

원추각막 환자에서의 알코올을 이용한 각막 콜라겐 교차결합술 후 각막곡률의 변화

노시진¹ · 안지민² · 한경은¹ · 서경률¹

연세대학교 의과대학 안과학교실, 시기능 개발연구소¹, 실로암 안과병원²

목적: 진행되는 원발성 원추각막 및 굴절수술 후 각막확장증에서 알코올을 이용한 각막콜라겐 교차결합술 후 각막곡률 변화를 알아본다.
대상과 방법: 진행성의 원발성 원추각막 10명 12안, 굴절수술 후 각막확장증 3명 3안에 20% 알코올을 이용한 각막콜라겐교차결합술을 시행했다. 술 전 최대교정시력과 각막지형도의 평균 K값과 난시, 자동굴절검사의 평균 K값과 난시, 구면렌즈대응치를 술 후 6개월과 비교하고 7명 8안은 술 후 1년과 비교했다.

결과: 수술 6개월 후 최대교정시력은 logMAR 0.66 ± 0.50에서 logMAR 0.55 ± 0.58로 호전됐고 각막지형도의 평균 K값은 50.04 ± 5.88D에서 49.18 ± 6.15D로 감소했다. 자동굴절검사의 평균 K값은 48.53 ± 5.94D에서 47.95 ± 5.76D로, 난시는 3.95 ± 2.54D에서 3.52 ± 2.40D로, 구면렌즈대응치는 -6.25 ± 3.45D에서 -5.40 ± 2.91D로 감소했다. 술 후 1년에도 각막지형도상 평균 K값과 난시가 유의하게 감소했다.

결론: 알코올을 이용한 각막콜라겐교차결합술은 각막실질 손상을 줄이면서 진행성의 원발성 원추각막 및 굴절수술 후 각막확장증 진행을 억제하는 안전한 치료방법이다.

〈대한안과학회지 2012;53(11):1591-1596〉

원추각막은 각막 두께가 점차적으로 감소하는 양안성 비염증성 질환으로, 각막의 돌출로 인해 불규칙 난시가 발생하며 시력이 감소한다. 원추각막의 발생시기는 개인에 따라 차이가 있으나 보통 사춘기 또는 20대에 발생하며, 유병률은 약 2000명 당 1명으로 보고되어 있다.^{1,2} 원추각막은 각막의 모든 층에 영향을 줄 수 있으나 Bowman층의 변성과 상피의 지속적인 반흔이 주된 병리학적 변화로 알려졌다.^{3,4} 발생 원인은 명확히 밝혀지지 않았으나 유전적인 요인과 콘택트렌즈, 눈 비빔과 같은 물리적인 요인이 복합적으로 작용하는 것으로 생각한다.^{1,4,5}

병의 초기에는 안경과 하드 콘택트렌즈가 시력 교정을 위해 사용될 수 있지만, 병이 진행할수록 불규칙 난시가 심화되어 교정 효과가 떨어지게 된다. 중심 각막에 혼탁이 없는 경우에는 기질 내 각막 고리 삽입술을 통한 치료를 고려해볼 수 있으나, 진행되는 경우 결국 시력 호전을 위해 전

층 각막 이식술이 필요하다.^{4,6}

Riboflavin (비타민 B2)과 자외선-A (ultraviolet-A, UVA)를 이용한 각막 콜라겐 교차결합술(corneal collagen cross-linking, CXL)은 비교적 새롭게 도입된 원추각막 치료 방법으로, 백인을 대상으로 하여 좋은 결과를 보였다는 연구들이 보고되어 있다.^{7,8} 국내에서도 원추각막 환자에서 시행한 각막 콜라겐 교차결합술의 임상 결과가 보고된 바 있으나 알코올을 이용한 각막 콜라겐 교차결합술의 결과는 아직까지 발표된 바 없었다.⁹ 알코올을 이용하면 기계적인 방법보다 각막의 손상이 적어 염증을 덜 일으키고 빠르고 균일하게 각막상피를 제거할 수 있는 것으로 알려졌다.¹⁰⁻¹² 따라서 본 연구에서는 진행되는 원발성 원추각막 및 굴절수술 후 각막확장증에서 20% 알코올을 이용한 각막 콜라겐 교차결합술의 효과를 알아보려고 하였다.

