

## 원추각막 진단에서 강화된 확장 표시방법의 유용성 평가

이용준 · 김선웅

순천향대학교 의과대학 안과학교실

**목적:** 원추각막 진단에서 Pentacam의 Enhanced ectasia display mode의 유용성을 평가해 보고자 하였다.

**대상과 방법:** 원추각막, 원추각막 의증 환자와 정상 대조군을 대상으로 Pentacam을 이용하여 전후면 각막 지형도를 측정하였다. 최적 기준구와 강화최적기준구를 사용하여 각막 전후면의 높이 지도를 얻어 세 군 간의 차이를 비교하였다. Receiver operating characteristic curve를 이용하여 원추각막, 원추각막 의증 환자를 정상 대조군과 감별할 수 있는 각막 후면의 앞쪽 편위 정도를 구하였다.

**결과:** 각막 전후면의 앞쪽 편위 정도는 원추각막군이 원추각막의증군과 정상군보다 크게 측정되었다. 최적기준구에 대한 각막 후면의 앞쪽 편위 기준을 23  $\mu\text{m}$ 로 하였을 때 원추각막 진단의 민감도는 96.7%, 특이도는 98.6%였으며, 강화최적기준구에 대한 각막 후면의 앞쪽 편위 기준을 43  $\mu\text{m}$ 로 하였을 때 원추각막 진단의 민감도는 96.7%, 특이도는 95.5%였다.

**결론:** Enhanced ectasia display mode는 기존의 높이 지도와 비슷한 정도의 진단율을 보이며 각막 전후면의 앞쪽 편위를 더 두드러지게 보여주기 때문에 임상에서 좀 더 유용하게 사용될 수 있다.

(대한안과학회지 2010;51(5):651-657)

원추각막은 각막의 중앙부가 진행성으로 서서히 얇아져 앞쪽을 향해 돌출되는 질환으로 가장 흔히 볼 수 있는 확장성 각막 질환이다.<sup>1,2</sup> 진행된 원추각막의 특징은 중심부 각막의 원추형 돌출과 국소적으로 현저하게 얇아진 기질로 인해 불규칙 난시와 근시를 일으키는 것이나 초기에는 아무런 증상을 보이지 않을 수 있다.<sup>3,4</sup>

원추각막이 진행된 경우에는 세극등검사나 각막굴절률 검사 등으로 쉽게 진단할 수 있으나, 초기 원추각막의 경우 각막 형태 검사만이 유일한 진단 방법이다.<sup>5,6</sup> 특히, 최근 굴절교정 수술이 많이 이루어지면서 초기 원추각막을 간과하고 굴절교정 수술을 시행하여 수술 후 원치 않는 결과와 각막확장증 등의 합병증이 발생하는 경우가 있어 원추각막 조기진단의 중요성이 더욱 강조되고 있다.<sup>7-10</sup> 따라서, 여러 가지 각막 형태 검사를 통한 원추각막의 조기진단 방법이 제시되었고, 그 중 하나는 높이 지도(Elevation map)를 이용한 진단방법이다. 현재까지 원추각막 및 원추각막의증의 진단은 Orbscan에서 각막 후면의 앞쪽 편위(Posterior elevation value)가 40  $\mu\text{m}$  이상인 경우가 임상적으로 매우

유용한 것으로 국내외적으로 보고되고 있다.<sup>11-13</sup>

Pentacam-HR (Oculus, Wetzlar, Germany) 역시 높이 지도에 기초한 각막 지형도를 제공해 주는데, 검사 후 자동으로 설정되는 최적기준구를 기준으로 한 높이 지도(Ectasia display mode)는 원추각막 진단에 있어 유용한 것으로 알려져 있다.<sup>14,15</sup> 또한 최근에는 원추각막이나 각막확장증과 같은 질환을 조기 진단하는 데 도움이 된다고 알려진 Enhanced ectasia display mode가 도입되었다. 이전의 높이 지도는 중심 각막 9 mm에서 얻어지는 최적기준구(Best-fit sphere, BFS)를 기준으로 하여 상대적인 높이를 표현해 주었다. 반면에 Enhanced ectasia display mode는 이전의 높이 지도 뿐만 아니라, 중심 각막 9 mm를 검사한 후 각막의 가장 얇은 부분을 중심으로 4 mm (Exclusion zone)를 제외한 나머지 부분의 정보를 이용하여 얻은 강화최적기준구(Enhanced best-fit sphere, EBFS)를 기준으로 상대적인 높이도 함께 표현해 준다.<sup>16</sup> 강화최적기준구는 정상 주변부 각막에 더욱 적합한 형태로 기준구를 설정하므로 비정상적인 중심부 각막의 용기부분을 더욱 두드러지게 보여준다(Fig. 1). 이에 저자들은 Enhanced ectasia display mode를 이용하여 원추각막 진단에서의 유용성을 평가해 보고자 하였다.

