

발광다이오드 각막형태분석기와 샤임플러그 전안부사진기의 각막난시 및 각막고위수차 비교

Comparison of Corneal Astigmatism and Higher-order Aberrations between Color Light-emitting Diode Topographer and Scheimpflug Imager

김다영 · 하민지 · 이로운 · 김효원 · 정소향

Da Yeong Kim, MD, Minji Ha, MD, Rowoon Yi, MD, Hyo Won Kim, MD,
So-Hyang Chung, MD, PhD

가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 안과

Department of Ophthalmology, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul St. Mary's Hospital, Seoul, Korea

Purpose: To compare corneal astigmatism, keratometry and corneal higher order aberrations between the light emitting diode corneal topography analyzer and Scheimpflug Imager.

Methods: This prospective study involved 45 patients (45 eyes) who visited Seoul St. Mary's hospital before cataract surgery from June 7, 2017, to August 2, 2017. For each eye, keratometry, astigmatism and its axis of cornea, higher-order aberrations were evaluated with a Scheimpflug Imager (Pentacam HR[®], Oculus, Wetzlar, Germany) and a color-LED corneal topographer (Cassini[®], i-Optics, Den Haag, The Netherlands).

Results: Astigmatism magnitude measured using Cassini[®] and Pentacam[®] showed no statistically differences but anterior and total astigmatic axes were significantly different, as measured by the two devices ($p < 0.05$). Anterior and total mean keratometry were statistically significantly different, as measured by the two devices ($p < 0.05$). J0 and J45 vectors of anterior and total cornea were statistically different ($p < 0.05$). In addition, Cassini[®] and Pentacam[®] showed discrepancies between total corneal astigmatism, total J0 and J45 vectors. Corneal anterior spherical aberration, vertical and horizontal coma, and oblique and horizontal trefoil aberrations were not statistically different between the two devices.

Conclusions: Astigmatic axes obtained from the two devices based on different principles showed statistically significant differences. Astigmatism magnitude was not statistically different but showed a discrepancy between the two devices.

J Korean Ophthalmol Soc 2019;60(10):922-928

Keywords: Astigmatism, Corneal topography, Corneal wavefront aberration

■ Received: 2019. 4. 18. ■ Revised: 2019. 5. 28.

■ Accepted: 2019. 6. 7.

■ Address reprint requests to So-Hyang Chung, MD, PhD
Department of Ophthalmology, Seoul St. Mary's Hospital,
College of Medicine, The Catholic University of Korea, #222
Banpo-daero, Seocho-gu, Seoul 06591, Korea
Tel: 82-2-2258-1188, Fax: 82-2-599-7405
E-mail: chungsh@catholic.ac.kr

* This research was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF), funded by the Ministry of Education (2016R1A6A1A03010528).

* Conflicts of Interest: The authors have no conflicts to disclose.

최근의 백내장수술은 굴절수술로 간주될 정도로 환자의 잔여 굴절력을 줄여 최대나안시력을 얻는 것을 목표로 발전하고 있다. 이를 위해서는 일반적으로 난시와 같은 저위수차의 정확한 진단과 교정이 필수적이다. 환자에게 최상의 시력의 질을 제공하기 위해 비구면 인공수정체 및 난시 교정 인공수정체 삽입을 시행하는 데 수술 전 각막후면을 고려한 정확한 난시값 및 난시축 측정이 잔여난시를 줄이는데 가장 중요한 요소로 간주되고 있다.¹

수차(aberration)란 눈이 완전한 구형이 아니기 때문에 빛

이 망막의 한 점에 맺히지 못하여 발생하는 빛 번짐, 상의 일그러짐 등을 의미한다.² 수차는 Zernike 공식으로 표현되며 굴절이상으로 대변되는 안경으로 교정 가능한 저위수차와 교정이 되지 않는 고위수차로 분류된다.² 각막은 눈의 고위수차를 발생시키는 가장 중요한 광학적 구조로 백내장 수술 전 각막의 고위수차를 측정하여 이를 보완하는 비구면 인공수정체를 선택하여 수술했을 때, 술 후 보다 좋은 시기능 및 시력의 질을 향상시킬 수 있다고 알려져 있다.^{3,4} 또한 과거 각막굴절교정술을 받은 백내장환자가 늘어나면서 각막 전면의 곡률로 인공수정체 도수를 계산하게 되면 전방길이를 과소평가하게 되어 백내장수술 후 원시가 되는 결과를 야기한다. 따라서 각막 전면뿐만 아니라 후면까지 포함하는 전체 각막곡률을 측정하여 인공수정체를 삽입해야 환자의 수술 후 굴절 정확도를 높일 수 있다.^{5,6}