대상과 방법

본 연구에서는 원추각막으로 경과 관찰하던 환자 중 원추각막이 진행되는 것으로 판단되는 총 13명 15안에 20% 알코올을 이용한 각막 콜라겐 교차결합술을 시행한 후 그 변화를 후향적으로 조사하였다. Wittig-Silva et al¹³의 기준을 참고하여 최근 1년 내에 각막지형도상 최대각막곡률이 1.0D 이상 증가하거나 각막난시가 1.0D 이상 증가한 경

■ 접수 일: 2012년 3월 2일 ■ 심사통과일: 2012년 5월 21일
■ 게재허가일: 2012년 10월 8일

■ 책임저자 서 경률

서울특별시 서대문구 연세로 50
연세대학교 세브란스병원 안과
Tel: 02-2228-6984, Fax: 02-312-0541
E-mail: seokyo@yuhs.ac

* 이 논문의 요지는 2011년 대한안과학회 제105회 학술대회에서 구연으로 발표되었음.

우, 구면렌즈대응치가 0.5D 이상 증가한 경우 진행성 원추 각막으로 판단하였다(Table 1). 10명 12안은 원발성 원추 각막 환자였고, 3명 3안은 굴절수술 후 각막확장증 환자였다. 평균 나이는 25.53 ± 5.76세(19-40세)였으며, 남자 8명, 여자 5명이었다. 수술 전 최대교정시력과 각막지형도(ORB scan II, Bausch & Lomb Inc., Rochester, New York, USA)상의 평균각막곡률과 각막난시, 자동 굴절검사(KR 8800, Topcon, Japan)상의 평균각막곡률과 각막난시, 구면렌즈대응치를 측정하여 수술 6개월 후 동일한 검사를 시행하여 각각을 비교하였다. 7명 8안에 대해서는 수술 1년 후의 값까지 비교하였다.

통계학적인 검증을 위하여 SPSS (ver 12.0 for windows: SPSS, Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 Wilcoxon 부호 순위검정 검사를 시행하였으며, *p*-value가 0.05 이하인 경우 통계학적으로 유의미한 것으로 간주하였다.

모든 수술은 Proparacaine 0.5% (Alcaine®, Alcon, Fort Worth, TX, USA)로 국소 마취 후 이루어졌다. Speculum을 이용하여 눈을 고정시키고 20% 알코올을 30초간 처리한 후 각막에 8 mm 크기의 상피 결손을 만들고 pachymeter (UP-1000 ultrasonic pachymeter, Nidek, Japan)를 이용하여 각막 두께를 측정하고 각막의 두께가 400 μm 이상인 것을 확인 후 등장성 Riboflavin 용액(Medio-Cross®, Andrec, Bogota, Colombia)을 2분 간격으로 30분 동안 점안하였다. 점안 후 각막의 두께가 400 μm보다 얇은 경우에는 저장성 Riboflavin 용액을 5초 간격으로 2분간 점안하는 과정을 추가하였다. 그 후 365 nm의 UVA (3 mW/cm²)를 30분간 조사하며 2분 간격으로 다시 등장성 Riboflavin 용액을 점안하였다. 각막상피의 재생이 완료될 때까지 치료용 contact lens를 착용시키고, levofloxacin 0.5% (Cravit®, Santen, Osaka, Japan), Fluorometholone 0.1% (Ocumetholone®, Samil, Korea)를 하루 4회 점안하도록 하였다.

결 과

수술 6개월 후 평균 최대교정시력은 평균 logMAR 0.66 ± 0.50에서 logMAR 0.55 ± 0.58 (*p*=0.100)로 호전되었으며, 각막지형도에서 평균각막곡률은 50.04 ± 5.88D에서 49.18 ± 6.15D (*p*=0.019)로 유의하게 감소하였고 각막난시는 5.29 ± 4.49D에서 4.29 ± 4.48D (*p*=0.894)로 큰 변화가 보이지 않았다. 자동굴절검사에서의 평균각막곡률은 48.53 ± 5.94D에서 47.95 ± 5.76D (*p*=0.038)로, 각막난시는 3.95 ± 2.54D에서 3.52 ± 2.40D (*p*=0.010)로, 구면렌즈대응치는 -6.25 ± 3.45D에서 -5.40 ± 2.91D (*p*=0.037)

로 각각 유의하게 감소하였다(Table 2).

