

두 가지 장비를 이용한 각막 지형도 검사의 비교

이동민 · 안지민 · 서경률 · 김응권 · 김태임

연세대학교 의과대학 안과학교실, 시기능개발연구소

목적: 각막지형도 측정 장비인 Pentacam과 Sirius로 평가한 전안부 측정값을 비교하고자 하였다.

대상과 방법: 정상각막 및 굴절수술을 받은 환자를 대상으로 전안부 측정값을 비교하였다.

결과: 총 44명 88안을 대상으로 Pentacam과 Sirius를 이용하여 전안부 검사를 시행한 결과 정상각막군에서 두 기기의 측정치가 각막 중심두께($p=0.693$), 가장 얇은 부분의 각막두께($p=0.386$), 전방용적($p=0.155$), 동공크기($p=0.650$)에서 유의한 차이를 보이지 않았고, 각막용적($p=0.023$), 전방각($p<0.001$) 각막굴절률($p<0.001$)에서는 유의한 차이를 보였다. 굴절교정수술군에서는 각막중심두께($p=0.056$)를 제외한 가장 얇은 각막두께($p=0.019$), 전방깊이($p<0.001$), 전방용적($p<0.001$), 전방각($p<0.001$), 각막용적($p<0.001$), 동공 크기($p<0.001$), 각막굴절률($p<0.001$)에서 두 검사 간에 유의한 차이를 보였다.

결론: Pentacam과 Sirius에서 측정값들은 정상각막에 비해 굴절수술 직후에 더 많은 계측치에서 유의한 차이를 보이므로 임상적용에 이를 고려하여야 할 것이다.

<대한안과학회지 2012;53(11):1584-1590>

각막은 안구의 굴절 체계에서 가장 중요한 구성요소 중 하나이며, 전체 굴절률의 2/3를 담당하고 있다. 각막의 전면부 굴절률을 측정하게 된 이후로 각막의 각각의 요소를 측정하기 위한 다양한 장비들이 개발되어 왔다.¹ 19세기부터 검은색과 흰색의 동심원이 반복되는 Placido disc를 이용한 각막경이 사용되었고, 최근 들어서는 개인용 컴퓨터가 일반화 되면서 computerized video-keratography (CPK)가 대중화되기 시작했다.² Placido disc를 이용한 각막지형도는 각막 전면부만 측정이 가능하고, 실질적인 elevation 지도를 구할 수 없는 한계점이 있었는데, 1995년부터 Slit scanning 기술을 적용한 Orbscan (Bausch & Lomb, Rochester, NY, USA)이 사용되면서, 각막 전후면의 굴절률, 각막 두께, 전방 깊이 등 다양한 정보를 얻을 수 있게 되었다.¹ 최근에는 샤임플러그 카메라(scheimpflug camera)를 이용하여 한번의 촬영으로 수정체 후면까지의 영상을 얻을 수 있게 되었다.³ 이러한 각막지형도를 이용한 전안부 측정은 굴절수술 및 백내장 수술에서 중요한 정보를 제공하고, 원추 각막, 부정형 난시, 각막뒤틀림, 굴절수술 전 각막 두께 검사, 굴절 수술 후 각막확장증 등의 진단과

각막교정술(orthokeratology) 및 경과 관찰에 필수적인 장비로 자리매김하고 있다.⁴

최근 전안부 측정에 널리 사용되는 장비는 크게 optical coherence tomography slit scanning tomography와 rotating scheimpflug tomography로 나눌 수 있으며, 대표적인 장비로 optical coherence tomography에는 Visante (Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany), SL-OCT (Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany), RTVue (Optovue, Inc., Fremont, CA)가 있으며, slit scanning tomography에는 Orbscan II device (Bausch & Lomb, Rochester, NY, USA)가 있으며, rotating scheimpflug tomography에는 Pentacam (Oculus, Wetzlar, Germany), Galilei (Ziemer Group, Port, Switzerland), Sirius (CSO, Firenze, Italy), and TMS-5 (Tomey Corp., Nagoya, Japan)가 있다.

