



원발폐쇄각녹내장에서 주변 레이저홍채절개술 및 홍채성형술 후 전방 지표의 장기 변화 결과

Long-term Outcome of Anterior Chamber Parameters after Laser Iridotomy and Iridoplasty in Primary Angle Closure Glaucoma

박세익¹ · 이우혁¹ · 강태신¹ · 김지혜¹ · 한용섭^{1,2,3} · 조현경^{1,2,3}

Se Ik Park, MD¹, Woo Hyuk Lee, MD, PhD¹, Tae Seen Kang, MD, PhD¹, Ji Hye Kim, MD¹,
 Yong Seop Han, MD, PhD^{1,2,3}, Hyun Kyung Cho, MD, PhD^{1,2,3}

창원경상국립대학교병원 안과¹, 경상대학교 의과대학 안과학교실², 경상국립대학교 건강과학연구원³
 Department of Ophthalmology, Gyeongsang National University Changwon Hospital¹, Changwon, Korea
 Department of Ophthalmology, College of Medicine, Gyeongsang National University², Jinju, Korea
 Gyeongsang Institute of Health Sciences, Gyeongsang National University³, Jinju, Korea

Purpose: To investigate the long-term outcomes of anterior chamber angle parameters in patients with primary angle closure glaucoma (PACG) after peripheral laser iridotomy (LI) combined with iridoplasty (PI) using a dual Scheimpflug analyzer.

Methods: This retrospective study included 32 eyes in 32 patients diagnosed with PACG who underwent LI plus PI. Patients with an acute angle closure crisis were excluded. Dual Scheimpflug analyzer images were acquired before and 1 week after LI plus PI, and yearly afterwards. Anterior chamber depth (ACD) and volume (ACV), mean anterior chamber angle (ACA), and intraocular pressure (IOP) were also measured.

Results: The mean follow-up was 32.28 ± 13.34 months. Baseline demographics were age 63 ± 7.9 years, 62.5% female, IOP 15.48 ± 4.79 mmHg, ACD 2.09 ± 0.19 mm, and visual field mean deviation -7.97 ± 8.49 dB. ACD increased from baseline to 2.15 ± 0.32 mm, but it was not significant ($p = 0.136$). ACV increased significantly from 78.32 ± 11.49 mm at baseline to 83.04 ± 11.16 mm at the last visit after LI ($p = 0.011$). The mean ACA increased significantly from 26.86 ± 2.53° at baseline to 28.82 ± 4.64° at the last visit ($p = 0.022$). IOP decreased significantly from baseline to 13.06 ± 2.21 mmHg at the last visit ($p = 0.001$).

Conclusions: The ACA parameters improved after LI combined with PI in patients with PACG and remained so on long-term follow-up. IOP was also significantly reduced for more than 2.5 years after LI plus PI.

J Korean Ophthalmol Soc 2023;64(5):423-430

Keywords: Anterior chamber angle, Dual scheimpflug analyzer, Laser iridoplasty, Laser iridotomy, Primary angle-closure

■ Received: 2022. 8. 11. ■ Revised: 2022. 11. 24.

■ Accepted: 2023. 4. 17.

■ Address reprint requests to **Hyun Kyung Cho, MD, PhD**
 Department of Ophthalmology, Gyeongsang National University Changwon Hospital, #11 Samjeongja-ro, Seongsan-gu, Changwon 51472, Korea
 Tel: 82-55-214-2429, Fax: 82-55-214-1036
 E-mail: kanojo99@hanmail.net

* Conflicts of the Interest: The authors have no conflicts to disclose.

동양인에서 원발폐쇄각녹내장의 유병률은 다른 인종에서 보다 높다.^{1,2} 동양인에게 폐쇄각(angle closure)을 유발하는 해부학적, 유전적 요인을 가지고 있는 것으로 생각된다.^{3,4} 동공차단(pupillary block)이 원발폐쇄각(primary angle closure, PAC)의 주요 발생 기전으로 여겨지지만 동공차단 이외의 다른 기전도 원발폐쇄각의 발생에 관여하는 것으로 생각된다.⁵⁻⁷ 레이저홍채절개술은 원발폐쇄각에서 일차적인 치료로 고려되고 있다. 레이저홍채절개술은 후방에서 전방

