



Changes in Corneal Aberrations with Axial Rotation of Toric Soft Contact Lenses

Min-Jun Hwang^{1,a}, Do-Kyun Kim^{1,b}, So Ra Kim^{2,c}, and Mijung Park^{2,d,*}

¹Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Student, Seoul 01811, Korea

²Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Professor, Seoul 01811, Korea

(Received July 30, 2021: Revised August 18, 2021: Accepted August 24, 2021)

Purpose: In this study, the effect of changes in corneal aberrations when wearing toric soft contact lenses (hereinafter toric lenses) and the effect of axial rotation of toric lenses on optical correction were investigated. **Methods:** A total of 41 myopic WTR-astigmatic eyes of patients in their 20s were included in this study, excluding those with monocular visual acuity <0.8, or axial rotation >5° when wearing a toric lens with a double-thin design for axis stabilization. The corrective effect was determined by measuring total, lower-order, and higher-order aberrations of the corneas before and after wearing the toric lens, after which the change in aberration was measured after rotating the lenses by 30±5°. **Results:** Corneal total and lower-order aberrations were significantly reduced when wearing toric lenses, and the aberration increased again when the axis was rotated. In particular, in the high astigmatism groups, the corneal aberrations were of almost the same level as before wearing the toric lens, indicating the most significant reduction in the corrective effect of the contact lenses. In addition, despite wearing toric lenses, the corneal higher-order aberration significantly increased, and its degree was greater during axial rotation. As the pupil size increased from 4 mm to 6 mm, all corneal aberrations increased by more than double the for each measurement. **Conclusions:** This study revealed that axial rotation of the toric lens causes significantly larger corneal aberrations than those at the axis stabilization, and the degree of change increases as the astigmatism increases. Therefore, when the wearer's degree of astigmatism is high, the wearer's vision-related habits for minimizing axial rotation as well as considering the fit and design of toric lenses, may be essential to obtain high visual satisfaction.

Key words: Toric soft contact lenses, Axial rotation, Corneal total aberration, Corneal lower-order aberration, Corneal higher-order aberration

서 론

시력교정용 의료기기인 소프트콘택트렌즈(이하 소프트렌즈)는 안경에 비해 넓은 시야, 감소된 수차를 가질 뿐만 아니라 부동시 등의 시력 관련 불편감을 경감시킨다는 장점 때문에 사용률이 지속적으로 높아지고 있다. 최근 난시를 가지는 인구가 증가하면서^[2] 이를 교정할 수 있는 토릭소프트콘택트렌즈(이하 토릭렌즈)에 대한 관심 또한 증가하고 있는 추세이다. 경선 별로 상이한 굴절력으로 인하여 평행광선의 상이 하나의 점이 아닌 비점결상을 하는 난시 안의 교정을 위하여서는^[3] 토릭렌즈의 축 안정이 중요하며, 과도한 축 회전이 발생하는 경우에는 상당한 양의 원주오차 발생으로 인하여 시력저하가 나타날 수 있다.^[4] 실제로 김 등의 선행연구에서 토릭렌즈로 난시의 시력과 난

시력을 완전교정한 후 축을 각각 5°, 10° 및 15° 이동시켰을 때 한 줄 이상의 시력 감소가 나타나는 눈이 각각 56.1%, 84.2% 및 93.8%로 나타난다고 보고된 바 있다.^[5] 따라서 정확한 난시의 교정을 위해 개발된 토릭렌즈라 하더라도 착용 후의 축 회전은 여러 광학적 이유로 시력 감소를 유발함을 알 수 있다.

시력교정 시 사람의 눈이 이상적인 광학 시스템이라면 입사광은 망막의 한 점에 모이게 되나 실제로는 눈의 광학 시스템을 방해하는 여러 요인들에 의해 한 점으로 결상하지 못하고 일그러지게 되는데 이러한 현상을 수차라 한다.^[6] 수차는 안경이나 콘택트렌즈로 교정이 가능한 근시, 원시, 난시 등의 저위수차(lower-order aberration)와 구면수차(spherical aberration), 코마수차(coma aberration) 등을 포함하는 고위수차(highest-order aberration)로 구분된다.^[7] 굴

*Corresponding author: Mijung Park, TEL: +82-2-970-6228, E-mail: mijpark@seoultech.ac.kr

Authors ORCID: ^a<https://orcid.org/0000-0003-4095-9198>, ^b<https://orcid.org/0000-0001-8061-3111>, ^c<https://orcid.org/0000-0001-8786-2815>, ^d<https://orcid.org/0000-0002-4645-7415>
본 논문의 일부내용은 2021년도 대한시과학회·한국안광학회 공동학술대회에서 구연으로 발표되었음

절이상이 없는 정상인 대상의 제르니케 다향식을 평가한 연구에서 6 mm 동공에서 고위수차의 RMS(Root Mean Square)는 $0.33 \mu\text{m}$ 이었고 이는 0.25 D의 초점 흐림(defocus)에 해당한다고 하였다.^[8] 이처럼 고위수차는 시각적 성능과 대비감도에 영향을 줄 수 있으며, 시력의 질과 관련된 중요한 지표로 간주되고 있다.^[9] 김 등^[10]은 선행연구에서 난시안을 등가구면 값으로 교정했을 때와 토릭렌즈로 완전 교정했을 때의 대비감도를 비교한 결과 토릭렌즈로 완전교정 하였을 때의 대비감도가 우수한 것으로 나타났다고 하였다. 따라서 토릭렌즈의 피팅이 잘못되거나 축 회전이 나타났을 때에는 시력의 질에도 영향을 미칠 가능성이 있다. Rae 및 Price^[11]의 연구에서는 nelfilcon A 재질의 구면 소프트렌즈 착용 시 3, 4 및 5차항의 고위수차가 증가하게 되고 그 중에서도 5차항 중 일부가 유의하게 증가한다고 하였으며, Roberts 등^[12]은 근시 교정을 위한 소프트렌즈의 착용이 고위수차를 유발하였다고 하였다. 그러나 구면이 아닌 토릭렌즈를 착용하고 피팅이 제대로 되지 않았거나 축 회전이 발생하였을 때 수차에 미치는 영향에 대한 연구는 미미한 실정이다. 이에 본 연구는 축 회전의 결과로 발생할 수 있는 시력의 질 변화를 수차로 확인하고자 하였다. 즉, 토릭렌즈의 축 회전이 발생하였을 경우 나타나는 수차를 렌즈 착용 전의 상태와 축이 회전하지 않은 완전교정인 상태일 때의 값과 비교하여 어떠한 차이를 보이는지를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

본 연구의 취지를 이해하며, 안질환 및 안과적 수술 경험 이 없고, 소프트렌즈 착용 경험이 있는 전체 난시도 -0.75 D 이상의 근시성 직난시를 가진 20대(평균 23.91 ± 1.40 세) 성인을 연구 대상으로 하였다. 토릭렌즈 착용 후 20분의 안정화 시간을 가진 뒤 렌즈의 중심안정위치가 기준 이내에 위치하는지 확인하였고, 눈 깜박임 후 렌즈의 움직임이 빠르게 안정화되어 축 회전이 5° 이내로 나타나고, 단안 교정시력이 0.8 이상인 22명(남자 9명, 여자 13명) 41안 만을 최종 분석대상으로 하였다. 연구대상안의 구면 굴절이상

Table 1. Classification of subjects who participated in this study

	Average
No. of eyes	41
Gender (female : male)	24 : 17
Age (years)	23.91 ± 1.40
Refractive error (D)	
sphere	-4.50 ± 2.53
cylinder	-1.54 ± 0.74

Table 2. Specifications of the toric soft contact lens used in this study

Manufacturer	CIBA Vision
Oxygen transmissibility (Dk/t)	26
USAN	nelfilcon A
Monomer	HPMC ^a , PEG ^b , PVA ^c
Water content (%)	69
Base curve (mm)	8.6
Diameter (mm)	14.2
Lens axis marking	At 3 and 9 O'clock
Spherical power (D)	0.00 to -8.00
Cylindrical power (D)	$-0.75, -1.25, -1.75$
Cylindrical axis ($^\circ$)	180
Central thickness at 3.00 D (mm)	0.10
Design	Back surface toric double thin zone
Wearing cycle	Daily disposables

^aHPMC: Hydroxypropyl methylcellulose, ^bPEG: Polyethylene glycol, ^cPVA: Polyvinyl alcohol

도는 $-4.50 \pm 2.53 \text{ D}$ 이었고, 전체 난시도는 $-1.54 \pm 0.74 \text{ D}$ 이었다(Table 1).