### 대상과 방법

본원 안과 외래에 내원한 원추각막 환자 30명, 원추각막 의증 24명과 정상 대조군 50명을 대상으로 하였다. 대상자

■ 접수 일: 2009년 11월 16일 ■ 심사통과일: 2010년 2월 17일

■ 책임저자: 김 선 웅

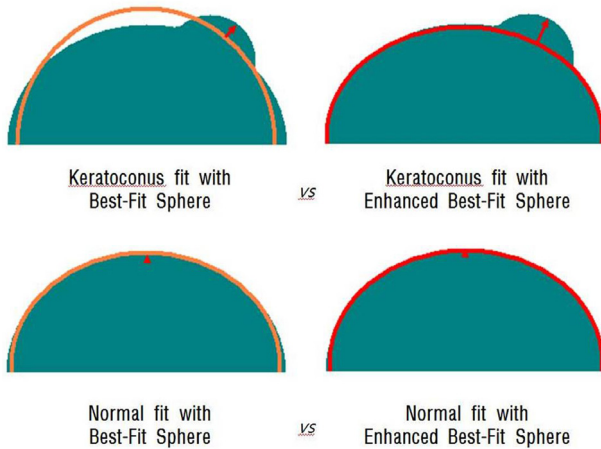
경기도 부천시 원미구 중동 1174

순천향대학교 부천병원 안과

Tel : 032-621-5053, Fax: 032-621-5435

E-mail: tjndndrla@naver.com

\* 본 논문의 요지는 2009년 대한안과학회 제101회 춘계학술대회에서 구연으로 발표되었음.



**Figure 1.** Schematic comparing how removal of the exclusion zone will affect the Best-fit sphere. The elevation difference between using a standard best-fit sphere and the enhanced best-fit sphere will be significant for a conical cornea, while the difference is minimal in a normal cornea.

들은 연구의 목적에 대해 설명을 들었으며 검사 전에 동의서를 받고 연구를 진행하였다.

원추각막군은 세극등검사에서 각막기질의 두께 감소 및 돌출, 플라이셔 고리(Fleischer's ring), 보고트선(Vogt's line)이 보이고 산동상태에서 시행한 검영법에서 불규칙 난시로 동공반사가 불규칙한 가위반사를 보이며 하강 원추를 볼 수 있는 경우 등 Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) study의 기준에 합당한 경우를 대상으로 하였다.<sup>17</sup> 원추각막 의증군은 반대쪽 눈이 원추각막이거나, 다음의 소견을 보이는 군을 대상으로 하였다.<sup>14,18</sup> (1) 세극등검사, 각막곡률검사, 검영굴절검사상 이상 소견이 없으며 (2) Pentacam을 이용한 각막 형태 검사상 1.5D 이상의 Sim-K 난시, 상-하 각막 만곡도의 비대칭이 1.2 이상, 47.0D 이상의 중심각막만곡도, 500  $\mu$ m 미만의 각막 두께와 (3) 콘택트렌즈 사용력, 안외상 및 안과 수술력이 없는 경우로 하였다. 정상 대조군은 안외상 및 안과 수술력, 외안부 질환이 없는 건강한 성인을 대상으로 하였으며, 대

상군은 모두 무작위로 한쪽 눈만을 조사하였다.

Pentacam software version 1.16을 사용하였으며 숙련된 한 명의 검사자가 검사를 시행하였다. 각막의 중심과 동공 중심이 중앙에 위치하여 내외측과 상하측이 각각 대칭되며 안검으로 가려진 부분이 없고 안구의 움직임으로 흐려지지 않는 지도를 얻도록 하였으며, 반복적으로 스캔하여 최대한 이상적인 지도를 얻었다.

각막의 전면의 높이 지도 중 각막 전면에 최적기준구의 반지름(Anterior best-fit sphere radius, BFS)과 각막 전면에 강화최적기준구의 반지름(Anterior enhanced best-fit sphere radius, EBFS)을 비교하여 강화로 인한 기준구의 반지름의 변화를 알아보았고, 또한 최적기준구를 기준으로 하였을 때 각막에서 가장 얇은 부분 전면의 앞쪽 편위(Anterior elevation at thinnest point under BFS)와 강화최적기준구를 기준으로 하였을 때 각막에서 가장 얇은 부분 전면의 앞쪽 편위(Anterior elevation at thinnest point under EBFS)를 비교하여 두 기준구에서 앞쪽 편위의 차이를 알아보았다.

각막의 후면의 높이 지도에 대해서도 각각 기준구의 반지름 비교와 그에 따른 각막 후면의 앞쪽 편위를 비교하여 보았다.