으로 방수가 흐를 수 있는 길을 만들어 줌으로써 동공차단을 완화시켜준다. 그러나 이전 여러 연구에서 레이저홍채절개술을 시행한 이후에도 19.4-42.9% 정도는 폐쇄각이 열리지 않은 채로 남아있다고 보고하였다.^{5,8-10} 홍채성형술은 동공차단을 제외한 다른 메커니즘, 예를 들어 수정체의 전방 이동, 고원홍채, 두꺼운 주변 홍채와 같은 메커니즘에 의해 유도된 폐쇄각을 완화할 수 있다. 홍채성형술은 주변 홍채 기질의 수축을 유발하고 홍채와 전방각의 접촉을 완화시켜 줌으로써 결과적으로 주변부 전방각을 열어줄 수 있다.^{5,6,11,12} 따라서 원발폐쇄각녹내장의 유병률이 높은 동양인에서는 레이저홍채절개술만 시행하는 것보다는 홍채성형술을 같이 시행하는 것이 폐쇄각 상태를 효과적으로 완화시킬 수 있는 것으로 생각된다.^{5,6,12} 또한, 홍채성형술은 폐쇄각을 완화시켜주는 데 있어 상대적으로 안전한 치료법으로 보고되고 있다.^{13,14} 저자들은 파장가변 빔간섭단층촬영(swept-source optical coherence tomography)를 이용하여 주변부 폐쇄각을 정량적으로 측정하여 레이저홍채절개술 단독 또는 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 동시에 시행하였을 때 효과에 대해 비교하여 보고한 바가 있다. 저자들은 이전 연구에서 레이저홍채절개술 단독 또는 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 동시에 시행한 후 주변부 전방각도의 양적 변화를 홍채섬유주접촉지표(iridocorneal contact index)를 사용하여 비교하였다.¹⁵ 홍채섬유주접촉지표는 주변부 폐쇄각의 총량을 백분율(즉, 폐쇄각/360°)로 나타낸 요약값이다.¹⁶ 저자들은 홍채섬유주접촉지표를 이용하여 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 함께 시행하는 것이 레이저홍채절개술을 단독으로 시행하는 것보다 주변부 전방각도를 더 잘 완화시킬 수 있음을 보고하였다.

최근에 샤임플러그카메라 시스템을 기반으로 도입된 새로운 장치인 갈릴레이 지형도(Galilei-G4, Ziemer Ophthalmic Systems, Port, Switzerland)는 이중샤임플러그 분석기 시스템이 도입되었다. 갈릴레이 이중샤임플러그 분석기는 shaffer 씨 분류 방식과 관련된 좁은 전방각에 대해 안전하고 반복 가능한 비접촉식 스크리닝 방법이다.¹⁷ 갈릴레이 이중샤임플러그 분석기 시스템은 180도 떨어져 제작된 두 대의 카메라를 포함하며 경사 스캔과 관련된 오류를 최소화하고 보정하도록 설계되었다. 갈릴레이 이중샤임플러그 분석기는 주변 전방각을 원주 방향으로 쉽게 시각화하고 전체 각도에서 평균 전방각 값을 포함한 전방각 매개변수를 제공한다. 또한 피험자가 약간의 움직임도 보이는 조건에서도 중앙 및 주변 각막의 각막두께를 정확하게 분석하며 이전 연구의 이미지를 정확하게 비교할 수 있도록 동공과 윤부를 기능적으로 정렬한다.¹⁸

저자들은 이전에 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 함

께 시행한 원발폐쇄각 spectrum eyes를 대상으로 이중샤임플러그 분석기를 통해 전방각의 변화를 보고하였다.¹⁹ 레이저홍채절개술과 홍채성형술 후 1주일 뒤 단기 결과와 1년 뒤 장기 결과 모두에서 주변부 전방각이 기저치보다 유의하게 증가된 상태가 잘 유지되어 있는 것을 확인하였다.^{19,20} 하지만 이전에 원발폐쇄각녹내장 환자만을 대상으로 하여 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 함께 시행 후 1년 이상 장기간 전방각 지표를 관찰한 연구 결과는 없었다. 따라서 저자들은 한국인 원발폐쇄각녹내장 환자를 대상으로 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 함께 시행 후 전방각 지표들과 안압의 변화를 2년 이상 장기간에 걸쳐 관찰하였고 이 결과에 대해 보고하고자 하였다.

대상과 방법

본 연구는 단일기관에서 시행된 후향적 연구로 헬싱키선언(Declaration of Helsinki)에 입각하여 시행되었으며, 연구윤리심의위원회(Institutional Review Board, IRB) 승인을 획득하였으며 동의서 획득은 IRB에 의해 면제되었다(Gyeongsang National University Changwon Hospital-IRB 승인 번호: GNUCH-2019-09-031-002).

