

한국인 진행성 원추각막 환자에서 각막 교차결합술의 임상 효과

이 평 · 진경현

경희대학교 의학전문대학원 안과학교실

목적: 한국인 진행성 원추각막 환자에서 각막 교차결합술의 임상 효과에 대해 알아보고 원추각막의 진행 정도를 반대편 눈과 비교해 보고자 하였다.

대상과 방법: 양안 진행성 원추각막 환자 10명 10안을 대상으로 각막 교차결합술을 시행하였다. 술 전과 술 후 1, 3, 6, 9, 12개월에 최대교정시력, 최대각막곡률치, 평균각막곡률치, 각막두께, 각막난시, 각막내피세포수를 측정하였다.

결과: 각막 교차결합술 12개월 후, 최대교정시력은 0.60 ± 0.39 에서 0.52 ± 0.38 로 호전되었으며 최대각막곡률치와 평균각막곡률치는 $62.39 \pm 8.82D$, $51.59 \pm 5.86D$ 에서 $60.21 \pm 9.21D$, $50.04 \pm 6.21D$ 로 감소하였다. 가장 얇은 부위와 첨부의 각막 두께는 술 전 $433.60 \pm 44.31 \mu m$, $444.90 \pm 53.06 \mu m$ 에서 12개월 후 $403.40 \pm 38.95 \mu m$ 와 $422.70 \pm 42.85 \mu m$ 로 두께가 감소하였다. 각막내피세포 수는 술 전과 술 후 12개월에 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.731$).

결론: 한국인 진행성 원추각막 환자를 대상으로 각막 교차결합술을 시행하고 1년 경과 관찰한 결과, 각막곡률치의 감소를 보였으며 원추각막의 진행이 억제되었다.

〈대한안과학회지 2011;52(1):23-28〉

원추각막은 비감염성 각막확장질환이다. 각막두께가 감소하고 각막돌출이 생기면 불규칙 난시가 발생하여 시력이 저하된다. 안경, 콘택트렌즈 등을 이용한 기존의 치료는 난시와 굴절이상을 교정하여 시력 회복에 도움을 주지만 원추각막의 진행을 억제할 수는 없었다.^{1,2} 또한 각막링 삽입술 후 굴절교정 효과와 평균각막곡률의 감소가 보고되었으나 각막링 삽입 부위의 두께가 $450 \mu m$ 이하인 경우에는 시술에 제한이 있었다.³

교차결합술(Cross-linking)은 고분자 재료 산업에서 널리 사용되고 있는 방법으로 물질을 강화하여 더 안정된 상태로 만드는 기법이다.¹ 포름알데하이드로 검체를 장기간 보존하거나 치아 충전물을 단단하게 만드는 것은 모두 교차결합술을 이용한 것이다.

Wollensak은 리보플라빈(Riboflavin, Vitamin B₂)과 370 nm의 UV-A (Ultraviolet A)를 이용한 각막 교차결합술(Corneal cross-linking)을 원추각막의 진행을 안정화시킬 수 있는 새로운 치료법으로 소개하였다.¹ 리보플라빈과

UV-A가 반응하면 활성산소가 만들어지고 이 활성산소가 콜라겐원섬유(collagen fibril)의 아미노 그룹간 공유결합을 유도하게 된다. 실험 연구를 통해 교차결합술을 시행한 각막에서 각막의 강도가 300% 이상 증가하고 콜라겐섬유의 굵기가 두꺼워지며 콜라겐 분해효소에 대한 저항성이 높아지는 것으로 나타났다.⁴⁻⁷ Wollensak et al⁸은 2003년 각막 교차결합술의 임상 결과를 최초 보고하였는데, 원추각막 23안을 대상으로 각막 교차결합술을 시행하여 유의한 합병증 없이 최대각막곡률치와 굴절 이상의 감소를 보였다고 하였다. 이 후 더 많은 환자군을 대상으로 다양한 연구가 발표되어 장기간 안정성 및 원추각막 관련 검사 지표의 호전이 보고되었다.^{2,8-14}

국내 및 동아시아에서는 아직 원추각막의 치료로 각막 교차결합술에 대한 연구가 보고된 바 없어 원추각막 환자에서 각막 교차결합술의 임상 효과를 알아보고 치료하지 않은 반대편 눈과 원추각막의 진행 정도를 비교해 보고자 하였다.