통계 분석은 SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL)을 이용하였다. 대상군간 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 검정하기 위하여 분산분석(Analysis of variance, ANOVA)을 사용하였으며, 사후검정법으로 Scheffe의 방법을 사용하여  $p$  값이 0.05 미만일 때만 통계적으로 유의한 것으로 판정하였다. Receiver operating characteristic (ROC) curves를 이용하여 원추각막, 원추각막 의증 환자를 정상 대조군과 감별할 수 있는 각막 후면의 앞쪽 편위 정도를 구하였다.

## 결 과

대상군은 총 104명으로 원추각막군 30명, 원추각막 의증군 24명, 정상 대조군 50명이었다. 각 군간 연령의 차이는 보이지 않았으나( $p=0.646$ ), 원추각막군과 원추각막 의증군에서 남성이 상대적으로 많았다(Table 1).

**Table 1.** Demographic data of subjects

Characteristic	Normal	Keratoconus suspect	Keratoconus
Patients (n)	50	24	30
Sex (n)			
Male (%) : Female (%)	28(56) : 22(44)	15(62.5) : 9(37.5)	21(70) : 9(30)
Age (years)			
Mean $\pm$ SD	28.84 $\pm$ 6.13	29.63 $\pm$ 7.75	30.43 $\pm$ 8.97
Range	20 to 49	19 to 56	15 to 56
Eyes (n)			
Right (%) : left (%)	27(54) : 23(46)	15(62.5) : 9(37.5)	15(50) : 15(50)

**Table 2.** Comparison of the mean value of the anterior cornea indices

Type	Normal	Keratoconus suspect	Keratoconus
BFS* radius (mm)	8.02±0.28	7.76±0.23 <sup>‡</sup>	7.43±0.43 <sup>‡§</sup>
MAE <sup>†</sup> (μm)	2.48±1.52	6.33±3.94	29.90±16.80 <sup>‡§</sup>
Enhanced BFS radius (mm)	8.06±0.28	7.79±0.24 <sup>‡</sup>	7.49±0.39 <sup>‡§</sup>
Enhanced MAE (μm)	5.78±2.74	10.38±5.06	46.40±32.07 <sup>‡§</sup>
BFS change (mm)	0.03±0.02	0.03±0.03	0.06±0.15
Elevation change (μm)	3.30±1.78	4.04±3.83	16.50±17.22 <sup>‡§</sup>

\*BFS=best fit sphere; <sup>†</sup>MAE=maximal anterior elevation on thinnest point; <sup>‡</sup>Significantly different from normal eyes. ( $P<0.05$ , ANOVA test with Scheffe's method); <sup>§</sup>Significantly different from keratoconus suspect eyes. ( $P<0.05$ , ANOVA test with Scheffe's method).

**Table 3.** Comparison of the mean value of the posterior cornea indices

Type	Normal	Keratoconus suspect	Keratoconus
BFS* radius (mm)	6.52±0.24	6.31±0.24 <sup>‡</sup>	6.05±0.47 <sup>‡§</sup>
MPE <sup>†</sup> (μm)	3.86±3.08	12.13±8.26	69.00±33.56 <sup>‡§</sup>
Enhanced BFS radius (mm)	6.60±0.26	6.41±0.24 <sup>‡</sup>	6.33±0.35 <sup>‡</sup>
Enhanced MPE (μm)	14.16±6.68	28.29±13.09	125.13±67.95 <sup>‡§</sup>
BFS change (mm)	0.07±0.10	0.10±0.05	0.28±0.20 <sup>‡§</sup>
Elevation change (μm)	10.30±4.63	16.17±6.81	56.13±37.19 <sup>‡§</sup>

\*BFS=best fit sphere; <sup>†</sup>MPE=maximal posterior elevation on thinnest point; <sup>‡</sup>Significantly different from normal eyes. ( $P<0.05$ , ANOVA test with Scheffe's method); <sup>§</sup>Significantly different from keratoconus suspect eyes. ( $P<0.05$ , ANOVA test with Scheffe's method).

각막 전면의 높이 지도에서는 원추각막 의증군에서 최적 기준구와 강화최적기준구의 반지름은 정상군에 비해 작았다( $p=0.006$  and  $0.003$ ). 하지만, 최적기준구 또는 강화최적기준구에 대한 각막에서 가장 얇은 부분의 앞쪽 편위와 기준구간 앞쪽 편위의 차이(elevation change)는 정상군과 통계적인 차이를 보이지 않았다( $p=0.250$ ,  $0.572$  and  $0.952$ ). 원추각막군에서는 최적기준구와 강화최적기준구의 반지름, 두 가지 기준구에서의 가장 얇은 부분의 앞쪽 편위, 두 가지 기준구 방법간의 앞쪽 편위의 차이는 정상군 및 원추각막의 증군과 의미 있는 차이를 보였다(정상인과 비교  $p<0.001$ , 원추각막 의증군과 비교  $p<0.003$ ) (Table 2).

