

직난시안에서의 토릭소프트렌즈 피팅 시 축 회전과 각막이심률과의 상관관계

박형민, 박경희, 김소라, 박미정*

서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 139-743

투고일(2014년 07월 31일), 수정일(2014년 09월 3일), 게재확정일(2014년 9월 18일)

목적: 본 연구에서는 이심률에 따른 토릭소프트렌즈 피팅 시 회전방향 및 회전량과의 상관관계를 분석하였다. **방법:** 20~30대 직난시 114안을 대상으로 제조사의 가이드라인을 기준과 피팅평가를 거쳐 적절한 토릭소프트렌즈를 착용하게 하고 정면주시할 때와 8개 방향으로 응시방향을 달리하였을 때의 회전방향 및 회전량을 각막이심률에 따라 비교·분석하였다. 귀쪽과 코쪽으로 각각 45°회전시켰을 때의 회전 복귀속도 및 회전량과 각막이심률의 상관관계를 분석하였다. **결과:** 각막이심률과 회전량은 양의 상관관계를 나타내었다. 응시방향의 경우 귀쪽과 코쪽에서의 응시방향을 제외한 나머지 응시방향에서 상관관계가 있는 것으로 나타났으며 그 중 위쪽과 귀위쪽 응시방향의 경우는 각막 이심률이 증가할수록 회전량은 감소하는 경향을 보였고, 이와는 반대로 아래쪽, 귀아래쪽, 코위쪽, 코아래쪽의 응시방향에서는 각막 이심률이 증가할수록 회전량도 증가하는 경향을 보여 응시방향에 따라 각막이심률과의 상관관계가 달리 나타남을 알 수 있었다. 회전복귀속도는 각막이심률이 가장 작은 군의 렌즈 복귀속도가 두 방향 모두에서 가장 빨랐지만 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. **결론:** 현재 전체난시만을 기준으로 처방되고 있는 토릭소프트렌즈의 피팅 기준에 각막이심률까지 고려한 피팅이 이루어진다면 최적의 축 안정화를 이루는데 도움이 될 것으로 보인다.

주제어: 토릭소프트렌즈, 전체난시, 각막이심률, 축회전량, 회전 복귀속도

서 론

현재 제조회사에서는 토릭소프트렌즈 개발시 렌즈의 안정화 디자인에 가장 중점을 두고 있다. 안정화의 목표는 렌즈의 실린더 축을 정확한 난시축에 위치시키는 것과 순목시에 렌즈의 회전을 최소화하고 만약 의도치 않은 회전이 이루어졌을 경우 본래의 위치로 최대한 빠른 시간 안에 복귀하는 것이다. 토릭소프트렌즈의 안정화 기법은 개발 초기부터 지금까지 꾸준한 발전을 보여왔다. 가장 기본적인 안정화 원리이고 현재까지도 보편적으로 사용되고 있는 프리즘 안정화 기법(prism-ballast) 외에도 프리즘 안정화 기법을 변형시킨 peri-ballast와 렌즈 상부와 하부의 얇은 부위가 안검에 닿히고 더 두꺼운 중심부가 수평방향으로 안검사이에 놓이게 하여 안정화를 이루는 dynamic stabilization 등 여러 가지 형태의 안정화 디자인이 개발되고 있다. 또 이런 기본적인 안정화 디자인을 바탕으로 각각의 제조회사마다 특징적인 안정화 디자인을 추가하여 Lo-

Torque™, Double thin zone design, ASD™(Accelerated stabilization design)과 같이 새로운 안정화 디자인이 추가된 토릭소프트렌즈들이 출시되고 있으며 새로운 안정화 디자인이 출시 될 때 마다 기존의 안정화 디자인과의 임상평가도 활발히 진행되고 있다.^[1-3] 안정화 디자인에 관한 연구들에서 안정화 디자인의 차이에 따라서도 토릭소프트렌즈의 피팅과 회전 움직임에 차이가 난다는 것을 알 수 있다. 이를 통해 각막의 여러 가지 변수들에 의한 상호작용들이 토릭소프트렌즈의 피팅에 많은 영향을 미칠 것으로 예상할 수 있다. Young G 등^[4]의 연구에서는 이심률과 sag 깊이의 상관관계를 설명하며 소프트렌즈의 피팅에 있어서 각막이 중심부에서 주변부로 갈수록 평평해지는 비구면 정도를 수치로 확인할 수 있는 이심률의 중요성을 말하고 있다.

따라서 본 논문에서는 토릭소프트렌즈 피팅에 영향을 미치는 각막의 요인 중 각막이심률이 토릭소프트렌즈의 회전방향과 회전량, 응시방향에 따른 회전량, 회전 복귀속

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

※본 논문의 일부내용은 2013년도 한국안광학회 동계학술대회에서 구연으로 발표되었음.

도에 미치는 영향을 알아보고 이를 통하여 현재 전체난시와 베이스커브로 처방이 되고 피팅 평가가 이루어지는 토릭소프트렌즈의 피팅 가이드라인에 추가적으로 고려되어야 할 각막의 요인을 제시하고자 한다.

