http://dx.doi.org/10.14479/jkoos.2021.26.3.171

Correlation between Corneal Aberrations and Recovery after Axis Rotation of Toric Soft Contact Lenses

Min-Jun Hwang^{1,a}, Do-Kyun Kim^{1,b}, Mijung Park^{2,c}, and So Ra Kim^{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 August 6, 2021: Revised August 30, 2021: Accepted August 31, 2021)

Purpose: Changes in corneal aberration based on the degree of axial misalignment during recovery after axial rotation of toric soft contact lenses (hereinafter toric lenses) were investigated in the present study. **Methods:** Thirty-nine myopic eyes with a total astigmatism of –0.75 D or higher were fitted with back toric lenses with a double thin zone for axis stabilization, which were rotated by 30±5° in the temporal direction. After that, the returning pattern of the axis was observed every 10 s for 150 s, and corneal total lower-order, and higher-order aberrations were measured and analyzed based on pupil size and astigmatic degree. **Results:** The average recovery time of the toric lenses was 90.77±40.29 s (min. 30 s~max. 150 s). The increased corneal aberrations due to axis rotation decreased with axial recovery, with a decrease in corneal total, lower-order, and higher-order aberrations of 3.31%/°, 3.41%/°, and 3.00%/° at 4 mm pupil, 3.17%/°, 3.25%/°, and 3.50%/° at 6 mm pupil being observed, respectively. The recovery speed of corneal aberrations was fastest when the axis of toric lenses recovered by 1° in the moderate astigmatic group when analyzed based on the astigmatic degree. **Conclusions:** The correlation between axis recovery after axial rotation and a reduction in corneal aberration was elucidated in the present study. The results also indicated that increased astigmatism was correlated with increased aberrations due to axis rotation and recovery. Therefore, it can be inferred that rapid axis recovery should be considered in addition to minimizing axis rotation to improve vision correction and visual satisfaction when wearing toric lenses.

Key words: Toric soft contact lenses, Corneal aberrations, Axis misalignment, Recovery speed, Astigmatic degree

서 론

근시 및 원시와 같이 단순 굴절이상의 교정을 필요로 하는 인구의 증가^[1]와 함께 경선 별로 다른 굴절력을 가지는 난시 교정의 중요성 또한 높아지게 되었으며, 토릭 소프트 콘택트렌즈(이하 토릭렌즈)의 대한 관심과 처방 또한 증가하는 추세이다. 안경 처방 데이터베이스를 사용하여 난시의 유병률을 계산한 연구에서 적어도 한 쪽 눈에 0.75 D이상의 난시를 보인 환자의 유병률이 47.4 %라고 밝힌 바었으며, 소프트 콘택트렌즈(이하 소프트렌즈) 착용자의 1/3 정도가 난시의 교정이 필요할 것으로 추정된다고 하였다.^[2]이처럼 난시를 가진 대상자가 토릭렌즈 사용 시 구면 및 비구면 소프트렌즈 착용에 비해 고대비 및 저대비 시력이모두 증가하는 것으로 보고된 바 있다.^[3] 따라서 난시안의경우 시력교정을 위하여 토릭렌즈의 착용이 권장된다.

토릭렌즈의 경우 소프트렌즈 제조회사에서는 난시축의 안정(stabilization) 뿐만 아니라 눈 깜박임에 의한 과도한 토릭렌즈의 회전 방지를 위하여 프리즘 밸러스트, 주변부 밸러스트, 이중쐐기형 등과 같은 축 안정화 기술을 사용한다.[4] 그러나 이러한 축 안정화 기술의 적용에도 불구하고 착용자마다 상이한 각막형상, 주시습관 및 주시각도 등의원인으로 인하여 토릭렌즈 축은 다른 정도로 회전하게 된다. 서 등[5]은 이중쐐기형 축 안정화 디자인의 토릭렌즈를 착용하고 응시방향이나 각도를 달리하면, 10°이상의 토릭렌즈 축 회전이 발생할 수 있다고 하였으며, 김 등[6]은 accelerated stabilization design(ASD)의 축 안정화 디자인을 가진 토릭렌즈의 착용 후 누운 자세가 지속되면 모든 각막형상에서 12°이상의 축 회전이 나타나 시력에 영향을 미칠 것이라고 하였다. 한편, Mcllraith 등[7]은 프리즘 밸러스트 및 ASD의 축 안정화 디자인을 가진 토릭렌즈를