7명의 8안을 수술 1년 후까지 비교하였을 때는 최대교정시력이 평균 logMAR 0.51 ± 0.43에서 logMAR 0.47 ± 0.60 (*p*=0.778)으로 약간 호전되었고, 각막지형도상의 평균각막곡률은 49.34 ± 6.33D에서 48.98 ± 4.97D (*p*=0.036)로, 각막난시는 4.48 ± 4.62D에서 3.44 ± 3.00D (*p*=0.021)로 유의하게 감소하였다. 자동굴절검사에서는 평균각막곡률이 49.48 ± 6.55D에서 43.89 ± 5.45D (*p*=0.116)로, 각막난시가 3.39 ± 1.94D에서 2.53 ± 1.66D (*p*=0.128)로, 구면렌즈대응치는 -5.71 ± 2.64D에서 -5.12 ± 3.07D (*p*=0.225)로 각각 감소하였으나 통계학적으로 유의하지는 않았다(Table 2).

진행하는 원추각막 환자를 대상으로 하였으므로, 각막 콜라겐 교차결합술을 시행하지 않고 6개월 혹은 1년이 경과하였을 경우 각막지형도상의 각막곡률을 수술 6개월, 1년 후의 값과 비교하면 통계적으로 더 유의한 차이를 보였다(Table 3).

알코올을 이용한 각막 콜라겐 교차결합술 시행 후 각막염, 각막 혼탁 등 각막 콜라겐 교차결합술과 관련된 합병증이 발생된 경우는 없었다.

고 찰

현재 Riboflavin과 UVA를 이용한 각막 콜라겐 교차결합술은 진행 중인 원추각막의 진행을 억제할 수 있는 유일한 치료 방법으로 알려졌다. 원추각막을 완전히 치료할 수는 없으나, 진행을 억제함으로써 시력의 악화를 늦추고 결과적으로 전층 각막 이식술이 필요한 시기를 늦출 수 있다.

교차결합술은 플라스틱이나 중합체 산업에서 강도를 강화시키기 위해 자주 사용되는 방법이다. 정상적으로 각막에는 트로포콜라겐의 나선형 구조 사이와 미세 섬유 사이에 교차결합이 존재한다.^{14,15} 이러한 교차결합은 나이가 들면서 점점 많아지게 되어 원추각막의 진행은 나이가 들수록 점점 느려진다.¹⁶ 당뇨 환자에게는 당화(glycation)에 의해 교차결합이 강화되어 원추각막의 진행이 덜한 것으로 알려졌다.¹⁷ 이 교차결합의 결핍이 원추각막의 발병 기전은 아니나, 교차결합을 증가시켜줌으로써 각막의 강도가 커져 원추각막의 진행을 늦추거나 억제할 수 있다.¹⁸

UVA는 광감작제인 riboflavin을 활성화시키는 역할을 하며, 활성화된 riboflavin은 활성 산소를 발생시켜 각막 콜라겐 사이의 공유 결합을 증가시키고 각막의 강도를 증가시킨다.¹⁹⁻²¹ 또한 riboflavin은 UVA를 흡수하여 각막 안쪽의 안구 구조물을 보호해주는 역할을 한다.^{22,23}

Riboflavin과 UVA를 이용한 콜라겐 교차결합술은 Spörl

Table 1. Increase in maximal K, mean K, corneal astigmatism in corneal topography and spherical equivalent in auto refractometer at preoperative evaluation compared with 1 year before corneal collagen cross-linking

	1 year before CXL	Preoperative evaluation	Increase amount	p-value
Max K	51.52 ± 7.33 D	52.74 ± 7.37 D	1.22 D	0.007*
Mean K	49.15 ± 5.99 D	50.04 ± 5.88 D	0.89 D	0.019*
Astigmatism	4.67 ± 4.08 D	5.33 ± 4.47 D	0.66 D	0.046*
SE	-4.99 ± 2.85 D	-6.25 ± 3.45 D	-1.26 D	0.028*

Values are presented as mean ± SD.

CXL = corneal collagen cross-linking; Max K = maximal keratometry; Mean K = mean keratometry; SE = spherical equivalent.

*Statistically significant ($p < 0.05$), Wilcoxon signed rank test.

