

근시안에서 각막굴절교정 렌즈 처방 후 근시교정량, 안축장길이 및 고위수차와의 상관관계 비교

Correlation among Myopic Correction, Axial Length and Aberration after Orthokeratology Lens Treatment in Myopic Patients

이동현^{1,2} · 이지은^{1,2}

Dong Hyun Lee, MD^{1,2}, Ji Eun Lee, MD, PhD^{1,2}

부산대학교 의학전문대학원 양산부산대학교병원 안과학교실¹, 양산부산대학교병원 의생명융합연구소²

Department of Ophthalmology, Pusan National University Yangsan Hospital, Pusan National University School of Medicine¹, Yangsan, Korea
Research Institute for Convergence of Biomedical Science and Technology, Pusan National University Yangsan Hospital², Yangsan, Korea

Purpose: To report the correlation among the amount of myopic correction, axial length elongation, and higher order aberrations after treatment with orthokeratology lenses in myopic patients.

Methods: Eighteen patients (36 eyes) treated with orthokeratology lenses for more than 12 months were recruited for this study. Visual acuity, spherical equivalent, axial length, and higher order aberrations were measured at baseline and 1, 6, and 12 months after wearing lenses. Correlations among them were analyzed.

Results: Total higher order, spherical, vertical and horizontal coma aberrations were significantly increased from 0.85 ± 1.47 , -0.22 ± 0.40 , 0.40 ± 0.47 , 0.22 ± 0.31 to 1.11 ± 0.72 , 0.10 ± 0.38 , 0.79 ± 0.63 , 0.66 ± 1.29 after 1 month respectively ($p < 0.05$), but root mean square (RMS) total and trefoil aberrations were not ($p > 0.05$), remaining up to 12 months. Total and corneal spherical aberrations were positively correlated to the amount of myopic correction ($p = 0.001$ and $p = 0.028$, respectively) and negatively to the amount of axial length elongation ($p = 0.036$ and $p = 0.079$, respectively). Uncorrected visual acuity and spherical equivalent were significantly improved from 0.52 ± 0.08 and -2.41 ± 0.36 to 0.07 ± 0.07 and -0.84 ± 0.32 after 1 month respectively. This improvement was maintained up to 12 months ($p = 0.002$ and $p = 0.001$, respectively). Axial length was continuously increased from 24.31 ± 0.53 mm to 24.91 ± 0.60 mm after 12 months, but showed no significant changes ($p = 0.721$).

Conclusions: Although orthokeratology lenses were effective for the correction of myopia, they increased higher order aberrations depending on the amount of myopic correction. Physicians should consider higher order aberrations. Further studies regarding the relationship between axial length elongation and higher order aberrations to retard myopic progression should be conducted.

J Korean Ophthalmol Soc 2016;57(7):1050-1055

Keywords: Aberration, Axial length, Myopia, Orthokeratology lens, Visual acuity

■ Received: 2016. 4. 7. ■ Revised: 2016. 5. 7.

■ Accepted: 2016. 6. 20.

■ Address reprint requests to **Ji Eun Lee, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Pusan National University
Yangsan Hospital, #20 Geumo-ro, Mulgeum-eup, Yangsan
50612, Korea
Tel: 82-55-360-2590, Fax: 82-55-360-2161
E-mail: jiel75@hanmail.net

* This study was supported by a 2016 research grant from Pusan National University Yangsan Hospital.

각막굴절교정 렌즈(orthokeratology lens)는 기본커브를 각막보다 더 편평하게 함과 동시에 이차커브를 각막곡률 반경보다 가파르게 하는 역기하(reverse geometry) 형태의 디자인으로 근시와 난시의 진행을 억제 혹은 교정하는 효과를 갖는다.^{1,2} 이는 각막의 굴절률을 변화시키는 기존의 시력교정술인 방사상각막절개술(radial keratotomy, RK), 레이저각막절제술(photorefractive keratectomy, PRK), 라식(laser-in situ

© 2016 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.

keratomileusis, LASIK) 등에 비해 조직의 파괴가 없으며, 렌즈 제거 후 가역적이므로 예후가 좋지 않거나 효과에 만족하지 못하는 경우 렌즈 착용을 중단하여 이전의 상태로 돌아갈 수 있는 장점이 있다.³⁻⁵ 또한 각막굴절교정 렌즈를 착용한 소아에서는 착용하지 않은 소아에 비해 안축장 길이의 증가율이 유의하게 감소됨이 보고된 바 있고, 이로 인해 근시의 진행을 억제시키는 것으로 알려져 있다.⁶⁻⁸

