

## 각막이식 후 발생한 수여 잔류막에 대한 야그레이저 치료 효과 Clinical Outcomes of Nd-YAG Laser Membranotomy in Retained Host Corneal Membrane after Keratoplasty

김용찬<sup>1</sup> · 황제형<sup>2</sup> · 김만수<sup>1</sup>

Yong Chan Kim, MD<sup>1</sup>, Jae Hyung Hwang, MD, PhD<sup>2</sup>, Man Soo Kim, MD, PhD<sup>1</sup>

가톨릭대학교 의과대학 안과학교실<sup>1</sup>, 인제대학교 의과대학 안과학교실<sup>2</sup>

Department of Ophthalmology, The Catholic University of Korea College of Medicine<sup>1</sup>, Seoul, Korea

Department of Ophthalmology, Inje University College of Medicine<sup>2</sup>, Busan, Korea

**Purpose:** To evaluate the clinical efficacy and shortcomings of neodymium-doped yttrium aluminum garnet (Nd-YAG) laser membranotomy in inadvertently retained host membrane.

**Methods:** Among 742 patients who underwent penetrating keratoplasty (PKP) and deep anterior lamellar keratoplasty (DALK) surgery at Seoul St. Mary's Hospital between January 2007 and May 2013 by a single surgeon, 10 patients had a thin, opaque membrane in the anterior chamber observed under slit lamp examination and both a subjective decrease in visual acuity and decrease in best corrected visual acuity. A single surgeon performed membranotomy using the Nd-YAG laser at 4.9 months after graft surgery. In this study we compared the differences in visual acuity, endothelial cell count and correlations between distance from donor endothelium and retained host membrane and endothelial loss before and after the graft surgery.

**Results:** Patients who had Nd-YAG laser membranotomy performed on the retained host membrane showed significant improvements in visual acuity ( $p = 0.039$ ). Donor endothelial cell count was significantly reduced 1 month after Nd-YAG laser. The average distance between donor endothelium and retained host membrane was  $712.0 \pm 217.5 \mu\text{m}$ . The distance and the decreased donor endothelial cell count were not statistically correlated ( $R^2 = 0.39$ ,  $p = 0.072$ ). There were no significant complications after the laser membranotomy.

**Conclusions:** Inadvertently retained host membrane forms close to the donor endothelium as identified on optical coherence tomography (OCT) images. Nd-YAG laser membranotomy significantly affected clear vision but endothelial cell count loss was also observed.

J Korean Ophthalmol Soc 2015;56(5):664-671

**Key Words:** DALK surgery, Endothelial cell count, Nd-YAG laser, PKP surgery, Retained host membrane

■ Received: 2014. 6. 27. ■ Revised: 2014. 10. 20.

■ Accepted: 2015. 4. 20.

■ Address reprint requests to **Man Soo Kim, MD, PhD**  
Department of Ophthalmology, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul St. Mary's Hospital, #222 Banpo-daero, Seocho-gu, Seoul 137-701, Korea  
Tel: 82-2-2258-1188, Fax: 82-2-590-4909  
E-mail: mskim@catholic.ac.kr

\* 2014 ASCRS Boston Paper Session 3-I: CORNEA Surgical Techniques and Technology.

각막이식 후 전방에 의도하지 않게 발생한 잔류막을 발견한다. 이와 같은 잔류막은 드물게 발생하지만, stromal overgrowths, fusiform scars, laminated membranes, fibrous tissue plugs, post-graft membranes 등의 각기 다른 이름으로 불리다가, retrocorneal membrane이란 명칭으로 의례 통칭되어 불리었다.<sup>1-6</sup> 전방 내 잔류막은 조직학적으로 수여각막의 데스메막과 내피세포층으로 이루어져 있으며, 각막이식이나 외상, 백내장 수술 후 각막의 부종으로 인해서 저절로 분리되는 기전으로 발생한다고 하였다.

이 전방 내 잔류막은 혼탁으로 인해서 시력을 저하시킬

© 2015 The Korean Ophthalmological Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

수 있으며, 이식된 공여 각막 내피세포와 전방의 물리적 접촉을 막아 조직대사를 방해하거나, 직접 공여각막 내피세포에 위해를 가할 수 있다. 본원에서는 안과의 전안부 영역에서 흔히 쓰이는 Neodymium-Doped Yttrium Aluminum Garnet (Nd-YAG, Coherent Inc., Santa Clara, CA, USA) 레이저를 사용하여 수여각막 잔류막을 제거하려고 하였다.

