

정상 및 원추각막에서 각막 전, 후면의 용기 및 시상면만곡도의 비교분석

이종수¹ · 이승욱² · 이승민¹ · 이미현³

부산대학교 의학전문대학원 안과학교실¹, 고신대학교 의과대학 안과학교실², 부산 보훈병원 안과³

목적: 원추각막의 정도에 따른 Pentacam[®]의 각막 전, 후면의 용기 및 시상면만곡도의 변화와 정상안과 차이를 알아보고자 한다.
대상과 방법: 원추각막 81안과 정상 20안을 대상으로 Pentacam[®]을 촬영하였다. 원추각막안은 각막굴절을 평균값에 따라 경도(≤ 47 diopter (D)), 중등도(47-52D), 중증(≥ 52 D)으로 나누고, 각막두께, 굴절률, 각막 전, 후면 용기와 시상면만곡도를 측정하고 정상안과 원추각막의 연관성을 조사하였다.
결과: 원추각막 81안 중 경도 56안, 중등도 12안, 중증 13안이었고, 평균 각막중심굴절력은 49.7D, 각막 전, 후면 용기는 22.07 μm , 38.16 μm , 시상면만곡도는 52.76D으로 정상안에 비해 유의하게 증가하였고, 원추각막의 정도가 심할수록 증가하였다. ROC 커브 분석으로 각막 전, 후면의 용기와 시상면만곡도에서 원추각막의 진단을 위한 의미 있는 수치를 얻었다.
결론: 원추각막의 Pentacam[®] 수치가 각막 전, 후면 용기가 각각 5.5 μm , 12.5 μm 이고, 시상면만곡도가 44.5D일 때, 원추각막의 확진에 도움이 되며, 원추각막의 진행을 평가하는 데도 기여할 것으로 생각한다.
<대한안과학회지 2012;53(10):1432-1437>

임상에서 원추각막의 진단을 위해 placido-disk 원리를 이용한 각막지형도와 중심각막두께의 측정이 가장 널리 사용되어 왔다. 그러나 Placido-disk 원리를 이용한 각막지형도는 각막의 전면만 검사할 수 있으며, 기준점 혹은 관찰 각도가 변함에 따라 만곡도의 측정이 부정확한 단점이 있다.¹⁻³ 초음파를 이용한 각막두께 측정은 탐침자를 각막에 직접 접촉시켜야 하고, 각막하압이 발생하지 않도록 적절한 힘을 가해야 하며, 중심을 잘 잡아야 하는 등 검사자의 숙련도와 경험에 따른 오차가 발생할 수 있고, 검사로 인해 각막 상피에 손상을 줄 수 있는 단점이 있다.⁴

오브 스캔(Orbscan[®]) 각막지형도의 경우 각막 후면 용기의 측정에 있어서 한계가 있을 뿐 아니라 원추각막이나 각막굴절교정수술 후, 각막두께가 작게 측정되는 단점이 있다. 그 대안으로 회전하는 샤임플러그 카메라 원리를 사용하여 전방을 측정하는 Pentacam[®]이 대두되었으며, 각막 전, 후면 용기와 각막 두께 측정에 있어 높은 재현성을 보

이는 것으로 알려졌다.⁵⁻⁷ Pentacam[®]에서 각막 전, 후면 용기에 관한 정보는 축, 위치, 방향과 독립적이므로 각막 표면의 형태를 보다 정확하게 표현할 수 있으며,³ 비접촉식으로 측정 가능하다는 장점이 있다.

