

건성안 지표와 서로 다른 두 기기로 측정된 전면 각막 고위수차의 관계 분석

Relationship between Dry Eye Parameters and Anterior Corneal Higher-Order Aberrations Measured by Two Different Instruments

조아란 · 강나희 · 전루민

Ah Ran Cho, MD, Na Hee Kang, MD, Roo Min Jun, MD, PhD

이화여자대학교 의학전문대학원 안과학교실

Department of Ophthalmology, Ewha Womans University School of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To compare the corneal first surface higher-order aberrations (HOAs) of normal subjects and patients with dry eye using KR-1W[®] (Topcon Corp., Tokyo, Japan) and Pentacam[®] HR (Oculus Inc., Dutenhofen, Germany). We analyzed the relationship between the aberrations and the diagnostic parameters of dry eye.

Methods: We evaluated anterior corneal HOAs in 71 normal eyes and 71 dry eyes using KR-1W[®] and Pentacam[®]. Dry eye patients were examined for fluorescein staining, tear break-up time (TBUT), and Schirmer I test. Ocular Surface Disease Index (OSDI) was used for assessment of subjective symptoms in dry eye patients.

Results: HOAs measured by both instruments were greater in the dry eye group than in the control group, although HOAs using KR-1W[®] only achieved statistical significance. The anterior corneal HOAs measured by the 2 instruments were significantly correlated with superficial punctate keratitis. Moreover, TBUT and the Schirmer I test negatively correlated, and OSDI positively correlated, with anterior corneal HOAs.

Conclusions: The HOAs in patients with dry eye were significantly different from controls and tended to increase with disease severity. KR-1W[®] might be more useful than Pentacam[®] to detect tear film instabilities.

J Korean Ophthalmol Soc 2015;56(1):6-12

Key Words: Anterior corneal higher-order aberrations, Dry eye, HOAs, KR-1W[®], Pentacam[®]

건성안은 임상에서 자주 접할 수 있는 질환 중 하나로, 환자들은 일차적으로 눈의 건조함이나 이물감, 통증 등의

증상으로 외래에 내원한다. 그렇기 때문에 흔히 건성안을 시력과 무관한 질환으로 생각하기도 하는데, 실제로는 많은 환자에서 시야 흐림이나 시력 감퇴 등의 증상도 동반되는 것을 볼 수 있다.¹ 이전에는 이러한 건성안의 시력 변동에 대한 이해가 부족하였으나, 수차를 측정할 수 있는 수차 분석기가 다양하게 개발되면서 고위수차(higher-order aberrations, HOAs)를 통해 건성안 환자 시력의 질적 저하를 증명하려는 연구들이 이루어지게 되었다.² Thibos and Hong³은 하트만-셱(Hartmann-Shack) 수차계를 이용하여 건성안의 눈물막 파괴로 인해 고위수차가 증가하면서 상(image)의 질이 감소한다는 것을 증명하였고, Koh et al⁴은 건성안

■ Received: 2013. 10. 18. ■ Revised: 2014. 4. 2.
■ Accepted: 2014. 11. 24.

■ Address reprint requests to **Roo Min Jun, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Ewha Womans University
Medical Center, #1071 Anyangcheon-ro, Yangcheon-gu, Seoul
158-710, Korea
Tel: 82-2-2650-5154, Fax: 82-2-2654-4334
E-mail: jrmoph@ewha.ac.kr

* This study was presented as an e-poster at the 108th Annual Meeting of the Korean Ophthalmological Society 2012.

© 2015 The Korean Ophthalmological Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

환자의 각막 중앙부 표피 손상에 의한 고위수차의 증가가 시력 감소의 중요한 원인임을 주장하였다.

한편 현재 상용화되어 있는 Pentacam® HR (Oculus Inc., Wetzlar, Germany, software version 2.73r19)은 샤임플러그 카메라(Scheimpflug camera) 방식을 이용하여 각막 형태를 분석하고, 이를 통해 각막 전면의 수차를 산출할 수 있는 각막 지형도 검사기이다.⁵ 또한 KR-1W® (Topcon corp., Tokyo, Japan)는 하트만-쉴 원리의 파면 측정기(wavefront sensor)를 통해 전체 안구의 고위수차를 측정할 수 있을 뿐만 아니라, 플라시도 디스크(Placido disc)를 이용해 각막 지형도를 분석하여 각막의 고위수차도 측정할 수 있는 통합 수차계이다.⁶ 건성안에서 KR-1W®를 이용하여 고위수차를 분석한 연구는 이전에 보고된 바 있으나,^{7,8} 아직까지 Pentacam®을 이용하여 분석한 연구는 없었으며, 서로 다른 두 기기로 측정된 각막 전면 고위수차에 대한 비교도 시행된 바 없다.

