



# A Study on the Corneal Power and Refractive Error of Emmetropia and Myopia in Different Ages: from Elementary Students to University Students

Kyung-Keun Oh<sup>1</sup>, Ki-Young Lee<sup>1</sup>, Jun-Beom Shim<sup>2</sup>, and Hyun-Suk Shim<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Interdisciplinary Program of Biomedical Engineering, Chonnam National University Graduate School, Gwangju 61186, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Ophthalmic Optics, Gwangju Health University, Gwangju 62287, Korea  
(Received August 30, 2016: Revised February 24, 2017: Accepted March 7, 2017)

**Purpose:** In this study, we analyzed corneal power and refractive error of emmetropia and myopia by Aging. **Methods:** With classification of emmetropia and myopia by age group (from elementary to university students) who neither have not eye diseases and nor take refractive surgery, emmetropia is defined visual acuity over 1.0, equivalent spherical power is  $\pm 0.50$  D and less(astigmatism  $-0.75$  D and less). Myopia was is classified as  $-4.00$  D below and  $-4.00$  D or more. Then corneal power measured with Auto-REF/Keratometer. **Results:** Variation in refractive error in case of myopia below  $-4.00$  D and emmetropia are not statistically significant ( $p > 0.05$ ). However, in case of myopia over  $-4.00$  D, it is statistically significant ( $p = 0.007$ ) in the high school students ( $-4.96 \pm 0.78$  D on the elementary students,  $-5.62 \pm 0.95$  D on the middle school students,  $-6.47 \pm 1.68$  D on the high school students,  $-5.76 \pm 1.65$  D on the university students). In case of myopia over  $-4.00$  D, an average corneal power reduced a statistical significance on the middle school students ( $p < 0.05$ ) and increased significantly with age ( $p = 0.009$ ). **Conclusions:** The corneal power is getting less during adolescence and then increases in their twenties. In case of an emmetropia, the corneal power decreases slightly until the age of university student. However, it is minimum on the middle and high school student in case of myopia below  $-4.00$  D and  $-4.00$  D or more, respectively. After then it shows of increase. The refraction error has increased until the age of high school student, and then it is going down on the university student. These are the results of biological changes of the eyes related to the growth of the student.

**Key words:** Myopia, Emmetropia, Corneal power, Refractive error

## 서 론

경제, 사회적인 발전으로 평균 기대 수명은 증가하고 있으며 한국인의 평균 기대수명은 82.40으로 1980년에 비해 평균수명이 약 17세 증가하였으며<sup>[1]</sup> 고령화 사회로 진입이 빠르게 진행되고 있다. 따라서 중년 이후 건강은 매우 중요한 관심사가 되었으며 국가적으로 국민을 대상으로 한 질병 유병률에 대한 연구와 관리의 필요성이 강조되고 있다. 특히 눈은 삶의 질을 유지하는데 매우 중요한 요소이다. 눈은 만 5-7세 사이에 정상 시력에 도달하며<sup>[2]</sup> 만 5세 이상의 경우 근시가 나타나기 시작하여 서서히 진행되지만 성인이 되어서는 점차 감소하는 경향을 보인다.<sup>[3,6]</sup> 지난 수십 년 동안 근시의 유병률이 증가하고 있고 특히 한국을 포함한 아시아에서 그 유병률은 빠르게 증가하고

있다. 근시가 증가하는 이유는 환경적인 요인이 크다고 보며<sup>[7,9]</sup> 도시화, 근거리 작업의 증가, 학습량의 증가 등이 근시의 유발을 증가시키는 원인으로 보고 있다.

각막은 눈의 굴절기능 중 핵심적인 역할을 하며 약 +43 D의 굴절력을 가지고 있다. 각막의 굴절력은 연령의 증가에 따라 점점 증가하며 각막곡률반경은 서로 반비례하여 연령 증가에 따라 감소되고 수직경선보다 수평경선에서 더욱 크게 변화하는 것으로 보고되었다.<sup>[10]</sup>

최근 국내 콘택트렌즈 생산량의 급격한 증가와 함께 굴절교정용이 아닌 미용 목적의 콘택트렌즈 사용량이 지속적으로 늘어나고 있으며<sup>[10]</sup> 더불어 미용을 위한 칼라 콘택트렌즈를 선호하는 연령층이 점점 어려워지고 심지어 초등학생 때 미용 렌즈를 처음 착용하는 사례가 많이 있다고 보고되었다.<sup>[11]</sup> 청소년기에서 근시와 난시로 인한 시력의

