

한국인의 각막 전면, 후면난시 축의 분포와 연령에 따른 변화

Age-related Changes in Anterior, Posterior Corneal Astigmatism in a Korean Population

심윤섭 · 양순원 · 박율리 · 나경선 · 김현승

Yoon Seob Sim, MD, Soon Won Yang, MD, Yu Li Park, MD, Kyung Sun Na, MD, PhD, Hyun Seung Kim, MD, PhD

가톨릭대학교 의과대학 여의도성모병원 안과 및 시과학교실

Department of Ophthalmology and Visual Science, Yeouido St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate age-related changes in anterior and posterior corneal astigmatism in Koreans.

Methods: The anterior and posterior corneal astigmatism of 160 subjects with age ranging from 11 to 92 years, none of whom experienced any complications, were measured with a rotating Scheimpflug camera (Pentacam®). Using this data, the changing proportions of with-the-rule to against-the-rule and changing tendency of anterior and posterior corneal astigmatism with age were evaluated using polar value analysis according to the Naeser method.

Results: For the anterior cornea, the proportion of with-the-rule astigmatism decreased with age ($p < 0.0001$). On the other hand, for the posterior cornea, the proportion of against-the-rule astigmatism decreased with age ($p = 0.012$). In the polar value analysis, there was a trend toward against-the-rule astigmatism associated with increasing age for the anterior cornea ($p < 0.0001$) and toward with-the-rule astigmatism for the posterior cornea ($p < 0.0001$).

Conclusions: In previous studies, the anterior corneal surface shifted from with-the-rule to against-the-rule astigmatism with increasing age, whereas the posterior corneal surface remained as against-the-rule astigmatism in most cases. But, our results showed that the proportion of against-the-rule astigmatism of the posterior cornea decreased with age. Thus, evaluation of posterior corneal astigmatism should be performed before cataract surgery in old patients, especially when using a multifocal or toric intraocular lens.

J Korean Ophthalmol Soc 2017;58(8):911-915

Keywords: Astigmatism, Cataract surgery, Pentacam, Toric intraocular lens

각막 난시는 각막의 각 경선의 굴절력이 서로 달라 망막 황반에 선명한 상을 맺지 못하고 두 개의 초점을 형성하게 되는 것으로,¹ 이를 측정하기 위한 방법으로는 자동각막굴

절계, IOL master (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany), 각막지형도 등이 있다. 자동각막굴절계는 각막 중심의 3.0 mm 부위의 점들을 통하여, IOL Master는 각막 중심의 2.5 mm 부위의 6점을 통하여, 각막지형도는 각막 전체에서 수천 개의 점을 통하여 각막 난시를 측정하게 된다.² 이 중 세극등 현미경의 원리를 이용한 각막지형도는 다른 검사와 달리 각막 후면 난시를 측정할 수 있는데, 백내장수술 시 수술 후 잔여난시를 줄이기 위해 각막 후면 난시를 고려해야 한다는 연구결과³⁻⁵가 발표되면서 최근 중요성이 대두되고 있다.

각막 난시의 축은 연령이 증가함에 따라 직난시에서 도난시로 변화하는 경향을 보인다고 알려져 있다.^{1,3,4,6,7} 그러

■ Received: 2017. 5. 11. ■ Revised: 2017. 7. 5.

■ Accepted: 2017. 7. 25.

■ Address reprint requests to Hyun Seung Kim, MD, PhD
Department of Ophthalmology, The Catholic University of Korea
Yeouido St. Mary's Hospital, #10 63-ro, Yeongdeungpo-gu, Seoul 07345, Korea
Tel: 82-2-3779-1243, Fax: 82-2-761-6869
E-mail: Sara514@catholic.ac.kr

* Conflicts of Interest: The authors have no conflicts to disclose.

