는 Vanuatu의 멜라네시안 어린이들의

안굴절요소를 분석해 보았을 때, 이 어린이들은 백인 어린이들에 비해 상대적으로 각막이 평평했고 안축이 작다고 했다. 평평한 각막을 가진 안축의 길이가 작은 눈은 원시안이어야 한다. 그러나 97%의 멜라네시안 어린이들은 굴절이상인 -0.25와 +1.00D사이로 거의 정시에 가까웠다. 그는 또한 643명의 영국어린이들과 625명의 멜라네시안 어린이들의 AL/CR비를 비교한 결과 영국어린이들이 훨씬 크다는 사실을 알았다.

이러한 차이를 설명하기 위해 Grosvenor는 영국 어린이들은 눈의 길이가 길어짐에 따라 수정체의 굴절력을 감소시킴으로써 정시상태를 유지하는 반면, 멜라네시안 어린이들은 수정체의 굴절력만 감소하고 안축길이는 커지지 않는다고 했다. 이와 같은 결과에 근거하여 정시안이면서 AL/CR비가 높은 사람은 근시가 될 위험요소를 갖고 있다고 제안했다. 근시 발생에 있어서 AL/CR비의 역할은, Goss와 Jackson의 장기간의 연구 결과로 설명이 가능한데, 이 연구에 의하면 8살에서 12살 사이의 어린이 그룹에 대해 굴절이상과 광학적 요소를 측정 한 결과, 연구 초기에는 모두 정시였으나 3년 동안 지속적으로 조사를 실시했을 때, 근시로 되는 눈은 연구 시작 당시 안축의 길이는 비슷했으나 각막의 곡률반경이 상대적으로 짧은 사람들이었다. 또 이렇게 근시로 되는 눈은 AL/CR비가 실험초기에 3.0이상이 대부분이었으며 3.0이하의 거의 없었다. 이와 같은 변화를 분석한 결과 Goss와 Jackson은 정시로 남아있는 그룹과 근시로 되는 그룹의 다른 요인은 오직 AL/CR비라는 것을 알았다. 외국인의

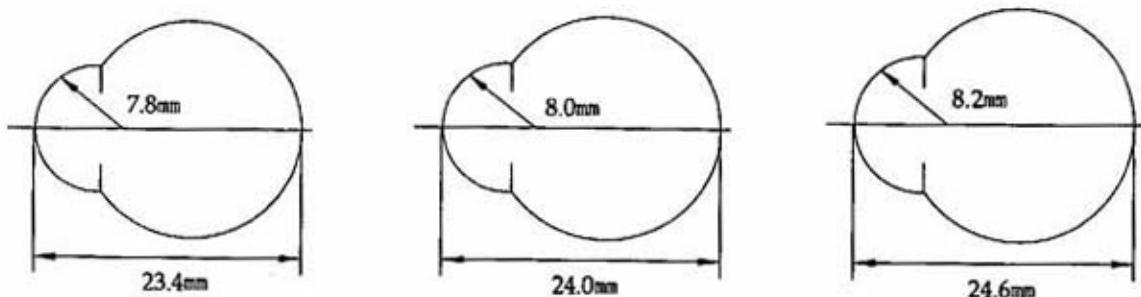


Fig.1. Three schematic eyes, all having an AL/CR ratio of 3.0, all of which would be expected to be emmetropic eye.

이와 같은 연구를 기반으로 하여, 한국인의 굴절이상에서는 안축의 길이와 각막곡률반경 사이의 관계가 어떤지를 밝히고자 한다.

## II. 대상 및 방법

본 연구에서는 남자20명과 여자 18명으로 나이는 18세에서 34세 사이의 안과적 질환이 없는 사람을 대상으로 측정했으며 타각적 굴절이상은 조절마비제를 사용하지 않은 상태에서 TOPCON RMA2000 Refractometer로 측정했고, 각막곡률반경은 Baush & Lomb사 Keratometer로 측정하였다. 상관관계 분석에 사용된 각막곡률반경은 강주경선과 약주경선의 평균값이다. 전방의 깊이 수정체의 두께, 유리체의 깊이와 안축의 길이 등은 A-scan ultrasonography를 이용했으며, 모두 5번씩 측정하여 그의 평균치를 취했다. 자각적 굴절이상 측정 과정에서 조절마비제는 사용하지 않았으나 조절의 영향을 최소화하기 위해 측정하는 동안에 원거리의 물체를 주시하도록 했다. 렌즈의 굴절력은 Bennett와 Rabbetts가 제안한 다음 식에 의해서 계산했다.