\*Corresponding author: Hyun-Suk Shim, TEL: +82-62-958-7706, E-mail: shs8584@ghu.ac.kr

본 논문의 일부내용은 2016년도 한국안광학회 하계학술대회에서 포스터로 발표되었음

개선은 광학적 처방인 안경과 콘택트렌즈로 실시하는 것이 대부분인데 이 경우 정확한 굴절 상태의 진단에 의한 처방은 매우 중요한 것이다. 이런 이유와 함께 성인을 대상으로 하고 굴절이상안을 포함한 각막굴절력에 대한 연구는 많이 이루어졌지만 초·중·고등학생인 청소년기의 정시만을 분류하여 이루어진 연구는 거의 없다.<sup>[12,13]</sup>

이에 본 연구에서는 연령(초·중·고등학생 및 대학생), 성별 및 정시안과 근시안에서 각막굴절상태를 분석하여 굴절 이상에 관한 기본 자료를 구축하고 한국인 모형을 연구와 굴절 이상에 따른 시험착용용 콘택트렌즈 제작, 그리고 안광학 장비 제작에 참고할 수 있는 기초자료를 얻고자 하였다.

**대상 및 방법**

**1. 연구 대상**

본 연구의 취지에 동의하고 안질환이 없으며, 시력교정 수술을 시행하지 않은 대상자 중, 초등학생 233안(남성 116안, 여성 117안, 평균나이 10.25±1.47세), 중학생 133안(남성 68안, 여성 66안, 평균나이 14.12±0.81세), 고등학생 171안(남성 92안, 여성 79안, 평균나이 17.24±0.67세), 대학생 275안(남성 130안, 여성 145안, 평균나이 22.45±2.43세)을 선정하였다

**2. 연구 방법**

본 검사에 앞서 문진으로 눈과 전신의 건강상태를 조사하였고, 피검자의 동의하에 검사를 진행하였다.

**1) 타각적 굴절검사**

조절마비제를 사용하지 않고 Auto-REF/Keratometer (HRK-8000A, Huvitz, Korea)를 이용하여 안굴절력과 각막굴절력을 3회 측정 후 평균값을 사용하였다.

**2) 자각적 굴절검사**

타각적 굴절검사를 실시한 후 포롭터와 3 m 검사용 디

지털 차트를 이용하여 나안 시력이 1.00 이상이고 등가구면굴절력이 ±0.50 D 이하(난시 -0.75 D이하)인 대상자를 정시로, -4.00 D 미만 근시, -4.00 D 이상 근시로 분류한 뒤 각막굴절력을 비교 분석하였다.

**결과 및 고찰**

연령과 성별에 따른 굴절이상량과 각막굴절력을 Table 1에 나타냈으며, 굴절이상량과 각막굴절력은 각각 초등학생 -0.70±1.27 D, 43.84±1.39 D, 중학생 -1.47±1.90 D, 43.51±1.57 D, 고등학생 -2.05±2.28 D, 43.22±1.30 D, 대학생은 -2.05±2.26 D, 43.37±1.45 D이고 굴절이상량 변화는 평균 -1.36 D 증가하였으며 이는 통계적으로 유의하였다 (p=0.0000).

남녀 평균 각막굴절력은 초등학생 43.84±1.39 D, 중학생 43.51±1.57 D, 고등학생 43.22±1.30 D, 대학생 43.37±1.45 D로 나타났고 남자의 경우 각막굴절력은 나이에 따라 초등학생 43.39±1.29 D, 중학생 43.34±1.49 D, 고등학생 42.97±1.30 D, 대학생 43.06±1.31 D이었고 여자의 경우 초등학생 44.28±1.36 D, 중학생 43.69±1.65 D, 고등학생 43.50±1.24 D, 대학생 43.64±1.52 D로 남자에 비해 여자가 0.70 D 높게 나타났다(p=0.000) 연령별로는 고등학생 시기까지 평균 0.62 D 감소 후 대학생 시기에 다시 평균 0.13 D 증가하

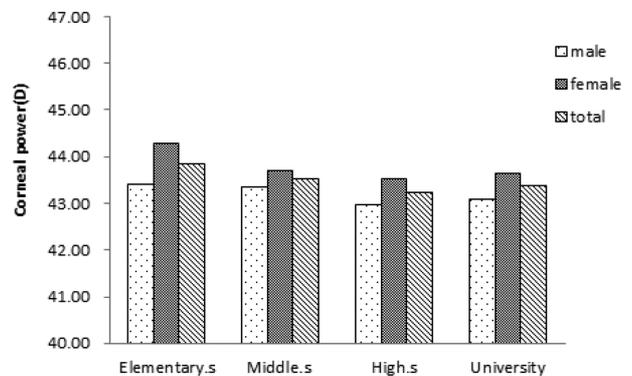


Fig. 1. Correlation of corneal power and age (school grade) for gender.