대상자

원발폐쇄각녹내장에 해당하는 환자들이 분석에 포함되었다. 1년 이상 추적 관찰하였고, 이중샤임플러그 분석기를 통한 검사 결과가 1년 이상 있는 환자들이 본 연구에 포함되었다. 원발폐쇄각녹내장은 Foster et al²¹의 이전 보고에 따라 ISGEO 분류 기준을 적용하여 동일하게 정의하였다. 좁은 전방각은 주변 홍채와 섬유주 사이의 인접 접촉이 이루는 각도가 전방각경검사에서 >270°일 때로 정의하였다.²¹ 원발폐쇄각녹내장은 녹내장성 시신경유두손상이 있고, 해당 시야결손을 동반하면서, 얇은 전방각을 가진 눈으로 정의하였다.²¹ 연구의 목적은 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 함께 시행한 후 전방각 지표의 변화를 조사하는 것이므로 레이저 시술 전 주변부 전방각에 유착이 있는 경우와 안압이 조절되지 않아 수술이 필요한 경우는 본 연구에서 제외하였으며, 급성폐쇄각녹내장 발작의 경우와 급성폐쇄각녹내장 발작 과거력이 있었던 경우도 제외하였다.²¹

전방각 또는 동공반사에 영향을 미칠 수 있는 전신 또는 국소 약물을 현재 사용 중이거나 사용한 이력이 있는 환자는 본 연구에서 제외하였다. 이전에 레이저홍채절개술, 홍채성형술, 레이저섬유주성형술 및 백내장수술과 같은 안과 수술의 병력이 있는 환자는 제외되었다. 이중샤임플러그 분석기 검사 중에 주시할 수 없었던 사람들도 제외되었다.

신생혈관녹내장 또는 포도막염에 의한 녹내장과 같은 이차성 폐쇄각에 해당하는 눈은 제외하였다. 이중샤임플러그 분석기 이미지를 얻은 후 피험자의 협조가 부족하거나 압박임으로 인해 양질의 영상 사진 결과를 얻을 수 없을 경우도 제외하였다. 두 눈이 동일한 진단을 받았을 경우에는 한 눈만 무작위로 선택하여 결과에 포함하였다.

레이저홍채절개술과 홍채성형술

레이저홍채절개술은 아르곤 레이저와 야그레이저로 홍채의 상부(10-2시 방향)에 시행하였고, 레이저홍채절개술 시행 30분 전에 2% 필로카르핀을 점안하였다. 아르곤레이저는 600-1,000 mW의 파워로 50-100 μ m의 크기가 되도록 시행하였으며, 야그레이저는 0.05초 동안 2-5 mJ로 설정하여 시행하였다. 아르곤 레이저홍채성형술은 지속 시간 0.4-0.5초, 파워 150-300 mW, 500 μ m의 크기로 시행하였다.¹⁴ 광응고반은 주변 홍채 뿌리 쪽으로 겨냥하였다. 레이저홍채성형술은 눈에 보이는 홍채 조직에 수축이 생기게끔 최소한의 에너지를 이용하여 시행하였다. 약 24개의 광응고반이 2번의 화상 공간을 두고 360°에 걸쳐 적용되었다. 큰 혈관을 피하기 위해 조심스럽게 레이저를 시행하였고, 홍채성형술을 레이저홍채절개술보다 먼저 시행하였고, 두 레이저는 같은 날에 시행하였다.

이중샤임플러그 분석기 이미지

이중샤임플러그 분석기 이미지는 접촉 과정(contact process)이나 안압을 낮추기 위한 약물 치료를 시작하기 전에 촬영하였다. 모든 피험자들의 이미지는 동일한 환경(15 lux)에서 앉은 자세로 이중샤임플러그 분석기를 통해 얻었다. 모든 분석에는 갈릴레이 이중샤임플러그 분석기가 사용되었는데 이 비접촉 진단 장치는 회전하는 이중샤임플러그와 최대 100,000개 지점을 측정할 수 있는 20개의 링 플래시도 디스크의 처리된 이미지를 기반으로 한다. 각 측정 전 중심부 플래시도 디스크에 초점을 맞춘 다음 장치를 정렬하였다. 그런 다음 피험자는 눈을 깜박거리고 고정 대상을 바라보도록 요청하여 피험자가 자극점을 명확하게 볼 수 있도록 하였다. 피험자에게 균질한 눈물막을 만들기 위해 2초 동안 자극점을 바라보게 하였고 이 과정을 통해 좋은 품질의 이미지를 얻을 수 있었다.²² 그런 다음 이미지 획득 중에 눈을 깜박이지 않도록 요청하였다. 갈릴레이 이중샤임플러그 분석기를 이용하여 전방각 매개변수(중심부 전방깊이, 전방부피, 평균 전방각)를 레이저홍채절개술과 홍채성형술 1주일 후, 그 이후로는 1년을 주기로 조사하였다. 안압은 레이저홍채절개술과 홍채성형술 전, 1주일 후 그리고 매 방문 때마다 측정하였다.²¹