2. 사용렌즈

본 연구에는 함수율 69%인 nelfilcon A재질의 토릭렌즈를 사용하였다. 연구대상 렌즈는 이중쐐기형 축 안정화 디자인을 가진 후면 토릭렌즈이었다(Table 2).

3. 연구대상안의 굴절이상, 전체 난시량의 측정 및 토릭렌즈 처방

연구대상안의 굴절이상 및 전체 난시량 측정은 자동안굴절력계(Autorefractor keratometer, REKTO ORK II, Dongyang optics, Korea)를 사용하여 각 안별로 3회 반복 측정 후 평균값을 각각 취하였고, 측정된 굴절이상 값으로 제조사 제공의 도수 환산표에 따라 처방하였다.

4. 각막수차의 측정

각막수차 측정은 각막지형도 검사기(Corneal Topographer Antares, CSO, Italy)를 사용하여 측정하였다. 토릭렌즈 착용 전 연구대상안의 각막수차와 토릭렌즈를 착용한 후 렌즈가 충분히 안정화되었을 때의 각막수차를 측정하였다. 한편, 토릭렌즈의 회전에 따른 각막수차의 변화를 보기 위하여 소독된 면봉을 사용하여 토릭렌즈를 인위적으로 회전시킨 후, 측면 $30 \pm 5^\circ$ 에 축이 위치하였을 때 각막수차를 측정하였다. 모든 경우에서 각막수차는 동일한 과정을 3회 반복하여 측정하였다. 토릭렌즈 축 회전량은 각막정점을

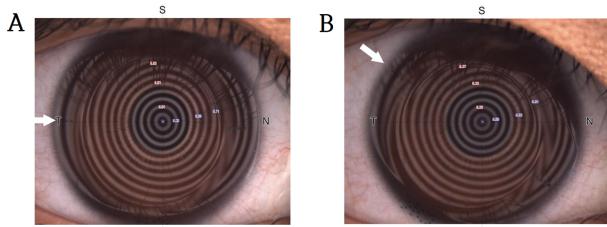


Fig. 1. The representative photo of the eyes fitted with toric soft contact lens.
A. at axis stabilization, B. right after axis rotation
White arrows indicate reference mark.
S, superior; I, inferior; N, nasal; T, temporal

기준으로 렌즈 자체에 표기된 축 마킹(3~9시)이 돌아간 정도로 확인하였다(Fig. 1). 전체 연구대상안의 토릭렌즈 안정화 시 축 위치는 $-0.061\pm2.83^\circ$ 이었으며, 각막수차 측정 시 실제 회전된 축 위치는 $30.60\pm1.96^\circ$ 이었다.

연구대상안의 동공크기에 따른 각막수차 비교는 각막지형도 검사기를 통하여 계산된 동공크기인 4 mm와 6 mm 일 때의 각막의 전체수차, 저위수차 및 고위수차 값으로 시행하였다. 또한 연구대상안의 전체 난시도에 따라 저도 난시군($-0.75\sim-1.25$ D), 중도 난시군($-1.50\sim-2.25$ D) 및 고도난시군(-2.25 D 이상)으로 나누어 분석하였다(Table 3). 저도, 중도 및 고도 난시군의 토릭렌즈 안정화 시 축 위치는 각각 $-0.06\pm3.02^\circ$, $-0.20\pm2.98^\circ$ 및 $-0.33\pm2.43^\circ$ 이었고, 각막수차 측정 시 실제 회전된 축의 위치는 순서대로

Table 3. Classification of the subjects based on their total degree of astigmatism

Group	Astigmatic degree (D)	No. of eyes	Total astigmatism (D)
Low	$-0.75\sim-1.25$	16	-0.86 ± 0.47
Moderate	$-1.50\sim-2.00$	18	-1.74 ± 0.23
High	-2.25 and higher	7	-2.60 ± 0.50
Total		41	-1.54 ± 0.74

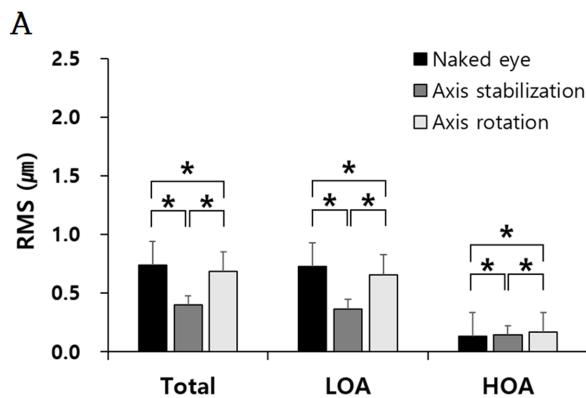


Fig. 2. Change in corneal aberration according to the axis rotation of toric soft contact lenses.

A. Corneal aberrations in 4-mm-sized pupils, B. Corneal aberrations in 6-mm-sized pupils

* $p<0.05$, significantly different from each group compared by repeated measures ANOVA and Bonferroni test

각각 $30.24\pm1.99^\circ$, $30.53\pm2.05^\circ$ 및 $31.57\pm1.51^\circ$ 이었다.

5. 통계처리

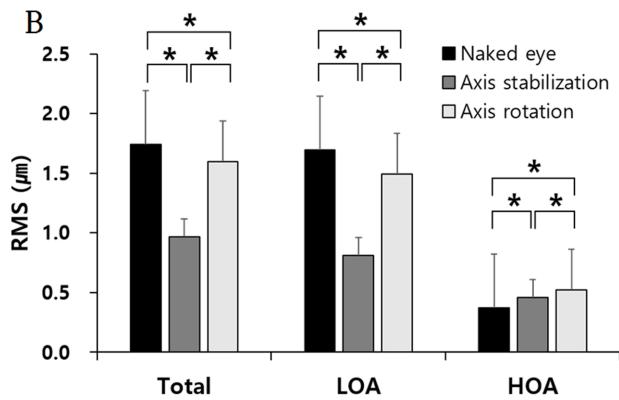
모든 결과는 평균±표준편차로 나타내었으며, SPSS version 23 for windows(SPSS Inc, Chicago, IL, USA)를 사용하여 분석하였다. 토릭렌즈 착용 전과 착용 후 안정화 시, $30\pm5^\circ$ 의 축 회전 시의 각막수차 차이의 유의성은 연구대상안의 동공크기에 따라 반복측정분산분석(Repeated Measures ANOVA)으로 분석하였다. 또한 연구대상안의 난시도 별 각막수차 차이의 유의성은 일원배치분산분석(One-way ANOVA)으로 분석하였다. 각 분석에서 유의확률이 0.05미만일 경우 통계적 유의성이 있다고 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 토릭렌즈의 축 회전으로 인한 각막수차의 변화

본 연구에서 사용한 토릭렌즈는 후면 토릭 디자인으로 각막난시 교정의 목적으로 처방된다. 따라서 토릭렌즈 착용 후 축 회전이 발생할 경우 각막수차가 영향을 받을 것으로 예상되어 토릭렌즈 착용 전과 착용하여 안정화된 후, 그리고 축을 임의로 $30\pm5^\circ$ 를 회전시켰을 때 동공크기 4 mm 및 6 mm에서의 각막수차를 각각 비교하였다(Fig. 2).