한편, 시력의 질은 시력 측정만으로는 결정되지 않으며, 최근 많은 연구들에서 고위수차의 측정이 시력의 질을 판단할 수 있는 항목으로 쓰이고 있음을 알 수 있다.^{9,10} 각막굴절교정 수술 이후에도 고위수차가 증가하는 것으로 알려져 있는데, 이는 레이저 절삭에 의한 각막의 형태 변화로 인해 유발되며, 고위수차의 증가는 대비감도를 저하시켜 시력의 기능적 감소를 초래하게 된다.¹¹⁻¹³ 이와 유사하게 각막굴절교정 렌즈의 경우에도 각막의 구조를 변화시켜 고위수차에 영향을 미칠 수 있을 것으로 예상된다. 그러나 현재까지 각막굴절교정 렌즈와 관련된 고위수차의 변화에 대한 연구는 드문 실정으로, 이에 저자들은 12개월 이상 각막굴절교정 렌즈를 착용하고 경과관찰 가능하였던 환자를 대상으로 시력, 굴절이상값, 안축장 길이 변화 및 고위수차의 변화와 이들의 상관관계에 대해서 알아보하고자 하였다.

대상과 방법

각막굴절교정 렌즈를 처방 받고 중심이탈 등의 합병증 없이 1년 이상 경과관찰이 가능하였던 18명 36안을 대상으로 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 렌즈 착용을 시작하는 시점의 나이가 8세부터 12세에 해당되고, 굴절이상의 정도가 -5.0디옵터 이내의 근시 및 -1.5디옵터 이하의 난시를 가지고 있으며, 콘택트렌즈 사용 및 굴절력에 영향을 끼칠 수 있는 약물의 사용이나 안내 수술을 받은 경력이 없는 환자를 대상으로 하였다. 심한 안구건조증, 눈떨림, 약시, 사시, 알레르기성 질환, 안진 등으로 인하여 렌즈의 착용이 불가능하거나 렌즈를 착용하더라도 시력의 호전을 기대할 수 없는 경우는 대상에서 제외하였다.

각막굴절교정 렌즈의 재질은 Hexafocon A (flourosilicone acrylate)이며 Dk 값은 140 (cm·mLO₂)/(sec·mL·mmHg)이었다. 렌즈 처방은 조절마비하 자동굴절검사기(RK-F1, Canon, Tokyo, Japan) 및 검영굴절검사기(Retinoscopy, Welch Allyn, New York, NY, USA)를 통한 타각적굴절검사와 Pentacam[®] (Oculus, Wetzlar, Germany)을 이용한 각막지형도검사 결과를 토대로 각막곡률값, 편심률 등을 이용하여 기본만곡도를 결정하였다. 환자가 렌즈를 시험적으로 착용한 후 세극등현미경을 이용하여 렌즈의 움직임, 중심안정, 형광염색 형태

등을 확인하였고, 덧댄굴절검사를 시행하여 렌즈도수를 정하였다.

경과관찰 시마다 세극등현미경 검사, 나안시력, 최대교정시력, 자동굴절검사기와 검영굴절검사기를 이용한 굴절이상값, IOL Master (Zeiss, Oberkochen, Germany)를 이용한 안축장 길이를 조사하였으며 i-Trace[®] (Tracey technology Inc. Houston, TX, USA)를 이용하여 수차를 측정하였다. 나안시력 및 교정시력은 한천석 시력표를 이용하여 5미터 거리에서 측정하였고, 통계분석을 위해 logMAR 시력으로 변환한 값을 이용하였다. 굴절이상값은 자동굴절검사기와 검영법을 이용한 검사 두 가지 모두를 이용하였으나 두 가지 방법에 의한 값이 차이가 나는 경우 나안 시력과 높은 상관성을 보이는 것으로 알려진 검영법 결과를 분석에 사용하였다.¹⁴ 안축장 길이는 렌즈 착용을 중지하지 않고 지속하고 있는 상태에서 측정하였고, 수차는 동공크기 6 mm 상태로 iTrace[®]를 이용하여 root mean square (RMS) 총합, 고위수차, 구면수차, 코마수차 및 트레포일수차를 구하였으며, 전체수차 및 각막수차 각각의 값을 얻어 분석하였다.