각막지형도의 분석에서 각막 후면 용기가 원추각막의 진단에 중요하여, 원추각막 및 원추각막의증에서 큰 수치의 최적기준구(best-fit sphere, BFS)와 높은 각막 후면 용기가 관찰되며, 각막의 후면 용기를 측정하는 것이 원추각막의 진단에서 중요하다.^{3,5} 국내에서 원추각막에 연관된 각막지형도의 분석 연구로는 Lee et al⁸이 원추각막의 진단에서 BFS를 기준으로 한 높이지도보다 중심각막 9 mm를 검사한 후 각막의 가장 얇은 부분을 중심으로 4 mm를 제외하는 강화최적기준구(Enhanced BFS)를 사용하는 강화된 확장 표시방법이 유용성하다고 보고하였고, Lee et al⁹은 2형 오브 스캔을 이용하여 정상안과 원추각막 의증을 구별할 때 각막 전면 용기가 중요하다고 주장하였으며, 또한 원추각막 의증에서 원추각막으로 진행할 때 중심각막굴절력, 각막 후면 용기, 중심각막두께 및 가장 돌출된 각막두께 측정치가 중요하다고 주장하였다. 또한 Choi et al¹⁰은 2형 오브 스캔을 이용하여 측정한 BFS의 각막 전면 용기가 23.3 μm 이상, 각막 후면 용기가 49.8 μm 이상, Sim K가 47.0 diopter (D) 이상, 가장 얇은 각막두께가 455 μm 이하인 조건 중 3가지 이상을 만족할 경우 원추각막의 진단에서 높은 민감도와 특이도를 가진다고 보고하였다.

■ 접수 일: 2012년 4월 6일 ■ 심사통과일: 2012년 6월 19일
■ 게재허가일: 2012년 9월 18일

■ 책임저자: 이종수
부산광역시 서구 구덕로 179
부산대학교병원 안과
Tel: 051-240-7323, Fax: 051-242-7341
E-mail: jongsool@pusan.ac.kr

* 이 연구는, 보건복지부 보건연구개발사업의 지원에 의하여 이루어진 것임(A070001).

국내에서 Pentacam[®]을 이용한 원추각막의 진단에 대한 보고는 미미한 실정이며,⁶ 이에 본 연구는 정상안과 원추각막안에서 Pentacam[®]을 이용하여 각막의 전, 후면 용기 및 중심각막굴절력, 시상면만곡도 등을 측정하여 정상안과 비교하고 원추각막의 정도에 따라 각 측정인자들을 비교하여 원추각막의 조기 진단 및 질환의 진행에 대한 유용성을 알아보고자 하였다.

대상과 방법

2009년 1월부터 2010년 12월까지 본원에서 원추각막으로 진단받은 81안, 정상안 20안을 대상으로 Pentacam[®]을 이용하여 검사하였다. 조사항목으로는 각막 전면 용기 및 각막 후면 용기, 시상면만곡도, 각막두께 및 굴절률이 포함되었으며, 모든 대상자에 대해 세극등 검사, 각막굴절력, 검영법, 최대교정시력을 측정하였다.

원추각막은 세극등 검사에서 중심 각막 실질의 두께 감소 및 돌출, 상피하 혼탁 및 각막 실질혼탁, 플라이서 고리 (Fleischer's ring), 보그트선 (Vogt's line)의 소견이 보이거나 산동하여 시행한 검영법에서 불규칙한 가위반사를 보이거나, 각막 하방의 원추를 볼 수 있는 경우, 각막지형도 검사상 중심각막곡률이 47D 이상인 경우, 중심각막곡률이 반대안과 1D 이상 차이가 나는 경우, 하각막의 급경사가 3D 이상 차이가 나는 경우로 정의하였다.¹¹ 원추각막으로 진단된 경우 각막 굴절률의 평균값에 따라 심한 정도를 정도(≤ 47 diopter (D)), 중등도(47-52D), 중증(≥ 52 D))으로 분류하였다.

수술이나 외상의 기왕력이 있거나 콘택트렌즈 착용자, 각막 또는 결막의 병변이 있는 경우는 대상에서 제외시켰다. 대조군인 정상안은 세극등검사와 각막지형도 검사에서 정상적인 소견을 보이며 3디옵터 이상의 굴절오차나 불규칙한 각막 양상을 보이지 않고, 안외상 및 안과 수술력, 알리지, 외안부 질환이 없는 건강한 성인을 대상으로 하였으

며, 대상군은 모두 무작위로 한쪽 눈만을 조사하였다. Pentacam[®]은 숙련된 한 명의 검사자가 검사를 시행하였다. 각막의 중심과 동공 중심이 중앙에 위치하여 내외측과 상하측이 각각 대칭되게 하고, 안검으로 가려진 부분이 없고 안구의 움직임으로 상이 흐려지지 않은 상태에서 지도를 얻도록 하였으며, 반복적으로 스캔하여 최대한 이상적인 지도를 얻었다.