명소시의 동공크기인 4 mm에서 토릭렌즈 착용 전 0.74 ± 0.22 μm 이었던 연구대상안의 전체 각막수차는 토릭렌즈 착용 후 축 안정화 시 0.40 ± 0.17 μm 로 감소하였다. 반면 축 회전 시 전체 각막수차는 0.69 ± 0.23 μm 로 증가한 것으로 나타났으며, 동일 대상안에서 렌즈 착용 전, 축 안정화 시, 축 회전 시의 전체 각막수차의 변화는 통계적으로도 유의한 차이였다. 한편 각막 저위수차의 경우, 토릭렌즈 착용 전에는 0.73 ± 0.22 μm 이었다가 토릭렌즈 착용 후 안정화 시에는 0.37 ± 0.17 μm 로 감소하였다가 인위적으로 축을 회전시켰을 때에는 0.66 ± 0.23 μm 로 다시 증가하였으며



이러한 저위수차는 통계적으로 유의한 변화였다. 반면 토릭렌즈 착용 전 $0.13 \pm 0.04 \mu\text{m}$ 이었던 각막 고위수차는 토릭렌즈 안정화 시와 축 회전 시에 각각 $0.14 \pm 0.06 \mu\text{m}$ 및 $0.17 \pm 0.09 \mu\text{m}$ 로 나타나 축 안정 여부와 관계없이 통계적으로 유의하게 증가하였다(Fig. 2).

암소시의 동공크기인 6 mm 동공에서도 4 mm 동공에서와 유사한 경향이 나타났으나 전체적인 수차량은 2배 가량 크게 나타났다. 즉, 각막의 전체수차는 토릭렌즈 착용 전 $1.75 \pm 0.51 \mu\text{m}$ 에서 토릭렌즈 착용 후 축 안정화 시 $0.97 \pm 0.39 \mu\text{m}$ 로 감소하였다가 축 회전 시 $1.61 \pm 0.58 \mu\text{m}$ 로 다시 증가하는 양상을 나타내었으며 통계적으로도 유의한 차이였다. 각막 저위수차의 경우에는 토릭렌즈 착용 전 $1.70 \pm 0.52 \mu\text{m}$ 에서 렌즈 착용 후 축 안정화 시 $0.82 \pm 0.39 \mu\text{m}$ 로 감소하였고, 축 회전 시 $1.50 \pm 0.57 \mu\text{m}$ 로 다시 증가하였는데 이러한 수차 간의 차이는 통계적으로도 유의하였다. 각막 고위수차 또한 토릭렌즈 착용 전 $0.37 \pm 0.07 \mu\text{m}$ 에서 착용 후 축 안정화 시와 축 회전 시에 각각 $0.46 \pm 0.24 \mu\text{m}$ 및 $0.52 \pm 0.24 \mu\text{m}$ 로 렌즈 착용 후 통계적으로 유의하게 수차가 증가하여, 4 mm 동공에서의 증가보다 큰 것으로 나타났다(Fig. 2).

동공크기 4 및 6 mm의 각막수차량을 비교한 결과, 전체수차와 저위수차의 경우 동공크기가 4 mm에서 6 mm으로 증가할수록 약 2배 이상의 수차 차이가 났고, 고위수차의 경우 약 3배 이상의 차이를 보여 고위수차가 동공크기에 따라 더 크게 증가함을 알 수 있었으며(Fig. 3), 전체수차, 저위수차, 고위수차 모두 6 mm의 동공에서 통계적으로 유의하게 더 큰 것을 알 수 있었다($p < 0.001$ by paired t-test). 대부분의 선행연구 결과는 안구 전체의 수차를 동공크기 별로 비교하였으나 본 연구에서는 토릭렌즈 착용에 따른 각막수차의 변화를 밝혔다는 점에서 의의를 가진다 하겠다.

2. 난시도에 따른 토릭렌즈 축 회전으로 인한 각막수차의 변화

연구대상안을 전체난시도에 따라 저도($-0.75 \sim -1.25 \text{ D}$), 중도($-1.50 \sim -2.00 \text{ D}$) 및 고도(-2.25 D 이상) 난시군으로 분류하고 토릭렌즈 착용 전후 및 축 회전 시의 각막수차를 4 mm 및 6 mm 동공크기에서의 값으로 나누어 분석하였다(Table 4 and 5).

4 mm 동공에서 저도 난시군의 각막 전체수차 및 저위수차는 토릭렌즈 착용 전 교정이 되지 않았을 때 각각

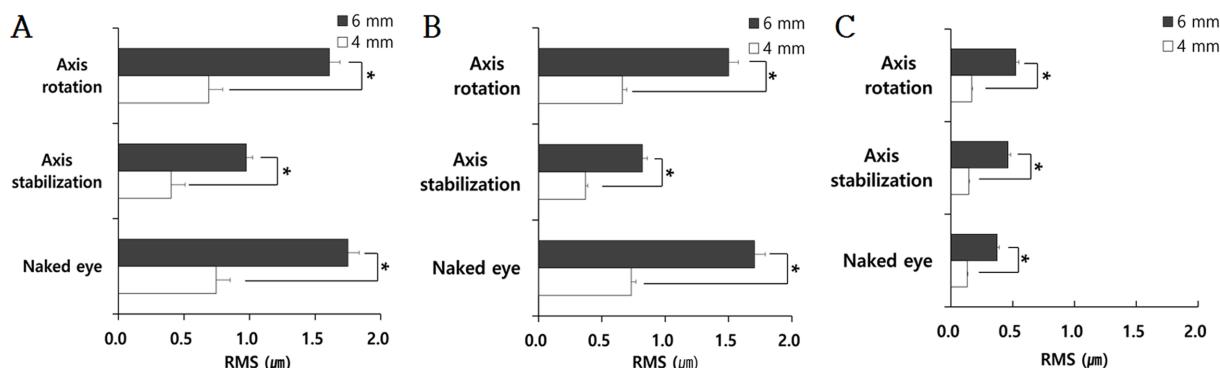


Fig. 3. Comparison of corneal aberrations between 4- and 6-mm-sized pupils.

A. Total, B. Lower-order, C. Higher-order

Table 4. Corneal aberrations in 4-mm-sized pupils when analyzed by degree of astigmatism

Group	Type of aberration	RMS (μm)			p-value	Bonferroni
		1 Naked eye	2 Axis stabilization	3 Axis rotation		
Low	Total	0.59 ± 0.13	0.32 ± 0.11	0.53 ± 0.12	0.000	1>2, 3>2
	Lower-order	0.57 ± 0.14	0.29 ± 0.12	0.51 ± 0.14	0.000	1>2, 3>2
	Higher-order	0.13 ± 0.04	0.12 ± 0.04	0.14 ± 0.06	0.131	
Moderate	Total	0.76 ± 0.17	0.44 ± 0.18	0.69 ± 0.17	0.000	1>2, 3>2
	Lower-order	0.75 ± 0.17	0.41 ± 0.18	0.67 ± 0.17	0.000	1>2, 3>2
	Higher-order	0.12 ± 0.04	0.15 ± 0.07	0.15 ± 0.04	0.000	3>1
High	Total	1.04 ± 0.17	0.49 ± 0.17	1.02 ± 0.22	0.000	1>2, 3>2
	Lower-order	1.03 ± 0.17	0.45 ± 0.19	0.98 ± 0.19	0.000	1>2, 3>2
	Higher-order	0.14 ± 0.04	0.19 ± 0.06	0.27 ± 0.16	0.000	3>1

