

Correlations between Axial Rotation of Toric Soft Contact Lenses and Corneal Eccentricity according to the Wearing Time and Gaze Directions

Woo Hyun Seo, So Ra Kim, and Mijung Park*

Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Korea
(Received February 3, 2016; Revised March 8, 2016; Accepted March 11, 2016)

Purpose: The present study was aimed to investigate the effect of corneal eccentricity on the axial rotation when wearing toric soft contact lenses were worn for certain time and changing the gaze directions. **Methods:** Toric soft contact lenses with double thin zone design applied on 85 of with-the-rule astigmatic eyes. Then, rotational direction and amount of contact lenses were measured after 15 minutes and 6 hours of lens wear. The difference was further compared and analyzed according to corneal eccentricity. **Results:** The rotation of toric lens showed a tendency to rotate to temporal direction in all gaze directions except temporal-upper direction in all groups of corneal eccentricity. The amount of lens rotation in the frontal gaze direction exhibited a negative correlation since the amount was decreased with increasing corneal eccentricity after both 15 minutes and 6 hours of lens wearing. In many cases, the cornea with small eccentricity also showed the lens rotation larger than 10°. The difference in rotational amount after 15 minutes of toric lens wear was small according to the corneal eccentricity however, the change of rotational amount of contact lens according to corneal eccentricity was shown after 6 hours of lens wear. **Conclusions:** The present study revealed that the amount of axial rotation was largely varied according to the wearer's corneal eccentricity when wearing toric lens and the rotational amount after certain time of lens was also affected by corneal eccentricity. Thus, it is suggested that the selection of toric soft contact lenses based on corneal eccentricity is necessary.

Key words: Double thin zone design, Corneal eccentricity, Toric soft contact lens, Rotational direction, Rotational amount

서 론

현대사회는 각종 멀티미디어의 발달로 일상생활에서도 시력저하에 영향을 줄 수 있는 변수들이 항상 존재하게 되었고, 과거보다 난시량을 가지고 있는 인구 또한 증가함^[1]에 따라 토릭소프트콘택트렌즈(이하 토릭소프트렌즈)의 선호도가 늘어나고 있다.^[2,3] 난시안의 굴절력은 경선별로 상이하기 때문에 토릭소프트렌즈 착용 시 렌즈의 축 회전은 시력저하의 원인이 될 뿐만 아니라, 난시가 저교정되거나 미교정되는 경우 최소착락원을 망막에 위치시키기 위한 조절이 유발되어 안정피로 증상이 생길 수 있다.^[4]

김 등^[5]의 연구에 따르면 난시안을 정확하게 교정한 후의 시력과 난시량을 완전교정하고 교정축을 5°, 10°, 15° 이동한 시력을 비교한 결과, 시력 감소가 나타나는 눈이 각각 56.1%, 84.2%, 93.8%로 나타났으며, 완전교정 했을 때와 시력비교를 했을 시 5°에서는 0.94, 10°에서는 0.87,

15°에서는 0.79로 보고되었다. 이를 통하여 축 이탈각도와 시력 감소의 폭의 연관성을 알 수 있었다. Nilsson 등^[6]은 착용자가 단안에만 난시가 있는 경우 프리즘이 가입되어 있는 토릭소프트렌즈를 장기간 착용하게 되면 복시가 유발될 수 있다고 보고하였다. 이러한 단점들을 극복하기 위해 각 제조사에서는 축 회전을 최소화하기 위한 안정화 디자인 개발에 노력을 경주하고 있다.

Timberlake 등^[7]이 토릭소프트렌즈 착용자들을 조사한 결과 -0.75 D이상의 난시도수가 미처방된 것으로 보고되었는데 이는 토릭소프트렌즈의 제한적인 난시처방도수에 따른 유발난시의 발생 가능성이 존재함을 의미하나 이의 원인들을 정확히 분석해야 할 필요가 있다. 뿐만 아니라 과거에 비해 토릭소프트렌즈의 처방률은 증가하는 추세에 있으므로 토릭소프트렌즈의 처방에 있어서 더욱 신중해야 한다.^[8] 토릭소프트렌즈의 축 회전은 각막변수의 차이에 따라 달라질 수 있다. 즉, 토릭소프트렌즈의 피팅 시 각막 중앙과 주변부가 렌즈와 일치하여야 이상적인 피팅이 되

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

본 논문의 일부내용은 2015년도 한국안광학회 하계학술대회에서 구연으로 발표되었음.

며 주변부 각막난시가 높거나 불규칙할 경우보다 구면이거나 주변부 각막난시가 적은 경우에 토릭소프트렌즈의 피팅이 더 성공적이라고 Reddy^[9] 등은 보고하였다. 박 등^[10]은 수정된 ASD(accelerated stabilization design) 디자인의 토릭소프트렌즈의 축 회전과 각막변수 간의 상관관계에 대한 연구에서 ASD디자인 렌즈는 이심률 값이 클수록 순수 회전량이 큰 양의 상관관계를 가짐을 밝힌 바 있다. 또한 Young 등^[11]은 소프트렌즈의 피팅에 있어서 각막정점으로부터 주변부로 갈수록 평평해지는 비구면 정도를 수치로 확인할 수 있는 이심률의 중요성에 대해 언급한 바 있다.

따라서 본 연구에서는 각막형상과 토릭소프트렌즈 축회전과의 상관관계를 밝히고자하는 연구의 일환으로 이중췌기형(double thin zone) 디자인의 토릭소프트렌즈를 이용하여 각막이심률이 응시방향에 따른 토릭소프트렌즈의 회전방향과 회전양에 미치는 영향을 알아보하고자 하였으며, 일정시간동안 착용한 후의 축 회전양상을 분석하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

본 실험에 동의하며 안질환 및 안과적 수술경험이 없고 각막난시량 -0.75 D 이상의 근시성 직난시를 가진 20~30대(평균 23.5±2.5세)의 소프트콘택트렌즈 착용 경험자 총 45명(남자 23명, 여자 22명)의 85안을 연구대상으로 하였다(Table 1).

2. 사용렌즈

본 연구에서는 데일리스 아쿠아 난시교정용 소프트렌즈(Alcon, USA)를 사용하였는데 이는 nelfilcon A 재질의 함유율 69%인 후면토릭렌즈이었다. 난시축 교정을 위한 렌즈설계는 상하부의 두께가 얇고 중심부의 두께가 두꺼운 이중췌기형 디자인이었다(Table 2).

Table 1. The classification of subjects participated

	Average	Range
No. of eyes		85
Gender (female : male)		42 : 43
Age (years)	23.5±2.5	20 ~ 30
Refractive Error (D)		
sph	-3.75±1.84	-0.25 ~ -7.00
cyl	-1.61±0.82	-0.75 ~ -3.00
Corneal eccentricity	0.58±0.13	0.3 ~ 0.8
Flat K value (mm)	8.02±0.27	7.44 ~ 8.68

Table 2. The specification of tested toric soft contact lenses provided by manufacturer

Manufacturer	Alcon
USAN ^a	nelfilcon A
Oxygen transmissibility (Dk/t)	26
Water content (%)	69
Base curve (mm)	8.6
Diameter (mm)	14.2
Lens axis marking (sec)	At 3, 9 o'clock
Spherical power (D)	0.00 to -8.00
Cylindrical power (D)	-0.75, -1.50
Cylindrical axis (°)	180
Central thickness at -3.00 D (mm)	0.10
Design	Back surface toric, double thin zone
Wearing cycle	Daily disposable

^aUnited States Adopted Name

3. 굴절이상 및 각막이심률 측정

굴절이상도 및 각막난시도 측정은 자동안굴절력계 (autorefractor keratometer, REKTO ORK II, Dongyang optics, Korea)를 이용하여 3회 반복 측정을 하여 평균값으로 취하였고, 측정된 굴절이상 값으로 제조사에서 제시한 피팅 가이드라인에 따라 토릭소프트렌즈를 처방하였다.