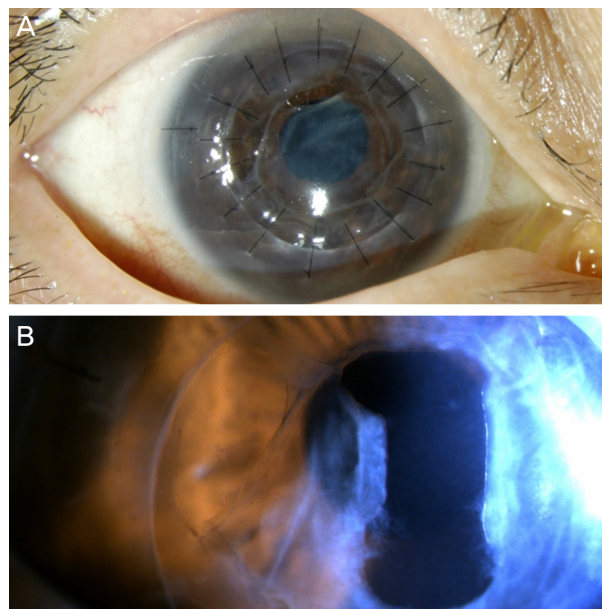
잔류막을 제거하기 위해서는 직접 전방을 통해서 수술적으로 제거하거나, 레이저 등으로 비침습적으로 제거하는 방법이 있다. 수술로 직접 제거하는 경우는 잔류막이 각막내피세포와 가까워 수술로 접근이 어렵고, 이식된 각막 조직이 안정적이지 못한 시기에 하게 될 경우 생착에 직접적인 악영향을 줄 수 있어 쉽지 않은 상황이다. 따라서 후발성 백내장 후낭절개술의 일차적인 처치를 레이저로 사용하는 것처럼, 상대적인 비침습적인 방법으로 잔류막을 제거하는 것이 환자의 예후에 가장 유리할 것으로 판단하였다. Nd-YAG 레이저는 가장 흔히 사용되는 광분열(photodisruption) 레이저로, 현재 전안부 안과 영역에서 후발성백내장의 후낭절개술의 가장 유용한 장비로 임상적으로 입증되어 있다.

Kremer et al<sup>7</sup>은 Nd-YAG 레이저를 사용하여 수여각막 잔류막을 제거한 경우, 공여각막 내피세포 부전을 가속화한다고 보고하였다. 이 보고에서 저자들은 각막 부전 가속화의 원인을 레이저에 의한 직접적인 조직 손상으로 보았다. 본 연구에서는 Nd-YAG 레이저를 사용하여 전방에 발생한 잔류막을 제거하여 시력 호전 정도를 알아보고, 이때 불가피하게 발생될 것으로 예상되는 조직손상을 각막내피세포 밀도 변화의 상관관계로 알아보고, 각막두께 변화를 알아보았으며, 전안부 빛간섭단층촬영(Spectral-domain anterior segment optical coherence tomography, Heidelberg engineering Inc., Heidelberg, Germany)으로 이식된 각막에

서 잔류막까지의 거리 측정을 통해 그 거리와 내피세포 변화를 비교하기로 하였다.

## 대상과 방법

2007년 1월부터 2013년 5월까지 가톨릭대학교 서울성모



**Figure 1.** Retained host membrane after keratoplasty (slit lamp photo). (A) Retained host membrane in front of the pupil is seen in slit lamp photo taken at the day after surgery. The opacity of the membrane is marked, even by naked eyes. Clear space is seen between the membrane and recipient's peripheral cornea. (B) Retained host membrane is perforated in rectangular shape, 5 months after the surgery. Visual axis is well spared with 2.0 mm wide, 2.5 mm long perforation area. The cornea is transparent.

**Table 1.** Baseline ocular characteristics of the study group by primary cause and surgical procedure

Patient	Sex	Age (years)	Primary cause of corneal decompensation	Surgical procedure	Suspected nature of the retention membrane	Membrane detection time (days)*	Laser apply time (months) <sup>†</sup>
1	F	68	Traumatic scar	DALK	Double anterior chamber	1	4
2	M	67	BK after surgery	PKP	Detached host DM	1	7
3	M	48	Chemical burn	PKP	Detached host DM	1	4
4	M	38	BK after surgery	PKP	Detached host DM	1	5
5	M	64	Lipid degeneration	DALK	Double anterior chamber	1	7
6	F	67	Granular dystrophy	DALK	Double anterior chamber	1	4
7	F	73	ICE syndrome	PKP	Detached host DM	1	5
8	F	53	Traumatic scar	DALK	Double anterior chamber	1	4
9	M	69	ICE syndrome	PKP	Detached host DM	1	4
10	F	22	Acanthamoeba keratitis	DALK	Double anterior chamber	1	5
Average		56.9 ± 16.5				1	4.9 ± 1.2

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

DALK = deep anterior lamella keratoplasty; BK = bullous keratopathy; PKP = partial penetrating keratoplasty; DM = descemet membrane; ICE = iridocorneal endothelial.

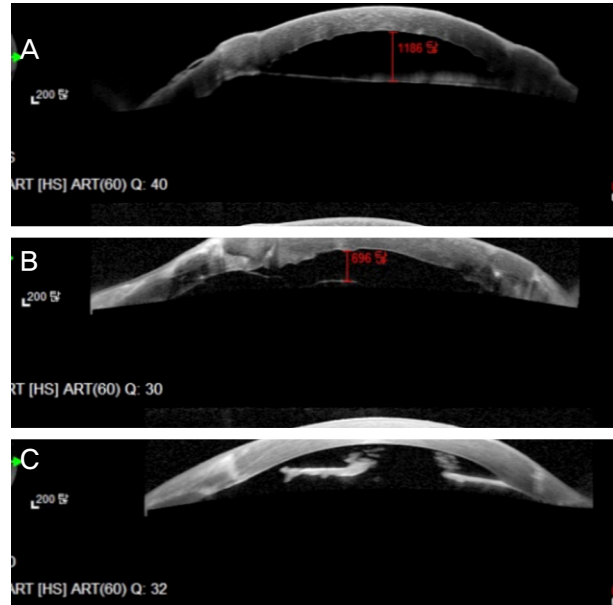
\*Days after surgery; <sup>†</sup>Months after surgery.