대상 및 방법

1. 실험대상

본 연구의 목적을 이해하고 취지에 동의한 안질환 및 안과적 수술경험이 없고 전체난시량이 -0.75 D 이상의 직난시를 가진 20~30대(평균 23.21 ± 2.48 세) 총 61명(남자39명, 여자22명) 114안을 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 경우는 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 93안이었다. 귀쪽 91안 중 각막이심률이 $e < 0.48$ 군에 속하는 경우는 12안(13.2%), $0.48 \leq e < 0.58$ 군에 속하는 경우는 49안(53.8%), $0.58 \leq e$ 군에 속하는 경우는 30안(33.0%)였다. 코쪽 93안 중 각막이심률이 $e < 0.48$ 군에 속하는 경우는 12안(12.9%), $0.48 \leq e < 0.58$ 군에 속하는 경우는 51안(54.8%), $0.58 \leq e$ 군에 속하는 경우는 30안(32.3%)였다. 총대상 114안을 각막이심률별 세 군으로 나눈 결과 각막이심률이 $e < 0.48$ 군은 114안 중 13안(11.4%), $0.48 \leq e < 0.58$ 군은 61안(53.5%), 각막이심률이 가장 높은 $0.58 \leq e$ 군은 40안(35.1%)이었다. 각막이심률은 김¹⁵⁾의 연구에서 분류한 방법에 따라 나누었으며 본 연구에서는 -0.75 D 이상의 직난시안을 대상으로 하여 낮은 이심률의 경우가 적어 가운데 이심률 범위인 $0.48 \leq e < 0.58$ 을 기준으로 세 군으로 분류하였다.

2. 콘택트렌즈

본 연구에 사용된 토릭소프트렌즈는 아큐브 원데이 모이스트 난시용 렌즈로 렌즈의 위와 아래의 얇은 디자인과 4개의 활성존을 통해 렌즈의 축을 교정하는 ASD™

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 ($^\circ$)	180
Central thickness at -3.00 D (mm)	0.090

(Accelerated Stabilization Design) 디자인이며, 후면토릭렌즈이었다(Table 1).

3. 난시, 이심률 및 회전움직임 측정

토릭소프트렌즈의 처방을 위한 전체난시 및 각막난시 측정은 자동굴절력계(Autorefractometer, GRK-1, Shin-Nippon Commerce, Japan)를 사용하여 3회 반복 측정된 후 평균값을 취하고 각막이심률은 각막지형도 검사기(Corneal topographer CT-1000, Shin-nippon Commerce, Japan)를 이용하여 각 안별로 3회 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)를 이용하여 토릭소프트렌즈에 표식되어 있는 6시 방향에 각인된 마크를 기준으로 하여 회전 방향과 회전량을 측정하였다. 응시방향에 따른 회전량은 응시방향의 변화를 주기 전 렌즈를 착용하고 정면 주시시 발생한 회전량을 기준으로 측정하였다. 회전 복귀속도는 귀쪽과 코쪽 방향으로 렌즈를 임의로 45° 회전시킨 후 정축으로 돌아오는 복귀 움직임을 1분간 촬영하여 분석하였다.

4. 통계처리

각막이심률과 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. 각막이심률별 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.^[6-8]

결 과

1. 정면주시할 때의 회전방향

각막이심률이 토릭소프트렌즈의 회전방향에 미치는 영향을 알아보기 위해 실험대상 114안을 각막이심률에 따라 세군($e < 0.48$, $0.48 \leq e < 0.58$, $0.58 \leq e$)으로 나누어 분석하였다. 각막이심률이 $e < 0.48$ 군에서는 13안 중 코쪽으로 6안(46.2%), 귀쪽으로 7안(53.8%)이 회전되었고, $0.48 \leq e < 0.58$ 군에서는 61안 중 코쪽으로 14안(23.0%), 귀쪽으로 47안(77.0%)이 회전되었으며, 각막이심률이 가장 높은 $0.58 \leq e$ 군에서는 40안 중 코쪽으로 15안(37.5%), 귀쪽으로 25안(62.5%)이 회전하여 이심률별로 정도의 차이는 있었지만 렌즈의 회전방향은 귀쪽인 경우가 더 많았으며 각막이심률 정도에 비례하는 변화는 나타나지 않았다(Fig. 1).

2. 정면주시할 때의 회전량

각막의 구형성 정도를 나타내는 각막이심률과 렌즈 회전량과의 상관성을 비교하기 위해 렌즈가 회전된 방향(코

쪽, 귀쪽)을 무시하고 렌즈의 회전량만으로 이심률과의 관계를 분석해본 결과 Pearson 상관계수가 0.168, 유의확률 0.074로 이심률이 증가할수록 회전량도 증가하는 양의 상관관계를 나타냈지만 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(Fig. 2).

렌즈가 회전된 방향인 코쪽과 귀쪽방향으로 나누어 각각의 상관성을 분석한 결과 코쪽으로 회전된 35안은 각막이심률이 증가할수록 렌즈의 회전량은 미세하게 감소하는 경향을 보였다. Pearson 상관계수가 -0.009 , 유의확률 0.959로 통계적으로 유의한 차이는 아니었고 귀쪽방향으로 회전된 79안은 각막이심률이 증가할수록 렌즈의 회전량도 증가하였다. Pearson 상관계수가 0.274, 유의확률 0.015로 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 나타내었다(Fig. 3).

렌즈의 회전량을 분석한 결과 각막이심률이 $e > 0.48$ 인 군에서의 회전량은 $2.16 \pm 1.72^\circ$, $0.48 \leq e < 0.58$ 군의 회전량은 $3.22 \pm 1.66^\circ$, 이심률이 가장 높은군인 $0.58 \leq e$ 그룹에서는 $3.66 \pm 2.72^\circ$ 로 유의확률 0.081로 이심률이 높은 군일수록 렌즈의 회전량도 증가하는 경향을 보였지만 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(Fig. 4).