모든 환자는 렌즈 착용 전, 렌즈 착용 후 1개월, 6개월 및 12개월 후에 측정된 값을 자료로 수집하였고, 자료의 통계 처리는 SPSS Version 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계프로그램을 이용하여 분석하였다. One way analysis of variance (ANOVA) test를 이용하여 각 경과관찰 기간에 따른 나안시력, 교정시력, 굴절이상값, 안축장길이 및 고위수차 변화의 유의성을 검증하였고, Tukey's test를 이용하여 사후검정을 실시하였다. 또한 각 고위수차는 Kolmogorov-Smirnov 정규성 검정을 시행하였으며 정규성 유무에 따라 근시교정량 및 안축장 길이와의 상관관계를 조사하였고, 정규분포를 따르는 경우 Pearson test를 이용하였으며 정규분포를 따르지 않은 경우 Spearman test를 이용하였다. 모든 통계분석에서 유의도(p값) 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

대상 환자는 18명 36안으로 평균 경과관찰 기간은 23개월이었다(Table 1). i-Trace[®]로 측정된 전체고위수차, 구면수차 및 수직과 수평 코마수차는 각각 0.85 ± 1.47 , -0.22 ± 0.40 , 0.40 ± 0.47 및 0.22 ± 0.31 에서 착용 후 1개월째 각각 1.11 ± 0.72 , 0.10 ± 0.38 , 0.79 ± 0.63 및 0.66 ± 1.29 로 착용 전에 비해 착용 후 1개월째부터 지속적으로 유의한 증가소견이 유지되었으나, RMS 총합 및 트레포일수차에서는 착용 전후 유의한 차이가 발견되지 않았다(Table 2, 3). 또한 전체 및 각막수차 모두 구면수차에서 근시교정량과 양의 상관관계를

보였으며(각각 $r=0.540$, $p=0.001$ 및 $r=0.437$, $p=0.028$), 안축장 길이와는 음의 상관관계를 보였다(각각 $r=-0.449$, $p=0.036$ 및 $r=-0.368$, $p=0.079$) (Fig 1, 2).

렌즈 착용 전 나안시력(logMAR)은 0.52 ± 0.08 이었고, 렌즈 착용 후 1개월째 0.07 ± 0.06 으로 유의한 개선을 보였으며($p=0.002$), 이후 1년 동안 시력개선은 유지되었다($p=0.574$) (Fig. 3). 렌즈 착용 전 구면렌즈 대응값은 -2.41 ± 0.36 이었고, 렌즈 착용 후 1개월째 -0.84 ± 0.32 로 유의한 감소를 보였으며($p=0.001$), 이후 1년까지 지속적으로 유지되었다($p=$

0.841) (Fig. 4). 안축장 길이는 처방 전 24.31 ± 0.53 mm, 1개월째 24.56 ± 0.45 mm, 6개월째 24.84 ± 0.67 mm 및 12개월째 24.91 ± 0.60 mm로 지속적 증가소견을 보였으나, 통계학적으로 유의한 증가 소견은 보이지 않았다($p=0.721$).

고 찰

최근 시력의 질에 대한 관심이 높아지면서 시력교정술 후 고위수차 분석을 통한 시력의 질 평가에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 여러 연구에서 RK, PRK, 그리고 LASIK 후 고위수차의 증가를 보고하고 있으며,¹¹⁻¹³ 각막굴절교정렌즈를 이용한 시력교정 후에도 고위수차가 증가했다는 보고들이 있다. Hiraoka et al¹⁵은 각막굴절교정 렌즈를 착용한 소아를 대상으로 3개월 이상 경과관찰한 결과, 임상적으로 성공적인 시력개선을 보인 경우라 할지라도 고위수차는 유의하게 증가하였으며, 교정해야 할 근시량이 클수록 고위수차는 증가하는 양상을 보인다고 하였다. Berntsen et al¹⁶은 1개월 동안 각막굴절교정렌즈를 착용한 환자에서 고위수차가 증가하였으며, 고위수차 중 각막수차가 증가에 가장 큰 비중을 차지한다고 하였다. Stillitano et al¹⁷은 1주일간 각막굴절렌즈를 착용한 환자에서 고위수차가 증가하였으며, 이중 구면수차와 코마수차가 증가됨을 보고하였고 이는 근시

Table 1. Demographics of patients

	Patients
Eyes (number)	36
Male/Female (number)	12/6
Age (years, range)	13 (8-19)
Follow up period (months, range)	23 (12-47)
UCVA (log MAR)	0.52 ± 0.08
BCVA (log MAR)	0.03 ± 0.06
Axial length (mm)	24.31 ± 0.53
Manifest sphere (D)	-2.11 ± 0.45
Manifest cylinder (D)	-0.71 ± 0.22
Spherical equivalent (D)	-2.41 ± 0.36

Values are presented as mean \pm SD unless otherwise indicated. UCVA = uncorrected visual acuity; BCVA = best corrected visual acuity; D = diopter.