© 2017 The Korean Ophthalmological Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

나 이는 대부분 각막곡률계로 측정된 각막 전면 난시를 분석하여 얻어진 결과들로 각막 후면 난시를 반영하지 못했다는 제한점이 있다.

고령화 사회로 들어서면서 특히 국내에서 고령의 환자가 많아지고 있고, 난시교정용 인공수정체를 이용한 백내장수술 및 부분층 각막이식 수술이 증가하는 등 각막 후면난시에 대한 관심이 증가하고 있기에 본 연구를 통해 한국인에서 연령 증가에 따른 각막 전면 및 후면 난시의 변화를 알아보고자 하였다.

대상과 방법

2014년 1월부터 2015년 8월까지 본원 안과 외래에 내원한 환자 160명 중 160안(우안)을 대상으로 후향적 연구를 진행하였다. 본 연구는 헬싱키 선언에 입각한 가톨릭대학교 의학연구윤리심의위원회의 승인 아래 진행되었다. 11세부터 80세 이상까지 10세 간격의 8개의 연령군으로 나누었고, 한 군당 20안씩 포함하였다. 각막질환, 눈꺼풀 질환, 안와 및 결막 질환 등 각막난시에 영향을 줄 수 있는 질환이 동반된 경우, 각막이식수술, 굴절교정 수술, 녹내장 수술 등을 받은 경우는 연구 대상에서 제외하였다.

Pentacam® (Oculus, Wetzlar, Germany)은 360°로 카메라가 회전하는 샤임플러그(Scheimpflug) 사진기 원리를 이용하여 2초가량의 스캔을 통해 얻은 화상으로 각막 전, 후면의 지형도를 구하게 되며 이를 통해 각막 전, 후면의 각막수차를 구할 수 있다.⁸ 따라서 본 연구에서는 Pentacam®을 이용하여 각막 전면 및 후면난시를 측정하였고, 각막곡률의 가파른 축이 $90 \pm 30^\circ$ 에 위치한 경우는 직난시 군으로, 각막곡률의 가파른 축이 $180 \pm 30^\circ$ 에 위치한 경우는 도난시 군으로, 그 외는 사난시 군으로 정의하였다.⁹ 단, 후면난시의 경우 렌즈 굴절력이 음의 부호인 관계로 각막곡률의 가파른 축이 $90 \pm 30^\circ$ 에 위치한 경우를 도난시 군으로, $180 \pm 30^\circ$ 에 위치한 경우를 직난시 군으로 정의하였다.⁷

연령증가에 따른 각막 난시의 변화를 분석하기 위해 Naeser 공식을 이용하여 굴절구면 값(Sph, Cyl, A)을 극값으로 변형하였다.⁹ 여기서 극값(in diopter)은 $Cyl \times (\sin^2 A - \cos^2 A)$ 로 정의되며 양의 값인 경우 직난시, 음의 값인 경우 도난시임을 의미한다.¹⁰

통계분석은 SPSS 24.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하였으며 연령 증가에 따른 각막 전면 난시에서 직난시 비율의 감소여부, 각막 후면 난시에서 도난시 비율의 증가 여부를 선형 대 선형 결합을 이용하여 분석하였으며, 각각의 상관성을 선형회귀분석을 이용하여 분석하였고, p 값이 0.05 미만인 경우 통계학적인 의의가 있는 것으로 판

단하였다.

결 과

75명의 남성과 85명의 여성을 대상으로 하였으며 전체 평균 나이는 49.11 ± 23.12 세(11-92세)였다(Table 1). 각막 전면 난시는 연령이 증가함에 따라 통계적으로 유의하게 직난시의 비율이 감소하는 경향($p < 0.0001$)을 보였으며, 각막 후면 난시는 연령이 증가함에 따라 통계적으로 유의하게 도난시의 비율이 감소하는 경향($p = 0.012$)을 보였다(Fig. 1). 극값을 이용하여 분석한 결과, 연령이 증가함에 따라 각막 전면 난시는 도난시로 변화하는 경향을 보였고 10년간 평균 변화량은 $0.356D$ 였다($p < 0.0001$) (Fig. 2). 반면 각막 후면 난시는 직난시로 변화하는 경향을 보였고 10년간 평균 변화량은 $0.033D$ 였다($p < 0.0001$).