각막 후면의 높이 지도의 경우 원추각막 의증군에서 최적기준구와 강화최적기준구의 반지름은 정상군에 비해 작았다( $p=0.036$ ,  $0.037$ ). 하지만 최적기준구 또는 강화최적기준구에 대한 각막에서 가장 얇은 부분의 앞쪽 편위와 기준구간 앞쪽 편위의 차이는 정상군에 비해 차이를 보이지 않았다( $p=0.204$ ,  $0.315$  and  $0.515$ ). 원추각막군에서 최적기준구와 강화최적기준구의 반지름, 두 가지 기준구에서 각막에서 가장 얇은 부분의 앞쪽 편위, 강화로 인한 기준구의 반지름의 차이와 기준구간 앞쪽 편위의 차이는 정상군과 의미 있는 차이를 보였다(모두  $p<0.001$ ). 마찬가지로, 원추각막군에서 최적기준구의 반지름, 두 가지 기준구에서 각막에서 가장 얇은 부분의 앞쪽 편위, 강화로 인한 기준구의 반지름의 차이와 기준구간 앞쪽 편위의 차이는 원추각막

의증군과 의미있는 차이를 보였다(모두  $p<0.01$ ). 하지만 강화최적기준구의 크기는 원추각막 의증군과 차이를 보이지 않았다( $p=0.639$ ) (Table 3).

최적기준구에 대한 각막 후면의 앞쪽 편위 기준을  $23\ \mu\text{m}$ 으로 하였을 때 원추각막 진단의 민감도는  $96.7\%$ , 특이도는  $98.6\%$ 였으며,  $7.5\ \mu\text{m}$ 로 하였을 때 원추각막 의증 진단의 민감도는  $75.0\%$ , 특이도는  $94.0\%$ 였다. 원추 각막 진단의 ROC curve 아래 면적(Area under the ROC curve)은  $0.995$  ( $95\%$  신뢰구간  $0.986-1.005$ )였으며, 원추각막 의증 진단의 ROC curve 아래 면적은  $0.871$  ( $95\%$  신뢰구간  $0.769-0.973$ )이었다. 한편, 강화최적기준구에 대한 각막 후면의 앞쪽 편위 기준을  $43\ \mu\text{m}$ 으로 하였을 때 원추각막 진단의 민감도는  $96.7\%$ , 특이도는  $95.5\%$ 였으며,  $23.5\ \mu\text{m}$ 으로 하였을 때 원추각막 의증 진단의 민감도는  $75.0\%$ , 특이도는  $90.0\%$ 였다. ROC curve 아래 면적은 각각  $0.995$  ( $0.986-1.003$ ),  $0.846$  ( $0.732-0.959$ )이었다(Table 4, Fig. 2).

## 고 찰

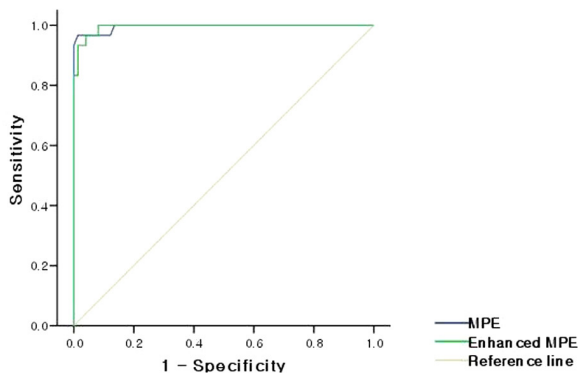
본 연구의 Pentacam을 이용한 높이 지도에서 원추각막 군은 원추각막 의증군과 정상 대조군에 비해 더 높은 각막 전후면의 앞쪽 편위를 나타냈다. 이러한 차이는 Enhanced ectasia display mode에서 더욱 두드러졌다. 기준을 최적기준구에서 강화최적기준구로 바꿈으로 인한 각막 전면의 앞

**Table 4.** Specificity, sensitivity identified by cutoff points of posterior corneal elevation selected a priori

Cutoff point (μm)	Standard BFS*		Cutoff point (μm)	Enhanced BFS	
	Sensitivity (%)	Specificity (%)		Sensitivity (%)	Specificity (%)
KC <sup>†</sup> vs KS <sup>‡</sup> or NC <sup>§</sup>					
13.0	100	85.1	34.5	100	90.5
15.0	100	86.5	36.5	100	91.9
17.5	96.7	89.2	37.5	96.7	91.9
19.5	96.7	91.9	39.5	96.7	93.2
21.0	96.7	95.9	41.5	96.7	94.6
23.0	96.7	98.6	43.0	96.7	95.9
28.0	93.3	100	44.5	93.3	95.9
KS vs NC					
2.5	95.8	34.0	8.5	95.8	18.0
3.5	91.7	54.0	12.5	91.7	44.0
4.5	83.3	60.0	16.5	79.2	68.0
5.5	83.3	62.0	20.5	75.0	80.0
6.5	79.2	88.0	23.5	75.0	90.0
7.5	75.0	94.0	25.5	62.5	98.0
9.0	62.5	94.0	31.0	41.7	100
KC vs NC					
8.5	100	94.0	22.0	100	86.0
11.0	100	96.0	23.5	100	90.0
14.0	100	100	24.5	100	96.0
20.0	96.7	100	27.5	100	98.0
28.0	93.3	100	33.5	100	100
33.0	90.0	100	40.5	96.7	100
35.0	83.3	100	47.0	93.3	100

