

# 소아에서의 굴절이상 정도와 안축장 및 각막굴절력의 상관관계 분석

## Correlations among Refractive Error, Axial Length, and Corneal Power in Childhood

이윤곤<sup>1</sup> · 백승희<sup>1</sup> · 임현택<sup>2</sup> · 김대희<sup>1</sup>

Youn Gon Lee, MD<sup>1</sup>, Seung-Hee Baek, MD, PhD<sup>1</sup>, Hyun Taek Lim, MD, PhD<sup>2</sup>, Dae Hee Kim, MD<sup>1</sup>

건양대학교 의과대학 김안과병원 안과학교실<sup>1</sup>, 울산대학교 의과대학 서울아산병원 안과학교실<sup>2</sup>

Department of Ophthalmology, Kim's Eye Hospital, Konyang University College of Medicine<sup>1</sup>, Seoul, Korea

Department of Ophthalmology, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine<sup>2</sup>, Seoul, Korea

**Purpose:** To investigate sexual differences and correlations among refractive error, axial length (AL), and corneal power.

**Methods:** A retrospective review of the medical records for 2,006 eyes of children aged 5-16 years was conducted. Cycloplegic refraction and AL measurements were performed on all eyes. Sexual differences in corneal power and AL were investigated in emmetropic eyes and after adjustment for the spherical equivalent (SE). The distribution of AL with every 1 diopter (D) interval was determined. Quantitative correlations among SE, corneal power, and AL were analyzed using multiple regression analyses.

**Results:** The mean age of the subjects was 7.62 years and the mean SE was -0.10 D. Males had a longer AL and lower corneal power than females both in emmetropic eyes and in all subjects after adjustment for the SE. The AL increased 0.40 mm for every -1 D change of the SE. When compared to a 1 D interval of the SE, the AL difference between the upper and lower values of a 95% confidence interval was 2.98 mm, which showed the variability of the AL distribution. Eyes with a long AL had lower corneal power ( $p < 0.001$ ). Every 1 mm change of AL resulted in a -2.1 D change in the SE, and every 1 D change of corneal power resulted in a -0.8 D change in the SE ( $p < 0.001$ ).

**Conclusions:** The distribution of the AL and corneal power was variable, even in eyes with the same refractive error. The AL and corneal power differed by sex. Quantitative correlations between the SE, AL, and corneal power can be clinically used in the estimation of these parameters.

J Korean Ophthalmol Soc 2018;59(5):471-477

**Keywords:** Axial length, Childhood, Corneal power, Eye model, Refractive error

소아에서 굴절력의 근시성 변화는 일정기간 지속되다가

만 16세 이후로는 멈추는 것으로 알려져 있다.<sup>1-3</sup> 이러한 근시성 변화의 95% 이상은 안구의 길이가 길어지는 것과 관련된 축성근시로 알려져 있다.<sup>4</sup> 나이가 들어감에 따라 소아에서 안구 구조에 다양한 변화가 일어나고, 안구의 여러 구조가 굴절력에 영향을 미치지만, 안축장이 굴절력과 관련하여 가장 뚜렷한 변화를 보인다. 따라서 소아의 근시성 변화를 이해하는 데 안축장이 어떤 식으로 변하는지 이해하는 것은 매우 중요하다.

안축장은 초음파 측정기를 이용하거나 부분결합간섭계 (partial coherence laser interferometry)를 이용하여 측정할 수 있다. 초음파 측정기는 직접 각막에 측정부(probe)를 접

■ Received: 2018. 1. 11.

■ Revised: 2018. 2. 1.

■ Accepted: 2018. 4. 20.

■ Address reprint requests to Dae Hee Kim, MD

Department of Ophthalmology, Kim's Eye Hospital, #136

Yeongsin-ro, Yeongdeungpo-gu, Seoul 07301, Korea

Tel: 82-2-2639-7517, Fax: 82-2-2633-3976

E-mail: skdh17@hanmail.net

\* This study was presented as a narration at the 118th Annual Meeting of the Korean Ophthalmological Society 2017.

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

© 2018 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.

측시하여야 하기 때문에 점안마취를 시행하여야 하고, 상대적으로 침습적이다. 부분결합간섭계는 비침습적으로 안축장을 측정할 수 있다는 점이 장점이다. 소아의 경우 초음파 측정기로 안축장을 측정하기에는 무리가 있기 때문에 부분결합간섭계가 나오기 전에는 제한적인 연구만 가능하였다. 하지만 부분결합간섭계가 개발된 이후, 소아를 대상으로 한 근시 연구에서 안축장 측정에 광범위하게 사용되고 있다. 특히 각막굴절교정술(orthokeratology)이나 아트로핀 안약 등을 이용한 근시억제치료 연구 및 임상에서 실제로 근시가 억제되는지를 검증하는 방법으로 안축장이 이용되고 있다.<sup>5,6</sup> 굴절검사는 객관적인 검사이지만, 측정방법에 따라 차이가 크다. 굴절검사의 기준이 되는 검사는 숙련된 검사자가 시행한 조절마비굴절검사(cycloplegic refraction)이지만, 검사자 간의 차이를 무시할 수 없다는 단점이 있다. 따라서 근시억제치료가 가능한 상황에서 안축장 검사는 근시의 추적관찰에 중요한 정보를 제공할 수 있다.