착용하고 누운 자세에서 축 회전과 시력을 측정하였을 때, 토릭렌즈의 디자인에 따라 차이는 있으나 최대 30°까지 회전되며, 축 안정화 기술에 따라 다소 차이는 있으나 모 두 시력이 감소하는 경향을 보인다 하였다. 이러한 토릭렌 즈의 과도한 축 회전은 시각적 만족도의 저하로 이어지므 로 렌즈 착용을 중단하는 결과를 야기하기도 한다.[8,9] 이 처럼 안정적인 토릭렌즈의 축 유지는 시력교정에 있어서 중요한 부분을 차지한다. 최근에는 토릭렌즈 착용으로 시 력교정을 할 때 더욱 선명한 망막 상을 얻기 위한 광학적 인 질에 대한 요구가 증가하고 있다.[10] 사람의 눈은 이상 적인 광학 시스템이 아니기 때문에[11] 눈으로 들어온 빛이 망막에 도달할 때 실제로는 일그러지게 되는 수차 현상이 발생하게 된다.[12] 이러한 수차로 인해 교정시력이 적절하 다고 판단되는 것과는 별개로 망막 상의 질이 감소될 수 있다.[13] 수차는 안경이나 콘택트렌즈로 교정이 가능한 근 시, 원시 및 난시 등의 저위수차(lower-order aberration)와 시력교정기구로 교정이 불가능한 3차 항 이상의 수차를 포함한 고위수차(higher-order aberration)로 나뉜다.[14] 즉. 기존의 구면렌즈 뿐만 아니라 토릭렌즈로도 교정이 되지 않는 고위수차는 눈부심과 후광의 형태로 망막 상의 질을 저하시키게 된다.[15] 이러한 수차는 렌즈 착용 시 눈과의 상호작용으로 광학적인 질 변화를 야기하게 되는데, 특히 렌즈 착용에 따른 눈물막 변화로 인하여 더 큰 영향을 받 게 된다.[16] Rae 등[17]은 선행연구에서 nelfilcon A 재질의 구 면 소프트렌즈 착용 시 고위수차가 증가하며, 5차항에서 증가가 가장 크다고 하였고, Roberts 등[18]은 근시 교정을 위한 소프트렌즈의 착용으로 고위수차가 증가한다고 하였 다. 이처럼 소프트렌즈 착용 시에 수차와 렌즈와의 상호작 용에 대한 연구는 다양하나, 토릭렌즈와 수차와의 관계를 본 연구결과는 미미한 실정이며 특히, 토릭렌즈의 축 회전 후 눈 깜박임에 따른 회복 정도와 수차와의 관계를 본 연 구는 전무한 실정이다. 이에 본 연구에서는 토릭렌즈의 축 회전 후 회복 시 나타나는 축 틀어짐 정도에 따른 각막수 차의 변화 양상을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

안과적 수술이나 안질환의 기왕력이 없고 소프트렌즈 착용 경험이 있는 전체 난시도 -0.75 D 이상의 근시성 직 난시를 가진 20대(평균 22.81±1.40세) 성인을 연구대상으로 하였다. 토릭렌즈를 착용하고 20분의 안정화 시간을 가졌을 때, 5° 이상의 축 회전을 보였거나 단안 교정시력이 0.8 미만인 경우를 제외하고 총 21명(남자 8명, 여자 13명)의 39안을 최종 연구대상으로 하였다. 연구대상안의 구면 굴

Table 1. The classification of subjects participating in this study

	Average
No. of eyes	39
Gender (female : male)	13:8
Age (years)	22.81±1.40
Refractive error (D)	
sph	-4.99 ± 1.86
cyl	-1.63 ± 0.68

Table 2. Specifications of the toric soft contact lenses 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	
Sphere powers (D)	0.00 to -8.00	
Cylinder powers (D)	-0.75, -1.25, -1.75	
Cylinder axis (°)	180	
Center thickness at 3.00 D (mm)	0.10	
Design	Back surface toric, double thin zone	
Wearing cycle	Daily disposable	

 $\label{eq:hpmc} HPMC^a\hbox{:}\ Hydroxypropyl\ methylcellulose,\ PEG^b\hbox{:}Polyethylene\ glycol,} PVA^c\hbox{:}\ Polyvinyl\ alcohol$

절이상도는 -4.99±1.86 D이었고, 전체 난시도는 -1.63± 0.68 D이었다(Table 1).

2. 사용렌즈

본 연구에는 이중쐐기형 축 안정화 디자인을 가진 nelfilcon A 재질의 후면 토릭렌즈를 사용하였다(Table 2).

3. 연구대상안의 굴절이상 및 전체 난시 측정과 토릭렌즈의 처방

굴절이상 및 전체 난시는 자동안굴절력계(Autorefractometer, REKTO ORK II, Dongyang, Korea)로 각 대상안 별로 3회씩 측정하여 평균내어 사용하였으며, 측정된 굴절이상 값으로 제조사에서 제시하는 도수 환산표에 따라 정간거리를 보정하여 토릭렌즈를 처방하였다.

