

## 두 가지 장비를 이용한 각막곡률 및 각막고위수차의 비교

### Comparison of Keratometry and Corneal Higher Order Aberrations between Scout Videokeratoscope and Pentacam Scheimpflug Camera

신지영<sup>1</sup> · 이민영<sup>2</sup> · 정소향<sup>1</sup>

Ji Young Shin, MD<sup>1</sup>, Min Young Lee, MD<sup>2</sup>, So Hyang Chung, MD, PhD<sup>1</sup>

가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 안과 및 시과학교실<sup>1</sup>, 이수안과의원<sup>2</sup>

Department of Ophthalmology and Visual Science, Seoul St. Mary's Hospital, The Catholic University of Korea College of Medicine<sup>1</sup>, Seoul, Korea  
ISU Eye Clinic<sup>2</sup>, Seoul, Korea

**Purpose:** To investigate the correlations of keratometry and corneal high order aberrations (HOAs) between the Keratron Scout videokeratoscope and the Pentacam HR Scheimpflug camera.

**Methods:** From December 2012 to February 2013, keratometry and corneal HOAs were determined using the Keratron Scout videokeratoscope and Pentacam HR Scheimpflug camera in 23 healthy individuals (46 eyes).

**Results:** Average keratometry showed high correlation with 95% confidence interval  $-0.155 \pm 0.37$  between the Keratron Scout and Pentacam HR. When comparing HOAs of the Keratron Scout and total corneal HOAs of Pentacam HR, total root-mean-square (RMS), and spherical aberration were positively correlated between the 2 devices ( $r = 0.67$ ,  $p < 0.001$  and  $r = 0.74$ ,  $p < 0.001$ , respectively). When comparing HOAs of Keratron Scout and anterior corneal HOAs of Pentacam HR, total RMS, spherical aberration and coma were positively correlated between the 2 devices ( $r = 0.62$ ,  $p < 0.001$ ,  $r = 0.81$ ,  $p < 0.001$ , and  $r = 0.52$ ,  $p = 0.047$ , respectively).

**Conclusions:** Although the 2 devices are based upon different principles, the Keratron Scout videokeratoscope and Pentacam HR Scheimpflug camera showed positive correlations in keratometry, total RMS, spherical aberration, and coma. Both devices may be useful for clinical applications.

J Korean Ophthalmol Soc 2014;55(12):1758-1764

**Key Words:** Higher order aberrations, Keratometry, Keratron Scout videokeratoscope, Pentacam HR Scheimpflug camera, Spherical aberration

■ Received: 2014. 7. 5.

■ Revised: 2014. 8. 22.

■ Accepted: 2014. 11. 5.

■ Address reprint requests to So Hyang Chung, MD, PhD  
Department of Ophthalmology, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul St. Mary's Hospital, #222 Banpo-daero, Seocho-gu, Seoul 137-701, Korea  
Tel: 82-2-2258-1188, Fax: 82-2-599-7405  
E-mail: chungsh@catholic.ac.kr

\* This study was presented as a narration at the 109th Annual Meeting of the Korean Ophthalmological Society 2013.

\* This work was supported by a grant of the Korea Health Technology R&D Project, Ministry of Health & Welfare, Korea (HI13C0016).

각막의 고위수차 측정은 불규칙 난시, 원추각막 등의 진단뿐만 아니라 백내장 수술 시 비구면 인공수정체의 선택 및 맞춤형 굴절교정술 등에 유용하게 사용되고 있다. 원추각막의 진단 및 진행경과 판정에 코마수차가 사용되고 있고,<sup>1,2</sup> 환자의 각막 구면수차를 이용하여 적절한 비구면 인공수정체를 선택하여 수술 후 시력의 질 및 시기능 향상을 가져왔으며,<sup>3</sup> 각막고위수차를 이용한 맞춤형 굴절교정술이 고식적인 방법보다 좋은 시력 및 시기능을 보인다는 보고도 있었다.<sup>4,5</sup>