$$k = \frac{n' - (a-w)F_L}{a - (w/n')(a-w)F_L} - F_1$$

여기서  $k$  = ocular refraction (D)

$F_1$  = corneal power (D)

$F_L$  = equivalent lens power (D)

$a$  = axial length (mm)

$n'$  = refractive index of aqueous and vitreous humors

$w$  =  $d1 + c$

$d1$  = anterior chamber depth (mm)

$c$  = 2.5mm

## III. 결과 및 고찰

표1은 평균 안축의 길이, 각막곡률반경, 수정체 굴절력, AL/CR비를 1D의 굴절이상 간격으로 표시한 것이다. 굴절이상은 원시에서 고도 근시까지 끝고루 분포하고 있으므로 안광학요소와의 상관성을 알아보는데 아주 용이하다고 생각된다.

Table 1. Mean values of refractive components and AL/CR ratio, on the basis of 1 D refractive error groups.

Spherical Equivalent Refractive error (D)	No	Axial length		Corneal Radius		AL/CR Ratio		Lens power	
		AVE.	STD.	AVE.	STD.	AVE.	STD.	AVE.	STD.
+2.00 ~ +2.99	1	21.98		7.94		2.80		26.76	
+1.00 ~ +1.99	1	21.91		7.96		2.75		28.75	
0.00 ~ 0.99	13	23.38	0.87	7.94	0.23	2.95	0.09	23.87	2.35
-0.01 ~ -1.00	8	23.73	0.70	7.73	0.16	3.09	0.05	22.21	1.49
-1.01 ~ -2.00	10	24.30	0.58	7.86	0.18	3.11	0.03	22.86	1.40
-2.01 ~ -3.00	5	24.55	0.58	7.77	0.28	3.18	0.06	22.37	0.55
-3.01 ~ -4.00	12	25.13	0.85	7.80	0.19	3.24	0.07	22.05	1.87
-4.01 ~ -5.00	8	24.51	0.58	7.59	0.24	3.25	0.09	23.95	1.85
-5.01 ~ -6.00	7	25.38	0.83	7.73	0.25	3.30	0.05	23.80	2.38
-6.01 ~ -7.00	2	25.27	0.37	7.51	0.17	3.41	0.18	23.20	2.45
-7.01 ~ -8.00	2	25.70	0.05	7.56	0.19	3.40	0.09	24.08	2.06
-8.01 ~ -9.00	1	25.57		7.69		3.38		25.89	
-10.01 ~ -11.00	1	27.80		7.93		3.56		23.80	
-11.01 ~ -12.00	1	27.78		7.86		3.53		24.87	