Table 1. Distribution of the subjects' refractive error for gender by age (school grade)

	Subjects (eyes)			Age (year)			Refractive error (diopter)		
	Total	Male	Female	Total	Male	Female	Total	Male	Female
Elementary school	233	116	117	10.25±1.47	10.37±1.48	10.14±1.46	-0.70±1.27	-0.67±1.26	-0.49±0.32
Middle school	133	68	65	14.12±0.81	14.18±0.83	14.06±0.79	-1.47±1.90	-1.60±1.99	-1.34±1.80
High school	171	92	79	17.24±0.67	17.09±0.41	17.42±0.86	-2.05±2.28	-2.50±2.35	-1.53±2.08
University	275	130	145	22.45±2.43	22.77±2.60	22.17±2.25	-2.05±2.26	-2.24±2.38	-1.87±2.14
Total	812	406	406	16.49±5.21	16.50±5.22	16.48±5.19	-1.57±2.05	-1.74±2.17	-1.39±1.91

Table 2. Distribution of the subjects' refractive error and corneal power for emmetropia and myopia by age (school grade)

	Subjects (eyes)			Age (year)			Refractive error (diopter)			Corneal power (diopter)		
	E <sup>a</sup>	LM <sup>b</sup>	HM <sup>c</sup>	E	LM	HM	E	LM	HM	E	LM	HM
Elementary school	150	72	11	10.03 ±1.58	10.51 ±1.16	11.64 ±0.50	-0.04 ±0.26	-1.51 ±1.16	-4.96 ±0.78	43.80 ±1.35	43.83 ±1.51	44.45 ±1.21
Middle school	67	50	16	14.19 ±0.80	13.98 ±0.80	14.25 ±0.86	-0.12 ±0.25	-1.97 ±0.98	-5.62 ±0.95	43.66 ±1.42	43.55 ±1.84	42.75 ±1.01
High school	56	89	26	17.11 ±0.82	17.31 ±0.61	17.27 ±0.45	-0.12 ±0.26	-1.98 ±1.01	-6.47 ±1.68	43.24 ±1.39	43.10 ±1.23	43.57 ±1.31
University	97	123	55	22.87 ±2.37	22.25 ±2.41	22.18 ±2.55	-0.05 ±0.29	-1.96 ±0.87	-5.76 ±1.65	43.02 ±1.60	43.49 ±1.33	43.72 ±1.33
Total	370	334	108	15.03 ±5.47	17.30 ±4.82	18.56 ±4.20	-0.06 ±0.26	-1.88 ±0.97	-5.90 ±1.54	43.47 ±1.44	43.46 ±1.45	43.62 ±1.33

- a. Emmetropia
- b. Low myopia (<-4.00 D)
- c. High myopia (≥-4.00 D)

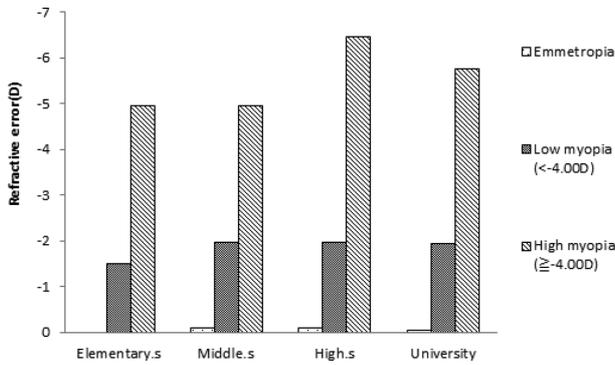


Fig. 2. Correlation of refractive error and age (school grade) for emmetropia and myopia.

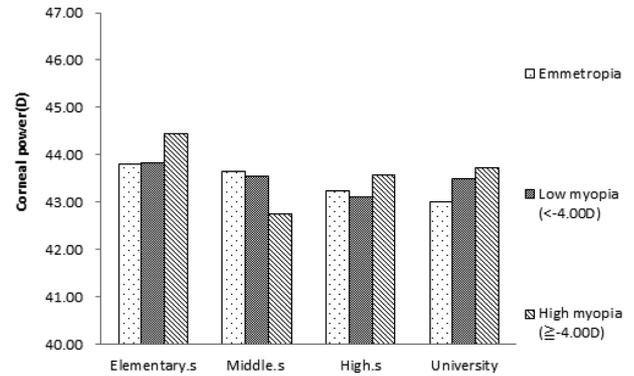


Fig. 3. Correlation of corneal power and age (school grade) for emmetropia and myopia.