의료장비의 임상적용 이전에는 그 장비의 재현성(repeatability)을 측정하는 것이 선행되어야 하는데, Pentacam,^{5,6} Orbscan II,⁷ Visante,⁸ Galilei⁹의 재현성은 이전의 연구에서 측정되었고, 임상적용이 가능할 만큼 높은 재현성을 보인 바 있다. 최근의 연구에 따르면 Sirius도 샤임플러그 카메라를 사용한 다른 장비와 비슷한 정도의 높은 재현성을 보이는 것을 보고되었다.¹⁰ 장비 간의 계측치를 비교한 연구는 장비의 재현성을 측정된 연구에 비해 적은 편이나, 장비 간의 계측치가 통계학적으로 유의한 결과를 보이는 경우가 보고되고 있다.¹¹⁻¹³

본 연구는 전향적 연구를 통해 정상각막 및 굴절교정수

■ 접수 일: 2012년 3월 2일 ■ 심사통과일: 2012년 5월 15일
■ 게재허가일: 2012년 10월 8일

■ 책임저자: 김 태 임

서울특별시 서대문구 연세로 50
연세대학교 세브란스병원 안과
Tel: 02-2228-3570, Fax: 02-312-0541
E-mail: taeimkim@gmail.com

술 환자에서 샤임플러그 카메라를 사용하는 기존의 Pentacam과 샤임플러그 카메라와 Placido disc가 결합된 Sirius를 사용하여 전안부 계측치를 비교함으로써 새롭게 소개된 Sirius의 임상적 신뢰도를 평가하고자 한다.

대상과 방법

2009년 8월 21일부터 2011년 10월 17일까지 본원에 내원한 환자 중 근시, 난시, 경도의 백내장을 제외하고는 다른 안과적 질환을 가지고 있지 않으며, 안과적 수술력, 외상력, 각막질환의 과거력이 없는 환자들 중 연구의 목적에 대해 설명하고 검사 전에 동의를 한 44명 88안을 대상으로 시행되었다. 본 연구는 기관 윤리위원회의 승인하에 진행되었으며, 정상각막군과 굴절교정술 환자군으로 나누어 분석되었다. 정상각막 군은 각막질환이 없는 환자를 대상으로 하였고, 굴절교정술 환자군은 엑시머 레이저(S4 IR, AMO Inc, Santa Ana, CA)를 사용하여 LASIK 또는 LASEK 수술을 받은 환자를 대상으로 하였다.

동일한 한 명의 검사자에 의해 같은 날 연속적으로 Pentacam과 Sirius를 이용하여 각막지형도 검사를 시행하고 그 측정값을 비교하였다. 모든 환자에서 검사는 Pentacam을 먼저 시행하였고, 이후에 Sirius로 검사를 하였다. 검사는 두 기계 모두 한 번씩 시행하였다. 검사 도중 환자가 눈을 깜빡이거나 움직이지 않도록 주의하고 검사자에 의해 안구가 눌리지 않도록 주의하며 검사를 시행하였다. 굴절교정술

환자군에서 검사는 굴절교정수술 후 1개월에서 6개월 사이에 시행하였다. 얻어진 계측치를 이용하여 각막의 중심두께, 각막의 가장 얇은 두께, 전방각, 전방깊이, 전방용적, 각막용적, 동공크기, 3 mm 구역의 각막 굴절률을 비교하였다.

통계학적 분석은 SPSS (PASW statistics 18, Polar engineering and consulting)을 사용하여 $p < 0.05$ 를 유의한 차이로 정의하고 Paired t test를 시행하였고, 상관관계를 확인하기 위하여 Pearson correlation 분석을 거쳤다.

결 과

정상각막군은 30명이고 그중 남자 12명 여자가 18명이었고 평균연령은 45세였고, 굴절교정술 환자군은 14명으로 그중 남자 2명, 여자 12명 평균나이는 27.5세였다. 굴절교정수술군에서 검사는 굴절교정술후 평균 3.3개월 후(최소 1-최대 6개월)에 시행되었다.

정상각막군에서 중심부각막두께($p=0.693$), 가장 얇은 부분의 각막두께($p=0.386$), 전방깊이($p=0.155$), 전방용적($p=0.650$), 동공 크기($p=0.124$)는 Sirius를 이용한 측정값과 Pentacam을 이용한 측정값 사이에 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 전방각($p < 0.001$)은 Sirius에서 측정된 값이 더 크게 나왔으며, 각막용적($p=0.025$)은 Sirius에서 측정된 값이 더 작게 나왔다(Table 1).