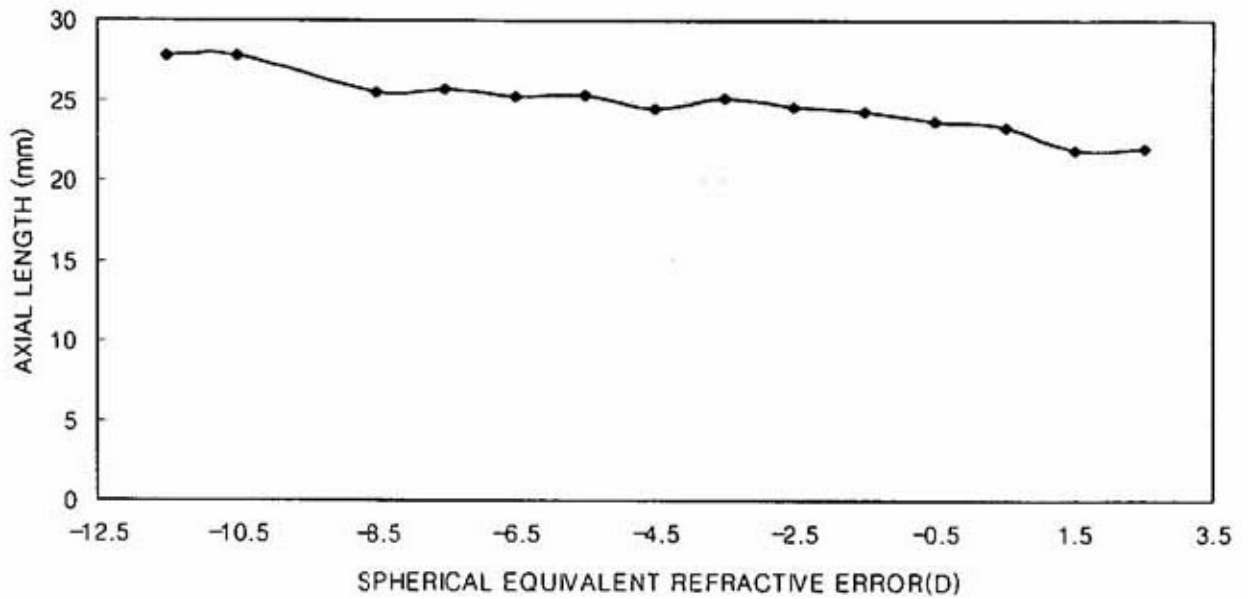


Fig.2. Mean axial length as a function mean spherical equivalent refractive error.

Fig.2는 안축의 길이와 눈의 굴절이상과의 관계를 나타낸 것으로, 그래프 전체적인 경향은 눈의 길이가 커지면 근시의 정도가 증가하며, 원시도는 감소함을 볼 수 있다. 그리고 -8.00D 이상의 고도 근시에서는 그 증가하는 정도가 더욱 심한 것을 알 수 있다.

Fig. 3은 각막 강주경선과 약주경선의 평균곡률 반경과 눈의 굴절이상과의 관계를 나타낸 것으로 근시도 -6.50D를 기점으로 기울기가 급격히 변화되는 것으로 봐서 이보다 강도의 근시에 대해서는 Fig.2.에서 보는 바와 같이 안축의 길이가 급격하게 증가됨으로써 강도의 근시가 유발됨을 알 수 있다.

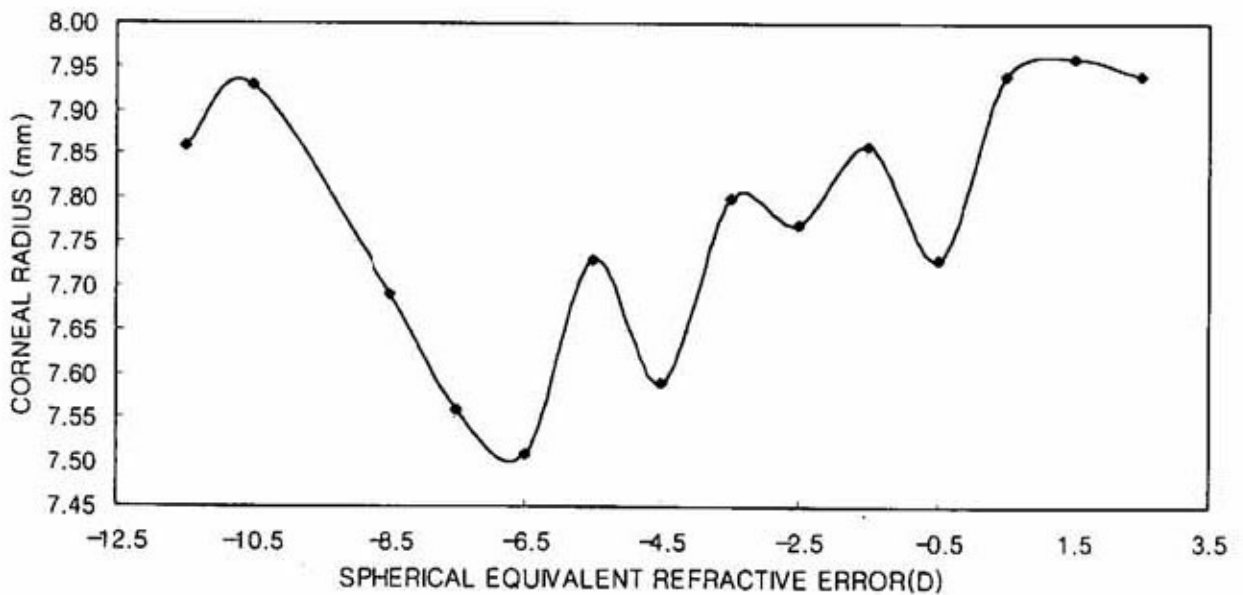


Fig.3. Mean corneal radius as a function mean spherical equivalent refractive error.