\*BFS=best fit sphere; <sup>†</sup>KC=keratoconus; <sup>‡</sup>KS=keratoconus suspect; <sup>§</sup>NC=normal cornea.

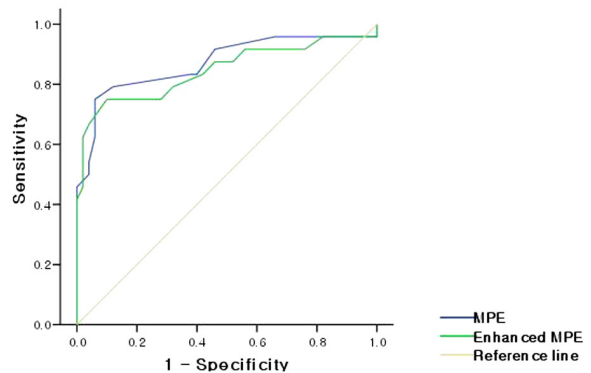
< Keratoconus vs Keratoconus suspect or Normal corneas >



Area under the ROC curve

Result variables	Area	Std. Error	Asymptotic Sig.	Asymptotic 95% confidence interval	
				Lower bound	Upper Bound
MPE	.995	.005	.000	.986	1.005
Enhanced MPE	.995	.004	.000	.986	1.003