4. 각막수차 측정 및 분석

각막수차는 각막지형도 검사기(Corneal Topographer, Antares, CSO, Italy)를 사용하여 측정하였다. 연구대상안에게 토릭렌즈를 착용시키고 20분의 안정화 시간을 가진

Table 3. Classification of subjects according to their astigmatic degree

Group	Classification	No. of eyes	Total astigmatism (D)
Low	−0.75~−1.25 D	14	-0.95±0.20
Moderate	−1.50~−2.00 D	18	-1.74±0.23
High	-2.25 D and higher	7	-2.60±0.50
Total	Total	39	-1.63±0.68

후 각막수차를 측정하였다. 이 때 전체 연구대상자의 전체수차, 저위수차 및 고위수차는 4 mm 동공에서 각각 0.40± 1.68 μm, 0.37±0.17 μm 및 0.14±0.06 μm이었고, 6 mm 동공에서는 순서대로 각각 0.97±0.39 μm, 0.82±0.40 μm 및 0.46±0.23 μm이었다. 이후 토릭렌즈의 축을 귀 쪽으로 30±5° 가량 인위적으로 회전시키고 눈 깜박임 이후 원래대로 돌아오는 축의 회복 정도를 총 150초 동안 관찰하면서 10초 간격으로 각막수차를 측정하였다. 동일한 과정을 3회 반복하여 평균값을 각막수차 값으로 하였으며, 축 틀어짐 정도와 각막수차와의 상관관계는 축 회복 과정에서대 10초마다 측정된 축의 위치를 1도 단위로 나누어 다음의 식에 따라 각막수차의 상대적인 회복률을 구하였다.

또한 연구대상안의 전체 난시도와 동공크기에 따른 각막수차의 크기도 분석하였다. 이를 위하여 대상안의 전체 난시도에 따라 저도 난시군(-0.75~-1.50 D), 중도 난시군 (-1.50~-2.25 D), 고도 난시군(-2.25 D 이상)으로 나누었고 (Table 3), 명소시 및 암소시 조건과 유사한 동공크기인 4 mm 및 6 mm일 때의 각막의 전체수차, 저위수차 및 고 위수차를 측정 비교하였다.

5. 통계처리

SPSS version 23 for windows(SPSS Inc, Chicago, IL, USA)를 이용하여 모든 결과를 분석하였고, 유의확률이 0.05미만일 경우 통계적으로 유의하다고 판단하였다. 토릭렌즈축 회전 후 회복될 때 난시도 별 속도의 차이는 One-way ANOVA를 사용하여 분석하였고, 토릭렌즈 축 틀어짐 정도에 따른 각막수차량의 유의성은 단순회귀분석을 이용하여 분석하였다. 한편, 대상안의 난시도 별 각막수차는 단순회귀분석으로 그 차이를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 토릭렌즈의 축 회전 후 회복양상

토릭렌즈를 착용하고 축을 30±5° 가량 회전시킨 후 150초

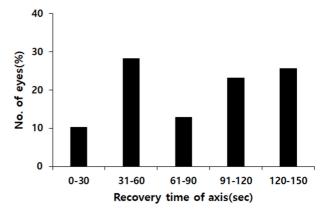


Fig. 1. Range of recovery duration after intentional axis rotation of toric soft contact lens.

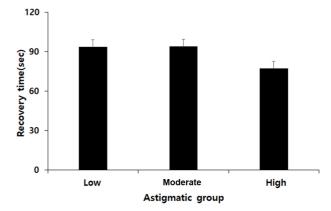


Fig. 2. Recovery time of the axis after intentional rotation of the toric soft contact lens when analyzed according to astigmatic degree.

동안의 토릭렌즈의 축 회복 양상을 분석하였다. 전체 연구 대상안 모두 150초 내에 ±5°이내로 토릭렌즈의 축 안정화가 나타났으며, 축 평균 회복시간은 90.77±40.29초이었다. 그러나 축 회복시간이 가장 빠른 대상안은 30초이었으며, 가장 느린 경우는 최대 150초로 나타나 동일한 정도의축 회전이 있었다 하더라도 눈 깜박임 후 원 위치로 복귀되는 정도는 착용자마다 상이함을 알 수 있었다(Fig. 1).

는 깜박임 후 토릭렌즈의 축 회복시간을 난시도 별로 나누어 분석한 결과, 고도 난시군의 축 회복시간은 77.14±47.86초로 저도(93.57±38.75초) 및 중도(93.89±39.73초) 난시군에 비하여 짧은 경향을 나타내었으나 유의한 차이는 아니었다(Fig. 2).

2. 토릭렌즈의 축 틀어짐 정도에 따른 각막수차 변화

토릭렌즈의 축을 30±5° 회전시킨 후 150초 동안 회복되는 과정에서 축 위치와 각막수차와의 상관관계를 분석하였다.

4 mm 동공크기에서 전체 연구대상안의 각막 전체수차, 저위수차 및 고위수차는 모두 시간이 경과할수록 축 틀어 짐이 작아짐에 따라 감소하는 유의한 양의 상관관계를 나타내었다. 즉, 토릭렌즈의 축을 30±5° 인위적으로 회전시켰을 때의 각막 전체수차는 0.69±0.23 μm이었으나 축이회복됨에 따라 틀어진 정도가 작아질수록 각막의 전체수차가 감소하였는데, 축 틀어짐이 1°씩 감소될 때마다 전체수차는 0.0096 μm(회복률(이하 생략), 3.31%/°)씩 통계적으로 유의하게 감소하였다(p<0.001). 각막의 저위 및 고위수차는 인위적 축 회전 시 각각 0.66±0.22 μm 및 0.17±0.09 μm이었으나, 축 회복으로 틀어짐이 1°씩 감소할 때마다 각각 0.0099 μm(3.41%/°) 및 0.0009 μm(3.00%/°)씩 통계적으로 유의하게 감소하였다(저위, p<0.0001; 고위, p=0.003),(Fig. 3A~C). 따라서 4 mm 동공크기에서 토릭렌즈의 축 회복에 따른 각막수차의 상대적인 회복속도는 저위수차 > 전체수차 > 고위수차의 순임을 알 수 있었다.