Sirius로 3 mm 구역에서 측정된 Sim K 값은 동일 구역

Table 1. Comparison of Sirius and Pentacam in normal cornea

	Sirius	Pentacam	p-value
Corneal thickness (μm)	528.53 \pm 34.18	529.26 \pm 29.34	0.693
Thinnest corneal thickness (μm)	522.46 \pm 36.50	524.75 \pm 28.59	0.386
Anterior chamber depth (mm)	3.79 \pm 0.32	4.13 \pm 0.80	0.155
Anterior chamber volume (mm^3)	144.40 \pm 34.25	146.60 \pm 39.17	0.650
Iridocorneal angle ($^\circ$)	48.12 \pm 6.60	40.62 \pm 10.46	<0.001
Corneal volume (mm^3)	57.48 \pm 3.92	58.66 \pm 3.99	0.023
Pupil diameter (mm)	3.02 \pm 1.10	2.84 \pm 0.75	0.124

Values are presented as mean \pm SD.

Table 2. Comparison of Corneal curvature in normal cornea

	Sirius	Pentacam	p-value
K1 (Sim K and Sagital front)	43.60 \pm 1.68	43.81 \pm 1.82	0.002
K2 (Sim K and Sagital front)	44.59 \pm 1.81	44.99 \pm 1.71	<0.001
Km (Sim K and Sagital front)	44.08 \pm 1.70	44.40 \pm 1.69	<0.001
Axis ($^\circ$)	91.60 \pm 52.35	82.82 \pm 45.37	0.251
K1 (Sim K and True Net power)	43.60 \pm 1.68	42.50 \pm 1.77	<0.001
K2 (Sim K and True Net power)	44.59 \pm 1.81	43.71 \pm 1.80	<0.001
Axis (Trunet power)	91.60 \pm 52.35	78.10 \pm 50.13	0.129
K1 (Sim K and Sagital front)	43.60 \pm 1.68	43.81 \pm 1.82	0.002

Values are presented as mean \pm SD.

에서 Pentacam으로 측정된 sagittal front 값에 비해서는 통계학적으로 더 작게 측정되었으며($p < 0.01$), True net power를 이용한 K 값에 비해서는 크게 측정되었다($p < 0.01$) (Table 2).

두 검사 간에서 통계학적으로 유의한 차이를 보이는 검사 값을 Pearson correlation으로 비교해봤을 때, 각막용적($r = 0.530$)과, 각막굴절률($r = 0.980$) 두 검사 간 의미 있는 상관관계가 있었고, 전방각($r = 0.087$)은 상관관계를 보이지 않았다(Fig. 1).

굴절교정술 군에서 각막중심두께($p = 0.056$)는 두 검사 간 차이가 없었고, 전방깊이($p < 0.001$), 전방각($p < 0.001$),

동공크기($p < 0.01$)는 Sirius의 측정값이 Pentacam의 측정값에 비해서 크게 나왔으며, 가장 얇은 부분 각막두께($p = 0.019$), 전방용적($p < 0.001$), 각막용적($p < 0.001$)은 Sirius의 측정값이 작게 나왔다(Table 3).

Sirius로 측정된 3 mm 구역의 Sim K 값은 Pentacam으로 동일 구역에서 측정된 sagittal frontal 값에 비해서 작게 측정되었고($p < 0.001$), 동일구역에서 True net power를 이용해서 측정된 K 값에 비해서는 크게 측정되었다(Table 4).

Pearson correlation으로 비교했을 때, 가장 얇은 부분 각막두께($r = 0.915$), 전방깊이($r = 0.987$), 전방용적($r = 0.933$), 전방각($r = 0.535$), 각막용적($r = 0.692$), 동공크기($r = 0.654$),

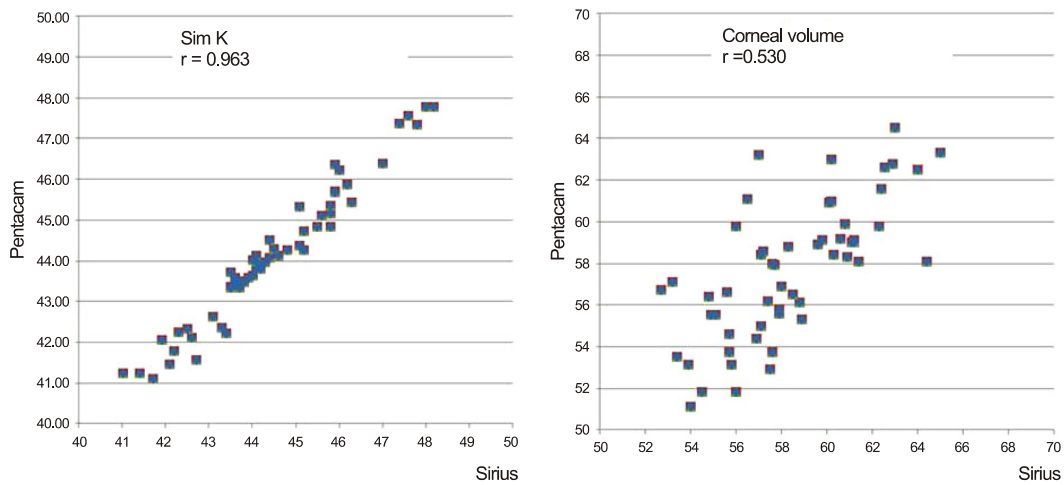


Figure 1. Pearson correlation in normal cornea.