대상과 방법

대상

본원에서 양안 원추각막으로 각막 교차결합술을 시행받고 12개월 이상 경과 관찰이 가능했던 환자 10명 10안을

■ 접수 일: 2010년 7월 5일 ■ 심사통과일: 2010년 9월 17일
■ 게재허가일: 2010년 12월 9일

■ 책임저자: 진 경 현

서울시 동대문구 회기동 1
경희의료원 안과
Tel: 02-958-8451, Fax: 02-966-7340
E-mail: khjinmd@khmc.or.kr

대상으로 하였다. 원추각막은 각막지형도 검사에서 원추형 각막돌출을 보이며 최대각막곡률치가 47.0D 이상이거나,¹⁵ 각막기질의 얇아짐, 보그트선, 중심 각막 혼탁의 특징적인 소견이 있을 때 진단하였다. 원추각막이 더 진행된 눈에 각막 교차결합술을 시행하고 반대편 눈은 대조군으로 치료 없이 경과 관찰하였다. 최근 1년 사이에 각막돌출이 심해진 경우, 진행성 원추각막으로 판단하였는데 Wittig-Silva et al⁹ 와 Vinciguerra et al¹¹의 기준을 참고하였으며 다음과 같다: 1) 최대각막곡률치가 1.0D 이상 증가한 경우, 2) 현성 난시가 1.0D 이상 증가한 경우, 3) 현성 구면대응치가 0.5D 이상 증가한 경우, 4) 중심부 각막두께가 5% 이상 감소한 경우.

술 전, 술 후 검사

치료 전과 치료 후 1, 3, 6, 9, 12개월에 검사를 시행하였다. logMAR 시력표를 사용하여 최대교정시력을 측정하였고, 세극등 검사에서 전안부와 수정체, 망막의 상태를 확인하였다. Pentacam (Oculus, Wetzlar, Germany)으로 최대 각막곡률치, 평균각막곡률치, 가장 얇은 부위와 첨부의 각막두께, 각막난시를 측정하였으며 각막내피세포 수는 비접촉성 경면현미경(SP2000P, Topcon, Japan)을 이용하여 내피세포의 중앙부에 점을 찍는 방식으로 계산하였다.

수술방법

모든 환자에서 외래 수술로 시행하였으며 Wollensak⁸의

protocol을 기본으로 하였다. 0.5% proparacaine hydrochloride로 점안 마취를 하고 LAEK용 epithelium peeler (Katena Products Inc., NJ, USA)를 이용하여 지름 7.0 mm로 각막상피를 제거하였다. 0.1% 리보플라빈 용액(10 mg riboflavin-5-phosphate in 10 ml dextran-T-500 20% solution)을 3분 간격으로 30분간 점안하였으며 세극등 검사에서 전방 착색이 보이면, 각막 기질에 리보플라빈이 충분히 흡수된 것으로 판단하였다. UV-A의 조사는 UV-X System (Peschke Meditrade, Huenenberg, Switzerland)을 사용하였으며, 파장 370 nm, 방사 조도 3 mW/cm² (5.4 J/cm²)의 UV-A를 각막 중심부에 30분간 조사하였다. UV-A에 노출되는 동안에도 5분 간격으로 리보플라빈을 점안하였다. UV-X는 6개의 다이오드를 가지고 있으며 환자에게 다이오드의 중심부를 주시하도록 하고 UV-A가 각막중심부에서 벗어나지 않도록 조정하였다. 수술 후에는 각막상피가 재생될 때까지 치료용 콘택트렌즈를 착용하고 moxifloxacin (Vigamox, Alcon, USA)과 0.01% fluorometholone (오큐메토론, 삼일제약)을 2주일간 6시간 마다 점안하였다.