통계 분석

Wilcoxon signed-rank 테스트를 사용하여 레이저 시행 전후에 전방각 관련 지표들과 안압의 변화를 분석하였고 기저치와 최종 방문 시의 수치를 비교하였다. 통계적 유의성은 *p*값이 0.05 미만일 때로 하였고 모든 통계 분석은 SPSS 소프트웨어 버전 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 수행되었다.

결 과

레이저홍채절개술과 홍채성형술을 함께 시행한 146명의 환자 중 32명의 원발폐쇄각녹내장 환자의 32안이 최종 분석에 포함되었다. 남자가 12명(37.5%), 여자가 20명(62.5%)이었고 모든 대상자는 한국인이었다. 평균 연령은 63.31 ± 7.99세였고, 녹내장 가족력은 1명(3.12%)에서 동반하였다. 기저 전방깊이(각막내피세포로부터 수정체 전면부까지의 거리)는 2.09 ± 0.19 mm, 안압은 15.48 ± 4.79 mmHg, 구면대응치(spherical equivalent)는 0.88 ± 1.19 diopters (D), 중심각막두께는 543.86 ± 41.40 μ m였다(Table 1). 평균 편차(mean deviation)는 -7.97 ± 8.49 dB, pattern standard deviation은 6.20 ± 4.57 dB, visual field index는 77.94 ± 26.94%였으며, 평균 관찰 기간은 32.28 ± 13.34개월이었다.

중심부 전방깊이는 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 시행하고 최종 방문 시(32.28 ± 13.34개월) 측정된 결과 2.09 ± 0.19 mm에서 2.15 ± 0.32 mm로 증가하였으나, 통계적으로 유의하지는 않았다(*p*=0.136). 전방부피의 경우 레이저홍채절개술과 홍채성형술 시행 후 78.32 ± 11.49 mm³에서 83.04 ± 11.16 mm³로 유의하게 증가하였다(*p*=0.011). 전방각의 경우도 레이저 시행 후 26.86 ± 2.53 mm³에서 28.82 ± 4.64 mm³로 유의하게 증가하였다(*p*=0.022). 안압은 기저치 15.48 ± 4.79 mmHg에서 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 시행한 후 13.06 ± 2.21 mmHg로 유의하게 감소하였다(*p*=0.001) (Table 2). 각막윤부직경은 기저치 11.48 ± 0.32 mm, 최종 방문 시 11.43 ± 0.34 mm로 측정되었고, 중심부(0.0 to 4.0 mm) 각막두께는 기저치 559.03 ± 35.87 μ m, 최종 방문 시 554.50 ± 38.61 μ m로 측정되었으며 유의한 변화는 없었다. 중간(4.0 to 7.0 mm) 각막두께는 기저치 609.23 ± 35.11 μ m, 최종 방문 시 603.77 ± 40.66 μ m로 측정되었고, 주변부(7.0 to 10.0 mm) 각막두께는 기저치 685.65 ± 48.64 μ m, 최종 방문 시 687.13 ± 79.19 μ m로 측정되었고 기저치와 최종 방문 시 유의한 변화는 없었다(all *p*>0.05).

본 대상자들은 레이저 시술 1주일 후 상태 확인을 위해 이중샤임플러그 분석기를 이용하여 검사를 시행하였고 이에

대한 전방각 수치, 각막두께 및 너비의 수치를 Table 2에 제시하였다. 최초 내원 당시 대상자들의 백내장 상태는 중등도 이하의 경미한 백내장 소견을 보였으며, lens opacities classification system III에 따라 백내장 grade를 분류하였다. 백내장 상태에 대한 자세한 grade는 Table 1에 기술하였다. 안압하강제의 평균 개수는 최초 내원 당시, 레이저

시행 전 0.78 ± 1.21 개였고 최종 내원 시 평균 1.41 ± 0.76 으로 유의하게 증가한 소견을 보였다(Wilcoxon-signed rank test, $p=0.001$).