병원 안과에서 단일 술자에 의해 전층각막이식 및 심층부분각막이식을 시행한 742명 중, 이식 수술 전에 없었던 막이 수술 후 다음 날 세극등 현미경 상으로 전방에 관찰되고, 4개월 이상 관찰 중 주관적 시력저하와 객관적인 교정시력의 저하를 보이는, 레이저 후 1년 이상 경과관찰이 가능했던 10명 10안을 대상으로 의무기록을 기초로 한 후향적인 연구를 시행하였다. 환자의 평균 나이는  $56.9 \pm 16.5$  세, 22세부터 73세의 분포를 보였으며, 기저질환으로 수포성각막병증 2안, 홍채각막내피증후군 2안, 각막이상증 1안, 외상에 의한 각막병증 5안이 있었다(Table 1).

대상자들은 수술 후 익일 경과관찰 중, 세극등 현미경 검사상 종이처럼 얇은 막이 각막내피로부터 약 1.0-2.0 mm로 추정되는 깊이에서 발견되었으며, 작은 구멍이 중심부 또는 주변부에서 관찰되었다(Fig. 1A). 시간 경과에 따라 종이처럼 얇은 막은 상대적으로 혼탁해졌으나, 이식된 공여각막은 투명함을 유지하였다. 잔류막이 혼탁해짐에 따라 환자들은 주관적 시력저하를 호소하였고, 객관적인 교정시력의 저하를 보였다. 각막경면현미경 검사에서 이식된 각막내피세포 수는 평균범위( $1,888 \pm 621.7 \text{ cells/mm}^3$ )에 있었다. 따라서 저자들은 환자들이 느끼는 시력저하의 원인이 수여각막 잔류막의 혼탁에 많은 부분 기인하고 있다고 판단하였다. 0.5% proparacaine hydrochloride ophthalmic solution (ALCAINE®, ALCON Inc., Fort Worth, TX, USA)을 사용하여 전안부를 점안 마취 후, Ocular instruments (Abraham capsulotomy positive lens, Bellevue, WA, USA)를 사용하여 혼탁막을 제거하였다(Fig. 1B).

레이저 수술 전 검사로 각막이식 1주일 전과 각막이식 후 1개월 후의 나안 및 최대교정시력, 현성굴절검사, 각막형태검사, 세극등검사, 경면현미경 각막내피세포검사, 초음

파 각막두께검사, 전안부 빛간섭단층촬영을 시행하였다. 모든 환자에서 Spectral-domain anterior OCT를 이용하여 공여각막 내피세포부터 전방 내 수여각막 혼탁막까지의 거리를 측정하였다(Fig. 2). 거리 측정은 Heidelberg eye explorer



**Figure 2.** Cross sectional image at the level of grafted cornea and retained host membrane. (A, B) Distance between graft endothelium and retained host membrane is measured with spectralis-domain HRA anterior OCT imaging taken at the day after surgery. Distance is variable but relatively close to the graft cornea endothelium. Retained host membrane itself is very thin. (C) Spectralis OCT taken 5 months after the surgery. Retained host membrane is perforated, graft corneal endothelium is intact. The membrane is noticeably thicker. HRA = Heidelberg retina angiograph; OCT = optical coherence tomography.

**Table 2.** Pre- and post operative visual acuity (log MAR)

Patient	BCVA 1 week before PKP (log MAR)	BCVA 1 month after PKP (log MAR)*,†	BCVA 1 month after laser apply (log MAR)*	BCVA 6 months after laser apply (log MAR)*	BCVA 12 months after laser apply (log MAR)*
1	1.4	1.1	0.8	0.7	1.0
2	1.6	2.4	2.4	2.4	2.4
3	1.8	1.2	0.3	0.4	1.4
4	0.9	0.6	0.9	0.9	0.8
5	1.7	1.5	0.4	0.5	0.5
6	2.4	1.9	0.6	0.5	0.4
7	2	1.7	1.4	1.4	1.6
8	2	1.8	1.7	1.8	2.0
9	1.8	0.6	0.3	0.3	0.3
10	1.8	2.4	2.4	2.4	2.4
Average	$1.74 \pm 0.21$	$1.52 \pm 0.18$	$1.12 \pm 0.13$	$1.18 \pm 0.78$	$1.28 \pm 0.8$

Values are presented as mean  $\pm$  SD unless otherwise indicated.

log MAR = logarithm of the minimum angle of resolution; BCVA = best corrected visual acuity; PKP = partial penetrating keratoplasty.

\*Laser apply timing is variable within 2 weeks due to outpatient department schedule; †Laser is not yet applied 1 month after PKP.

program (Heidelberg engineering, Heidelberg, Germany)에서 사용할 수 있는 직선 거리 측정 프로그램을 사용하여  $\mu\text{m}$  단위로 측정하였다. 한 명의 분석자(KYC)가 가장 긴 직선 구간을 3회 측정하여 그 평균값을 기록하였다(Fig. 2).

Nd-YAG 레이저는 1명의 술자에 의해 시행되었다(KMS). 조사되는 에너지는 혼탁막의 두께에 따라서 0.8-1.0 mJ에서 선택하였으며, 조사영역을 가로면 약 2.0 mm, 세로면 약 2.5 mm 크기의 마름모 형태가 되도록 하였고(Fig. 1B), 전체 조사 횟수는 최저 9회, 최대 27회로 가급적 최소로 하였다.