6 mm 동공크기에서도 4 mm 동공크기에서와 마찬가지로 토릭렌즈 축의 회복에 따라 틀어짐이 감소함에 따라 각막수차 또한 감소하는 것으로 나타났으나 4 mm 동공에서와는 달리 각막의 고위수차를 제외하고 전체수차 및 저위수차가 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 나타내었다 (Fig. 3D~F). 즉, 토릭렌즈의 축을 인위적으로 회전시켰을때 전체수차는 1.61±0.56 μm이었다가 축 틀어짐이 1°씩 회복됨에 따라 0.0203 μm(3.17%/°)씩 감소하였고(p<0.001), 저위수차는 축 회전 시 1.50±0.57 μm이었다가 축 회복이 1°씩 나타날 때 0.0221 μm(3.25 %/°)씩 감소하였다(p<0.001). 반면 인위적 축 회전 시 고위수차는 0.52±0.23 μm이었다가축 틀어짐이 1°씩 감소함였다(p=0.113). 따라서 6 mm 동공크기에서 토릭렌즈의 축 회복에 따른 각막수차의 상대적인 회복속도는 4 mm

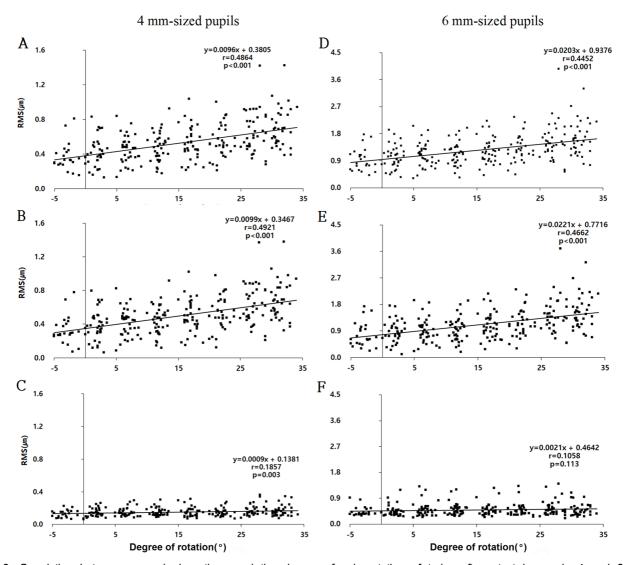


Fig. 3. Correlation between corneal aberrations and the degree of axis rotation of toric soft contact lenses in 4 and 6 mm-sized pupils.

A and D, Total aberration; B and E, Lower-order aberration; C and F, Higher-order aberration

동공크기에서와 동일함을 알 수 있었으나 고위수차를 제외한 각막수차의 회복 정도는 4 mm 동공크기의 경우보다 느려진 경향을 보임을 알 수 있었다.

3. 난시도 별 토릭렌즈 축 틀어짐과 각막수차의 상관관계

전체 연구대상안을 난시량에 따라 저도 난시군(-0.75~-1.25 D), 중도 난시군(-1.50~-2.00 D), 고도 난시군(-2.25 D 이상)으로 나누고 토릭렌즈 축 회전 후 회복되는 과정에서 축 위치와 각막수차와의 상관관계를 분석하였다(Fig. 4~6). 4 mm 동공크기에서 각막수차와 토릭렌즈 축 틀어짐과의 상관관계를 분석해 본 결과, 중도 난시군의 각막 고위수차를 제외한 모든 각막수차에서 축 틀어짐과 유의한 양의 상관관계를 가짐을 알 수 있었다. 즉, 저도, 중도 및 고도 난시군에서 인위적인 축 회전 후 각막 전체수차는 순서대로 각각 0.53±0.12 µm, 0.69±0.17 µm 및 1.02±0.22 µm이었으나 토릭렌즈의 축이 1°씩 회복될 때마다 순서대로 각