이에 본 연구에서는 KR-1W®와 Pentacam®을 모두 이용하여 건성안 환자의 각막 고위수차를 측정하고 두 기기 간 차이가 있는지 알아본 뒤, 측정된 고위수차 값이 다양한 건성안 지표들과 실제로 어떠한 상관관계를 보이는지 확인하고자 하였다.

대상과 방법

2012년 3월부터 9월까지 본원 안과를 방문한 20세 이상 환자 중 건성안으로 진단받은 71명, 71안과 정상 대조안 71명, 71안을 전향적으로 선정하였다. 두 군 모두 건성안을 제외한 안질환, 안외상 및 안수술의 과거력이 없고, 최대교정시력이 1.0 이상인 환자를 대상으로 하였으며, 콘택트렌즈를 사용하지 않은 지 일정 기간이 지난 것을 확인하여 RGP 렌즈의 경우 8주, 소프트렌즈의 경우 4주 이상 경과한 경우로 제한하였다. 건성안은 Japan Dry Eye Research Society에서 제시한 개정된 진단 기준에 따라 건성안 증상의 존재, 눈물막의 질적 혹은 양적 이상, 각결막상피손상을 확인하여, 뚜렷한 건성안(Definite dry eye)으로 판정된 환자만 포함하였다.⁹ 그러나 Oxford scheme 상 grade 3 이상으로 각결막 표면이 손상된 경우는 대상에서 제외하였다.¹⁰

모든 환자에서 나이와 성별, 병력을 조사하고 최대교정시력 및 안압을 측정하였다. 자동 굴절 검사기(Nidek ARK-510A, Nidek Co., Aichi, Japan)를 통하여 구면 대응치 및 각막 곡률 정도를 파악하였으며, 통합 수차계인 KR-1W®와 각막 지형도 검사기인 Pentacam®을 모두 사용하여 전면 각막 고위수차를 측정하였다. 건성안 환자에서는 Oxford scheme에 따른 플루오레신(Fluorescein) 각막표면 형광염색검사, 눈물막 파괴 검사(Tear film break-up time, TBUT)와 쉬르머 I

검사(Schirmer I tear test)를 추가로 시행하였고, 설문에 동의한 경우에 한하여 Ocular surface disease index (OSDI)를 통해 증상의 중증도를 조사하였다.¹¹

전면 각막 고위수차는 한 명의 숙련된 검사자가 측정하였고, 암실에서 환자의 머리를 고정하고 정면을 주시시킨 후 검사자에 의해 안구가 돌리지 않도록 주의하여 시행하였다. Pentacam®은 영상의 Quality specification (QS)이 OK로 나오는 경우를 분석에 포함하였고, KR-1W®의 경우 한번의 검사에서 자동적으로 연속 3회의 측정이 이루어지는데 이 중 수차계에서 자동으로 선택한 측정치를 분석에 포함시켰다. 조절마비제의 영향을 최소화하기 위해 산동을 하지 않았기 때문에, 두 기기의 분석은 모두 동공 중심부 4.0 mm 영역을 기준으로 하였다.¹² 측정된 각막 고위수차는 표준화된 Zernike polynomials를 통하여 산술적으로 정량화하여 표현할 수 있는데, 본 연구에서는 임상적 유용성을 고려하여 3, 4차항의 고위수차(3rd- and 4th-order HOAs)와 총 고위수차(total HOAs, 3rd- to 6th-order), 그리고 세부적으로 3차의 코마수차(coma aberration, Z₃₁)와 세조각수차(trefoil aberration, Z₃₃), 4차의 구면수차(spherical aberration, Z₄₀), 이차난시(secondary astigmatism, Z₄₂)와 네조각수차(tetrafoil, Z₄₄)의 RMS 값을 구하였다.¹³ Root mean square (RMS, μm)는 Zernike 항의 모든 상수항의 제곱합의 제곱근으로, RMS가 클수록 광학적으로 불완전한 것을 의미한다.¹⁴

플루오레신 각막염색 검사는 2% 플루오레신 염색약을 결막낭에 점안하고 코발트블루 광원의 세극등에서 시행하였으며, Oxford scheme을 기준으로 각결막상피손상의 등급을 나누었다.¹⁰ 또한 점안된 플루오레신을 이용하여 2-3회 눈을 깜박이게 한 뒤 염색된 눈물막에 첫 결손이 생길 때까지의 시간을 측정하여 눈물막 파괴 검사를 시행하였으며, Japan Dry Eye Research Society에서 제시한 진단 기준에 따라 눈물막 파괴 시간이 5초 이내인 경우 눈물막의 질적 장애가 있는 것으로 판정하였다.⁹ 쉬르머 I 검사는 점안 마취제 없이 Schirmer tear test® (EagleVision Inc., USA) 검사지를 아래 눈꺼풀 가장자리 1/3 지점에 접촉시켜 시행하였으며, 5분 뒤 눈물로 염색된 부분의 길이가 10 mm 이하인 경우 눈물막의 양적인 장애가 있다고 판정하였다.¹⁵ OSDI는 총 12개의 문항으로 이루어진 설문지로, 총점은 [(모든 문항 점수의 합계)×100]/[(질문에 대답한 문항 수)×4]로 계산하여 0점에서 100점까지 분포하도록 하였다.¹¹

