



Measurement of Ocular Torsion Using Iris Imaging during Fixation

Kwang-Keun Oh¹, Hyun Gug Cho², Byeong-Yeon Moon², Sang-Yeob Kim², and Dong-Sik Yu^{2,*}

¹Dept. of Optometry, Kangwon National University, Student, Samcheok 25949, Korea

²Dept. of Optometry, Kangwon National University, Professor, Samcheok 25949, Korea

(Received January 29, 2019; Revised February 25, 2019; Accepted February 25, 2019)

Purpose: To evaluate the reliability of ocular torsion measurement using iris imaging during fixation. **Methods:** Subjective refraction tests were conducted in 32 subjects (mean age, 23.78±1.90 years). A slit lamp microscope was used to capture iris images during fixation with different head tilt conditions (0° and 10° to the right and left, respectively). Ocular torsions were measured three times based on the difference in angle between 0° and 10° of head tilt positions. Reliability was evaluated using repeated measures ANOVA, paired t-test, and Pearson's correlation coefficient. Moreover, 95% limits of agreements were evaluated by comparing ocular torsions measured using fundus images. **Results:** Ocular torsions measured three times using iris images at the head tilt positions of 0° and 10° to the right and left were not significantly different ($p = 0.508$ for rightward tilt, $p = 0.985$ for leftward). The comparisons of ocular torsion measured using iris and fundus imaging showed no significant differences ($p = 0.124$ for rightward tilt, $p = 0.386$ for leftward tilt). Correlations between the two measurements were high (0.880 for rightward tilt and 0.935 for leftward tilt, with narrow 95% limits of agreement). **Conclusions:** Measurement of ocular torsion using iris imaging revealed a high reliability among repeated measurements and showed good agreement with measurements of ocular torsion using funduscopy. Therefore, iris imaging may be useful if it is difficult to obtain a fundal image using funduscopy during fixation.

Key words: Ocular torsion, Iris image, Fundus image, Head tilt, Slit lamp microscope, Funduscopy

서 론

안구 회선(ocular torsion)은 머리를 움직이거나 기울일 때 망막의 상을 안정화시키려고 발생하는 보상성 안구운동으로 전정안반사(vestibular ocular reflex)에 의해 발생한다.^[1] 전정안반사는 중력과 선형운동에 대응하고 이석(ear crystal)에서 발생하는 이석-안반사(linear vestibular ocular reflex)와 머리의 회전운동에 관여하며 반고리관(semicircular duct)에 의해 발생하는 반고리관-안반사(angular vestibular ocular reflex)로 나뉜다.^[2] 이러한 전정계의 신호에 반응하여 안구의 상사근(superior oblique muscle)과 하사근(inferior oblique muscle)이 주로 안구 회선을 발생시킨다.^[3]

안구의 회선을 측정하는 타각적 방법은 안저촬영법(funduscopy),^[4] 검안경 및 특수 기구를 사용하는 방법,^[5] 비디오 카메라로 홍채 무늬 촬영법,^[6] 각막에 표식을 한 사진을 이용한 방법^[7]이 있다. 이 중에서 안저촬영법이 가장 일반적이며,^[8-10] 안저 이미지의 시신경유두(optic disk) 중심과 중심와(fovea)의 거리를 측정한 후 탄젠트를 이용^[11]하거나 각도를 측정하는 프로그램을 사용^[12]하여 안구

의 회선을 측정한다.