Table 3. Comparison of Sirius and Pentacam in post-corneal refractive surgery patients

	Sirius	Pentacam	p-value
Corneal thickness (μm)	443.04 \pm 37.21	449.07 \pm 32.46	0.056
Thinnest corneal thickness (μm)	438.86 \pm 36.07	445.75 \pm 32.39	0.019
Anterior chamber depth (mm)	3.55 \pm 0.24	3.50 \pm 0.24	<0.001
Anterior chamber volume (mm^3)	155.18 \pm 23.60	180.32 \pm 32.69	<0.001
Iridocorneal angle ($^\circ$)	43.00 \pm 5.14	37.14 \pm 4.69	<0.001
Corneal volume (mm^3)	56.11 \pm 3.25	58.43 \pm 3.44	<0.001
Pupil diameter (mm)	3.53 \pm 0.53	3.00 \pm 0.42	<0.001

Values are presented as mean \pm SD.

Table 4. Comparison of Corneal curvature in post-corneal refractive surgery patients

	Sirius	Pentacam	p-value
K1 (Sim K and Sagittal front)	38.40 \pm 2.67	38.63 \pm 2.94	0.028
K2 (Sim K and Sagittal front)	39.45 \pm 3.13	39.66 \pm 3.14	0.044
Km (Sim K and Sagittal front)	38.85 \pm 2.88	39.14 \pm 3.03	<0.001
Axis ($^\circ$)	90.50 \pm 17.72	94.00 \pm 24.33	0.446
K1 (Sim K and True Net power)	38.40 \pm 2.67	37.41 \pm 3.53	0.017
K2 (Sim K and True Net power)	39.45 \pm 3.13	38.30 \pm 3.13	0.005
Axis (Trunet power)	90.50 \pm 17.72	94.04 \pm 32.11	0.561
K1 (Sim K and Sagittal front)	38.40 \pm 2.67	38.63 \pm 2.94	0.028

Values are presented as mean \pm SD.