각막이심률은 각막지형도 검사기(corneal topographer CT-1000, Shin-nippon, Japan)를 이용하여 각 안별로 3회 측정 후 평균값을 취하였으며, 측정된 각막이심률 값에 따라 연구대상군을 총 4군($e < 0.48$, $0.48 \leq e < 0.58$, $0.58 \leq e < 0.68$, $0.68 \leq e$)으로 분류하였다(Table 3). 각막이심률은 박 등^[10] 및 김^[12]의 연구에서 분류한 방법에 따라 나누었다. 각막이심률과 토릭소프트렌즈 회전양과의 상관관계가 각막난시에 따라 달라지는 지를 알아보기 위해 실험대상군을 각막난시 $-0.75 \leq D < -1.50$, $-1.50 \leq D < -2.25$, $-2.25 \leq D < -3.00$ 으로 분류하여 비교 분석하였다(Table 4).

Table 3. Distribution of the subjects' corneal eccentricity

Classification	No. of eye (%)	Corneal eccentricity (mean±SD)
$e < 0.48$	15 (17.7)	0.42±0.05
$0.48 \leq e < 0.58$	31 (36.4)	0.53±0.02
$0.58 \leq e < 0.68$	22 (25.9)	0.62±0.02
$0.68 \leq e$	17 (20.0)	0.74±0.14
Total	85 (100.0)	0.58±0.13

Table 4. Distribution of the subjects' corneal astigmatism

Classification	No. of eye (%)	Corneal astigmatism (mean±SD)
$0.75 \leq D < 1.50$	46 (54.1)	-0.97 ± 0.24
$1.50 \leq D < 2.25$	17 (20.0)	-1.68 ± 0.20
$2.25 \leq D < 3.00$	19 (22.4)	-2.56 ± 0.21
$-3.00 \leq D$	3 (3.5)	-3.08 ± 0.11
Total	85 (100.0)	-1.53 ± 0.77

4. 회전양 및 회전방향 측정

토릭소프트렌즈를 착용 후 정면주시 및 8가지 응시방향 주시 시 회전양과 회전방향은 세극등 현미경(slit lamp US/SL 7F, Topcon, Japan)에 장착된 카메라(D200, Nikon, Japan)을 사용하여 기록하였고 10배율로 관찰하였다. 응시 방향은 정면으로부터 시작하여 위 쪽방향(12시)으로 변화를 주었고 위 쪽에서부터는 시계방향으로 45° 만큼 총 8 가지 응시방향 변화를 주어 회전방향과 회전양을 측정하였다. 각각의 응시방향 변화 시, 전 응시방향에 따른 회전양의 개입을 방지하기 위해 정면을 주시하게 하여 5번의 눈 깜박임 후에 주시방향의 변화를 주었다. 응시 거리는 정면으로부터 방향 별 6 mm로 두었으며 환경요인을 배제하기 위해 항온항습(온도 21°C, 습도 60%)인 환경에서 렌즈움직임을 관찰하였다.

응시방향에 따른 회전양과 회전방향을 측정하기 위해 렌즈의 3시-9시 방향에 있는 축 표식을 사용하여 회전움직임을 관찰하였다. 기록된 영상으로부터 사진화면을 추출한 후 Photoshop Software(Adobe photoshop 7.01, Adobe Systems Incorporated, United States)을 이용하여 회전양과 회전방향을 분석하였다.

5. 통계처리

SPSS 12.0K for Windows를 이용하여 상관관계를 분석하였고 유의확률이 0.05미만일 경우 통계적인 유의성이 있는 것으로 판단하였다. 응시방향에 따른 토릭소프트렌즈 회전양의 유의성은 독립표본 t-test를 통해 분석하였고, 렌즈 착용 15분 후와 렌즈 착용 6시간 후의 이심률에 따른 회전양의 유의성은 대응표본 t-test를 통해 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 정면응시 시 토릭소프트렌즈 회전양

이중췌기형 디자인의 후면 토릭소프트렌즈를 제조사 권장기준에 맞춰 착용하고 15분간의 안정화를 거친 후 정면 응시상태에서의 회전양을 측정하고 각막이심률에 따라 그 정도를 분석하였다. 축회전 정도를 5° 기준으로 나누었을

때, 5° 이상의 축회전을 보인 경우는 $e < 0.48$ 군에서는 53.3%, $0.48 \leq e < 0.58$ 군에서는 58.1%, $0.58 \leq e < 0.68$ 군에서는 59.1%, $0.68 \leq e$ 군에서는 29.4%로 나타나 각막이심률이 0.68미만인 군에서는 토릭소프트렌즈의 축회전이 5° 이상인 경우가 50%이상이었으나 각막이심률이 0.68이상인 군에서는 5° 미만의 축회전을 보인 경우가 더 많음을 확인하였다. 축회전이 5° 이상인 경우를 다시 5° 이상~10° 미만과 10° 이상으로 나누어보았을 때, $e < 0.48$ 군에서는 각각 12.5%와 87.5%, $0.48 \leq e < 0.58$ 군에서는 각각 50.0%와 50.0%, $0.58 \leq e < 0.68$ 군에서는 각각 76.9%와 23.1%, $0.68 \leq e$ 군에서는 60.0%와 40.0%로 각막이심률이 작은 군에서는 10° 이상의 회전을 보인 경우가 많아 본 연구에서 사용한 이중췌기형 후면 토릭소프트렌즈는 이심률이 큰 각막에 더 적합한 것으로 판단되었다(Fig. 1).

토릭소프트렌즈 착용 15분 후 정면응시 시 축 회전양과 각막이심률 간의 상관관계를 분석한 결과 Pearson 상관계수가 -0.237, 유의확률이 0.029로 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 나타내어 각막 이심률이 증가할수록 회전양은 감소하는 것을 알 수 있었다(Fig. 2A). 렌즈착용 6시간 후에는 Pearson 상관계수가 -0.157, 유의확률이 0.151로 각막이심률이 증가할수록 회전양이 감소되는 음의 상관관계를 나타내었지만 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(Fig. 2B).

각막이심률 외에 다른 각막변수인 각막난시도가 이심률과 회전양과의 상관관계에 영향을 미치는 지를 알아보았다. 렌즈착용 15분 후 $-0.75 \leq D < 1.50$ 군에서는 Pearson 상관계수가 -0.167, 유의확률이 0.267인 음의 상관관계를 나타내었고, $1.50 \leq D < 2.25$ 군에서는 Pearson 상관계수가 -0.676, 유의확률이 0.003인 뚜렷한 음의 상관관계를 나타내었다. 각막난시가 가장 높았던 $2.25 \leq D < 3.00$ 군에서는

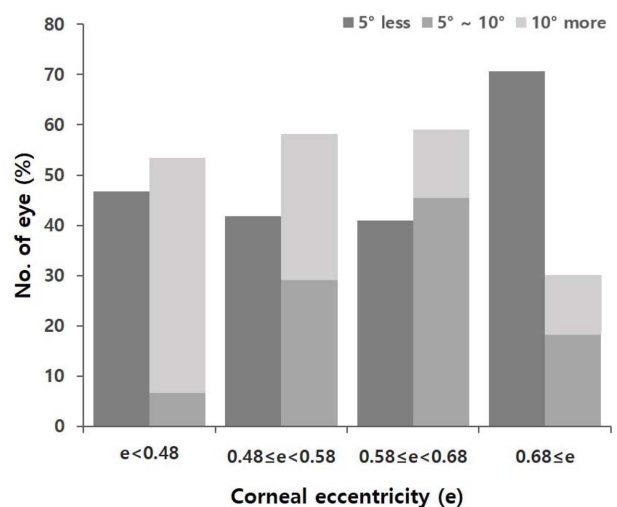


Fig. 1. The degree of lens rotation according to corneal eccentricity in the frontal gaze.