임상에서 널리 사용되는 안저 촬영기기들의 대부분은 피검자의 정면 주시 상태가 측정기에 가려져 있는 상태에서 안구 움직임을 고정시킨 후 촬영을 한다.^[13] 따라서, 안저 이미지를 이용하여 안구 회선을 측정하는 방법은 정적상태에서 정량적으로 안구 회선량을 측정할 수 있다는 장점이 있으나, 동적상태 또는 주시 거리의 변화에 따른 안구 회선량을 측정할 수 없으며 환자의 동공이 작을 때 측정이 쉽지 않아 정확한 측정을 위해 산동(mydriasis) 후 사용해야 하거나 어두운 곳에서 측정해야 한다는 단점이 있다.^[1] 이러한 단점으로 인해 안구의 회선을 측정하는 여러 방법들이 소개되고 있다. 최근 스마트폰의 보급률이 증가하면서 스마트폰과 렌즈를 이용하여 안저를 촬영하는 방법^[13,14]들이 소개되었으며, 디지털카메라를 이용하여 안구 회선을 측정한 연구들도 소개되었다. Seo 등^[15]이 디지털카메라를 이용하여 안구 회선량을 측정하였고, Felius 등^[16]은 회선사시 환자를 대상으로 디지털 카메라와 포토샵 프로그램을 이용하여 전안부 사진으로 회선각을 측정한 후 안저촬영법과 비교하였는데, 두 방법간 측정된 회선

*Corresponding author: Dong-Sik Yu, TEL: +82-33-540-3415, E-mail: yds@kangwon.ac.kr

각은 유사하였으나 디지털카메라에 의한 측정법이 더 간단하고 경제적이라고 보고하였다. 또한, Han 등^[7]은 외안부의 디지털 영상을 이용하여 안구 회선을 측정하는 방법이 재현성이 높다고 보고하기도 하였다. 이와 같이 안구 회선 측정에서 안저촬영법의 제한점을 극복할 수 있는 여러 방법들이 소개되고 있지만, 대부분의 선행연구에서는 정적 자세에서 안구 회선을 측정하였으며, 머리 기울임과 같은 동적 자세나 주시 거리별 측정이 가능하지 않았다. 이러한 제약을 해소하기 위해 세극등현미경(slit lamp microscope)에 반투명거울(semi-transparent mirror)을 장착하면 거리별 주시와 다양한 자세에서 홍채 촬영이 가능할 것이다. 이러한 방법의 핵심은 피검자가 반투명거울을 주시한 상태에서 홍채 이미지에 의한 안구회선 측정의 가능성에 대한 검증이다.

따라서 본 연구의 목적은 주시 상태의 홍채 이미지를 이용하여 측정한 안구 회선량의 재현성을 알아보고 안저 이미지로 측정한 안구 회선량과 비교하여 안저촬영법의 제한점을 극복할 수 있는 안구 회선 측정 방법을 제시하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

본 연구의 목적과 취지에 동의한 평균 연령 23.78±1.90세 32명(남 18, 여 14)을 대상으로 하였다. 문진을 통해, 현재와 과거에 전정계 및 안과적 병력이 없고 사시, 눈 수술 경험이 없음을 확인하였다. 양안균형검사를 포함한 자각적 굴절검사를 시행하여 최대교정시력이 1.0 이상을 대상으로 하였다. 피검자들의 평균 등가구면 굴절력은 -2.63 ± 3.52 D이었으며, 우위안이 우안인 피검자는 총 23명, 좌안인 경우는 9명이었다. 평균 수평사위는 원거리 2.63 ± 3.52 Δ 외사위, 근거리 5.28 ± 5.80 Δ 외사위로 Morgan 기준^[18]에 포함되었다.