근시와 안구의 구조의 관련성을 연구한 이전 보고들을 살펴보면 안축장이 매우 다양한 분포를 가진다고 보고하였다.<sup>7-12</sup> 각막 및 수정체의 형태나 전방깊이(anterior chamber depth) 등이 안구전체의 굴절력에 영향을 미치기 때문에 같은 굴절력을 가지는 눈이라고 하더라도 다양한 안축장의 분포를 보일 수 있다는 점에 대한 이론적 근거를 제시하였다. 하지만 이전 연구들은 주로 안구구조에 관한 인구학적인 분포나 안구구조에 따른 굴절력의 수학적인 모델을 세우기 위한 목적으로 연구가 진행되어 각 특정 굴절력에서 안축장의 분포에 대한 데이터를 제시하지는 않았다.

이번 연구에서는 임상적으로 근시를 진단함에 있어 직접적으로 측정이 가능한 각막굴절력 및 안축장을 이용하기 위한 기초적인 자료를 제시하기 위해 진행되었다. 소아에서 안축장과 각막굴절력의 남녀 간 분포의 차이와 특정 굴절이상에서의 각막굴절력 및 안축장의 분포, 특정 굴절이상에서 각막굴절력과 안축장이 굴절이상과 어떤 양적 상관관계를 가지는지 알아보았다.

## 대상과 방법

본 연구는 2010년부터 2017년까지 김안과병원 소아안과를 내원한 환자의 의무기록을 분석하여 진행하였다. 본 연구는 헬싱키 선언에 부합하도록 진행하였으며, 연구윤리심의위원회의 승인(승인번호: C-2017-007)을 받아 진행되었다.

연구에 포함된 대상자는 만 5세부터 만 16세이며, 조절마비굴절검사를 시행하고, 조절마비굴절검사를 시행한 1개월 이내에 부분결합간섭계(partial coherence laser interferometry, IOL Master 500<sup>®</sup>, Carl Zeiss Meditec, Oberkochen, Germany)

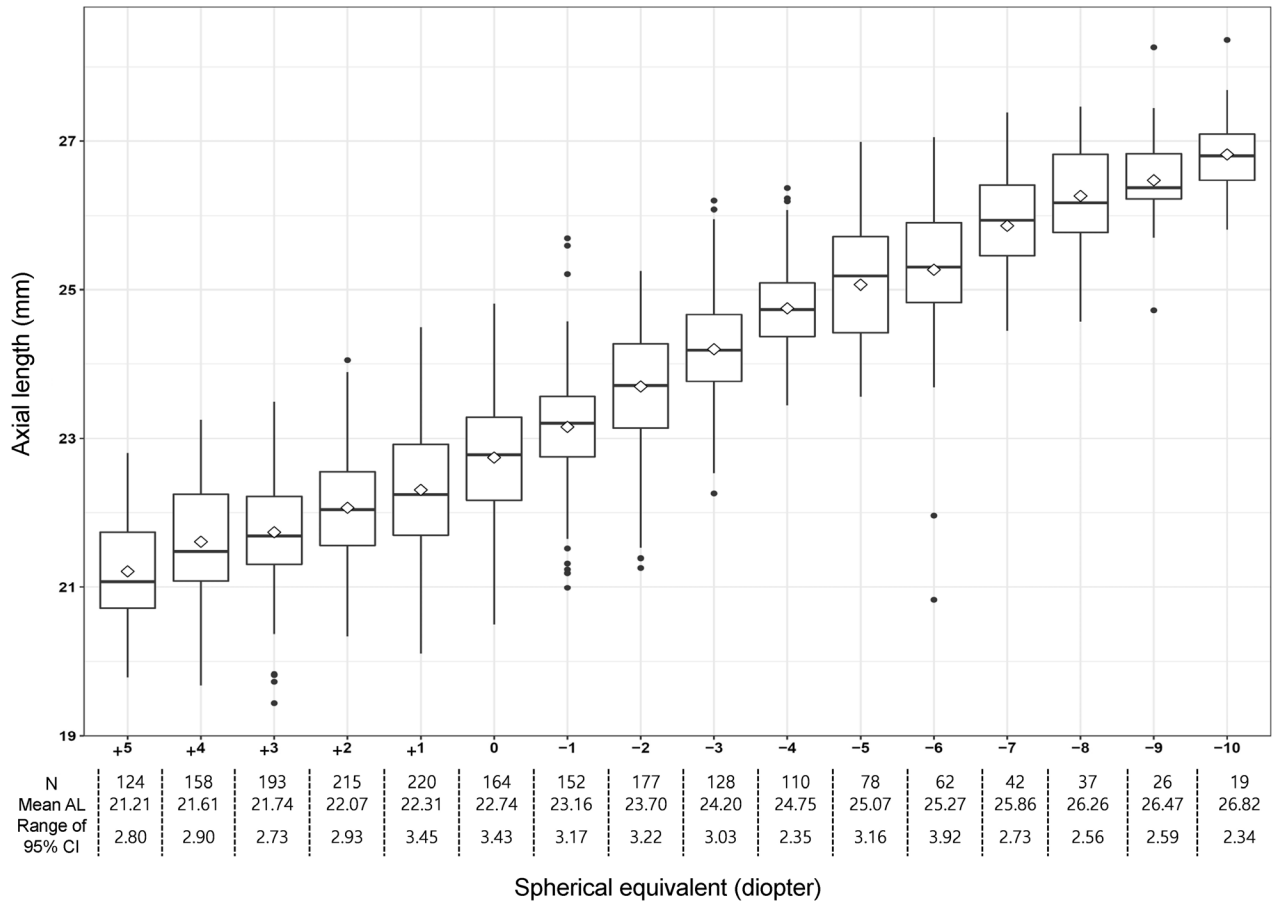
를 이용한 안축장 검사 및 각막굴절력 검사를 시행하였다. 조절마비굴절검사는 0.5% tropicamide, 0.5% phenylephrine, 1% cyclopentolate를 점안하고 30분에서 60분 사이에 동공반응이 없어진 후에 굴절검사를 진행하였다. 안구의 선천기형이 있거나, 시축을 가리는 백내장, 각막 혼탁 등으로 인해 검사가 신뢰성 있게 진행되지 않은 경우는 연구 대상에서 제외하였다.