Table 5. Corneal aberrations in 6-mm-sized pupils when analyzed by degree of astigmatism

Group	Type of aberration	RMS (μm)			p-value	Bonferroni
		1 Naked eye	2 Axis stabilization	3 Axis rotation		
Low	Total	1.37 \pm 0.28	0.79 \pm 0.26	1.23 \pm 0.32	0.000	1>3>2
	Lower-order	1.32 \pm 0.29	0.68 \pm 0.30	1.13 \pm 0.33	0.000	1>3>2
	Higher-order	0.37 \pm 0.06	0.37 \pm 0.10	0.44 \pm 0.21	0.000	3>1, 3>2
Moderate	Total	1.77 \pm 0.41	1.00 \pm 0.36	1.58 \pm 0.34	0.000	1>3>2
	Lower-order	1.73 \pm 0.42	0.83 \pm 0.42	1.47 \pm 0.37	0.000	1>3>2
	Higher-order	0.36 \pm 0.07	0.45 \pm 0.20	0.54 \pm 0.22	0.000	3>1, 2>1,
High	Total	2.45 \pm 0.36	1.29 \pm 0.45	2.43 \pm 0.54	0.000	1>2, 3>2
	Lower-order	2.41 \pm 0.36	1.06 \pm 0.41	2.33 \pm 0.54	0.000	1>2, 3>2
	Higher-order	0.40 \pm 0.07	0.66 \pm 0.29	0.64 \pm 0.37	0.000	3>1

0.59 \pm 0.13 및 0.57 \pm 0.14 μm 으로 가장 큰 값을 보였으며, 축 안정화 시의 경우 순서대로 각각 0.32 \pm 0.11 및 0.29 \pm 0.12 μm 으로 나타나 토릭렌즈 착용 전과 축 회전 시(전체수차, 0.53 \pm 0.12 μm ; 저위수차, 0.51 \pm 0.14 μm)에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 수차를 가짐을 알 수 있었다(Table 4). 한편 저도 난시군의 고위수차의 경우, 토릭렌즈 착용 전 0.13 \pm 0.04 μm , 렌즈 착용 후 축 안정화 시 0.12 \pm 0.04 μm , 축 회전 시 0.14 \pm 0.06 μm 로 축 회전 시 가장 크게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다($p=0.075$). 중도 난시군의 경우, 각막 전체수차와 저위수차 또한 저도 난시군의 결과와 비슷한 양상을 보였다. 즉, 중도 난시군의 각막 전체수차는 토릭렌즈 착용 전 0.76 \pm 0.17 μm , 축 안정화 시 0.44 \pm 0.18 μm , 축 회전 시 0.69 \pm 0.17 μm 로 나타났고, 저위수차는 토릭렌즈 착용 전 0.75 \pm 0.17 μm , 축 안정화 시 0.41 \pm 0.18 μm , 축 회전 시 0.67 \pm 0.17 μm 로 측정되었다. 한편, 중도 난시군의 고위수차는 토릭렌즈 착용 전 0.12 \pm 0.04 μm , 축 안정화 시 0.15 \pm 0.07 μm , 축 회전 시 0.15 \pm 0.04 μm 로 토릭렌즈 착용 시 증가된 값을 나타내었으며 저도 난시군에서와는 달리 축 회전 시 렌즈 착용 전 대비 통계적으로 유의하게 큰 수차를 나타내었다. 고도 난시군 또한 각막 전체수차와 저위수차는 토릭렌즈 착용 전이 각각 1.04 \pm 0.17 및 1.03 \pm 0.17 μm 으로 가장 큰 값을 보였으며, 축 안정화 시의 경우 순서대로 각각 0.49 \pm 0.17 및 0.45 \pm 0.19 μm 으로 나타나 토릭렌즈 착용 전과 축 회전 시(전체수차, 1.02 \pm 0.22 μm ; 저위수차, 0.98 \pm 0.19 μm)에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 수차를 가짐을 알 수 있었다. 고도 난시군의 고위수차 또한 토릭렌즈 착용 전 0.14 \pm 0.04 μm , 렌즈 착용 후 축 안정화 시 0.19 \pm 0.06 μm , 축 회전 시 0.27 \pm 0.16 μm 로 토릭렌즈 착용 시 증가된 값을 나타내었다(Table 4).

토릭렌즈 착용 시 축 회전 여부에 따른 4 mm 동공크기에서 각막수차의 증감 변화를 난시도 별로 비교하였다 (Fig. 4). 토릭렌즈 착용 전 각막 전체수차 및 저위수차는

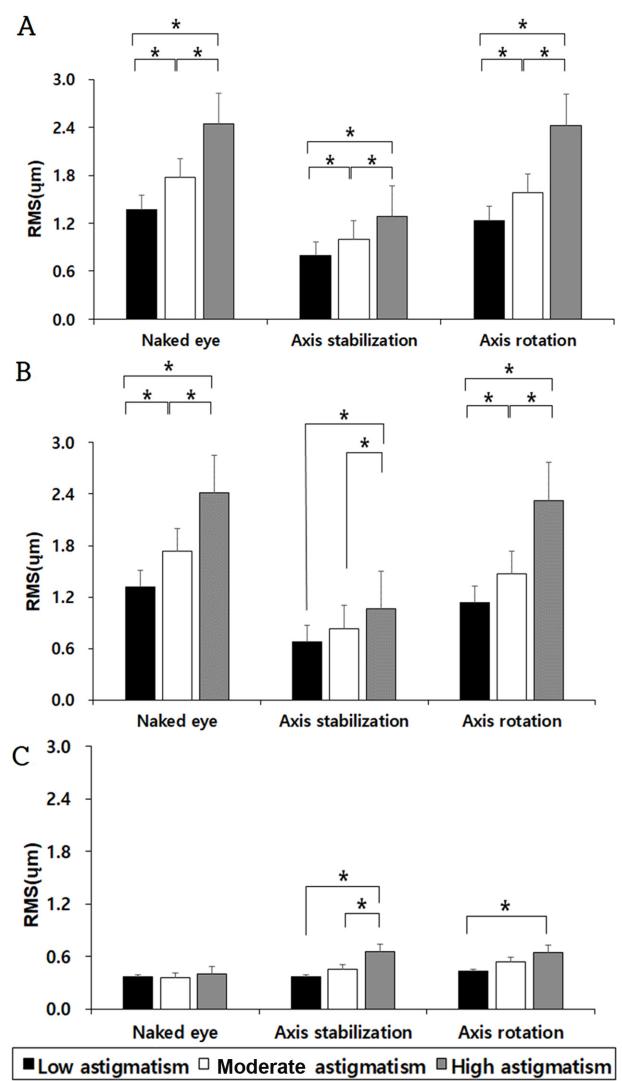


Fig. 4. Comparison of the variance in corneal aberrations in 4-mm-sized pupils analyzed by degree of astigmatism.
A. Total aberration, B. Lower-order aberration,
C. Higher-order aberration

* $p<0.05$, significantly different from each group compared using one-way analysis of variance and the Bonferroni test

난시도가 높아질수록 커짐을 알 수 있었으며, 렌즈 착용 후 축 안정화 시 전체수차 및 저위수차의 감소율은 고도 난시군에서 높게 나타났다(저도, 45.8% 및 49.1% 감소; 중도, 42.1% 및 45.3% 감소; 고도 52.4% 및 56.3% 감소). 또한, 축 회전 시 전체수차 및 저위수차의 재증가 비율 또한 고도 난시군에서 가장 높아 렌즈 착용 전 전체 및 저위수차의 각각 98.0% 및 95.1% 수준에 이르는 것으로 나타났다. 따라서 토릭렌즈의 축 회전이 발생하였을 때에는 고도 난시군의 각막난시 교정 저하에 따른 결과로 시력 불만족도가 저도 난시군에 비해 높을 것으로 예상되었다. 한편 고위수차의 경우 토릭렌즈 착용 전은 난시도에 따른 유의한 차이를 관찰할 수 없었으나 토릭렌즈 착용 후 안정화 시나 축 회전 시 모두 증가하였으며, 특히 고도 난시군에서는 높은 값을 나타내었다. 이는 토릭렌즈의 착용으로 난시안의 저위수차는 개선된다 하더라도 시력의 질은 만족스럽지 못할 수 있음을 보여주는 결과이다.