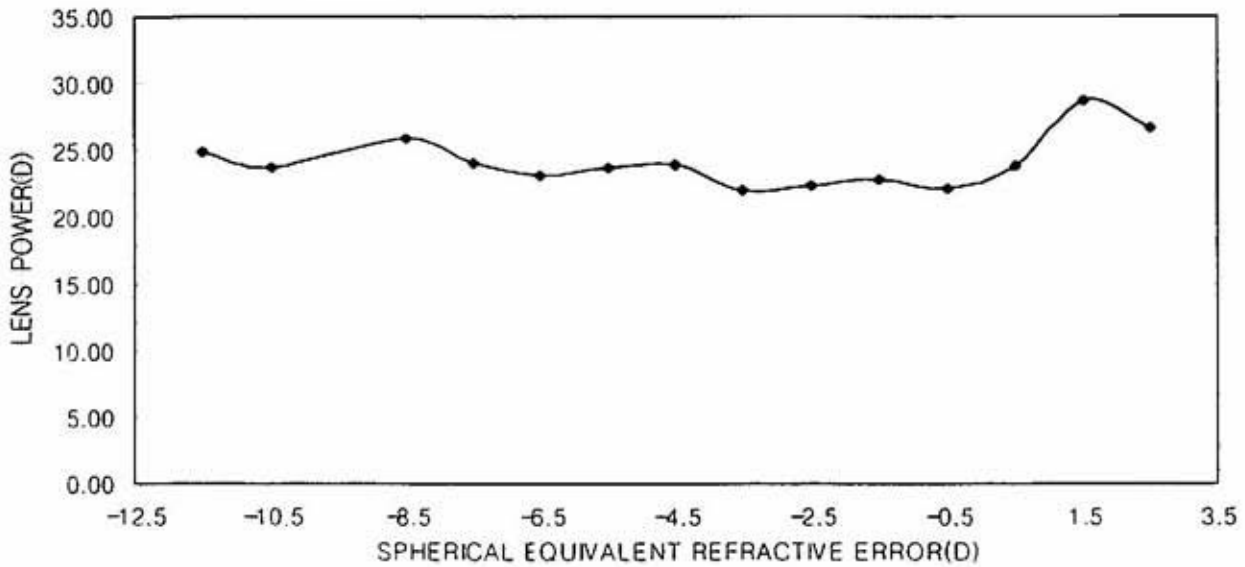


Fig.4. Mean lens power as a function of mean spherical equivalent refractive error.

Fig. 4는 수정체의 굴절력과 눈의 굴절이상과의 관계를 나타낸 것으로, 원시안에서는 수정체의 굴절력이 근시안이나 정시안에서보다, 상승하고 있으며 정시와 약도의 근시에서는 굴절력이 작고, 강도의 근시에서는 약간 상승하고 있음을 알 수 있다.

계를 나타낸 것으로 근시도가 증가할수록 AL/CR 비는 커지고 원시도가 증가할수록 AL/CR 비는 감소함을 알 수 있다.

안축의 길이, 각막곡률반경, 수정체굴절력, AL/CR 비의 평균값들과 굴절이상과의 관계를 그림2에서 5까지 나타냈다. 그래프에 의하면 원시도가 감

