

토릭소프트렌즈 피팅 시 축 회전과 각막난시와의 상관관계

박형민, 김소라, 박미정*

서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 139-743

투고일(2014년 05월 11일), 수정일(2014년 06월 4일), 게재확정일(2014년 6월 18일)

목적: 본 연구에서는 토릭소프트렌즈 피팅 시 회전방향 및 회전량과 각막난시도의 상관관계를 분석하였다. **방법:** 20~30대, 전체난시 -0.75 D 이상의 직난시 114안을 대상으로 토릭소프트렌즈를 제조사의 가이드라인에 따라 피팅하고 정면주시 시와 응시방향을 달리하였을 때의 난시도와 회전방향 및 회전량과의 상관관계를 분석하였다. 또한 귀쪽과 코쪽으로 각각 45° 회전 시킨 후 회전복귀속도와 총 회전량을 각막난시도에 따라 비교 분석하였다. **결과:** 각막난시도와 회전방향은 양의 상관관계를 나타내었으며, 각막난시도와 회전량 또한 양의 상관관계를 나타내었다. 한편, 응시방향에 따라 렌즈의 회전량이 상이하였으며 각막난시도와는 상관관계가 없었다. 각막난시도가 가장 높은 군에서 귀쪽과 코쪽으로 회전시킨 모든 경우에서 렌즈의 회전복귀속도가 가장 빨랐다. **결론:** 토릭소프트렌즈의 최적의 축 안정화를 위하여 현재 전체난시만을 기준으로 처방되고 있는 피팅 가이드라인이 각막난시도를 고려하여 조정되어야 할 필요성이 있음을 제안한다.

주제어: 토릭소프트렌즈, 전체난시, 각막난시, 축회전량, 복귀회전속도

서 론

토릭소프트렌즈의 경우는 일반적인 근시나 원시안이 아닌 난시안의 교정 수단이다. 난시(astigmatism)는 각막을 통해 눈으로 입사된 빛이 각막이나 수정체의 곡률이 고르지 않아 안구의 양주경선 굴절력 차이로 빛이 한 점에서 초점을 맺지 못하고 두 점에서 맺히게 되어 초점이 맞지 않아 흐리게 보이는 것을 말한다.^[1] 즉, 각막 중심에 수평선을 긋고 0도라고 생각했을 때 0도 방향으로 들어간 빛과 90도 방향으로 들어간 빛이 각막이나 수정체의 굴절력 차이로 한 점에서 만나지 못해 초점이 흐려지는 상태이다. 이런 난시안의 시력교정 수단인 토릭소프트렌즈의 경우 일반적인 구면소프트렌즈와는 달리 방향성을 지니고 있기 때문에 렌즈의 회전이 발생할 경우 새로운 굴절이상 생겨 흐림(blur)현상이 발생하여 시력의 질을 저하 시키게 되고 이로 인해 안정피로를 야기 시킨다.

콘택트렌즈의 경우 안경과는 달리 각막과 직접적으로 닿은 상태에서 시력교정을 하게 된다. 토릭소프트렌즈가 양호한 피팅상태가 되려면 렌즈 후면부의 형태와 각막 전면부의 형태가 일치되어야 하는데 이를 위해서는 안검의 해부학적 요인, 렌즈 디자인, 피팅상태 등과 같이 지금까지

지 밝혀진 토릭소프트렌즈 피팅에 영향을 미치는 여러 가지 요인 이외에 각막의 실제 형태와 관련이 있는 각막난시까지도 고려한 피팅이 이루어져 한다고 생각된다.^[2] 하지만 현재 처방되고 있는 토릭소프트렌즈들의 경우 제조사에 따라 각각의 기준으로 제조되고 있으며 전체 난시와 각막곡률만을 고려하여 피팅이 이루어지고 있는 실정이다. 이는 도수 교정부분에서는 문제가 없으나 피팅적인 측면에서는 충분치 않을 가능성이 크다.

따라서 본 논문에서는 각막난시도가 토릭소프트렌즈의 회전방향과 회전량, 응시방향에 따른 회전량, 회전 복귀속도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 이를 통하여 토릭소프트렌즈 회전 움직임을 가장 양호한 상태로 유지하기 위하여 고려되어야 할 각막요인들 중 각막난시도의 영향을 연구하여 현재 전체 난시와 각막곡률로 처방되고 피팅 평가가 이루어지는 토릭소프트렌즈의 피팅 가이드라인에 대한 개선의 필요성을 제시하고자 한다.

대상 및 방법

1. 실험대상

본 연구의 목적을 이해하고 취지에 동의한 안질환이 없

*Corresponding author: Mijung Park, TEL: +82-2-970-622, E-mail: mjpark@seoultech.ac.kr

※본 논문의 일부내용은 2013년도 한국안광 동계학술대회에서 구연으로 발표되었음.

고 안질환 및 안과적 수술경험이 없고 전체난시량이 -0.75 D 이상의 직난시를 가진 20~30대(평균 23.21 ± 2.48 세) 총 61명(남자39명, 여자22명) 109안을 회전방향, 회전량, 응시방향에 따른 회전량의 실험대상안으로 선정하였다. 실험대상안 모두 각막난시가 직난시였다. 직난시안만을 대상으로 한 것은 난시축에 따라 회전 안정성에 차이가 나기 때문에 난시도에 따른 정확한 회전 안정성을 평가하기 위해서였다. 본 연구에서 사용한 토릭소프트렌즈는 단일 베이스커브가 제공되고 있어 본 연구에서는 토릭소프트렌즈 착용시의 각막뒹음 정도와 순목시 렌즈의 움직임, 푸쉬업 테스트를 통한 렌즈의 피팅상태를 평가하여 렌즈의 이상 움직임이 없는 경우만을 실험대상으로 하였고 정면주시 때 회전축이 5° 범위를 넘어가는 인원은 대상에서 제외하였다.

회전 복귀속도 측정의 대상안은 회전량 측정 시 제조사의 가이드라인에서 제시한 회전범위 5° 를 벗어난 20안과 각각의 방향에서 불안정한 순목과 안검장력의 영향을 받는 대상안(귀쪽 3안, 코쪽 1안)을 제외한 나머지 귀쪽 91안, 코쪽 93안을 각막난시도에 따라 분석하였다.

전체난시도를 기준으로 분류하였을 때 $-0.75 \leq D < -1.50$ 군이 68안(59.6%), $-1.50 \leq D < -2.25$ 군이 27안(23.7%), $-2.25 \leq D < -3.25$ 군이 14안(12.3%), $-3.25 \leq D$ 군이 5안(4.4%)이었다. 각막난시도를 기준으로 분류하였을 때 $-0.75 \leq D < -1.50$ 군이 35안(30.7%), $-1.50 \leq D < -2.25$ 군이 47안(41.2%), $-2.25 \leq D < -3.00$ 군이 18안(15.8%), $-3.00 \leq D$ 군의 대상안은 14안(12.3%)이었다. 처방된 콘택트렌즈의 원주굴절력 도수에 따라 네 군으로 분류하였을 때 -0.75 D로 교정된 대상안은 56안(49.1%), -1.25 D는 32안(28.1%), -1.75 D군과 -2.25 D군은 동일하게 13안(11.4%)이었다. 회전 복귀속도 분석을 위해 각막난시에 따라 세군으로 분류하였을 때의 귀쪽으로 회전시킨 총 91안 중 $-0.75 \leq D < -1.50$ 군이 34안(37.4%), $-1.50 \leq D < -2.25$ 군이 38안(41.7%), $-2.25 \leq D$ 군이 19안(20.9%)이었다. 코쪽으로 회전시킨 총 93안 중 34안(36.6%), $-1.50 \leq D < -2.25$ 군이 40안(44.0%), $-2.25 \leq D$ 군이 19안(20.4%)이었다.