통계학적 분석으로 두 군의 연령, 구면 대응치 및 각막 곡률은 독립표본 T-검정을 이용하여 비교하였으며, 성별비는 카이제곱 검정을 시행하여 비교하였다. 각각의 기기에서 정상안과 건성안 간 각막 고위수차의 차이는 독립표본

T-검정을, 두 기기 간의 차이는 대응표본 T-검정을 이용하여 분석하였다. 또한 건성안군의 건성안 지표들과 두 기기로 측정된 각막 고위수차와의 상관관계를 평가하기 위하여 스피어만 상관계수(Spearman's correlation coefficient)를 구하였다. 모든 통계분석은 SPSS 18.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하였고, 통계분석결과의 p 값이 0.05 미만인 경우 통계적으로 의미 있는 차이로 간주하였다.

결 과

정상안으로 선별된 71명 중 남자는 19명, 여자는 52명이었고, 평균 나이는 41.1 ± 15.4 세(21-78세)였다. 건성안군은 71명 중 남자가 16명, 여자는 55명이었으며, 평균 나이는 45.5 ± 12.8 세(23-76세)로, 두 군의 연령($p=0.091$) 및 성별($p=0.144$)에 유의한 차이는 없었다. 구면 대응치는 정상안군에서 -1.60 ± 2.43 diopter (D), 건성안군에서 -1.74 ± 2.70 D, 평균 각막 곡률은 정상안군에서 44.1 ± 1.6 D, 건성안군에서 43.7 ± 1.5 D로, 구면 대응치와 각막 곡률 역시 두 군 간 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.167$, $p=0.651$, respectively) (Table 1).

서로 다른 기기로 측정한 전면 각막 고위수차의 RMS를 정상안군과 건성안군으로 나누어 비교했을 때는 전반적으

로 건성안군이 정상안군에 비하여 수치가 높은 것을 알 수 있었다(Fig. 1). 특히 KR-1W[®]로 측정된 각막 고위수차는 모든 경우에서 건성안군이 정상안군에 비하여 높았으며, 그중 총 고위수차($p=0.017$), 3차 고위수차($p=0.006$), 세조각수차($p=0.018$)와 코마수차($p=0.015$)의 RMS 값은 두 군 간 통계적으로 유의한 차이를 보였다. Pentacam[®]으로 측정된 전면 각막 고위수차 역시 건성안군이 정상안군보다 높은 경향을 보이기는 하였으나, 통계적으로 유의하지는 않았다.

정상안군에서 KR-1W[®]와 Pentacam[®]으로 측정된 전면 각막 고위수차의 RMS 값을 비교하였을 때, Pentacam[®]에서 KR-1W[®]보다 크게 측정되는 경향이 보였으며, 구면수차($p=0.119$)를 제외하고 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Fig. 2A). 건성안군에서도 Pentacam[®]으로 측정된 총 고위수차($p=0.004$), 4차 고위수차($p<0.001$), 세조각수차($p<0.001$), 이차난시($p<0.001$)와 구면수차($p=0.025$)가 KR-1W[®]의 측정치보다 의미 있게 컸다(Fig. 2B).

건성안군에서 전면 각막 고위수차와 건성안 지표들 간의 상관관계를 평가하였을 때, 각결막상피손상의 정도와 OSDI 점수는 전반적으로 양의 상관관계를 보였고 눈물막 파괴 시간과 쉬르머 I 검사는 대체로 음의 상관관계를 나타내었다(Fig. 3). 이러한 경향은 두 기기에서 모두 동일하였으며, 그중 KR-1W[®]로 측정된 3차 고위수차와 OSDI ($p=0.03$), 4차 고위수차와 각결막상피손상정도($p=0.03$), 4차 고위수차와

Table 1. Demographics of normal and dry eye groups

	Control group (n = 71)	Dry-eye group (n = 71)	p-value*
Age (years, range)	41.1 ± 15.4 (21-77)	45.5 ± 12.7 (23-76)	0.091
Sex (M/F)	17/40	14/45	0.144 [†]
SE (diopter)	-1.7 ± 2.7	-1.6 ± 2.4	0.167
Mean K (diopter)	43.7 ± 1.5	44.1 ± 1.6	0.651

Values are presented as mean \pm SD unless otherwise indicated.