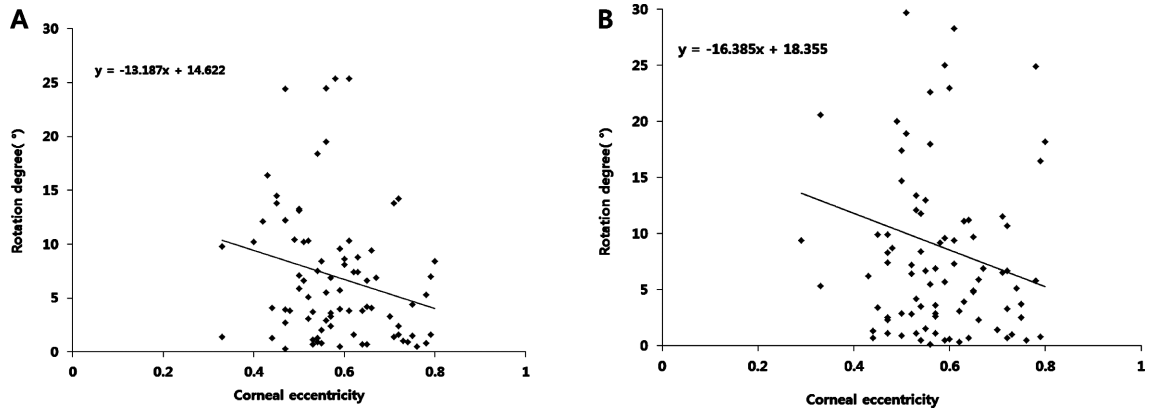


Fig. 2. The correlation between rotational degree and corneal eccentricity in the frontal gaze.
 A. after 15 minute-wearing
 B. after 6 hour-wearing

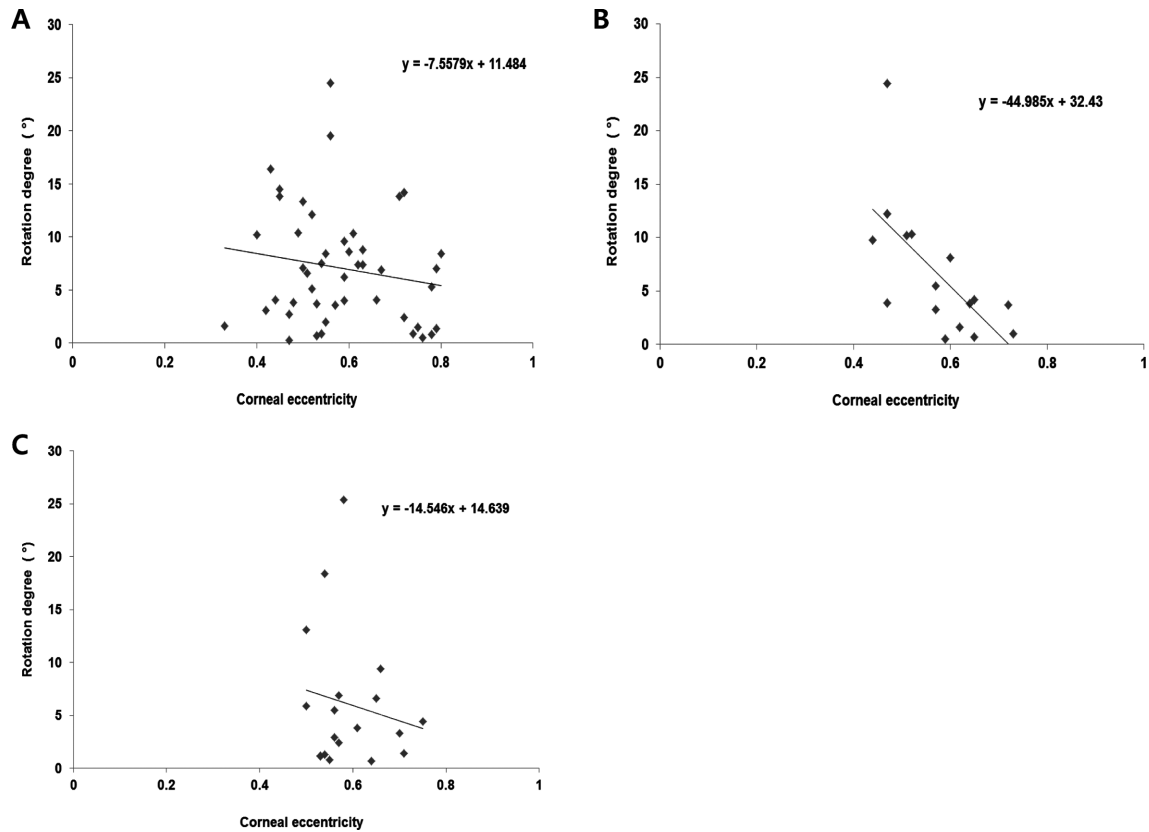


Fig. 3. Correlation of corneal eccentricity and rotation degree after 15 minutes of lens wear.
 A. corneal astigmatism $0.75 \leq D < 1.50$
 B. corneal astigmatism $1.50 \leq D < 2.25$
 C. corneal astigmatism $2.25 \leq D < 3.00$

Pearson 상관계수가 -0.162 , 유의확률이 0.508 이었다. $1.50 \leq D < 2.25$ 군에서만 통계적으로 유의한 차이가 있었지만 세 군 모두 이심률이 증가할수록 회전양이 줄어드는 음의 상관관계였다(Fig. 3).

렌즈착용 6시간 후 $-0.75 \leq D < -1.50$ 군에서는 Pearson 상관계수가 0.031 , 유의확률이 0.840 이었고, $-1.50 \leq D <$

-2.25 군에서는 Pearson 상관계수가 0.080 , 유의확률이 0.761 , $-2.25 \leq D < -3.00$ 군에서는 Pearson 상관계수가 -0.144 , 유의확률이 0.555 으로 이심률과 토릭소프트렌즈 회전양과의 상관성이 나타나지 않았다. $-2.25 \leq D < -3.00$ 군에서는 이심률과 회전양 상관관계 추세선 기울기가 다른 난시군에 비해 다소 컸으나 토릭소프트렌즈 착용 15분과 비교하