각막의 고위수차는 각막지형도의 elevation map을 이용하여 산출되며 placido-disc를 이용한 각막지형도와 샤임플

러그 카메라(Scheimpflug camera)를 이용한 각막지형도 기계에서 수치를 얻을 수 있다. Keratron Scout (Optikon, Italy)는 28개의 placido ring을 base로 하는 videokeratoscope로 각막전면의 90%를 반영하는 elevation map을 이용하여 Zernike polynomial에 따라 안구의 수차를 구하는 기기로서 슈빈트(Schwind)사의 아마리스와 굴절교정 수술 시행 시 연동하여 쓰인다.<sup>6</sup> Pentacam HR (Oculus Inc., Germany)은 360°로 회전하는 샤임플러그 카메라(Scheimpflug camera)를 이용하여 각막 전후면의 elevation map을 구하게 되며 이를 통해 각막전체 및 전후면의 고위수차를 따로 구할 수 있으며, 그 재현성 역시 입증된 바 있다.<sup>7-11</sup>

각막고위수차계를 임상에서 상용하기 위해서는 기계의 정확성과 재현성에 대한 검증이 필요하며 Keratron Scout의 전안부 계측의 정확성 및 임상적 유용성에 대해서는 아직까지 국내에서 보고된 바가 없었다. 따라서 본 연구에서는 서로 다른 원리에 기반한 측정 방식을 갖는 Keratron Scout와 Pentacam HR에서 각막곡률과 각막고위수차 값을 비교하고 Keratron Scout의 계측치의 상관관계 및 신뢰도를 확인하고자 한다.

## 대상과 방법

본 연구는 2012년 12월에서 2013년 2월 사이에 본원에서 근시교정술을 받기 위해 내원한 환자를 대상으로 구면 굴절 이상도가 -6.00D 이하, 원주 굴절 이상도는 -3.00D 이하이고, 최대 교정시력은 1.0 이상인 환자를 대상으로 하였다. 근시 및 난시를 제외하고는 다른 안과적 질환을 가지고 있지 않으며, 전신질환 및 안과적 수술력, 외상력, 각막질환의 과거력이 없는 환자들 중 검사 전에 동의를 한 23명 46안을 대상으로 하였다. 눈물막 파괴시간이 10초 이하의 건성안이 있는 환자는 제외하였고 측정 시 협조가 안되어 검사시간이 길어지거나 검사조건에 영향을 미칠 수 있는 환자도 연구에서 제외하였다. 본 연구는 본원 임상연구 심의위원회(Institutional Review Board) 승인하에 진행되었다(KC14RISI0578).

동일한 한 명의 검사자에 의해 같은 날 연속으로 Keratron Scout와 Pentacam HR을 이용하여 각막지형도 검사를 시행하고 그 측정값을 비교하였다. 각막고위수차는 그 값이 매우 작고 역동성을 가지고 있어서 같은 대상을 동일한 검사 기기로 측정하여도 측정 시의 눈물막(Tear Film) 상태나 시축(Visual Axis)의 정렬상태 등의 조건에 따른 차이가 발생할 수 있다.<sup>12</sup> 따라서 Keratron Scout와 Pentacam HR로 검사 시 측정오차를 최소한으로 줄이기 위하여 숙련된 검사자 1명에게 이점을 숙지시켰으며, 검사 도중 환자가 눈을 깜박이거나 움직이지 않도록 주의하고 검사자에 의해 안구

가 놀리지 않도록 주의하며 검사를 시행하였다. 한 검사자가 동일 검사를 3회 시행하여 평균값을 기준으로 하였다.

Keratron Scout videokeratoscope가 각막지형도를 바탕으로 각막 전면의 90%를 반영하는 elevation map을 이용하여 Zernike polynomial에 따라 안구의 수차를 구하는 기기이므로 Keratron Scout의 각막고위수차값을 Pentacam HR의 각막총고위수차값 및 각막전면고위수차값과 각각 비교분석하였다.

통계학적 분석 방법으로는 SPSS 18.0 version 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL) 프로그램을 사용하여  $p < 0.05$ 를 유의한 차이로 정의하였다. 급내상관계수(Interclass correlation coefficient)를 구하여 각막곡률과 각막고위수차 값의 상관관계를 분석하였고, Bland-Altman plot 분석을 사용하여 95% 유의수준을 확인하였다. Keratron Scout의 각막고위수차 값은 Pentacam HR의 각막전면고위수차 및 각막총고위수차와 비교하였다. 또한 Paired *t*-test를 시행하여 결과값 간의 유의한 차이가 있는지 확인하였다.