SE = spherical equivalent; K = keratometry.

*p-value based on independent sample t-test; [†]p-value based on chi-square test.

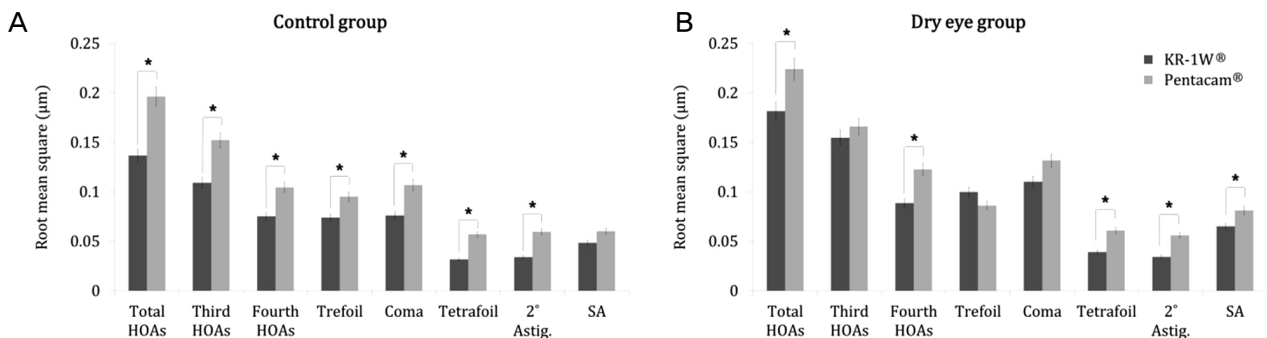


Figure 1. Comparison of the HOAs of dry eye group to the control group using KR-1W[®] (A) and Pentacam[®] (B). HOAs = higher-order aberrations; 2°Astig. = secondary astigmatism; SA = spherical aberration. * $p < 0.05$ based on independent sample t-test between the dry eyes and control group.

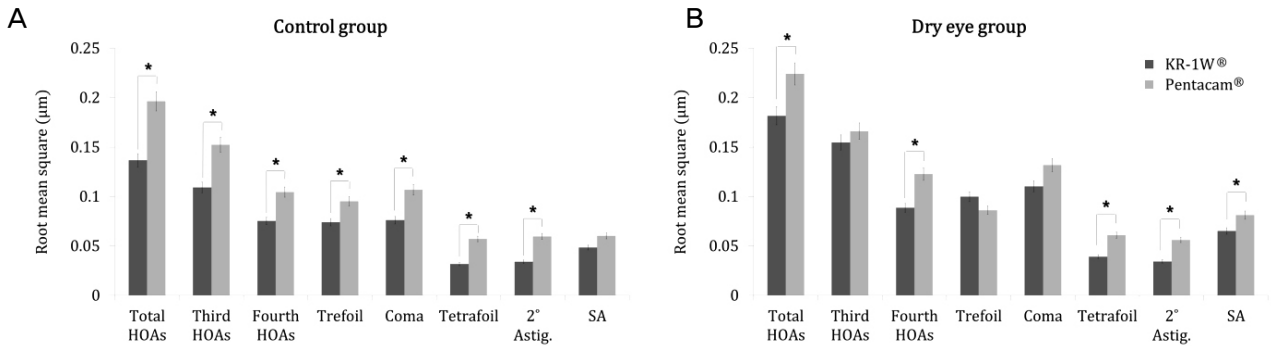


Figure 2. Comparison of HOAs between KR-1W® and Pentacam® in normal (A) and dry eye groups (B). HOAs = higher-order aberrations; 2° Astig. = secondary astigmatism; SA = spherical aberration. * $p < 0.05$ based on independent sample t -test between the dry eyes and control group.