통계학적 분석은 PASW statistics (IBM[®] SPSS[®] software, New York, USA)으로 Mann-Whitney *U* test, 분산 분석 (analysis of variance, ANOVA)을 이용하였으며, *p*값이 0.05 미만일 때만 통계적으로 유의한 것으로 판정하였다. 또한 Receiver operating characteristic (ROC) 커브를 이용하여 원추각막환자를 정상대조군과 감별할 수 있는 각막 전면 및 후면 용기 정도, 시상면만곡도의 수치를 구하였다.

결 과

대상군은 총 101안으로 원추각막 81안, 정상 20안이었고, 평균나이는 원추각막안 24.2세, 정상안에서 28.7세였다. 성별은 원추각막안에서 남자 42명, 여자 20명, 정상안에서 남자 10명, 여자 10명으로 두 군에서 연령과 성별의 차이는 없었다 (Table 1). 중심각막굴절력은 원추각막안에서 49.7D로 정상안의 43.3D보다 통계적으로 의미 있게 굴절력이 높았고 ($p < 0.05$), 각막 전면의 용기는 원추각막안에서 $22.07 \pm 19.0 \mu\text{m}$ 로 정상안의 $2.5 \pm 1.4 \mu\text{m}$ 에 비해 의미 있게 높았으며, 원추각막안에서 정도 $14.9 \pm 41.2 \mu\text{m}$, 중등도 $26.25 \pm 9.6 \mu\text{m}$, 중증 $49 \pm 19.4 \mu\text{m}$ 로 원추각막의 중증도가 증가함에 따라 용기의 정도가 유의하게 증가하였다 ($p = 0.002$). 각막 후면의 용기는 원추각막안에서 $38.16 \pm 29.8 \mu\text{m}$ 로 정상안의 $6.45 \pm 3.03 \mu\text{m}$ 에 비해 유의하게 높았고, 원추각막안에서 정도 $28.8 \pm 25.8 \mu\text{m}$, 중등도 $40.2 \pm 14.2 \mu\text{m}$, 중증 $76.4 \pm 26.6 \mu\text{m}$ 로 원추각막의 중증도가 증가함에 따라 각막 후면의 용기도 유의하게 증

Table 1. Demographic features, visual acuity and refractive outcomes

| Parameter | Control | Mild Keratoconus (≤ 47 D) | Moderate Keratoconus (47-52 D) | Severe Keratoconus (≥ 52 D) | <i>p</i> -value |
|------------------------|------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| Eyes (cases) | 20 | 56 | 12 | 13 | |
| Age (yr) | 28.7 ± 5.4 | 24.6 ± 9.9 | 26.6 ± 11.7 | 23.6 ± 9.6 | 0.63 |
| Sex (M:F) | 10:10 | 24:13 | 6:6 | 12:1 | 0.071 |
| Lateralization (Rt:Lt) | 10:10 | 31:27 | 7:5 | 7:6 | 0.871 |
| Sphere (D) | -1.60 ± 2.20 | -2.33 ± 3.57 | -2.80 ± 4.73 | -3.73 ± 2.59 | 0.368 |
| Cylinder (D) | -0.25 ± 1.33 | -2.92 ± 2.56 | -3.25 ± 2.46 | -4.01 ± 1.49 | 0.001 |
| BCVA (log MAR) | 0.10 ± 0.37 | 0.25 ± 0.42 | 0.35 ± 0.20 | 0.70 ± 0.35 | 0.001 |

BCVA = best corrected visual acuity.

Values are presented as mean \pm SD or number.

가하였다($p=0.01$).

시상면만곡도는 원추각막군에서 평균 52.76 ± 9.37 D로 정상군의 43.4 ± 0.9 D에 비해 증가되어 있었고, 원추각막 안 중 정도에서 49.0 ± 7.0 D, 중등도에서 54.0 ± 4.2 D, 중증에서 66.6 ± 8.9 D로 원추각막의 중증도가 증가함에 따라 유의하게 증가하였다($p=0.03$)(Table 2, Fig. 1).