Table 2. Mean value of parameters 6 months and 1 year after corneal collagen cross-linking

	6 months after CXL (n = 15)			1 year after CXL (n = 8)			
	Baseline	Postoperative 6 months	p-value	Baseline	Postoperative 1 year	p-value	
BCVA (log MAR)	0.66 ± 0.50	0.55 ± 0.58	0.100	0.51 ± 0.43	0.47 ± 0.60	0.778	
Corneal topography	Mean K	50.04 ± 5.88 D	49.18 ± 6.15 D	0.019*	49.34 ± 6.33 D	48.98 ± 4.97 D	0.036*
	Astigmatism	5.33 ± 4.47 D	5.29 ± 4.88 D	0.755	4.48 ± 4.62 D	3.44 ± 3.00 D	0.021*
Auto refractometer	Mean K	48.53 ± 5.94 D	47.95 ± 5.79 D	0.038*	49.48 ± 6.55 D	48.39 ± 5.45 D	0.116
	Astigmatism	3.95 ± 2.54 D	3.52 ± 2.40 D	0.010*	3.39 ± 1.94 D	2.53 ± 1.66 D	0.128
	SE	-6.25 ± 3.45 D	-5.40 ± 2.91 D	0.037*	-5.71 ± 2.64 D	-5.12 ± 3.07 D	0.225

Values are presented as mean ± SD.

CXL = corneal collagen cross-linking; BCVA = best corrected visual acuity; Mean K = mean keratometry; SE = spherical equivalent.

*Statistically significant ($p < 0.05$), Wilcoxon signed rank test.

Table 3. Estimated mean keratometry without corneal collagen cross-linking and postoperative mean keratometry at 6 months and 1 year in corneal topography

	6 months after CXL (n = 15)			1 year after CXL (n = 8)		
	Estimated value without CXL	Postoperative 6 months	p-value	Estimated value without CXL	Postoperative 1 year	p-value
Mean K	50.49 ± 5.88 D	49.18 ± 6.15 D	0.003*	51.23 ± 5.88 D	48.98 ± 4.97 D	0.012*

Values are presented as mean ± SD.

CXL = corneal collagen cross-linking; Mean K = mean keratometry.

*Statistically significant ($p < 0.05$), Wilcoxon signed rank test.

et al²⁴이 1997년 돼지 각막에서의 결과를 처음으로 발표하였고, 이후 Wollensak et al²⁵과 Kohlhaas et al²⁶이 이 방법을 이용하여 돼지 각막 및 사람의 각막에서 각막 콜라겐 교차결합술의 효용성을 증명하였다.

각막 콜라겐 교차결합술의 효과에 대한 연구들은 최근 유럽을 중심으로 발표되고 있다. Hoyer et al⁷은 111명의 153안의 원추각막 환자에 대해 각막 콜라겐 교차결합술을 시행한 이후 3년 동안의 경과 관찰을 통해 수술 전에 비해 최대각막곡률이 4.34D 감소하고, 60.6%에서 최대교정시력이 한 줄 이상 개선되었다고 보고하였다. Caporossi et al⁸은 각막 콜라겐 교차결합술 시행 2년 후 평균 각막곡률이 2D 감소하고, 85%에서 각막의 대칭성이 개선되었다고 보고하였다.

동양에서 연구된 바로도 비슷한 결과가 나타났다. Agrawal²⁷은 인도인 41명 68안의 원추각막 환자를 대상으로 각막 교차결합술을 시행하였는데, 1년 후 54%에서 최대교정시력

의 호전이 있었고 47%에서 평균 1.20D의 난시 감소가 있었으며, 최대각막곡률이 54%에서 평균 2.47D 감소하였다고 보고하였다.