였다. Fig. 1에서는 연령과 성별에 따른 각막굴절력의 변화를 나타냈다.

Table 2에서는 연령과 성별에 따른 굴절이상량과 각막굴절력의 변화 수치를 정시, -4.00 D 미만 근시, -4.00 D 이상 근시로 분류하여 연령에 따른 굴절이상량을 비교한 결과, 정시의 경우 초등학생 -0.04±0.26 D, 중학생 -0.12±0.25 D, 고등학생 -0.12±0.26 D, 대학생은 -0.05±0.29 D, -4.00 D 이하 근시의 경우 초등학생 -1.51±1.16 D, 중학생 -1.97±0.98 D, 고등학생 -1.98±1.01 D, 대학생은 -1.96±0.87 D로 굴절이상량 변화가 통계적으로 유의하지 않았으나(p>0.05), -4.00 D 초과 근시의 경우 초등학생 -4.96±0.78 D, 중학생 -5.62±0.95 D, 고등학생 -6.47±1.68 D, 대학생은 -5.76±1.65 D로 고등학생 시기에 유의한(p=0.007) 변화를 보인 뒤 대학생 시기에는 평균 0.71 D 낮은 중학생 시기의 수준으로 변화하였다. 이 같은 변화를 Fig. 2에 나타내었다.

또한 정시와 근시에서 각막굴절력의 연령별 변화를

Fig. 3에 나타냈다. 각막굴절력은 정시의 경우 초등학생 43.80±1.35 D, 중학생 43.66±1.42 D, 고등학생 43.24±1.39 D 대학생은 43.02±1.60 D로 -4.00 D 미만 근시의 경우 초등학생 43.83±1.51 D, 중학생 43.55±1.84 D, 고등학생 43.10±1.23 D 대학생은 43.49±1.33 D로 고등학생 시기까지 감소한 후 대학생에 증가하는 것으로 보이나 통계적으로 유의하지는 않았다. (p>0.05) 반면, -4.00 D 이상 근시의 경우 초등학생 44.45±1.21 D, 중학생 42.75±1.01 D, 고등학생 43.57±1.31 D 대학생은 43.72±1.33 D로 중학교시기에 유의한 감소(p<0.05)를 보인 후 연령 증가에 따라 다시 증가하였다(p=0.009).

인간 눈의 굴절 상태는 출생 시는 원시상태이지만 성장하면서 정시나 근시로 진행되며 근시는 청소년기에 진행되어 20세 전 후까지 지속된다. Blegvad<sup>[14]</sup>는 근시가 9세에 연간 0.81 D, 13세에는 연간 0.58 D 진행한다고 하였으나 굴절 이상의 종류에 따라 진행 정도가 다르게 나타

나는 것으로 보인다. 평균적으로 근시는 나이가 어릴수록, 근시 정도가 심할수록 높은 증가를 보이는 것으로 여겨지나 정시, 근시 등 굴절 이상의 종류와 그 정도에 따라서 변화하는 정도와 시기는 다르게 나타나는 것으로 보인다.

Song<sup>[15]</sup>등에 따르면 초등학교 5학년부터 중학교 2학년에 해당하는 10-14세는 빠른 성장과 함께 신체 조정의 변화가 급격하게 나타나는 시기로 이 시기에 각막의 굴절력의 변화는 당연한 것으로 보이나 증가하는 방향이 아니라 감소하는 방향으로의 변화는 유의 깊게 살펴 볼 필요가 있다. Lim<sup>[16]</sup>등은 11세에서 70세까지의 정시안을 대상으로 한 실험에서 각막굴절력은 10대에서 60대까지 증가추세를 보이고 10대에서 20대의 변화가 크다고 하였고 25세부터 74세 사이의 정상 성인을 대상으로 한 Kim<sup>[17]</sup>등의 연구에서도 25~34세 군의 남녀 각각 42.97 D, 43.39 D에서 66~74세군 44.51 D, 44.65 D로 고연령군으로 갈수록 각막굴절력이 크게 나타났다. 모두 성인 이후 각막굴절력이 증가한다는 결과를 보여주었다.