Table 1. The age and sex distributions of subjects

Age (years)	Male	Female
11-20 (n = 20)	13	7
21-30 (n = 20)	12	8
31-40 (n = 20)	9	11
41-50 (n = 20)	12	8
51-60 (n = 20)	9	11
61-70 (n = 20)	6	14
71-80 (n = 20)	7	13
≥81 (n = 20)	7	13
All ages (n = 160)	75	85

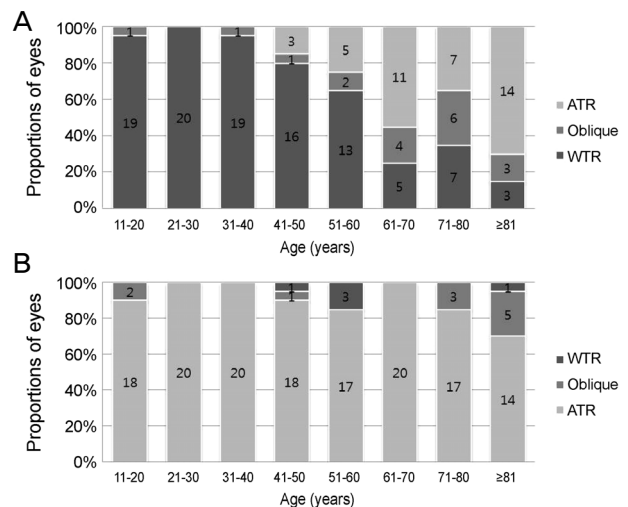


Figure 1. Distributions of different kinds of astigmatism by age group. (A) The anterior cornea, The proportions of with-the rule astigmatism are 95% in the 11-20 age group and 15% in the ≥81 age group. (B) The posterior cornea, The proportions of with-the-rule astigmatism are 0% in the 11-20 age group and 5% in the ≥81 age group. ATR = against the rule; WTR = with the rule.