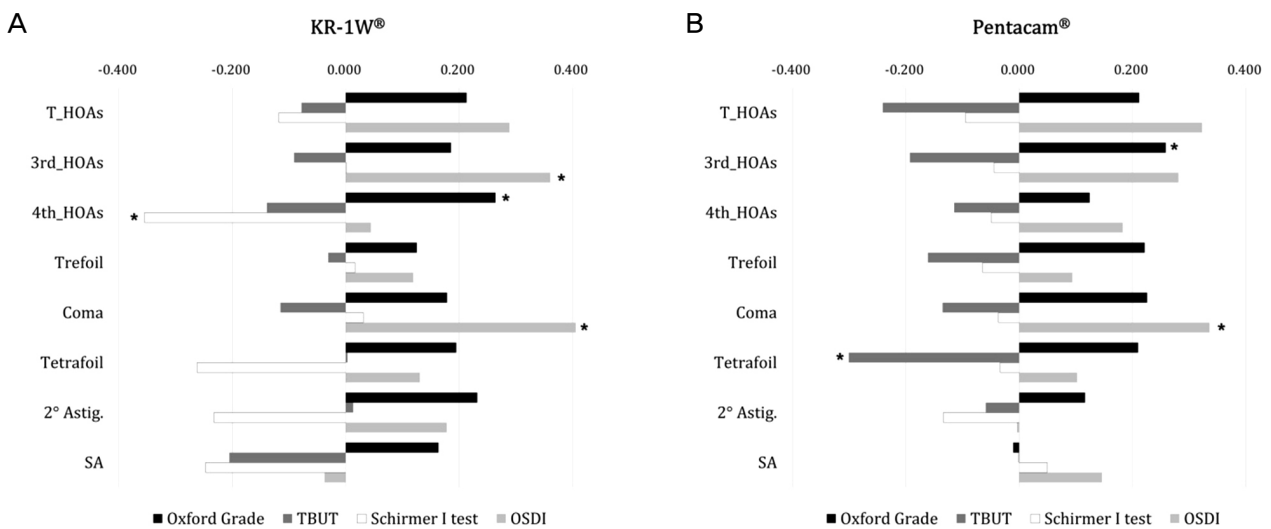


Figure 3. Correlation coefficients between 4 parameters and higher-order aberrations (HOAs) measured by KR-1W® (A) and Pentacam® (B) in the dry eye group. T_HOAs = total HOAs; 3rd_HOAs = third HOAs; 4th_HOAs = fourth HOAs; 2° Astig. = secondary astigmatism; SA = spherical aberration; TBUT = tear break-up time; OSDI = ocular surface disease index. * $p < 0.05$ based on Spearman's correlation coefficient.

쉬르머 I 검사($p=0.01$), 그리고 코마수차와 OSDI ($p=0.01$)는 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다. 또한 Pentacam®으로 측정된 3차 고위수차와 각결막상피손상정도($p=0.03$), 코마수차와 OSDI ($p=0.04$), 그리고 네조각수차와 눈물막파괴시간($p=0.01$)도 통계적으로 의미 있는 상관관계를 나타내었다.

고 찰

눈으로 들어오는 빛은 이상적으로 망막의 한 점에 맺혀야 한다. 그러나 실제 안구에서는 여러 가지 광학시스템의 불완전성으로 인하여 빛이 한 점에 맺지 못하는데, 이러한 빛의 분산을 평가하는 하나의 수단으로 수차(aberrations)의 개념이 도입되었다. 수차는 광학계를 통과한 후의 파면과 망

막의 한 점을 중심으로 하는 구면과의 차이를 나타내며, 구면 렌즈와 원주렌즈를 통해 교정 가능한 저위수차(lower-order aberrations, LOAs)와 기존의 광학계로 교정이 불가능한 고위수차로 나눌 수 있다.¹⁶ 고위수차는 총 수차의 약 10%에 불과하지만, 고위수차가 증가하면 눈부심, 단안복시, 불빛 번짐 그리고 대비감도저하 등의 증상이 야기되는 것으로 알려졌다.¹⁷ 건성안의 안구 수차 증가는 각막 전면의 고위수차 증가가 주요한 원인으로,^{3,4} 본 연구는 각막 전면의 고위수차를 측정할 수 있는 서로 다른 두 기구인 KR-1W®와 Pentacam®을 이용하여 정상안과 건성안의 수차를 조사하여 실제 건성안군의 고위수차 값이 전반적으로 정상안군에 비해 높게 나타나는 경향을 확인할 수 있었다.

이와 같이 건성안에서 광학 수차가 증가하는 원인 중 하나는 광학부에 발생하는 점상각막염을 생각해 볼 수 있

다. 저위수차에 영향을 줄 수 없는 정도의 점상각막염도 고위수차를 변화시킴으로써 건성안 환자에서 시력의 질을 감소시킬 수 있으며, 몇몇 선행 연구에서 건성안 환자의 각막 표피 손상이 심할수록 고위수차가 증가하는 것을 증명한 바 있다.^{4,18} 그러나 점상각막염이 없는 건성안에서도 고위수차가 증가할 수 있는데, 이는 불안정한 눈물막이 깨지면서 각막 표면이 불규칙해지는 기전에 의한 것이다. 이에 대하여 Thibos and Hong³은 하트만-썬 방식의 수차계를 이용하여 눈물막의 파괴로 고위수차 증가가 야기되는 것을 증명하였으며, 인공 눈물 점안이나 눈물점 마개 시행 후 고위수차의 감소를 보고한 연구들은 이러한 기전을 뒷받침한다.^{19,20} 국내에서도 Choi and Shin⁸이 KR-1W[®] 파면수차계를 이용해 건성안에서 10초간 눈을 뜨고 있을 때의 각막 고위수차의 변화를 분석하여 보고하였으며, 시간의 경과에 따라 눈물막이 불안정해지면서 수차 값이 점차 증가함을 증명하였다. 본 연구에서 건성안군에서 전면 각막 고위수차가 증가한 기전도 위와 같은 두 가지 원인에 의한 것으로 생각해 볼 수 있다.