## 결 과

본 연구에 포함된 23명 46안 환자 중 남자는 8명 여자는 15명이었으며, 평균 나이는  $24.4 \pm 4.24$ 세였으며, logMAR 나안시력은  $0.16 \pm 0.08$ , logMAR 최대교정시력은  $0.92 \pm 0.09$ 였다(Table 1). Keratron Scout의 평균각막곡률(Average Keratometry)과 Pentacam HR로 측정한 전면의 평균 각막곡률은 각각  $43.39 \pm 1.30D$ 와  $43.55 \pm 1.32D$ 였으며, 두 기기 사이에 통계학적으로 유의한 상관관계를 보였으며( $r=0.88$ ,  $p<0.001$ ), 수치 간에 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $p=0.122$ ). 가파른 축의 각막곡률(steepest keratometry) 및 편평한 축의 각막곡률(flat keratometry) 역시 각각 통계학적으로 유의한 상관관계를 보였으며(steepest K  $r=0.89$ ,  $p=0.006$ ; flat K  $r=0.86$ ,  $p=0.012$ ), 수치 간에 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(steepest K  $p=0.155$ ; flat K  $p=0.094$ ). Bland-Altman plot을 시행한 결과, 두 기기 간의 변동폭(95% CI)은  $-0.155 \pm 0.37D$ 로 아주 우수하여 두 기기 간의

Table 1. Demographics of 23 patients (M:F = 8:15)

	Values
Age (years)	$24.4 \pm 4.24$
UCVA (log MAR)	$0.16 \pm 0.08$
BCVA (log MAR)	$0.92 \pm 0.09$
Sphere (diopter)	$-3.76 \pm 1.54$
Cylinder (diopter)	$-1.48 \pm 0.86$

Values are presented as mean  $\pm$  SD.

UCVA = uncorrected visual acuity; BCVA = best corrected visual acuity.

**Table 2.** The comparison of cornea higher order aberrations (HOAs) between the Keratron Scout videokeratoscopy and Pentacam HR Scheimpflug Camera

	Scout (corneal HOAs)	Pentacam (corneal HOAs)	<i>p</i> -value
Total RMS	0.41 ± 0.06	0.37 ± 0.05	0.054
Spherical aberration	0.24 ± 0.07	0.22 ± 0.08	0.061
Coma	0.20 ± 0.07	0.18 ± 0.05	0.005
Trefoil	0.16 ± 0.01	0.10 ± 0.01	<0.001

	Scout (corneal HOAs)	Pentacam (anterior corneal HOAs)	<i>p</i> -value
Total RMS	0.41 ± 0.06	0.40 ± 0.07	0.31
Spherical aberration	0.26 ± 0.06	0.27 ± 0.08	0.153
Coma	0.20 ± 0.07	0.20 ± 0.07	0.173
Trefoil	0.18 ± 0.06	0.10 ± 0.01	<0.001

Values are presented as mean ± SD.

RMS = root-mean-square.

**Table 3.** The correlation of cornea higher order aberrations (HOAs) between the Keratron Scout videokeratoscopy and Pentacam HR Scheimpflug Camera

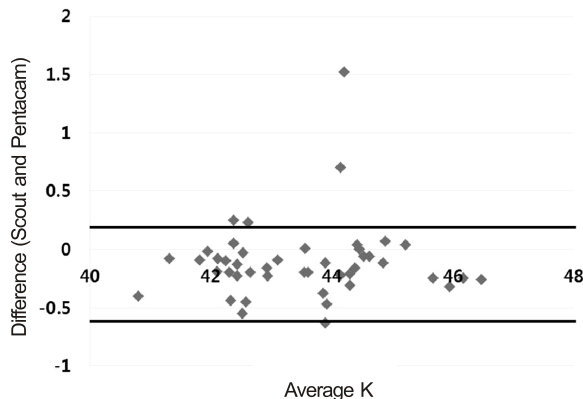
	Scout (corneal HOAs)	Pentacam (corneal HOAs)	Differences	Correlation coefficient	<i>p</i> -value
Total RMS	0.41 ± 0.06	0.37 ± 0.05	0.04 ± 0.05	0.67	<0.001
Spherical aberration	0.24 ± 0.07	0.22 ± 0.08	0.02 ± 0.05	0.74	<0.001
Coma	0.20 ± 0.07	0.18 ± 0.05	0.03 ± 0.09	0.32	0.189
Trefoil	0.16 ± 0.01	0.10 ± 0.01	0.07 ± 0.06	0.45	0.105

	Scout (corneal HOAs)	Pentacam (anterior corneal HOAs)	Differences	Correlation coefficient	<i>p</i> -value
Total RMS	0.41 ± 0.06	0.40 ± 0.07	0.01 ± 0.06	0.62	<0.001
Spherical aberration	0.26 ± 0.06	0.27 ± 0.08	0.03 ± 0.05	0.81	<0.001
Coma	0.20 ± 0.07	0.20 ± 0.07	0.02 ± 0.09	0.52	0.047
Trefoil	0.18 ± 0.06	0.10 ± 0.01	0.07 ± 0.07	0.43	0.094

Values are presented as mean ± SD.