2. 콘택트렌즈

본 연구에 사용된 토릭소프트렌즈는 아큐브 원데이 모

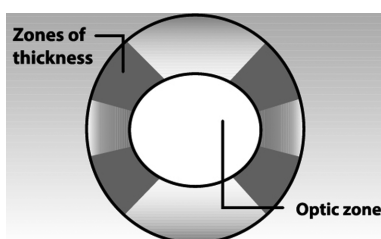


Fig. 1. Accelerated stabilization design.

Table 1. Lens specifications

Information on Acuvue® daily disposable toric for astigmatism	
Material	etafilcon A
Water content (%)	59
Oxygen transmissibility (Dk/t)	31
Diameter (mm)	14.5
Base curve (mm)	8.5
Spherical powers (D)	0.00 to -6.00 (0.25 step) -6.50 to -9.00 (0.50 step)
Cylindrical powers (D)	-0.75 , -1.25 , -1.75 , -2.25
Cylindrical axis (o)	180
Central thickness at -3.00 D (mm)	0.090

이스트 난시용 렌즈로 ASD™(Accelerated Stabilization Design)기술로 렌즈의 위와 아래의 얇은 디자인과 4개의 활성존을 통해 렌즈의 축을 교정하는 디자인이며, 후면도릭렌즈이었다(Fig. 1), (Table 1).

3. 회전 움직임 측정

토릭소프트렌즈의 처방을 위한 전체난시 및 각막난시 측정은 자동굴절력계(Autorefractometer, GRK-1, Shin-Nippon Commerce, Japan)를 사용하여 3회 반복 측정된 후 평균값을 취하였다. 측정된 전체난시값을 바탕으로 제조사에 제시한 피팅 가이드라인에 따라 렌즈를 처방하였다. 토릭소프트렌즈 착용 후 15분간의 안정화 시간을 거친 뒤 회전움직임 측정은 비디오키메라(VPC-SH1, SANYO, Japan)로 기록하였다. 기록된 영상을 사진으로 추출한 후 Photoshop software(Adobe photoshop 7.0.1, Adobe Systems Incorporated, United States)을 이용하여 토릭소프트렌즈에 표시되어 있는 6시 방향에 각인된 마크를 기준으로 하여 회전 방향과 회전량을 측정하였다. 응시방향에 따른 회전량은 응시방향의 변화를 주기 전 렌즈를 착용하고 정면주시시 발생한 회전량을 기준으로 측정하였다. 회전 복귀속도는 귀쪽과 코쪽 방향으로 렌즈를 임의로 45° 회전시킨 후 정축으로 돌아오는 복귀 움직임을 1분간 촬영하여 분석하였다.

4. 통계처리

각막난시도와 회전량 사이의 상관관계의 통계적 유의성은 SPSS 12.0KO for Windows를 이용하여 상관분석을 실시하여 알아보았으며 Pearson 상관계수를 이용하여 상관성의 정도를 분석하고 유의확률이 0.05미만일 경우를 통계적으로 유의한 상관관계로 판단하였다. 각막난시도별 회전 복귀속도 분석과 회전 움직임 후 최종 안정화 위치

는 일원배치 분산분석을 이용하여 분석하였고 유의확률 0.05미만을 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 보고 Tukey HSD의 방법으로 사후검정을 실시하였다.^[3-5]

결 과

1. 정면주시시 회전방향

실험대상 114안 중 코쪽으로 회전한 경우가 35안(30.7%), 귀쪽으로 회전한 경우는 79안(69.3%)으로 코쪽보다는 귀쪽으로 렌즈 회전이 일어난 경우가 더 많았다(Fig. 2).

각막난시도에 따라 세분화하여 분석한 결과 $-0.75 \leq D < -1.50$ 군에서는 35안 중 코쪽으로 13안(37.1%), 귀쪽으로 22안(62.9%)이 회전하였고 $-1.50 \leq D < -2.25$ 군에서는 47안 중 코쪽으로 11안(23.4%), 귀쪽으로 36안(76.6%)이 회전하였으며 $-2.25 \leq D < -3.00$ 군에서는 18안 중 코쪽으로 8안(44.4%), 귀쪽으로 10안(55.6%)이 회전하였다. 각막난시도가 가장 높은 군인 $-3.00 \leq D$ 군에서는 14안 중 코쪽으로 3안(21.4%), 귀쪽으로 11안(78.6%)이 회전하여 렌즈의 회전방향은 각막난시도의 정도와 관계없이 모든 난시도군에서 코쪽보다는 귀쪽으로 회전하는 경우가 더 많았다(Fig. 3).

2. 회전량

토릭소프트렌즈 렌즈 착용 후, 정면 주시시 회전한 경우

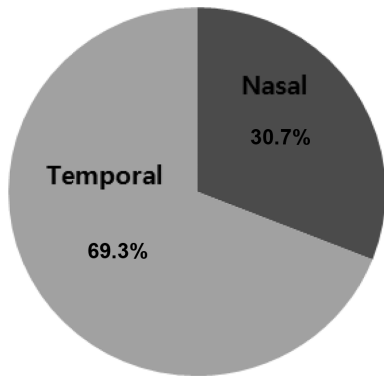


Fig. 2. The rotational direction of toric soft contact lens.

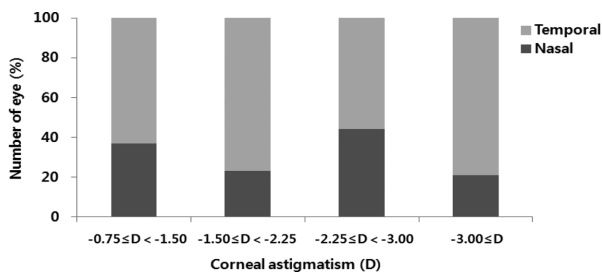


Fig. 3. The direction of lens rotation according to corneal astigmatism.

회전량을 코쪽, 귀쪽 회전방향에 관계없이 순수 회전량만으로 각막난시도와의 상관성을 분석한 결과 Pearson 상관계수가 0.542, 유의확률 0.000으로 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 나타내어 각막난시도가 증가할수록 회전량도 증가하는 것을 알 수 있었다(Fig. 4).

렌즈 회전량을 회전된 각각의 방향인 코쪽과 귀쪽으로 나누어 분석한 결과 코쪽으로 회전된 35안은 Pearson 상관계수가 0.215, 유의확률 0.214로 각막난시도가 증가할수록 회전량도 증가하는 경향을 보였지만 통계적으로 유의

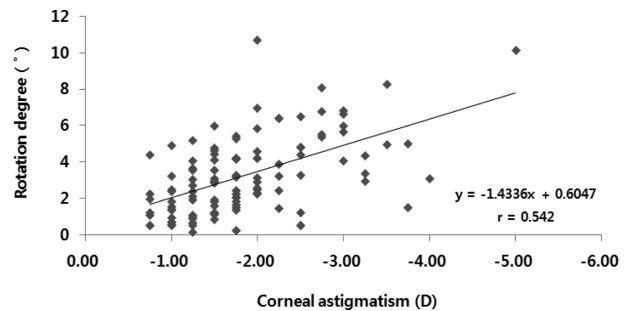


Fig. 4. The degree of lens rotation according to corneal astigmatism.