본 연구에서는 서로 다른 두 기기를 사용하여 전면 각막 수차를 측정하였는데, KR-1W[®]로 측정한 전면 각막 고위수차만이 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이는 KR-1W[®]의 플라시도 시스템이 눈물막에서 반사된 원반을 이용하여 눈물막의 변화를 측정할 수 있기 때문으로 생각한다.²¹ Pentacam[®]의 샤임플러그 시스템은 각막의 높이를 측정하여 수차를 계산하기 때문에 원칙적으로 눈물막이 결과치에 영향을 주지 않는다.²² 즉, 점상각막염으로 인해 두 기기에서 모두 정상안군에 비해 건성안군이 높은 고위수차를 나타내기는 하였으나, KR-1W[®]는 건성안에서 눈물막의 불안정성까지 반영된 고위수차를 측정함으로써 두 군 간 유의한 차이를 얻을 수 있었다. 따라서 고위수차를 이용해 눈물막의 변화를 정량적으로 분석하고자 한다면 플라시도 시스템이나 하트만-썬 방식의 고위수차 분석이 샤임플러그 시스템에 비하여 더 정확할 것으로 생각하며, 고위수차를 분석한 연구들을 해석할 때는 이러한 점을 감안하여야 할 것이다.

또한 본 연구의 결과에서는 전반적으로 Pentacam[®]으로 측정된 전면 각막 고위수차가 KR-1W[®]로 측정된 것보다 유의하게 컸다. 이러한 차이는 일차적으로 서로 다른 각막지형도의 측정 방식에서 기인하는 것으로 생각되는데, Pentacam[®]은 샤임플러그 카메라를, KR-1W[®]는 플라시도 시스템을 사용하여 분석된 각막 형태를 기반으로 전면 각막 수차를 계산하기 때문이다. 비록 두 시스템에서 각막 수차 측정의 재현성은 Miranda et al⁵에 의해 검증된 바 있으나, 일부의 연구에서는 이와 다른 결과를 보고하고 있다. Read et al²³은 샤임플러그 시스템과 플라시도 시스템에 기초한 비디오각막

경(videokeratoscope) 검사를 통해 얻은 고위수차가 특정 수차에서 불일치하므로 분석에 주의할 것을 제안하였으며, 정상안과 원추각막에서 Pentacam[®]으로 각막 전면 수차를 측정한 결과 두 군에서 모두 고위 수차의 재현성과 신뢰도가 낮았다고 보고한 연구와 정상안에서 KR-1W[®]로 측정된 고위수차가 일부 수차에서만 재현성을 보였다고 증명한 연구도 있다.^{6,24} 최근 널리 보급되고 있는 이중 샤임플러그 플라시도 각막 지형도(Dual scheimpflug placido corneal topographer)는 플라시도 시스템과 샤임플러그 시스템을 합병하여 전안부 측정치를 얻기 때문에 새로운 판단 기준이 될 수 있을 것으로 기대가 되었으나, 결과는 마찬가지로 제한적이었다.²⁵ 따라서 두 기기의 측정치를 혼용하는 것은 임상적으로 바람직하지 않을 것으로 생각한다.

앞서 언급된 건성안에서의 고위수차 연구들은 대체로 하트만-썬 방식의 수차계를 이용하여 전체 안구 수차를 측정한 것으로, 각막 지형도를 이용하여 전면 각막 수차를 분석한 본 연구와의 직접적인 비교에는 제한이 따른다. 그러나 세부 고위수차에 대한 분석을 시행한 몇몇 연구들을 살펴보면 건성안에서는 대개 구면수차나 코마수차가 유의한 변화를 보이는 경우가 많았는데,^{4,18,19} 본 연구에서는 KR-1W[®]로 측정한 각막 고위수차 중 3차의 코마수차와 세조각수차만이 의미 있는 증가를 보였다. 다른 연구와 달리 본 연구에서 구면수차가 유의한 증가를 보이지 않았던 것은, 측정 기준을 4 mm의 동공으로 삼았던 것을 원인으로 생각한다.²⁶ 그러나 아직까지 건성안에서의 세부적인 각막 고위수차의 변화 양상은 연구 결과가 일관적이지 않기 때문에, 이에 대한 추가적인 연구와 분석이 계속적으로 필요할 것으로 생각한다.