Pentacam® (Oculus Inc., Wetzlar, Germany)은 샤임플러그 카메라 방식의 세극등 원리를 이용한 기기로 한 대의 카메라가 360° 회전하면서 각막 전, 후면의 elevation map을 얻어 각막 형태를 분석하여 각막곡률을 산출하고 이를 통해 각막 전, 후면의 고위수차를 산출할 수 있는 각막 지형도 검사기이다.⁷ Cassini® (i-Optics, Den Haag, the Netherlands)는 발광다이오드 반사를 사용하여 각막의 전면 곡률을 직접 측정하고 이차 Purkinje Imaging Technology를 사용하여 각막의 후면 곡률을 측정하는 기계이다. 각막전체난시(total corneal astigmatism)는 실제 Ray-tracing 방법을 통해 측정한 것으로 최대 700개의 color-LED의 경면반사를 이용하여 전면각막표면을 각막지형도로 나타내고 후면 각막곡률을 측정하기 위해 추가적인 7개의 적외선 LED를 반사시키는 원리를 이용하고 있다. 또한 각막 전면 곡률을 이용하여 각막 고위수차를 산출한다.¹ 본 연구에서는 이 두 기계 간에 각막 전, 후면 곡률값과 난시 및 각막 전면 고위수차를 비교하여 새로 개발된 Cassini®의 정확성 및 임상적 유용성을 알아보고자 하였다.

대상과 방법

2017년 6월부터 2017년 8월까지 백내장수술하기 전에 내원한 환자 45명의 45안으로 우안을 대상으로 하였고 각막질환, 눈꺼풀 질환, 안와 및 결막 질환 등 각막난시에 영향을 줄 수 있는 질환이 동반된 경우, 각막 고위수차에 영향을 줄 수 있는 고령, 고도근시 및 고도난시, 각막이식수술, 굴절교정수술, 녹내장수술 등을 받은 경우는 연구 대상에서 제외하였으며, 측정 시 협조가 안되어 검사 시간이 길어지거나 검사 조건에 영향을 미칠 수 있는 대상자는 연구에서 제외하였다. 본 연구는 본원 임상연구심의위원회

(Institutional Review Board) 승인하에 진행되었다(승인 번호: KC18RESI0135).

동일한 한 명의 숙련된 검사자에 의해 같은 날 연속으로 Cassini®와 Pentacam®을 이용하여 각막지형도검사를 시행하고 그 측정값을 비교하였다. 검사 도중 환자가 눈을 깜박이거나 움직이지 않도록 주의하고 눈물막의 영향을 최소화하기 위하여 검사 시행 전 눈을 깜박이도록 하여 눈물층을 균일하게 하였으며 검사자에 의해 안구가 흔들리지 않도록 주의하며 검사를 시행하였다. 검사자 한 명이 동일 검사를 3회 시행하여 평균값을 기준으로 하였다.

각막곡률 및 난시는 각막 중심으로부터 3 mm 구역에서 전면, 후면 및 전체 각막의 최대, 최소, 평균값을 구하였으며 Pentacam®에서는 Sim K, total cornea refractive power (TRP)를 Cassini®에서는 Sim K, total cornea astigmatism (TCA) 계측치를 비교하였다. 각막전면고위수차는 각막 중심으로부터 6 mm 구역에서 총 고위수차 root mean square (RMS), 구면수차(Spherical aberration), 코마수차(Coma aberration, Z₃₁), 세조각수차(Trefoil aberration, Z₃₃) 및 네조각수차(Tetrafoil aberration, Z₄₄)를 구하였다. 각 난시의 벡터값인 J0 및 J45는 다음과 같은 식으로 구하였다.

$$J0 = D \times \cos (2 \pi \times \text{axis}/180)$$

$$J45 = D \times \sin (2 \pi \times \text{axis}/180)$$

J0는 90°와 180° 난시축을 이용한 값으로, 음성(negative)일 경우 도난시(against-the-rule astigmatism)를, 양성(positive)일 경우 직난시(with-the-rule astigmatism)를 의미한다. J45는 45°와 135° 난시축을 이용한 값으로, 경사난시를 의미한다. 통계적 분석은 SPSS (version 21.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 사용하였으며 *p*-value가 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 의미 있는 차이로 간주하였다. 두 기기 간 난시량 및 난시 벡터 계측치의 일치도를 평가하기 위해 Bland-Altman plot 분석을 사용하여 95% 유의수준을 확인하였으며 Pearson's correlation 분석을 통하여 측정된 고위수차의 두 기기 간 상관관계를 확인하였다. 또한 두 기기 간 각막 고위수차값은 two-sided Wilcoxon rank test를 시행하여 결과값 간의 유의한 차이가 있는지 확인하였다.