각 0.0069 µm(3.28%/°), 0.0089 µm(3.56%/°) 및 0.0159 µm (3.00%/°)씩 통계적으로 유의하게 감소하였다. 한편 각막 저위수차는 토릭렌즈의 축 회전 후 난시도 군의 순서대로 0.51±0.13 μm, 0.67±0.17 μm 및 0.98±0.19 μm이었으나 축 이 1° 회복될 때마다 각각 0.0072 µm(3.27%/°), 0.0093 µm (3.57%/°), 0.0161 μm(3.03%/°) 씩 통계적으로 유의하게 감 소하였다. 이처럼 대상안의 난시도를 고려하였을 때에는 중도, 저도 및 고도 난시군 순으로 회복속도가 느려짐을 확인할 수 있었다. 한편 각막 고위수차의 경우 회복속도가 전체수차 및 저위수차와 다른 경향을 보였는데, 저도, 중도 및 고도 난시도 군의 순서대로 각각 0.14±0.04 µm, 0.15 ±0.04 μm 및 0.27±0.16 μm이었으나 축이 1° 회복될 때마다 각각 0.0008 µm(4.00%), 0.0006 µm(12.0%), 및 0.0021 µm (2.63%/°)의 회복을 나타내었다. 중도 난시군(p=0.134)을 제외한 저도 및 고도 난시도군에서의 축과 고위수차는 통 계적으로 유의한 양의 상관관계이었다(Fig. 4-6).

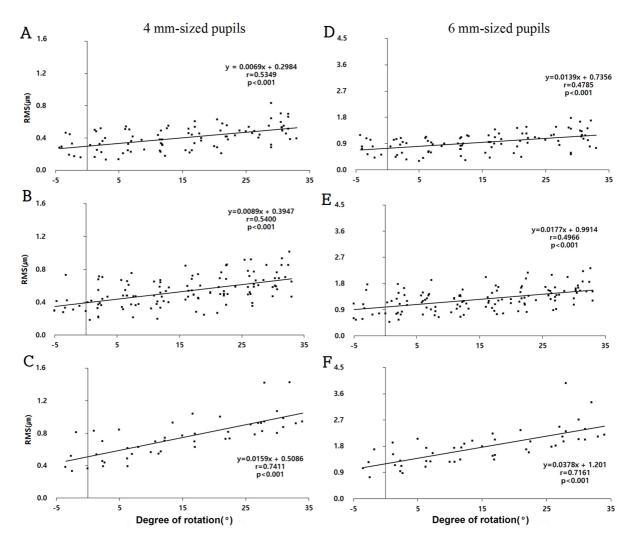


Fig. 4. Correlation between total corneal aberration and the degree of axis rotation of toric soft contact lenses in 4 and 6 mm-sized pupil when analyzed among those in the astigmatic group.

A and D, Low astigmatic group; B and E, Moderate astigmatic group; C and F, High astigmatic group

6 mm 동공크기에서는 모든 난시도군의 각막 고위수차를 제외하고 각막수차가 축 틀어짐과 유의한 양의 상관관계를 가짐을 알 수 있었다. 저도, 중도 및 고도 난시도군에서 토릭렌즈의 축 회전 후 각막 전체수차는 순서대로 각각 1.23±0.32 μm, 1.58±0.34 μm 및 2.43±0.54 μm이었으나, 토릭렌즈의 축이 1° 회복될 때마다 순서대로 0.0139 μm (3.16%°), 0.0177 μm(3.05%°) 및 0.0378 μm(3.31%°)씩 통계적으로 유의하게 감소하였다. 저도, 중도 및 고도 난시군의 각막 저위수차의 경우에는 인위적인 축 회전 시 난시도군의 순서대로 1.12±0.33 μm, 1.47±0.37 μm 및 2.33±0.54 μm 이었으나, 축이 1° 회복될 때마다 각각 0.0151 μm(3.36%°), 0.0201 μm(3.14%°) 및 0.0396 μm(3.11%°)로 통계적으로 유의한 감소를 보였다. 한편, 저도, 중도 및 고도 난시군의 각막 고위수차는 토릭렌즈의 축 회전 시에 각각 0.44±0.21 μm, 0.54±0.22 μm 및 0.64±0.29 μm이었으며, 축이 1° 회복될 때

마다 0.0015 μm(2.14%°), 0.0017 μm(1.88%°) 및 0.004 μm (-20.0%°) 씩 감소하였지만 통계적으로 유의한 값은 아니었다. 6 mm 동공에서 각막 전체수차의 상대적인 회복속도는 고도 난시군에서 가장 빨랐고, 저위수차의 경우에는 저도 난시군에서 가장 빠름을 확인하였다. 한편 각막 고위수차의 상대적 회복속도는 저도 난시군에서 가장 빨랐다. 전체적인 경향은 토릭렌즈 축 회복과 함께 각막수차가 감소하였지만, 고위수차의 경우에는 렌즈 착용과 함께 증가하였을 뿐만 아니라 개인 별 차이가 크고 작고 예민한 값이었기 때문에 토릭렌즈 착용과 함께 가장 큰 증가를 보였던 고도 난시군에서 평균 회복속도가 음의 값을 보였다 (Fig. 4~6). 각막 전체수차의 상대적인 회복속도는 저도 및중도 난시군의 경우 4 mm 동공에서 빨랐고, 고도 난시군의 경우 6 mm 동공에서 더욱 빠름을 확인하였다. 각막 저위수차의 회복속도의 경우 중도 난시군의 경우 4 mm 동공