안구건조증을 진단하고 분류하는 데에 있어서 실제 임상에서 간편하게 측정할 수 있는 지표로 각막 표면 형광염색 검사, 눈물막 파괴 검사, 쉬르머 검사 등이 활용되고 있다. 점상각막염의 증가와 눈물막 파괴 시간의 감소에 따른 고위수차의 상승에 대해서는 이전에도 보고된 바 있으며,^{4,8,18} 본 연구에서도 점상각막염의 정도가 심해질수록 각막 전면 고위수차가 커지며, 플루오레신 눈물막 파괴 검사 및 쉬르머 I 검사 수치가 감소할수록 고위수차가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 OSDI로 수치화된 건성안 환자의 증상과 전면 각막 고위수차는 전반적으로 양의 상관관계를 보였는데, 눈물막 파괴 검사 등의 다른 지표들과 비교하였을 때 상관도가 더 큰 경향을 나타냈다. 이는 건성안을 진단하고 중증도를 판단하기 위해 시행하는 많은 검사들이 환자가 주관적으로 느끼는 증상보다도 재현성이 낮은 데에서 기인한 것으로 생각한다.²⁷ 한편 코마수차는 KR-1W[®]와 Pentacam[®] 모두에서 OSDI와 유의한 양의 상관관계를 보인

고위수차로, 건성안 환자의 시기능 장애를 평가할 때 도움이 될 수 있을 것으로 생각한다.

본 연구는 국내에서 정상안과 건성안의 고위수차를 비교한 첫 연구로, 142안의 비교적 많은 수의 대상안을 모집함으로써 굴절 수술이나 백내장 수술 전의 환자가 아닌 평균적인 성인 연령에서의 정상안 및 건성안의 고위수차에 대한 국내 자료를 확보할 수 있었다. 또한 본 연구는 Pentacam®을 이용한 건성안의 각막 전면 고위수차 분석을 처음으로 시도하였고, KR-1W®와 결과를 비교함으로써 두 기기의 차이를 파악할 수 있었다. 본 연구의 제한점으로는 산동 후 6 mm 동공을 기준으로 각막 고위수차 변화를 비교하지 못 했던 점과 건성안의 진단적 지표를 좀 더 다양화하지 못했던 점을 들 수 있다.

결론적으로 건성안에서는 정상안보다 전면 각막 고위수차가 증가하며, 특히 KR-1W®로 측정된 3차의 고위수차가 유의한 증가를 보였다. 또한 건성안의 정도가 심할수록 고위수차가 증가하는 경향을 보이는데, 그중 코마수차가 건성안 환자의 증상과 의미 있는 상관관계를 보였다. Pentacam®으로 측정된 전면 각막 고위수차는 눈물막의 불안정성을 반영하지 못하기 때문에 결과를 분석할 때 이를 염두에 두어야 할 것으로 생각한다.