결 과

총 45명, 45안이 본 연구에 포함되었으며 모든 환자는 유수정체 안이었다. 남자는 22명, 여자는 23명이었다. 평균 연령은 59.95 ± 14.82세(41-73세), logMAR 나안시력은 0.62 ± 0.31, logMAR 최대교정시력은 0.33 ± 0.29였다(Table 1).

Pentacam®과 Cassini®의 각막난시 및 난시축을 전면, 후면, 전체로 나누어 평균값을 비교하였을 때 각막난시값에

는 유의한 차이가 없었으나 각막전면과 전체 난시축은 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Table 2). 두 기기의 각막전면 난시 축의 차이는 $11.29 \pm 38.59^\circ$ 로 통계적으로 유의한 차이를 보였고($p=0.032$), 각막전체 난시 축의 차이는 $17.62 \pm 63.83^\circ$ 로 역시 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p=0.032$). 평균 각막곡률(mean K)은 각막전면 수치는 $0.21 \pm 0.63D$ 로 통계적으로 유의한 차이를 보였고($p=0.019$), 각막전체 수치도 $0.83 \pm 0.66D$ 로 통계적으로 매우 유의한 차이를 보였다($p=0.000$). 난시의 벡터값 J0 및 J45도 각막전면 및 각막전체 수치에서 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다(모두 $p<0.05$) (Table 3).

두 기기 간 계측의 일치도를 보기 위해 시행한 Bland-Altman plot을 시행한 결과, 각막전체 평균 난시값과 난시 벡터값 J0 및 J45에서 두 기기 계측치에서 낮은 상관관계를 보였으며(Astigmatism magnitude: $R=0.004$, $p=0.980$; J0: $R=0.13$, $p=0.420$; J45: $R=0.126$, $p=0.424$), 낮은 일치도를 보였다(Astigmatism magnitude, 95% LoA = [0.845, 1.125]; J0, 95% LoA = [-2.415, 2.235]; J45, 95% LoA = [-1.389, 0.989]) (Fig. 1).

Pentacam®과 Cassini®의 각막 전면 고위수차를 비교하였을 때 구면수차, 수직 및 수평 코마수차, 세조각수차와 네조각수차값 모두 두 기기 간에 유의한 차이가 없었다(Table 4).

Table 1. Demographics of subjects

Characteristic	Value
Number of subjects (eyes)	45 (45)
Age (years)	59.95 ± 14.82
Male:female	22:23
UCVA (logMAR)	0.62 ± 0.31
BCVA (logMAR)	0.33 ± 0.29

Values are presented as mean \pm standard deviation unless otherwise indicated.

UCVA = uncorrected visual acuity; logMAR = logarithm of minimal angle of resolution; BCVA = best corrected visual acuity.

또한 두 기계의 계측치 사이 상관관계 분석에서는 구면수차와 수직 및 수평 코마수차에서 높은 상관관계 및 통계학적인 유의성이 확인되었다(Fig. 2).

고 찰

백내장수술에서 난시교정 인공수정체를 사용하여 잔여 굴절력을 줄여 시력의 질을 높이는 것이 수술의 목표로 대두됨으로써 후면 난시를 고려한 전체 각막난시곡률 및 난시축의 정확한 측정에 대한 관심이 높아지고 있다.⁸ Kanellopoulos and Asimellis⁹은 Pentacam®에서 얻어진 측정치로 난시교정 인공수정체 삽입수술을 했을 때 Sim K보다 TRP를 적용한 경우 수술 후 잔여난시의 벡터값이 통계적으로 유의하게 작게 측정됨을 확인하였고, Klijn et al¹⁰은 백내장수술을 시행한 환자에서 두 기계 모두 각막의 전면난시보다 후면 난시를 포함한 전체난시가 굴절난시와 일치하여 정확도가 증가하는 결과를 보였다고 보고하였다. Davison and potvin¹¹은 Cassini®를 이용하여 정상안의 각막난시를 측정하는 연구에서 Cassini®의 경우 각막난시값이 클수록 각막난시축 측정값의 재현성이 높아지므로 중등도 이상의 각막난시를 보이는 환자에게 난시교정 인공수정체를 이용한 백내장

Table 2. Comparison of corneal astigmatic magnitude and axes between the two devices

Technique	Astigmatism (D)	Axis (D)
Pentacam® anterior	1.33 ± 1.19	99.65 ± 47.83
Cassini® anterior	1.33 ± 4.50	$88.36 \pm 46.84^*$
Pentacam® posterior	-0.33 ± 0.21	87.82 ± 19.28
Cassini® posterior	-0.36 ± 0.24	93.22 ± 32.04
Pentacam® TRP	1.45 ± 1.25	107.42 ± 53.60
Cassini® TCA	1.43 ± 1.52	$89.80 \pm 50.45^*$

Values are presented as mean \pm standard deviation.