각막이심률과 렌즈의 회전량과의 상관관계를 더 자세히

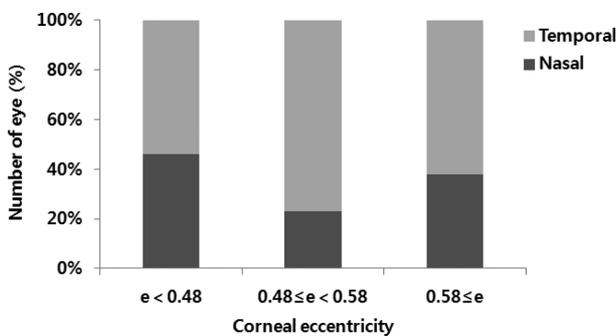


Fig. 1. The direction of lens rotation according to corneal eccentricity.

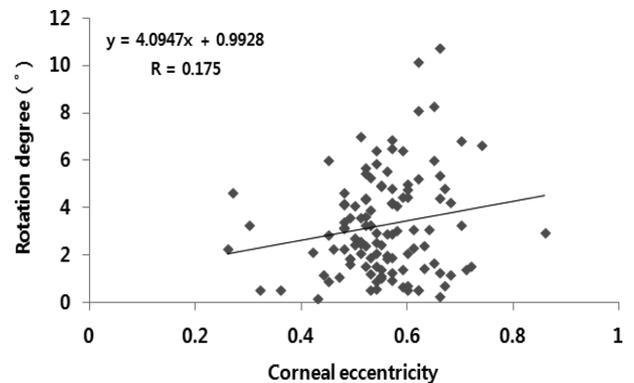


Fig. 2. The degree of lens rotation according to corneal eccentricity.

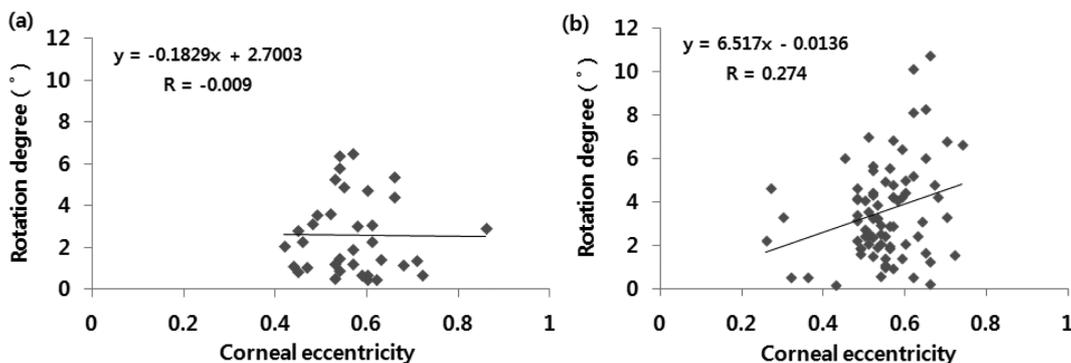


Fig. 3. The degree of lens rotation according to rotation direction by corneal eccentricity, (a) nasal rotation, (b) temporal rotation.

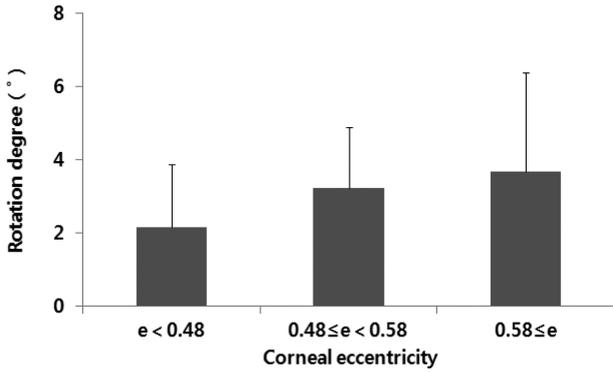


Fig. 4. The means of rotation degree analyzed by corneal eccentricity.

알아 보기위해 각막난시도를 세 군($-0.75 \leq D < -1.50$, $-1.50 \leq D < -2.25$, $-2.25 \leq D$)으로 나누고 각각의 각막난시군 안에서 이심률에 따른 렌즈의 회전량을 비교 분석하였다. 각막난시도는 본 실험에서 사용한 렌즈회사의 피팅 가이드라인에 나타난 처방 가능한 전체난시 도수를 기준으로 하였고, 세 군으로의 분류는 각막이심률과의 통일성을 위해 동일하게 세 군으로 분류하였다. 분류된 각각의 군의 대상안은 $-0.75 \leq D < -1.50$ 군의 대상안은 35안이었으며, $-1.50 \leq D < -2.25$ 군은 47안, $-2.25 \leq D$ 인 군은 32안이었다.

각막난시도가 $-0.75 \leq D < -1.50$ 군에서는 Pearson 상관계수가 0.060, 유의확률이 0.733 이였고 $-1.50 \leq D < -2.25$ 군에서는 Pearson 상관계수가 0.005, 유의확률이 0.974 였다. 각막난시도가 $-2.25 \leq D$ 인 군에서는 Pearson 상관계수가

0.185, 유의확률이 0.310 으로 나타나 세군 모두에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내진 않았지만 각막난시도가 낮은 두 군에서 보다는 각막난시도가 가장 높은 군에서 이심률이 증가함에 따라 렌즈의 회전량도 뚜렷하게 증가하는 경향을 보였다(Fig. 5).