RMS = root-mean-square.



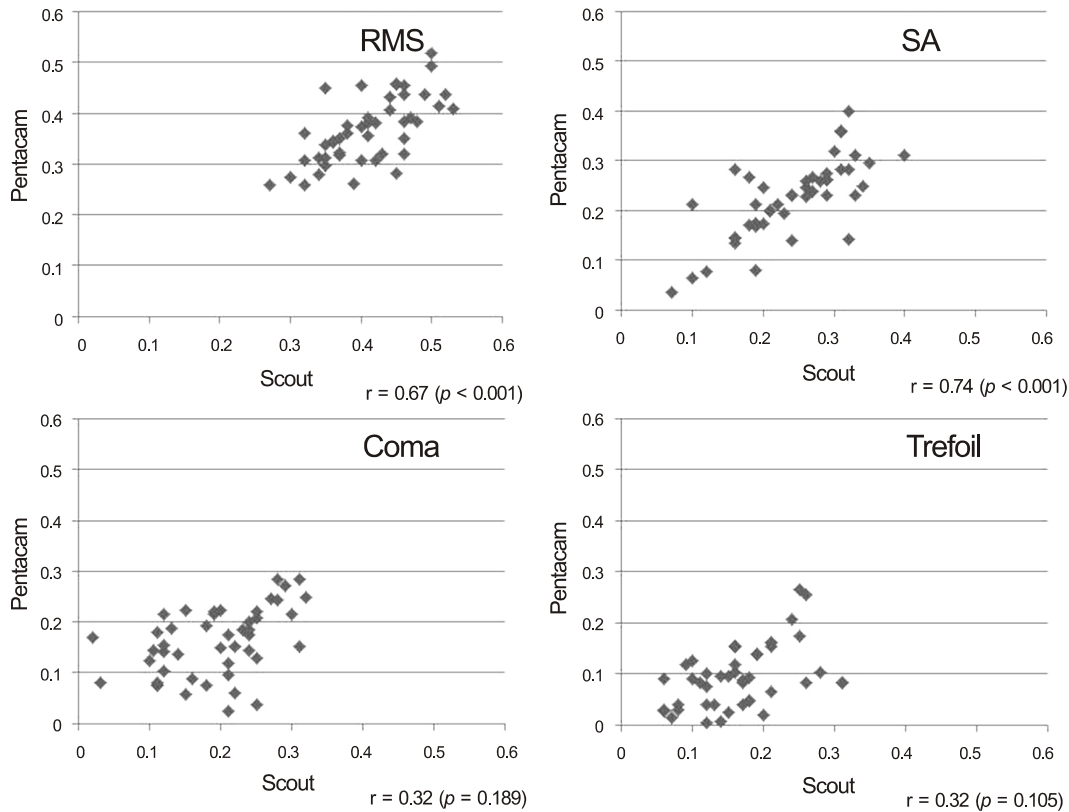
**Figure 1.** The comparison of average keratometry (K) between the Keratron Scout videokeratoscopy and Pentacam HR Scheimpflug Camera. The solid line represents ±0.37 standard deviation confidence interval (CI) (i.e. 95% of the points should fall within these lines).

일치도가 높음을 확인할 수 있었다(Fig. 1).

각막중심 6 mm에서 Keratron Scout의 각막고위수차값과

Pentacam HR의 각막총고위수차값을 비교하였을 때 총 root-mean-square (RMS) 및 구면수차는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나( $p>0.05$ ) 코마수차는 통계적으로는 유의한 차이를 보였다( $p=0.005$ ). Keratron Scout의 각막고위수차값과 Pentacam HR의 각막전면고위수차값을 비교하였을 때에는 총 RMS, 구면수차 및 코마수차에서 두 기기 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $p>0.05$ ). 트레포일수차는 Keratron Scout의 값이 Pentacam HR의 각막전체 및 각막전면 트레포일수차보다 통계적으로 유의하게 높은 값을 보였다( $p<0.001$ ) (Table 2).