D = diopters; TRP = total refractive power; TCA = total corneal astigmatism.

*Statistically significant ($p<0.05$, based on *t*-test).

Table 3. Difference of astigmatism magnitude, axes and keratometry between the two devices

Variable	Pentacam®-Cassini® difference			
	Anterior		Total	
	Mean \pm SD	<i>p</i> -value*	Mean \pm SD	<i>p</i> -value*
Ast (D)	-0.04 ± 0.30	0.378	0.13 ± 0.50	0.092
Axis°	11.29 ± 38.59	0.032	17.62 ± 63.83	0.032
Mean K (D)	0.21 ± 0.63	0.019	0.83 ± 0.66	0.000
J0 (D)	0.17 ± 0.52	0.045	0.27 ± 0.66	0.012
J45 (D)	-0.17 ± 0.52	0.039	-0.20 ± 0.62	0.043

Values are presented as mean \pm standard deviation.

Ast = astigmatism; K = keratometry; D = diopters; ° = degrees.

*Statistically significant ($p<0.05$, based on *t*-test).

수술을 시행할 때 도움이 될 것이라고 하였다.

본 연구에서 Cassini®와 샤임플러그 카메라 방식의 Pentacam® 기기의 각막난시값을 비교하였을 때 각막전면, 각막후면 및 전체 각막난시값은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 각막전면의 난시축과 전체 난시축

은 두 기계 간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였으며, 각막전면 및 각막전체 평균 각막곡률값은 Pentacam®에서 Cassini®보다 통계학적으로 유의하게 높게 측정되었다. 전면 및 전체 각막난시의 벡터값을 비교하였을 때에도 난시의 벡터값 J0와 J45에서 두 기계 간에 통계적인 차이를 보