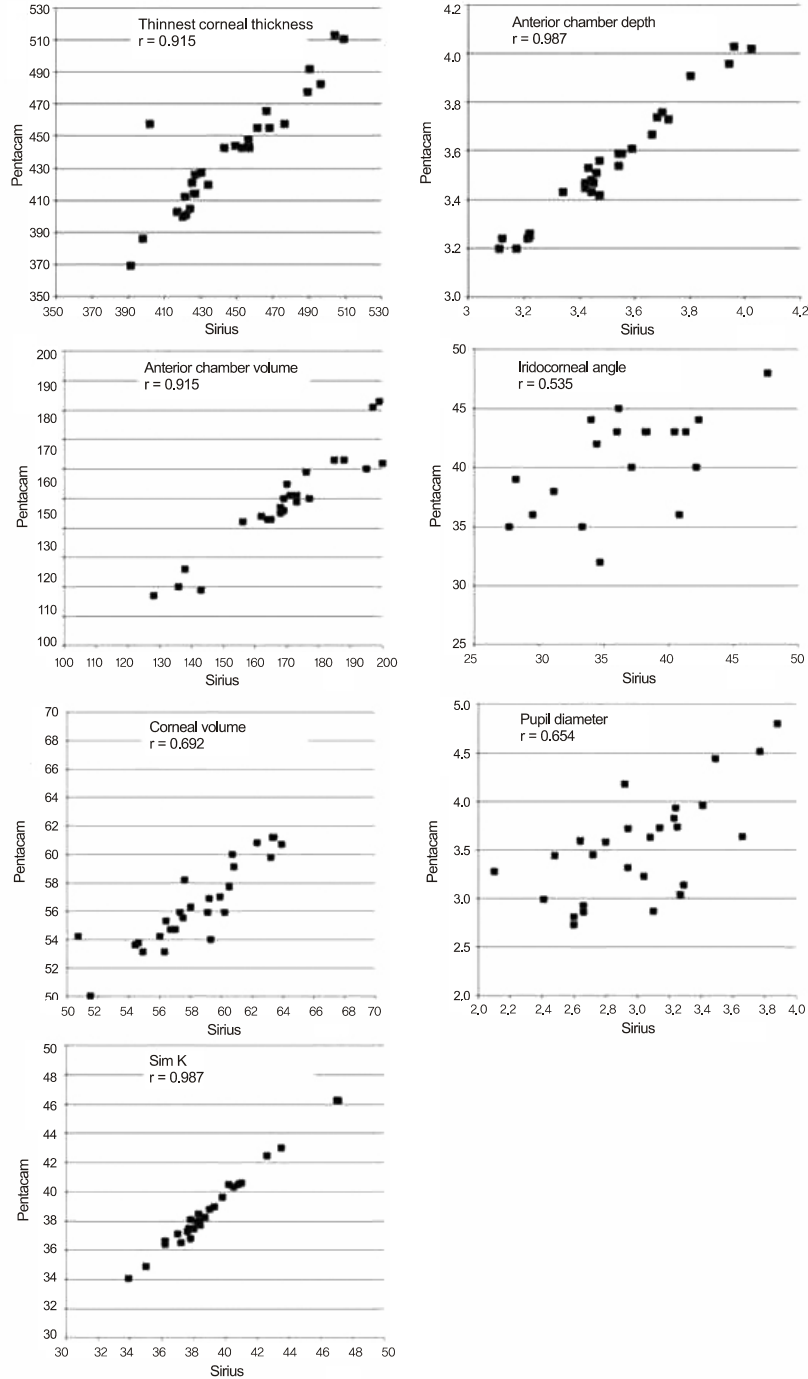


Figure 2. Pearson correlation in post-corneal refractive surgery patients.

각막굴절률($r=0.987$)은 유의한 상관관계를 보였다(Fig. 2).

고찰

각막의 굴절률, 각막의 두께, 전방의 깊이 등의 전안부 측정값은 굴절수술에 매우 중요하며, 최근 녹내장 분야에서도 안압 측정에 중요한 이슈가 되고 있다.¹³ 초기의 각막지형도

검사는 각막 전면의 모양과 불규칙성을 보는 용도로 제한적으로 사용되었다.¹⁴ 최근 들어 slit scanning과 Scheimpflug imaging 기술이 도입되면서 한번의 검사로 수정체 후면까지의 영상을 얻을 수 있게 되었고, 각막 전후면의 지형도, 각막두께, 전방깊이 등의 정보를 얻을 수 있게 되었다.³ 본 연구는 기존의 널리 사용되고 있는 Pentacam과 최근에 개발된 Sirius를 통한 전안부 계측치를 비교하고자 시행되었다.

Pentacam은 회전하는 샤임플러그 카메라와 고정된 카메라로 구성되어 있으며, 샤임플러그 카메라는 회전하면서 0-180°의 전안부 영상을 얻게 되고, 중심부의 고정된 카메라는 동공의 모양을 감지하여 fixation을 담당한다. Sirius는 360°로 회전하는 샤임플러그 카메라와 placido disk가 결합되어 있으며, 두 개의 카메라가 있으며, 중심부의 카메라는 측정안의 fixation을 담당하고, 두 번째 카메라는 적절한 측정거리를 조절하게 된다. 또한 내장되어 있는 pupillography module로 동공의 크기와 정렬상태를 측정하여 visual quality에 대한 중요한 정보를 제공해 준다.¹⁰

새로운 장비의 신뢰도를 판단할 때 그 장비의 재현성을 측정하고, 높은 재현성이 확인되면 기존에 사용하던 장비와 비교하게 된다. Pentacam의 높은 재현성은 이전의 많은 논문에서 확인되었고,^{15,16} 비교적 오랜 기간 동안 임상에서 사용되었다. 최근 Sirius의 재현성을 확인한 연구가 있었으며, 샤임플러그 카메라를 사용한 다른 장비와 비슷한 정도의 재현성이 확인되었다.¹⁰ 본 연구에서는 한 번 측정된 계측치로 장비 간 비교를 하였는데, 두 장비 모두 높은 재현성을 가지고 있어 측정값을 비교하는 데 문제는 없을 것으로 보인다.