< Keratoconus suspect vs Normal corneas >



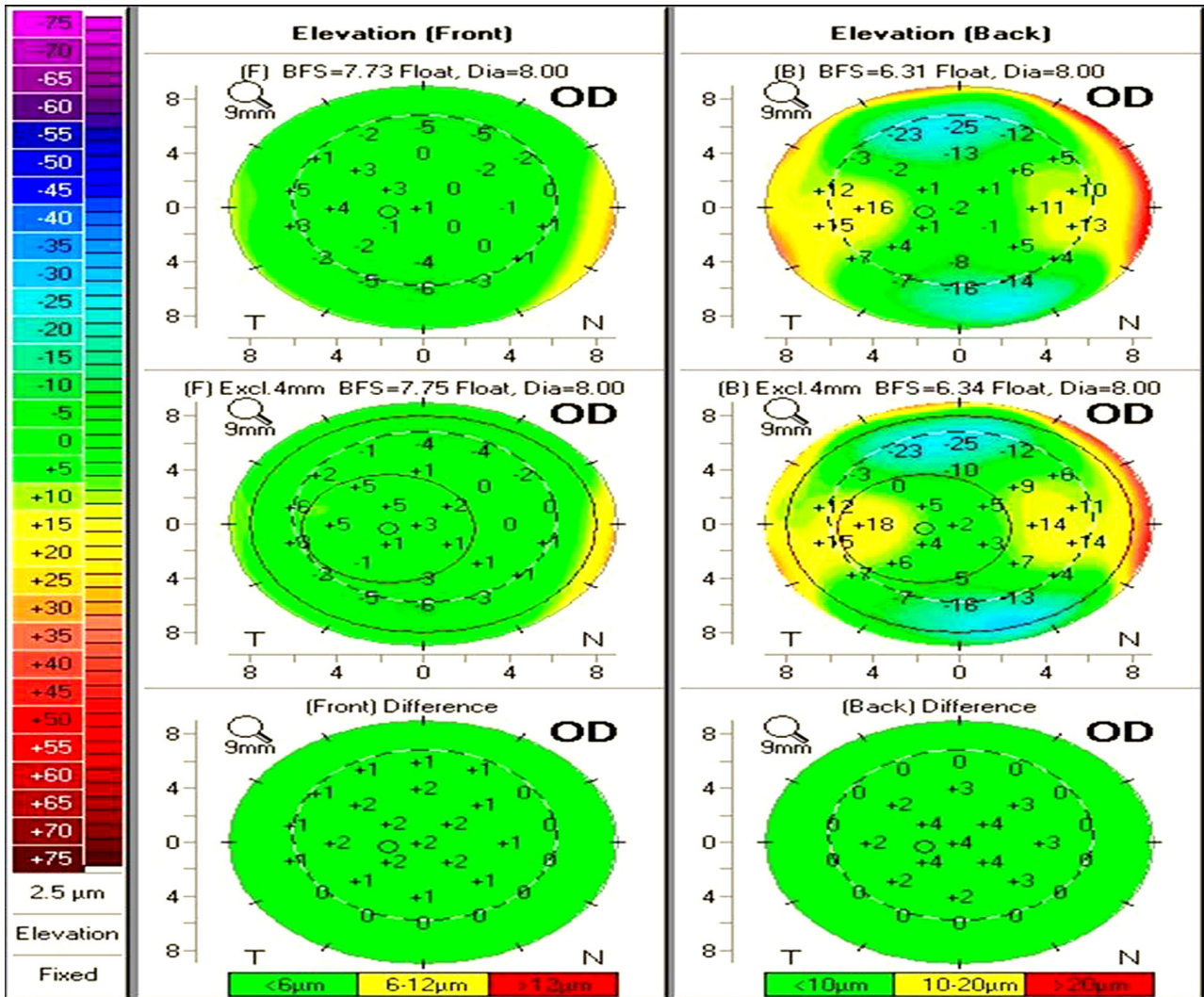
Area under the ROC curve

Result variables	Area	Std. Error	Asymptotic Sig.	Asymptotic 95% confidence interval	
				Lower Bound	Upper Bound
MPE	.871	.052	.000	.769	.973
Enhanced MPE	.846	.058	.000	.732	.959

**Figure 2.** Receiver operator characteristic (ROC) curves for keratoconus versus keratoconus suspect or normal corneas (Left). ROC curves for keratoconus suspect versus normal corneas (Right). MPE=maximal posterior elevation on the thinnest point.

쪽 편위의 차이는 정상군에서  $3.30 \pm 1.78 \mu\text{m}$ , 원추각막 의  
중군에서  $4.04 \pm 3.83 \mu\text{m}$ , 원추각막군에서  $16.50 \pm 17.22 \mu\text{m}$   
로 Belin et al<sup>16</sup>이 보고한 바와 같이 정상군에서는 편위의  
차가 크지 않으나 원추각막 군에서는 편위의 차가 크게 나

타났다. 각막 후면의 경우도 마찬가지로 앞쪽 편위의 차이  
는 정상군에서  $10.30 \pm 4.63 \mu\text{m}$ , 원추각막 의중군에서  
 $16.17 \pm 6.81 \mu\text{m}$ , 원추각막군에서  $51.13 \pm 37.19 \mu\text{m}$ 로 나  
타나 기준구간 각막 전후면의 앞쪽 편위의 차이는 특히 원