Fig. 5는 굴절이상과 AL/CR 비의 평균값과의 관

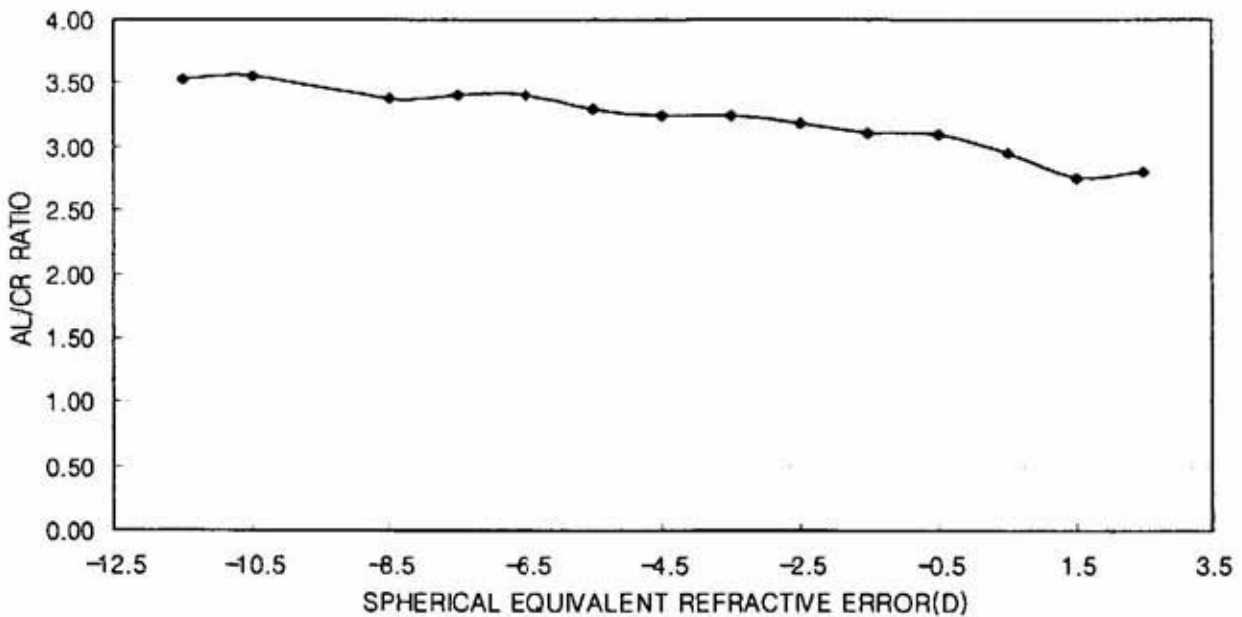


Fig.5. Mean AL/CR ratio as a function of mean spherical equivalent refractive error.

Table 2. Correlations and r<sup>2</sup> value between spherical equivalent refractive error and refractive component.

Refractive component	r	r <sup>2</sup>
Spherical equivalent refractive error vs. axial length	-0.77 ***	0.59
Spherical equivalent refractive error vs. corneal radius	0.29 **	0.08
Spherical equivalent refractive error vs. AL/CR ratio	-0.89 ***	0.79
AL/CR ratio vs. axial length	-0.82 ***	0.67
AL/CR ratio vs. vitreous chamber depth	-0.80 ***	0.64
AL/CR ratio vs. anterior chamber depth	-0.57 ***	0.32
AL/CR ratio vs. corneal power	-0.40 ***	0.16
AL/CR ratio vs. corneal radius	-0.39 ***	0.15
AL/CR ratio vs. lens power	-0.35 **	0.12

P<0.01 : \*\*      P<0.001 : \*\*\*

소함에 따라 또는 근시도가 증가함에 따라 안축의 길이는 증가하는 경향이 있고 각막곡률반경은 감소하며, AL/CR비는 증가하고 있음을 알 수 있다. 그러나 수정체의 굴절력은 근시도의 증감에 관계없이 증가하거나 감소하지 않고 약 23.00D에서 약 26.00D사이의 값을 나타내고 있다. 등가구면도수와

안축의 길이, 각막곡률반경, AL/CR비의 상관계수 r과 r<sup>2</sup> 값을 Table2에 나타냈다.

이 표에서 보는 바와 같이 눈의 굴절이상과 높은 상관관계가 제일 큰 요소는 안축의 길이이며 r=-0.77, r<sup>2</sup>의 값은 0.59로 안축의 변화로 굴절이상을 59%까지 설명이 가능하다는 것을 의미한다. 또한 굴