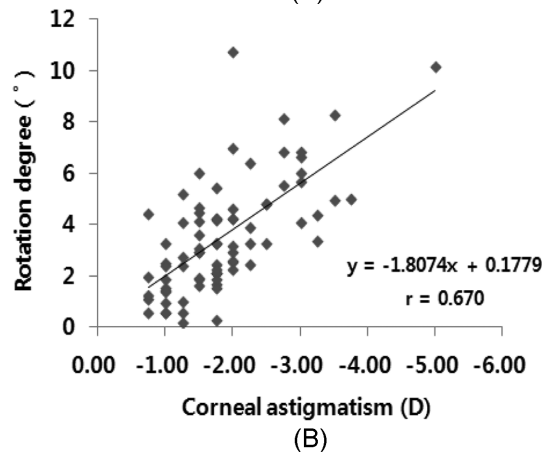
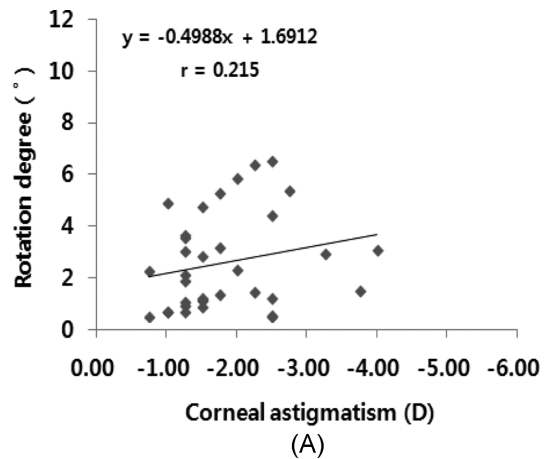


Fig. 5. The degree of lens rotation according to rotational direction by corneal astigmatism. (A) nasal rotation, (B) temporal rotation.

한 차이는 아니었다. 귀쪽으로 회전된 79안의 경우는 Pearson 상관계수가 0.670, 유의확률이 0.000으로 각막난시도가 증가할수록 회전량도 통계적으로 증가하는 유의한 양의 상관관계를 나타내었다(Fig. 5).

각막난시도에 따라 토릭소프트렌즈의 회전량을 분석한 결과 $-0.75 \leq D < -1.50$ 군에서는 $1.96 \pm 1.36^\circ$, $-1.50 \leq D < -2.25$ 군은 $3.26 \pm 1.87^\circ$, $-2.25 \leq D < -3.00$ 군은 $4.23 \pm 2.29^\circ$, $-3.00 \leq D$ 군은 $5.23 \pm 2.29^\circ$ 로 각막난시도가 높은 군일수록 렌즈 회전량도 증가하는 경향을 보였으며 유의확률 0.000으로 통계적으로도 유의한 차이가 있어 각막난시도와 렌즈의 회전량 사이에 양의 상관관계가 있음을 확인할 수 있었다(Fig. 6A). 전체난시도에 따른 분석은 제조사에서 전체난시 기준 도수범위가 난시 -2.25 D이며, 전체난시 -3.00 D 까지 처방하도록 권장하고 있기 때문에 전체난시 -3.00 D 이하 대상만만 비교하였다. 전체난시도에 따라 토릭소프트렌즈의 회전량을 분석한 결과 $-0.75 \leq D < -1.50$ 군에서는 $2.48 \pm 1.51^\circ$, $-1.50 \leq D < -2.25$ 군은 $4.20 \pm 2.42^\circ$, $-2.25 \leq D < -3.00$ 군은 $5.05 \pm 1.85^\circ$ 로 전체난시도가 증가함에 따라 회전량도 증가하였으며 Pearson 상관계수가 0.507, 유의확률 0.000으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Fig. 6B).

처방된 콘택트렌즈의 원주굴절력 도수에 따른 회전량을 분석한 결과 -0.75 D 처방군의 토릭소프트렌즈의 회전량은 $2.26 \pm 1.37^\circ$, -1.25 D 처방군이 $3.80 \pm 2.34^\circ$, -1.75 D

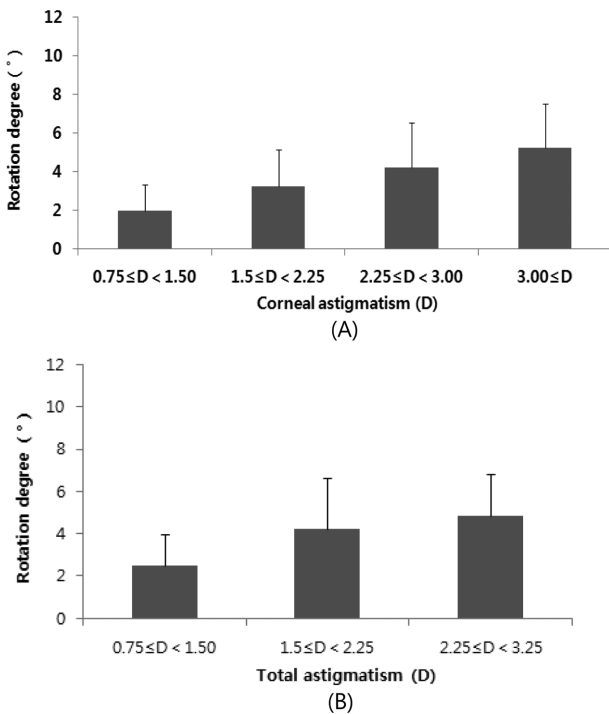


Fig. 6. The means of rotational degree analyzed by astigmatic type. (A) by corneal astigmatism, (B) by total astigmatism

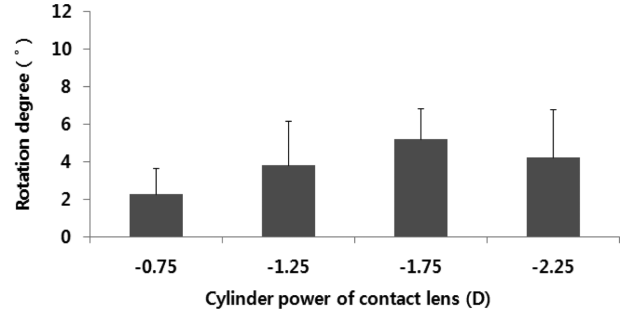


Fig. 7. The means of rotational degree analyzed by cylinder power of contact lens.

처방군이 $4.69 \pm 2.86^\circ$, -2.25 D 처방군은 $4.23 \pm 2.56^\circ$ 로 미세한 차이지만 -1.75 D로 처방된 군까지는 회전량이 증가하다가 -2.25 D로 처방된 군에서는 더 이상 증가하지 않았으며 유의확률 0.000으로 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Fig. 7).