6 mm 동공에서 저도 난시군의 각막 전체수차 및 저위수차는 토릭렌즈 착용 전 교정되지 않았을 때 각각 1.37 ± 0.28 및 $1.32 \pm 0.29 \mu\text{m}$ 으로 가장 큰 값을 보였으며, 축 안정화 시 순서대로 각각 0.79 ± 0.26 및 $0.68 \pm 0.30 \mu\text{m}$ 으로 나타나 토릭렌즈 착용 전과 축 회전 시(전체수차, $1.23 \pm 0.32 \mu\text{m}$; 저위수차, $1.13 \pm 0.33 \mu\text{m}$)에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 수차를 가짐을 알 수 있었다(Table 5). 한편 저도 난시군의 고위수차는 토릭렌즈 착용 전 $0.37 \pm 0.06 \mu\text{m}$, 축 안정화 시 $0.37 \pm 0.10 \mu\text{m}$, 축 회전 시 $0.44 \pm 0.21 \mu\text{m}$ 로 축 회전 시 가장 크게 나타났으며 4 mm 동공에서와는 달리 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 중도 난시군의 경우, 각막 전체수차와 저위수차 또한 저도 난시군의 결과와 비슷한 양상을 보였다. 즉, 중도 난시군의 각막 전체수차는 토릭렌즈 착용 전 $1.77 \pm 0.41 \mu\text{m}$, 축 안정화 시 $1.00 \pm 0.36 \mu\text{m}$, 축 회전 시 $1.58 \pm 0.34 \mu\text{m}$ 로 나타났고, 저위수차는 토릭렌즈 착용 전 $1.73 \pm 0.42 \mu\text{m}$, 렌즈 착용 후 축 안정화 시 $0.83 \pm 0.42 \mu\text{m}$, 축 회전 시 $1.47 \pm 0.37 \mu\text{m}$ 로 측정되었다. 한편, 중도 난시안의 고위수차의 경우는 토릭렌즈 착용 전 $0.36 \pm 0.07 \mu\text{m}$, 축 안정화 시 $0.45 \pm 0.20 \mu\text{m}$, 축 회전 시 $0.54 \pm 0.22 \mu\text{m}$ 로 토릭렌즈 착용 시 통계적으로 유의한 증가된 값을 나타내었다. 고도 난시군 또한 각막 전체 및 저위수차는 토릭렌즈 착용 전이 각각 2.45 ± 0.36 및 $2.41 \pm 0.36 \mu\text{m}$ 으로 가장 큰 값을 보였으며, 축 안정화 시 순서대로 각각 1.29 ± 0.45 및 $1.06 \pm 0.41 \mu\text{m}$ 으로 나타나 토릭렌즈 착용 전과 축 회전 시(전체수차, $2.43 \pm 0.54 \mu\text{m}$; 저위수차, $2.33 \pm 0.54 \mu\text{m}$)에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 수차를 가짐을 알 수 있었다. 고도 난시군의 고위수차 또한 토릭렌즈 착용 전 $0.40 \pm 0.07 \mu\text{m}$, 렌즈 착용 후 축 안정화 시 $0.66 \pm 0.29 \mu\text{m}$, 축 회전 시 $0.64 \pm 0.37 \mu\text{m}$ 로 토릭렌즈 착용 시 증

가된 값을 나타내었다(Table 5).

6 mm 동공크기에서 토릭렌즈 착용 시 축 회전 여부에 따른 각막수차의 증감 변화를 난시도 별로 비교하였다 (Fig. 5). 토릭렌즈 착용 전 각막 전체수차 및 저위수차는 4 mm 동공크기에서와 마찬가지로 난시도가 높아질수록 커졌으나, 렌즈 착용 후 축 안정화 시 전체수차 및 저위수차의 감소율은 4 mm 동공크기에서와 달라져 중도 및 고도 난시군에서 저위수차의 감소율이 크게 나타났다(저도, 42.3% 및 48.5% 감소; 중도, 43.5% 및 52.0% 감소; 고도 47.3% 및 56.0% 감소). 따라서 빛이 충분하지 않은 조건에서 토릭렌즈의 축 안정화가 유지된다면 난시 교정 만족도는 4 mm 동공일 경우와 비교하여 상대적으로 높을 수

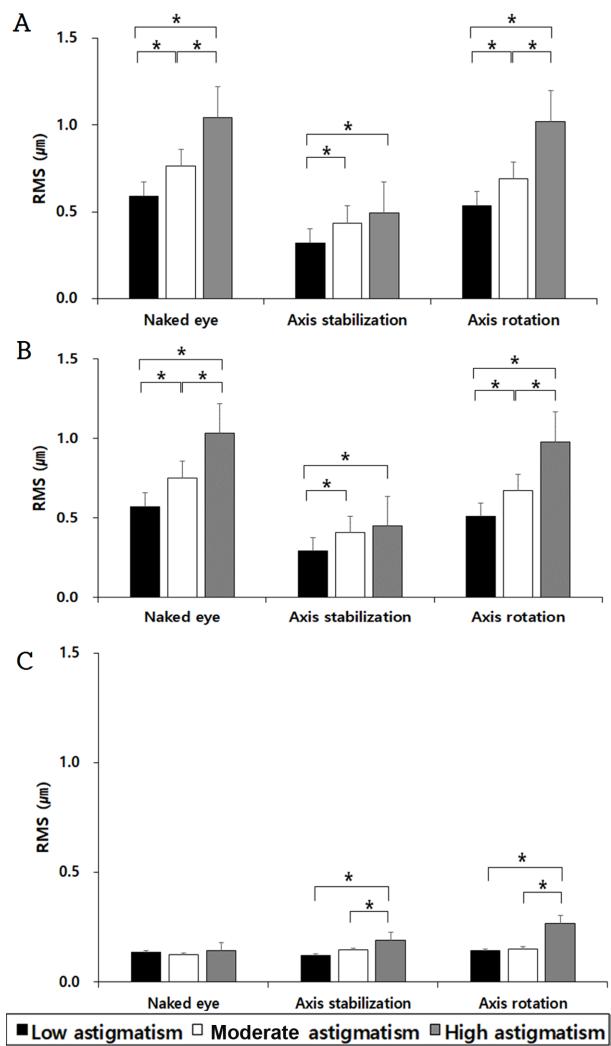


Fig. 5. Comparison of the variance in corneal aberrations in 6-mm-sized pupils analyzed by degree of astigmatism.
A. Total aberration, B. Lower-order aberration,
C. Higher-order aberration

* $p < 0.05$, significantly different from each group compared using one-way analysis of variance and the Bonferroni test

있음을 예측할 수 있다. 또한, 축 회전 시 전체수차 및 저위수차의 재증가 비율은 고도 난시군에서 가장 높아 렌즈 착용 전 전체 및 저위수차량의 각각 99.2% 및 96.7% 수준에 이르렀다. 따라서 어두운 조건에서 토릭렌즈의 과도한 축 회전 또한 고도 난시군에서 각막난시 교정 저하가 가장 크게 유발될 것으로 생각되었다. 한편 고위수차의 경우 토릭렌즈 착용 전은 난시도에 따른 유의한 차이를 관찰할 수 없었으나 토릭렌즈 착용 후 축 안정화 시나 축 회전 시 모두 증가하였으며, 밝은 조도 조건일 경우와는 달리 중도 난시군에서 높은 증가율을 나타내었다. 이러한 결과로 어두운 조도 조건에서 각막 고위수차는 일정 정도까지만 증가하는 것으로 생각되며, 밝은 조도 조건인 4 mm 동공크기의 경우와는 달리 모든 난시도군에서 토릭렌즈의 축 회전으로 인하여 시력교정 뿐만 아니라 질 또한 만족스럽지 못할 것임을 시사하는 결과라 하겠다(Fig. 5).