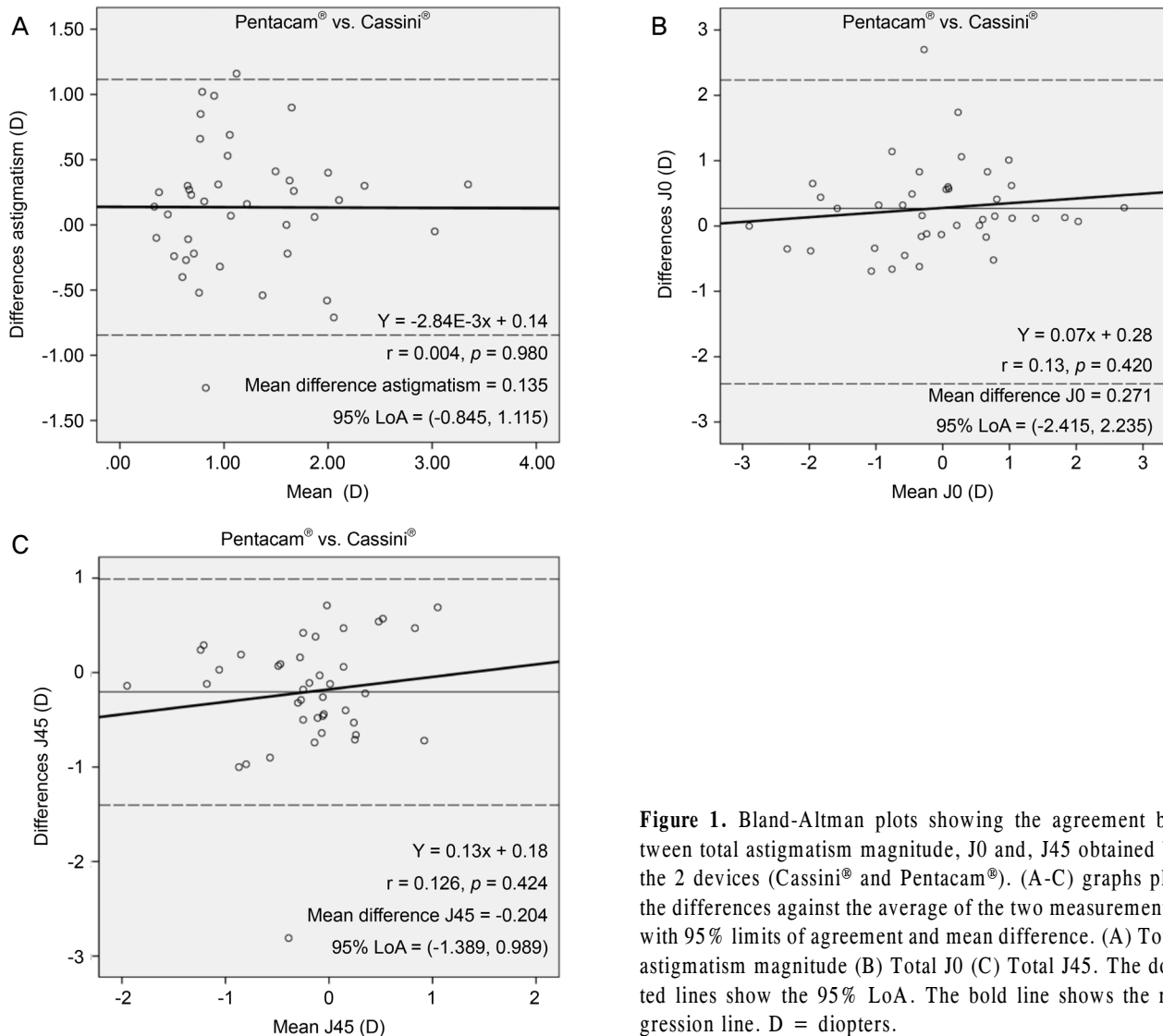


Figure 1. Bland-Altman plots showing the agreement between total astigmatism magnitude, J0 and, J45 obtained by the 2 devices (Cassini® and Pentacam®). (A-C) graphs plot the differences against the average of the two measurements, with 95% limits of agreement and mean difference. (A) Total astigmatism magnitude (B) Total J0 (C) Total J45. The dotted lines show the 95% LoA. The bold line shows the regression line. D = diopters.

Table 4. The comparison of anterior corneal aberrations between Pentacam® and Cassini® (n = 45)

Variable	Pentacam® (μm)	Cassini® (μm)	p-value*
SA Z (4, 0)	0.26 ± 0.31	0.29 ± 0.69	0.206
Vertical coma Z (3, -1)	-0.09 ± 0.68	-0.05 ± 1.39	0.619
Horizontal coma Z (3, 1)	-0.04 ± 0.33	-0.02 ± 0.47	0.955
Oblique trefoil Z (3, -3)	-0.01 ± 0.24	0.20 ± 1.52	0.843
Horizontal trefoil Z (3, 3)	-0.02 ± 0.28	-0.44 ± 2.21	0.687

Values are presented as mean ± standard deviation. SA Z (4, 0) means corneal spherical aberration of the fourth order.

SA = spherical aberration.

*Two-sided Wilcoxon.