3. 응시방향에 따른 회전량

응시하고 있는 방향에 따라 토릭소프트렌즈의 회전량이 달라지는 지를 알아보았다.^[5] 정면주시에서 위쪽 응시로 바뀌었을 때 코쪽으로 회전한 경우는 81안(71.1%), 귀쪽으로는 33안(28.9%)이었고 정면주시에서 아래쪽으로 응시 방향이 변화되었을 때 코쪽으로 회전한 경우는 74안(64.9%), 귀쪽으로는 40안(35.1%)로 정면에서 수직방향으로 응시방향이 바뀔 경우 귀쪽보다는 코쪽으로 회전이 많이 이루어지는 경향을 보였다. 정면주시에서 귀쪽으로 응시방향이 이루어질 경우 코쪽으로 회전한 경우는 107안(93.9%), 귀쪽으로는 7안(6.1%)이었고 코쪽으로 응시방향이 바뀔 경우 코쪽으로 회전하는 경우는 10안(8.8%), 귀쪽으로는 104안(91.2%)으로 수평방향에서의 응시방향이 바뀔 경우는 각각 이동되는 응시방향의 반대방향으로 대부분 회전되는 경향을 보였다. 정면주시에서 대각선 45° 방향으로 응시방향이 변화되었을 4가지 경우에서도 역시 정도의 차이는 있었지만 귀쪽과 코쪽을 기준으로 각각 응시방향의 반대방향으로 렌즈의 회전이 이루어졌다. 즉, 귀위쪽으로 응시방향이 변화된 경우 모든 대상안에서 코쪽으로 회전이 이루어졌고 귀아래로 응시방향이 변화된 경우 코쪽으로 108안(94.7%), 귀쪽으로 6안(5.3%)이 회전되어 대부분 코쪽으로 회전되었다. 코위쪽의 경우 코쪽으로 8안(7.0%), 귀쪽으로 106안(93.0%)이 회전되었고, 코아래쪽으로 응시방향이 변화되었을 때에는 코쪽으로 3안(2.6%), 귀쪽으로 111안(97.4%)이 회전되어 응시방향의 반대쪽인 귀쪽에서의 회전이 일어나는 경우가 월등히 많았다(Table 2).

각 응시방향에서의 회전량을 비교해본 결과 코아래쪽의 경우 $7.46 \pm 4.10^\circ$ 회전되어 가장 크게 회전되었고 귀위쪽

Table 2. Distribution of the lens rotational direction according to the direction of gaze

Direction of gaze	Direction of rotation			
	Temporal		Nasal	
	Number of eye	Distribution (%)	Number of eye	Distribution (%)
Superior	33	28.9	81	71.1
Inferior	40	35.1	74	64.9
Temporal	7	6.1	107	93.9
Nasal	104	91.2	10	8.8
Superior-Temporal	0	0.0	114	100.0
Inferior-Temporal	6	5.3	108	94.7
Superior-Nasal	106	93.0	8	7.0
Inferior-Nasal	111	97.4	3	2.6

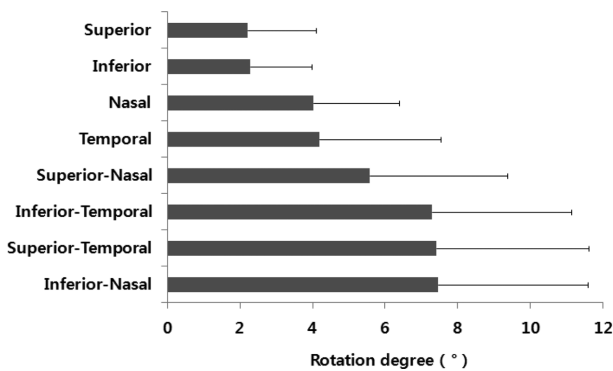


Fig. 8. The mean of rotational degree analyzed by the direction of gaze.

7.41±4.19°, 귀아래쪽 7.28±3.85°, 코위쪽 5.58±3.77°, 귀쪽 4.19±3.33°, 코쪽 4.01±2.38°, 아래쪽 2.27±1.70°, 위쪽 2.22±1.86° 회전하여 직선방향으로 응시방향이 이루어질 경우에서 보다 대각선 방향으로 응시방향이 이루어질 경우에서 모두 제조사의 피팅 가이드라인에서 제시하는 렌즈의 회전 수용범위인 5°를 벗어났으며 유의확률 0.000

으로 통계적으로도 유의한 차이를 보였다(Fig. 8).

대상안을 각막난시도에 따라 세 군으로 분류하고 응시방향이 변화될 때의 각막난시도에 따른 회전량을 분석하였다. 정도의 차이는 있었지만 모든 응시방향에서 $-1.50 \leq D < -2.25$ 군에서의 회전량이 가장 작았고 코위쪽을 제외한 나머지 응시방향에서는 $-2.25 \leq D$ 군이 가장 많은 회전량을 보여 토릭소프트렌즈를 착용하고 응시방향이 이루어질 경우 렌즈의 회전량은 각막난시도의 증가와는 상관관계가 없는 것으로 나타났다(Fig. 9).

4. 회전 복귀속도

귀쪽으로 45° 임의로 회전시킨 91안의 회전복귀속도를 시간대 별로 나누어 분석하였다. 처음 회전을 시작한 직후부터 15초까지의 회전속도는 0.21 ± 0.06 mm/s, 15초~30초 대 사이의 회전속도는 0.09 ± 0.04 mm/s, 30초~45초 사이에서 회전속도는 0.04 ± 0.04 mm/s, 마지막 시간대인 45초~60초 사이에서는 0.02 ± 0.02 mm/s였다. 초기에는 회전속도가 가장 빨랐으며 시간이 지남에 따라 렌즈의 복귀 회

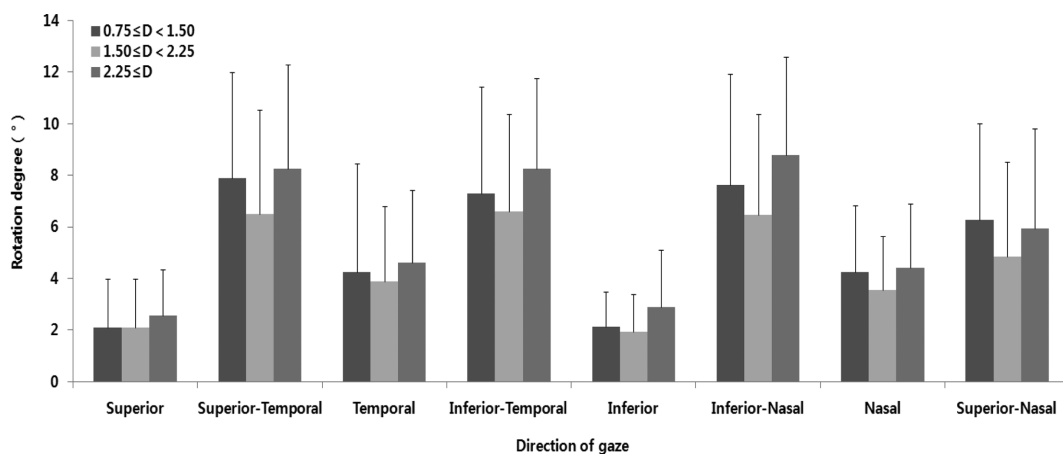


Fig. 9. The degree of rotation according to corneal astigmatism in various direction of gaze.