기계적으로 각막상피를 제거할 경우에는 보우만층이 손상될 수 있고 각막실질의 표면이 불균일해질 수 있으며, 부분적으로 각막상피가 제거되지 않고 남을 수 있다.¹⁰ 또한 손상된 각막상피에서 유리된 매개물질들에 의해 아래쪽의 각막실질세포의 손상이 발생할 수 있다고 알려졌다.¹¹ 본 연구에서는 각막 콜라겐 교차결합술을 시행할 때 20% 알코올을 이용하여 각막상피를 제거하였는데, 알코올로 인한 각막상피세포와 각막실질세포의 세포 독성의 가능성이 있으나 기계적으로 각막상피를 제거했을 때 발생할 수 있는 위와 같은 문제들을 피할 수 있으며, 보다 짧은 시간에 염증 반응을 덜 일으키면서 각막상피를 제거할 수 있어 환자의 통증이 적고 각막상피 재생이 더 잘 일어날 수 있다는 장점이 있다.¹² Einollahi et al²⁸은 굴절교정레이저각막절제

술 환자 66안을 대상으로 한 연구에서 알코올을 이용하여 각막상피를 제거한 군이 기계적으로 각막상피를 제거한 군보다 상피의 재생이 더 빠르게 일어나며, 공초점현미경상 앞쪽 각막실질세포의 밀도가 높아 알코올을 이용하여 각막상피를 제거하는 것을 권유하였다. 또한 실험실 환경에서 자외선을 사용하지 않고 β -nitro alcohol 자체만으로도 각막의 교차결합을 유도할 수 있다는 보고가 있다.²⁹

본 연구에서 최대교정시력은 각막 콜라겐 교차결합술 전에 비해 통계적으로 유의하지는 않으나 호전되었다. 시력호전은 superior and inferior hemimeridians index (SI)가 감소함에 따라 각막의 대칭성이 호전됨에 기인하는 것으로 생각하며, 이러한 각막의 대칭성은 수술 48개월 후까지 지속된다고 보고된 바 있다.⁸ 또한 많이 진행된 원추각막의 경우 굴절검사의 부정확함 등으로 최대교정시력이 정확히 측정되지 않았을 가능성이 있으므로, 더 장기적으로 추적 관찰하면서 하드 콘택트렌즈 등으로 교정을 시도하면 시력이 더 호전되는 것을 볼 수 있을 것으로 생각한다. 각막지형도에서의 평균각막곡률은 수술 6개월 후 평균 0.86D가 감소하였고 이것은 통계적으로 의미가 있었다. 이는 Lee and Jin⁹이 10안의 원추각막 환자를 대상으로 기계적으로 각막상피를 제거하여 각막 콜라겐 교차결합술을 시행한 연구에서 수술 6개월 후 평균 0.91D가 호전된 것과 유사한 결과이다. 자동굴절검사상에서는 평균각막곡률이 0.58D의 통계적으로 의미 있는 감소를 보였는데, 각막지형도에서의 평균각막곡률의 측정치가 다른 점은 각막지형도의 경우 해당 면적의 각막 곡률을 측정하는 것과 달리 자동굴절검사에서의 각막곡률은 각막 중심에서 3 mm 떨어진 동심원 상의 각막곡률만을 측정하므로 이와 같은 결과가 나타났을 것으로 생각한다. 각막지형도와 자동굴절검사에서의 각막난시가 다르게 측정되고 변화한 것도 같은 원인 때문으로 생각할 수 있다. 또한 수술 후 1년까지 비교한 경우에도 각막지형도 상에서 평균각막곡률과 각막난시가 통계적으로 의미 있는 감소를 보여 장기적으로도 안정된 효과를 나타냈다.

각막 콜라겐 교차결합술 이후 합병증으로 각막 혼탁, 각막염, Herpes 각막염의 재발 등이 생길 수 있는 것으로 보고되고 있으나 본 연구에서는 이러한 합병증은 발견되지 않아, 각막 콜라겐 교차결합술의 안정성을 확인할 수 있었다.³⁰⁻³²

따라서 20% 알코올을 이용하면 각막실질의 손상을 줄이면서 빠르고 균일하게 각막상피를 제거할 수 있고, 알코올 자체의 각막 교차결합 효과를 기대하면서 각막 콜라겐 교차결합술을 시행할 수 있을 것으로 생각하며, 이는 현재까지 알려진 다른 원추각막의 치료(기질 내 각막 고리 삽입

술, 부분층 및 전층 각막이식 등)보다 덜 침습적인 방법으로 진행성 원추각막의 진행을 억제할 수 있는 안전한 치료 방법으로 생각한다. 추후 다수의 환자를 대상으로 한 장기적인 추적 관찰이 필요할 것으로 생각한다.