수술 후에는 항생제 점안액(0.5% Ofloxacin drop, Tarivid, Santen, Japan)과 스테로이드 점안액(0.1% Fluorometholon drop, Ocumetholone, Samil, Seoul, Korea)을 1일 4회, 1주일 동안 점안하였다.

레이저 술 후 각각 1개월, 6개월, 12개월에 최대교정시력과 경면현미경 각막내피세포 밀도, 초음파 각막두께를 측정하여, 각각의 변화량을 술 전과 비교하였다. 시력은 logMAR scale 을 이용하여 통계 처리를 시행하였다. 술 전후 측정치의 통계적 비교는 Paired samples *t*-test를 이용하였다. 공여각막 내피 세포부터 전방 내 수여각막 혼탁막까지의 거리와 레이저 전 후 1개월 사이 내피세포 수 감소의 통계적 비교는 simple linear regression test를 이용하였다. 통계처리는 SPSS statistics (version 18.0, IBM Inc., Armonk, NY, USA)를 이용하였으며, *p*-value의 유의수준은 0.05 미만으로 하였다.

## 결 과

10안에서 사용한 Nd-YAG 레이저의 pulse energy는 평균

$0.9 \pm 0.1$  mJ이었고, 조사한 레이저의 평균 횟수는  $15.5 \pm 5.5$ 회였다. 각막이식 전 최대교정 원거리시력 평균은  $1.74 \pm 0.21$  (logMAR), 각막이식 1개월 후 측정된 최대교정 원거리시력의 평균은  $1.52 \pm 0.18$ 이었다. Nd-YAG 레이저를 사용하여 수여각막 잔류막을 제거한 후 측정된 최대교정 원거리시력의 평균은 각각 1개월 후,  $1.12 \pm 0.13$ , 6개월 후  $1.18 \pm 0.78$ , 12개월 후  $1.28 \pm 0.80$ 으로, 이식 술 1개월 후 평균 최대교정 원거리 시력에 비하여 레이저 12개월 후 평균 최대교정 원거리 시력은 통계적으로 유의한 차이가 있게 호전되었다(Paired samples *t*-test,  $p=0.039$ , Table 2).

경면현미경을 통한 각막이식 전 공여각막 내피세포 수 측정은 각막부종으로 인해서 10안 중 9안에서 구체적인 값을 구하지 못하였다. 각막이식 1개월 후 경면현미경을 통해서 측정된 공여각막 내피세포 수는  $1,888 \pm 621.7$  (cells/mm<sup>3</sup>), Nd-YAG 레이저 조사 후 1개월 후에 측정된 공여각막 내피 세포 수는  $1,114.1 \pm 451.6$  (cells/mm<sup>3</sup>)으로 통계적으로 유의하게 감소하였다(Paired samples *t*-test,  $p=0.01$ , Table 3). 레이저 조사 후 6개월 후, 12개월 후에 측정된 공여각막 내피세포 수는 각각  $784.9 \pm 219.3$ ,  $837.4 \pm 227.9$  (cells/mm<sup>3</sup>)로 측정되었다. 각각을 레이저 조사 1개월 후와 비교했을 때 레이저 6개월 후에  $p=0.984$ , 레이저 12개월 후에  $p=1.218$ 로 통계적으로 유의하게 감소하지 않았다(Paired samples *t*-test, Table 3).

초음파를 통한 각막이식 전 각막두께는 각막이식 전  $594.4 \pm 192.9$   $\mu\text{m}$ , 각막이식 1개월 후  $637.9 \pm 116.4$   $\mu\text{m}$ , 레이저 조사 1개월 후  $617.1 \pm 79.5$   $\mu\text{m}$ , 레이저 조사 6개월 후  $676.3 \pm 106.1$   $\mu\text{m}$ , 레이저 조사 12개월 후  $698.2 \pm 118.1$

Table 3. Pre- and post-operative endothelial cell counts by specular microscopy

Patient	CD before PKP <sup>*,†</sup>	CD 1 month after PKP <sup>*,†,‡</sup>	CD 1 month after laser <sup>*,†</sup>	CD 6 months after laser <sup>*,†</sup>	CD 12 months after laser <sup>*,†</sup>
1	Error <sup>c</sup>	2,759	1,709	584	729
2	Error <sup>c</sup>	1,461	Error <sup>c</sup>	Error <sup>c</sup>	Error <sup>c</sup>
3	453	2,702	1,908	1,109	1,342
4	Error <sup>c</sup>	1,883	1,033	984	702
5	Error <sup>c</sup>	2,049	1,024	786	724
6	Error <sup>c</sup>	2,369	1,248	675	724
7	Error <sup>c</sup>	1,915	1,048	849	801
8	Error <sup>c</sup>	1,742	629	Error <sup>c</sup>	Error <sup>c</sup>
9	Error <sup>c</sup>	1,097	880	866	840
10	Error <sup>c</sup>	903	548	426	Error <sup>c</sup>
Average	453	$1,888 \pm 621.7$	$1,114.1 \pm 451.6$	$784.9 \pm 219.3$	$837.4 \pm 227.9$

Values are presented as mean  $\pm$  SD unless otherwise indicated.

CD = cell density; PKP = partial penetrating keratoplasty; Error<sup>c</sup> = unable to identify specific count due to corneal edema.

<sup>\*</sup>Corneal endothelial cell numbers in 1 mm<sup>2</sup> area; <sup>†</sup>Timing of specular microscopy is variable within 2 weeks due to outpatient department schedule; <sup>‡</sup>Laser is not yet applied 1 month after PKP.