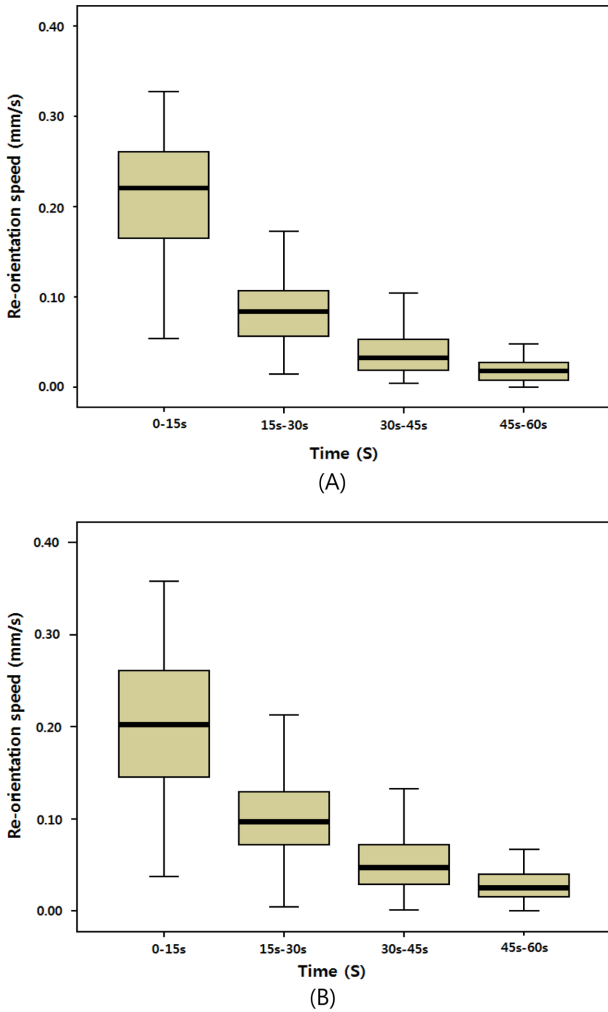


Fig. 10. The speed of lens-reorientation after mis-location of 45° to temporal or nasal direction when analyzed by time. (A) temporal direction, (B) nasal direction

전속도는 감소되었으며 시간에 따른 렌즈의 회전복귀속도의 변화는 통계적으로도 유의하였다($p=0.000$) (Fig. 10A).

코쪽으로 45° 회전시킨 93안의 회전 복귀 속도를 시간대 별로 나누어 분석하였을 때 처음 15초까지의 회전속도는 0.20 ± 0.07 mm/s, 15초~30초 사이의 회전속도는 0.10 ± 0.05 mm/s, 30초~45초 사이의 회전속도는 0.05 ± 0.03 mm/s, 45초~60초 사이에서는 0.03 ± 0.02 mm/s이었다. 시간에 따른 코쪽에서 회전복귀속도 기울기는 -0.618 로, 귀쪽에서의 -0.753 보다는 작아 변화정도가 귀쪽보다는 작다는 것을 알 수 있었다. 코쪽 역시 처음 시간대에서 가장 빠른 회전 속도를 보였고, 시간이 지남에 따라 회전 속도는 감소되었으며 시간에 따른 렌즈의 회전 복귀 속도가 통계적으로도 유의한 차이를 나타내었다($p=0.000$) (Fig. 10B).

귀쪽과 코쪽으로 회전시킨 후의 회전복귀속도는 두 방향 모두에서 시간대별로 통계적으로 유의한 차이를 보였

다. 또 시간대별 회전복귀속도를 회전시킨 방향끼리 비교했을 때 처음 15초대와 45초~60초대 구간의 경우 두 방향에서 유의한 차이를 보이지 않았지만 15초~30초대 구간과 45초~60초 사이에서의 회전복귀속도는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p=0.012$, $p=0.001$). 즉, 처음 15초까지의 회전복귀속도는 귀쪽으로 회전시킨 경우가 더 빨랐지만 그 이후의 시간대에서는 코쪽으로 회전시킨 경우에서 통계적으로 유의하게 복귀속도가 더 빠른 것을 알 수 있었다.

귀쪽과 코쪽으로 각각 45° 회전시킨 후 각각의 방향에서 1분 후의 토릭소프트렌즈의 축 변화를 비교하였다. 귀쪽으로 회전시켰을 경우에는 정축에서 $4.66 \pm 4.38^\circ$ 벗어난 위치에서 안정화되었으며, 코쪽으로 회전시킨 후 안정화 위치는 $4.06 \pm 4.28^\circ$ 정축에서 벗어난 위치로 코쪽으로 회전시킨 경우가 정축에 가깝게 안정화되었지만 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(Fig. 11A). 각막난시도에 따라 분석하였을 때 귀쪽으로 45° 회전시킨 후 각막난시도 $-0.75 \leq D < -1.50$ 군에서는 정축을 기준으로 $3.71 \pm 5.02^\circ$ 벗어난 위치에 안정화되었고, $-1.50 \leq D < -2.25$ 군은 $4.43 \pm 3.69^\circ$, $-2.25 \leq D$ 군은 $5.44 \pm 4.71^\circ$ 에 안정화되어 통계적으로 유의한 차이는 아니었지만 각막난시도가 높은 군일수록 정축에 더 많이 벗어나 있었다(Fig. 11B). 코쪽으로 45° 회전시킨 후 각막난시도에 따른 1분 후 축 변화를 분석하였을 때 $-0.75 \leq D < -1.50$ 군에서는 정축에서 $4.21 \pm 3.78^\circ$ 벗어난 위치에 안정화되었고, $-1.50 \leq D < -2.25$ 군은 $3.74 \pm 4.94^\circ$, $-2.25 \leq D$ 군은 $4.49 \pm 3.62^\circ$ 에 안정화되어 통계적으로 유의한 차이는 아니었지만 귀쪽으로 회전시켰을 때와 마찬가지로 각막난시도가 가장 높은 군이 정축에서 가장 벗어난 축 위치를 보였다(Fig. 11C).

각막난시도에 따라 세군($-0.75 \leq D < -1.50$, $-1.50 \leq D < -2.25$, $-2.25 \leq D$)으로 나누어 각막난시가 렌즈의 회전복귀속도에 미치는 영향을 알아보았다. 귀쪽으로 45° 회전시킨 후 처음 회전되기 시작한 시점부터 15초까지의 회전속도는 $-0.75 \leq D < -1.50$ 군에서 가장 느렸고, $-1.50 \leq D < -2.25$ 군과 $-2.25 \leq D$ 군은 거의 동일한 속도를 보여 $-0.75 \leq D < -1.50$ 군에 비해 각막난시도가 높은 두 군에서 회전속도가 더 빨랐다. 15초~30초 사이의 시간대에서는 각막난시도가 높은 군일수록 회전복귀속도는 감소하였다. 30초~45초 사이의 각막난시도별 회전속도는 $-0.75 \leq D < -1.50$ 군과 회전복귀속도가 $-1.50 \leq D < -2.25$ 군에서는 비슷한 속도를 나타냈으며, $-2.25 \leq D$ 군에서 회전 복귀속도가 감소되는 경향을 보였다. 마지막 시간대인 45초~60초 사이의 각막난시도별 회전속도는 $-0.75 \leq D < -1.50$ 군과 $-1.50 \leq D < -2.25$ 군이 역시 비슷한 속도를 보였고, $-2.25 \leq D$ 군의 회전복귀속도가 가장 느렸다(Table 3). 각 난시도군의 시간에 따른 회전 복귀속도를 분석하였을 때 추세선