통계방법

통계분석은 수술 전후 측정치를 비교하기 위해 SPSS 12.0 (SPSS Inc, Chicago, USA)의 Paired sample *t*-test를 사용하였고, 치료군과 대조군의 변화량 비교에는 Independent samples *t*-test를 이용하였다. *P*값이 0.05

Table 1. Pre-and postoperative data after corneal cross-linking at different time points

Measurement (mean ± SD)	Pre-CCL [†]	Postoperative follow-up (months)			
		1	3	6	12
BCVA* (logMAR)	0.60 ± 0.39	0.60 ± 0.40	0.54 ± 0.34	0.50 ± 0.30	0.52 ± 0.38
Maximum keratometry (D)	62.39 ± 8.82	63.39 ± 10.04	61.85 ± 9.98	61.34 ± 9.40	60.21 ± 9.21
Mean keratometry (D)	51.59 ± 5.86	51.81 ± 6.34	50.93 ± 6.45	50.68 ± 6.53	50.40 ± 6.21
Thinnest corneal thickness (μm)	433.60 ± 44.31	403.00 ± 40.63	393.70 ± 27.05	396.80 ± 31.68	403.40 ± 38.95
Apex corneal thickness (μm)	444.90 ± 53.06	413.50 ± 53.07	408.50 ± 56.53	408.70 ± 51.17	422.70 ± 42.85
Corneal astigmatism (D)	6.92 ± 1.53	6.80 ± 2.63	7.09 ± 2.92	6.65 ± 2.27	6.22 ± 2.11

*Best corrected visual acuity; [†]Corneal cross-linking.

Table 2. Comparison of parameters measured preoperatively and at 12 months in the cross-linked (treated) eyes and control fellow eyes

Measurement (mean)	Treatment eyes			Non-treated eyes (control)		
	Pre	12 M	<i>p</i> -value [†]	Pre	12 M	<i>p</i> -value [†]
BCVA (logMAR)*	0.60	0.52	0.145	0.18	0.19	0.555
Maximum keratometry (D)	62.39	60.21	0.087	53.14	54.05	0.189
Mean Keratometry (D)	51.59	50.40	0.048	46.96	47.61	0.041
Thinnest Corneal thickness (μm)	433.60	403.40	0.002	455.60	449.10	0.116
Apex Corneal thickness (μm)	444.90	422.70	0.126	483.70	481.60	0.431
Corneal astigmatism (D)	6.92	6.22	0.089	2.77	3.53	0.002

*Best corrected visual acuity; [†]Paired sample *t*-test between pre-treatment and 12-month follow-up.