**Table 4.** Pre- and post operative corneal thickness by ultrasound pachymetry

Patient	CT before PKP (μm)	CT 1 month after PKP (μm)*	CT 1 month after laser (μm)	CT 6 months after laser (μm)	CT 12 months after laser (μm)
1	404	499	504	561	543
2	874	605	689	764	787
3	584	593	587	543	583
4	889	652	651	800	868
5	411	569	629	661	682
6	558	669	624	667	674
7	525	564	597	699	678
8	768	771	784	841	883
9	590	564	564	689	712
10	342	893	542	538	572
Average	594.5 ± 192.9	637.9 ± 116.4	617.1 ± 79.5	676.3 ± 106.1	698.2 ± 118.1

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

CT = corneal thickness; PKP = partial penetrating keratoplasty.

\*Laser is not yet applied 1 month after PKP.

**Table 5.** Distance between donor endothelium and donor endothelial cell count differential after laser and Nd-YAG laser delivered energy and numbers of pulses

Patient	Pulse energy (mJ)	Number of pulses	Distance between donor endothelium and retained host membrane (μm)*	Differential in cell counts 1 month after laser (cells/mm <sup>3</sup> )†
1	1	17	474	1,050
2	0.8	21	1,186	N/A
3	1	11	696	794
4	1	16	831	850
5	0.8	27	591	1,025
6	1	17	496	1,740
7	0.8	14	714	867
8	1	10	675	494
9	0.8	13	911	23
10	0.8	9	546	903
Average	0.9 ± 0.1	15.5 ± 5.5	712 ± 217.5	821.3 ± 469.0

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

Nd-YAG = neodymium-doped yttrium aluminum garnet; N/A = not available.

\*Corneal endothelial cell numbers in 1 mm<sup>2</sup> area; †Differential of cell count between 1 month after partial penetrating keratoplasty and 1 month after laser timing of specular microscopy is variable within 2 weeks due to outpatient department schedule.

μm로 측정되었다. 각막이식 1개월 후와 레이저 12개월 후의 각막두께 값 비교에서  $p=0.242$ 로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Paired samples *t*-test, Table 4).

전방 내 수여각막 혼탁막과 공여 각막 내피세포 사이의 거리 평균은  $712.0 \pm 217.5$  μm였다. 각막이식 1개월 후의 내피세포밀도와 레이저 조사 1개월 후 감소한 공여 각막 내피세포 수의 밀도는 9안에서 평균  $821.3 \pm 469.0$  (cells/mm<sup>3</sup>)이었다. 공여각막내피세포에서 수여각막 혼탁막까지의 거리가 짧아질수록 내피세포밀도의 감소율이 높을 것이라 생각되어 Simple linear regression test를 통해 서로 간의 상관관계를 알아보았다. Simple linear regression test에서 측정된 R square 값은 0.39, adjusted R square 값은 0.303으로 서로 유의한 상관관계를 보이지 않았다( $p=0.072$ , Table 5).

## 고 찰

각막이식 후 발생한 전방 내 혼탁막은 이미 보고된 드문 합병증이다. Brown et al<sup>8</sup>은 각막이식 후 24시간 뒤에 수여 각막 데스메막이 발생한 세 개의 케이스를 발표하였고, 이 중 2건에서 수술적인 제거를 시행하였다고 했다.

전방 내 혼탁막의 발생은 다음과 같은 세 가지 원인에서 발생한다고 알려져 있다. 첫 번째로 수여안의 데스메막이 의도치 않게 남아 있는 경우이다. 전층각막이식수술 과정에서 수여 각막의 각막원형절제(trephination)를 시행할 때 전체 각막이 균등하게 잘리지 않아, 일부 데스메막이 분리되어 생기는 경우가 있다. 이는 수포성 각막병증과 같은 뚜렷한 각막부종의 병인이 있을 경우, 수여안의 각막내피층에 병리적 변화가 생겨, 수여안 데스메막이 자연적으로 떨어

지는 경우가 생긴다.<sup>5</sup> 두 번째로 깊은충부분각막이식술(deep anterior lamella keratoplasty, DALK)의 과정 중 데스메막을 분리하는 과정에서 남아 있는 각막내피층의 부분 천공(button hole)이 있는 경우, 수술 후 이중전방(Double anterior chamber)이 만들어 지는 경우가 생긴다.<sup>9</sup> 세 번째로 전방 내 염증막의 형성이나 섬유상피 안내증식(fibrous epithelial downgrowth) 등의 병인도 보고되었다. 그러나 이는 수술 후 다음 날이 아닌, 일정한 경과가 지난 후 발생하는 것으로 보고되었다. 본원의 10가지 케이스는 술 후 첫째 날 발견되어 전층각막이식 수술 후 남겨진 데스메막 분리와 깊은충부분각막이식술 후 발생한 이중전방에 의한 것으로 추정된다.