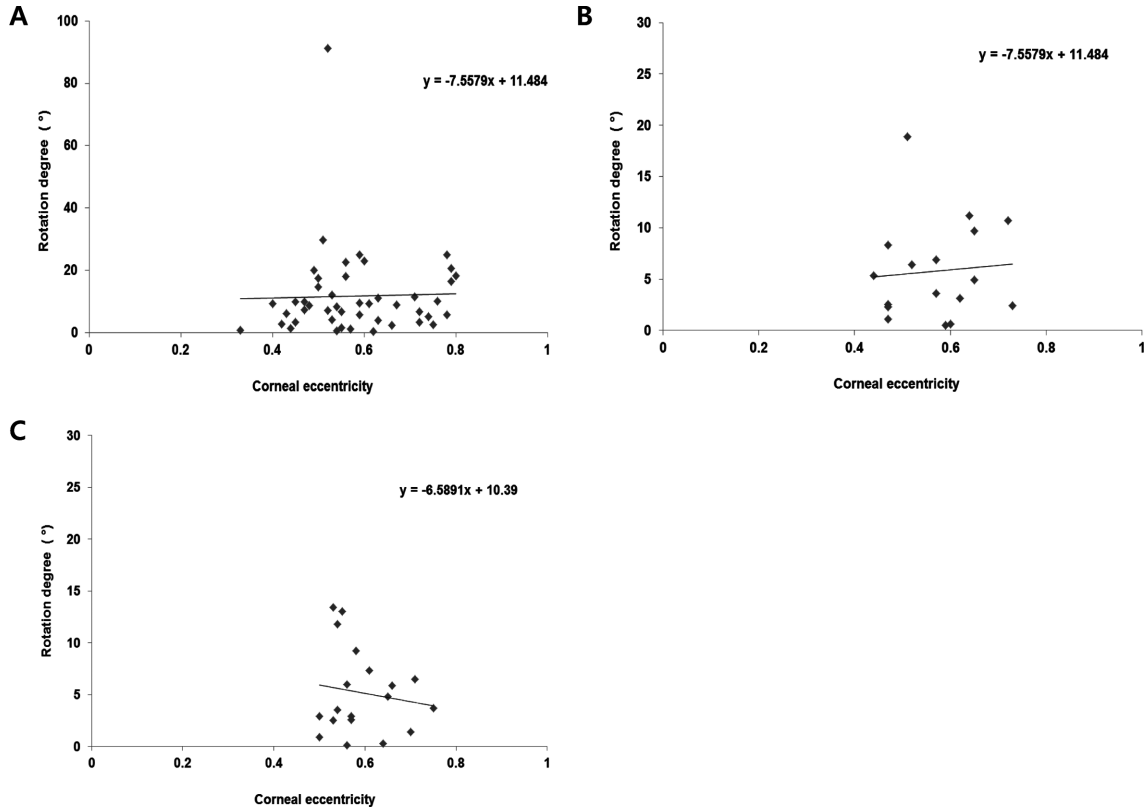


Fig. 4. Correlation of corneal eccentricity and rotation degree after 6 hours of lens wear.

- A. corneal astigmatism $-0.75 \leq D < -1.50$
- B. corneal astigmatism $-1.50 \leq D < -2.25$
- C. corneal astigmatism $-2.25 \leq D < -3.00$

여 변화정도가 적었다(Fig. 4).

2. 응시방향에 따른 축회전 방향

토릭소프트렌즈의 착용시간이 경과됨에 따라 나타나는 축회전 방향의 변화에 각막이심률이 어떠한 영향을 미치는가를 알아보았다.

정면주시 시에는 토릭소프트렌즈 착용 경과 15분 후와 6시간 후 모두 귀 쪽으로 회전하는 경우가 60% 이상으로 코 쪽 보다 더 많이 나타났다(Fig. 5, 6). 응시방향에 따른 회전축의 움직임 방향은 응시방향에 따라 다소 상이하였다. 즉, 토릭소프트렌즈 착용 15분 경과 후, $e < 0.48$ 군에서는 귀-위 방향과 귀 방향을 응시하였을 때 회전축이 코 쪽으로 회전하는 경우가 많았고 나머지 응시방향에서는 모두 귀 쪽으로 회전하였으며 코-위 방향과 귀-아래 방향을 응시하였을 때가 실험대상군의 80.0%가 귀 쪽으로 회전하여 그 빈도가 가장 높았다(Fig. 5A). $0.48 \leq e < 0.58$ 군에서는 귀-위 방향과 위 방향을 응시하였을 때 코 쪽으로 회전하는 경우가 많았고 위 방향 보다는 귀-위 방향으로 회전하는 경우가 70.9%로 더 많았다. 나머지 응시방향에서는 모두 귀 쪽으로 회전되었으며 특히, 코 방향 주시 시

귀 쪽으로 회전하는 대상안이 74.1%에 달하여 가장 높은 빈도를 보였다(Fig. 5B). $0.58 \leq e < 0.68$ 군에서는 귀 방향과 귀-위 방향, 위 방향을 주시하였을 때 코 쪽으로 회전하는 경우가 많았으며 그 중 귀-위 방향이 68.2%로 가장 큰 비율을 차지했던 반면, 나머지 응시방향에서는 모두 귀 쪽으로 회전하는 경우가 많았고, 귀 쪽 회전 대상안의 수가 가장 많았던 응시방향은 코-위 쪽방향으로 77.3%에 달하였다(Fig. 5C). $0.68 \leq e$ 군에서는 귀-위 방향과 코-아래 방향에서 코 쪽으로 회전하는 경우가 많았고 나머지 응시방향에서는 모두 귀 쪽으로 회전하는 경우가 많았으며 코 방향 주시 시 귀 쪽으로 회전하는 대상안의 수가 76.4%로 회전축이 가장 편향되어 있었다(Fig. 5D). 이중췌기형 후면 토릭소프트렌즈 착용 시 이심률값과 상관없이 전체적으로 코 쪽 보다는 귀 쪽으로 회전하는 경우가 더 많았으며 코 쪽으로 회전하는 상대비가 컸던 응시방향은 귀-위 방향이었다. 대체적으로 응시방향의 반대방향으로 회전하는 양상을 띠었고 귀 쪽으로 회전하는 상대비가 가장 컸던 응시방향은 코 방향과 코-위 방향이었다. 상하주시 보다는 사선방향을 포함한 좌우주시를 하였을 때 회전상대비의 변화정도가 더 크게 나타났다.