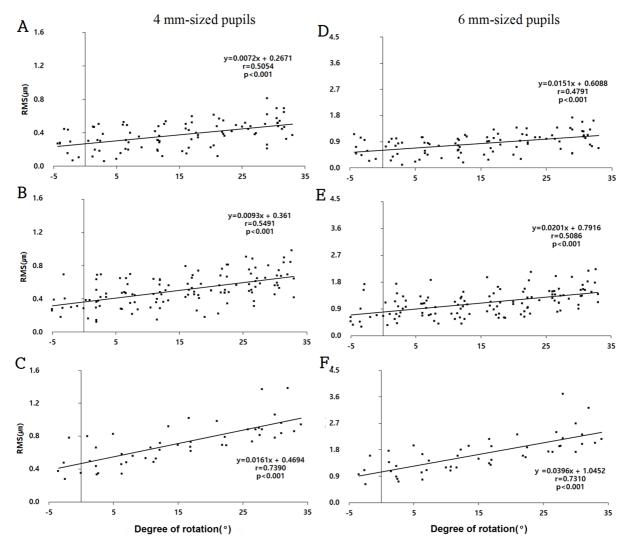


Fig. 5. Correlation between corneal lower-order aberration and the degree of axis rotation of toric soft contact lenses in 4 and 6 mm-sized pupils when analyzed among those in the astigmatic group.

A and D, Low astigmatic group; B and E, Moderate astigmatic group; C and I, High astigmatic group

에서 빨랐고, 저도 및 고도 난시군에서는 6 mm 동공에서 빠른 것으로 나타났다. 한편 각막 고위수차의 경우 난시도 에 상관없이 4 mm 동공에서 조금 더 빠른 회복속도를 보임을 확인하였다.

본 연구에서 연구대상안들의 각막 전체수차, 저위수차 및 고위수차는 눈 깜박임에 의해 토릭렌즈의 축 틀어짐이 회복됨에 따라 모두 감소함을 보였다. 특히 고도 난시군의 경우, 토릭렌즈의 축 틀어짐에 따라 가장 큰 각막수차를 보였음에도 불구하고, 가장 빠른 각막수차의 회복속도를 보여 축 회전에 가장 큰 영향을 받음을 알 수 있었다. 따라서 토릭렌즈 축 회전을 최소화시키는 축 안정화 기술도 중요하나 축 회전이 발생하였을 경우 빠르게 회복되도록하는 요인들에 대한 연구가 추가된다면 고도 난시군의 토릭렌즈 착용에 대한 광학적인 만족도가 크게 향상될 것으로 생각된다.

본 연구는 각막수차와 토릭렌즈의 상관관계를 축 회전 후 회복 정도에 따라 각막수차의 회복속도가 동공크기에 따라 어떻게 달라지는가를 밝혔다. 즉, 동공크기가 증가함에 따라 각막수차의 양적인 변화가 커졌고, 축 회복에 따른 각막 전체수차, 저위수차 및 고위수차의 상대적인 회복속도는 동공크기에 상관없이 동일하였으나, 회복 정도는 4 mm 동공에 비해 6 mm 동공에서 느려짐을 확인하였다. 4 mm 동공에서보다 6 mm 동공에서 수차가 증가하여 광학적인 질이 더욱 저하된다는 것은 이미 알려진 사실이다.하지만 본 연구에서는 토릭렌즈의 축 회전 후 축이 회복될 때의 회복 정도 또한 6 mm 동공에서 더디다는 것을 확인하였다. 즉, 6 mm 동공에서 올바른 피팅 상태의 구면 및 토릭렌즈를 착용했을 때뿐만 아니라 토릭렌즈의 축 회전 시에도 동공의 크기가 증가할수록 수차의 영향 또한증가함을 확인할 수 있었으며, 특히 축 회전 시에는 축 회

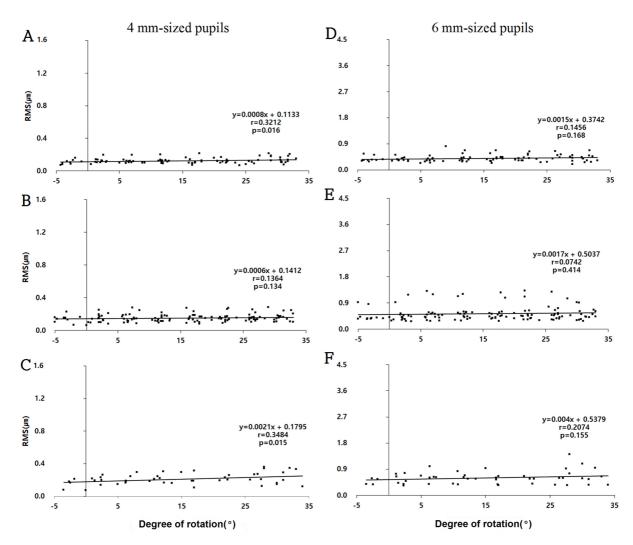


Fig. 6. Correlation between corneal higher-order aberration and the degree of axis rotation of toric soft contact lenses in 4 and 6 mm-sized pupils when analyzed among those in the astigmatic group.