전방 내 형성된 막에 혼탁이 오는 기전은 잘 알려져 있지 않지만, 데스메막에 있는 각막실질 층의 섬유화 과정에 의해서 올 것으로 생각되며, 잔유 각막실질층이 많거나, 수술 중에 염증에 의한 혼탁을 생각해 볼 수 있다.<sup>10</sup> Lazar et al<sup>11</sup>과 Loewenstein et al<sup>12</sup>은 남아 있는 각막내피층이 데스메막과 인접해 있는 후각막실질층의 두께와 섬유성 활동성(fibrotic activity), 전방의 깊이에 따라서 전방의 방수 흐름의 방해 여부가 혼탁을 야기시킨다고 하였다. 전방 내 남아 있는 혼탁된 내피세포층이 시력 장애를 만들고, 방수의 흐름을 방해하여 각막 영양 공급을 저해하여 대사장애나 영양장애를 줄 수 있다.<sup>8,10,13</sup>

전방 내 혼탁막의 제거는 수술로 제거하는 방법과<sup>13,14</sup> Nd-YAG 레이저를 사용하여 천공시키는<sup>12,15-17</sup> 경우가 있다. Brown et al<sup>8</sup>과 Thyagarajan et al<sup>13</sup>은 전방 내 점탄물질을 충분히 채우고 수술로 제거를 시도하였으나, 각막내피세포의 손상과 급성거부반응 등의 부작용을 보고하였다. Nd-YAG 레이저에 의한 전방 내 잔류 혼탁막 제거는 Arenas Archila 등에 의해서 처음 시도 되었다.<sup>12,15,17</sup> Nd-YAG 레이저는 후발성 백내장에서 혼탁된 후낭 등 막을 천공하는 이론을 이용하는 레이저이다. 후발성 백내장 치료에 이용될 때는 pulse energy를 1.6-2.0 mJ로 사용하고, 전체적으로 수직, 수평면이 각각 2.0-2.5 mm 크기의 마름모 형태가 되도록 하며, 전체 조사 횟수는 50-100회 정도이다. 본 연구에서는 혼탁막 제거를 위해 목표되는 레이저 조사 거리가 상대적으로 짧은 것을 우려하여, 조사되는 에너지를 0.8-1.0 mJ에서 선택하였으며, 전체 조사 횟수는 가급적 최소로 하였다(평균 15.5회).

본 연구에서 저자들은 세극등 현미경에서 보이는 전방 내 잔류혼탁막 거리를 이식안의 내피세포로부터 약 1,000에서 2,000  $\mu$ m 정도로 예상하였다. 그러나 Spectralis Heidelberg retina angiograph (HRA) anterior optical coherence tomography (OCT) image를 이용하여 검사해 본 결과 수여각막

혼탁막과 공여 각막 내피세포 사이의 거리는 평균  $712 \pm 217.5 \mu$ m로, 예상보다 매우 짧은 거리를 가지고 있었다. 저자들은 최소한의 에너지와 횟수를 통해서 시축 부위에 최소한의 천공만을 일으키는 방법으로 레이저 시술을 진행하였다. 이러한 노력에도 불구하고 각막이식 1개월 후 정면현미경을 통해서 측정된 공여각막 내피세포 수는  $1,888 \pm 621.7$  (cells/mm<sup>3</sup>)이었으나, Nd-YAG 레이저 조사 후 1개월 후에 측정된 공여각막 내피세포 수는  $1,114.1 \pm 451.6$  (cells/mm<sup>3</sup>)으로 통계적으로 유의하게 감소하였다( $p=0.01$ , Table 3). 이는 각막이식 후 공여각막 내피세포가 첫째에 평균 34% 감소했다는 Patel et al<sup>18</sup>의 결과나 첫째에 21% 감소했다는 Lass et al<sup>19</sup>에 비해서 빠른 감소율이다.

후발성 백내장의 경우 Nd-YAG 레이저에 의해서 급성 각막내피세포 손상이 발생하는 경우는 드물다.<sup>20</sup> 그러나 급성 전방각폐쇄녹내장, pupillary block 녹내장에서 iris bombe를 없애기 위해서 사용하는 아르곤 레이저 또는 Nd-YAG 레이저 사용은 각막내피세포의 손상을 가져 온다는 보고가 많다.<sup>21-24</sup> 각막 부전에 대한 보고는 여러 차례 있어 왔고, 그 모든 증례에서 아르곤 레이저 홍채절개술이 언급되었다. Meyer et al<sup>25</sup>은 각막내피세포와 목표물과의 거리가 1,000  $\mu$ m 이하에서는 레이저에 의해 각막내피세포의 손상이 온다고 하였다. 또 Vaikoussis et al<sup>26</sup>은 토끼 실험에서 레이저에 의한 전낭절개술(anterior capsulotomy)에서도 각막내피세포 손상이 있다고 보고하면서 이때의 손상은 부분적이었으나 데스메막의 부분 손상도 있다고 했다. 그 기전으로는 각막내피세포와 홍채와의 거리가 짧아 레이저의 shock-wave가 직접 전달되어 내피세포의 손상을 가져 오고, 레이저 조사량이 많을 경우 전방수의 온도가 올라가 내피세포의 손상을 야기시킨다는 보고가 있다.<sup>7,27-29</sup>

레이저는 열성, 이온성, 광화학적 효과를 통해 조직에 영향을 준다. 열은 조직에 화학적 반응을 일으켜, 국소적 염증과 상처반응(광응고, photocoagulation) 또는 세포 내 혹은 세포 외 체액을 증발시키게 되고, 결국 조직에 절개가 만들어진다(광증발, photovaporization). 이온화 효과는 적은 넓이의 조직에 아주 짧은 시간 동안 강한 에너지가 주어질 때 일어나며, 광분열(photodisruption)이라고도 한다. Nd-YAG 레이저가 가장 흔히 사용되는 광분열 레이저이다.