3. 응시방향에 따른 회전량

응시방향 변화시 각막이심률에 따른 회전량에 대해 분석하였을 때 수평선상의 응시 방향인 귀쪽과 코쪽으로의 응시방향에서는 각막이심률과 상관관계를 보이지 않았다. 그러나, 위쪽과 귀위쪽으로의 응시방향에서는 각막이심률이 증가할수록 회전량이 감소하는 음의 상관관계를 보였고, 나머지 응시방향에서는 각막이심률이 클 경우 회전량이 증가하는 양의 상관관계를 보였으며 코아래쪽 응시방향의 경우 유의확률 0.013 으로 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 나타내었다(Fig. 6).

4. 회전 복귀속도

귀쪽방향으로 45° 축 이탈시킨 후 1분 동안의 회전복귀 움직임을 기록한 후 15초 단위로 구간을 나누어 회전 복귀속도를 측정하고 각막이심률을 세군으로 분류하여 렌즈의 회전 복귀속도에 각막이심률이 미치는 영향을 알아보았다.

초반 15초대까지의 회전 복귀속도는 통계적으로 유의한 차이는 아니었지만 이심률이 가장 작은 $e < 0.48$ 군에서 가장 빠른 회전 복귀속도를 보였고 15초~30초 사이의 시간대에서도 역시 각막이심률에 따른 회전 복귀속도를 비교

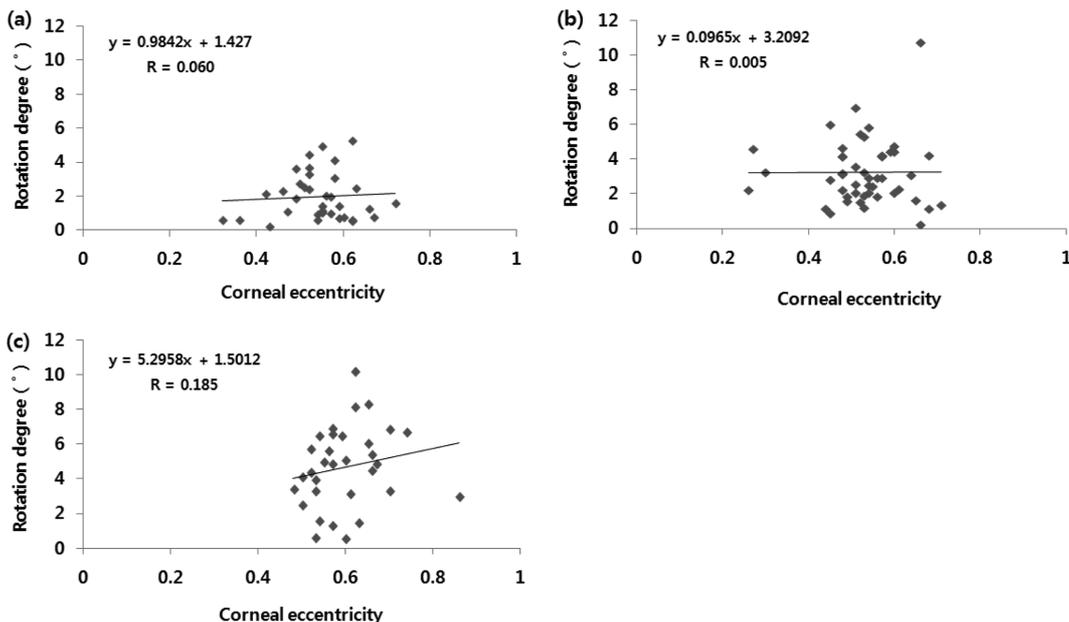


Fig. 5. Correlation of corneal eccentricity and rotation degree. (a) corneal astigmatism $-0.75 \leq D < -1.50$, (b) corneal astigmatism $-1.50 \leq D < -2.25$, (c) corneal astigmatism $-2.25 \leq D$.

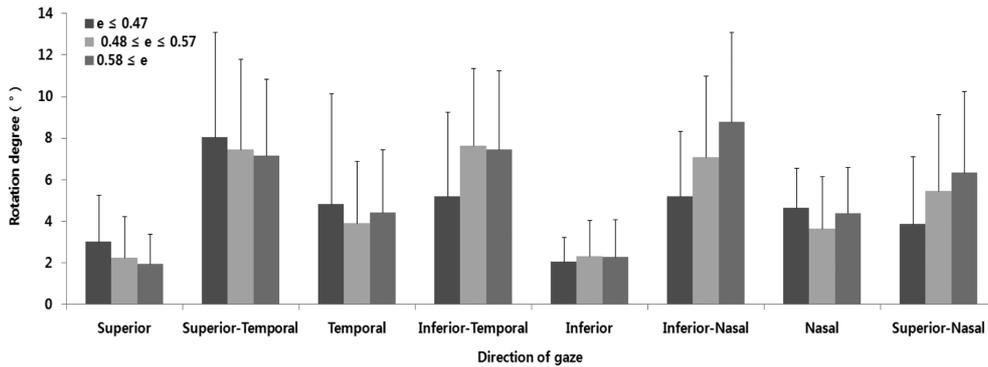


Fig. 6. The degree of rotation according to corneal eccentricity in direction of gaze.