동공크기 4 mm와 6 mm에서 각막수차의 차이를 난시도 별로 굴절이상이 교정되지 않았을 때, 토릭렌즈 착용 후 안정화 되었을 때 및 축 회전이 발생하였을 때로 나누어 상대적인 변화 비율로 분석하였다(Fig. 6). 토릭렌즈를 착용하지 않았을 때 각막의 전체수차는 동공이 4 mm에서 6 mm로 커졌을 때 저도 및 중도 난시군에서는 2.32배 및 2.33 배 증가하는 것을 확인할 수 있었고, 고도 난시군의 경우에는 2.36배로 난시도의 증가에 따라 그 차이가 통계적으로 유의하게 커짐을 알 수 있었다. 각막 전체수차의 대부분을 차지하는 저위수차 또한 전체수차와 거의 유사한 양상을 보여 동공크기가 커질 때 난시도가 증가함에 따라 통계적으로 유의한 수차의 증가비율을 나타내었다(저도, 2.32배; 중도, 2.31배; 고도, 2.34배). 한편 토릭렌즈 착용 전 각막의 고위수차는 6 mm 동공크기일 경우가 4 mm일 경우보다 난시도가 증가함에 따라 통계적으로 유의하게 커졌으며 그 비율은 전체 및 저위수차보다 큼을 확인하였다(저도, 2.85배; 중도, 3.00배; 고도, 2.96배, $p<0.001$). 한편 토릭렌즈 착용 후 안정화 시 각막 전체수차는 동공이 4 mm에서 6 mm로 커졌을 때 저도 및 중도 난시군에서는 2.47배 및 2.27배 차이나는 것을 확인할 수 있었고, 고도 난시군의 경우에는 2.63배로 나타나 중도 난시군에서의 동공크기에 따른 전체수차의 상대적 변화가 가장 작음을 확인하였다. 토릭렌즈 축 안정화 시 저위수차 또한 전체수차와 유사한 양상을 나타내었다(저도, 2.27배; 중도, 2.03배; 고도, 2.35배). 토릭렌즈 축 안정화 시의 전체 및 저위수차의 차이 결과는 중도 난시군이 토릭렌즈를 착용하였을 때 조도 조건에 따른 주관적인 난시교정 차이가 저도 및 고도 난시군에 비해 적을 수 있다고 일단은 판단할 수 있었다. 토릭렌즈 축 안정화 시 각막의 고위수차도 전체 및 저위수차와 유사하게 6 mm 동공크기일 경우 중도 난시군에서

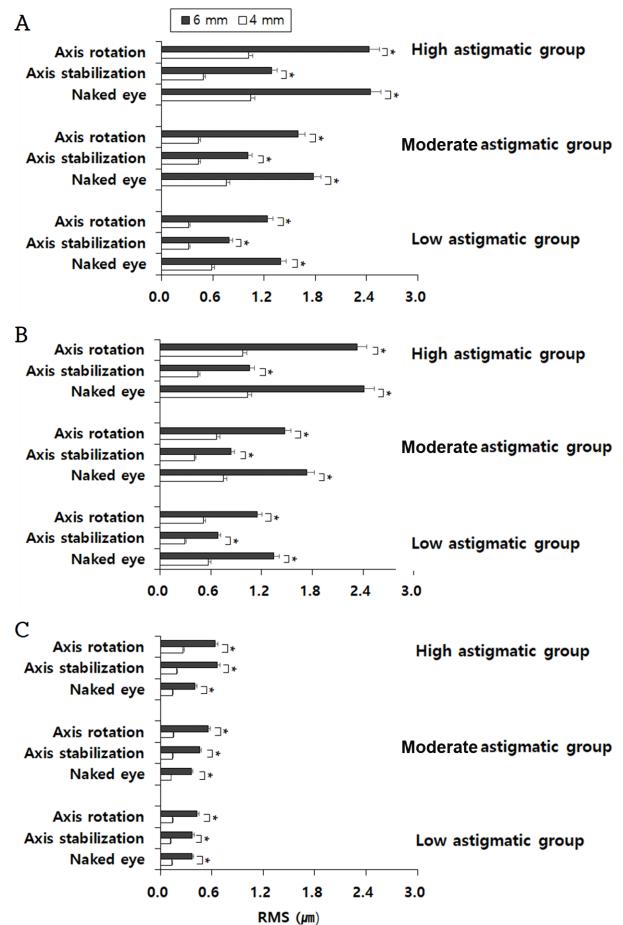


Fig. 6. Comparison of corneal aberrations between 4- and 6-mm-sized pupils analyzed by degree of astigmatism.

A. Total aberration, B. Lower-order aberration,
C. Higher-order aberration

차이가 가장 작게 나타났으므로(저도, 3.08배; 중도, 3.00배; 고도, 3.50배, $p<0.001$) 조도 조건에 따른 시력의 질 차이 또한 중도 난시군에서 작을 수 있다고 판단되었다. 따라서 이중쇄기형 축 안정화 디자인의 후면 토릭렌즈 착용 시 나타난 각막수차 값으로 시각적 만족도를 평가한다면 중도 난시도군이 저도 및 고도 난시도군에 비해 높은 만족도를 보일 것이라 예측할 수 있겠으나 이러한 결과가 난시도 이외에 대상안의 각막지형 및 곡률에 따른 동일하지 않은 피팅 상태에 영향을 받았을 가능성을 완전히 배제할 수는 없다.

한편 토릭렌즈의 축 회전 시 동공크기에 따른 각막의 전체 및 저위수차 차이는 나안일 때가 유사한 결과를 나타내었던 반면, 고위수차는 동공크기가 4 mm에서 6 mm으로 증가할 때 저도 및 중도 난시도군에서 각각 3.14배 및 3.60배 증가하여 낮은 조도 조건에서 축 회전 시 시력의 질 만족도가 상대적으로 낮아질 것으로 생각되었다. 한편 고도 난시도군에서 토릭렌즈 축 회전 시 동공크기에 따른

고위수차 차이는 나안(2.86배) 및 축 안정화 시(3.50배)보다 낮은 차이인 2.37배로 나타났다. 이는 고도 난시군에서 토릭렌즈의 축 회전 발생 시 동공크기에 따른 고위수차의 변화가 작았기 때문이라기보다는 밝은 조도라 하더라고 고위수차가 다른 난시도군에 비해 높았기에 나타난 결과로 생각되었다(Table 4 and 5). 결과적으로 토릭렌즈 착용 전, 착용 후 안정화 시 및 $30\pm5^\circ$ 의 축 회전이 있을 때 모두 동공크기가 증가할수록 각막수차가 증가하는 것을 확인할 수 있었고 그 차이가 고도 난시군에서 더욱 심화됨을 밝혀냈다(Fig. 6).