대상자의 연령, 성별, 조절마비굴절검사의 굴절값을 조사하였으며, 통계처리를 위해 구면렌즈대응치값(spherical equivalent [SE], 구면렌즈값+1/2×원주렌즈값)으로 변환하여 이용하였다. IOL Master<sup>®</sup> (Carl Zeiss Meditec) 결과값에서 각막굴절력과 안축장을 수집하였다. 각막굴절력 또한 통계처리를 위해 가파른 축과 편평한 축의 각막굴절력의 평균으로 변환하여 사용하였다.

통계처리는 SPSS 20.0 버전(IBM corporation, Armonk, NY, USA)을 이용하여 처리하였다. 전체 대상자의 연령, 성별, 구면렌즈대응치, 안축장, 각막굴절력 등에 대한 기술통계를 실시하였다. 굴절이상 정도가 비슷한 대상자들끼리 비교를 하기 위해 소수점 첫 자리에서 반올림하여 1디옵터 간격으로 굴절이상 정도를 그룹화하였다. 남녀에서 안축장과 각막굴절력의 차이가 있는지 알아보려고 하였다. -0.5디옵터부터 +0.5디옵터에 해당하는 대상자의 안축장과 각막굴절력을 독립표본 T검정(independent T-test)을 이용하여 비교하였다. 굴절이상 그룹을 공변량으로 통제하여 남녀에 따른 안축장과 각막굴절력에 대한 공분산분석을 시행하였다. 구면렌즈대응치에 대한 안축장의 분포를 확인하기 위해 각 굴절이상 그룹의 안축장의 분포를 분석하였다. 굴절이상 정도와 안축장, 각막굴절력 간의 상관관계를 알아보기 위해 피어슨 상관관계 분석(Pearson's correlation analysis) 및 다항선형회귀분석을 시행하였다. 통계적 유의수준은  $p$ 값이 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

## 결 과

총 2,006안이 연구에 포함되었다. 성별은 남성이 921안, 여성이 1,085안이었으며, 평균 연령은  $7.62 \pm 2.04$ 세(범위: 5~16세)였고, 평균 구면렌즈대응치는  $-0.10 \pm 3.84$ 디옵터(범위:  $-13.00 \sim +11.25$ 디옵터)였다. 남녀 간 비교를 하였을 때, 평균 연령은 남자  $7.34 \pm 1.80$ 세(범위: 5~14세), 여자  $7.86 \pm 2.20$ 세(범위: 5~16세)로 여자의 나이가 많았다(independent T-test,  $p < 0.001$ ). 평균 구면렌즈대응치는 남자  $+0.02 \pm 3.77$ 디옵터(범위:  $-10.50 \sim +11.25$ 디옵터), 여자  $-0.20 \pm 3.89$ 디옵터(범위:  $-13.00 \sim +9.50$ 디옵터)였으며, 두 군 간 차이는 없었다(independent T-test,  $p = 0.189$ ). 전체 대상자의 평균 안축



**Figure 1.** Box-and-Whiskers plot for the distribution of axial length according to spherical equivalent (inverted X-axis). Box denoted interquartile range (IQR, 25th-75th percentile) of axial length for a specific spherical equivalent value. Whiskers denoted  $1.5 \times$  IQR, and dots denoted outliers. A horizontal line and a diamond in a box denoted median and mean value of axial length, each. N = number of subjects; AL = axial length; CI = confidence interval.