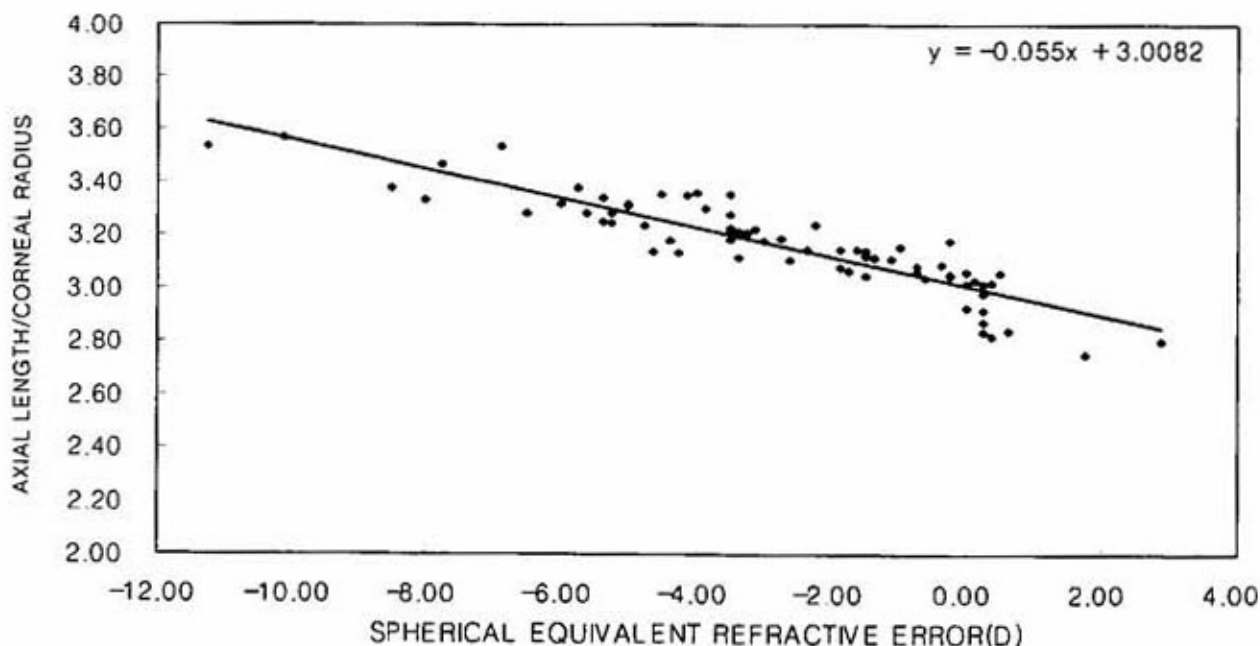


Fig.6. AL/CR ratio as a function of refractive error.



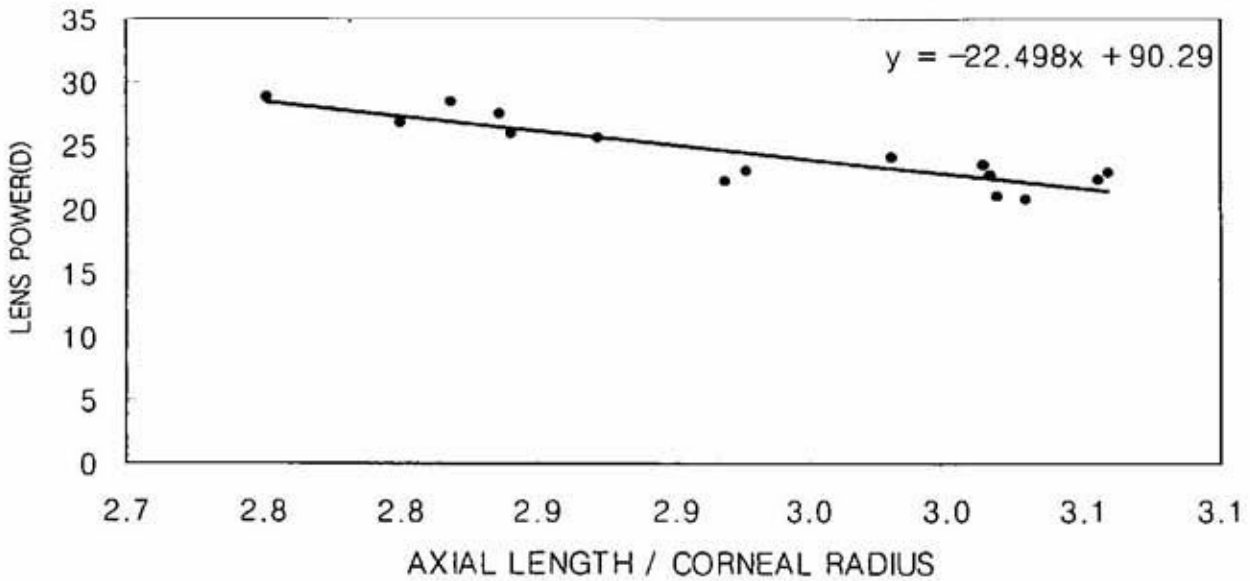


Fig.7. Linear regression of lens power and AL/CR ratio for hyperopic and emmetropic eyes.