원추각막군에서 ROC 커브 아래 면적(area under the ROC)은 각막전면 용기에서 0.918, 각막후면용기에서 0.901로 나왔으며 중심각막굴절력과 시상면만곡도에서 각

각 0.816, 0.923으로 나타났다. 한편 각막두께 및 굴절력에서는 ROC 커브 아래면적이 각각 0.172, 0.152로 나타났다(Fig. 2). 각막 전면 용기기준을 $5.5 \mu\text{m}$ 로 하였을 때 원추각막 진단의 민감도는 85.2%, 특이도 99.5%였으며 각막 후면 용기기준을 $12.5 \mu\text{m}$ 로 하였을 때 원추각막 진단의 민감도는 86.4%, 특이도 99.4%였다. 또한 시상면만곡도에서 기준을 $44.5 \mu\text{m}$ 로 하였을 때 원추각막 진단의 민감도는 86.4%, 특이도 90%였다.

Table 2. Comparison of parameters of Pentacam® (OCULUS, Germany) in keratoconic and normal eyes

| Parameter | Control | Mild Keratoconus (≤ 47 D) | Moderate Keratoconus (47-52 D) | Severe Keratoconus (≥ 52 D) | p-value |
|---|--------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Flat Keratometry (D) | 42.76 ± 1.17 | 43.02 ± 1.38 | 47.8 ± 2.53 | 56.09 ± 6.08 | 0.001 |
| Steep Keratometry (D) | 44.05 ± 1.22 | 45.42 ± 4.29 | 51.14 ± 2.38 | 62.3 ± 4.82 | 0.001 |
| Cylinder (D) | -0.25 ± 0.33 | -2.92 ± 2.56 | -3.25 ± 2.46 | -4.01 ± 1.49 | 0.001 |
| Central corneal thickness (μm) | 550.75 ± 30.28 | 519.39 ± 57.15 | 447.91 ± 59.30 | 434.0 ± 31.73 | 0.000 |
| Minimal corneal thickness (μm) | 542.25 ± 28.92 | 510.07 ± 59.78 | 435.33 ± 55.04 | 413.53 ± 42.27 | 0.000 |
| Anterior elevation (μm) | 2.5 ± 1.53 | 14.92 ± 14.21 | 26.25 ± 9.60 | 49.0 ± 19.42 | 0.002 |
| Posterior elevation (μm) | 6.45 ± 3.03 | 28.83 ± 25.75 | 40.25 ± 14.21 | 76.38 ± 26.62 | 0.001 |
| Sagittal curvature (D) | 43.43 ± 0.79 | 49.0 ± 7.02 | 54.01 ± 4.22 | 66.57 ± 8.88 | 0.030 |

Values are presented as mean \pm SD.

The parameters including central corneal power, anterior and posterior elevation from BFS, corneal thickness and sagittal curvature.