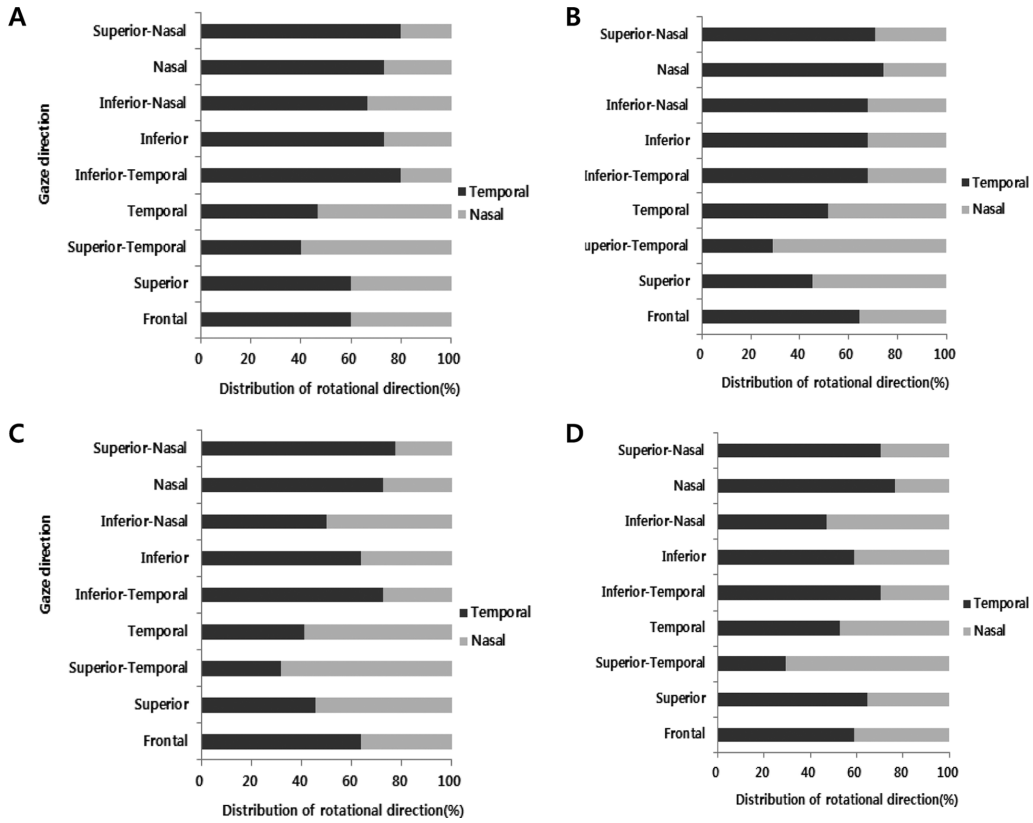


Fig. 5. Rotational direction of toric soft contact lenses according to the gaze directions after 15 minutes of lens wear. A. $e < 0.48$, B. $0.485 \leq e < 0.58$, C. $0.585 \leq e < 0.68$, D. $0.685 \leq e$

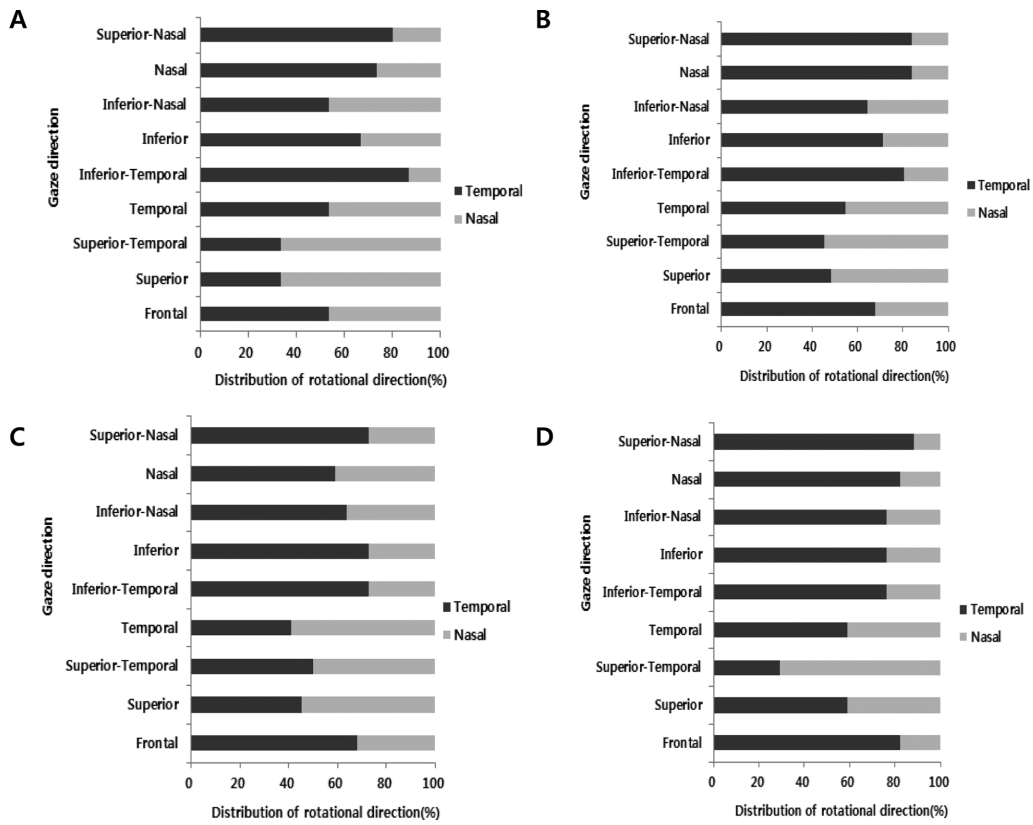


Fig. 6. Rotational direction of toric soft contact lenses according to the gaze directions after 6 hours of lens wear. A. $e < 0.48$, B. $0.48 \leq e < 0.58$, C. $0.58 \leq e < 0.68$, D. $0.68 \leq e$

토릭소프트렌즈를 착용한지 6시간 경과 후에는 $e < 0.48$ 군에서 코 쪽으로 회전하는 정도가 많았던 응시방향은 귀-위 방향과 위 방향이었고 두 방향 모두 코 쪽으로 회전된 경우가 66.7%에 달하였다. 나머지 응시방향은 모두 귀 쪽으로 회전하는 정도가 많았으며 특히, 귀-아래 방향을 주시하였을 때에는 대상안의 86.7%가 귀 쪽으로 회전하여 가장 빈도가 높았다(Fig. 6A). $0.48 \leq e < 0.58$ 군에서 또한 귀-위 방향과 위 방향을 응시하였을 때 코 쪽으로 회전하는 경우가 상대적으로 많았으나 대상안의 55%가 코 쪽으로 회전하여 상당 수의 대상안의 경우는 귀 쪽으로도 회전하는 경향을 보였다. 나머지 응시방향에서는 모두 귀 쪽으로 회전하는 빈도가 높았으며 귀-아래, 코 및 코-위 방향을 주시하였을 때 대상안의 80% 이상에서 귀 쪽으로 회전하였다(Fig. 6B). $0.58 \leq e < 0.68$ 군에서는 귀 방향과 위 방향을 주시하였을 때에만 각각 대상안의 59.1%, 54.5%가 코 쪽으로 회전하였고, 나머지 응시방향에서는 모두 귀 쪽으로 회전하는 경우가 많았으며 대상안 중 귀 쪽으로 회전하는 빈도가 가장 높은 응시방향은 코-위, 아래 및 귀-아래 방향으로 모두 상대비가 72.7%에 달하였다(Fig. 6C). $0.68 \leq e$ 군에서는 귀-위 방향을 응시하였을 때에만 코 쪽으로 회전하는 경우가 많았고, 나머지 응시방향을 주시할 때에는 모두 코 쪽 보다는 귀 쪽으로 회전되는 경우가 많았으며 특히, 코-위 방향과 코 방향의 경우에는 대상안의 80%이상에서 귀 쪽으로 회전하였다(Fig. 6D).

이상에서 이중췌기형 후면 토릭소프트렌즈 착용 15분 후와 6시간 후 모두 응시방향의 반대방향으로 회전하는 경향을 나타냈었고, 사선방향으로 주시하였을 때 한 방향으로의 회전이 편중되며 정면을 주시하였을 때는 이심률이 큰 군에서는 귀 쪽으로 회전되는 대상안의 수가 더 많

았으며 이러한 경향은 착용 6시간 후에 더 크게 나타나는 경향이 있음을 알 수 있었다. 또한, 전체적으로 6시간으로 착용시간이 경과되면서 15분 후 보다 귀 쪽으로 회전하는 대상안의 비율이 더 증가함을 알 수 있었다.