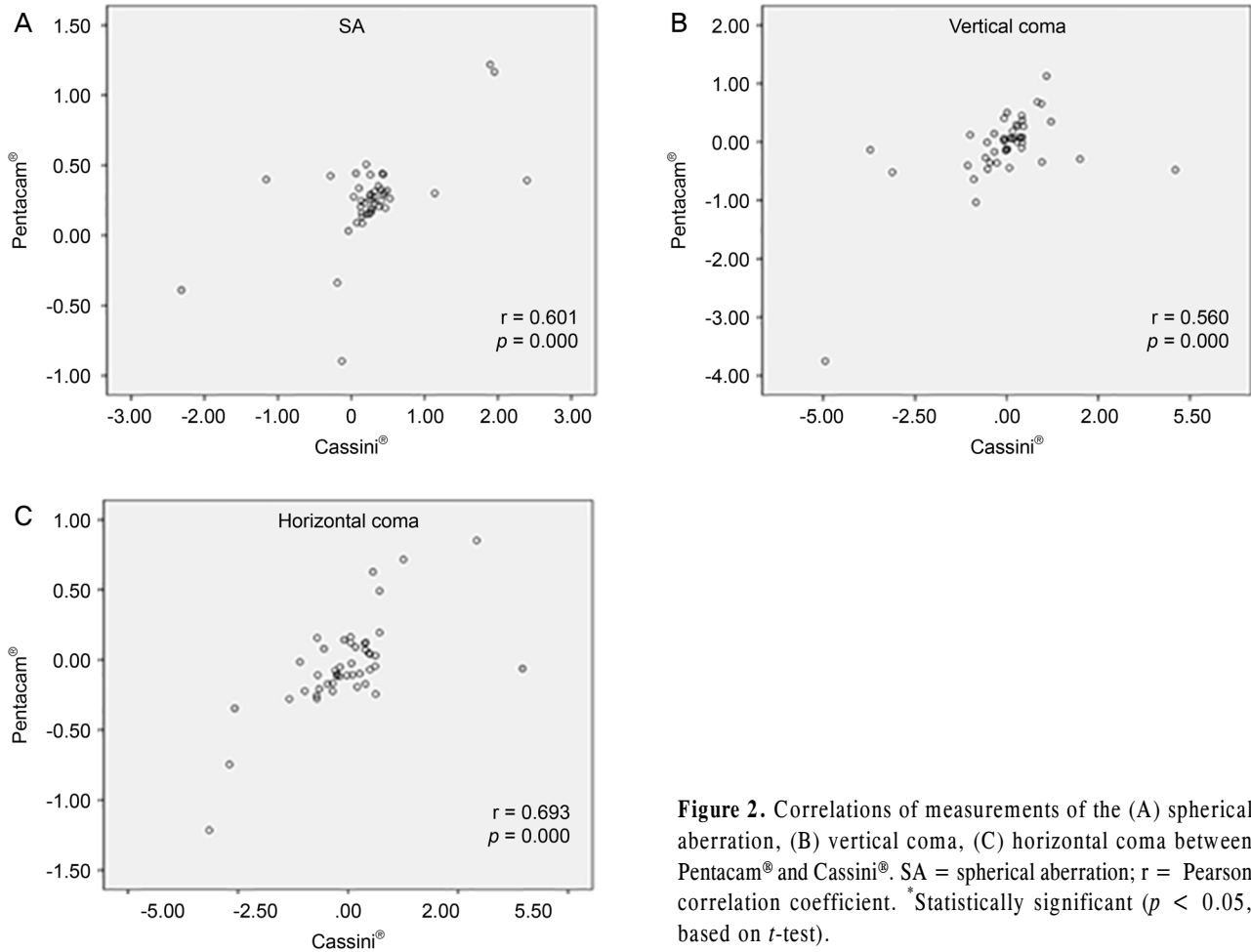


Figure 2. Correlations of measurements of the (A) spherical aberration, (B) vertical coma, (C) horizontal coma between Pentacam® and Cassini®. SA = spherical aberration; r = Pearson correlation coefficient. *Statistically significant ($p < 0.05$, based on t -test).

였고 평균 각막곡률값에도 영향을 준 것으로 추정된다. 두 기기 간 각막난시값은 통계적으로 유의한 차이가 없었으나 각 수치 간의 상관관계를 분석하였을 때에는 낮은 상관성을 보였다. 직접 후면난시를 Ray tracing 방법으로 측정된 Cassini®의 TCA와 계산값으로 얻어진 Pentacam®의 TRP를 비교한 연구에서는 각막곡률값, 각막난시값 및 가파른 각막난시값은 두 기기 간 차이를 보이지 않았다고 보고하였다.¹² 다른 연구에서는 두 기기의 측정값 사이에 차이가 발생하였는데¹⁰ Cassini®의 경우, 전면의 각막을 측정할 때 31개의 스캔값을 이용하고 후면의 각막을 측정할 때는 6개의 반사된 빛을 측정하기 때문에 충분히 각막의 모든 부분을 측정하지 못할 수 있는 점과 눈꺼풀로 인한 방해 때문에 후면각막 3 mm에서 반사된 빛을 감지하지 못한 경우가 있다는 점이 제한점으로 제시되었다. 본 연구에서도 Cassini®의 검사 질을 분석하였을 때 13명(28.9%)에서 불완전한 각막 범위와 포함되었으나 각막 중심으로부터 3 mm 구역의 측정값을 사용하였으므로 이로 인한 오류는 제한적일 것으로 생각된다.

본 연구에서 Pentacam®과 Cassini® 모두 각막곡률 측정 반경은 3 mm로 동일하였지만 Pentacam®은 샤임플러그 카메라 방식의 세극등 원리를 이용하여 각막 전, 후면의 elevation map을 얻어 각막 형태를 분석하여 각막곡률을 산출하는 방식으로 플라시도 원반 방식의 각막곡률계에 비해 측정시간(약 2초)이 더 소요되고,^{13,14} 이로 인한 data gap이 가장 흔한 특정 오류로 제시되고 있고, 역시 눈꺼풀에 의한 방해가 두 번째 흔한 원인으로 제시되었다.¹⁰ 실제 ray-tracing 방법으로 각막의 전면과 후면을 측정하는 Cassini®에 비해 안구 고정 상태, 안구의 보상성 비약운동, 측정 시간 동안의 환자 협조도가 검사 결과에 더 많은 영향을 줄 것이라고 보고되었으며¹⁵ 이는 본 연구에서 두 기기 간 각막전면 및 전체 난시축과 평균 각막곡률의 차이를 유발한 원인이라고 볼 수 있다.