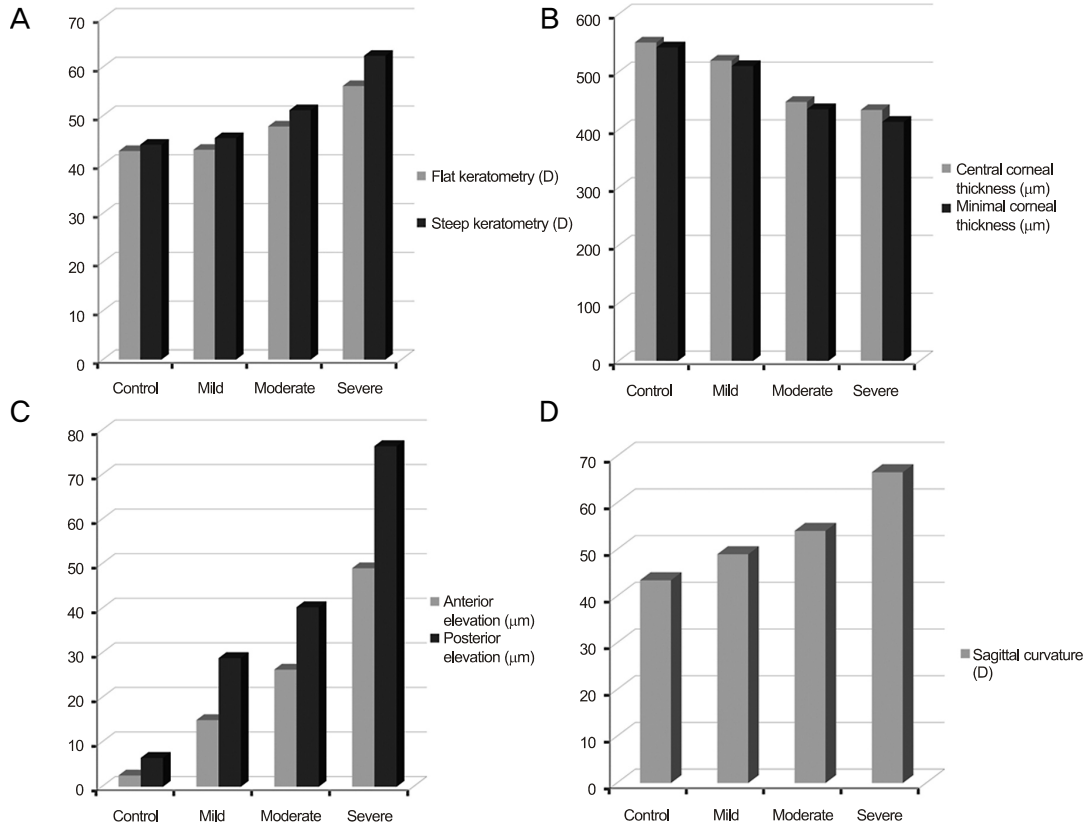


Figure 1. Comparison of parameters of Pentacam® (OCULUS, Germany) in keratoconic and normal eyes.(A) Keratometry. (B) Corneal thickness. (C) Anterior and posterior elevation. (D) Sagittal curvature.

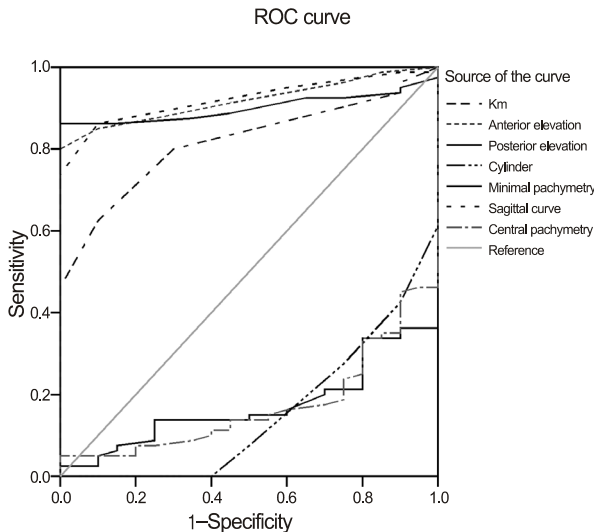


Figure 2. Receiver operating characteristic (ROC) graph showing the sensitivity and specificity of the various corneal measurements. The closer the line to the left-hand side of the graph, the higher the sensitivity and specificity for keratoconus.

고 찰

원추각막 진단의 보조적 도구로서 각막지형도의 역할은 매우 중요하다. 특히 세극등현미경 검사에서 특징적인 원추각막의 징후가 보이지 않는 초기 원추각막의 경우 각막지형도의 역할은 더욱 크다고 할 수 있다. 전통적으로 가장 널리 사용되어왔던 placido disc에 기반한 검사장비는 각막이 구면이라는 가정하에 정보를 얻는 도구이다. 이 때문에 비구면이거나 표면이 불규칙한 각막의 경우 정확성이 떨어지며, 각막의 주변부로 갈수록 결과를 신뢰할 수 없고 또한 각막의 중심부에 대한 정보를 얻을 수 없다는 단점이 있다.¹² 최근 널리 사용되고 있는 오브 스캔이나 Pentacam[®]으로 측정된 각막 표면의 융기에 대한 연구들에서 원추각막의 경우 각막의 변형이나 국소적 돌출이 각막 전면뿐만 아니라 각막 후면에서도 발생한다고 하였다.^{3,5,6} 또한 각막 후면은 눈물층의 불규칙성이나 인공 누액의 사용 여부에 영향을 받지 않고, 각막 상피 세포 두께가 포함되지 않는다는 장점이 있다. 이러한 이유로 원추각막 조기진단에서 각막 후면을 측정하는 것이 유용할 수 있으며, 회전하는 샴플러 사진기 원리를 사용하여 전방을 계측하는 Pentacam[®]은 각막후면의 측정에 있어 높은 재현성을 보이며,⁶ 각막 후면의 융기를 평가하여 원추각막, 잠재성 원추각막을 정상각막과 감별하는 데 도움이 된다. 또한 LASIK 수술 후 각막확장증의 발생을 초기에 평가할 수 있어 유용하다.¹³