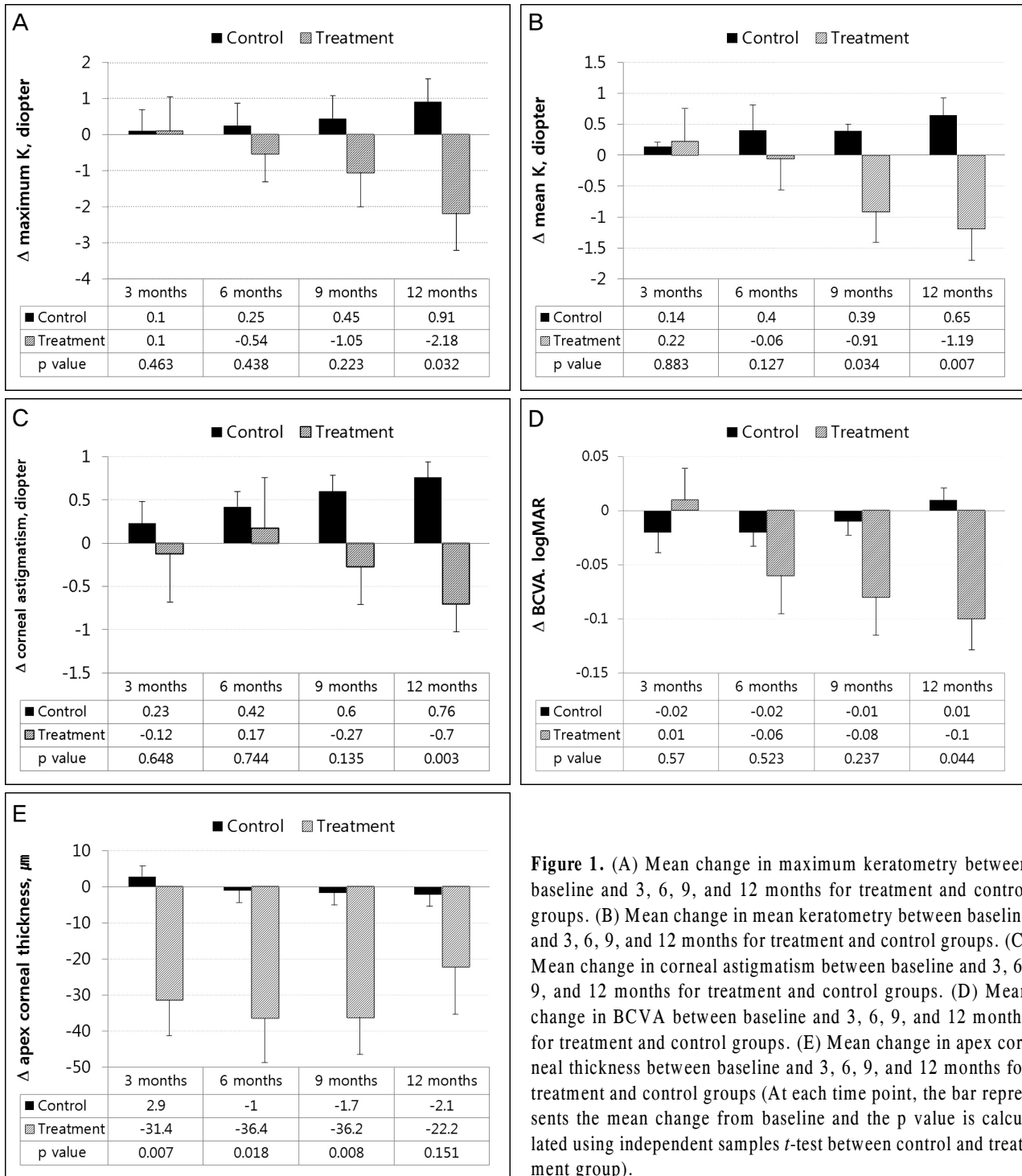


Figure 1. (A) Mean change in maximum keratometry between baseline and 3, 6, 9, and 12 months for treatment and control groups. (B) Mean change in mean keratometry between baseline and 3, 6, 9, and 12 months for treatment and control groups. (C) Mean change in corneal astigmatism between baseline and 3, 6, 9, and 12 months for treatment and control groups. (D) Mean change in BCVA between baseline and 3, 6, 9, and 12 months for treatment and control groups. (E) Mean change in apex corneal thickness between baseline and 3, 6, 9, and 12 months for treatment and control groups (At each time point, the bar represents the mean change from baseline and the p value is calculated using independent samples *t*-test between control and treatment group).

미만인 경우 통계학적으로 유의한 결과로 보았다. 각 측정치의 정규분포에 따르는지에 대한 조사는 Kolmogorov-Smirnov 검증을 사용하여 확인하였다.

결 과

환자의 평균 나이는 26.8 ± 6.3 세(16~39세)였으며 남자

가 7명, 여자가 3명이었다. 각막 교차결합술을 시행받은 치료안과 치료하지 않은 반대편 눈에서 시간에 따른 측정치의 변화는 다음과 같다(Table 1, Table 2.)

치료안의 최대교정시력은 술 전 0.60 ± 0.39 에서 12개월 후 0.52 ± 0.38 로 평균 0.08 ± 0.15 호전되었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p=0.145$). 시력이 호전된 경우는 10안 중 5안이었고, 4안은 변화 없었으며 1안은 1.1에

서 1.3으로 낮아졌다. 반대편 눈의 최대교정시력은 0.18 ± 0.25 에서 12개월 후 0.19 ± 0.25 로 저하되었으나 차이가 유의하지는 않았다($p=0.555$).