A and D, Low astigmatism group; B and E, Moderate astigmatism group; C and F, High astigmatism group

복과 함께 회복되는 각막수차의 양도 감소하여 동공 크기가 증가함에 따라 광학적인 질의 회복도 영향을 받을 수 있음을 밝힌데 의의가 있다.

그러나 본 연구의 한계점 중 하나는 본 연구의 목적이 토릭렌즈의 축 회전이 눈 깜박임 후 원래대로 돌아오는 과정 중에 수차의 변화와 어떠한 관계를 가지는가를 밝히 고자 함이었기 때문에 축 회전양을 모두 동일하게 인위적 으로 30±5°로 제한하였다는 것이다. 조 등[17]은 선행연구 에서 정면 주시 시 토릭렌즈의 축이 5°이상 회전하는 군 은 착용시간이 경과함에 따라 축 변화가 100°까지 발생할 수 있다고 하였다. 여러 요인들로 인하여 토릭렌즈의 축 회전이 쉽게 발생하는 사람의 경우에는 더 넓은 범위의 축 회전이 발생할 수 있으므로 축의 회전 범위를 더욱 다 양하게 한 추가연구의 필요성을 제안할 수 있겠다. 또 다 른 한계점으로는 단일 축 안정화 디자인의 토릭렌즈 만을 대상으로 하였다는 것이다. Berntsen 등[19]의 연구에서는 이중쐐기형 디자인에 비해 프리즘 밸러스트 디자인을 가 진 렌즈들에서만 더 큰 수직 코마수차가 나타났다는 결과 를 도출해낸 바 있다. 즉, 각막수차의 회복속도 차이는 난 시도에 따른 차이일수도 있으나 각막과 토릭렌즈의 축 안 정화 디자인의 영향을 받아 나타난 결과일 가능성을 배제 할 수 없으므로 다양한 축 안정화 디자인을 가진 토릭렌 즈를 사용한 추가 연구 또한 필요할 것으로 보인다.

결 론

본 연구에서는 토릭렌즈의 30±5°의 축 회전 후 150초 동안 회복되는 과정에서 축 위치와 각막수차와의 상관관 계를 분석하였다. 토릭렌즈의 축 회복속도는 모두 상이하 였으나 축 회복에 따라 각막의 전체수차, 저위수차 및 고 위수차가 모두 감소됨을 확인하였다. 이를 난시도 별로 분 석하였을 때에도 토릭렌즈 축 회복에 따른 전체적인 각막 수차의 변화 양상은 비슷하였지만 1° 단위의 토릭렌즈 축 회복에 대해 고도 난시군에서의 각막수차 회복이 가장 빠 르게 나타났다. 동공크기의 경우, 4 mm에서 6 mm으로 증 가할 때 토릭렌즈 축 회전에 따른 각막수차의 크기는 증 가하였고, 축 회복에 따른 회복속도는 감소함을 밝혔다. 동공의 크기가 커지는 암소시의 환경에서 눈은 수차의 영 향을 더 크게 받게 될 뿐만 아니라 토릭렌즈 축 회전 후 회복속도 또한 감소하여 암소시에서의 시각적 만족도를 저하시키는 원인 중 하나가 될 것으로 생각할 수 있었다. 한편 토릭렌즈 축 회전에 따른 각막수차량을 난시도 별로 분석하였을 때, 고도 난시도군에서 축 회전에 따른 각막수 차의 크기는 커지고 축 회복에 따른 각막수차의 회복속도 는 빨라짐을 확인할 수 있었다. 즉, 고도 난시군일수록 토 릭렌즈의 축 회전에 따라 큰 영향을 받기 때문에 토릭렌 즈의 착용과 처방에 있어서 더욱 주의를 기울여야 함을 수차의 변화로 입증할 수 있었다.

본 연구 결과, 동일한 정도의 토릭렌즈 축 회전이 발생했더라도 착용자에 따라 축 회복은 상이하며, 축이 1° 회복될 때 감소되는 각막수차의 정도를 수치로 제시하여 상관관계를 알 수 있었으며, 고도 난시군에서 각막수차 변화정도가 컸으므로 광학적인 질 저하를 최소화하기 위하여는 깜박임 후 빠른 토릭렌즈 축 회복이 필요하다고 판단되었다.