참고문헌

- 1) Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Ophthalmol* 1998;42:297-319.
- 2) Lembach RG. Use of contact lenses for management of keratoconus. *Ophthalmol Clin North Am* 2003;16:383-94.
- 3) Teng CC. Electron microscope study of the pathology of keratoconus: I. *Am J Ophthalmol* 1963;55:18-47.
- 4) Espander L, Meyer J. Keratoconus: overview and update on treatment. *Middle East Afr J Ophthalmol* 2010;17:15-20.
- 5) Rabinowitz YS, Garbus J, McDonnell PJ. Computer-assisted corneal topography in family members of patients with keratoconus. *Arch Ophthalmol* 1990;108:365-71.
- 6) Colin J, Velou S. Current surgical options for keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:379-86.
- 7) Hoyer A, Raiskup-Wolf F, Spörl E, Pillunat LE. [Collagen cross-linking with riboflavin and UVA light in keratoconus. Results from Dresden]. *Ophthalmologe* 2009;106:133-40.
- 8) Caporossi A, Mazzotta C, Baiocchi S, Caporossi T. Long-term results of riboflavin ultraviolet a corneal collagen cross-linking for keratoconus in Italy: the Siena eye cross study. *Am J Ophthalmol* 2010;149:585-93.
- 9) Lee P, Jin KH. Clinical results of riboflavin and ultraviolet-A-induced corneal cross-linking for progressive keratoconus in Korean patients. *J Korean Ophthalmol Soc* 2011;52:23-8.
- 10) al-Abdulla NA, Jabbur NS, O'Brien TP. Astigmatism outcomes following spherical photorefractive keratectomy for myopia. *J Refract Surg* 1998;14:610-4.
- 11) Wilson SE, He YG, Weng J, et al. Epithelial injury induces keratocyte apoptosis: hypothesized role for the interleukin-1 system in the modulation of corneal tissue organization and wound healing. *Exp Eye Res* 1996;62:325-7.
- 12) Lee HK, Lee KS, Kim JK, et al. Epithelial healing and clinical outcomes in excimer laser photorefractive surgery following three epithelial removal techniques: mechanical, alcohol, and excimer laser. *Am J Ophthalmol* 2005;139:56-63.
- 13) Wittig-Silva C, Whiting M, Lamoureux E, et al. A randomized controlled trial of corneal collagen cross-linking in progressive keratoconus: preliminary results. *J Refract Surg* 2008;24:S720-5.
- 14) Sung HW, Chang WH, Ma CY, Lee MH. Crosslinking of biological tissues using genipin and/or carbodiimide. *J Biomed Mater Res A* 2003;64:427-38.
- 15) Robins SP. Biochemistry and functional significance of collagen cross-linking. *Biochem Soc Trans* 2007;35(Pt 5):849-52.
- 16) Tuft SJ, Moodaley LC, Gregory WM, et al. Prognostic factors for the progression of keratoconus. *Ophthalmology* 1994;101:439-47.
- 17) Seiler T, Huhle S, Spoerl E, Kunath H. Manifest diabetes and keratoconus: a retrospective case-control study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2000;238:822-5.
- 18) Cannon DJ, Foster CS. Collagen crosslinking in keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1978;17:63-5.