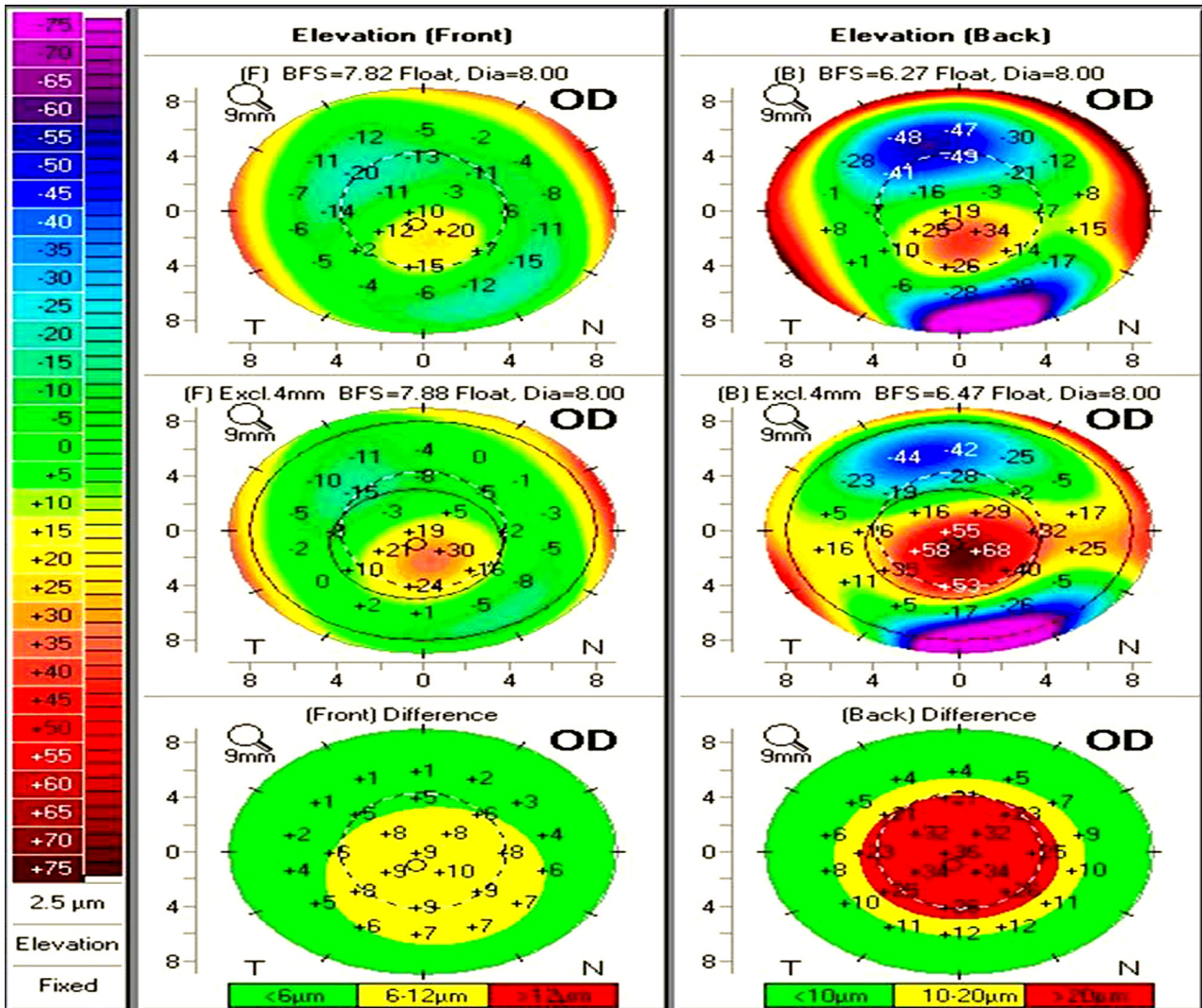


**Figure 3.** Enhanced ectasia display with elevation data presented in normal group. There is little change in relative elevation, or the appearance of the elevation map when comparing the best-fit sphere to the enhanced best-fit sphere. Corneal surface does not show much change from the baseline to the exclusion elevation map (the map is all green).

추각막군에서 정상군과 원추각막 의증군보다 두드러지게 나타났으며, 이러한 특징은 Enhanced ectasia display를 통해 원추각막 진단에 있어 도움을 받을 수 있음을 시사한다. 또한 Enhanced ectasia display map에서 함께 제공하는 앞쪽 편위의 색 지도를 이용한다면 더욱 직관적으로 원추각막 환자를 감별해낼 수 있다(Fig. 3, 4). 본 연구에 포함된 총 30명 30안의 원추각막 군에서 4안을 제외한 26안에서 각막 후면의 편위 차이가 적색으로 표현되어 원추각막 진단에 있어 86.7%의 민감도를 보였다. 또한 전체 대상군 104안 중 원추각막으로 확진되지 않은 경우에 적색으로 표시된 경우는 정상군에서는 없었으며, 원추각막 의증군으로 분류된 8안이 적색으로 표시되어 89.2%의 특이도를 보였다. 적색으로 표시된 경우의 원추각막 진단의 양성 예측도는 76.5%, 음성예측도는 94.3%였다.

각막 후면의 앞쪽 편위는 원추각막 감별에 매우 유용한 것으로 알려져 있다.<sup>11-15</sup> de Sanctis et al<sup>14</sup>은 최적기준구를 기준으로 하여 각막 후면의 앞쪽 편위 기준을 35  $\mu$ m로 하였을 때 원추각막 진단의 민감도는 97.3%, 특이도는 96.9%이며, 29  $\mu$ m로 하였을 때 원추각막의증 진단의 민감도는 68%, 특이도는 90.8%라고 보고하였다(Area under the ROC curve >0.90). 본 연구에서는 원추각막 진단의 경우, 최적기준구의 민감도는 96.7%, 특이도는 98.6%이고 강화최적기준구의 민감도는 96.7%, 특이도는 95.5%로 유사한 진단율을 보였다(Area under the ROC curve=0.995, 0.995). 또한 원추각막 의증 진단의 경우, 최적기준구의 민감도는 75.0%, 특이도는 94.0%이고 강화최적기준구의 민감도는 75.0%, 특이도는 90.0%로 유사한 진단율을 보였다(Area under the ROC curve=0.871, 0.846). 하지만 강





**Figure 4.** Enhanced ectasia display with elevation data presented in keratoconus group. There is significant change in relative elevation, and the appearance of the elevation map when comparing the best-fit sphere to the enhanced best-fit sphere. Corneal posterior surface show much change from the baseline to the exclusion elevation map (central area of red).

화최적기준구를 이용하였을 경우 직관적으로 앞쪽 편위를 강조하여 보여주기 때문에 임상에서 좀더 쉽게 원추각막 여부를 알 수 있다.