Pentacam[®]에서 각막 전면 융기(anterior elevation)란 BFS와 환자각막의 전면 융기의 최대차이를 말하고, 각막

후면 융기(posterior elevation)는 BFS와 환자각막의 후면 융기의 최대차이를 말한다. Miháltz et al¹⁴에 의하면 pentacam[®]을 이용한 각막 전면 융기, 각막 후면 융기, 각막두께, 각막굴절률 모두 원추각막과 정상안 사이에서 의미 있는 차이를 보였으며, 그 중 각막 후면 융기가 가장 정확한 예측을 할 수 있는 인자라고 하였다. 각막 후면 융기가 15.5 μm 이상이면 원추각막을 진단할 수 있으며, 이 때의 민감도는 95.1%, 특이도는 94.3%에 달한다고 보고하였다. de Sanctis et al¹⁵ 또한 pentacam[®]에서 각막 후면 융기가 원추각막을 발견하는데 민감한 인자라고 하였으며, 정상안과 원추각막을 구분하는 각막 후면 융기의 기준은 35 μm , 원추각막의증과 정상안을 구분짓는 경계는 32 μm 라고 하였다. Belin (pentacam interpretation guideline)에 따르면, BFS float 옵션과 자동 계산 옵션을 이용하여 각막 후면 융기가 22 μm 이상이면 원추각막을 의심해볼 수 있다고 하였다.

본 연구에서 각막전면의 융기는 원추각막안에서 $22.07 \pm 19.0 \mu\text{m}$ 로 정상안의 $2.5 \pm 1.4 \mu\text{m}$ 에 비해 통계학적으로 유의하게 높았으며, 원추각막안 중 경도에서 $14.9 \pm 41.2 \mu\text{m}$, 중등도에서 $26.25 \pm 9.6 \mu\text{m}$, 중증에서 $49 \pm 19.4 \mu\text{m}$ 였으며 원추각막의 중증도가 증가함에 따라 융기의 정도도 통계적으로 유의한 증가를 보였다. 한편 각막 후면의 융기는 원추각막안에서 $38.16 \pm 29.8 \mu\text{m}$ 로 정상안의 $6.45 \pm 3.03 \mu\text{m}$ 에 비해 유의하게 높았고, 원추각막안의 경도에서 $28.8 \pm 25.8 \mu\text{m}$, 중등도에서 $40.2 \pm 14.2 \mu\text{m}$, 중증에서 $76.4 \pm 26.6 \mu\text{m}$ 로 원추각막의 중증도가 증가함에 따라 융기의 정도가 유의하게 증가하는 결과를 보였다.

한편 Pentacam[®]은 각막만곡도를 각막 전면과 후면에서 측정하며, 각막곡률은 한쪽 각막윤부와 반대 각막윤부 사이에서 측정되며 1.0 mm씩 증가되는 동심원고리마다 자동적으로 측정된다. 각각의 동심원 내에서 측정되는 값을 종합하여 전체 각막영역을 나타낸다. Pentacam[®]에서 측정된 각 지점의 각막만곡도는 커서를 수동으로 각 지점에 위치시키면 그 값을 알 수 있다. 각막곡률은 각각 다른 각막지형산출에 대해서 각각 다른 참고치를 이용하여 각막 정점에서 측정한다. 각막만곡도는 밀리미터 또는 디오프터로 표기되고, dioptric power map은 다양한 참고치를 이용하여 곡률반경을 디오프터로 변환하여 만들어진다. 전통적인 각막전면의 지도는 keratometric refractive indices ($n=1.3375$)를 이용하여 만들어진다. 각막 후면 지형도는 조직-액체대응면(각막: 1.376, 방수: 1.336)에 해당하는 참고치를 이용하여 얻어진다.