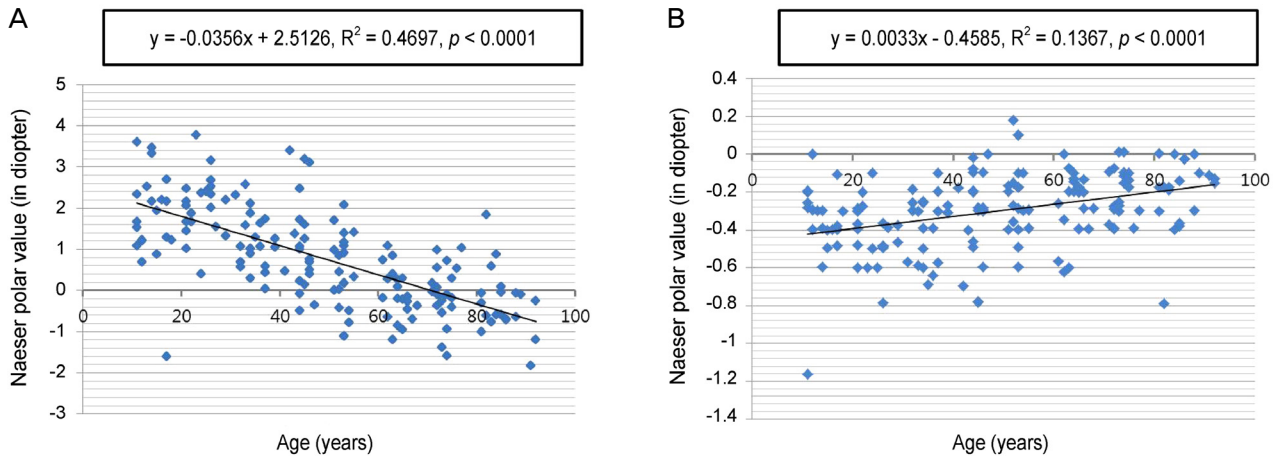


Figure 2. Scattergrams of polar values described by Naeser (in diopter) versus age and the linear regression model. (A) The anterior corneal astigmatism showed a significant against-the-rule change with age. The average change in against-the-rule astigmatism every 10 years was 0.356 D. On the other hand, (B) The posterior corneal astigmatism displayed with-the-rule changes with age with an average. The average change in with-the-rule astigmatism every 10 years was 0.033 D.

고 찰

기존 연구들에서 각막 전면 난시는 연령이 증가함에 따라 직난시에서 도난시로 변화하는 경향을 보이는 반면, 각막 후면난시는 연령과 관계없이 대부분 도난시인 모습을 보였다.^{3,7} 또한 공기와 각막전면부의 굴절계수차(1.376-1=0.376)에 비하여, 각막후면과 방수의 굴절계수차(1.336-1.376=-0.04)는 크기가 작기 때문에 그동안 각막 후면 난시는 임상적으로 중요하게 여겨지지 않았다.

각막곡률계는 각막 전면의 곡률반경을 측정하여 $D=(n-1)/r$ (n =안구의 평균 굴절률지수, r =각막 전면의 곡률반경)이라는 면굴절력 공식을 이용해 각막굴절력(D)을 구할 수 있는 장비로 전통적으로 각막곡률계로 측정한 각막 전면 굴곡에 대한 값을 수정 굴절상수(modified refractive index: 1.3375)를 사용하여 전체 각막 굴절력으로 추정 및 환산한 난시를 각막계 난시(Keratometric Astigmatism)라고 하였다.¹ 반면 Pentacam[®]이나 Orbscan II (Orbteck Inc., Salt Lake City, UT, USA) 같은 각막지형도 검사는 각각 세극등의 원리와 플라시도 반사를 이용해 전안부이미지를 3차원적 구조로 재구성하기에 전면과 후면의 각막을 각각 볼 수 있으며 각막의 특정부분에서의 난시값을 얻을 수 있다.

Ho et al¹¹의 연구결과(493안)에서 각막곡률계를 이용하여 측정한 각막계난시는 Pentacam[®]을 이용하여 측정한 각막 전체 난시와 평균적으로 크기 0.24 ± 0.16 디옵터, 축 $7.4 \pm 10.3^\circ$ 의 차이를 보였으며 이는 각막 후면 난시 때문으로 사료된다. Ueno et al⁷의 연구결과(419안)에서는 각막 후면 난시는 전면 난시와는 다르게 연령과 관계없이 일정하게 도난시인 모습을 보였다. 이 연구는 일본인을 대상으로 하

였다는 점에서 본 연구와 인종적으로 유사하다고 할 수 있으나 3D-OCT를 이용하였다는 점에서 본 연구와 차이가 있었다. 한편, Ho et al⁹의 Pentacam[®]을 이용한 연구결과(370안)에서는 연령증가에 따라 각막 후면 난시에서 도난시의 비율이 통계적으로 유의하게 감소하는 경향을 보였다. 또한 극값을 이용한 분석결과 각막 전면 난시는 도난시로 변화하는 경향을 보였으며, 5년간 평균 변화량은 0.18D였고, 각막 후면 난시는 직난시로 변화하는 경향을 보였으며, 5년간 평균 변화량은 0.022D로 본 연구의 결과와 유사하였다.