McIlraith 등^[13]은 선행연구에서 프리즘 밸러스트 및 ASD(accelerated stabilization design) 축 안정화 디자인의 토릭렌즈를 착용시킨 후 시력을 측정하고 그 결과 축 안정화 디자인에 따라 차이는 있지만 누운 자세에서 최대 30° 까지 축 회전이 가능하고 이에 따라 시력이 감소할 수 있다고 보고한 바 있다. 뿐만 아니라 Alpins 등^[14]은 벡터 분석을 통하여 30° 의 축 틀어짐이 난시 교정효과를 절반 가량 손실시킬 수 있다고 하였다. 이에 본 연구에서는 선행연구의 결과에 따라 인위적인 축 회전을 $30\pm5^\circ$ 로 정하였고, 난시 교정효과의 저하를 유발할 수 있는 토릭렌즈 축 회전과 각막수차의 상관관계를 분석하였다. 근시, 원시 및 난시를 나타내는 저위수차의 경우 안경 또는 콘택트렌즈로 교정이 가능한 것으로 알려져 있다. 본 연구에서도 후면 토릭렌즈의 착용과 함께 각막의 저위수차는 감소하였으나 과도한 축 회전은 저위수차의 증가를 유발함을 알 수 있었다. 따라서 토릭렌즈를 올바르게 착용했을 때보다 축이 회전하였을 때 유의하게 큰 각막수차를 보였으므로 광학적인 질의 지표가 되는 수차 측면에서도 감소된 효과를 보임을 밝힐 수 있었다.

한편 고위수차는 일반 소프트렌즈로는 교정이 되지 않는다고 알려져 있으나 토릭렌즈는 난시교정을 위한 기능성 렌즈이므로 착용 후 적절한 축 안정으로 고위수차가 감소할 것이라고 예상하였다. 그러나 본 연구 결과 토릭렌즈의 착용으로 각막의 저위수차는 감소하였으나 고위수차는 오히려 증가하는 양상을 보였는데 이러한 결과는 여러 구면 소프트렌즈를 사용한 연구들과 유사하였다. 즉, 다양한 종류의 소프트렌즈를 착용한 눈의 수차를 본 Jiang 등^[15]의 연구, 미용 착색 소프트렌즈의 고위수차를 본 Hiraoka 등^[16]의 연구, 본 연구에서 사용한 렌즈와 같은 nelfilcon A 재질의 구면 소프트렌즈를 사용한 Rae 및 Price^[11]의 연구, 근시 교정을 위한 소프트렌즈의 착용이 고위수차를 유발하였다는 Roberts 등^[12]의 연구와 동일하였다. 이러한 고위수차의 증가는 Rae 및 Price^[11]의 연구에서 도출해낸 결과처럼 연구대상자의 눈물의 양과 질, 그리고 렌즈와의 상호작용, 렌즈 착용 후 순목으로부터 지난 시간, 즉 수차의 축

정 시간 등의 요인들이 영향을 미쳤을 것으로 보인다. 또한 이러한 토릭렌즈 착용 및 축 회전에 따른 각막수차의 변화는 난시도가 증가할수록 더 커졌다. 따라서 고도 난시 안일 경우 만족스러운 시생활을 위해서는 토릭렌즈의 주의 깊은 처방 및 피팅 뿐만 아니라 축 회전을 유발하는 착용자의 주시습관에 대한 주의를 기울여야 함을 각막수차의 변화 정도를 통해 알 수 있었다.

동공크기가 작아질수록 초점심도는 증가하며 이는 망막상의 질을 향상시키게 된다. 반면, 동공크기가 커지면 구면수차의 영향 또한 커지게 되어^[17] 망막에 맷히는 상의 질 저하를 야기하게 된다.^[18] Thibos 등^[19]에 의하면 3 mm 동공크기에서는 고위수차로 인한 흐림이 0.125 D에 해당되나 7.5 mm 동공크기에서는 0.25 D에 해당한다고 하였다. 또한 Charman 등^[20]은 선행연구에서 파장의 국소 곡률 데이터로부터 0.25, 0.50, 0.75 및 1.00 D 수준의 흐림을 생성하는데 필요한 RMS의 크기를 동공크기의 함수로 나타내어 동일한 정도의 흐림을 생성하는데 필요한 RMS의 크기가 본 연구와 같은 2 mm의 동공크기 증가와 함께 2배 가량 증가함을 보고한 바 있다. 본 연구에서도 동공크기에 따른 각막수차의 증가는 이와 유사한 것으로 나타났다.

본 연구에서 사용된 렌즈는 후면 토릭렌즈로 각막난시 교정을 목적으로 사용된다는 점에서 축 안정 여부에 따른 각막수차의 변화를 난시도 별로 밝혔다는 점과 토릭렌즈와 각막과의 상호작용을 통한 각막수차의 변화를 밝혔다는 점에서 의의를 가진다. 그럼에도 본 연구가 가지는 한계점 중 하나는 고도 난시도군의 난시교정이 완전하지 않았을 가능성에 있다. 즉, 제조사 제공의 토릭렌즈 처방 메뉴얼에 따르면 -2.25 D 이상의 난시안에게는 -1.75 D 또는 -2.25 D의 토릭렌즈, -2.75 D 이상의 난시안에게는 -2.25 D 이상의 토릭렌즈 피팅이 권장되나 본 연구에서 사용된 토릭렌즈는 난시도 -1.75 D이 최대이었으므로 난시교정이 잘 되지 않았을 가능성이 있고, 축 회전 시 다른 난시도군에 비해 더 큰 수차의 발생에 영향을 미쳤을 가능성을 완전히 배제할 수 없다. 뿐만 아니라 고도 난시군의 연구대상안의 수가 적어 결과를 도출해내는데 어려움이 있었으므로 고도 난시군의 정확한 교정 및 안수의 증가를 반영한 추가 연구가 필요할 것으로 보인다. 또한 올바른 피팅 상태의 토릭렌즈를 사용한 Berntsen 등^[21]의 연구에 따르면 프리즘 밸러스트 디자인과 더블썬존 디자인을 비교한 결과, 프리즘 밸러스트 디자인을 가진 렌즈들에서만 더 큰 수직 코마수차를 보였고 이는 렌즈 디자인에 의한 차이일 수도 있다고 하였다. 이처럼 구면 또는 토릭렌즈 착용으로 인한 난시교정 정도에 따른 수차의 차이 뿐만 아니라 토릭렌즈의 축 안정화 디자인에 의해서도 수차의 차이는 나타날 수 있으므로 본 연구에서 더블썬존의 후면 토릭렌즈

착용 시 나타났던 각막 고위수차 증가의 원인을 규명하기에는 어려움이 있다는 한계점이 있다. 또한 본 연구 결과는 각막수차 만을 측정하여 얻은 결과이므로 토릭렌즈의 축 안정 여부와 난시도에 따른 전체적인 수차와의 상관관계를 밝기기 위한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