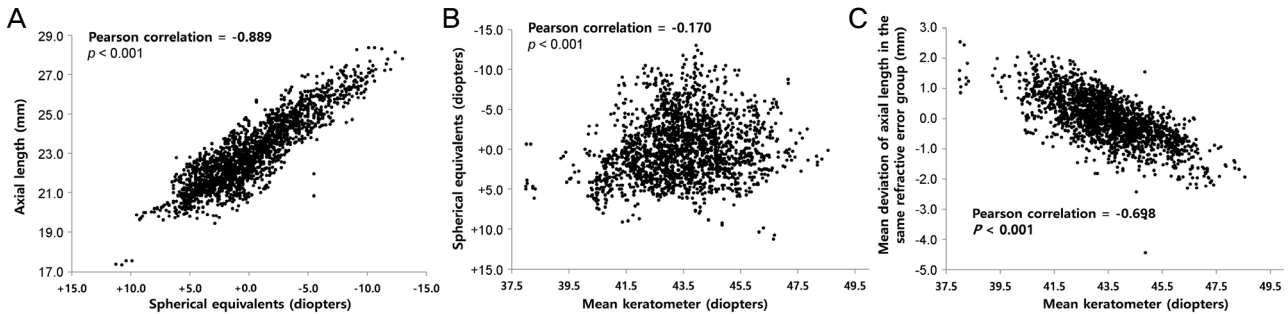
장은  $22.98 \pm 1.72$  mm (17.35~28.36 mm)였으며, 평균 각막굴절력은  $43.44 \pm 1.56$ 디옵터(범위: 37.99~48.56디옵터)였다.

구면렌즈대응치가 정시인 남녀 간의 안축장과 각막굴절력의 차이를 알아보았다. 즉 구면렌즈대응치가 정시(-0.5~+0.5디옵터)에 해당하는 164안만을 대상으로 평균을 비교하였다. 안축장의 경우, 전체 대상자는 평균  $22.74 \pm 0.88$  mm (범위: 20.50~24.81 mm), 남자는  $23.03 \pm 0.85$  mm (범위: 20.72~24.81 mm)였고, 여자는  $22.51 \pm 0.83$  mm (범위: 20.50~24.73 mm)였으며 남녀 간의 유의한 차이가 있었다(independent T-test,  $p<0.001$ ). 각막굴절력의 경우, 전체 대상자는  $43.48 \pm 1.53$ 디옵터(범위: 39.39~48.56디옵터), 남자는  $43.17 \pm 1.48$ 디옵터(범위: 40.06~46.08디옵터), 여자는  $43.73 \pm 1.54$ 디옵터(범위: 39.39~48.56디옵터)였으며, 남녀 간의 유의한 차이가 있었다(independent T-test,  $p<0.001$ ).

전체 대상자의 남녀 간 안축장과 각막굴절력의 차이를 알아보았다. 안축장은 전체대상자 평균  $22.98 \pm 1.72$  mm

(범위: 17.35~28.36 mm)였고, 남자의 경우,  $23.14 \pm 1.68$  mm (범위: 17.35~28.36 mm)였으며, 여자의 경우,  $22.85 \pm 1.74$  mm (범위: 19.44~28.36 mm)였다. 각막굴절력은 전체대상자 평균  $43.44 \pm 1.56$ 디옵터(범위: 37.99~48.56디옵터), 남자의 경우  $43.15 \pm 1.67$  디옵터(범위: 37.99~46.80디옵터)였으며, 여자의 경우  $43.68 \pm 1.41$ 디옵터(범위: 39.22~48.56디옵터)였다. 남녀 간의 차이를 알아보기 위해 굴절이상 정도와 나이를 보정하여 공분산분석을 시행하였을 때에도, 안축장은 남자가 길었으며 각막굴절력은 여자가 높았고, 이는 통계학적으로 유의미한 차이를 보였다(analysis of covariance,  $p<0.001$ , 안축장 및 각막굴절력 각각).

구면렌즈대응치에 따른 안축장의 분포는 Fig. 1에서 제시된 바와 같다. 대상자들은 원시에서 근시로 갈수록 전반적으로 안축장이 길어지는 분포를 보였다. 1디옵터 간격으로 대상자의 안축장의 분포를 보았을 때, 근시 방향으로 -1 디옵터씩 변화할 때마다 평균  $0.40 \pm 0.15$  mm (범위: 0.16~0.60 mm) 안축장의 증가를 보였다. 같은 정도의 구면



**Figure 2.** Correlation among ocular parameters and refractive parameters. (A) Definite negative correlation between spherical equivalents (inverted X-axis) and axial length was noted. (B) Weak correlation between mean keratometer and spherical equivalent (inverted Y-axis) was noted. (C) Definite negative correlation between mean keratometer and mean deviation of axial length in the same refractive error group.