각막굴절력과 각막곡률반경은 서로 반비례 관계로 Kim<sup>[18]</sup>등은 굴절이상군별 연령 증가에 따른 각막곡률반경 변화는 차이가 없다고 보고하였고 Kiely<sup>[19]</sup>, Hayashi<sup>[20]</sup>등은 연령증가와 함께 각막곡률반경이 감소된다고 보고하였으나 본 연구에서는 남녀 공통적으로 각막굴절력은 고등학생 시기까지 감소 후 20대 대학생에서는 오히려 증가하는 것을 알 수 있었다. 또한 굴절이상군별로 나누어서 변화를 볼 때, 정시와 -4.00 D 미만 근시의 경우는 유의한 변화를 볼 수 없었으나, -4.00 D 이상 근시의 경우는 중학생 시기에 최소가 되며 그 이후에는 다시 유의하게 증가하였다. 굴절이상량은 고등학교 시기까지는 유의한 증가를 보인 후 대학생 시기에는 다시 감소하며 이것은 성장과 연관된 안구의 생물학적 변화에 따른 것으로 생각된다.

청소년기에서 20대 성인까지 나이가 증가할수록 각막곡률반경은 커지고, 각막굴절력은 작아지는 것으로 분석되었다. 이는 20대 이후 성인기의 변화와는 다른 것으로, 이 시기 안축 길이 증가에 따른 보상작용으로 각막굴절력이 감소하는 것으로 생각된다.

## 결 론

본 연구를 통해 청소년기부터 대학생까지 연령별, 성별 그리고 굴절 이상의 종류와 그 양에 따른 굴절이상량과 각막굴절력을 측정하고 비교한 결과 각막굴절력은 남녀 모두 청소년 시기를 통해 점차 감소하는 방향으로 변화하며 굴절이상량은 정시의 경우와 -4.00 D 미만의 근시에서는 신체발달이 활발한 중·고등학교 시기에서 근소하지만 높게 나타났으며, -4.00 D 이상의 근시에서는 고등학교시

기에 가장 높게 나타난 후 다시 감소하는 차이를 보였다. 성장기 동안 안수치의 변화를 동반하는 안구의 성장은 굴절이상과 각막굴절력의 변화를 일으키며 그 분포변화가 연령에 따라 차이가 있음을 알 수 있었다. 따라서 차후 연구에서는 굴절 이상에 따른 굴절이상량과 각막굴절력 그리고 안축 길이, 전방·후방의 깊이 등 안구의 각 조직 간의 연관성에 대해서도 심도 깊은 연구를 진행하고자 한다.

## REFERENCES

- [1] Korean Statistical Information Service. Population Dynamics, 2016. [http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT\\_1B8000F&conn\\_path=I2\(7 April 2016\)](http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1B8000F&conn_path=I2(7 April 2016)).
- [2] Kim J. The developing an algorism for the predicting myopia of early school-aged children. PhD Thesis. Ewha Womans University, Seoul. 2004;7-11.
- [3] Jin YH. Refraction and prescription, 5th Ed. Ulsan: University of Ulsan Press, 2007;73-91.
- [4] Donders FC. Accommodation and refraction of the eye, 1st Ed. New York: RE Krieger, 1979;429.
- [5] Dunphy EB, Stoll MR, King SH. Myopia among American male graduate students. Am J Ophthalmol. 1968; 65(4):518-521.
- [6] Goldschmidt E. On the etiology of myopia: an epidemiological study. Acta Ophthalmol. 1968;98:1-172.
- [7] Saw SM, Tong L, Chua WH, Chia KS, Koh D, Tan DT et al. Incidence and progression of myopia in Singaporean school children. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2005;46(1): 51-57.
- [8] Saw SM, Hong RZ, Zhang MZ, Fu ZF, Ye M, Tan D et al. Near-work activity and myopia in rural and urban schoolchildren in China. J Pediatr Ophthalmol Strabismus. 2001;38(3):149-155.
- [9] Tan NW, Saw SM, Lam DS, Cheng HM, Rajan U, Chew SJ. Temporal variations in myopia progression in Singaporean children within an academic year. Optom Vis Sci. 2000;77(9):465-472.
- [10] Jung SJ, Lee HJ, Baek SS, Jung MA, Mah KC. Analysis of corneal radius by age and refractive error. Korean J Vis Sci. 2009;11(3):173-185.
- [11] Korea Health Industry Development Institute. 2014 the statistical data of medical device production and trade performance, 2015. [https://www.khidi.or.kr/board/view?linkId=151906&menuId=MENU00349\(22 March 2017\)](https://www.khidi.or.kr/board/view?linkId=151906&menuId=MENU00349(22 March 2017)).
- [12] Jung MA, Lee HJ. A survey on cosmetic color contact lens wear status of middle school, high school and college students. Korean J Vis Sci. 2013;15(4):439-446.
- [13] Kang HS, Seo YW, Kang IS. Measurement of radius of corneal curvature for Korean adults with keratometer. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 1996;1(2):71-76.
- [14] Blegvad O. Om myopiens progression. Ugeskr Laeger. 1918;80:287-298.
- [15] Song YJ, Joung HJ, Kim YN, Paik HY. The physical