결 론

본 연구 결과 후면 토릭렌즈의 착용 후 축이 회전하였을 때 각막수차가 증가함을 밝혔으며, 이러한 각막수차의 변화는 동공크기 및 난시도와 상관관계를 가진다는 것을 밝혀냈다. 즉, 난시도가 증가할수록 토릭렌즈 축 회전에 따른 각막의 전체수차, 저위수차 및 고위수차의 크기가 증가하며, 동공크기가 4 mm에서 6 mm으로 증가할 때, 모든 난시군에서 각막수차가 2배 이상 증가하며, 토릭렌즈의 축 회전 시 빛 변집 현상에 관여하는 고위수차 증가가 고도 난시군에서 가장 크게 나타남을 밝혔으므로 시력의 질 저하를 예측할 수 있었다. 또한 토릭렌즈 착용 후 30° 회전 시 각막의 전체 및 저위수차가 토릭렌즈 미착용 상태 일 때의 수준으로 증가하였으므로 난시교정의 효과가 저하될 것임을 각막수차 결과로 확인할 수 있었다. 토릭렌즈의 축은 올바르지 못한 피팅, 순목, 응시 방향 및 자세 등에 의해 언제든지 회전할 수 있으므로 시각적 만족도를 높이기 위하여 고도 난시군의 경우 토릭렌즈의 피팅이나 디자인 뿐만 아니라 착용자의 시습관 또한 고려하여야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] Kim DH, Hwang SY. The state and problem of the soft contact lens wearer. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 1998; 3(1):249-258.
- [2] Haegerstrom-Portnoy G, Schneck ME, Brabyn JA, et al. Development of refractive errors into old age. *Optom Vis Sci*. 2002;79(10):643-649. DOI: <https://doi.org/10.1097/00006324-200210000-00010>
- [3] Kim JH, Kim IS. A study on the relationship between the disc of least confusion and corrected vision of astigmatism. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2008;13(2):51-57.
- [4] Lindsay RG, Bruce AS, Brennan NA, et al. Determining axis misalignment and power errors of toric soft lenses. *Cont Lens Anterior Eye*. 1997;24(3):101-107. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0892-8967\(97\)00035-7](https://doi.org/10.1016/S0892-8967(97)00035-7)
- [5] Kim JH, Kang SA. A study on the relationship between the off-axis cylinder and corrected vision of astigmatism. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2007;12(3):83-87.
- [6] Choi YJ, Kang NH, Jun RM. Comparison of corneal higher-order aberrations measured with two instruments using scheimpflug camera system. *J Korean Ophthalmol Soc*. 2015;56(10):1497-1504. DOI: <https://doi.org/10.3341/jkos.2015.56.10.1497>
- [7] Williams D, Yoon GY, Peter J, et al. Visual benefit of correcting higher order aberrations of the eye. *J Refract Surg*. 2000;16(5):S554-S559.
- [8] Salmon TO, van de Pol C. Normal-eye Zernike coefficients and root-mean-square waveform errors. *J Cataract Refract Surg*. 2006;32(12):2064-2074. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2006.07.022>
- [9] Hashemi H, Khabazkhoob M, Jafarzadehpur E, et al. Higher order aberrations in a normal adult population. *J Curr Ophthalmol*. 2015;27(3-4):115-124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joco.2015.11.002>
- [10] Kim BH, Han SH, Park SM, et al. Effect of aberrations and contrast sensitivity due to the amount of astigmatism on vision. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2017;22(2):159-165. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2017.22.2.159>
- [11] Rae SM, Price HC. The effect of soft contact lens wear and time from blink on waveform aberration measurement variation. *Clin Exp Optom*. 2009;92(3):274-282. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2009.00377.x>
- [12] Roberts B, Athappilly G, Tinio B, et al. Higher order aberrations induced by soft contact lenses in normal eyes with myopia. *Eye Contact Lens*. 2006;32(3):138-142. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.icl.0000195570.73454.a5>
- [13] McIlraith R, Young G, Hunt C. Toric lens orientation and visual acuity in non-standard conditions. *Cont Lens Anterior Eye*. 2010;33(1):23-26. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.clae.2009.08.003>
- [14] Alpins NA. Vector analysis of astigmatism changes by flattening, steepening, and torque. *J Cataract Refract Surg*. 1997;23(10):1503-1514. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0886-3350\(97\)80021-1](https://doi.org/10.1016/S0886-3350(97)80021-1)
- [15] Jiang H, Wang D, Yang L, et al. A comparison of waveform aberrations in eyes wearing different types of soft contact lenses. *Optom Vis Sci*. 2006;83(10):769-774. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.opx.0000236786.96023.9c>
- [16] Hiraoka T, Ishii Y, Okamoto F, et al. Influence of cosmetically tinted soft contact lenses on higher-order waveform aberrations and visual performance. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2009;247(2):225-233. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00417-008-0973-6>
- [17] Paquin MP, Hamam H, Simonet P. Objective measurement of optical aberrations in myopic eyes. *Optom Vis Sci*. 2002;79(5):285-291. DOI: <https://doi.org/10.1097/00006324-200205000-00007>
- [18] Suliman A, Rubin A. A review of higher order aberrations of the human eye. *Afr Vision Eye Health*. 2019;78(1):a501. DOI: <https://doi.org/10.4102/aveh.v78i1.501>
- [19] Thibos LN, Hong X, Bradley A, et al. Statistical variation of aberration structure and image quality in a normal population of healthy eyes. *J Opt Soc Am A*. 2002;19(12): 2329-2348. DOI: <https://doi.org/10.1364/josaa.19.002329>
- [20] Charman WN. Wavefront technology: past, present and future. *Cont Lens Anterior Eye*. 2005;28(2):75-92. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clae.2005.02.003>
- [21] Berntsen DA, Merchea MM, Richdale K, et al. Higher-order aberrations when wearing sphere and toric soft contact lenses. *Optom Vis Sci*. 2009;86(2):115-122. DOI: <https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e318194e951>

토릭 소프트콘택트렌즈의 축 회전에 따른 각막수차의 변화

황민준¹, 김도균¹, 김소라², 박미정^{2,*}

¹서울과학기술대학교 안경광학과, 학생, 서울 01811

²서울과학기술대학교 안경광학과, 교수, 서울 01811

투고일(2021년 7월 30일), 수정일(2021년 8월 18일), 게재확정일(2021년 8월 24일)

목적: 본 연구에서는 토릭 소프트콘택트렌즈(이하 토릭렌즈)의 착용에 따른 각막수차의 변화와 토릭렌즈의 축 회전이 광학적인 면에서 교정효과에 미치는 영향을 알아보기로 하였다. **방법:** 이중쐐기형 축 안정화 디자인의 토릭렌즈 착용 시 단안 교정시력이 0.8 미만이거나 5° 이상의 축 회전을 보인 경우를 제외한 20대의 근시성 직난시안 총 41안을 연구대상으로 하였다. 토릭렌즈 착용 전 및 착용 후 축 안정화 시 각막의 전체수차, 저위수차 및 고위수차를 각각 측정하여 교정효과를 알아보았고, 이 후 토릭렌즈를 30±5° 회전시키고 각막수차를 측정하여 축 회전에 따른 변화를 관찰하였다. **결과:** 토릭렌즈 착용 시 각막의 전체수차와 저위수차는 통계적으로 유의하게 감소하였으나, 축을 회전시켰을 때에는 다시 증가하였으며 특히 고도 난시군에서는 렌즈 착용 전과 거의 유사한 수준의 각막수차를 보여 교정효과가 가장 크게 감소함을 알 수 있었다. 또한 토릭렌즈 착용에도 불구하고 각막 고위수차는 통계적으로 유의하게 증가하였으며, 축 회전 시에는 그 크기가 더욱 커졌다. 동공크기가 4 mm에서 6 mm으로 증가하면서 토릭렌즈 착용 전, 착용 후 축 안정화 시 및 회전 시 모든 각막수차가 2배 이상 증가하였다. **결론:** 본 연구를 통하여 토릭렌즈의 축 회전은 축 안정화 시에 비하여 유의하게 큰 각막수차를 야기하며, 난시도가 증가할수록 변화 정도가 커짐을 밝혔다. 따라서 난시도가 높은 경우 높은 시각적 만족도를 얻기 위하여서는 토릭렌즈의 피팅과 디자인의 고려 뿐만 아니라 축 회전을 최소화하는 착용자의 시습관이 필수적이라 할 수 있다.

주제어: 토릭 소프트콘택트렌즈, 축 회전, 전체수차, 저위수차, 고위수차