기존의 연구에서¹⁷ 정상인의 각막 두께와 전방의 깊이를 알기 위해 Pentacam과 Orbscan, AC-Master를 이용한 비교를 시행한 결과, 각막 두께는 Pentacam과 AC-Master가 가장 잘 연관이 있고, 중심부 각막두께는 Pentacam으로 측정된 값이 70-80% 환자에서 Orbscan과 AC-Master로 측정된 값에 비해 높게 나왔고, 전방의 깊이도 Pentacam에서 측정된 값이 95% 환자에서 더 깊게 측정된 바 있다. 본 연구에서 중심부 각막두께, 가장 얇은 부분 각막두께는 정상각막군, 굴절 교정수술환자군 모두에서 Pentacam에서 측정된 값이 Sirius로 측정된 값에 비해 높게 나왔다($p=0.019-0.693$). 전방 깊이는 정상각막군에서는 Pentacam의 측정값이 높게 나왔고($p=0.155$), 굴절수술군에서는 Sirius의 측정값이 높게 나왔다($p<0.001$).

안과적 수술력이 없는 정상인을 대상으로 Sirius와 Pentacam으로 측정된 중심각막두께, 전방깊이, 전방용적, 전방각을 비교한 연구에 따르면, 각 장비의 재현성은 높게 측정되었으나, 두 기계 간의 측정값에는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다.¹⁸ 본 연구 결과는 정상각막군에서 중심각막두께, 전방깊이, 전방용적, 전방각은 두 기계 간의 유의한 차이가 없었는데, 이런 결과의 차이는 측정방법의 차이와 통계방법의 차이로 인한 것으로 보이며, 실제로 본 연구와는 다르게 3회 측정된 계측치를 비교하였고, 통계학적인 분석도 Friedman test와 Wilcoxon test를 사용하였다.

또 다른 연구에 의하면 정상인의 각막에서 각막 전후면

의 굴절률은 Orbscan과 Pentacam 간에 통계학적으로 유의한 차이가 있었고, 3.0 mm 구역의 posterior tangential corneal power만 예외적으로 두 검사 간의 차이가 없었다.¹¹ 굴절 수술환자를 대상으로 한 다른 연구에서도, 일부 측정치(posterior central elevation, Posterior elevation)를 제외하고는 Orbscan과 pentacam으로 측정된 각막 전, 후면부의 굴절률은 통계학적으로 유의한 차이가 있었다.¹⁹ 백내장 수술 환자를 대상으로 시행한 다른 연구에 의하면, Pentacam을 이용하여 측정된 각막굴절률은 TMS-2 (Tomey Corp, Nagoya, Japan), IOL master (Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany)를 이용하여 측정된 각막 굴절률에 비해 낮게 측정되었으며, Pentacam의 각막 굴절률을 사용하여 인공수정체 도수를 결정할 경우 다른 장비의 측정값을 사용했을 때에 비해서 낮은 예측도를 보였다.²⁰

이와 같이 각막굴절률은 측정장비에 따라 차이가 나는 경우가 많았는데, 이번 연구에서도 Sirius와 Pentacam으로 측정된 각막굴절률은 정상각막군, 굴절교정수술 환자군 모두에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 3 mm 구역의 각막 굴절력을 비교했을 때, Sirius의 Sim K 값은 Pentacam의 sagital front에 비해서는 작게 측정되었으며, True Net power에 비해서는 크게 측정되었다.

네 개의 각막지형도(Sirius, Pentacam, TMS-5, Keratron)를 비교한 연구²¹에서 대부분의 측정값에서 기계 간에 유의한 차이를 보였다. 하지만 본 연구 결과와는 다르게 Sirius와 Pentacam으로 측정된 각막굴절률은 예외적으로 두 기계 간에 유의한 차이가 없었다.

이번 연구에 따르면 정상각막군에 비해서 굴절교정술 환자군에서 검사 간의 계측치 차이가 심해지는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 결과는 이 전의 연구에서도 확인할 수 있는데, 23명 46안의 근시 환자를 대상으로 Orbscan, Pentacam을 사용하여 레이저 굴절 수술(LASIK, PRK) 전후 전안부 검사를 시행하였고, 전방 깊이, 3 mm와 5 mm 구역에서 각막의 전후면 굴절률(axial power and tangential power), anterior and posterior best fit sphere, central elevation, maximal elevation을 비교하였을 때 두 검사 간의 계측치 차이가 수술 전에 비해 수술 후에 심해진 것을 확인할 수 있었다.¹¹