3. 응시방향에 따른 회전양

렌즈착용 15분 후 응시방향에 따른 회전양을 분석한 결과, $e < 0.48$ 군에서는 코, 코-위 및 귀-위 방향을 주시할 때의 회전양이 가장 컸고 하방주시일 때 보다는 상방주시일 때 회전양이 더 큰 경향을 나타내었다. $0.48 \leq e < 0.58$ 군에서는 귀-위, 코-위 및 코 방향 응시 시 9° 이상의 회전이 일어났고 귀-위 방향과 아래 방향을 제외한 모든 응시방향에서 회전양이 $e < 0.48$ 군보다 작았으며 대체로 상방주시 시의 회전양이 더 큰 경향이 있었다. $0.58 \leq e < 0.68$ 군에서는 귀-위, 귀 및 코-위 방향을 주시하였을 때의 회전이 컸으며 특히, 귀-위 쪽방향은 평균 12.1° 로 회전이 가장 크게 일어났다. $0.68 \leq e$ 군에서는 코-위 방향과 귀-아래 방향으로의 회전이 크게 일어났다. 렌즈착용 15분 후의 회전양을 이심률에 따라 분석한 결과 이심률값이 큰 군일수록 전체적으로 축 회전양이 작은 경향을 보였다(Fig. 7A).

렌즈착용 6시간 후에는 $e < 0.48$ 군에서 귀-아래, 귀-위 및 코 방향을 주시하였을 때 9° 이상 회전되었으며 귀-아래 방향의 회전양은 10.3° 로 다소 회전이 크게 일어나는 경향이 있었다. $0.48 \leq e < 0.58$ 군에서는 모든 응시방향에 따른 회전양이 10° 이상 회전되었으며 특히, 귀-위 쪽 방향을 주시하였을 때에는 20.1° 만큼 회전되어 가장 큰 회전양을 보였다. $0.58 \leq e < 0.68$ 군에서는 귀-위, 코-위, 위 방향 주시 시 10° 이상 회전되었으며 마찬가지로 귀-위 방향의 회전양이 13.8° 로 회전양이 가장 큰 양상을 보였다.

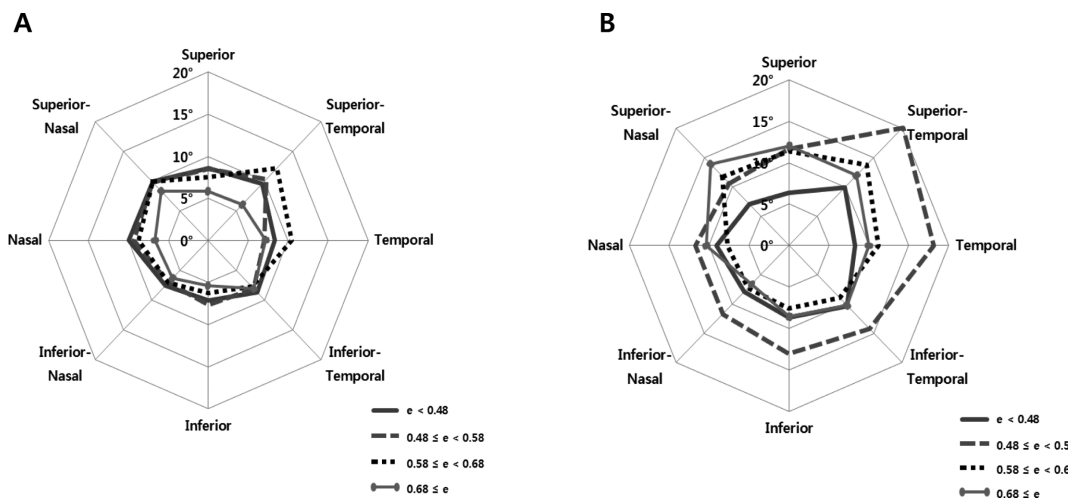


Fig. 7. The amount of lens rotation according to the gaze directions.
 A. after 15 minute-wearing
 B. after 6 hour-wearing

0.68 ≤ e군에서는 아래 방향과 코-아래 방향을 제외한 모든 응시방향에서 10° 이상 회전되었고 코-위 방향을 주시하였을 때 회전값이 13.9°로 가장 크게 나타났다(Fig. 7B).

토릭소프트렌즈 착용시간 경과에 따른 회전양의 차이를 비교하였을 때, e < 0.48군에서는 15분 후 보다 6시간 후에는 위 방향과 코-위 방향 응시에서는 회전양이 다소 감소하였고, 나머지 응시방향에 따른 회전양은 비슷한 양상을 보였으나 감소된 회전양은 통계적으로 유의한 값은 아니었다. 0.48 ≤ e < 0.58군에서는 착용시간 15분 후보다 6시간 후에 회전양이 전체적으로 증가하였으며, 회전양 차이가 가장 큰 응시방향은 귀 방향과 귀-위 방향으로 각각 10° 이상 증가하였고, 통계적 유의성은 귀 방향 응시하였을 때에 유의확률 p=0.041의 수준으로 유의한 차이가 관찰되었다. 나머지 응시방향도 전체적으로 회전양은 증가하였지만 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. 0.58 ≤ e < 0.68군에서는 코 방향을 제외한 모든 방향에서 회전양이 증가하였다. 위 방향의 응시 시 회전양이 가장 크게 증가하였고, 착용시간의 경과에 따라 회전양이 많이 증가하였으나 통계적인 유의성은 없었다. 0.68 ≤ e군에서는 전체적으로 렌즈의 회전이 작았던 착용 15분 후에 비해 6시간 후에는 모든 응시방향에 대한 회전양이 크게 증가하였다. 가장 회전양이 컸던 응시방향은 15분 후와 6시간 후 모두 코-위 방향이었고 회전양은 각각 8.2°와 13.9°로 나타났다. 통계적인 유의성은 위 방향 응시에서는 p=0.043, 귀-위 방향 응시에서는 p=0.038, 아래 방향은 p=0.014, 코 방향은 p=0.022, 코-위 방향은 p=0.030으로 분석되어 모든 각막 이심률군 중에 유의한 회전양 차이를 나타낸 응시방향이 가장 많음을 알 수 있었다.

본 연구에서는 이중췌기형 후면 토릭소프트렌즈를 착용했을 때 착용자의 각막이심률과 렌즈착용시간에 따른 회전방향과 회전양의 차이를 알아보았다. 각막이심률은 콘택트렌즈의 위치나 회전에 영향을 미치게 되는데 박 등^[13]의 연구에서는 이심률이 작은 각막에서는 RGP렌즈가 귀 쪽으로 치우치게 되며, 이심률이 큰 각막에서는 각막 중심에 가까이 위치한다고 하였고, Young 등^[14]은 소프트렌즈의 피팅에 있어서 이심률의 중요성을 언급한 바 있다. 또한, ASD디자인의 토릭소프트렌즈로 실험한 박 등^[10]은 각막이심률이 작은 군에서 토릭소프트렌즈 회전복귀속도가 빠르다고 보고한 바 있다. 따라서 각막이심률은 각막난시도나 각막형상과 같이 콘택트렌즈의 각막에서의 위치나 움직임에 중요한 역할을 하는 것으로 보인다.^[14,15] 본 연구에서는 각막이심률이 착용시간이 경과됨에 따른 토릭소프트렌즈의 회전양 변화에 영향을 미침을 밝혔다. 즉, 대상안을 각막이심률에 따라 분류하여 정면주시 시 회전양과 상관관계를 분석한 결과 렌즈착용 15분과 6시간 후 모두

각막이심률이 증가할수록 토릭소프트렌즈의 회전양이 감소하는 음의 상관관계를 나타내었다. Gasson^[16]은 원의 이심률은 0이며 이심률이 1에 가까워질수록 포물선 형태가 되며, 이심률값은 각막 만곡도와 렌즈형태를 나타내는 주요 요인이라고 하였다. 본 연구에서 사용한 토릭소프트렌즈는 일정한 이심률을 가지고 있는 렌즈이므로 렌즈의 이심률에 적합한 이심률의 각막에 착용되었을 때에 비해 더 큰 이심률을 가지는 각막에 착용되었을 때는 렌즈가 타이트하게 피팅되는 상태가 되게 된다. 따라서 본 연구에서처럼 이심률이 커질수록 회전양은 작아지는 음의 상관관계가 성립되게 된다. 그러나 박 등^[10]의 연구에서는 ASD 디자인의 토릭소프트렌즈를 15분 동안 착용한 후 각막이심률이 클수록 회전양도 커지는 양의 상관관계를 나타낸 바 있다.