한 결과 $e < 0.48$ 군에서 제일 빠른 복귀속도를 보였으며 나머지 $0.48 \leq e < 0.58$ 군과 $0.58 \leq e$ 두 군은 각각 $0.083 \text{ mm/s} \pm 0.038$, $0.084 \text{ mm/s} \pm 0.043$ 로 비슷한 복귀속도를 보였다. 30초~45초 사이의 각막이심률별 회전 복귀속도는 초반 두 구간의 시간대에서 제일 복귀속도가 빨랐던 $e < 0.48$ 군이 제일 느린 복귀속도를 보였고 $0.48 \leq e < 0.58$ 군과 $0.58 \leq e$ 군에서는 각각 $0.045 \text{ mm/s} \pm 0.032$, $0.045 \text{ mm/s} \pm 0.048$ 를 나타내어 동일한 회전 복귀속도를 보였다. 마지막 시간대인 45초~60초 사이의 각막이심률별 회전속도는 앞의 시간대로 동일한 양상으로 $e < 0.48$ 군에서 제일 느린 복귀속도를 보였고, $0.48 \leq e < 0.58$ 군과 $0.58 \leq e$ 군이 각각 $0.023 \text{ mm/s} \pm 0.014$, $0.022 \text{ mm/s} \pm 0.024$ 를 나타내어 거의 동일한 복귀속도를 보였다. 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았지만 각막이심률이 가장 낮은 군에서 높은 초반 두 시간대에서 빠른 회복속도를 보였고, 중간 이심률군인 $0.48 \leq e < 0.58$ 군에서 후반부 두 시간대에서 빠른 회복속도를 보였다(Table 2).

각 각막이심률군 별 회전 복귀속도의 전체적인 기울기를 비교해보면 $e < 0.48$ 군이 -0.061 , $0.48 \leq e < 0.58$ 군은 -0.048 , $0.58 \leq e$ 군이 -0.049 로 이심률이 가장 낮은 군에서 가장 큰 기울기를 보여 이심률이 낮은 군에서 더 급격한 속도변화가 나타났다(Fig. 7).

Table 2. The speed of lens-reorientation after mis-location of 45° to temporal direction when analyzed by corneal eccentricity

Time section (sec)	$e < 0.48$ (mm/s)	$0.48 \leq e < 0.58$ (mm/s)	$0.58 \leq e$ (mm/s)	p-value
0~15	0.233 ± 0.038	0.204 ± 0.065	0.210 ± 0.073	0.374
15~30	0.113 ± 0.039	0.083 ± 0.038	0.084 ± 0.043	0.060
30~45	0.029 ± 0.017	0.045 ± 0.032	0.045 ± 0.048	0.370
45~60	0.018 ± 0.014	0.023 ± 0.014	0.022 ± 0.024	0.722

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

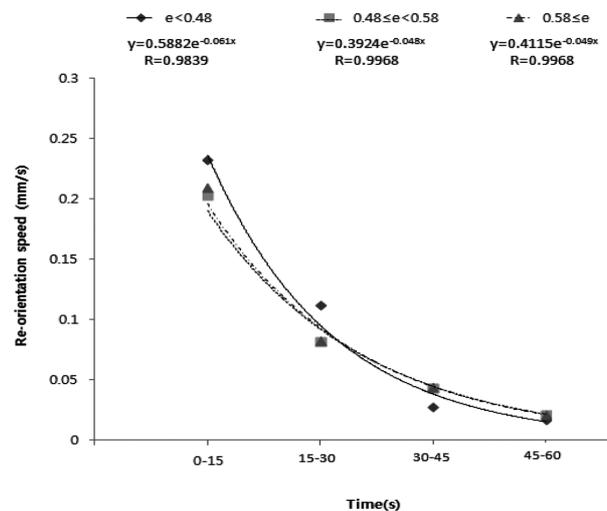


Fig. 7. The speed of lens-reorientation after mis-location of 45° to temporal direction when analyzed by corneal eccentricity.

귀쪽으로 축 이탈 후 복귀된 각막 이심률별 최종 안정화 위치를 분석하였다. 기울기가 가장 높았던 $e < 0.48$ 군에서의 토릭소프트렌즈의 최종 안정화 위치는 정축에서 $4.67 \pm 5.94^\circ$ 벗어난 위치였고, $-1.50 \leq D < -2.25$ 군은 $5.01 \pm 3.90^\circ$, $-2.25 \leq D$ 군은 $4.08 \pm 4.52^\circ$ 에 안정화되어 각막이심률별로는 뚜렷한 상관관계를 보이지 않았고 통계적으로도 유의한 차이가 아니었다($p = 0.660$) (Fig. 8).

코쪽방향으로 45° 축 이탈 시킨후 1분 동안의 회전복귀 움직임을 기록한 후 15초 단위로 구간을 나누어 회전 복귀속도를 측정하고 각막이심률을 세 군으로 분류하여 렌즈의 회전 복귀속도에 각막이심률이 미치는 영향을 알아보았다.

15초대까지의 회전 복귀속도는 통계적으로 유의한 차이는 아니었지만 귀쪽방향과 마찬가지로 이심률이 가장 낮은 군인 $e < 0.48$ 군에서 가장 빠른 회전 복귀속도를 보인 반면 이심률이 가장 높은 군인 $-0.58 \leq e$ 군에서 가장 느린

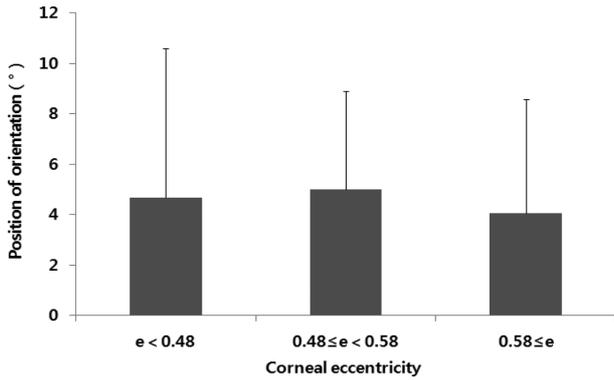


Fig. 8. Last position of lens-reorientation after mis-location of 45° to temporal direction when analyzed by corneal eccentricity.