REFERENCES

- [1] Leo SW, Young TL. An evidence-based updated on myopia and interventions to retard its progression. J AAPOS. 2011;15(2):181-189. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jaa-pos.2010.09.020
- [2] Young G, Sulley A, Hunt C. Prevalence of astigmatism in relation to soft contact lens fitting. Eye Contact Lens. 2011;37(1): 20-25. DOI: https://doi.org/10.1097/icl.0b013e3182048fb9
- [3] Cho P, Cheung SW, Charm J. Visual outcome of soflens daily disposable and soflens daily disposable for astigmatism in subjects with low astigmatism. Clin Exp Optom. 2012; 95(1):43-47. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2011. 00649.x
- [4] Edrington TB. A literature review: the impact of rotational stabilization methods on toric soft contact lens performance. Cont Lens Anterior Eye. 2011;34(3):104-110. DOI: https://doi.org/10.1016/j.clae.2011.02.001
- [5] Seo WH, Kim SR, Park M. Correlations between axial rotation of toric soft contact lenses and corneal eccentricity according to the wearing time and gaze directions. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2016;21(1):35-45. DOI: https://doi.org/10.14479/jkoos.2016.21.1.35
- [6] Kim SR, Hahn SW, Song JS, et al. The effects of corneal eccentricity and shape on toric soft lens rotation by change of postures. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2013;18(4):449-456. DOI: https://doi.org/10.14479/jkoos.2013.18.4.449
- [7] Mcllraith 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:https://doi.org/10.1016/ j.clae.2009.08.003
- [8] Chamberlain P, Morgan PB, Moody KJ, et al. Fluctuation in visual acuity during soft toric contact lens wear. Optom Vis Sci. 2011;88(4):E534-E538. DOI: https://doi.org/10.1097/ opx.0b013e31820ea1ea
- [9] Tan J, Papas E, Carnt N, et al. Performance standards for toric soft contact lenses. Optom Vis Sci. 2007;84(5):422-428. DOI: https://doi.org/10.1097/opx.0b013e318059063b
- [10] Lee SW, Choi TH, Lee HB. Comparison of wavefront guided customized ablation vs conventional ablation. J Korean

- Ophthalmol Soc. 2003;44(11):2607-2614.
- [11] Liang J, Williams DR. Aberrations and retinal image quality of the normal human eye. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis. 1997;14(11):2873-2883. DOI: https://doi.org/10.1364/ JOSAA.14.002873
- [12] 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
- [13] Sawides L, de Gracia P, Dorronsoro C, et al. Adapting to blur produced by ocular high-order aberrations. J Vis. 2011; 11(7):21. DOI: https://doi.org/10.1167/11.7.21
- [14] Williams D, Yoon GY, Porter J, et al. Visual benefit of correcting higher order aberrations of the eye. J Refract Surg. 2000;16(5):S554-S559.
- [15] Thibos LN. Retinal image quality for virtual eyes generated by a statistical model of ocular wavefront aberra-

- tions. Ophthalmic Physiol Opt. 2009;29(3):288-291. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2009.00662.x
- [16] Jiang H, Wang D, Yang L, et al. A comparison of wave-front 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
- [17] Rae SM, Price HC. The effect of soft contact lens wear and time from blink on wavefront aberration measurement variation. Clin Exp Optom. 2009;92(3):274-282. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2009.00377.x
- [18] 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
- [19] 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 회전 후 회복과 각막수차의 상관관계

황민준¹, 김도균¹, 박미정², 김소라^{2,*}

¹서울과학기술대학교 안경광학과, 학생, 서울 01811 ²서울과학기술대학교 안경광학과, 교수, 서울 01811 투고일(2021년 8월 6일), 수정일(2021년 8월 30일), 게재확정일(2021년 8월 31일)

목적: 본 연구에서는 토릭 소프트콘택트렌즈(이하 토릭렌즈)의 축 회전 후 회복 시의 축 틀어짐 정도에 따른 각막수차의 변화를 알아보고자 하였다. 방법: 전체난시 -0.75 D 이상의 근시성 직난시 39안을 대상으로 하여 이중쐐기형 축 안정화 디자인의 후면 토릭렌즈를 착용시킨 후 렌즈를 귀 쪽으로 30±5° 회전시키고 눈 깜박임 후 돌아오는 양상을 150초 동안 매 10초 간격으로 관찰하고, 각막의 전체, 저위 및 고위수차를 측정하고 이를 동공크기 및 난시도에 따라 분석하였다. 결과: 토릭렌즈의 평균 축 회복시간은 90.77±40.29초이었다(최소 30초~최대 150초). 토릭렌즈의 축 회전과 함께 증가하였던 각막수차는 축이 회복됨과 함께 감소하여, 4 mm 동공에서는 토릭렌즈 축 회복 시각막의 전체수차는 3.31%/°, 저위수차는 3.41%/°, 고위수차는 3.00%/°씩 감소하였고, 6 mm 동공에서는 순서대로 3.17%/°, 3.25%/° 및 3.50%/°씩 감소하였다. 이를 난시도 별로 비교분석한 결과, 토릭렌즈 축이 1° 회복될 때 각막수차의 회복속도는 중도 난시도 군이 가장 빠른 것으로 나타났다. 결론: 본 연구에서는 토릭렌즈의 회전 후 축의 회복과 각막수차의 감소와의 상관관계를 밝혔으며, 착용자의 난시도가 높을수록 축 회전 및 회복에 의해 각막수차가크게 영향을 받음을 밝혔다. 따라서 토릭렌즈 착용 시 시력교정 및 시각적 만족도를 높이기 위하여 축 회전의 최소화 외에 빠른 축 회복 또한 고려되어야 함을 제안할 수 있다.

주제어: 토릭 소프트콘택트렌즈, 각막수차, 축 틀어짐, 회복속도, 난시도