Pentacam®과 Cassini®의 각막 전면고위수치를 비교하였을 때 구면수차, 수직 및 수평코마수차, 세조각수차, 네조각수차 모두 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 또한 두 기기의 계측치 사이 상관관계 분석에서는 구면수차와 수직

및 수평 코마수차에서 높은 상관관계 및 통계학적인 유의성을 확인하였다. 따라서 본 연구 결과에 따르면 백내장수술 시 각막 구면수차를 근거로 비구면 인공수정체를 선택할 때, 두 기기의 수치를 상호 호환하는 것이 가능할 것으로 추정된다. 서로 다른 기기에서 얻은 수차 측정값을 비교한 기존 연구들에 따르면 Pentacam®과 Galilei™ (Zeimer, Port, Switzerland)의 비교에서 모든 고위수차 항목에서 두 기기 간에 낮은 일치도를 보였으며, 구면수차와 이차난시 측정치는 값이 작을수록 Galilei™ G4의 계측치가 Pentacam®보다 크게 측정되는 경향을 보였다.¹⁶ Keratron Scout (Optikon 2000 Spa, Rome, Italy)와 Pentacam® 간에 각막 총 고위수차의 상관 분석에서 총 RMS, 구면수차 및 코마수차에서 통계학적으로 유의한 상관관계를 나타내었다.¹⁷

본 연구의 대상자 수는 45안으로 많지는 않지만 한국인을 대상으로는 처음으로 진행한 연구이며 각막 고위수차에 영향을 줄 수 있는 고령, 고도근시 및 고도난시, 각막질환 환자, 건성안환자 및 협조가 안 되는 환자를 모두 제외하고 한 명의 검사자가 세 번 측정한 이후, 평균값을 산출하여 비교하였으므로 측정치에 대한 신뢰도는 확보되었다고 볼 수 있다. 본 연구에서 두 기기 간 평균 각막곡률의 차이가 나타난 것은 난시축 및 벡터 난시값의 차이에 의한 것으로 보인다. 두 기기 간 각막전면 및 각막전체 난시값은 통계적으로 차이가 없었으나 환자 개개인의 기기 수치 간에는 일치도가 낮게 측정되었다. 따라서 난시교정용 인공수정체를 삽입할 때는 각 기기 간의 수치를 서로 상호 호환해서 적용하는 것은 신중하게 접근해야 한다. 두 기기 중 어떠한 기기의 각막전체 난시값 및 난시축이 정확한지는 백내장수술 후 단초점인공수정체를 삽입한 환자들을 대상으로 수정체 난시가 없는 상태에서 환자의 굴절난시와 각막전체 난시 및 난시축을 확인하는 후속 연구가 좀 더 필요할 것으로 생각된다.

결론적으로 본 연구에서 다른 방식으로 각막전체 난시를 제공하는 Cassini®와 Pentacam® 두 기기를 비교한 결과 각막전체 난시값과 각막전면 고위수차는 두 기계의 측정치를 상호 교환하여 임상 적용이 가능할 것으로 판단된다. 그러나 각막전체 난시축 및 평균 각막곡률에서 낮은 일치도를 보이고 있으므로 난시교정 인공수정체 삽입 시에는 다른 기기의 계측치도 고려하여 인공수정체를 삽입하는 것이 수술 후 정확도를 높일 수 있을 것이다.

REFERENCES

1) Ferreira TB, Ribeiro FJ. A novel color-LED corneal topographer to assess astigmatism in pseudophakic eyes. Clin Ophthalmol 2016;