국내에서 진행되었던 Kim et al¹²의 각막곡률계와 등가교차원주렌즈를 이용한 연구결과(263안)에서는 각막 전체난시에서 각막난시를 뺀 값을 잔여난시로 정의하여 분석하였다는 점에서 각막 후면난시를 직접 측정한 본 연구와 차이가 있으나, 잔여난시가 전 연령군에서 대부분 도난시를 보였으며, 연령증가에 따라 도난시의 감소 양상을 보였다는 점에서 본 연구의 결과와 유사하였다. 각막 난시의 경우 연령증가에 따라 직난시에서 도난시로 이행하는 모습을 보였으며 이 또한 본 연구의 결과와 유사하였다.

연령 증가에 따라 각막 전체 난시가 도난시화 되는 것의 기전에 대하여 윗눈꺼풀 긴장도의 감소,¹³ 외안근의 긴장도의 변화,¹⁴ 각막구조의 변화¹⁵ 등 여러 가지 가설이 제시되었으나 현재까지 명확한 원인으로 밝혀진 것은 없다. 본 연구 결과에 따르면 연령이 증가함에 따라 각막 전면 난시는 도난시화, 각막 후면난시는 직난시화되는 경향을 보이는데, 이는 모두 공통적으로 각막곡률의 가파른 쪽이 $180 \pm 30^\circ$ 에 위치하게 되는 것을 의미한다. 각막에 상하방향에서 중심부로 작용하는 힘이 감소되거나, 좌우방향에서 중심부로 작용하는 힘이 증가할 때 이러한 변화가 나타날 수 있을 것

으로 사료되기에 이와 같은 사실을 활용하면 각막 난시 축의 변화 원인을 알아내는 데 도움이 될 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점으로는 연구 대상자 수가 적으며, 안과 환자만을 대상으로 하여, 전체 한국인을 대표한다는 데 한계가 있다는 점, 여러 장비로 측정치의 오류를 보정하지 못하였다는 점 등이 있다. 각막 후면 난시가 도난시일 경우, 전체 난시에 net against-the-rule astigmatism을 유발하게 된다. 따라서 각막 후면난시를 고려하지 않고 난시교정 인공수정체를 삽입할 경우 환자의 각막 전면난시가 도난시인 경우 술 후 부족교정을, 직난시인 경우 술 후 과교정을 유발할 수 있으므로 주의를 기울여야 한다.¹⁶⁻¹⁸

저자들은 본 연구 결과를 통해 각막 후면 난시는 연령이 증가함에 따라 도난시에서 직난시로 변화하는 경향이 있음을 알 수 있었다. 이를 토대로 백내장수술 후 난시를 줄이기 위해, 특히 고령인 환자에서 다초점 인공수정체나 난시교정용 인공수정체를 이용할 경우 각막후면 난시의 변화를 고려하는 것이 환자들에게 보다 나은 시력의 질을 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