치료안에서 최대각막곡률치와 평균각막곡률치는 술 전에 $62.39 \pm 8.82D$, $51.59 \pm 5.86D$, 12개월에 $60.21 \pm 9.21D$, $50.04 \pm 6.21D$ 이었고, 각각 $2.18 \pm 3.59D$ ($p=0.087$), $1.19 \pm 1.64D$ ($p=0.048$) 감소하였으며 최대각막곡률치의 경우 통계적인 차이는 없었다. 9안에서 각막곡률치가 감소하였고 1안에서는 술 전보다 최대각막곡률치는 $0.6D$, 평균각막곡률치는 $0.4D$ 증가하였다. 치료 없이 경과 관찰한 반대편 눈에서는 최대각막곡률치가 술 전 $53.14 \pm 6.30D$ 에서 12개월 후 $54.05 \pm 6.43D$ ($p=0.189$)로, 평균각막곡률치가 $46.96 \pm 4.77D$ 에서 $47.61 \pm 5.32D$ 로 증가하였다($p=0.041$).

각막 교차결합술 후 가장 얇은 부위와 침부의 각막두께는 모두 술 후 3개월까지 감소하였다가 술 후 6개월과 12개월에 회복되는 양상을 보였다. 술 전과 비교하여 술 후 12개월에 가장 얇은 부위의 각막 두께는 평균 $30.20 \pm 22.80 \mu m$ ($p=0.002$) 감소하였고, 침부의 각막두께는 $22.20 \pm 41.60 \mu m$ ($p=0.126$) 감소하였으나 침부 각막두께의 경우 통계학적인 차이를 보이지는 않았다. 가장 얇은 부위의 각막두께는 10안에서 모두 감소하였으나 침부 각막두께는 9안에서 감소, 1안에서는 $21 \mu m$ 증가하였다. 반대편 눈에서도 경과 관찰 기간 동안 각막두께가 변화하였는데 가장 얇은 부위의 각막 두께는 평균 $6.50 \pm 11.82 \mu m$ ($p=0.116$), 침부의 각막 두께는 평균 $2.10 \pm 8.06 \mu m$ ($p=0.431$) 얇아졌다. 그러나 그 변화량이 유의하지는 않았다.

각막난시는 교차결합술 후 12개월에 평균 $0.70 \pm 1.16D$ ($p=0.089$) 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. 각막난시가 감소한 경우는 8안, 증가한 경우는 2안이었다. 반대편 눈의 경우 처음과 비교하여 12개월 경과 관찰 후 평균 $0.76 \pm 0.55D$ ($p=0.002$) 증가하였다.

각막내피세포 수는 술 전과 술 후 12개월에 $2788 \pm 369.06/mm^2$ 과 $2773.00 \pm 338.52/mm^2$ 으로 차이를 보이지 않았다($p=0.731$).

각 측정치의 시간에 따른 변화량을 살펴보면(Fig. 1), 최대교정시력의 변화량은 9개월까지 차이를 보이지 않았으나 12개월에는 치료안의 시력 호전정도가 유의하게 높았다($p=0.0044$). 최대각막곡률치의 변화량도 9개월까지 차이가 없었으나 12개월에는 치료군과 대조군의 변화량이 유의한 차이를 보였다($p=0.032$). 평균각막곡률치는 9개월($p=0.034$)과 12개월($p=0.007$)에서 변화량이 통계학적으로 유의하였다. 침부 각막두께의 경우 각막 교차결합술을 시행한 눈과 반대편 눈에서 그 변화가 3, 6, 9개월($p=0.007$, 0.018 , 0.008)까지 유의한 차이가 있었으나 12개월($p=0.151$)

에는 통계학적인 차이를 보이지 않았다. 각막난시는 12개월($p=0.003$) 측정치에서만 변화량의 차이를 관찰할 수 있었다.

모든 환자가 수술 후 각막상피의 회복 과정에서 일시적인 각막 부종을 보였으며 7일 이내 모두 소실되었다. 경미한 각막 혼탁을 보인 예가 1안 있었으나 경과 관찰 기간 동안 호전되었다.