Table 2. Changes of total aberrations (μ m) for 12 months

Aberration	Pretreatment	1 month	6 months	12 months	Pretreatment vs. 1 month	1 month-1 year
RMS total	4.16 ± 1.97	3.74 ± 1.91	3.95 ± 1.78	4.16 ± 1.32	$p = 0.480$	$p = 0.460$
HO A	0.85 ± 1.47	1.11 ± 0.72	1.21 ± 0.79	0.97 ± 0.58	$p = 0.021^*$	$p = 0.912$
Sph A	-0.02 ± 0.40	0.10 ± 0.38	0.31 ± 0.30	0.40 ± 0.38	$p = 0.001^*$	$p = 0.347$
Coma7 A	0.40 ± 0.47	0.79 ± 0.63	0.69 ± 0.55	0.66 ± 0.49	$p = 0.038^*$	$p = 0.245$
Coma8 A	0.22 ± 0.31	0.66 ± 1.29	0.73 ± 0.38	0.64 ± 0.18	$p = 0.046^*$	$p = 0.829$
Trefoil6 A	0.53 ± 1.41	0.64 ± 1.03	0.27 ± 0.36	0.12 ± 0.14	$p = 0.255$	$p = 0.852$
Trefoil9 A	0.59 ± 1.91	0.49 ± 0.94	0.17 ± 0.21	0.15 ± 0.17	$p = 0.426$	$p = 0.512$

Values are presented as mean \pm SD unless otherwise indicated. p -value based on one way analysis of variance (ANOVA) test. RMS = root mean square; HO A = higher-order aberration; Sph A = spherical aberration; Coma7 A = Coma:Z (3,-1) aberration; Com8 A = coma:Z (3,1) aberration; Trefoil6 A = Trefoil:Z (3,-3) aberration; Trefoil9 A = Trefoil:Z (3,3) aberration. *Statistically significant.

Table 3. Changes of corneal aberrations (μ m) for 12 months

Aberration	Pretreatment	1 month	6 months	12 months	Pretreatment vs. 1 month	1 month-1 year
RMS total	3.22 ± 1.47	3.11 ± 1.01	2.15 ± 1.11	2.85 ± 1.56	$p = 0.752$	$p = 0.156$
HO A	0.90 ± 0.52	1.29 ± 0.85	1.47 ± 1.00	1.39 ± 0.75	$p = 0.017^*$	$p = 0.220$
Sph A	0.22 ± 0.19	0.45 ± 0.29	0.45 ± 0.25	0.51 ± 0.29	$p = 0.005^*$	$p = 0.646$
Coma7 A	0.15 ± 0.17	0.51 ± 0.64	0.54 ± 0.60	0.35 ± 0.42	$p = 0.015^*$	$p = 0.449$
Coma8 A	0.12 ± 0.10	0.38 ± 0.37	0.40 ± 0.53	0.31 ± 0.41	$p = 0.001^*$	$p = 0.770$
Trefoil6 A	0.09 ± 0.09	0.09 ± 0.08	0.13 ± 0.12	0.10 ± 0.10	$p = 0.807$	$p = 0.981$
Trefoil9 A	0.07 ± 0.09	0.09 ± 0.07	0.09 ± 0.11	0.11 ± 0.13	$p = 0.605$	$p = 0.373$

Values are presented as mean \pm SD unless otherwise indicated. p -value based on one way analysis of variance (ANOVA) test. RMS = root mean square; HO A = higher-order aberration; Sph A = spherical aberration; Coma7 A = Coma:Z (3,-1) aberration; Com8 A = coma:Z (3,1) aberration; Trefoil6 A = Trefoil:Z (3,-3) aberration; Trefoil9 A = Trefoil:Z (3,3) aberration. *Statistically significant.