굴절이상과 AL/CR비의 r<sup>2</sup>값이 0.79인 것은 AL/CR 비로 굴절이상을 79%까지 설명이 가능함을 의미한다. 이와 같이 눈의 굴절이상은 대부분이 AL/CR 비와 매우 상관성이 높다. 그러면 눈의 AL/CR 비는 안광학요소 중 어느 것과 연관성이 있는가를 알아볼 필요가 있다. 표2에 나타난 바와 같이 AL/CR 비는안축의 길이와 가장 상관성이 높으며, 다음으로, 유리체의 깊이, 전방의 깊이,각막굴절력, 각막곡률반경,수정체의 굴절력 순으로 나타났다.

이 연구의 결과는 눈의 굴절이상을 결정하는데 AL/CR비가 매우 중요한 역할을 함을 시사해주는 것이다. 더욱이 Stenstrom이 보고한 눈의 굴절이상과 안축의 길이와의 상관계수 -0.76, Theodore가 보고한 -0.762와 본 연구의 -0.77은 아주 유사하다고 할 수 있다.

수정체의 굴절력과 눈의 굴절이상과의 상관성이 거의 없음을 고려해볼 때 AL/CR비와 눈의 굴절이상과의 상관계수 -0.89는 아주 의미가 있다고 생각한다.

정시화의 과정에서 AL/CR비가 증가함에 따라 즉, 각막의 곡률이 증가하거나 눈의 길이가 증가하면 수정체의 굴절력은 감소할 것으로 예상된다. 이런 현상은 수정체의 굴절력이 더 이상 감소할 수 없는 한계까지 지속된다. 이 한계가 바로 근시가

출현하는 시작점이 된다. 그러므로 우리는 AL/CR 비에 대한 수정체 굴절력의 그래프를 2가지로 그려 볼 수 있다. Fig.7과 Fig.8에서 보는 바와 같이 오른쪽으로 가면서 기울기가 가파른 경우가 원시나 정시이며 기울기가 완만하거나 거의 평행인 경우가 근시안이다. Fig.7은 정시나 원시의 경우로 AL/CR 비가 2.75에서 3.06까지 증가함에 따라 수정체의 굴절력은 28.75D에서 20.84D로 감소했다. 수정체 굴절력의 감소량 7.91을 AL/CR비의 증가량 0.31로 나누면 25.74가 되어 AL/CR비 1에 대한 수정체 굴절력 감소비율이 25.74가 된다.

Fig. 8은 근시의 경우로 AL/CR비가 3.04에서 3.56까지 증가함에 따라 수정체의 굴절력은 28.12D에서 18.93D로 감소한다. 수정체 굴절력의 감소량 9.19를 AL/CR비의 증가량 0.52로 나누면 17.51이 되어 AL/CR비 1에 대한 수정체 굴절력 감소비율은 17.51이 된다. 이와 같은 결과는 정시나 근시의 경우와 비교했을 때, 감소비율이 8.23만큼 적어 근시 발생의 원인 중의 하나라고 말할 수 있다. 또한, AL/CR비가 증가함에 따라 수정체의 굴절력이 감소하여 정시를 유지하지만 어느 한계를 지나면 더 이상 AL/CR비를 보상할 수 없어 근시가 진행됨을 알 수 있다.