Keratron Scout의 각막고위수차값과 Pentacam HR의 각막전체고위수차값과의 상관관계를 분석한 결과 총 RMS는 두 기기의 계측치 간에 통계적으로 유의한 상관관계를 나타내었으며( $r=0.67$ ,  $p<0.001$ ), Bland-Altman plot을 시행한 결과, 두 기기 간의 변동폭(95% CI)은  $0.04 \pm 0.05$ D로 두 기기 간의 일치도가 높음을 확인할 수 있었다. 구면 수차도 두 기기의 계측치 간에 통계학적으로 유의한 상관관계를



**Figure 2.** The correlation between corneal higher order aberrations (HOAs) of the Keratron Scout video-keratoscopy and total corneal HOAs of Pentacam HR Scheimpflug Camera. RMS = root-mean-square; SA = spherical aberration.

나타내었으며( $r=0.74$ ,  $p<0.001$ ), Bland-Altman 결과 분석 시 두 기기 간의 변동폭(95% CI)은  $0.02 \pm 0.05D$ 로 두 기기 간의 일치도가 높음을 확인할 수 있었다. 그러나 코마수차(Coma)와 트레포일수차(Trefoil)는 Keratron Scout와 Pentacam HR의 계측치 간에 유의한 상관관계를 보이지 않았다(코마수차  $r=0.32$ ,  $p=0.189$ ; 트레포일수차  $r=0.45$ ,  $p=0.105$ ) (Fig. 2, Table 3).

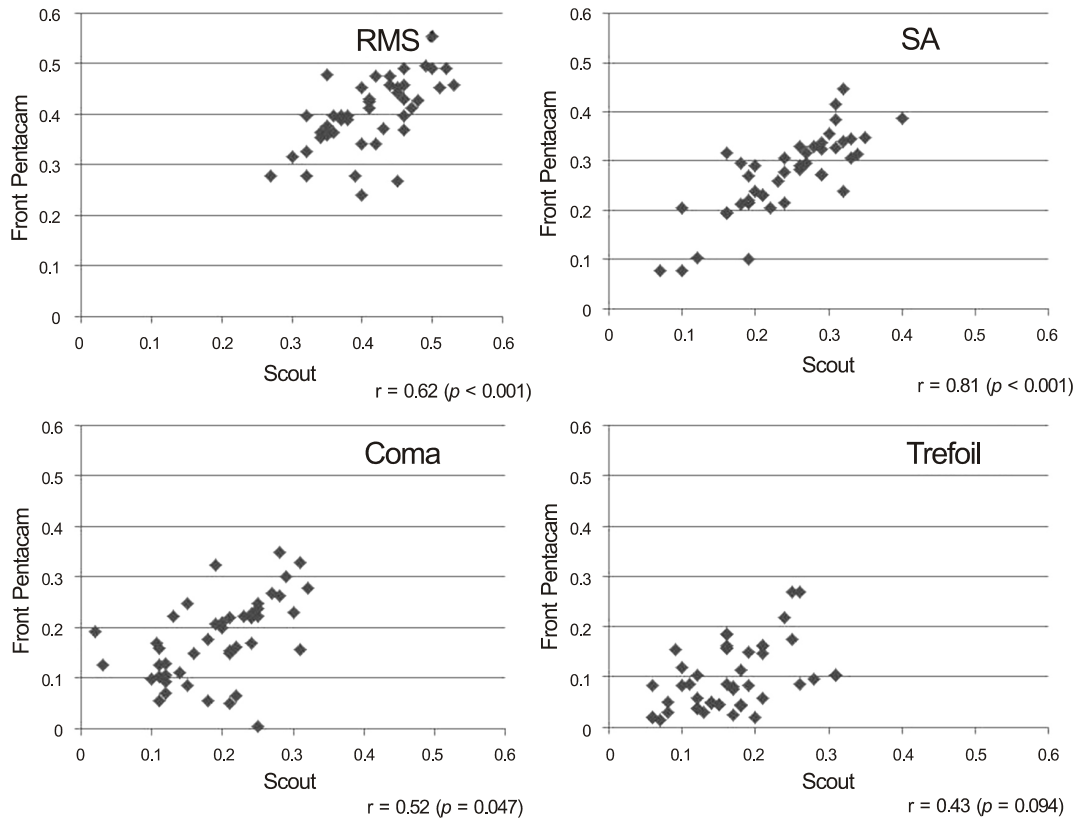
Keratron Scout의 각막고위수차값과 Pentacam HR의 각막전면고위수차값과의 상관관계를 분석한 결과, 각막중심 6 mm에서 총 RMS 및 구면수차는 두 기기의 계측치 간에 통계학적으로 유의한 상관관계를 나타내었다(RMS  $r=0.62$ ,  $p<0.001$ ; 구면수차  $r=0.81$ ,  $p<0.001$ ). 그러나 각막 전체고위수차와 달리 Pentacam HR의 각막전면고위수차 분석에서는 코마수차도 두 기기 간에 통계학적으로 유의한 상관관계를 나타내었으며( $r=0.52$ ,  $p=0.047$ ), 트레포일수차는 두 기기 간에 유의한 상관관계를 보이지 않았다( $r=0.45$ ,  $p=0.105$ ) (Fig. 3, Table 3).