- development and dietary intake for Korean children and adolescents: body composition and obesity prevalence. Korean J Nutr. 2006;39(1):44-49.
- [16] Lim KJ, Choi WS, Youn DH. Aging and ocular dimension. J Korean Ophthalmol Soc. 1992;33(7):653-661.
- [17] Kim SD, Lee DS, Kim JD. Study of the corneal refractive power and axial length of the adult Korean eyeball. J Korean Ophthalmol Soc. 1990;31(11):1365-1369.
- [18] Kim JB, Kim JM. Relationships between corneal curvature and refractive errors in Korea. J Korean Ophthalmol Soc. 1977;18(1):39-44.
- [19] Kiely PM, Smith G, Carney LG. Meridional variations of corneal shape. Am J Optom Physiol Opt. 1984;61(10):619-626.
- [20] Hayashi K, Hayashi H, Hayashi F. Topographic analysis of the changes in corneal shape due to aging. Cornea. 1995;14(5):527-532.

## 연령별 정시안과 근시안의 각막굴절력과 굴절이상 연구: 초등학생부터 대학생까지

오경근<sup>1</sup>, 이기영<sup>1</sup>, 심준범<sup>2</sup>, 심현석<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>전남대학교 대학원 의공학협동과정, 광주 61186

<sup>2</sup>광주보건대학교 안경광학과, 광주 62287

투고일(2016년 8월 30일), 수정일(2017년 02월 24일), 게재확정일(2017년 03월 07일)

**목적:** 본 연구는 연령별 정시안과 근시안의 각막굴절상태와 굴절이상을 분석하고 변화 및 차이를 비교하였다.

**방법:** 본 연구의 취지에 동의하고 안질환이 없으며, 시력교정수술을 시행하지 않은 대상자 중 - 초등학생 233안, 중학생 133안, 고등학생 171안, 대학생 275안 - 나안 시력이 1.0 이상이고 자각적굴절검사를 실시한 결과 등가구면굴절력이  $\pm 0.50$  D 이하(난시  $-0.75$ D 이하)인 대상자와  $-4.00$  D 미만 근시,  $-4.00$  D 이상 근시로 분류한 뒤 각막굴절력을 Auto-REF/Keratometer를 이용하여 측정하고 비교 분석하였다. **결과:** 청소년기 정시와  $-4.00$  D 미만 근시의 경우 굴절이상량의 변화는 통계적으로 유의하지 않으나( $p > 0.05$ ),  $-4.00$  D 이상 근시의 경우 초등학생  $-4.96 \pm 0.78$  D, 중학생  $-5.62 \pm 0.95$  D, 고등학생  $-6.47 \pm 1.68$  D, 대학생은  $-5.76 \pm 1.65$  D로 고등학생 시기에 유의한( $p = 0.007$ ) 변화를 보였다. 또한, 각막굴절력은  $-4.00$  D 이상 근시의 경우, 중학생 시기에 감소( $p < 0.05$ )를 보인 후 연령 증가에 따라 유의한 증가를 보였다( $p = 0.009$ ). **결론:** 남녀 공통적으로 각막굴절력은 고등학생 시기까지 조금씩 줄어드는 양상을 보이며 20대 대학생에서는 오히려 증가하는 것을 알 수 있었다. 정시의 경우 대학생 시기까지 각막굴절력이 조금 감소하지만  $-4.00$  D 미만 근시의 경우는 고등학생 시기,  $-4.00$  D 이상 근시의 경우는 중학생 시기에 최소가 되며 그 이후에는 다시 증가하는 양상을 보였다. 굴절이상량은 고등학교 시기까지는 증가하는 양상을 보이다 대학생 시기에는 줄어들며 이것은 성장과 연관된 안구의 생물학적 변화에 따른 것으로 여겨진다.

**주제어:** 근시, 정시, 각막굴절력, 굴절이상