REFERENCES

- 1) Miljanović B, Dana R, Sullivan DA, Schaumberg DA. Impact of dry eye syndrome on vision-related quality of life. *Am J Ophthalmol* 2007;143:409-15.
- 2) Goto E, Yagi Y, Matsumoto Y, Tsubota K. Impaired functional visual acuity of dry eye patients. *Am J Ophthalmol* 2002;133:181-6.
- 3) Thibos LN, Hong X. Clinical applications of the Shack-Hartmann aberrometer. *Optom Vis Sci* 1999;76:817-25.
- 4) Koh S, Maeda N, Hirohara Y, et al. Serial measurements of higher-order aberrations after blinking in normal subjects. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47:3318-24.
- 5) Miranda MA, O'Donnell C, Radhakrishnan H. Repeatability of corneal and ocular aberration measurements and changes in aberrations over one week. *Clin Exp Optom* 2009;92:253-66.
- 6) Piñero DP, Juan JT, Alió JL. Intrasubject repeatability of internal aberrometry obtained with a new integrated aberrometer. *J Refract Surg* 2011;27:509-17.
- 7) Denoyer A, Rabut G, Baudouin C. Tear film aberration dynamics and vision-related quality of life in patients with dry eye disease. *Ophthalmology* 2012;119:1811-8.
- 8) Choi SH, Shin YI. Changes in higher order aberration according to tear-film instability analyzed by continuous measurement using wavefront. *J Korean Ophthalmol Soc* 2012;53:1076-80.
- 9) Uchino Y, Uchino M, Dogru M, et al. Changes in dry eye diagnostic status following implementation of revised Japanese dry eye diagnostic criteria. *Jpn J Ophthalmol* 2012;56:8-13.
- 10) Bron AJ, Evans VE, Smith JA. Grading of corneal and conjunctival staining in the context of other dry eye tests. *Cornea* 2003;22:640-50.
- 11) Schiffman RM, Christianson MD, Jacobsen G, et al. Reliability and validity of the Ocular Surface Disease Index. *Arch Ophthalmol* 2000;118:615-21.
- 12) Carkeet A, Velaedan S, Tan YK, et al. Higher order ocular aberrations after cycloplegic and non-cycloplegic pupil dilation. *J Refract Surg* 2003;19:316-22.
- 13) Campbell CE. A new method for describing the aberrations of the eye using Zernike polynomials. *Optom Vis Sci* 2003;80:79-83.
- 14) Kim JH, Lim T, Kim MJ, Tchah H. Changes of higher-order aberrations with the use of various mydriatics. *Ophthalmic Physiol Opt* 2009;29:602-5.
- 15) Methodologies to diagnose and monitor dry eye disease: report of the Diagnostic Methodology Subcommittee of the International Dry Eye WorkShop (2007). *Ocul Surf* 2007;5:108-52.
- 16) Charman WN. Wavefront aberration of the eye: a review. *Optom Vis Sci* 1991;68:574-83.
- 17) Williams D, Yoon GY, Porter J, et al. Visual benefit of correcting higher order aberrations of the eye. *J Refract Surg* 2000;16:S554-9.
- 18) Kaido M, Matsumoto Y, Shigeno Y, et al. Corneal fluorescein staining correlates with visual function in dry eye patients. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:9516-22.
- 19) Montés-Micó R, Cáliz A, Alió JL. Changes in ocular aberrations after instillation of artificial tears in dry-eye patients. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:1649-52.
- 20) Huang B, Mirza MA, Qazi MA, Pepose JS. The effect of punctal occlusion on wavefront aberrations in dry eye patients after laser in situ keratomileusis. *Am J Ophthalmol* 2004;137:52-61.
- 21) Kopf M, Yi F, Robert ID, et al. Tear film surface quality with soft contact lenses using dynamic videokeratoscopy. *Journal of Optometry* 2008;1:14-21.
- 22) Barkana Y, Gerber Y, Elbaz U, et al. Central corneal thickness measurement with the Pentacam Scheimpflug system, optical low-coherence reflectometry pachymeter, and ultrasound pachymetry. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:1729-35.
- 23) Read SA, Collins MJ, Iskander DR, Davis BA. Corneal topography with Scheimpflug imaging and videokeratography: comparative study of normal eyes. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:1072-81.
- 24) Shankar H, Taranath D, Santhirathelagan CT, Pesudovs K. Repeatability of corneal first-surface wavefront aberrations measured with Pentacam corneal topography. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:727-34.
- 25) Savini G, Barboni P, Carbonelli M, Hoffer KJ. Repeatability of automatic measurements by a new Scheimpflug camera combined with Placido topography. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:1809-16.
- 26) Wang Y, Zhao K, Jin Y, et al. Changes of higher order aberration with various pupil sizes in the myopic eye. *J Refract Surg* 2003;19(2 Suppl):S270-4.
- 27) Nichols KK, Mitchell GL, Zadnik K. The repeatability of clinical measurements of dry eye. *Cornea* 2004;23:272-85.

= 국문초록 =

건성안 지표와 서로 다른 두 기기로 측정된 전면 각막 고위수차의 관계 분석

목적: 정상안과 건성안에서 KR-1W[®]와 Pentacam[®]을 이용하여 측정된 전면 각막 수차를 비교하고, 건성안 지표와 고위 수차 간의 관계를 분석하였다.

대상과 방법: 정상안 71안과 건성안 71안에 대하여 두 기기를 이용하여 전면 각막 수차를 측정하였다. 건성안 환자에 대해 각막표면형 광염색, 플루오레신 눈물막 파괴 검사와 쉬르머 I 검사를 시행하였고, Ocular surface disease index (OSDI)를 통해 주관적 증상을 조사하였다.

결과: 두 기기 모두에서 건성안이 정상안에 비해 각막 수차가 컸으나, KR-1W[®]로 측정한 고위수차만이 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 서로 다른 기기로 측정된 각막 전면 고위수차는 모두 점상각막염의 정도와 유의한 양의 상관관계를 보였다. 또한 눈물막 파괴 검사 및 쉬르머 I 검사와는 전반적으로 음의 상관관계를, OSDI와는 양의 상관관계를 보였다.

결론: 정상안에 비해 건성안의 각막 전면 고위수차는 증가되어 있으며, 건성안의 중증도가 증가함에 따라 수차도 증가하였다. 또한 Pentacam[®]보다 KR-1W[®]가 눈물막의 불안정성을 확인하는 데에 있어서 더 유용할 것으로 생각한다.

〈대한안과학회지 2015;56(1):6-12〉