시상면만곡도는 각 측정지점과 그 측정지점에서의 접선에 수직선이 축과 교차하는 점 사이의 거리를 측정하여 표현한 곡선이며, 본 연구에서 시상면만곡도는 원추각막안에

서 평균 $52.76 \pm 9.37D$ 로 정상군의 $43.4 \pm 0.9D$ 에 비해 증가되어 있었고, 이는 통계학적으로 유의하였다. 또한 원추각막안 중 경도에서 $49.0 \pm 7.0D$, 중등도에서 $54.0 \pm 4.2D$, 중증에서 $66.6 \pm 8.9D$ 로 원추각막의 중증도가 증가함에 따라 시상면만곡도가 유의하게 증가하였다.

ROC 커브는 양분된 체계에서 두 군 간의 차별점의 위치를 정하기 위해 사용되는 방법으로, 특정 위치 값에 따른 위양성률(1-특이도)과 그에 따른 실제 양성률(민감도 또는 1-위음성률)을 그래프로 표현한 것이다. ROC 커브의 아래 면적은 검사의 정확도를 측정하는 것으로 1.0에 가까울수록 보다 정확한 검사이고, 0.5 이하일 경우 유용하지 못한 검사라 할 수 있으며, 보통 커브의 아래 면적 수치에 따라 비정보적(AUC=0.5), 덜 정확한(0.5 이상, 0.7 미만), 중등도의 정확한(0.7 이상, 0.9 미만), 매우 정확한(0.9 이상, 1.0 미만), 완벽한(1.0) 검사로 분류될 수 있다. 즉, 곡선이 왼쪽 그리고 위쪽경계선에 가까울수록 더 정확한 검사라 할 수 있다. 각막 전면 용기 및 각막 후면 용기에서 ROC 커브의 아래 면적이 각각 0.918 (95% 신뢰구간 0.866-0.971), 0.901 (95% 신뢰구간 0.841-0.961)로 나왔으며 시상면 만곡도의 ROC 커브 아래 면적이 0.923 (95% 신뢰구간 0.871-0.974)로 나왔으나, 각막두께 및 중심각막굴절력에서는 ROC 커브 아래면적이 각각 0.172, 0.152로 나타났다. 따라서 본 연구에서 측정된 각막의 전, 후면 용기 및 시상면만곡도가 각막두께나 중심각막굴절력보다는 원추각막을 진단할 수 있는 유용한 데이터로 나타났다.

향후 광범위한 원추각막을 대상으로 보다 장기적인 연구 관찰이 동반되어야 하겠지만, Pentacam®을 이용하는 경우 각막 전면 및 후면의 용기, 시상면만곡도가 원추각막의 진단 및 원추각막의 진행 정도를 구분하는 데 유용하게 사용될 것으로 생각한다.

참고문헌

1) Swartz T, Marten L, Wang M. Measuring the cornea: the latest de-

velopments in corneal topography. *Curr Opin Ophthalmol* 2007; 18:325-33.

2) Nesburn AB, Bahri S, Salz J, et al. Keratoconus detected by video-keratography in candidates for photorefractive keratectomy. *J Refract Surg* 1995;11:194-201.

3) Fam HB, Lim KL. Corneal elevation indices in normal and keratoconic eyes. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:1281-7.

4) Giers U, Epple C. Comparison of A-scan device accuracy. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:235-42.

5) Sonmez B, Doan MP, Hamilton DR. Identification of scanning slit-beam topographic parameters important in distinguishing normal from keratoconic corneal morphologic features. *Am J Ophthalmol* 2007;143:401-8.

6) de Sanctis U, Missolungi A, Mutani B, et al. Reproducibility and repeatability of central corneal thickness measurement in keratoconus using the rotating Scheimpflug camera and ultrasound pachymetry. *Am J Ophthalmol* 2007;144:712-8.

7) Chen D, Lam AK. Intrasession and intersession repeatability of the Pentacam system on posterior corneal assessment in the normal human eye. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:448-54.