렌즈대응치를 보인 경우, 안축장 분포 95% 신뢰구간 상·하한값 차이의 평균이  $2.98 \pm 0.39$  mm (범위: 2.61~3.89 mm)의 큰 차이를 보였다(Fig. 1).

굴절이상에 따른 안축장이 다양한 분포를 보이는 것이 각막의 굴절력과 관련이 있는지를 알아보기 위해 안축장, 각막굴절력과 구면렌즈대응치 간의 상관관계를 알아보았다(Fig. 2). 구면렌즈대응치가 근시방향으로 증가함에 따라 안축장은 길어졌으며, 매우 강한 상관관계를 보였다(Pearson's correlation,  $\rho = -0.889$ ,  $p < 0.001$ ) (Fig. 2A). 각막굴절력이 증가함에 따라 구면렌즈대응치가 근시방향으로 증가하였지만, 상관관계는 매우 약한 상관관계를 보이는 것으로 나타났다(Pearson's correlation,  $\rho = -0.170$ ,  $p < 0.001$ ) (Fig. 2B). 하지만 대상자군이 속한 굴절이상 그룹의 평균 안축장과 대상자의 안축장 간의 차이값(안축장의 편차)과 각막굴절력 간의 상관관계를 분석하였을 때는 강한 상관관계를 보이는 것을 알 수 있었다(Pearson's correlation,  $\rho = -0.698$ ,  $p < 0.001$ ) (Fig. 2C).

이와 같은 결과를 바탕으로 구면렌즈대응치와 안축장, 각막굴절력 간의 정량적 관계를 알아보기 위해 다항선형회귀분석을 실시하였다. 결과적으로 안축장은 구면렌즈대응치 -1디옵터가 변할 때마다 0.4 mm씩 증가하였고, 각막굴절력이 1디옵터 변할 때마다 -0.371 mm씩 변화하였다(multiple linear regression, 안축장(mm) =  $39.045 - 0.424 \times$  구면렌즈대응치(디옵터)  $- 0.371 \times$  각막굴절력(디옵터), 모든 변수  $p < 0.001$ ). 이 공식에 따라 예측한 안축장은 실제 안축장과 평균적으로  $0.43 \pm 0.34$  mm (범위: 0.00~3.90 mm)의 차이를 보였다.

구면렌즈대응치는 안축장 1 mm가 변할 때마다, -2.116 디옵터씩 변화하였으며, 각막굴절력이 1디옵터가 변할 때마다 -0.828디옵터씩 변화하였다(multiple linear regression, 구면렌즈대응치(디옵터) =  $84.48 - 2.116 \times$  안축장(mm)  $- 0.828 \times$  각막굴절력(디옵터), 모든 변수  $p < 0.001$ ). 이 공식에 따라 예측한 구면렌즈대응치는 실제 구면렌즈대응치와 평균적으로

로  $0.94 \pm 0.77$ 디옵터(범위: 0.00~8.75디옵터)의 차이를 보였다.

## 고 찰

이번 연구에서는 안축장과 각막굴절력의 분포를 확인하였다. 우선 남녀 간의 차이를 보면, 정시(-0.50~+0.50디옵터)에 해당하는 대상자에서는, 여자에 비해 남자의 경우, 상대적으로 안축장이 더 길고, 각막굴절력이 적었다. 전체 대상자에서도 이러한 경향성은 유지되었다. 즉 같은 굴절이상 정도를 가지더라도 남자의 경우 안구길이가 길고, 각막이 좀 더 편평한 반면, 여자의 경우 상대적으로 안구길이가 짧고, 각막이 좀 더 가파르다는 것을 알 수 있었다.

외국에서 진행된 연구들도 이와 비슷한 결과를 보고하고 있다. Li et al<sup>11</sup>은 중국에서 진행된 인구기반연구(population-based study, Anyang childhood eye study) 결과를 보고하였는데, 평균 연령 13.68세의 소아 1,889명, 평균 구면렌즈대응치 -2.1디옵터를 보인 대상자를 연구하였을 때, 평균 안축장은 남자 24.84 mm, 여자 24.38 mm였으며, 평균 각막굴절력은 남자 41.68디옵터, 여자 42.45디옵터로 보고하였다. 이 연구에서는 평균 구면렌즈대응치가 남자 -1.91디옵터, 여자 -2.29디옵터로 여자가 높았음에도 불구하고 안축장은 남자가 더 길었다고 보고하였다. 즉 안축장 외에도 각막에 의한 굴절력이 전체적인 굴절이상 정도에 영향을 미칠 수 있음을 보여주었다. 같은 연구 그룹에서 7세 2,146명과 14세 1,786명의 측정치를 나이별로 비교하였을 때에도, 남자의 안축장이 여자보다 길었고(남 vs. 여, 7세 22.91 vs. 22.46 mm, 14세 24.63 vs. 24.17 mm), 각막곡률반경도 남자가 여자에 비해 커서(남 vs. 여, 7세 7.94 vs. 7.82 mm, 14세 7.97 vs. 7.81 mm) 각막굴절력은 남자가 낮은 것으로 보고하였다.<sup>10</sup>