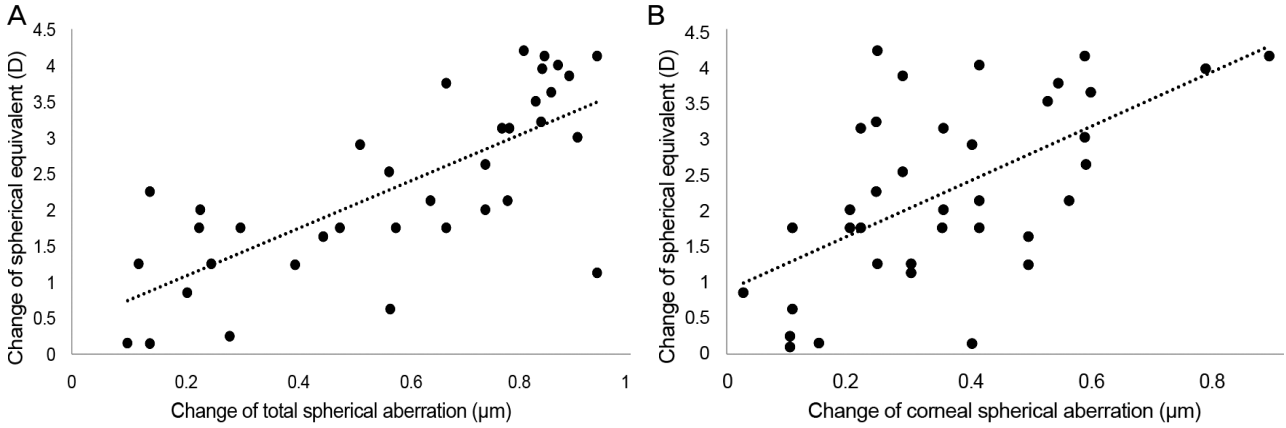


Figure 1. Correlation analysis between spherical aberration and spherical equivalent. Scatterplots demonstrating changes in total (A) and corneal (B) spherical aberration and spherical equivalent for 1 year (Spearman correlation coefficient; $r = 0.540, p = 0.001$ and $r = 0.437, p = 0.028$, respectively).

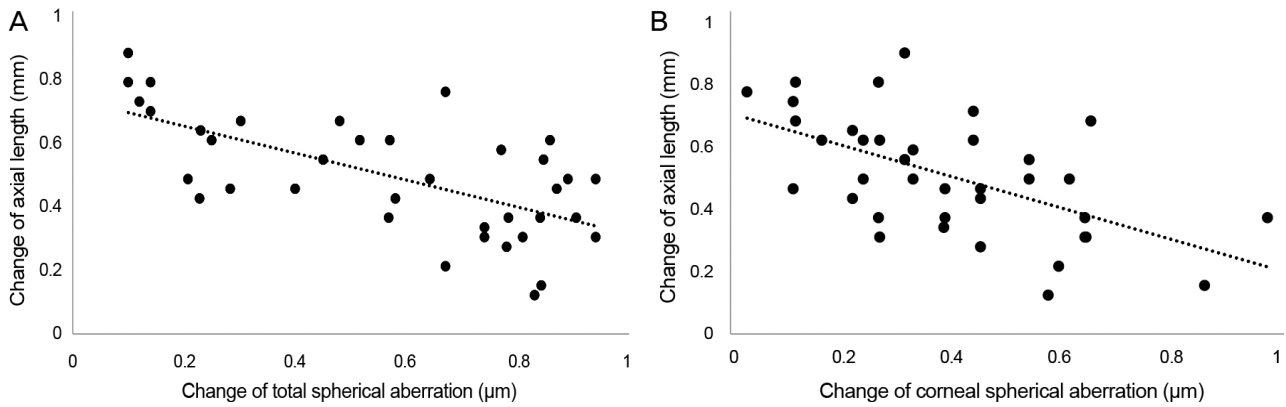


Figure 2. Correlation analysis between spherical aberration and axial length. Scatterplots demonstrating changes in total (A) and corneal (B) spherical aberration and axial length for 1 year (Spearman correlation coefficient; $r = -0.449, p = 0.036$ and $r = -0.398, p = 0.079$, respectively).

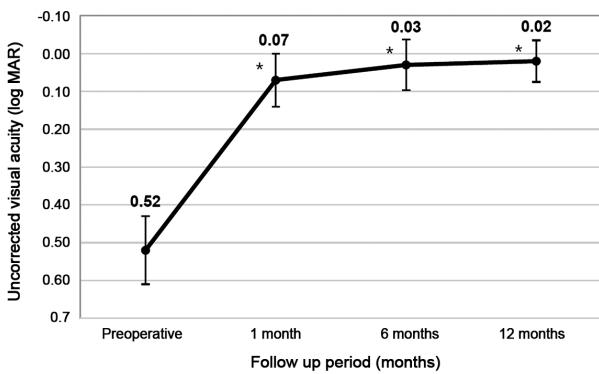


Figure 3. Changes of uncorrected visual acuity before & after wearing orthokeratology lenses. * $p < 0.05$, compared with baseline.