2. 방법

수동 포토퍼(Phoropter 11625B, Reichert, USA)를 이용하여 자각적 굴절검사를 통해 피검자들의 최대시력이 1.0 이상을 확인하였다. 반투명거울을 장착하여 전방 주시가 가능하도록 한 안과용 카메라(DC-4, Topcon, Japan)가 부착된 세극등현미경(SL-D701, Topcon, Japan)과 안저촬영기(TRC-NW8, Topcon Japan)를 이용하여 3가지 조건(머리 기울기 0°, 오른쪽 방향으로 10°, 왼쪽 방향으로 10°)에서 홍채와 안저를 각각 3번씩 촬영하여 가장 선명한 이미지를 대상으로 안구 회선을 측정하였다. 촬영한 홍채와 안저 이미지를 Image J 프로그램^[19]을 이용하여 머리 기울기가 0°일 때와 10°일 때의 차이를 측정하여 안구 회선량을 측정하였다. 홍채 이미지를 촬영할 때는 동공 위쪽 부분의 가장 선명한 홍채의 음와(iris crypts)를 기준으로 선정하고 동공 아래쪽 부분의 선명한 음와를 가능한 동공 중심을 지나게 연결한 후 수평선을 그어 각도를 측정하였고, 총 세 번을 각각 다른 음와를 기준으로 측정하였다(Fig. 1). 안저 이미지 촬영시 동공확대제를 사용하지 않았고 두 검사 모두 5 lx의 어두운 조명하에 실시하였다. 모든 촬영은 강한 주시 상태에서 측정하기 위해 우위안에만 시행하였으며 안구 회선량은 각각 3회씩 반복측정 후 평균값을 비교하였다.

3. 분석

데이터 분석은 SPSS for Windows (Ver 19.0)을 이용하여 재현성을 알아보기 위해 대응표본 t검정(paired t-test)과 반복측정 분산분석(repeated measures ANOVA)을 하였고, 두 방법을 비교를 위해 상관분석을 실시하였다. 또한, 두 측정방법간 신뢰도를 알아보기 위해 MedCalc (Ver 10.4)을 이용하여 Bland-Altman 분석을 실시하였다. 모든 분석에서 통계적으로 유의한 차이는 유의확률이 $p < 0.05$ 일 때로 판단하였다.

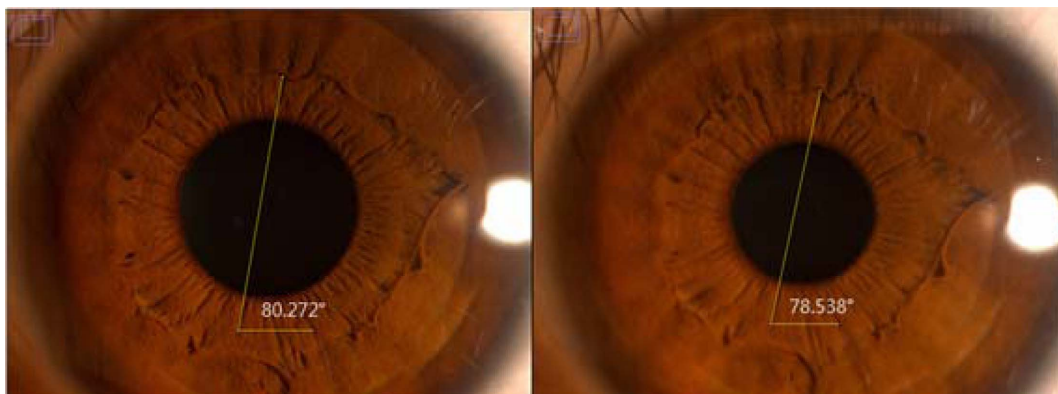


Fig. 1. Example data of ocular torsion measured using Image J for the left eye. Head tilt is 0° (right image) and 10° to the left (left image). In the above Fig. 1, ocular torsion is 1.734° (80.272°–78.538°)