결론적으로, Enhanced ectasia display mode는 이전의 높이 지도를 이용하였을 때와 유사한 진단율을 보여주며 좀 더 두드러진 각막의 앞쪽 편위를 보여주기 때문에 임상에서 원추각막 진단에 유용할 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- 1) Krachmer JH, Feder RS, Belin MW. Keratoconus and related non-inflammatory corneal thinning disorders. *Surv Ophthalmol* 1984; 28:293-322.
- 2) Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Ophthalmol* 1998;42:297-319.
- 3) Lee LR, Hirst LW, Readshaw G. Clinical detection of unilateral keratoconus. *Aust N Z J Ophthalmol* 1995;23:129-33.
- 4) Rabinowitz YS, Nesburn AB, McDonnell PJ. Videokeratography of the fellow eye in unilateral keratoconus. *Ophthalmology* 1993; 100:181-6.
- 5) Rabinowitz YS. Videokeratographic indices to aid in screening for keratoconus. *J Refract Surg* 1995;11:371-9.
- 6) Meada N, Klyce SD, Smolek MK, Thompson HW. Automated keratoconus screening with corneal topography analysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1994;35:2749-57.
- 7) Mamalis N, Montgomery S, Anderson C, Miller C. Radial keratotomy in a patient with keratoconus. *Refract Corneal Surg* 1991; 7:374-6.
- 8) Ellis W. Radial keratotomy in a patient with keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 1992;18:406-9.
- 9) Seiler T, Quorke AW. Iatrogenic keratectasia after LASIK in a case of

- forme fruste keratoconus. J Cataract Refract Surg 1998; 24:1007-9.
- 10) Binder PS, Lindstrom RL, Stulting RD, et al. Keratoconus and corneal ectasia after LASIK. J Cataract Refract Surg 2005;31:2035-8.
- 11) Rao SN, Raviv T, Majmudar PA, Epstein RJ. Role of Orbscan II in screening keratoconus suspects before refractive corneal surgery. Ophthalmology 2002;109:1642-6.
- 12) 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.
- 13) 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.
- 14) 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.
- 15) 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.
- 16) Belin MW, Khachikian SS, Ambrósio R Jr, Salomão M. Keratoconus/ectasia detection with the oculus pentacam: Belin/Ambrósio enhanced ectasia display. Highlights of Ophthalmology 2007;35: 5-12.
- 17) Zadnik K, Barr JT, Edrington TB, et al. Baseline findings in the Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) study. Invest Ophthalmol Vis Sci 1998;39:2537-46.
- 18) Schlegel Z, Hoang-Xuan T, Gatinel D. Comparison of and correlation between anterior and posterior corneal elevation maps in normal eyes and keratoconus-suspect eyes. J Cataract Refract Surg 2008;34:789-95.

=ABSTRACT=

## The Evaluation of Enhanced Ectasia Display Mode in Screening for Keratoconus

Yong Jun Lee, MD, Sun Woong Kim, MD

Department of Ophthalmology, Soonchunhyang University College of Medicine, Bucheon, Korea

**Purpose:** To estimate the utility of the enhanced ectasia display mode of Pentacam in discriminating keratoconus and keratoconus suspect from normal cornea.

**Methods:** Corneal topography was measured using the Pentacam in keratoconus, keratoconus suspect and a normal control group. A best-fit sphere (BFS) and an enhanced best-fit sphere (EBFS) were used as reference surfaces for corneal elevation measurements, and measured values from both the anterior and posterior surfaces were compared among the three groups. Receiver operating characteristic (ROC) curves were used to identify the optimal posterior corneal elevation cutoff points for maximal sensitivity and specificity in discriminating keratoconus and keratoconus suspect from the normal control group.

**Results:** Mean anterior and posterior corneal elevation were statistically higher in keratoconus than in keratoconus suspect and normal corneas. The optimal cutoff point of posterior elevation was 23  $\mu$ m for the keratoconus group, and this value was associated with a sensitivity and a specificity of 96.7% and 98.6%, respectively for keratoconus. The optimal cutoff point of enhanced posterior elevation was 43  $\mu$ m for the keratoconus group, and this value was associated with a sensitivity and a specificity of 96.7% and 95.5%, respectively.

**Conclusions:** The enhanced ectasia display mode showed similar diagnostic power to that of the conventional elevation map, and the former could be more useful in a clinical setting due to the pronounced visualization of corneal elevation.

J Korean Ophthalmol Soc 2010;51(5):651-657

**Key Words:** Enhanced ectasia display, Keratoconus, Pentacam

---

Address reprint requests to Sun Woong Kim, MD

Department of Ophthalmology, Soonchunhyang University Hospital

#1174 Jung-dong, Wonmi-gu, Bucheon 420-767, Korea.

Tel: 82-32-621-5053, Fax: 82-32-621-5435, E-mail: tjsdndrla@naver.com