## 고 찰

각막의 고위수차 측정은 원추각막, 주변부 각막변성 등의

각막 질환뿐 아니라 노화로 인한 비정상적인 시기능도 측정할 수 있고, 각막고위수차를 이용한 맞춤형 굴절교정술이 고식적인 방법보다 좋은 결과를 가져옴으로써 임상적으로 유용하게 사용되고 있다. 또한 백내장 수술 시 환자의 각막구면수차를 이용하여 비구면 인공수정체를 선택하게 되면서 각막구면수차를 측정할 수 있는 기계에 관심이 집중되었다. 현재까지 상용화된 각막 고위수차 측정기계로는 Keratron Scout,<sup>6</sup> Irx3 (Orsay, France),<sup>13</sup> iTrace (Tracey Technologies, Houston, TX),<sup>14</sup> OPD-Scan (Nidek, Gamagori, Japan),<sup>15</sup> Pentacam HR, Gallilei (Ziemer Ophthalmic Systems AG, Zurich, Switzerland)<sup>16</sup> 등이 있다.

각막곡률값을 비교하였을 때 Keratron Scout의 중심평균 각막곡률과 Pentacam HR의 중심평균각막곡률은 높은 일치도를 보였다. 두 기계를 비교한 한 연구에서 중심부의 가장 편평한 각막곡률은 두 기계 간 차이가 없었으나 가장 가파른 각막곡률은 차이가 있다고 보고하였다.<sup>17</sup> 이에 대해 Keratron Scout는 Placido-disk imaging을 사용하여 반사된 image에 의존해서 값을 산출하고 중심주변부 각막으로부터 중심각막곡률을 추론해내지만 샤임플러그 카메라는 광학적 cross-section을 사용하여 중심 각막의 0.33 mm를 직접



**Figure 3.** The correlation between corneal higher order aberrations (HOAs) of Keratron Scout video-keratoscopy and anterior corneal HOAs of Pentacam HR Scheimpflug Camera. RMS = root-mean-square; SA = spherical aberration.

측정하기 때문인 것으로 추정되고 있다.<sup>18</sup> 그러나 본 연구에서 가파른 각막곡률과 편평한 각막곡률의 평균치에는 두 기계 간 차이가 없었기 때문에 임상적용 시 각막곡률치는 두 기계 간의 값을 교환하여 적용해 볼 수 있을 것이다.

각막고위수차값을 비교하기 위하여 각막중심 6 mm에서 Keratron Scout의 각막고위수차값과 Pentacam HR의 각막전체고위수차값을 비교하였을 때 총 root-mean-square (RMS) 및 구면수차는 두 기계에서 높은 상관관계 및 일치도를 보였다. Keratron Scout가 각막지형도를 바탕으로 각막 전면의 90%까지 반영하는 elevation map을 이용하여 Zernike polynomial에 따라 안구의 수차를 구하는 기기이므로 Keratron Scout의 각막고위수차값을 Pentacam HR의 각막전면고위수차값과 비교 분석한 결과 총 RMS 및 구면 수차에서 두 기계에서 높은 상관관계 및 일치도를 보였다. 또한 코마수차에서도 상관관계수가 높지는 않았으나 통계학적으로 유의한 상관관계를 나타내었다. 그러나 트레포일수차는 Keratron Scout 값이 Pentacam HR의 각막전체값과 각막전면값 모두보다 통계적으로 유의하게 높고 두 기기의 계측치 간에 상관관계를 보이지 않았다.