동일한 샤임플러그 카메라를 사용하는 Sirius와 Pentacam에서 장비 간에 계측치의 차이를 보이는 이유로 측정안의 정렬(alignment)을 생각해 볼 수 있다. 두 장비 모두 샤임플러그 카메라를 사용하여 얻은 전안부 영상을 기준으로 계측치를 측정하게 되는데, 측정안의 정렬이 달라지거나, 동공 중심에서 decentration 정도에 따라 샤임플러그 카메라로 얻은 영상은 달라지고, 전안부 계측치도 달라질 수밖

에 없다. 장비의 재현성을 측정할 이전의 연구에서는 동일한 시기에 연속적으로 검사를 시행하였기 때문에 이러한 측정간의 정렬 문제를 피할 수 있었다. 이번 연구에서는 장비 간에 이동을 하면서 측정간의 정렬이 달라졌을 가능성이 있다. 또한 두 장비 사이에는 측정간의 정렬방법에 차이가 있는데 Pentacam은 중심부의 카메라로 측정안을 정렬하는 반면, Sirius는 두 개의 카메라로 측정간의 정렬과 측정거리를 조절하게 되는데 이러한 요인도 측정치의 차이를 가져왔을 수 있다.

굴절교정수술 직후 장비 간의 계측치 차이가 심해지는 원인으로 장비의 3D reconstruction software를 생각해 볼 수 있다. Pentacam과 Sirius는 샴플러그 카메라로 얻은 영상을 3D reconstruction software를 사용하여 재구성하여 전안부 측정치를 구하게 된다. 두 장비 모두 일반적으로 사용하는 1.3375를 각막굴절상수로 사용하여 전안부 영상을 재구성한다. 정상각막군에서 각막굴절상수는 일반적인 상수(1.3375)와 큰 차이를 보이지 않을 것이고, 두 장비 모두 이 상수 값에 최적화된 software를 사용하기 때문에 장비 간의 계측치 차이가 생기지 않을 것이다. 하지만 각막굴절교정술을 시행한 뒤 각막 두께가 달라지면 각막굴절상수도 일반적으로 사용하는 1.3375와 차이가 생기게 된다. 변화된 각막굴절상수가 서로 다른 reconstruction software를 거치면서 계측치의 차이가 발생할 것으로 생각한다. 또한 굴절교정수술 후 발생하는 건성안은 placido disc의 각막 반사에 영향을 주게 되는데, 수술 후 건성안이 심해진 굴절교정군에서 placido disc를 사용하는 Sirius와 그렇지 않은 Pentacam 간에 측정값의 차이가 심해진 것으로 생각한다.

본 연구의 제한점으로 정상각막군에 비해서 굴절교정군의 개체수가 적은 것이 있다. 또한 정상각막군에 비해 굴절교정군의 평균 연령이 낮는데, 연속적으로 두 번의 검사를 시행하는 이번 연구에서 연령에 따른 피검자의 검사 순응도의 차이가 검사의 질에 영향을 주어 계측치 비교에 오류가 생길 수 있을 것이다.

정상 각막군에서 Pentacam과 Sirius는 대부분의 계측치에서 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 굴절교정수술 직후에는 두 장비 사이에 많은 계측치에서 통계학적인 차이를 보였으나, 대부분의 계측치는 유의한 상관관계를 보였다. 이러한 계측치는 장비의 측정방법 차이에 따른 것으로 보이며, 어떤 검사가 옳은 값일지는 판단하기 힘들다. 임상적용 시에는 Sirius와 Pentacam을 사용한 계측치에 차이가 있음을 숙지하고, 이러한 차이는 각막굴절교정 수술 직후에 심해짐을 고려해야 할 것으로 생각한다.