이번 연구에서는 굴절이상 정도에 따른 안축장의 분포를 확인하였고, 구면렌즈대응치와 안축장, 각막굴절력 간의 상

관관계 및 정량적 관계를 확인하였다. 굴절이상 정도를 1디옵터 간격으로 구분하여 보았을 때, 1디옵터당 평균적으로 안축장이 약 0.4 mm의 차이를 보였다. 1디옵터 이내의 굴절이상 차이를 가진 눈에서도 상대적으로 큰 범위의 안축장 분포를 보이는 것을 확인할 수 있었다(95% 신뢰구간 상·하한값 차이의 평균 2.98 mm). 상대적으로 넓은 안축장 분포는 각막의 굴절력 차이로 설명할 수 있었다. 각막굴절력이 증가할수록 평균 안축장과 차이가 커짐을 알 수 있었다. 이에 따라 구면렌즈대응치와 안축장, 각막굴절력 간의 정량적인 관계를 확인할 수 있었으며, 안축장 1 mm 증가 시마다 약 -2.1디옵터씩, 각막굴절력 1디옵터 증가 시마다 약 -0.8디옵터씩 근시가 증가한다는 것을 알 수 있었다.

이번 연구에서 확인할 수 있었던 가장 중요한 점 중 하나는 비슷한 굴절이상을 보여도 안축장은 큰 차이를 보일 수 있다는 점이다. 예를 들어, -0.5디옵터부터 +0.5디옵터에 해당하는 대상자들의 평균 안축장은 22.74 mm이지만 대상자들의 안축장 범위는 최소 20.50 mm부터 24.81 mm까지 분포한다. 물론 굴절이상의 정도와 안축장은 강한 상관관계를 보였지만(Fig. 2A), 안축장의 분포 범위가 적지 않다는 것은 안축장 외에 다른 인자가 영향을 준다는 것을 의미한다. 눈에서의 굴절은 많은 부분이 각막에서 이루어지며, 수정체에서 추가적인 조절을 하게 된다. 수정체의 굴절력은 직접 측정하기 어렵기 때문에 이번 연구에서는 각막의 굴절력만을 대상으로 굴절이상에 얼마나 영향을 줄 수 있는지 알아보았다. 각막굴절력과 구면렌즈대응치 간의 직접적인 상관관계는 매우 약한 것으로 분석되었으나(Fig. 2B), 비슷한 정도의 굴절이상에서의 평균 안축장과 실측 안축장과의 차이가 각막굴절력과 강한 상관관계를 보여(Fig. 2C), 다양한 안축장의 분포는 각막의 굴절력 차이로 인한 것임을 추정할 수 있었다. 다만 각막굴절력의 구면렌즈대응치에 대한 분포가 안축장에 비해 상대적으로 균일한 편이어서, 상대적으로 굴절이상에 영향을 주는 정도가 안축장에 비해서는 약한 것으로 분석되었다. 즉 안축장 1 mm당 구면렌즈대응치에 약 -2.1디옵터의 변화를 줌에 비해, 각막굴절력 1디옵터는 구면렌즈대응치에 약 -0.8디옵터의 변화를 주었다.

Li et al<sup>10</sup>의 연구에서는 여러 가지 안구 측정치를 이용하여 다항회귀분석을 통해 구면렌즈대응치와의 양적관계를 분석하였다. 안축장이 1 mm 길어질 때마다 구면렌즈대응치에 -2.122디옵터의 영향을 주는 것으로 보고하였다. 또 각막곡률 반경 1 mm 증가 시 구면렌즈대응치의 4.615디옵터가 증가하는 것(0.1 mm당 +0.4615디옵터)으로 보고하였다. Olsen<sup>13</sup>에 따르면 각막곡률반경이 0.1 mm 늘어나면 각막굴절력이 약 0.5~0.6디옵터 감소하므로(각막곡률반경 7.0~8.0 mm 범위에서),

Li et al<sup>10</sup>의 연구 결과에 적용하면, 각막굴절력 1디옵터 증가 시 구면렌즈대응치 -0.8~0.9디옵터가 변하는 것으로 추정할 수 있다. 이러한 결과는 본 연구 결과와 매우 유사한 결과이다.