복귀속도를 나타냈다. 15초~30초 사이의 시간대에서 각막 이심률 회전속도를 비교해본 결과 $e < 0.48$ 군이 귀쪽방향과 같은 양상으로 초반 두 시간대에서 가장 빠른 복귀속도를 보였다. 30초~45초 사이의 각막이심률별 회전 복귀속도는 $0.48 \leq e < 0.58$ 군에서 가장 빠른 복귀속도를 보였고 초반 두 시간대에서 가장 빠른 복귀속도를 보이던 $e < 0.48$ 군이 가장 느린 복귀속도를 나타내었다. 마지막 시간대인 45초~60초 사이의 각막이심률별 회전속도는 $e < 0.48$ 군에서 $0.020 \text{ mm/s} \pm 0.010$, $0.48 \leq e < 0.58$ 군에서는 $0.033 \text{ mm/s} \pm 0.023$, $0.58 \leq e$ 군에서의 회전 복귀속도는 $0.036 \text{ mm/s} \pm 0.024$ 로 마지막 시간대에서는 이심률이 가장 높은 군에서 복귀속도가 제일 빠르게 나타났다(Table 3).

각막 이심률에 따른 회전 복귀속도에서는 두 방향 모두에서 일정한 양상을 보이며 복귀 움직임을 보였지만 통계적으로 유의한 차이를 아니었다. 각막이심률이 가장 낮은 군에서 높은 두 군에 비해 초반시간대에서 빠른 회복속도를 보였다. 전체적인 기울기를 비교해보면 $e < 0.48$ 군은 -0.056 , $0.48 \leq e < 0.58$ 군은 -0.041 , $0.58 \leq e$ 은 -0.038 로 귀쪽과 마찬가지로 이심률이 제일 낮은 군에서 가장 큰 기울기를 보여 이심률이 낮은 군에서 더 급격한 속도변화가 나타났다(Fig. 9).

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

Time section (sec)	$e < 0.48$ (mm/s)	$0.48 \leq e < 0.58$ (mm/s)	$0.58 \leq e$ (mm/s)	p-value
0~15	0.218 ± 0.076	0.201 ± 0.071	0.186 ± 0.073	0.434
15~30	0.106 ± 0.068	0.104 ± 0.043	0.104 ± 0.050	0.994
30~45	0.034 ± 0.021	0.054 ± 0.032	0.052 ± 0.048	0.105
45~60	0.020 ± 0.010	0.033 ± 0.023	0.036 ± 0.024	0.099

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

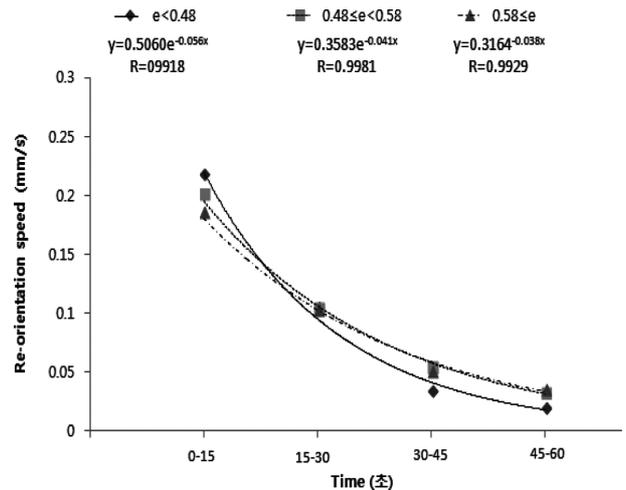


Fig. 9. The speed of lens-reorientation after mis-location of 45° to nasal direction when analyzed by corneal eccentricity.

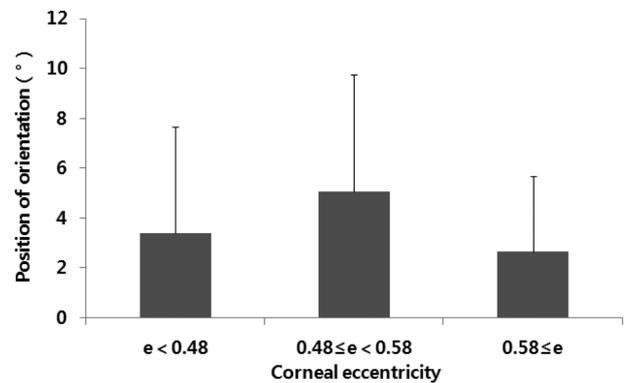


Fig. 10. Last position of lens-reorientation after mis-location of 45° to nasal direction when analyzed by corneal eccentricity.

코쪽으로 회전시킨 후 복귀된 각막 이심률별 최종 안정화 위치를 비교해본 결과 기울기가 가장 높았던 $e < 0.48$ 군에서의 토릭소프트렌즈의 최종 안정화 위치는 정축에서 3.40 ± 4.24 벗어난 위치였고, $0.48 \leq e < 0.58$ 군은 $5.05 \pm 4.72^\circ$, $0.58 \leq e$ 군은 $2.67 \pm 3.01^\circ$ 에 안정화되어 각막이심률별에는 회전 복귀속도와 최종 안정화 위치가 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다($p = 0.055$)(Fig. 10).