토릭소프트렌즈의 경우 구면소프트렌즈와는 달리 복잡한 디자인으로 이루어져 단순히 렌즈 이심률만으로 피팅상태를 평가하기에는 무리가 있다. ASD 디자인 토릭소프트렌즈의 경우는 이렇게 일반적인 예상과 상이한 결과가 초래되어 박 등^[10]은 응시방향에 따라 각막이심률과 회전양과의 상관관계를 분석하였고, 위 방향과 귀-위 방향으로 응시할 때는 각막이심률이 증가할수록 렌즈 회전량은 감소하는 경향을 보였고, 이와는 반대로 아래, 귀-아래, 코-위 및 코-아래 방향으로 응시할 때는 각막이심률이 증가할수록 회전량도 증가하는 경향을 보인다고 보고한 바 있다. 본 연구에서 사용한 이중췌기형 디자인의 후면 토릭소프트렌즈의 경우는 ASD 디자인의 토릭소프트렌즈에 비하여 이심률과의 상관관계에서는 좀 더 예측가능한 경향으로 회전되는 것으로 판단되었다. 이러한 결과가 나타나는 것은 본 연구에서 사용한 이중췌기형 디자인의 후면토릭렌즈는 렌즈의 상부와 하부를 얇게 하고 중심부를 두껍게 하는 방법으로 상안검은 렌즈의 얇은 상부를 압박해주고 하안검은 하부를 지탱해주며 렌즈의 회전을 줄이는 디자인으로 두꺼운 중심부는 안검사이에 일직선으로 위치하여 중심안정을 잡으며 상하부의 두께가 얇아 안검으로부터 마찰이 적어 렌즈의 두께차이에서 오는 불편한 착용감과 축회전을 안정화시키는 디자인을 가지고 있어 예측가능한 회전 움직임을 가진 반면에 렌즈의 위와 아래가 얇은 이중췌기형 토릭렌즈라는 것은 동일하나 두께차이가 있는 4개의 활성존에 의해 좀 더 예측이 힘든 회전양상이 나타난 것으로 보인다.

또한, 본 연구에서는 이심률이 작은 각막에 이중췌기형 디자인의 토릭소프트렌즈가 착용되었을 때에 10° 이상의 회전이 일어나는 경우가 많으며 이심률이 큰 각막에서는 5° 미만의 회전이 일어나는 경우가 더 많음을 밝혔다. ASD 디자인 토릭소프트렌즈의 경우는 이심률이 작은 각

막에서의 축회전이 적다는 박 등^[10]의 연구결과를 종합하여 볼 때 각막이심률에 따라 적절한 축회전안정화 디자인의 선택이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

8가지 응시방향을 주시하였을 때에는 렌즈착용 15분 후에는 $e < 0.48$ 군 보다 $0.68 \leq e$ 군의 회전양이 더 작은 것을 확인할 수 있었고 이심률에 따른 회전양의 차이가 크지 않았던 반면 토릭소프트렌즈를 6시간 동안 착용한 후에는 전체적으로 회전양이 크게 증가될 뿐만 아니라 이심률에 따라 회전되는 정도가 달라지는 것으로 나타났다. $0.48 \leq e < 0.58$ 군에서는 6시간 후 축회전이 가장 크게 일어났는데 이러한 결과는 $0.48 \leq e < 0.58$ 군은 각막난시 평균값이 -1.63 ± 0.79 D로 분류된 이심률군 중에 가장 높다는 것이 한 원인이 될 것이라고 생각되었다. 즉, 높은 각막난시값은 강주경선, 약주경선의 각막곡률의 차이가 큰 것으로 설명되고 이는 8가지 응시방향 주시 시 움직이게 되는 안구운동으로 인해 렌즈의 축 회전에 영향을 미쳤을 것으로 여겨지며, 각막난시도와 토릭소프트렌즈 축회전량이 양의 상관관계를 가진다는 연구결과에서와 같이 축회전에는 다양한 각막형상 요인이 관여를 하며 최적의 토릭소프트렌즈 피팅을 위해서는 다양한 변수에 대한 연구가 지속적으로 필요하다고 여겨진다.^[14] 응시방향 중 특히 사선방향을 주시할 때 회전상대비의 차이가 컸는데 이러한 결과는 안검장력과 안검의 각도 및 크기도 축 회전에 영향을 미칠 수 있는 변수가 될 수 있다고 보고한 Young의 연구와 같이 외회선 운동이 큰 사선 방향을 주시함으로써 안검의 크기 및 각도가 달라짐으로 인해 나타난 결과로 예상된다.^[17]

이심률이 가장 큰 $0.68 \leq e$ 군은 렌즈착용 15분 후 전체적으로 회전양이 가장 작았지만 6시간 후 따른 회전증가량을 비교하였을 때 가장 많이 통계적으로 유의한 차이로 회전양이 증가하였다. 이러한 결과는 일반 소프트렌즈 착용 6시간 후 건조현상으로 인해 렌즈의 타이트함과 렌즈 중심이탈거리가 통계적으로 유의하게 증가한다고 보고한 Truong 등^[18]의 연구에서처럼 착용시간 경과에 따라 감소된 눈물양과 렌즈자체의 탈수현상으로 인해 토릭소프트렌즈의 회전과 회전복귀에 영향을 미쳤을 것이라 생각되었다.

각막난시도에 따라 세군으로 분류하고 이심률과 회전양과의 상관관계를 분석하였을 때 토릭소프트렌즈 착용 15분 후에는 모든 난시군에서 이심률이 증가할수록 회전양이 감소하는 경향을 보였으며 그 중 $-1.50 \leq D < 2.25$ 군에서 가장 뚜렷한 음의 상관관계를 나타내었다. 이러한 결과는 각막난시 범위에 따라 이심률에 따른 회전양 변화 정도가 상이하다는 것을 의미하는 것이며 토릭소프트렌즈의 곡률반경과 축안정화디자인을 포함한 세부적인 디자인과 각막형상요인들과의 적합성 때문에 나타난 결과로 보인다.

박 등^[13]의 연구에서는 각막난시가 -2.25 D 이상인 경우에만 각막이심률과 회전양과의 상관관계가 나타났으나 본 연구 대상인 이중췌기형 후면 토릭소프트렌즈의 경우는 낮은 각막난시군에서도 각막이심률에 따른 변화가 나타나 각막난시에 대한 영향을 많이 받는 것으로 사료되었다. 또한, 각막난시에 따라 분류하기 전에는 착용 6시간 후의 이심률과 회전양과의 상관관계는 강한 음의 상관관계를 나타냈으며 착용 15분 후보다 추세선의 기울기가 더 컸으나 각막난시에 따라 분류하였을 때는 이심률과의 상관관계가 없는 것으로 나타나 토릭소프트렌즈를 일정 시간 착용한 후에는 각막이심률과 같은 각막형상 변수에 영향을 받지 않을 변화가 토릭소프트렌즈에 발생할 가능성이 있다는 것을 알 수 있었다. 즉, 이러한 연구결과는 일정기간 이상 착용하는 토릭소프트렌즈는 초기 처방과 진단과정과는 다른 회전양을 나타낼 가능성이 있으며 이에 대한 지속적인 연구가 필요함을 의미한다고 볼 수 있다.