8) Lee YJ, Kim SW. The evaluation of enhanced ectasia display mode in screening for keratoconus. *J Korean Ophthalmol Soc* 2010; 51:651-7.

9) Lee SU, Lee CH, Lee JE, Lee JS. Corneal topographic study using Orbscan II between keratoconus and keratoconus suspect. *J Korean Ophthalmol Soc* 2007;48:1599-606.

10) Choi HJ, Kim MK, Lee JL. Diagnostic criteria for keratoconus using Orbscan II slit scanning topography/pachymetry system. *J Korean Ophthalmol Soc* 2004;45:928-35.

11) Rabinowitz YS, McDonnell PJ. Computer-assisted corneal topography in keratoconus. *Refract Corneal Surg* 1989;5:400-8.

12) Roberts C. Characterization of the inherent error in a spherically-biased corneal topography system in mapping a radially aspheric surface. *J Refract Corneal Surg* 1994;10:103-11.

13) Ho JD, Tsai CY, Tsai RJ, et al. Validity of the keratometric index: evaluation by the Pentacam rotating Scheimpflug camera. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:137-45.

14) Miháltz K, Kovács I, Takács A, Nagy ZZ. Evaluation of keratometric, pachymetric, and elevation parameters of keratoconic corneas with pentacam. *Cornea* 2009;28:976-80.

15) de Sanctis U, Loiacono C, Richiardi L, et al. Sensitivity and specificity of posterior corneal elevation measured by Pentacam in discriminating keratoconus/subclinical keratoconus. *Ophthalmology* 2008;115:1534-9.

=ABSTRACT=

Comparison of Anterior and Posterior Elevation, and Sagittal Curvature between Keratoconus and Normal Cornea

Jong Soo Lee, MD, PhD¹, Seung Wook Lee, MD², Seung Min Lee, MD¹, Mi Hyun Lee, MD³

Department of Ophthalmology, Pusan National University School of Medicine¹, Busan, Korea

Department of Ophthalmology, Kosin University College of Medicine², Busan, Korea

Department of Ophthalmology, The Pusan Veterans Hospital³, Busan, Korea

Purpose: To compare changes of anterior and posterior corneal elevation, and sagittal curvature according to the severity of keratoconus and to compare differences between keratoconus and normal cornea.

Methods: A total of 81 eyes diagnosed with keratoconus and 20 eyes of normal subjects were evaluated with a Pentacam Scheimpflug camera. The keratoconus eyes were divided into 3 groups according to mean keratometer (K): mild ($K \leq 47.0$ diopters (D)), moderate (47.0 to 52.0 D), and severe ($52.0 D \geq$). The following parameters were obtained to evaluate the correlation of keratoconus: corneal thickness, anterior and posterior corneal elevation, and sagittal curvature.

Results: Out of 81 keratoconus eyes, 56 eyes were mild, 12 eyes were moderate, and 13 eyes were severe keratoconus. The mean central corneal keratometer, anterior and posterior corneal elevation, and sagittal curvature of the keratoconus eyes were 49.7 D, 22.07 μm , 38.16 μm , 52.76 D and the values increased statistically compared to the normal eyes. Furthermore, the values increased significantly with the severity of keratoconus. ROC curve analysis showed the estimated meaningful value for anterior and posterior corneal elevation and sagittal curvature of keratoconus for diagnosis; there were no diagnostic values for corneal thickness and refractive power.

Conclusions: The index of 5.5 μm for mean anterior elevation, 12.5 μm for mean posterior elevation, and 44.5 μm for mean sagittal curvature using the Pentacam[®] are useful to diagnose keratoconus. Variation of anterior and posterior elevation, and sagittal curvature measured by Pentacam[®] are useful in understanding the process of keratoconus.

J Korean Ophthalmol Soc 2012;53(10):1432-1437

Key Words: Anterior elevation, Keratoconus, Pentacam, Posterior elevation, Sagittal curvature

Address reprint requests to **Jong Soo Lee, MD, PhD**

Department of Ophthalmology, Pusan National University Hospital

#179 Gudeok-ro, Seo-gu, Busan 602-739, Korea

Tel: 82-51-240-7323, Fax: 82-51-242-7341, E-mail: jongsool@pusan.ac.kr