10:1521-9.
 2) Lombardo M, Lombardo G. Wave aberration of human eyes and new descriptors of image optical quality and visual performance. J Cataract Refract Surg 2010;36:313-31.
 3) Artal P, Berrio E, Guirao A, Piers P. Contribution of the cornea and internal surfaces to the change of ocular aberrations with age. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis 2002;19:137-43.
 4) Bellucci R, Morselli S, Piers P. Comparison of wavefront aberrations and optical quality of eyes implanted with five different intraocular lenses. J Refract Surg 2004;20:297-306.
 5) Ventura BV, Wang L, Ali SF, et al. Comparison of corneal power, astigmatism, and wavefront aberration measurements obtained by a point-source color light-emitting diode-based topographer, a Placido-disk topographer, and a combined Placido and dual Scheimpflug device. J Cataract Refract Surg 2015;41:1658-71.
 6) Kanellopoulos AJ, Asimellis G. Color light-emitting diode reflection topography: validation of keratometric repeatability in a large sample of wide cylindrical-range corneas. Clin Ophthalmol 2015;9:245-52.
 7) 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.
 8) Koch DD, Ali SF, Weikert MP, et al. Contribution of posterior corneal astigmatism to total corneal astigmatism. J Cataract Refract Surg 2012;38:2080-7.
 9) Kanellopoulos AJ, Asimellis G. Distribution and repeatability of corneal astigmatism measurements (magnitude and axis) evaluated with color light emitting diode reflection topography. Cornea 2015;34:937-44.
 10) Klijn S, Reus NJ, van der Sommen CM, Sicam VA. Accuracy of total corneal astigmatism measurements with a scheimpflug imager and a color light-emitting diode corneal topographer. Am J Ophthalmol 2016;167:72-8.
 11) Davison JA, Potvin R. Refractive cylinder outcomes after calculating toric intraocular lens cylinder power using total corneal refractive power. Clin Ophthalmol 2015;9:1511-7.
 12) Klijn S, Reus NJ, Sicam VA. Evaluation of keratometry with a novel color-LED corneal topographer. J Refract Surg 2015;31:249-56.
 13) Mejia-Barbosa Y, Malacara-Hernández D. A review of methods for measuring corneal topography. Optom Vis Sci 2001;78:240-53.
 14) Hoffmann PC, Abraham M, Hirschschall N, Findl O. Prediction of residual astigmatism after cataract surgery using swept source fourier domain optical coherence tomography. Current Eye Res 2014;39:1178-86.
 15) Elliott M, Simpson T, Richter D, Fonn D. Repeatability and accuracy of automated refraction: a comparison of the Nikon NRK-8000, the Nidek AR-1000, and subjective refraction. Optom Vis Sci 1997;74:434-8.
 16) Choi YJ, Kang NH, Jun RM. Comparison of corneal higher-order aberrations measured with two instruments using scheimpflug camera system. J Korean Ophthalmol Soc 2015;56:1497-504.
 17) Shin JY, Lee MY, Chung SH. Comparison of keratometry and corneal higher order aberrations between scout videokeratoscope and pentacam scheimpflug camera. J Korean Ophthalmol Soc 2014;55:1758-64.

= 국문초록 =

발광다이오드 각막형태분석기와 샤임플러그 전안부사진기의 각막난시 및 각막고위수차 비교

목적: 발광다이오드(light emitting diode, LED) 각막형태분석기와 샤임플러그 전안부사진기 간에 각막난시, 각막곡률 및 각막고위수차를 비교하고자 하였다.

대상과 방법: 2017년 6월 7일부터 2017년 8월 2일까지 백내장수술 전 내원한 환자 45명(45안)을 대상으로 Pentacam® (Oculus, Wetzlar, Germany) 샤임플러그 전안부사진기와 Cassini® (i-Optics, Den Haag, The Netherlands) 발광다이오드(LED) 각막형태분석기를 이용하여 각막곡률, 각막난시, 난시축 및 각막고위수차를 측정하고 비교하였다.

결과: Pentacam®과 Cassini®를 사용하여 측정한 각막난시값은 두 기계 간에 차이가 없었으나 각막전면과 각막전체 난시축은 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 각막전면 및 각막전체 평균각막곡률, 난시의 벡터값 J0과 J45도 두 기계 수치 간에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 두 기기 간 난시 계측치의 일치도를 비교하였을 때 각막전체 각막난시값, 난시 벡터값 J0과 J45 모두 두 기계 간에서 낮은 일치도를 보였다. Pentacam®과 Cassini®의 각막전면 고위수차를 비교하였을 때 구면수차, 수직 및 수평 코마수차, 세조각수차와 네조각수차값 모두 두 기기 간에 유의한 차이가 없었다.

결론: 다른 원리를 사용하는 두 기기에서 측정한 각막전면 및 각막전체 난시축은 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 두 기기 간 각막난시값은 차이가 없었으나 측정치에서는 낮은 일치도를 보였다.

〈대한안과학회지 2019;60(10):922-928〉

김다영 / Da Yeong Kim

가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 안과
Department of Ophthalmology,
College of Medicine, The Catholic University
of Korea, Seoul St. Mary's Hospital