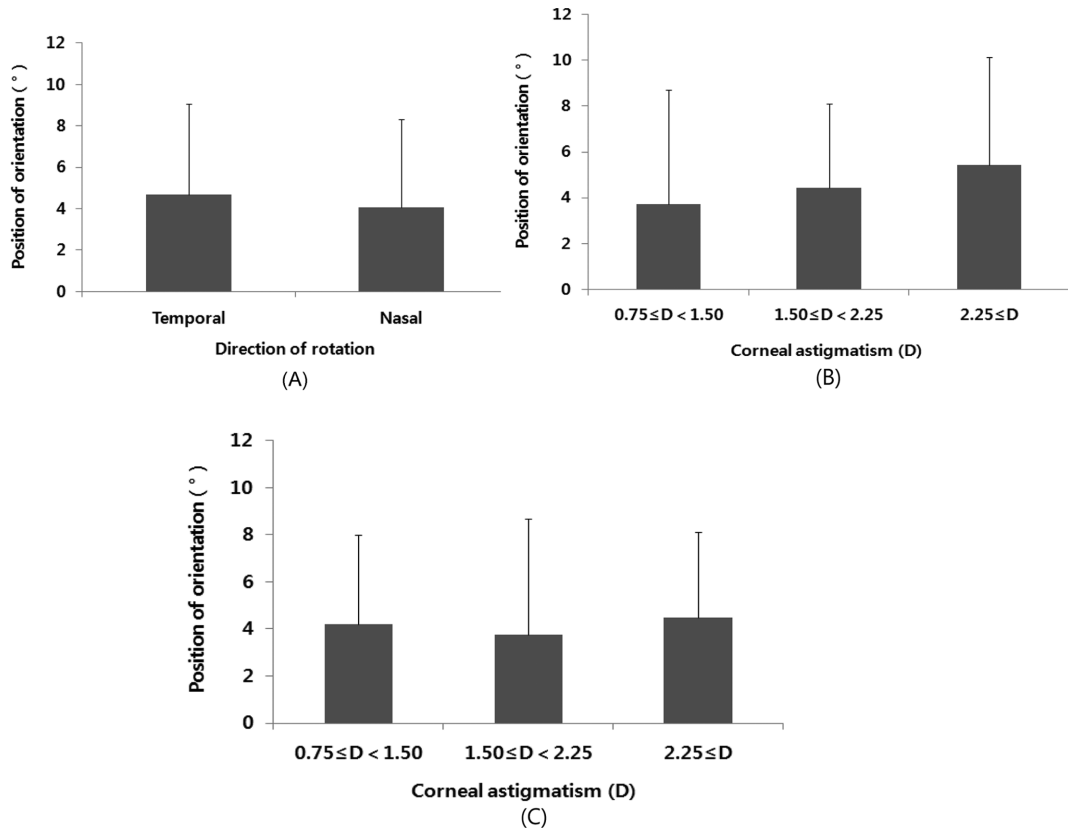


Fig. 11. The position of lens-reorientation after mis-location of 45° for 1 minute. (A) after mis-location to temporal and nasal direction when analyzed after 1 minute, (B) after mis-location to temporal direction when analyzed by corneal astigmatism, (C) after mis-location to nasal direction when analyzed by corneal astigmatism

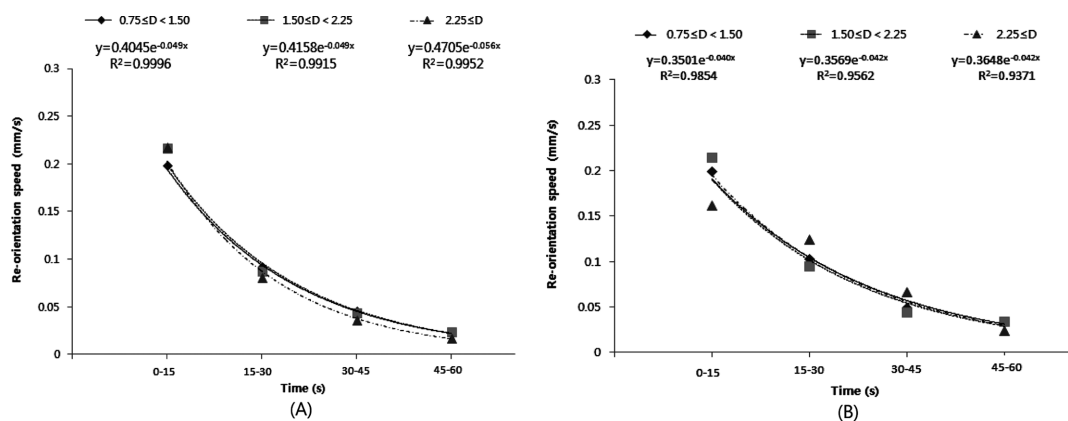


Fig. 12. The speed of lens-reorientation when analyzed by corneal astigmatism. (A) after mis-location of 45° to temporal direction, (B) after mis-location of 45° to nasal direction

기울기는 $-0.75 \leq D < -1.50$ 군과 $-1.50 \leq D < -2.25$ 군은 동일하게 -0.049 였고, $-2.25 \leq D$ 군에서 -0.056 로 기울기가 가장 크게 나타나 각막난시가 가장 큰 군이 더 급격한 속도변화를 보이는 것으로 나타났다(Fig. 12A).

코쪽으로 45° 회전시킨 후의 회전복귀속도에 각막난시도가 미치는 영향을 알아보았다. 처음 회전되기 시작한 시점에서 15초까지의 회전복귀속도는 $-1.50 \leq D < -2.25$ 군

에서 가장 빨랐고 $-2.25 \leq D$ 군에서 가장 느렸으며 통계적으로 유의한 차이였다($p=0.043$). 15초~30초 사이의 시간대에서는 $-0.75 \leq D < -1.50$ 군의 회전복귀속도가 앞의 시간대와는 반대로 $-2.25 \leq D$ 군에서 가장 빠른 복귀속도를 보였지만 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. 30초~45초 사이의 회전복귀속도는 $-2.25 \leq D$ 군에서 역시 가장 빨랐으며 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p=0.023$)

Table 3. The speed of lens-reorientation after mis-location of 45° to temporal direction when analyzed by corneal astigmatism

Direction	Time (sec)	Speed (mm/s)			p-value
		-0.75 ≤ D < -1.50	-1.50 ≤ D < -2.25	-2.25 ≤ D	
Temporal	0~15	0.198±0.061	0.217±0.067	0.217±0.069	0.418
	15~30	0.092±0.035	0.087±0.046	0.080±0.038	0.624
	30~45	0.045±0.046	0.044±0.034	0.036±0.022	0.676
	45~60	0.022±0.018	0.024±0.016	0.017±0.022	0.438
Nasal	0~15	0.200±0.079	0.214±0.064	0.163±0.079	0.043*
	15~30	0.104±0.050	0.094±0.042	0.125±0.055	0.072
	30~45	0.050±0.032	0.044±0.029	0.067±0.025	0.023*
	45~60	0.034±0.026	0.034±0.023	0.025±0.014	0.297

*p<0.05, significantly different from each group compared (one-way ANOVA test AND Tukey HSD test)

(Table 3). 각 구간별에 따라 귀쪽과는 달리 각막난시도에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였지만 난시도와 회전복귀속도의 상관관계 추세선의 기울기는 $-0.75 \leq D < -1.50$ 군은 -0.040 , $-1.50 \leq D < -2.25$ 군과 $-2.25 \leq D$ 군의 기울기는 모두 -0.042 로 비슷하여 각막난시도와 상관관계가 없었다(Fig. 12B).