고 찰

본 연구에서 각막 교차결합술 후 12개월에 10안 중 5안에서 최대교정시력이 호전되었으며 4안은 시력이 그대로 유지되었다. 최대각막곡률치와 평균각막곡률치는 9안에서, 각막난시는 8안에서 감소한 것으로 나타났다. 이것은 기존의 발표 결과와 일치하였다.^{2,8-14} 각막 교차결합술 후에 시력이 호전되는 것은 각막의 강도가 증가되면서 난시와 각막곡률이 감소하고 각막곡률이 감소되면 콘택트렌즈의 착용도 용이해지기 때문이다.⁸ 시간에 따른 변화를 살펴보면, 치료 후 3개월에는 최대교정시력과 각막곡률치가 일시적으로 저하되었다가 6개월부터 호전되었다. Vinciguerra et al^{11,13}도 각막 교차결합술 후 초기에 일시적인 원추각막의 진행 혹은 검사 수치의 악화 소견을 보였다가 시간이 지남에 따라 서서히 회복되었다고 하였는데, 이것은 각막상피의 재생 과정과 교차결합술 치료 효과가 나타나기까지 시간이 걸리기 때문이라고 하였다.

가장 얇은 부위와 침부의 각막두께는 3개월까지 감소하였다가 점차 증가하였으나 12개월 경과 관찰에도 술 전 측정치보다 낮았다. Grewal et al¹⁰의 결과에서도 3개월까지 각막두께가 감소한 것으로 나타났으며 Vinciguerra et al¹¹은 교차결합술 12개월 후 유의한 각막두께 감소를 보고하였다. Koller et al¹²은 각막 교차결합술 후에 각막두께가 감소하는 이유로 공유 결합이 증가함에 따라 각막기질이 위축되거나 교차결합 된 각막기질이 측정 결과에 영향을 미쳐 정확한 측정이 이루어지지 못했기 때문일 것으로 추측하였다. Tu et al¹⁶은 Orbscan을 이용하여 교차결합술 후 각막 중심부 주변의 콜라겐섬유가 수축하면서 중심부 각막이 편평해지는 것을 보고하였는데 이러한 효과가 각막두께의 변화에 영향을 주었을 것으로 생각된다.

치료하지 않은 반대편 눈은 최대교정시력이 감소하고 최대각막곡률치와 평균각막곡률치가 증가하였다. 이것은 원추각막이 진행되었음을 의미하며 각막 교차결합술을 시행한 치료안과 비교해 볼 때 각막 교차결합술이 원추각막의 진행을 억제하는 데 효과가 있음을 뒷받침해 준다.

본 연구에서 각막 교차결합술 후 경과 관찰 기간 동안 수

정체와 망막에 합병증을 보인 경우는 없었다. 하지만 UV는 그 자체로 수정체와 망막을 포함한 안구 조직에 손상을 줄 수 있는 잠재적인 가능성을 가지고 있다.¹ UV-A에 의한 합병증을 예방하기 위해서는 치료 전 최소 400 μm 의 각막 두께가 필요하다. 각막두께가 400 μm 이상이고 리보플라빈을 함께 사용했을 때, 3 mW/cm^2 의 UV-A가 각막내피에 도달하는 양은 5% 이하가 된다.¹⁷ 따라서 안전한 치료를 위해 최소 각막두께의 측정과 UV-A 방사 조도의 정확한 교정이 필수적이다. 저자들은 치료 직전 Pentacam을 이용하여 각막두께를 검사하고 UV-A 측정기로 UV-A의 방사 조도를 확인 한 후 각막 교차결합술을 시행하였다.

각막 교차결합술 후 모든 환자에서 일시적인 각막 부종을 보인 후 소실되었는데 이는 치료 과정에서 제거된 각막 상피의 회복 과정에서 나타나는 것으로 생각된다. 리보플라빈을 점안하기 전에는 각막상피를 제거해야 하는데 각막상피는 리보플라빈의 흡수를 느리게 하고 방해하기 때문이다.¹⁷ Bakke et al¹⁸은 엑시머레이저를 이용하여 각막상피의 35 μm 만 제거한 경우와 브러쉬를 이용하여 각막상피 전층을 제거한 경우를 비교하였는데, 각막상피의 일부만 제거한 경우에 환자가 느끼는 고통이 더 심하고 리보플라빈이 각막에 흡수되는 시간이 길었다. 리보플라빈은 UV-A와 반응하여 활성산소를 만들어 교차결합을 유도할 뿐만 아니라 조사되는 UV-A의 95% 이상을 흡수한다.^{17,19} 리보플라빈의 흡수가 부족하면 각막 후면이나 수정체, 망막에 도달하는 UV-A의 양이 증가하여 합병증을 일으킬 수 있으므로 각막 상피의 제거는 필수적인 과정으로 생각된다.