두 기계의 각막의 총 RMS는 높은 상관관계를 보였으며

로 각막후면이 고려되지 않았다고 할지라도 Keratron Scout에 근거해서 시행하는 근시교정술은 각막고위수차를 효과적으로 교정하여 시력의 질 향상을 가져올 수 있을 것으로 생각해 볼 수 있다. 백내장 수술 전 각막의 구면수차에 근거해서 비구면 인공수정체를 선택할 때에도 각막후면이 고려되지 않은 Keratron Scout의 구면수차도 Pentacam HR의 각막전체구면수차와 높은 일치도를 보였으므로 유용하게 사용될 수 있다.

두 기계 간 코마수차와 트레포일수차의 값이 일치하지 않은 것은 두 기계의 측정범위 및 원리가 다른 것으로 추정해 볼 수 있다. 코마수차에서 Keratron Scout의 코마수차와 Pentacam HR의 각막전면코마수차와는 상관관계를 보였으나 각막전체코마수차와는 일치하지 않은 것은 각막전체코마수차에 각막후면이 기여하는 바가 큰 것을 의미한다. 초기 원추각막의 진단에 수직코마수차(vertical coma)와 각막후면상승(posterior corneal elevation)이 지표로 사용될 수 있음이 보고되었으므로<sup>19,20</sup> 원추각막의 진단에는 각막후면을 반영할 수 있는 Pentacam HR이 더 유용할 것이다. 트레포일수차는 각막의 주변부의 각도에 따른 기복을 주로 반영하여 나타나므로 Placido-disc imaging을 바탕으로 ele-

vation map을 이용하여 고위수차를 구하는 Keratron Scout의 산출방식과 광학적 cross-section을 사용하여 각막 전후면의 elevation map을 이용하여 고위수차를 구하는 Pentacam HR의 산출방식이 각막주변부에서는 일치도가 떨어지는 것으로 추정해 볼 수 있다.

본 연구에서는 모든 개별 각막고위수차값을 비교하지 않은 것이 제한점이나 총 RMS 값에 근거하여 굴절교정수술을 시행하고, 백내장 수술 시 각막 구면수차를 근거로 비구면 인공수정체를 선택하며, 각막의 코마수차가 원추각막의 진단 및 진행을 판단하는 데 도움을 줄 수 있기 때문에 측정원리가 다른 두 기계에서 임상적으로 중요한 각막고위수차를 비교하였다. 비록 대상자 수가 46안으로 많지는 않지만 각막고위수차에 영향을 줄 수 있는 고령, 고도근시, 난시, 각막질환 환자, 건성안 환자 및 협조가 안 되는 환자를 모두 제외하고 한 명의 검사자가 세 번 측정하여 평균값을 산출하여 비교하였으므로 검사의 정확도에 대한 신뢰도는 확보되었다고 볼 수 있다.

모든 기계를 다 보유할 수 없는 현실 속에서 서로 다른 원리에 입각한 Keratron Scout와 Pentacam HR 계측치 중 평균각막곡률값과 각막고위수차 중 총 RMS, 구면수차 및 Pentacam HR의 각막전면코마수차는 두 기계의 측정치를 상호 교환하여 임상 적용할 수 있을 것으로 생각한다.