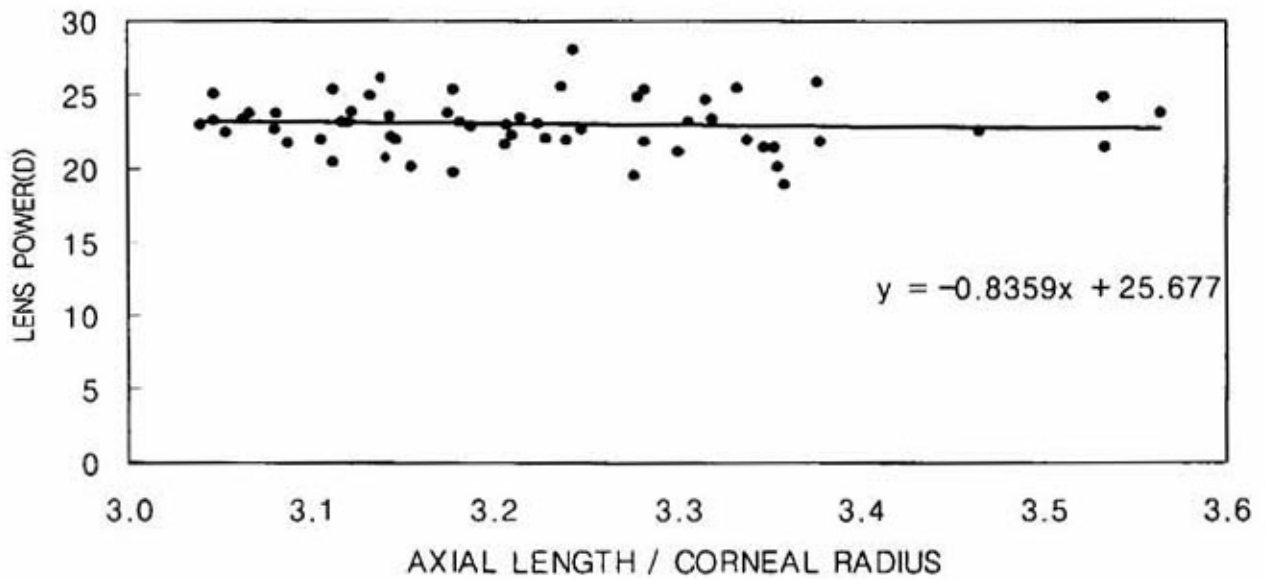


Fig.8. Linear regression of lens power and AL/CR ratio for myopic eyes.

#### IV. 결 론

눈의 굴절이상과 광학적 요소와의 상관관계를 알아본 결과, 안축의 길이가 증가함에 따라 근시도는 증가하고 원시도는 감소하며, 유리체의 깊이가 깊어질수록 근시도는 증가하고, 원시도는 감소함을 알았다. SAS통계 프로그램으로 상관계수를 구해본 결과, 눈의 굴절이상과 AL/CR비가 다른 요소들에 비해서  $-0.89(0.001 > p)$ 로 상관성이 가장 높았으며, 이 AL/CR비에 기여하는 안광학요소를 분석해본 결과, 안축의 길이  $0.82(0.001 > p)$ , 유리체의 깊이  $0.80(0.001 > p)$ , 등으로 상관성이 아주 높았으며, 다음으로는 전방의 깊이와는  $0.57(0.001 > p)$ , 각막굴절력과는  $0.40(0.001 > p)$ , 각막곡률반경과는  $-0.39(0.001 > p)$ , 수정체의 굴절력과는  $-0.35(0.01 > p)$  등의 순서로 나타났다. 그러므로 눈의 굴절이상은 안광학요소 중 안축의 길이와 각막곡률반경의 비에 의해서 가장 많은 영향을 받으며, 이 AL/CR비는 안축의 길이, 초자체의 깊이, 전방의 깊이 등이 밀접한 관련성이 있으나, 수정체의 두께는 유의할 만한 상관성이 없음을 알았다.

#### 참고문헌

- [1] Stenstrom S., Am. J. Optom. Arch. Am. Acad. Optom., 25, 218(1948).
- [2] Hirsch M.J., Weymouth F.W., Am. J. Optom. Arch. Am. Acad. Optom., 24, 601 (1947).
- [3] Sorsby A., Benjamin B., Davey J.B., Sheridan M., and Tanner J.M., Emmetropia and its Aberrations. London, Her majesty's Stationery Office, (1957).
- [4] Sorsby A., Benjamin B., and Sheridan M., Refraction and Growth of the Eye from the Age of Three. London: Her Majesty's Stationery Office, (1961).
- [5] Sorsby A. and Leary G.A., A Longitudinal Study of Refraction and its Components During Growth. London, Her Majesty's Stationery Office, (1970).
- [6] Van Alphen WGHM., On Emmetropia and Ametropia. Suppl. ad Ophthalmologica, Vol 142. Basel, S. Karger, (1961).



- [7] Hofstetter H.W., Am. J. Optom. Arch. Am. Acad. Optom., 46, 477(1969).
- [8] Emsley H.H., Visual Optics. 5th ed. London, Hatton Press, (1953).
- [9] Grosvenor T., Am. J. Optom. Physiol. Opt. 65, 689(1988).
- [10] Goss D.M. and Jackson T.W., Clinical findings prior to the onset of myopia in youth: 1. Ocular optical components. Presented at the Annual Meeting of the American Academy of Optometry, Orlando, Dec, (1992).
- [11] Bennett A.G. and Rabbetts R.B., Clinical Visual Optics. 1st ed. London: Butterworth, (1984).
- [12] DAVID A. GOSS, Optometry and Vision Science 74, 489(1997).