Koller et al²⁰는 각막 교차결합술을 시행받은 환자에서 시력이 스넬렌 시력표 2줄 이상 감소하였을 때, 이를 합병증으로 정의하였으며 나이가 35세 이상이거나 술 전 교정시력이 20/25 이상인 경우를 합병증의 위험 인자라고 하였다. 또한 최대각막곡률치가 1.0D 이상 증가한 경우를 치료 실패라고 하였는데 치료 실패와 관련된 위험 인자는 술 전 최대각막곡률치가 58.0D 이상인 경우라고 하였다. 본 연구에서는 Koller의 정의에 부합되는 합병증이나 치료 실패 사례는 없었으며 대상수가 적어 위험인자에 대한 분석은 하지 못했다.

최근에는 각막 교차결합술과 기존의 치료법을 함께 시행하는 복합 치료가 시도되고 있다. Kymionis et al²¹은 각막 지형도를 이용한 굴절교정 레이저 각막절제술(topography-guided photorefractive keratectomy)과 각막 교차결합술을 함께 시행하여 구면렌즈대응치의 유의한 감소와 시력 호전을 보고하였다. 이 방법은 각막의 생체역학적 안정성을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 불규칙한 각막의 광학적 교정을 통해 각막 교차결합술 단일 치료보다 더 좋은 시력 예후를 기대할

수 있었다. Chan et al²²은 각막링과 교차결합술을 함께 치료하였을 때, 각막링만으로 치료한 경우보다 유의한 검사수치의 호전을 보인다고 하였다.

각막 교차결합술은 각막의 생역학적 안정성을 향상시키고 원추각막의 진행을 억제할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구는 동양인인 한국인을 대상으로 한 첫 연구로서 의미가 있으며, 더 많은 환자를 포함하여 장기적인 효과 및 안정성에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- 1) Wollensak G. Crosslinking treatment of progressive keratoconus: new hope. *Curr Opin Ophthalmol* 2006;17:356-60.
- 2) Raiskup-Wolf F, Hoyer A, Spoerl E, Pillunat LE. Collagen cross-linking with riboflavin and ultraviolet-A light in keratoconus: long-term results. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:796-801.
- 3) Kim HS, Lee TH, Lee KH. Intracorneal ring segment implantation for the management of keratoconus: short-term safety and efficacy. *J Korean Ophthalmol Soc* 2009;50:1505-9.
- 4) Wollensak G, Spoerl E, Seiler T. Stress-strain measurements of human and porcine cornea after riboflavin/ultraviolet-A-induced crosslinking. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1780-5.
- 5) Wollensak G, Wilsch M, Spoerl E, Seiler T. Collagen fiber diameter in the rabbit cornea after collagen crosslinking by riboflavin/UVA. *Cornea* 2004;23:503-7.
- 6) Spoerl E, Wollensak G, Seiler T. Increased resistance of cross-linked cornea against enzymatic digestion. *Curr Eye Res* 2004;29:35-40.
- 7) Mencucci R, Marini M, Paladini I, et al. Effects of riboflavin/UVA corneal cross-linking on keratocytes and collagen fibres in human cornea. *Clin Experiment Ophthalmol* 2010;38:49-56.
- 8) Wollensak G, Spoerl E, Seiler T. Riboflavin/Ultraviolet-A-induced collagen crosslinking for the treatment of keratoconus. *Am J Ophthalmol* 2003;135:620-7.
- 9) 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.
- 10) Grewal DS, Brar GS, Jain R, et al. Corneal collagen crosslinking using riboflavin and ultraviolet-A light for keratoconus: one-year analysis using Scheimpflug imaging. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:425-32.
- 11) Vinciguerra P, Albe E, Trazza S, et al. Refractive, topographic, tomographic, and aberrometric analysis of keratoconic eyes undergoing corneal cross-linking. *Ophthalmology* 2009;116:369-78.
- 12) Koller T, Iseli HP, Hafezi F, et al. Scheimpflug imaging of corneas after collagen cross-linking. *Cornea* 2009;28:510-5.
- 13) Vinciguerra P, Albe E, Trazza S, et al. Intraoperative and postoperative effects of corneal collagen cross-linking on progressive keratoconus. *Arch Ophthalmol* 2009;127:1258-65.
- 14) Caporossi A, Mazzotta C, Baiocchi S, Caporossi T. Long-term results of riboflavin ultraviolet A corneal collagen cross-linking for keratoconus in Italy: the Seina eye cross study. *Am J Ophthalmol* 2010;149:585-93.
- 15) Choi HJ, Kim MK, Lee JL. Diagnostic criteria for keratoconus us-