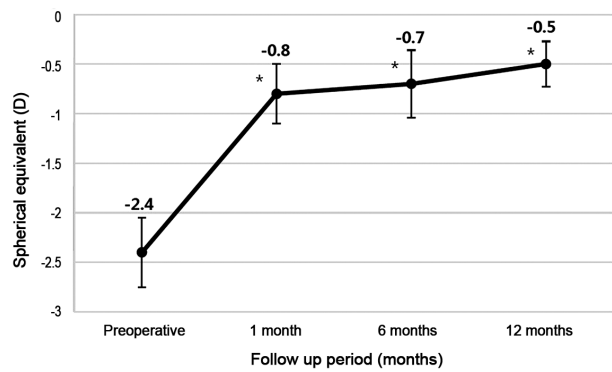


Figure 4. Changes of spherical equivalent before & after wearing orthokeratology lenses. * $p < 0.05$, compared with baseline.

교정량과 상관관계가 있다고 하였다.

이와 같이 단기 관찰 연구를 통해 각막굴절교정 렌즈 착용으로 인한 고위수차 증가를 확인할 수 있었으나, 장기적으로 착용해야 하는 렌즈의 특성을 고려한다면 장기 경과

관찰 시의 고위수차 변화에 대한 연구가 필요할 것이다. 이에 저자들은 각막굴절교정 렌즈 착용 후 고위수차 변화량에 대해 12개월 이상 경과관찰하였으며, 고위수차, 구면수차 및 코마수차가 유의하게 증가하여 12개월까지 지속적으로 유지됨을 알 수 있었다. 각막굴절교정술에서는 교정해야

할 근시량이 많아질수록 각막의 절삭량이 많아지고 이로 인해 각막 전면부의 비구면성 변화가 초래되어 구면수차 및 코마수차가 증가하게 된다고 알려져 있다.^{11,12} 본 연구의 결과도 이와 유사한 기전으로 렌즈에 의한 각막 전면부의 변화가 구면수차 및 코마수차 값에 변화를 일으켜 고위수차에 영향을 주었을 것으로 생각할 수 있겠다.

한편 고위수차 변화 양상과 유사하게 나안시력 및 구면 렌즈 대응값은 유의하게 호전되어 지속적으로 유지되는 양상을 보였는데, 특히 구면수차 변화량은 근시교정량과 유의한 양의 상관관계가 있는 것으로 나타나, 이를 통해 근시가 교정되고 있는 동안에는 고위수차가 지속적으로 증가됨과 동시에 교정해야 할 근시량이 클수록 고위수차의 증가량이 많아짐을 알 수 있었다. 따라서 렌즈 착용 후 고위수차 증가는 렌즈를 착용하고 있는 동안에는 지속적으로 유지되고 교정량이 많을수록 증가량이 늘어날 수 있으므로, 장기간 각막굴절교정 렌즈를 착용하거나 교정량이 큰 경우 이러한 증가된 고위수차 값으로 인해 시력의 질에 영향을 줄 수 있고 이러한 점을 미리 주시시켜야 할 것으로 사료된다.

i-Trace[®]에서는 전체수차뿐 아니라 각막수차와 안내수차를 따로 측정할 수 있어서 안구 내부의 수차의 차이가 심할 경우 이를 배제하고 각막 수차만을 측정할 수 있다. 본 연구에서는 각막굴절교정 렌즈 착용 후 전체수차와 각막수차 모두 고위수차, 구면수차 및 코마수차에서 유의한 증가가 있었고, 전체수차와 각막수차 간 유의한 차이는 없었다. 이는 비교적 안구 내 변화양상이 적은 소아를 대상으로 시행되었기 때문에 안내수차의 영향이 적었으며, 렌즈로 인한 각막의 변화가 각막수차 및 전체수차에 영향을 미쳤기 때문인 것으로 생각된다.

Kakita et al¹⁰은 안경 착용군과 각막굴절교정 렌즈 착용군을 2년간 비교한 결과, 렌즈 착용군에서 안경 착용군에 비해 안축장 길이 증가량이 유의하게 감소하였다고 보고하였고, Walline et al⁹은 연성 콘택트렌즈 착용군과 각막굴절교정렌즈 착용군을 2년간 비교 후, 각막굴절교정렌즈 착용군에서 유의하게 안축장 길이 증가량이 적었다고 보고하였다. 또한 Hiraoka et al¹⁸의 최근 연구에 따르면 1년 동안 각막굴절교정 렌즈를 착용한 환자에서 렌즈 착용으로 인한 구면수차 및 코마수차의 증가가 안축장 길이 증가와 유의한 음의 상관관계에 있음을 근시 억제 기전으로 제시하며, 각막굴절교정 렌즈를 처방 시에는 시력의 질과 근시 억제 효과 사이에서 적정선을 잘 찾아야 할 것이라 주장하였다. 본 연구에서도 이와 유사하게 구면수차가 안축장 길이 증가와 음의 상관관계가 있음이 도출되었고, 안축장 길이의 증가 억제 기전에 대해서는 아직까지 명확히 밝혀진 바는 없으나, 각막굴절교정렌즈 착용 후 주변부 원시의 교정 효과뿐