결과 및 고찰

1. 10° 머리 기울임에서 홍채 이미지로 측정한 안구 회선

오른쪽 및 왼쪽 방향으로 머리를 10° 기울였을 때, 홍채 이미지에서 측정한 안구 회선량의 3회 측정값은 Table 1 과 같다. 먼저, 머리 기울임 방향에 따라 분석해 본 결과, 첫 번째 측정시, 안구 회선량은 오른쪽 방향이 2.17±1.16° 이었고 왼쪽 방향이 2.22±1.25°이었으며 두 그룹간 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p = 0.861). 두 번째와 세 번째 측정 시, 안구 회선량은 오른쪽 방향이 각각 2.05±1.08°, 2.13±1.16°이었고 왼쪽 방향이 각각 2.23±1.27°, 2.22±1.29°이었으며 두 그룹간 통계적으로 유의한 차이는 없었다(두 번째 p = 0.514, 세 번째 p = 0.770). 측정 횟수에 따른 반복 측정 분산분석에서도 유의한 차이를 나타내지 않았으며 (오른쪽 p = 0.508, 왼쪽 p = 0.985), 3회 반복측정값의 평균은 오른쪽과 왼쪽 방향으로 머리를 기울였을 때, 각각 2.12±1.12°, 2.22±1.26°이었다. 안구 회선량의 범위는 오른쪽 방향으로 기울였을 때 0.40°~4.78°이었고 왼쪽 방향으로 기울였을 때 0.45°~4.27°이었다.

안구 회선에 대한 여러 선행연구에 의하면,^[20,21] 최대 안구 회선의 양은 11°라고 보고되었다. Nagel^[22]은 머리 기울기를 보상하는 안구 회선의 양을 조사한 연구들을 종합해본 결과, 안구 회선량은 머리 기울기 각도의 대략 20% 정도라고 보고하였다. Fluur^[23]는 45°의 머리 기울기 조건에서 타각적 및 자각적 방법으로 측정한 안구 회선을 비교한 연구에서 안구 회선량이 각각 9.37°, 10.04° 라고 보고하였으며, 이는 머리 기울기에 대하여 대략 21%, 22% 이었다. 또한, Fluur^[22]의 연구에서 자각적 방법과 타각적 방법으로 측정한 안구 회선량의 범위는 각각 1°~21°, 2°~18°이었으며, 피검자 개인에 따라 넓은 범위를 나타낸다고 보고하였다.

본 연구에서 안구 회선량은 머리 기울기의 약 21%,

Table 1. Ocular torsion measured using iris imaging at 10° head tilt 10°

Number of measurements	Ocular torsion (M±SD)		
	To the right	To the left	p [‡]
1st	2.17±1.16	2.22±1.25	0.861
2nd	2.05±1.08	2.23±1.27	0.514
3rd	2.13±1.16	2.22±1.29	0.770
Total	2.12±1.08	2.22±1.26	-
p-value [†]	0.508	0.985	-

[†]p-values for repeated measures ANOVA with Bonferroni *post-hoc* tests

[‡]p-values for paired t-test

Table 2. Comparison of ocular torsion between a number of measurements according to head tilt condition

Number of measurements	Iris image		
	r (p)	MD	95% LOA
To the right	1st vs. 2nd	0.881 (p<0.001)	0.118 1.32 to -0.85
	1st vs. 3rd	0.835 (p<0.001)	0.036 1.38 to -1.23
	2nd vs. 3rd	0.878 (p<0.001)	0.083 0.93 to -1.26
To the left	1st vs. 2nd	0.964 (p<0.001)	0.008 0.65 to -0.68
	1st vs. 3rd	0.943 (p<0.001)	0.001 0.85 to -0.84
	2nd vs. 3rd	0.955 (p<0.001)	0.009 0.78 to -0.74

r: Pearson correlation coefficient, MD: mean difference, LOA: limit of agreement

22%로 선행연구들의 안구 회선량과 유사한 것으로 확인되었다.

홍채 이미지를 이용하여 머리 기울임에 따른 3회 측정 한 안구 회선의 비교 결과는 Table 2와 같다. 왼쪽으로 기울였을 때 첫 번째와 두 번째로 측정한 값들의 상관계수가 0.964로 가장 높고 좁은 95% 일치도 범위를 보였으며, 오른쪽으로 기울였을 때 첫 번째와 세 번째 측정 한 값들의 상관계수가 0.835로 가장 낮은 상관계수를 보였다. 측정에 따른 비교에서 유의한 상관성을 나타내었고, 홍채 이미지를 이용하여 안구 회선을 측정하는 것은 재현성이 높은 것으로 판단된다.