고 찰

본 연구에서는 토릭소프트렌즈의 회전움직임과 각막난시도와 관계에 대해 알아보았다. 토릭소프트렌즈의 회전방향은 정도의 차이가 있었지만 코쪽보다는 귀쪽으로 많이 회전되는 경향을 보였다. 토릭소프트렌즈 관련 초기 연구들에서는^[6] 코쪽에서의 회전이 더 많은 것으로 보고되었지만 근래의 들어서는 귀쪽에서의 회전이 더 많이 일어나는 것으로 보고되고 있다.^[7,8] Young^[2]은 이렇게 다양한 회전방향의 원인을 렌즈 디자인의 발달과 안검장력, 안검의 크기, 피팅상태, 난시도에 따른 것이라 보고 하였고, 김 등^[7]의 연구에서는 귀쪽으로 더 많은 회전을 보인 원인에 대해 추후 과제로 남겼다. 또한 이심률과 RGP 렌즈의 회전방향을 연구한 박^[9]의 연구에서는 이심률이 증가할수록 귀쪽에서의 회전이 더 많이 이루어진다고 보고하였다. 본 연구에서 실험대상으로 한 토릭소프트렌즈의 회전은 각막난시도와는 관계없이 귀쪽에서의 회전이 더 많았다. 각막난시도와 회전량과의 상관관계를 비교해본 결과 각막난시도와 뚜렷한 양의 상관관계를 보였으며, 코쪽과 귀쪽으로 각각 나누어 각막 요인들과의 상관관계를 분석한 결과 각막난시도는 코쪽보다는 귀쪽방향으로 회전된 경우에서 더 높은 상관관계를 보였다. 또한, 코쪽으로 회전된 경우에서는 각막난시도가 증가하더라도 회전량은 제조사가

이드라인에서 제시한 수용범위인 5°를 넘어가지 않았지만 귀쪽으로 회전된 경우는 각막난시가 증가함에 따라 회전량이 가이드라인에서 제시한 5°범위를 넘어서 증가하는 경향을 보였다.

현재 토릭소프트렌즈의 처방기준이 되는 전체난시도를 네 군으로 나누고 그에 따른 대조군으로 각막난시도를 네 군으로 나누어 회전량과의 관계를 알아본 결과 각막난시도는 난시도가 높은 군으로 갈수록 회전량도 증가하는 것을 보였지만 전체난시도의 경우는 난시도가 가장 높은 군에서 오히려 회전량이 감소하는 경향을 보여 회전량에 있어서는 현재 기준이 되는 전체난시도보다는 각막난시도가 더 영향을 미치는 것으로 보인다. 본 연구에서 전체난시도가 높은 군에서 회전량이 감소하는 경향을 보인 것은 3.00 D 이상의 고난시군에서 수정체 난시가 높으나 각막난시는 상대적으로 낮아 회전량에 영향을 미칠 가능성이 있는 것으로 사료된다.

전체난시와 각막난시, 수정체난시의 관계를 연구한 선행연구들을 보면 Tokoro 등^[10]은 전체난시와 각막난시 사이에서는 상관관계수 $r=0.725$, 전체난시와 수정체난시 사이에서는 상관관계수 $r=0.547$ 의 관계를 보인다고 하였고, 김 등^[11]의 연구에서는 전체난시와 각막난시 사이에서 상관관계수 $r=0.746$, 전체난시와 수정체난시 사이에서는 상관관계수 $r=0.266$ 의 관계를 보여 전체난시에 있어 수정체난시가 각막난시보다는 더 약한 상관관계 있음을 밝혔다. 또 Baldwin 등^[12]과 Monts-Mic^[13]도 전체난시 변화는 수정체난시보다 각막난시에 기인한다고 하였다. 이들의 연구를 통해서는 현재 제시되고 있는 전체난시 기준의 피팅 가이드라인에 무리가 없다고 생각되나 본 연구에서는 렌즈 회전량과의 상관성에 있어서 각막난시도가 전체난시도보다 더 높은 상관관계가 있음을 밝혀 토릭소프트렌즈 착용시

보다 안정적인 시력을 위해서는 각막난시에 대한 고려가 필요함을 알 수 있었다.

본 연구 결과에서 회전 복귀속도의 경우 시간이 경과할수록 복귀속도가 줄어드는 경향을 보였다. 즉, 초반에 빠른 속도로 축이 복귀되며 정축에 가까워질수록 복귀속도가 서서히 줄어들었다. Tan 등^[14]의 연구에서는 안정화 디자인이 다른 7가지의 토릭소프트렌즈를 가지고 랜덤으로 코 또는 귀쪽 방향으로 30°를 회전시키고 10회 순목 후 복귀된 렌즈의 각도를 측정해 결과 귀쪽이 6.8°, 코쪽이 9.8°를 회전하였다고 보고 하여 코쪽에서 초반 복귀움직임이 더 많이 이루어진 것으로 나타났으나, 본 실험에서 초반 15초대까지 복귀속도는 귀쪽이 더 빠르게 나타났다. Young^[15]등은 네 가지의 다른 렌즈들을 귀쪽으로 45° 회전시킨 후 복귀 움직임을 비교한 연구에서 분당 22~25° 범위로 회전하여 각각의 렌즈에서 회전 복귀속도는 비슷한 양상을 보이지만 그 중 Acuvue advance toric이 가장 빠른 안정화를 보였다고 하였다. 하지만 Carine^[16]의 연구에서는 동일하게 귀쪽으로 45° 회전시킨 후 1분간의 회전 복귀움직임을 Pure vision toric(prism-ballasted), Acuvue advance toric(accelerated stabilization design), Acuvue oasys toric(accelerated stabilization design) 비교한 결과 두 번의 연구에서 모두 Pure vision toric이 더 정축에 가깝게 안정화 되었다고 보고하였다. 이처럼 렌즈의 디자인과 실험방법에 따라 회전 복귀움직임이 다른 것으로 나타났으며 본 연구결과에서 밝힌 바와 같이 각 연구에서의 실험 대상군의 각막난시도가 상이하여 다른 양상을 보일 가능성도 배제할 수 없다.

본 연구에서는 귀쪽과 코쪽으로 각각 45° 회전시킨 후 1분 동안 토릭의 회전 복귀움직임을 15초 단위로 세분화하여 각막난시도별로 분석하였다. 각막난시도에 따른 회전 복귀속도에서는 두 방향에서 모두 각막난시도가 가장 높은 군에서 기울기가 가장 큰 것으로 나타나 속도변화 폭이 가장 큰 것으로 나타났다. 또한, 각막난시도별로 회전시키고 1분 후의 축은 정도의 차이는 있었지만 제조사에서 제시하는 가이드라인인 5° 범위 내에 있어 제조사의 가이드라인의 허용범위를 넘지 않는 것을 알 수 있었다.