감소된 공여각막 내피세포 수가 Nd-YAG 레이저의 광응고, 광증발, 광분열 때문이라는 가정을 한다면, 전방 내 수여각막 혼탁막과 공여 각막 내피세포 사이의 거리와 상관관계가 있을 것이라고 생각했다. 그러나 두 변수는 서로 통계적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았으며, Simple linear regression test에서 측정된 R square 값은 0.39, adjusted R square 값은 0.30으로 상관 관계가 적은 편이었다.

Nd-YAG 레이저를 조사 후 1개월 이후부터는 내피세포 감소 경향과 각막두께 변화가 유의하게 나타나지 않았다. 특히 경면현미경을 통해서 각막내피세포 수를 측정한 경우, 각막이식 후 부종이 생기거나 면역반응이 일어나는 공여각막 내피세포 수는 측정할 때마다 변화가 많이 있고, 시간 경과에 따라서 줄어들기 때문에 이것의 특정 경향성에 대한 의의를 두기는 어렵다고 생각한다.

본 연구는 각막이식 전 시력이  $1.74 \pm 0.21$  (logMAR)인 저시력 환자에서 시행되어, Nd-YAG 레이저 시행 1년 후 시력이  $1.28 \pm 0.8$  (logMAR)로 향상되었고, 각 안의 경과 관찰 1년 동안 급성 거부 반응이 발생하지 않았다. 감소한 내피세포로도 각막은 투명하게 유지되었고, 이후 3안에서 재각막이식의 케이스가 있었지만 각막이식 후 내피세포의 자연 손상이 매우 높아서 레이저에 의한 손실인지, 자연 손실인지 구분을 할 수 없다. 비록 Nd-YAG 레이저가 혼탁된 막을 제거하는 데 유용하지만, 위에서도 밝혔듯이 Nd-YAG 레이저에 의한 분명한 손상이 있었다.

두부의 악성종양으로 방사선치료가 필요할 때, 방사선종양학과에서는 입체조사(stereotactic irradiation)를 사용하여 종양 이외의 정상 조직 피해를 최소화한다. 입체조사에서 가능하다면, 광응고, 광증발, 광분열 때문에 일어나는 레이저에 의한 조직 손상이 계속화하여 대략적인 조직손상을 예상하는 것도 가능할 수 있겠다. Nd-YAG 레이저는 안과 영역에서 쉽게 접할 수 있고, 좋은 임상적인 결과를 보인다. 그러나 전방에서 후극부로 조사하는 방법은 술자의 입장에서 편하고 효과적이지만, 과연 환자의 안전과 합병증을 방지하는 측면에서 적절한지는 의문시된다. 본 논문의 경우에서도 3차원적인 관점에서 잔류혼탁막만을 제거하는 것이 목표라면, 레이저의 입체조사가 각막내피세포 보존에 효과적이었을 것이다.

## REFERENCES

- 1) Duke-Elder S. Text-book of Ophthalmology: Injuries. Vol. 6. London: Mosby, 1954.
- 2) Morton PL, Ormsby HL, Basu PK. Healing of endothelium and Descemet's membrane of rabbit cornea. *Am J Ophthalmol* 1958;46(1 Pt 2):62-7.
- 3) Chi HH, Teng CC, Katzin HM. Histopathology of primary endothelial-epithelial dystrophy of the cornea. *Am J Ophthalmol* 1958; 45(4 Pt 1):518-35.
- 4) Stocker FW. The endothelium of the cornea and its clinical implications. *Trans Am Ophthalmol Soc* 1953;51:669-786.
- 5) Werb A. The postgraft membrane. *Int Ophthalmol Clin* 1962; 2:771-80.
- 6) Hales RH, Spencer WH. Unsuccessful penetrating keratoplasties. correlation of clinical and histologic findings. *Arch Ophthalmol* 1963;70:805-10.
- 7) Kremer I, Dreznik A, Tessler G, Bahar I. Corneal graft failure following Nd:YAG laser membranotomy for inadvertent retained descemet's membrane after penetrating keratoplasty. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2012;43 Online:e94-8.
- 8) Brown SI, Dohlman CH, Boruchoff SA. Dislocation of descemet's membrane during keratoplasty. *Am J Ophthalmol* 1965;60:43-5.
- 9) Sinha R, Vajpayee RB, Sharma N, et al. Trypan blue assisted descemetorhexis for inadvertently retained Descemet's membranes after penetrating keratoplasty. *Br J Ophthalmol* 2003;87:654-5.
- 10) Henderson JW, Wolter JR. Separation of Descemet's membrane in keratoplasty. *Am J Ophthalmol* 1968;65:375-8.
- 11) Lazar M, Loewenstein A, Geyer O. Intentional retention of Descemet's membrane during keratoplasty. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 1991; 69:111-2.
- 12) Loewenstein A, Geyer O, Lazar M. Intentional retention of Descemet's membrane in keratoplasty for the surgical treatment of bullous keratopathy. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 1993;71:280-2.
- 13) Thyagarajan S, Mearza AA, Falcon MG. Inadvertent retention of Descemet Membrane in penetrating keratoplasty. *Cornea* 2006; 25:748-9.
- 14) Feng CS, Choi WS, Nam WH, Shin YJ. A case of retained descemet's membrane after penetrating keratoplasty. *J Korean Ophthalmol Soc* 2013;54:813-7.
- 15) Arenas Archila E, Ramirez Cabrera MF, Mieth Alviar A. Double Descemet's membrane in penetrating keratoplasty. *Refract Corneal Surg* 1993;9:65-6.
- 16) Chen YP, Lai PC, Chen PY, et al. Retained Descemet's membrane after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2003;29: 1842-4.
- 17) Steinemann TL, Henry K, Brown MF. Nd:YAG laser treatment of retained Descemet's membrane after penetrating keratoplasty. *Ophthalmic Surg* 1995;26:80-1.
- 18) Patel SV, Diehl NN, Hodge DO, Bourne WM. Donor risk factors for graft failure in a 20-year study of penetrating keratoplasty. *Arch Ophthalmol* 2010;128:418-25.
- 19) Lass JH, Gal RL, Dontchev M, et al. Donor age and corneal endothelial cell loss 5 years after successful corneal transplantation. Specular microscopy ancillary study results. *Ophthalmology* 2008; 115:627-32.e8.
- 20) Waring GO 3rd, Bourne WM, Edelhauser HF, Kenyon KR. The corneal endothelium. Normal and pathologic structure and function. *Ophthalmology* 1982;89:531-90.
- 21) Power WJ, Collum LM. Electron microscopic appearances of human corneal endothelium following Nd:YAG laser iridotomy. *Ophthalmic Surg* 1992;23:347-50.
- 22) Wu SC, Jeng S, Huang SC, Lin SM. Corneal endothelial damage after neodymium:YAG laser iridotomy. *Ophthalmic Surg Lasers* 2000;31:411-6.
- 23) Kozobolis VP, Detorakis ET, Vlachonikolis IG, Pallikaris IG. Endothelial corneal damage after neodymium:YAG laser treatment: pupillary membranectomies, iridotomies, capsulotomies. *Ophthalmic Surg Lasers* 1998;29:793-802.
- 24) Landers J, Craig J. Decompression retinopathy and corneal oedema following Nd:YAG laser peripheral iridotomy. *Clin Experiment Ophthalmol* 2006;34:182-4.
- 25) Meyer KT, Pettit TH, Straatsma BR. Corneal endothelial damage with neodymium:YAG laser. *Ophthalmology* 1984;91:1022-8.
- 26) Vaikoussis E, Bisogiannis Z, Margaritis L. Corneal endothelial