2. 홍채와 안저 이미지로 측정한 안구 회선량 비교

오른쪽 및 왼쪽 방향으로 머리 기울기 10° 조건에서 촬영한 홍채와 안저 이미지를 이용하여 측정한 안구 회선량은 Table 3과 같다. 오른쪽 방향으로 기울였을 때, 홍채 이미지와 안저 이미지의 평균 안구 회선량은 각각 2.12±1.08°, 2.30±1.33°이었고, 왼쪽 방향으로 기울였을 때는 안구 회선량이 각각 2.22±1.25°, 2.15±1.40°이었다. 모든 조건에서 홍채와 안저 이미지를 이용하여 측정한 안구 회선량의 비교에서 유의한 차이를 나타내지 않았다(오른쪽 p = 0.124, 왼쪽 p = 0.386).

머리 기울임 조건에 따른 홍채와 안저 이미지로 측정한 안구 회선량을 상관분석한 결과는 Table 4와 같고, 상관계수는 오른쪽 방향이 0.880, 왼쪽 방향이 0.935로 모두 높은 상관성을 나타냈다. 평균 차이는 오른쪽 방향이 0.18°, 왼쪽 방향이 0.07°이었다. Fig. 2와 3은 홍채와 안저 이미

Table 3. Ocular torsion measured using iris and fundus imaging at 10° head tilt

Tilt direction	Ocular torsion (M±SD)		
	Iris image	Fundus image	p-value [†]
Right	2.12±1.08	2.30±1.33	0.124
Left	2.22±1.26	2.15±1.40	0.386

[†]p-values for paired t-tests

Table 4. Comparison of ocular torsion measured using two methods according to head tilt condition

Tilt direction	Iris vs. Fundus		
	r (p)	MD	95% LOA
Right	0.880 (p<0.001)	0.18	0.89 to -1.61
Left	0.935 (p<0.001)	0.07	1.23 to -0.82

r: Pearson correlation coefficient, MD : mean difference, LOA: limit of agreement

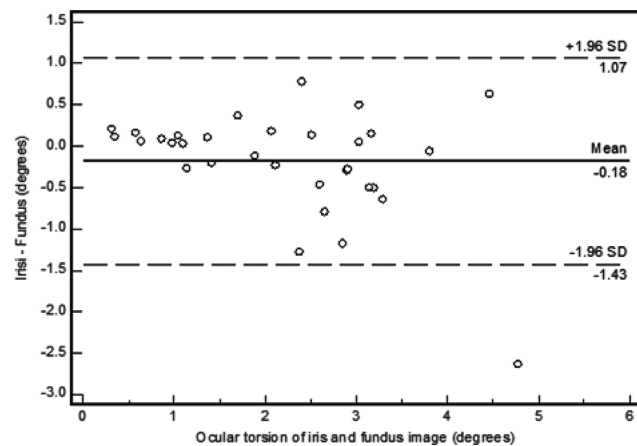


Fig. 2. Ocular torsion measured using iris and fundus images with rightward head tilt.

지로 측정된 안구 회선량을 Bland-Altman 분석한 결과이다. 머리 기울기의 방향이 오른쪽일 때 95% 일치도 범위는 2.5°, 왼쪽일 때 2.05°이었다. 홍채와 안저 이미지를 이용하여 측정된 안구 회선량을 비교한 결과, 두 그룹 모두 높은 상관성과 좁은 95% 일치도 범위를 나타냈다.

Felius 등^[16]은 회선사시 환자를 대상으로 홍채와 안저 이미지의 상관성을 분석한 결과, 상관계수가 0.988(p<0.001) 이었다고 보고하였고 안구 회선량을 측정할 때 홍채 이미지가 안저 이미지를 대체할 수 있을 것이라고 판단하였다. 본 연구 결과도 선행연구 결과와 유사했으며, 두 그룹간 상관성이 높은 것으로 나타났다.