참고문헌

- 1) Cairns G, McGhee CN. Orbscan computerized topography: attributes, applications, and limitations. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31:205-20.
- 2) Belin MW, Khachikian SS. An introduction to understanding elevation-based topography: how elevation data are displayed - a review. *Clin Experiment Ophthalmol* 2009;37:14-29.
- 3) Wegener A, Laser-Junga H. Photography of the anterior eye segment according to Scheimpflug's principle: options and limitations - a review. *Clin Experiment Ophthalmol* 2009;37:144-54.
- 4) Corneal topography. *American Academy of Ophthalmology. Ophthalmology* 1999;106:1628-38.
- 5) Shankar H, Taranath D, Santhirathelagan CT, Pesudovs K. Anterior segment biometry with the Pentacam: comprehensive assessment of repeatability of automated measurements. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:103-13.
- 6) 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.
- 7) Menassa N, Kaufmann C, Goggin M, et al. Comparison and reproducibility of corneal thickness and curvature readings obtained by the Galilei and the Orbscan II analysis systems. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1742-7.
- 8) Li H, Leung CK, Wong L, et al. Comparative study of central corneal thickness measurement with slit-lamp optical coherence tomography and visante optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2008;115:796-801. e2.
- 9) 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.
- 10) 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.
- 11) Hashemi H, Mehravaran S. Corneal changes after laser refractive surgery for myopia: comparison of Orbscan II and Pentacam findings. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:841-7.
- 12) Savini G, Barboni P, Carbonelli M, Hoffer KJ. Accuracy of Scheimpflug corneal power measurements for intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:1193-7.
- 13) Shin YJ, Kim NH, Kim DH. Comparison of Pentacam with Orbscan. *J Korean Ophthalmol Soc* 2007;48:637-41.
- 14) Klyce SD. Corneal topography and the new wave. *Cornea* 2000; 19:723-9.
- 15) Kawamorita T, Uozato H, Kamiya K, et al. Repeatability, reproducibility, and agreement characteristics of rotating Scheimpflug photography and scanning-slit corneal topography for corneal power measurement. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:127-33.
- 16) Jain R, Dilraj G, Grewal SP. Repeatability of corneal parameters with Pentacam after laser in situ keratomileusis. *Indian J Ophthalmol* 2007;55:341-7.
- 17) 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.

- 18) Bedei A, Appolloni I, Madesani A, et al. Repeatability and agreement of 2 Scheimpflug analyzers in measuring the central corneal thickness and anterior chamber angle, volume, and depth. *Eur J Ophthalmol* 2012;22 Suppl 7:S29-32.
- 19) Nilforoushan MR, Speaker M, Marmor M, et al. Comparative evaluation of refractive surgery candidates with Placido topography, Orbscan II, Pentacam, and wavefront analysis. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:623-31.
- 20) González Pérez J, Cerviño A, Giraldez MJ, et al. Accuracy and precision of EyeSys and Orbscan systems on calibrated spherical test surfaces. *Eye Contact Lens* 2004;30:74-8.
- 21) Savini G, Carbonelli M, Sbreghia A, et al. Comparison of anterior segment measurements by 3 Scheimpflug tomographers and 1 Placido corneal topographer. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:1679-85.

=ABSTRACT=

Comparison of Corneal Measurement Values between Two Types of Topography

Dong Min Lee, MD, Ji Min Ahn, MD, Kyoung Yul Seo, MD, PhD,
Eung Kweon Kim, MD, PhD, Tae Im Kim, MD, PhD

The Institute of Vision Research, Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To compare the corneal measurements of Sirius and Pentacam in normal cornea and post-corneal refractive surgery patients.

Methods: Subjects were tested by Pentacam (OCULUS, Wetzlar, Germany), and Sirius (CSO, Firenze, Italy). Measurements included central corneal thickness, thinnest corneal thickness, anterior chamber depth, anterior chamber volume, iridocorneal angle, corneal volume, pupil size, and curvature of cornea.

Results: A total of 88 eyes from 44 patients were included in the present study. When comparing Sirius and Pentacam in the normal cornea, corneal thickness ($p = 0.693$), thinnest corneal thickness ($p = 0.386$), anterior chamber depth ($p = 0.155$), anterior chamber volume ($p = 0.650$), and pupil diameter ($p = 0.124$) did not differ significantly. Corneal curvature ($p < 0.001$), corneal volume ($p = 0.023$), and iridocorneal angle ($p < 0.001$) were statistically different. When comparing Sirius and Pentacam in post-corneal refractive surgery patients, corneal thickness ($p = 0.056$) did not differ significantly. There was a statistical difference in corneal curvature ($p < 0.001$), thinnest corneal thickness ($p = 0.019$), anterior chamber depth ($p < 0.001$), anterior chamber volume ($p < 0.001$), iridocorneal angle ($p < 0.001$), corneal volume ($p < 0.001$), and pupil diameter ($p < 0.001$).

Conclusions: Anterior segment measurements with Pentacam and Sirius showed differences in post-corneal refractive surgery patients.

J Korean Ophthalmol Soc 2012;53(11):1584-1590

Key Words: Cornea, Pentacam, Refractive surgery, Sirius, Tomography

Address reprint requests to **Tae Im Kim, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Yonsei University Severance Hospital
#50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 120-752, Korea
Tel: 82-2-2228-3570, Fax: 82-2-312-0541, E-mail: taeimkim@gmail.com