고 찰

본 연구에서는 토릭소프트렌즈의 회전움직임과 각막이심률과의 상관관계에 대해 알아보았다. 각막이심률에 따라 정도의 차이는 있었지만 모든 이심률 군에서 토릭소프트렌즈가 코쪽보다는 귀쪽으로 많이 회전되는 경향을 보였다. 각막이심률과 회전량과의 상관관계를 코쪽과 귀쪽 방향으로 각각 나누어 분석한 결과 코쪽보다는 귀쪽방향

으로 회전된 경우에서 더 높은 상관관계를 보였고 귀쪽 방향으로 회전된 군에서만 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보였다. 각막난시도와 토릭소프트렌즈 회전과의 상관관계를 분석한 박¹¹⁾등의 연구에서도 코쪽으로 회전된 경우에는 각막난시도와 회전양의 상관관계가 없었으나 귀쪽으로 회전된 경우의 각막난시도와 회전양에는 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 이는 귀쪽 방향으로 회전된 군의 각막 이심률 범위가 0.24~0.74이고 코쪽으로 회전된 군의 이심률 범위가 0.42~0.86으로 귀쪽에 비해 큰 이심률을 가지는 각막인 것을 보아 이심률이 낮은 각막에서 렌즈의 위치가 귀쪽으로 치우쳐지면서 렌즈의 회전이 더 일어났을 것이라 생각된다.¹¹⁾

이심률이 높은 각막과 각막난시가 큰 각막에서 유사한 결과가 본 연구를 통해 도출되었고 이심률이 높은 각막에서 각막난시도가 높다는 김¹⁵⁾의 연구 결과와 연관지어 볼 때 각막난시나 각막이심률이 동일한 각막형상 요인으로 토릭소프트렌즈의 회전에 영향을 미칠 가능성이 있는 것으로 생각되어질 수도 있다. 이러한 가능성을 확인해보기 위해 회전에 영향을 미치는 각막난시도와 이심률과의 상관관계를 분석해보았을 때 동일한 각막난시군에서 이심률에 따른 회전량을 기울기와 상관계수로 비교한 결과 $-2.25 \leq D$ 군에서 낮은 두 군에 비해 더 뚜렷한 양의 상관관계를 나타내었다. 이 결과를 바탕으로 토릭소프트렌즈 착용시 각막난시가 렌즈를 통해 교정되어질 경우 이심률에 영향을 거의 받지 않지만 처방될 수 있는 도수의 범위를 넘어갈 경우 이심률에 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 즉, 본 실험에 사용한 제조사의 도수 환산표에 의하면 완전교정 전체 난시도수가 $-3.00 D$ 까지로 되어 있지만 실제 처방가능한 렌즈의 난시도수는 $-2.25 D$ 까지 있다. 이 차이로 인해 미교정된 대상안의 경우는 이심률의 영향을 더 받아 렌즈의 회전이 더 많이 이루어진 것으로 보인다. 결과적으로 회전에 영향을 미치는 각막난시도와 이심률과의 상관관계를 분석해보았을 때 각막난시가 작은 군에서는 각막이심률이 증가하더라도 의미있는 회전양의 증가가 나타나지 않았으며 각막난시가 큰 군에서는 각막이심률이 커질수록 회전양이 증가하였으나 각막난시가 크더라도 각막이심률이 작은 경우는 회전양이 크지 않았다. 따라서 각막이심률과 각막난시도는 토릭소프트렌즈의 회전에 다른 각막형상 변수로 작용함을 확인할 수 있었다.

회전 복귀속도의 경우 귀쪽과 코쪽으로 각각 45° 회전시킨 후 1분동안 토릭의 회전 복귀움직임을 15초 단위로 세분화하여 각막이심률별로 분석하였다. 각막이심률별 회전 복귀속도에서는 두 방향 모두 이심률이 가장 작은군에서 가장 큰 기울기를 보이는 규칙성을 나타내긴 했지만 최종 안정화 위치에서는 각막 이심률과 뚜렷한 상관관계

를 보이지 않았고 통계적으로도 유의한 결과는 아니었다. Tan¹¹⁾등의 연구에서는 토릭소프트렌즈의 성능 허용 기준을 10°로 두었지만 본 연구에서는 1분후 안정화 위치를 제조사에서 제시하는 5° 범위로 하여 분석하였고 그 결과 정도의 차이는 있었지만 제조사 가이드라인에서 제시하는 5° 범위로 모두 안정화되는 결과를 보였다.

응시방향의 변화에 따른 렌즈의 회전량을 각막이심률별로 분석한 결과 귀쪽과 코쪽을 제외한 나머지 상하로의 응시방향에서 상관관계가 있음을 알 수 있었다. 정면주시 상태에서 안정화 후 렌즈의 회전량을 각막이심률별로 분석했을 때 이심률이 낮은 각막에서 귀쪽으로 회전된 경우에는 각막이심률과 회전량 사이에서 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 나타내었던 것과는 달리 위쪽과 귀위쪽의 응시방향에서는 음의 상관관계를, 그 외 나머지 응시방향에서는 양의 상관관계를 보였다. 이는 일반적으로 각막의 만곡도가 귀쪽은 완만한 반면 코쪽은 상대적으로 급격한 경사를 가지고 있어¹²⁾ 코쪽으로 회전하는 토릭소프트렌즈는 이심률이나 각막난시가 큰 각막에서 코쪽에서의 경사가 더 급격하게 되어 회전이 더 크게 일어나는 것으로 보인다.