- 19) Spoerl E, Huhle M, Seiler T. Induction of cross-links in corneal tissue. *Exp Eye Res* 1998;66:97-103.
- 20) Wollensak G, Spoerl E, Seiler T. Riboflavin/ultraviolet-a-induced collagen crosslinking for the treatment of keratoconus. *Am J Ophthalmol* 2003;135:620-7.
- 21) Wollensak G. Crosslinking treatment of progressive keratoconus: new hope. *Curr Opin Ophthalmol* 2006;17:356-60.
- 22) Wollensak G, Spoerl E, Wilsch M, Seiler T. Endothelial cell damage after riboflavin-ultraviolet-A-treatment in the rabbit. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1786-90.
- 23) Samaras KE, Lake DB. Corneal collagen cross linking(CXL): a review. *Int Ophthalmol Clin* 2010;50:89-100.
- 24) Spörl E, Huhle M, Kasper M, Seiler T. [Increased rigidity of the cornea caused by intrastromal cross-linking]. *Ophthalmologe* 1997;94:902-6.
- 25) Wollensak G, Spoerl E, Seiler T. Stress-strain measurements of human and porcine corneas after riboflavin-ultraviolet-A-induced cross-linking. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1780-5.
- 26) Kohlhaas M, Spoerl E, Schilde T, et al. Biomechanical evidence of the distribution of cross-links in corneas treated with riboflavin and ultraviolet A light. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:279-83.
- 27) Agrawal VB. Corneal collagen cross-linking with riboflavin and ultraviolet - a light for keratoconus: results in Indian eyes. *Indian J Ophthalmol* 2009;57:111-4.
- 28) Einollahi B, Baradaran-Raffi A, Rezaei-Kanavi M, et al. Mechanical versus alcohol-assisted epithelial debridement during photorefractive keratectomy: a confocal microscopic clinical trial. *J Refract Surg* 2011;27:887-93.
- 29) Paik DC, Wen Q, Braunstein RE, et al. Initial studies using aliphatic beta-nitro alcohols for therapeutic corneal cross-linking. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2009;50:1098-105.
- 30) Koppen C, Vryghem JC, Gobin L, Tassignon MJ. Keratitis and corneal scarring after UVA/riboflavin cross-linking for keratoconus. *J Refract Surg* 2009;25:S819-23.
- 31) Kymionis GD, Bouzoukis DI, Diakonis VF, et al. Diffuse lamellar keratitis after corneal crosslinking in a patient with post-laser in situ keratomileusis corneal ectasia. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:2135-7.
- 32) Kymionis GD, Portaliou DM, Bouzoukis DI, et al. Herpetic keratitis with iritis after corneal crosslinking with riboflavin and ultraviolet A for keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:1982-4.

=ABSTRACT=

Changes in Corneal Keratometry Readings after Corneal Collagen Cross-Linking Using Alcohol in Keratoconus Patients

Si Jin Noh, MD¹, Ji Min Ahn, MD², Kyung Eun Han, MD¹, Kyoung Yul Seo, MD, PhD¹

*The Institute of Vision Research, Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine¹, Seoul, Korea
Siloam Eye Hospital², Seoul, Korea*

Purpose: To evaluate the changes in corneal keratometry (K) readings after corneal collagen cross-linking (CXL) using 20% alcohol in primary keratoconus and keratectasia after refractive surgery.

Methods: Twelve eyes of 10 patients with primary keratoconus and 3 eyes of 3 patients with keratectasia after refractive surgery were included in the present study. Best-corrected visual acuity (BCVA) and mean K, corneal astigmatism by corneal topography, and mean K, corneal astigmatism, and spherical equivalent (SE) by auto refractometer were evaluated at baseline, and 6 months postoperatively. Eight eyes of 7 patients were also evaluated 1 year postoperatively.

Results: Mean BCVA improved from log MAR 0.66 ± 0.50 to log MAR 0.55 ± 0.58 ($p = 0.100$) at 6 month after CXL. In corneal topography, mean K significantly decreased from 50.04 ± 5.88 D to 49.18 ± 6.15 D ($p = 0.019$), and corneal astigmatism slightly decreased from 5.33 ± 4.47 D to 5.29 ± 4.88 D ($p = 0.755$) at 6 months after CXL. According to the auto refractometer, mean K significantly decreased from 48.53 ± 5.94 D to 47.95 ± 5.79 D ($p = 0.038$), corneal astigmatism significantly decreased from 3.95 ± 2.54 D to 3.52 ± 2.40 D ($p = 0.010$), and SE significantly decreased from -6.25 ± 3.45 D to -5.40 ± 2.91 D ($p = 0.037$) at 6 months after CXL. Significant mean K and corneal astigmatism decreases in topography were also observed at 1 year after CXL. Complications related to CXL were not observed.

Conclusions: CXL using 20% alcohol appears to be a safe and promising treatment modality with less corneal stromal damage in progressive primary keratoconus and keratectasia after refractive surgery.

J Korean Ophthalmol Soc 2012;53(11):1591-1596

Key Words: Corneal collagen cross-linking, Keratectasia, Keratoconus, Keratometry

Address reprint requests to **Kyoung Yul Seo, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Yonsei University Severance Hospital
#50 Yeonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 120-752, Korea
Tel: 82-2-2228-6984, Fax: 82-2-312-0541, E-mail: seoky@yuhs.ac