국내 보고에서 Lee et al<sup>14</sup>은 4-14세(평균 연령: 8.5세) 소아를 대상으로 초음파를 이용한 안축장과 구면렌즈대응치의 상관관계를 보고하였다. 이 보고에서는 정시안에서 환아의 안축장은 평균적으로 22.05 mm부터 23.72 mm까지로 보고하였으며, 연령이 증가함에 따라 안축장이 증가함을 보고하였다. 전반적으로 안축장과 구면렌즈대응치가 근시 방향으로 가면서 안축장이 길어지는 상관관계를 보였다고 보고하였지만(상관계수 -0.682,  $p < 0.05$ ) -1.5~4.0디옵터의 근시는 상관계수가 낮은 것으로 보고하였다(상관계수 -0.040). 본 연구에서는 정시안에 해당하는 안구 164안을 대상으로 하였을 때 안축장의 분포가 20.50~24.81 mm로 확인되었으며, 평균은 22.74 mm였다. 정시안에 해당하는 안구는 연령이 증가함에 따라 안축장이 길어지는 경향성을 보였고(Pearson's correlation,  $\rho = 0.331$ ,  $p < 0.001$ ), 이는 기존 연구와 유사한 소견을 보였다. 정시안에서 연령이 증가함에 따라 안축장이 길어져도 정시를 유지하는 것은, 각막이 편평해지기 때문(각막굴절력이 낮아짐)으로 생각되며, 본 연구에서도 그러한 결과를 보였다(Pearson's correlation,  $\rho = -0.174$ ,  $p = 0.026$ ) 하지만 본 연구에서는 -1.5~4.0디옵터 근시에서 안축장과 구면렌즈대응치 간의 상관계수가 -0.463 ( $p < 0.001$ )로 Lee et al<sup>14</sup>의 연구보다는 매우 높은 상관관계를 보였다. 이런 차이의 원인은 Lee et al<sup>14</sup>의 연구는 총 245명, 483안을 대상으로 하기는 하였지만, 정시안(구면렌즈대응치의 절대값이 0.5 이하)에 해당하는 안구계측치가 201안으로 많은 부분을 차지하며, 다양한 굴절 상태를 반영하지 못한 것이 원인으로 생각된다. 단, Lee et al<sup>14</sup>의 연구에서 구면렌즈대응치 1디옵터당 안축장은 0.387 mm가 변한다고 보고한 점은 본 연구에서 0.371 mm가 변한다고 보고한 점과 매우 유사하였다.

이 연구는 여러 가지 제한점이 있다. 이 연구는 후향적 연구로서 후향적 연구에서 발생할 수 있는 표본 선정의 편파(selection bias)가 있을 수 있다. 안구의 굴절력을 결정하는 요소로 상당히 중요한 것이 수정체의 굴절력인데, 직접적으로 측정할 수 없었기 때문에 이번 연구에서 반영되지 못하였다. 각막굴절력의 구면렌즈대응치에 대한 영향이 실제보다 높게 나타났을 수 있다. 기존 연구들은 조절마비 후 자동굴절검사를 이용하여 굴절값을 측정한 경우가 많았는데, 본 연구에서는 조절마비굴절검사값을 이용하여 좀 더 실제값에 가까운 굴절값이 연구에 사용되었다는 점이 차이점이다. 기계측정치는 검사 간 변이성(inter-test variability)

은 적을 수 있으나, 실제값과 차이가 있을 수 있음을 고려하여야 한다. 검사자가 검영굴절검사기(retinoscope)로 측정 한 조절마비굴절검사값은 굴절측정의 기준 검사(gold standard)이지만, 검사자 간 변이성이 있을 수 있다는 점을 고려하여야 한다.<sup>15,16</sup>

결론적으로, 이번 연구는 국내 소아에서 상당히 많은 양의 안구계측치를 이용하여 굴절이상 정도와 안축장, 각막굴절력 간의 분포와 관련성을 확인하였다. 남자는 여자에 비해 평균적으로 안축장이 길고, 각막이 편평한 경향을 보였다. 비슷한 구면렌즈대응치(1디옵터 이내)를 보이는 눈이라도 약 3 mm (95% 신뢰구간의 범위)의 안구 길이 차이를 보일 수 있다. 안구길이 1 mm가 늘어날 때, 구면렌즈대응치는 -2.1디옵터 근시방향으로 늘어나고, 각막굴절력이 1디옵터 늘어날 때 -0.8디옵터 근시방향으로 늘어난다. 이번 연구는 추후 근시관련 연구에 있어서 굴절이상의 정도와 안구계측치(안축장, 각막굴절력) 간의 관련성을 고려하는데 기준 연구가 될 수 있을 것으로 사료된다.