- ing Orbscan II slit scanning topography/pachymetry system. J Korean Ophthalmol Soc 2004;45:928-35.
- 16) Tu KL, Aslanides M. Orbscan II anterior elevation changes following corneal collagen cross-linking treatment for keratoconus. J Refract Surg 2009;25:715-22.
- 17) Spoerl E, Mrochen M, Sliney D, et al. Safety of UVA-riboflavin cross-linking of the cornea. Cornea 2007;26:385-9.
- 18) Bakke EF, Stojanovic A, Chen X, Drolsum L. Penetration of riboflavin and postoperative pain in corneal collagen crosslinking. Excimer laser superficial versus mechanical full-thickness epithelial removal. J Cataract Refract Surg 2009;35:1363-6.
- 19) Kymionis GD, Kounis GA, Portaliou DM, et al. Intraoperative pachymetric measurements during corneal collagen cross-linking with riboflavin and ultraviolet a irradiation. Ophthalmology 2009;116:2336-9.
- 20) Koller T, Mrochen M, Seiler T. Complication and failure rates after corneal crosslinking. J Cataract Refract Surg 2009;35:1358-62.
- 21) Kymionis GD, Kontadakis GA, Kounis GA, et al. Simultaneous topography-guided PRK followed by corneal collagen cross-linking for keratoconus. J Refract Surg 2009;25:s807-11.
- 22) Chan CC, Sharma M, Wachler BS. Effect of inferior-segment intacs with and without C3-R on keratoconus. J Cataract Refract Surg 2007;33:75-80.

=ABSTRACT=

Clinical Results of Riboflavin and Ultraviolet-A -induced Corneal Cross-linking for Progressive Keratoconus in Korean Patients

Pyung Lee, MD, Kyung Hyun Jin, MD, PhD

Department of Ophthalmology, KyungHee University School of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To report the clinical results of 10 progressive keratoconic eyes in Korean patients treated by corneal cross-linking and compare the progression of keratoconus in the fellow eyes.

Methods: This present retrospective case series was comprised of 10 progressive keratoconic eyes (10 patients) that had corneal cross-linking. Patients were examined before corneal cross-linking as well as 1, 3, 6, 9, and 12 months postoperatively. The main outcome measures were best corrected visual acuity, maximum keratometry, mean keratometry, corneal thickness, corneal astigmatism and endothelial cell count.

Results: The best corrected visual acuity (logMAR) improved from 0.60 ± 0.39 to 0.52 ± 0.38 at 12 months postoperatively. The maximum keratometry decreased from 62.39 ± 8.82 D preoperatively to 60.21 ± 9.21 D at 12 months postoperatively and the mean keratometry decreased from 51.59 ± 5.86 D to 50.04 ± 6.21 D at 12 months. In addition, the corneal thickness (at the thinnest area) decreased from 433.60 ± 44.31 μ m to 403.40 ± 38.95 μ m at 12 months. There was no statistically significant difference between the preoperative and 12 months postoperative endothelial cell count ($p = 0.731$).

Conclusions: This present 1-year follow-up study of Korean keratoconus patients showed corneal cross-linking appeared to be effective in the stabilizing progression of keratoconus and improving best corrective visual acuity and keratometry. J Korean Ophthalmol Soc 2011;52(1):23-28

Key Words: Corneal cross-linking, Keratoconus, Riboflavin, UV-A

Address reprint requests to **Kyung Hyun Jin, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, KyungHee University Medical Center
#1 Hoegi-dong Dongdaemun-gu, Seoul 130-702, Korea
Tel: 82-2-958-8451, Fax: 82-2-966-7340, E-mail: khjinmd@khmc.or.kr