응시방향의 변화에 따른 렌즈 회전량은 각막난시도와는 뚜렷한 상관관계를 보이지 않았다. 응시방향별로 회전량을 비교해 본 결과 코아래쪽의 응시방향에서 가장 큰 회전량을 보였으며 정면을 기준으로 직선상으로 응시방향이 변화한 위쪽, 아래쪽, 코쪽, 귀쪽의 경우에는 제조사의 피팅 가이드라인에서 제시한 토릭소프트렌즈의 재교정 회전 수용범위인 5° 안쪽으로 회전이 이루어지는 반면에 대각선 45° 방향으로 응시방향이 변화가 이루어진 경우에는 모두 5° 범위를 초과하여 렌즈가 회전되었다. 이 결과

를 통해 대각선으로 응시방향이 이루어질 경우 시력의 저하가 나타날 수 있을 것으로 예상되며 특히 독서시 폭주 가 될 때 안구운동 방향인 코아래쪽의 응시방향에서 가장 큰 회전량을 보였기에 안경원과 안과에서 토릭소프트렌즈 처방시 착용자들에게 이에 관한 충분한 설명이 뒷받침 되어야 한다고 생각된다.

결 론

렌즈의 회전된 방향을 제외하고 순수 회전량만을 관찰한 결과 각막난시도와 렌즈 회전량 사이에는 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 나타내었다. 각막난시도에 따라 귀쪽과 코쪽 회전된 방향으로 나누어 각각의 상관관계를 분석한 결과 귀쪽으로 회전된 군에서만 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 특히 귀쪽으로 회전된 군에서 난시도가 증가함에 따라 렌즈의 회전량이 제조사의 피팅 가이드라인에서 제시한 수용범위인 5°를 넘게 증가하는 경향을 보여 임상에서 토릭소프트렌즈 피팅한 후 측정될 상태를 확인할 경우 코쪽으로 회전된 경우에는 단순 축보정을 통해 양호한 피팅이 될 수 있겠으나, 귀쪽으로 회전된 경우에는 단순히 축보정 뿐만 아니라 렌즈디자인의 교체 등 다른 원인들까지 고려한 더 주의깊은 피팅이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

각막난시도와 현재 처방기준으로 제시되고 있는 전체난시도의 관계를 비교해본 결과 전체난시도와 렌즈 회전량과의 Pearson 상관계수가 0.507, 각막난시도와 렌즈 회전량과의 Pearson 상관계수가 0.542로 나타났다. 또한, 귀쪽으로 회전되었는 지 코쪽으로 회전되었는 지에 따라 각막난시와 회전량과의 상관관계에 큰 차이가 있어 토릭소프트렌즈의 축 안정화가 각막난시에 의해 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 따라서 현재 전체난시만을 기준으로 하는 토릭소프트렌즈 피팅 가이드라인에 각막난시가 고려될 필요성이 있음을 제안한다.

감사의 글

본 연구는 2014년 서울과학기술대학교 교내 연구비의 지원으로 수행되었습니다.

The study was supported by the research program funded from Seoul National University of Science and Technology.

REFERENCES

- [1] Zikos GA1, Kang SS, Ciuffreda KJ, Selenow A, Ali S, Spencer LW, et al. Rotation stability of toric soft contact

- lenses during natural viewing conditions. *Optom Vis Sci.* 2007;84(11):1039-1045.
- [2] Young G, Hunt C, Covey M. Clinical evaluation of factors influencing toric soft contact lens fit. *Optom Vis Sci.* 2002;79(1):11-19.
- [3] Hogben CA. A practical and simple equivalent for student's T test of statistical significance. *J Lab Clin Med.* 1964;64:815-819.
- [4] Huck SW, Melean RA. Using a repeated measures ANOVA to analyze the data from a pretest-posttest design: a potentially confusing task. *Psychological Bulletin.* 1975;82(4):511-518.
- [5] Driscoll WC. Robustness of the ANOVA and Tukey-kramer statistical tests. *Computer & Industrial Engineering.* 1996;31(1-2):265-268.
- [6] Hanks AJ, Weisbarth RE. Troubleshooting soft toric contact lenses. In *Contact Lens Clin.* 1983;10:305-317.
- [7] Kim SY, Lee DY, Lee SH, Kim KK, Song S, Cho HG. Analysis of axial mis-alignment after wearing of toric soft contact lenses. *J Korean Oph Opt Soc.* 2010;15(3):213-217.
- [8] Ames KS, Erickson P, Medici L. Factors influencing hydrogel toric lens rotation. *Int Contact Lens Clin.* 1989;16:221-225.
- [9] Park EH. The relationship between RGP lens fitting and corneal factors. MS Thesis. Seoul National University of Science and Technology, Seoul. 2013:35.
- [10] Tokoro T, Murakami K, Shibata S, Murase Y, Inoue H. Corneal and total astigmatism. Report II: Studies on cases with total astigmatism. *Nihon Ganka Gakkai Zasshi.* 1977;81(6):532-535.
- [11] Kim SJ, Choi O. A clinical study on residual astigmatism. *J Korean Oph Opt Soc.* 1984;25:463-470.
- [12] Baldwin WR, Mills D. A longitudinal study of corneal astigmatism and total astigmatism. *Am J Optom Physiol Optic.* 1981;58(3):206-211.
- [13] Monts-MicR. Astigmatism in infancy and childhood. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus.* 2000;37(6):349-353.
- [14] Tan J, Papas E, Carnt N, Jalbert I, Skotnitsky C, Shiobara M, et al. Performance standard for toric soft contact lenses. *Optom Vis Sci.* 2007;84(5):422-428.
- [15] Young G, McIlraith R, Hunt C. Clinical evaluation of factors affecting soft toric lens orientation. *Optom Vis Sci.* 2009;86(11):E1259-E1266.
- [16] 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.

A Correlation between Axis-Rotation and Corneal Astigmatism in Toric Soft Contact Lens Fitting

Hyung Min Park, So Ra Kim, and Mijung Park*

Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea

(Received May 11, 2014; Revised June 4, 2014; Accepted June 18, 2014)

Purpose: The present has analyzed the correlation between the direction of lens and the amount of rotation upon soft toric contact lens fitting after classifying the corneal astigmatism. **Methods:** Soft toric contact lens was fitted on 114 with-the-rule astigmatic eyes with total astigmatism of at least -0.75 D in their 20s and 30s according to the fitting guideline of the manufacturer and the correlation between the astigmatic degree and the rotational direction/amount of rotation was analyzed by when keeping the eyes on the front and by changing the direction of gaze. As for re-orientation movement. The speed of lens re-orientation and total amount of lens rotation was compared and analyzed by corneal astigmatism after mis-location of lens of 45° to temporal and nasal direction, respectively. **Results:** The positive correlations were shown between corneal astigmatism and the direction of lens rotation and between corneal astigmatism and the amount of lens rotation. Meanwhile, the amount of lens rotation was different by the direction of gaze however, there was no correlation with corneal astigmatism. The speed of lens re-orientation was fastest in the group of high astigmatic degree when the lens was mis-located to both temporal and nasal directions. **Conclusions:** For optimal axis stabilization of toric soft lens, it is proposed that the adjustment of fitting guideline considering corneal astigmatism is necessary since the current fitting guideline is only based on total astigmatism.

Key words: Toric soft lens, Total astigmatism, Corneal astigmatism, Axis-Rotation, Speed of Re-orientation