현재 안구 회선량을 정량적으로 측정하기 위해 많이 사용되는 방법은 안저촬영법으로 촬영한 안저 이미지로 측

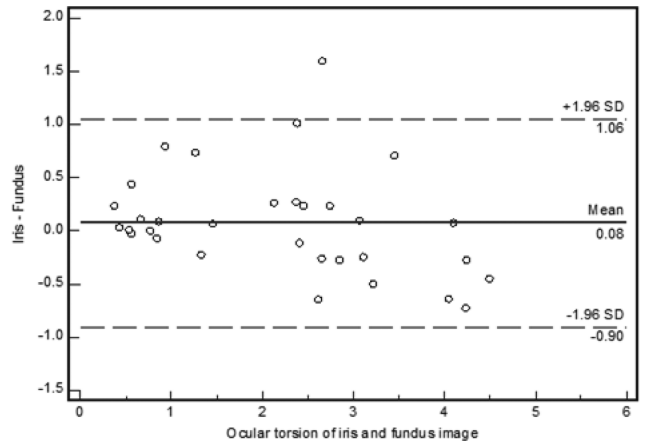


Fig. 3. Ocular torsion measured using iris and fundus images with leftward head tilt.

정하는 것이다.^[9,16] 하지만, 안저촬영법은 거리가 고정된 타깃을 주시를 해야 하고 경우에 따라 약물을 사용하여 동공을 확장시킨 후에 측정해야한다는 단점이 있다.^[11]

홍채 이미지를 이용하여 안구 회선을 측정하는 선행 연구들^[16,24]에서는 홍채 이미지와 안저 이미지를 이용하여 측정된 안구 회선량의 차이가 적고 높은 상관성을 보인다고 보고하였다. 또한, 안저촬영법과 비교하여 홍채 이미지를 이용하여 측정은 측정하는 방법은 측정이 간단하고 경제적이며,^[16] 약물 사용이 요구되지 않고 타깃의 주시 거리를 조절할 수 있다는 장점이 있다. 하지만, 홍채 이미지를 이용하여 안구 회선을 측정하는 방법은 환자의 홍채에 특징적인 부분, 즉 음와가 있어야 하며 동공이 편심되어 있으면 측정이 정확하지 않고 무홍채증(aniridia)과 같은 홍채에 이상이 있는 경우 안구 회선 측정이 힘들다는 단점이 있다.^[16] 안구 회선에 대한 이전의 연구^[25,26]에서 양안을 모으거나 올릴 때 외회선량(excyclo torsion)이 증가하고, 내림에서는 외회선량이 감소한다고 하였다. 또한, 안저촬영기의 주시 타깃 유무에 따른 안구 회선 측정에 대한 연구에서 Choi 등^[27]은 통계적으로 유의하지는 않지만, 주시 타깃이 있는 경우 측정되는 안구 회선량이 더 적으므로 주시 타깃을 두고 안저 이미지를 측정하는 것이 바람직하다고 보고하였다. 이를 근거로 주시 타깃의 거리와 방향 변화에 따른 안구 회선에 대한 정확한 양적 및 질적 평가가 필요할 것으로 판단된다. 따라서 홍채 이미지를 이용하여 주시 타깃의 위치 및 거리 변화에 따른 안구 회선에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

결 론

머리 기울임 조건(머리 기울임 오른쪽 및 왼쪽 방향으로

10°)에서 홍채 이미지를 이용하여 3회씩 반복측정한 안구 회전량은 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았고 머리 기울임 오른쪽 방향과 왼쪽 방향에 따른 분석에서도 유의한 차이를 나타내지 않았다. 3회 반복측정에 따른 상관분석 결과, 머리 기울임 오른쪽과 왼쪽 방향 모두에서 높은 상관성을 나타냈다.