결 론

본 연구에서는 이중췌기형 축 안정화 디자인의 후면 토릭소프트렌즈를 착용하여 일상생활에서 충분히 일어날 수 있는 착용시간 경과와 다양한 응시방향 주시 시 발생하는 회전양에 대해서 알아보고 각막이심률과 축회전의 관계를 분석하여 이상적인 피팅을 위해 필요한 사항들을 제시하고자 하였다. 본 연구결과를 통하여 45° 의 상하좌우 및 사선방향의 응시 시 토릭소프트렌즈의 축이 10° 이상 회전하는 경우가 발생함을 알 수 있었고, 이심률값에 따라 회전양이 상이함을 밝혔으며, 본 연구의 대상인 이중췌기형 축 안정화 디자인의 후면 토릭소프트렌즈는 각막이심률이 큰 각막에서 축회전이 안정적임을 확인하였다.

또한, 착용시간 경과에 따라 회전양이 더 커짐을 확인하였으며 착용시간 및 대상안의 이심률값에 따라 회전양과 회전방향이 달라짐을 확인하였다. 이러한 결과는 토릭소프트렌즈를 착용하고 일상생활을 할 때 발생하게 되는 다양한 응시방향과 응시각도는 10° 이상의 렌즈회전을 유발할 수 있고 이는 시력에 영향을 미칠 가능성이 있음을 의미한다. 또한 축 안정화 디자인에 따라 축회전이 최소화될 수 있는 각막이심률이 존재하며 축회전이 크게 일어나는 경우는 토릭소프트렌즈 착용자의 각막이심률이 그 원인이 될 수 있음을 확인하였다.

이상의 결과들을 고려할 때 각막이심률과 렌즈착용시간은 토릭소프트렌즈 피팅 시 고려되어야 할 요인이며, 토릭소프트렌즈의 축 회전은 시력과 직접적으로 관련이 있으므로 피팅 시 착용시간과 이심률에 의한 영향을 충분히 고려해야 할 것으로 보인다. 따라서 단순한 굴절이상값으

로 처방하는 피팅 가이드라인 아닌 축 회전에 영향을 미칠 수 있는 요인들을 고려한 명확한 처방법이 제시되어야 할 것으로 보인다.

REFERENCES

- [1] Haeqerstrom-Portnoy G, Schneck ME, Brabyn JA, Lott LA. Development of refractive errors into old age. *Optom Vis Sci.* 2002;79(10):643-649.
- [2] Morgan PB, Efron N, Woods CA. An international survey of toric contact lens prescribing. *Eye Contact Lens.* 2013;39(2):132-137.
- [3] Morgan PB, Efron N. A decade of contact lens prescribing trends in the United Kingdom (1996-2005). *Cont Lens Anterior Eye.* 2006;29(2):59-68.
- [4] 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.
- [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] Nilsson M, Stevenson SB, Leach N, Bergmanson JP, Brautaset RL. Vertical imbalance induced by prism-balasted soft toric contact lenses fitted unilaterally. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2008;28(2):157-162.
- [7] Timberlake GT, Doane MG, Bertera JH. Short term, low-contrast visual acuity reduction associated with in vivo contact lens drying. *Optom Vis Sci.* 1992;69:755-760.
- [8] Efron N, Morgan PB, Helland M, Itoi M, Jones D, Nichols JJ et al. Soft toric contact lens prescribing in different countries. *Cont Lens Anterior Eye.* 2011;34(1):36-38.
- [9] Reddy T, Szczotka LB, Roberts C. Peripheral corneal contour measured by topography influences soft toric contact lens fitting success. *CLAO J.* 2000;26(4):180-185.
- [10] Park HM, Park K, Kim SR, Park M. A correlation between axis-rotation and corneal eccentricity in toric soft contact lens fitting in with-the-rule astigmatism. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2014;19(3):305-313.
- [11] Young G. Ocular sagittal height and soft contact lens fitting. *J Brit Cont Lens Assoc.* 1992;15(1):45-49.
- [12] 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.
- [13] Park EH, Kim SR, Park M. A relationship between corneal eccentricity and stable centration of RGP lens on cornea. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2012;17(4):373-380.
- [14] Park HM, Kim SR, Park M. A Correlation between axis-rotation and corneal astigmatism in toric soft contact lens fitting. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2014;19(2):189-198.
- [15] Park EH, Kim SR, Park M. The comparison of fluorescein patterns between spherical RGP lens and aspherical RGP lens by corneal type and astigmatic degree. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2012;17(1):37-45.
- [16] Gasson A, Morris J. *The contact lens manual*, 3rd Ed. London: Butterworth-Heinemann, 2003;126.
- [17] Young G, Hunt C, Covey M. Clinical evaluation of factors influencing toric soft contact lens fit. *Optom Vis Sci.* 2002;79(1):11-19.
- [18] Truong TN, Graham AD, Lin MC. Factors in contact lens symptoms: evidence from a multistudy database. *Optom Vis Sci.* 2013;91(2):133-141.

착용시간 및 응시방향에 따른 토릭소프트콘택트렌즈의 축 회전과 각막이심률과의 상관관계

서우현, 김소라, 박미정*

서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 01811

투고일(2016년 2월 3일), 수정일(2016년 3월 8일), 게재확정일(2016년 3월 11일)

목적: 본 연구에서는 토릭소프트콘택트렌즈를 일정시간 착용했을 때와 응시방향을 달리하였을 때 각막이심률이 축 회전에 미치는 영향에 대해서 알아보려고 하였다. **방법:** 이중썩기형 축 안정화 디자인을 가진 토릭소프트콘택트렌즈를 85안의 직난시안에 착용시키고 착용 15분 후와 6시간 후에 각각 응시방향에 따른 회전방향 및 회전양 변화를 측정하고 각막이심률에 따른 차이가 나타나는 지 비교분석하였다. **결과:** 토릭소프트콘택트렌즈의 회전은 착용 15분 후와 6시간 후 모든 각막이심률 군에서 귀-위쪽방향으로의 응시를 제외하고 모두 귀쪽으로 회전하는 경향이 있었다. 정면주시할 때의 회전양은 착용 15분 후와 6시간 후 모두 각막이심률이 증가할수록 회전양이 감소하는 음의 상관관계를 나타내었으며, 이심률이 작은 각막에서는 10° 이상의 회전을 보이는 경우가 많았다. 토릭소프트콘택트렌즈 착용 15분 후의 회전양은 각막이심률에 따른 차이가 적었으나, 착용 6시간 후에는 각막이심률에 따라 회전양의 변화 정도에 차이가 나타났다. **결론:** 본 연구에서는 토릭소프트콘택트렌즈 착용 시 각막이심률에 따라 축 회전양이 크게 달라지며 일정시간 착용 후의 회전양 또한 각막이심률에 영향을 받음을 밝혔다. 따라서 각막이심률에 따라 적절한 토릭소프트콘택트렌즈의 선택이 필요함을 제안한다.

주제어: 이중썩기형 디자인, 각막이심률, 토릭소프트콘택트렌즈, 회전방향, 회전양