아니라, 이러한 구면수차 혹은 코마수차 증가에 의한 각막의 비대칭적 변화가 안축장 길이 증가 억제 효과를 설명할 수 있는 또 하나의 기전으로 제시될 수 있을 것으로 생각된다. 이는 근거리 작업 시 발생하는 조절 지연(accommodation lag)이 안축장 길이 증가를 발생시키나, 각막굴절교정 렌즈를 착용하면 구면수차나 코마수차 증가로 인해 각막의 위 조절(pseudo-accommodation) 기능을 증가시켜 조절을 줄여 주거나 조절 지연을 줄여 결국은 근시 진행을 둔화시켜주는 기전과 유사하다고 볼 수 있겠다.¹⁸⁻²¹

본 연구의 제한점으로는 렌즈를 착용하지 않은 대조군과의 비교 없이 렌즈를 착용한 군의 변화 양상만을 비교한 점으로, 향후 대조군과의 비교를 통한 근시의 진행정도, 안축장 길이의 변화, 고위수차의 변화 등을 확인하는 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한 산란이나 대비감도 등도 시력의 질을 반영하는 요소이므로, 이에 대한 추가 연구도 필요할 것으로 생각된다. 그러나 12개월 이상 대상 환자들을 정기적으로 추적 관찰하면서 안축장 길이 측정과 함께 근시의 진행 정도를 비교하여 연구의 신뢰도를 높였으며, 렌즈의 굴절교정 효과 및 안축장 길이 변화를 고위수차와 함께 비교를 시도하였다는 점은 본 연구가 가지는 의의가 될 것이다.

결론적으로 본 연구를 통해 소아에서 각막굴절교정 렌즈 착용 후에는 근시의 개선이 이루어짐과 동시에 고위수차의 증가가 발생하며, 이는 교정해야 할 근시량이 클수록 고위수차의 증가량이 커지는 양상을 보이고 지속적으로 유지되므로 렌즈 처방 시 이러한 점으로 인해 시력의 질에 영향을 끼칠 수 있음을 주시시켜야 할 것이다. 또한 근시 억제 기전과 관련하여 고위수차의 증가가 안축장길이 증가 억제에 영향을 줄 수 있으므로 이에 대한 추후 연구가 뒤따라야 할 것이다.

REFERENCES

- 1) 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.
- 2) Alharbi A, Swarbrick HA. The effects of overnight orthokeratology lens wear on corneal thickness. Invest Ophthalmol Vis Sci 2003;44:2518-23.
- 3) Shin DB, Yang KM, Lee SB, et al. Effect of reverse geometry lens on correction of moderate-degree myopia and cornea. J Korean Ophthalmol Soc 2003;44:1748-56.
- 4) Yun YM, Kim MK, Lee JL. Change of corneal parameters after removing reverse geometry lens in moderate degree myopia. J Korean Ophthalmol Soc 2005;46:1478-85.
- 5) Mountford J. An analysis of the changes in corneal shape and refractive error induced by accelerated orthokeratology. Int Contact

Lens Clin 1997;24:128-44.