## REFERENCES

- 1) Lee MJ, Lee YH, Shyn KH. The progression of myopia with age. J Korean Ophthalmol Soc 1987;28:151-5.
- 2) Goss DA, Cox VD, Herrin-Lawson GA, et al. Refractive error, axial length, and height as a function of age in young myopes. Optom Vis Sci 1990;67:332-8.
- 3) Jung SI, Han J, Kwon JW, et al. Analysis of myopic progression in childhood using the Korea National Health and Nutrition Examination Survey. J Korean Ophthalmol Soc 2016;57:1430-4.
- 4) Zadnik K. The Glenn A. Fry Award Lecture (1995). Myopia development in childhood. Optom Vis Sci 1997;74:603-8.
- 5) Chia A, Lu QS, Tan D. Five-year clinical trial on atropine for the treatment of myopia 2: myopia control with atropine 0.01% eyedrops. Ophthalmology 2016;123:391-9.
- 6) Cho P, Cheung SW. Retardation of myopia in orthokeratology (ROMIO) study: a 2-year randomized clinical trial. Invest Ophthalmol Vis Sci 2012;53:7077-85.
- 7) Ojaimi E, Rose KA, Morgan IG, et al. Distribution of ocular biometric parameters and refraction in a population-based study of Australian children. Invest Ophthalmol Vis Sci 2005;46:2748-54.
- 8) Twelker JD, Mitchell GL, Messer DH, et al. Children's ocular components and age, gender, and ethnicity. Optom Vis Sci 2009;86:918-35.
- 9) Li SM, Wang N, Zhou Y, et al. Paraxial schematic eye models for 7- and 14-year-old Chinese children. Invest Ophthalmol Vis Sci 2015;56:3577-83.
- 10) Li SM, Li SY, Kang MT, et al. Distribution of ocular biometry in 7- and 14-year-old Chinese children. Optom Vis Sci 2015;92:566-72.
- 11) Li SM, Iribarren R, Kang MT, et al. Corneal power, anterior segment length and lens power in 14-year-old Chinese children: the Anyang childhood eye study. Sci Rep 2016;6:20243.
- 12) Xiong S, Zhang B, Hong Y, et al. The associations of lens power with age and axial length in healthy Chinese children and adolescents aged 6 to 18 Years. Invest Ophthalmol Vis Sci 2017;58:5849-55.
- 13) Olsen T. On the calculation of power from curvature of the cornea. Br J Ophthalmol 1986;70:152-4.
- 14) Lee EK, Lee DB, Jin KH, Kim JM. The study of the correlation between axial length and refractive error in Korean children. J Korean Ophthalmol Soc 1993;34:654-60.
- 15) Jung JW, Kim YE, Paik HJ. Clinical comparison of autorefractor versus retinoscopic refraction in children according to the age. J Korean Ophthalmol Soc 2005;46:1931-5.
- 16) Choi MJ, Baek SH, Gong SM. Comparison of autorefraction and clinical refraction with or without in children. J Korean Ophthalmol Soc 2005;46:837-46.

---

= 국문초록 =

## 소아에서의 굴절이상 정도와 안축장 및 각막굴절력의 상관관계 분석

**목적:** 소아에서 굴절이상 정도와 안축장 및 각막굴절력의 남녀 간 차이 및 양적 상관관계를 알아보고자 하였다.

**대상과 방법:** 조절마비굴절검사와 안축장이 측정된 5세 이상, 16세 미만의 소아 2,006안을 대상으로 후향적 연구를 진행하였다. 남녀 간의 각막굴절력과 안축장의 차이를 정시안에서, 그리고 구면렌즈대응치를 보정한 상태에서 비교하였다. 구면렌즈대응치를 기준으로 1디옵터(D) 간격으로 안축장의 분포를 확인하였고, 구면렌즈대응치와 각막굴절력, 안축장 간의 양적 상관관계를 다중회귀분석을 통해 분석하였다.

**결과:** 연구대상자의 평균 연령은 7.62세였고, 구면렌즈대응치는  $-0.10D$ 였다. 남녀 간 비교에서는 정시안과 구면렌즈대응치를 보정하여 비교하였을 때, 모두 남자가 안축장이 더 길고, 각막굴절력이 낮았다. 구면렌즈대응치가  $-1D$  변할 때마다 안축장은  $0.40\text{ mm}$  증가하였다.  $1D$  간격으로 대상자를 분류하여 안축장 상·하한값의 범위를 확인하였을 때, 안축장 95% 신뢰구간의 상·하한값 차이는 평균적으로  $2.98\text{ mm}$ 의 큰 편차를 보였고, 안축장이 길수록 각막굴절력은 낮아졌다( $p < 0.001$ ). 다중회귀분석에서 구면렌즈대응치는 안축장  $1\text{ mm}$ 당  $-2.1D$ , 각막굴절력  $1D$ 당  $-0.8D$  변화하였다( $p < 0.001$ ).

**결론:** 같은 굴절이상을 보이더라도 안축장과 각막굴절력의 분포는 다양할 수 있다. 상대적으로 안축장은 남자에서 더 길고, 각막굴절력은 여자에서 더 높았다. 구면렌즈대응치, 안축장과 각막굴절력 간의 양적상관관계를 확인하였고, 각각의 측정치를 서로 추정할 수 있을 것으로 사료된다.

〈대한안과학회지 2018;59(5):471-477〉

---