## REFERENCES

- 1) Bühren J, Kook D, Yoon G, Kohnen T. Detection of subclinical keratoconus by using corneal anterior and posterior surface aberrations and thickness spatial profiles. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010;51:3424-32.
- 2) Jafri B, Li X, Yang H, Rabinowitz YS. Higher order wavefront aberrations and topography in early and suspected keratoconus. *J Refract Surg* 2007;23:774-81.
- 3) Kim HS, Kim SW, Ha BJ, et al. Ocular aberrations and contrast sensitivity in eyes implanted with aspheric and spherical intraocular lenses. *J Korean Ophthalmol Soc* 2008;49:1256-62.
- 4) Lee SM, Lee MJ, Kim MK, et al. Comparison of changes in higher-order aberrations between conventional and wavefront-guided LASEK. *J Korean Ophthalmol Soc* 2007;48:1028-35.
- 5) Kim SI, Oh JJ, Oh TH, et al. Higher-order aberrations and visual acuity with wavefront-guided and wavefront-optimized ablation in laser keratorefractive surgery. *J Korean Ophthalmol Soc* 2014;55:480-5.
- 6) Tripoli NK, Cohen KL, Holmgren DE, Coggins JM. Assessment of radial aspheres by the Arc-step algorithm as implemented by the Keratron keratoscope. *Am J Ophthalmol* 1995;120:658-64.
- 7) Buehl W, Stojanac D, Sacu S, et al. Comparison of three methods of measuring corneal thickness and anterior chamber depth. *Am J Ophthalmol* 2006;141:7-12.
- 8) Lackner B, Schmidinger G, Pieh S, et al. Repeatability and reproducibility of central corneal thickness measurement with Pentacam, Orbscan, and ultrasound. *Optom Vis Sci* 2005;82:892-9.
- 9) Lackner B, Schmidinger G, Skorpik C. Validity and repeatability of anterior chamber depth measurements with Pentacam and Orbscan. *Optom Vis Sci* 2005;82:858-61.
- 10) O'Donnell C, Maldonado-Codina C. Agreement and repeatability of central thickness measurement in normal corneas using ultrasound pachymetry and the OCULUS Pentacam. *Cornea* 2005;24:920-4.
- 11) 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.
- 12) 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.
- 13) Visser N, Berendschot TT, Verbakel F, et al. Evaluation of the comparability and repeatability of four wavefront aberrometers. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:1302-11.
- 14) Alpíns NA. A new method of analyzing vectors for changes in astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 1993;19:524-33.
- 15) MacRae S, Fujieda M. Slit skiascopic-guided ablation using the Nidek laser. *J Refract Surg* 2000;16:S576-80.
- 16) Savini G, Carbonelli M, Barboni P, Hoffer KJ. Repeatability of automatic measurements performed by a dual Scheimpflug analyzer in unoperated and post-refractive surgery eyes. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:302-9.
- 17) Kawamorita T, Nakayama N, Uozato H. Repeatability and reproducibility of corneal curvature measurements using the Pentacam and Keratron topography systems. *J Refract Surg* 2009;25:539-44.
- 18) Tripoli NK, Cohen KL, Holmgren DE, Coggins JM. Assessment of radial aspheres by the Arc-step algorithm as implemented by the Keratron keratoscope. *Am J Ophthalmol* 1995;120:658-64.
- 19) Piñero DP, Nieto JC, Lopez-Miguel A. Characterization of corneal structure in keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2012;38:2167-83.
- 20) Bühren J, Kühne C, Kohnen T. Defining subclinical keratoconus using corneal first-surface higher-order aberrations. *Am J Ophthalmol* 2007;143:381-9.

---

= 국문초록 =

## 두 가지 장비를 이용한 각막곡률 및 각막고위수차의 비교

**목적:** Keratron Scout videokeratoscope와 Pentacam Scheimpflug Camera의 각막곡률과 각막 고위수차를 비교하고 상관관계를 알아보고자 하였다.

**대상과 방법:** 2012년 12월부터 2013년 2월까지 건강한 성인 23명(46안)을 대상으로 Keratron Scout videokeratoscope와 Pentacam HR Scheimpflug Camera를 이용하여 각막곡률과 각막고위수차를 측정하고 비교하였다.

**결과:** Keratron Scout와 Pentacam HR을 사용하여 측정한 각막곡률은 95% confidence interval  $-0.155 \pm 0.37$ 로 높은 수준의 상관관계를 보였다. Keratron Scout와 Pentacam HR 간에 각막 총 고위수차의 상관 분석에서 총 Root-mean-square (RMS) 및 구면수차는 통계학적으로 유의한 상관관계를 나타내었다( $r=0.67$ ,  $p<0.001$ ,  $r=0.74$ ,  $p<0.001$ ). Keratron Scout의 각막 고위수차와 Pentacam HR의 각막전면고위수차의 상관 분석에서는 총 RMS, 구면수차 및 코마 수차에서 통계학적으로 유의한 상관관계를 나타내었다( $r=0.62$ ,  $p<0.001$ ,  $r=0.81$ ,  $p<0.001$ ,  $r=0.52$ ,  $p=0.047$ ).

**결론:** 다른 원리를 사용하는 Keratron Scout와 Pentacam HR의 두 기기의 각막곡률값과 임상적으로 중요한 총 RMS, 구면수차 및 코마수차에서 유의한 상관관계를 나타내어서 두 장비 모두 임상적으로 유용하게 사용될 수 있다.

〈대한안과학회지 2014;55(12):1758-1764〉

---