- 6) Cheung SW, Cho P, Fan D. Asymmetrical increase in axial length in the two eyes of a monocular orthokeratology patient. *Optom Vis Sci* 2004;81:653-6.
- 7) Cho P, Cheung SW, Edwards M. The longitudinal orthokeratology research in children (LORIC) in Hong Kong: a pilot study on refractive changes and myopic control. *Curr Eye Res* 2005;30:71-80.
- 8) Jeon HM, Ahn DS, Lee DJ, et al. The effects of overnight orthokeratology lens wear on ocular scatter. *J Korean Ophthalmol Soc* 2014;55:1595-9.
- 9) Walline JJ, Jones LA, Sinnott LT. Corneal reshaping and myopia progression. *Br J Ophthalmol* 2009;93:1181-5.
- 10) Kakita T, Hiraoka T, Oshika T. Influence of overnight orthokeratology on axial elongation in childhood myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:2170-4.
- 11) Yoon G, Macrae S, Williams DR, Cox IG. Causes of spherical aberration induced by laser refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:127-35.
- 12) Roberts C. Biomechanics of the cornea and wavefront-guided laser refractive surgery. *J Refract Surg* 2002;18:S589-92.
- 13) Ahn SM, Seok SS, Park CY. Considering spherical aberration in choosing the wavefront map for laser vision correction. *J Korean Ophthalmol Soc* 2011;52:147-56.
- 14) Choi JH, Ryu JW, Lee YC, Kim HS. An analysis of correlation with visual acuity, refractive error and corneal astigmatism after wearing of reverse geometry lenses. *J Korean Ophthalmol Soc* 2006;47:1266-73.
- 15) Hiraoka T, Matsumoto Y, Okamoto F, et al. Corneal higher-order aberrations induced by overnight orthokeratology. *Am J Ophthalmol* 2005;139:429-36.
- 16) Berntsen DA, Barr JT, Mitchell GL. The effect of overnight contact lens corneal reshaping on higher-order aberrations and best-corrected visual acuity. *Optom Vis Sci* 2005;82:490-7.
- 17) Stillitano IG, Chalita MR, Schor P, et al. Corneal changes and wavefront analysis after orthokeratology fitting test. *Am J Ophthalmol* 2007;144:378-86.
- 18) Hiraoka T, Kakita T, Okamoto F, Oshika T. Influence of ocular wavefront aberrations on axial length elongation in myopic children treated with overnight orthokeratology. *Ophthalmology* 2015;122:93-100.
- 19) Charman WN. Near vision, lags of accommodation and myopia. *Ophthalmic Physiol Opt* 1999;19:126-33.
- 20) Goss DA, Rainey BB. Relationship of accommodative response and nearpoint phoria in a sample of myopic children. *Optom Vis Sci* 1999;76:292-4.
- 21) Gwiazda J, Thorn F, Bauer J, Held R. Myopic children show insufficient accommodative response to blur. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1993;34:690-4.

= 국문초록 =

근시안에서 각막굴절교정 렌즈 처방 후 근시교정량, 안축장길이 및 고위수차와의 상관관계 비교

목적: 근시안에서 각막굴절교정 렌즈(orthokeratology lens) 처방 후 근시교정량 및 안축장 길이 변화를 고위수차 변화와 비교 분석하고자 하였다.

대상과 방법: 각막굴절교정 렌즈를 처방 후 12개월 이상 경과관찰이 가능하였던 환자 18명 36안을 대상으로 처방 전과 처방 후 1개월, 6개월 및 12개월째 시력, 구면렌즈 대응치, 안축장 길이 및 고위수차를 측정하였으며, 이들의 상관관계를 분석하였다.

결과: 각막굴절교정 렌즈 착용 전 전체 고위수차, 구면수차 및 수직 및 수평 코마수차는 각각 0.85 ± 1.47 , -0.22 ± 0.40 , 0.40 ± 0.47 및 0.22 ± 0.31 에서 착용 1개월째 1.11 ± 0.72 , 0.10 ± 0.38 , 0.79 ± 0.63 및 0.66 ± 1.29 로 의미있는 증가소견을 보였으나 ($p < 0.05$), root mean square (RMS) 총합 및 트레포일수차에서는 의미있는 증가소견을 보이지 않았고 ($p > 0.05$), 이러한 소견은 12개월까지 유지되었다. 또한 전체 및 각막수차 모두 구면수차에서 굴절교정값과 양의 상관관계를 보였으며(각각 $p = 0.001$ 및 $p = 0.028$), 안축장 길이와는 음의 상관관계를 보였다(각각 $p = 0.036$ 및 $p = 0.079$). 렌즈 착용 전 나안시력 및 구면렌즈 대응치는 각각 0.52 ± 0.08 및 -2.41 ± 0.36 에서 착용 1개월째 각각 0.07 ± 0.07 및 -0.84 ± 0.32 로 유의한 개선을 보였으며, 12개월까지 유지되었다(각각 $p = 0.002$ 및 $p = 0.001$). 안축장 길이는 렌즈착용 전 24.31 ± 0.53 mm에서 렌즈 착용 후 12개월째 24.91 ± 0.60 mm로 지속적으로 증가소견을 보였으나, 통계학적으로 유의하지는 않았다($p = 0.721$).

결론: 근시안에서 각막굴절교정 렌즈를 착용할 경우 근시의 개선과 동시에 근시량에 비례하여 고위수차가 증가될 수 있으므로 렌즈 처방 시 이를 고려하여야 할 것이며, 근시 억제 기전과 관련하여 고위수차와 안축장 길이와의 관련성에 관해 추후 연구가 뒤따라야 할 것이다.

〈대한안과학회지 2016;57(7):1050-1055〉