- 1) Kim CS, Kim M, Kim HS, Lee YC. Change of corneal astigmatism with aging in Koreans with normal visual acuity. *J Korean Ophthalmol Soc* 2002;43:1956-62.
- 2) Han JM, Choi HJ, Kim MK, et al. Comparative analysis of corneal refraction and astigmatism measured with Autokeratometer, IOL Master, and Topography. *J Korean Ophthalmol Soc* 2011;52:1427-33.
- 3) Koch DD, Ali SF, Weikert MP, et al. Contribution of posterior corneal astigmatism to total corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2012;38:2080-7.
- 4) Reitblat O, Levy A, Kleinmann G, et al. Effect of posterior corneal astigmatism on power calculation and alignment of toric intraocular lenses: comparison of methodologies. *J Cataract Refract Surg* 2016;42:217-25.
- 5) Cheng LS, Tsai CY, Tsai RJ, et al. Estimation accuracy of surgically induced astigmatism on the cornea when neglecting the posterior corneal surface measurement. *Acta Ophthalmol* 2011;89:417-22.
- 6) Miyake T, Shimizu K, Kamiya K. Distribution of posterior corneal astigmatism according to axis orientation of anterior corneal astigmatism. *PLoS One* 2015;10:e0117194.
- 7) Ueno Y, Hiraoka T, Beheregaray S, et al. Age-related changes in anterior, posterior, and total corneal astigmatism. *J Refract Surg* 2014;30:192-7.
- 8) Lim TH, Lee JR, Choi KY, Cho BJ. Anterior and posterior corneal spherical aberration measured with Pentacam in the Korean. *J Korean Ophthalmol Soc* 2010;51:816-21.
- 9) Ho JD, Liou SW, Tsai RJ, Tsai CY. Effects of aging on anterior and posterior corneal astigmatism. *Cornea* 2010;29:632-7.
- 10) Naeser K. Conversion of keratometer readings to polar values. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:741-5.
- 11) Ho JD, Tsai CY, Liou SW. Accuracy of corneal astigmatism estimation by neglecting the posterior corneal surface measurement. *Am J Ophthalmol* 2009;147:788-95, 795.e1-2.
- 12) Kim CS, Ryu JW, Kim HS, Lee YC. Distribution and change of total astigmatism, corneal astigmatism and residual astigmatism with age in patient with emmetropia. *J Korean Ophthalmol Soc* 2005;46:485-93.
- 13) Grosvenor T. Etiology of astigmatism. *Am J Optom Physiol Opt* 1978;55:214-8.
- 14) Howland HC, Sayles N. Photokeratometric and photorefractive measurements of astigmatism in infants and young children. *Vision Res* 1985;25:73-81.
- 15) Hayashi K, Hayashi H, Hayashi F. Topographic analysis of the changes in corneal shape due to aging. *Cornea* 1995;14:527-32.
- 16) Koch DD, Jenkins RB, Weikert MP, et al. Correcting astigmatism with toric intraocular lenses: effect of posterior corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2013;39:1803-9.
- 17) Zhang L, Sy ME, Mai H, et al. Effect of posterior corneal astigmatism on refractive outcomes after toric intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2015;41:84-9.
- 18) Nemeth G, Berta A, Szalai E, et al. Analysis of surgically induced astigmatism on the posterior surface of the cornea. *J Refract Surg* 2014;30:604-8.

= 국문초록 =

한국인의 각막 전면, 후면난시 축의 분포와 연령에 따른 변화

목적: 한국인에서 연령 증가에 따른 각막 전면 및 후면 난시의 변화를 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 11세부터 92세까지 특이 안질환이 없는 160명의 각막 전면 및 후면 난시를 회전 샤임플러그 카메라(Pentacam®)를 이용하여 측정하였다. 이 자료를 이용해 연령 증가에 따른 각막 전면 및 후면난시에서 도난시와 직난시의 비율변화와 극값을 이용한 변화 경향을 분석하였다.

결과: 각막 전면 난시는 연령이 증가함에 따라 직난시의 비율이 감소하는 경향을 보였으며($p<0.0001$), 각막 후면 난시는 도난시의 비율이 감소하는 경향을 보였다($p=0.012$). 극값을 이용하여 분석한 결과에서는 연령이 증가함에 따라 각막 전면 난시는 도난시로 변화하는 경향($p<0.0001$)을, 후면 난시는 직난시로 변화하는 경향을 보였다($p<0.0001$).

결론: 기존 연구들에서 각막 전면 난시는 연령이 증가함에 따라 직난시에서 도난시로 변화하는 경향을 보이는 반면, 각막 후면 난시는 연령과 관계없이 대부분 도난시인 모습을 보였다. 그러나 본 연구결과에 따르면 각막 후면 난시는 연령이 증가함에 따라 도난시의 비율이 감소하는 경향을 보였다. 따라서 고령인 환자에서의 백내장수술 시, 특히 다초점 혹은 난시교정 인공수정체를 사용할 경우 각막후면 난시에 대한 평가를 반드시 시행해야 한다.

〈대한안과학회지 2017;58(8):911-915〉