머리 기울임 조건에 따라 안저 이미지와 홍채 이미지를 이용한 안구 회전량 비교에서도 유의한 차이를 나타내지 않았고 머리 기울임 오른쪽과 왼쪽 방향 모두에서 높은 상관성을 나타냈다. 따라서 안구 회전량을 측정하기 위해 홍채 이미지를 이용하는 방법은 재현성이 높고 안저 이미지를 이용하는 방법과 비교하여 신뢰도가 높은 것으로 판단된다.

본 연구의 결과에서 홍채 이미지와 안저 이미지로 측정된 안구 회전량이 유의한 차이를 나타내지 않았고 높은 상관성을 보였다. 따라서 환자의 동공 크기가 작거나 약물 투여 제한 등으로 인해 안저촬영기 사용이 어려운 경우 홍채 이미지가 안저 이미지를 대체할 수 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

- [1] Ko BY, Choi JS, Kim KS, Choi H. Age and gender specific reference value of ocular torsion by using funduscope in Korean. *Res Vestib Sci*. 2011;10(1):30-33.
- [2] Chung WH, Lee TK, Sung KB. Basic principles of vestibulo-ocular reflex (VOR). *J Korean Balance Soc*. 2006; 5(1):111-125.
- [3] Kim DH. *Ocular anatomy*, 6th Ed. Seoul: Jungmunkag, 2013;222.
- [4] Morton GV, Lucchese N, Kushner BJ. The role of funduscopy and fundus photography in strabismus diagnosis. *Ophthalmology*. 1983;90(10):1186-1191.
- [5] Madigan WP Jr, Katz NN. Ocular torsion-direct measurement with indirect ophthalmoscope and protractor. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 1992;29(3):171-174.
- [6] Bos JE, de Graaf B. Ocular torsion quantification with video images. *IEEE Trans Biomed Eng*. 1994;41(4):351-357.
- [7] Kushner BJ, Kraft SE, Vrabc M. Ocular torsional movements in humans with normal and abnormal ocular motility--Part I: Objective measurements. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 1984;21(5):172-177.
- [8] Rosenbaum AL, Santiago AP. *Clinical strabismus management*, 1st Ed. Philadelphia: Saunders, 1999;55-59.
- [9] Lee DH, Lee SJ, Park SH. Ocular torsion in normal Korean population. *J Korean Ophthalmol Soc*. 2004;45(5):797-802.
- [10] Park SW. The torsional status of normal Koreans. *J Korean Ophthalmol Soc*. 2004;45(11):1906-1911.
- [11] Sim JH, Lee SY. The effect of inferior oblique weakening procedures on the correction of ocular torsion. *J Korean Ophthalmol Soc*. 2005;46(6):1020-1026.
- [12] Lee D, Kim WJ, Kim MM. Changes in ocular excyclotorsion according to graded inferior oblique recession. *J Korean Ophthalmol Soc*. 2016;57(8):1268-1273.
- [13] Choi SH, Sun HJ, Lee SJ. Fundus photography with a smartphone. *J Korean Ophthalmol Soc*. 2017;58(8):947-951.
- [14] Pujari A, Mukhija R, Chawla R, Phuljhele S, Saxena R, Sharma P. Smartphone-based evaluation of the optic nerve head. *Indian J Ophthalmol*. 2018;66(11):1617-1618.
- [15] Seo JM, Kim KG, Kim JH, Park KS, Chung H. Measurement of ocular torsion using digital fundus image. *Korean J Optom Vis Sci*. 2007;6(1):1-6.
- [16] Feliu J, Locke KG, Hussein MA, Stager DR Jr, Stager DR Sr. Photographic assessment of changes in torsional strabismus. *J AAPOS*. 2009;13(6):593-595.
- [17] Han SH, Kim SG, Lee JB. Digital videographic measurement of cyclotorsional angle in normal human eye. *J Korean Ophthalmol Soc*. 1998;39(7):1571-1577.
- [18] Scheiman M, Wick B. *Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders*, 4th Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2014;7-8.
- [19] NIH (National Institutes of Health, USA). Image J ver 1.45, 2011. <http://imagej.nih.gov/ij/download.html> (29 January 2019).
- [20] Miller EF. Counterrolling of the human eyes produced by head tilt with respect to gravity. *Acta Otolaryngol*. 1962; 54:479-501.
- [21] Linwong M, Herman SJ. Cycloduction of the eyes with head tilt. *Arch Ophthalmol*. 1971;85(5):570-573.
- [22] Nagel WA. Über kompensatorische raddrehungen der augen. *Z Physiol Psychol Sinnesorg*. 1896;12(1):331-354.
- [23] Fluor E. A comparison between subjective and objective recording of ocular counter rolling as a result of tilting. *Acta Otolaryngol*. 1975;79(1-2):111-114.
- [24] Ong JK, Haslwanter T. Measuring torsional eye movements by tracking stable iris features. *J Neurosci Methods*. 2010;192(2):261-267.
- [25] Allen MJ. The dependence of cyclophoria on convergence, elevation and the system of axes. *Am J Optom Arch Am Acad Optom*. 1954;31(6):297-307.
- [26] Allen MJ. Torsional movement of the eyes associated with accommodative and fusional convergence. MS Thesis. the Ohio State University, Columbus. 1942;1-43.
- [27] Choi HY, Kim EH, Lee SJ, Lambert SR. Ocular torsion according to fixation in fundus photograph. *J AAPOS*. 2006;10(1):71.