결 론

토릭소프트렌즈의 회전량과 각막이심률과의 상관관계를 코쪽으로 회전된 군과 귀쪽으로 회전된 군으로 각각 나누어 분석한 결과 귀쪽방향으로 회전된 군에서만 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 각막이심률과 각막난시도간의 관계를 알아본 결과 각막난시의 교정이 잘 이루어지는 $-2.25 D$ 미만의 각막난시도군에서는 렌즈의 회전량이 이심률의 영향을 받지 않았지만 각막난시 $-2.25 D$ 이상의 군에서는 각막이심률과 렌즈의 회전량이 뚜렷한 양의 상관관계를 나타내어 고도의 난시이면서 이심률이 높은 안일수록 더 정확한 도수처방이 이루어져야 할 것으로 보인다. 또한, 응시방향에 따른 회전량을 각막이심률별로 분석한 결과 귀쪽과 코쪽을 제외한 나머지 방향에서 상관관계를 보여 토릭소프트렌즈의 안정화 디자인 개발시 이와 관련된 고려가 함께 이루어져야 할 필요성이 있다고 보여진다. 토릭소프트렌즈를 귀쪽과 코쪽 두 방향으로 각각 45° 회전시킨 후 복귀 움직임과 최종 안정화 위치를 각막이심률에 따른 렌즈의 최종 안정화 위치는 각막이심률에 관계없이 위치하였으며 모든 경우에서 제조사의 수용범위인 5°범위로 안정화 위치를 이루었다.

본 연구에서는 직난시안에서의 토릭소프트렌즈 피팅시 전체 난시만와 베이스커브를 기준으로 하는 현재의 피팅 가이드라인에 추가적으로 고려되어야할 각막요인으로

각막이심률을 제시하였다. 본 연구결과를 통해 이심률의 에 토릭소프트렌즈의 회전 움직임에 영향을 주는 각막 요인들에 대한 정확한 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것으로 생각되고 그 연구결과가 토릭소프트렌즈의 피팅 가이드라인과 안정화 디자인 설계에 고려되어야 한다고 제안하는 바이다.

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 GA, 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, McIlraith R, Hunt C. Clinical evaluation of factors affecting soft toric lens orientation. *Optom Vis Sci.* 2009;86(11):E1259-E1266.
- [3] McIlraith R, Young G, Hunt C. Toric lens orientation and visual acuity in non-standard conditions. *Cont Lens Anterior Eye.* 2010;33:23-26.
- [4] Young G. Ocular sagittal height and soft contact lens fitting. *J Brit Cont Lens Assoc.* 1992;15(1):45-49.
- [5] Kim JH. A correlation of corneal eccentricity and corneal type in RGP lens fitting. MS Thesis. Seoul National University of Science and Technology, Seoul. 2013:28.
- [6] Hogben CA. A practical and simple equivalent for student's T test of statistical significance. *J Lab Clin Med.* 1964;64:815-819.
- [7] 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.
- [8] Driscoll WC. Robustness of the ANOVA and Tukey-kramer statistical tests. *Computer & Industrial Engineering.* 1996;31(1-2):265-268.
- [9] Park HM, Kim SR, Park M. A Correlation between Axis-Rotation and Corneal astigmatism in Toric Soft Contact Lens Fitting. *J Korean Oph Opt Soc.* 2014;19(2):189-198.
- [10] Park EH, Kim SR, Park M. A Relationship between corneal eccentricity and stable centration of RGP lens on cornea. *J Korean Oph Opt Soc.* 2012;17(4):373-380.
- [11] Tan J, Papas E, Carnt N, Jalbert I, Skotnitsky C, Shiobara M, Lum E, Holden B. Performance standard for toric soft contact lenses. *Optom Vis Sci.* 2007;84(5):422-428.
- [12] Park SI, Lee SE, Kim SR, Park M. A comparison of lens centration on cornea with RGP lens fitting by the measured values using keratometer and corneal topography. *J Korean Oph Opt Soc.* 2011;16(1):41-50.

A Correlation between Axis-Rotation and Corneal Eccentricity in Toric Soft Contact Lens Fitting in With-the-rule Astigmatism

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

Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea
(Received July 31, 2014; Revised September 3, 2014; Accepted September 18, 2014)

Purpose: A correlation between the rotating direction and rotation amount according to the eccentricity was analyzed in the present study when fitting the toric soft contact lens. **Methods:** One hundred fourteen eyes of with-the-rule astigmatism in 20s and 30s were appropriately applied toric soft contact lens by the guideline of manufacturer and fitting evaluations and analyzed the rotating direction and rotation amount when fixating at primary position and 8 different directions of gaze. The speed of reorientation and the correlation between the rotation amount and cornea eccentricity were also analyzed when rotating 45° each toward the temporal and nasal direction. **Results:** The cornea eccentricity and rotation amount was shown positive correlation. For the gaze of direction, it was identified that the gaze of directions other than the gaze of direction towards the nasal and temporal had correlation, and among them, the gaze of directions to superior and the superior-temporal showed the tendency of decreasing rotation amount as the cornea eccentricity increased. On the contrary, the gaze of direction towards the inferior, inferior-temporal, superior-nasal, and inferior-nasal showed tendency of increasing rotation amount as the cornea eccentricity increased thus, it was identified that the cornea eccentricity showed different correlation according to the gaze of direction. For the case of re-orientational speed, the speed of lens re-orientation in the group having the smallest corneal eccentricity was fastest in both direction but was not significantly different. **Conclusions:** Considering cornea eccentricity to current method of prescribing toric soft contact lens which is based on total astigmatism, it will be helpful to establish the optimal axis stabilization.

Key words: Toric soft lens, Total astigmatism, Corneal eccentricity, Axis-rotation, Speed of re-orientation