damage after Nd:YAG laser anterior capsulotomy. An experimental study on rabbits. Doc Ophthalmol 1993;83:279-86.  
27) Kerr Muir MG, Sherrard ES. Damage to the corneal endothelium during Nd/YAG photodisruption. Br J Ophthalmol 1985;69:77-85.

28) Lifshitz T, Oshry T, Rosenthal G. Retrocorneal membrane after penetrating keratoplasty. Ophthalmic Surg Lasers 2001;32:159-61.  
29) Sherrard ES, Rycroft PV. Retrocorneal membranes. I. Their origin and structure. Br J Ophthalmol 1967;51:379-86.

---

= 국문초록 =

## 각막이식 후 발생한 수여 잔류막에 대한 야그레이저 치료 효과

**목적:** 각막이식 후 전방에 의도하지 않게 발생된 수여 각막의 잔류막을 빛간섭단층촬영으로 분석하고, Nd-YAG 레이저로 치료 효과를 알아보고자 했다.

**대상과 방법:** 본원에서 2007년 1월부터 2013년 5월까지 전층각막이식 및 심층부분각막이식을 시행 받은 742명 중, 전방에 잔류막이 관찰되고, 교정시력이 저하되어, Nd-YAG 레이저 치료 후 1년 이상 추적관찰이 가능했던 10명의 환자의 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 기저질환으로 수포성각막병증 2안, 홍채각막내피증후군 2안, 각막이상증 1안, 기타 원인에 의한 각막혼탁 5안을 대상으로 하였다. Nd-YAG 레이저를 이용한 잔류막 제거술은 이식 후 평균 4.9개월에 시행하여, 시행 전후 시력의 변화, 내피세포 수의 변화, 각막두께의 변화, 내피세포부터 전방 내 잔류막까지의 거리와 내피세포 감소와 상관 관계를 조사하였다.

**결과:** 대상자는 10명 10안, 남자 5명 5안, 여자 5명 5안이었으며, 평균 나이는 56.9세였다. Nd-YAG 레이저를 이용한 전방 잔류막 제거술 12개월 뒤에 측정된 교정시력은 통계학적으로 유의한 시력호전을 보였다( $p=0.039$ ). Nd-YAG 레이저 1달 후 측정된 공여각막 내피세포 수는 통계학적으로 유의하게 감소한 결과를 보였다( $p=0.01$ ). 공여각막 내피세포부터 전방 내 잔류막까지의 거리는 평균  $712.0 \pm 217.5 \mu\text{m}$ 였으며, 이 거리와 공여각막 내피세포 손실과의 통계적인 연관성은 없었다( $R^2=0.39$ ,  $p=0.072$ ).

**결론:** 각막이식 후 전방에 의도치 않게 발생된 잔류막은 공여각막 내피세포로부터 가까운 거리에서 형성됨을 빛간섭단층촬영으로 확인하였다. Nd-YAG 레이저를 이용한 제거술은 시력개선에 효과적이나, 내피세포로부터 가까이 형성됨에 따라 유의한 내피세포의 감소를 보였다.

〈대한안과학회지 2015;56(5):664-671〉

---