주시 상태에서 홍채 이미지에 의한 안구 회선 측정

오광근¹, 조현국², 문병연², 김상엽², 유동식^{2,*}

¹강원대학교 안경광학과, 학생, 삼척 25949

²강원대학교 안경광학과, 교수, 삼척 25949

투고일(2019년 1월 29일), 수정일(2019년 2월 25일), 게재확정일(2019년 2월 25일)

목적: 주시 상태에서 홍채 이미지를 이용한 안구 회선량 측정법의 신뢰성을 평가하고자 하였다. **방법:** 32명을 대상(평균 연령 23.78±1.90세)으로 자각적 굴절검사를 시행하고 안과용 카메라가 부착된 세극등현미경을 이용하여 주시 상태에서 머리 기울임 자세(오른쪽과 왼쪽 방향으로 10°)에 따라 홍채 이미지를 촬영하였다. 안구 회선량은 0°와 머리 기울기 10°의 차이로 하였고 3회씩 측정하였다. 신뢰도 평가는 반복측정 분산분석, 대응표본 t 검정, 상관분석, 95% 일치도 범위를 사용하였고 안저 이미지를 이용하여 측정한 안구 회선량과 비교하였다. **결과:** 머리 기울임 0°와 오른쪽 및 왼쪽 10° 자세에서 촬영한 홍채 이미지를 이용하여 3회씩 측정한 안구 회선량은 유의한 차이가 없었다(머리 기울임 오른쪽 $p=0.508$, 왼쪽 $p=0.985$). 홍채와 안저 이미지를 이용하여 측정한 안구 회선량의 비교한 결과, 유의한 차이를 보이지 않았다(머리 기울임 오른쪽 $p=0.124$, 왼쪽 $p=0.386$). 두 측정법간의 상관성은 머리 기울임이 오른쪽 방향일 때 0.880, 왼쪽 방향일 때 0.935이었고 좁은 95% 일치도 범위를 나타냈다. **결론:** 홍채 이미지를 이용한 안구 회선량 측정법은 반복측정에서 높은 신뢰도를 보였고 안저 이미지를 이용한 안구 회선량 측정법과 좋은 일치도를 보였다. 따라서, 환자가 주시 상태에서 안저 촬영기를 이용한 안저 이미지 촬영이 어려운 경우 홍채 이미지가 유용할 것으로 보인다.

주제어: 안구 회선, 홍채 이미지, 안저 이미지, 머리 기울임, 세극등현미경, 안저촬영기