Fig. 1은 원발폐쇄각녹내장 환자에서 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 시행하기 전과 후의 변화를 보여주는 대표 케이스다. 주변부 전방 각도를 시각화하기 위해 반전된

Table 1. Baseline characteristics of primary angle closure glaucoma patients treated with peripheral laser iridotomy combined with iridoplasty

Baseline characteristics	Values
Number of subjects (eye:patients)	32:32
Mean age (years)	63.31 ± 7.99
Gender (male:female)	12:20
Family history of glaucoma	1 (3.12)
Mean follow-up period (months)	32.28 ± 13.34
IOP (mmHg)	15.48 ± 4.79
ACD (mm)	2.09 ± 0.19
SE (D)	0.88 ± 1.19
CCT (μm)	543.86 ± 41.40
MD (dB)	-7.97 ± 8.49
PSD (dB)	6.20 ± 4.57
VFI (%)	77.94 ± 26.94
Lens grade (LOCSIII)	
NO (1:2:3:4:5)	32 eyes (15:14:3:0:0)
CO (1:2:3:4:5)	25 eyes (20:5:0:0:0)
PSC opacity (1:2:3:4:5)	0 eyes (0:0:0:0:0)

Values represent mean \pm mean deviation or number (%) unless otherwise indicated.

IOP = intraocular pressure; ACD = anterior chamber depth (from corneal endothelium to anterior lens surface); SE = spherical equivalent; D = diopter; CCT = central corneal thickness; MD = mean deviation; PSD = pattern standard deviation; VFI = visual field index; LOCSIII = lens opacities classification system III; NO = nuclear color opalescence; CO = cortical opacity; PSC = posterior subcapsular.

Table 2. Changes of angle status and IOP in subjects with PACG after peripheral laser iridotomy combined with iridoplasty

Characteristics	Baseline	1 week	Last visit	<i>p</i> -value*
ACD (mm)	2.09 ± 0.19	2.13 ± 0.19	2.15 ± 0.32	0.136
ACV (mm)	78.32 ± 11.49	82.52 ± 12.29	83.04 ± 11.16	0.011 [†]
ACA (mm)	26.86 ± 2.53	27.80 ± 2.61	28.82 ± 4.64	0.022 [†]
IOP (mmHg)	15.48 ± 4.79	13.34 ± 2.52	13.06 ± 2.21	0.001 [†]
WTW N-T (mm)	11.48 ± 0.32	11.46 ± 0.32	11.43 ± 0.34	0.089
Pachy Central (μm)	559.03 ± 35.87	556.33 ± 39.73	554.50 ± 38.61	0.072
Pachy middle (μm)	609.23 ± 35.11	607.95 ± 42.33	603.77 ± 40.66	0.117
Pachy peripheral (μm)	685.65 ± 48.64	689.38 ± 60.98	687.13 ± 79.19	0.262

Values represent mean \pm mean deviation. Pachy means pachymetry from central (0.0 to 4.0 mm), middle (4.0 to 7.0 mm), and peripheral zone (7.0 to 10.0 mm).

IOP = intraocular pressure; PACG = primary angle closure glaucoma; ACD = anterior chamber depth (from corneal endothelium to anterior lens surface); ACV = anterior chamber volume; ACA = anterior chamber angle; WTW N-T = white to white from nasal to temporal limbus.

*Wilcoxon signed-rank test; [†]Statistically significant values ($p < 0.05$).

컬러 이미지가 있는 “Eye Metrics” 지도가 Fig. 1에 나와 있다. “Eye Metrics” 지도는 전방깊이, 전방부피 및 평균 전방 각도를 포함한 전방 각도 매개변수에 대한 자료를 보여준다. 이 63세 여성은 기저 중심 전방깊이(전방 방수 깊이, 각막내피와 수정체 전면 사이의 거리)가 2.10 mm, 전방부피가 74 mm³, 평균 전방 각도가 25.1°였다(Fig. 1A). 레이저 홍채절개술과 홍채성형술을 시행하고 56개월 뒤 측정하였을 때 전방깊이는 2.12 mm, 전방부피는 86 mm³, 평균 전방 각도가 27.4°로 4년 8개월 후에도 모두 증가된 상태로 유지되고 있었다(Fig. 1B).

본 연구에서 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 시행한 후 추적 관찰을 하는 동안 레이저홍채절개술 도중 두 명의 대상자에서 홍채 출혈이 발생하였지만, 보존적인 치료로

치료되었고, 그 후 다른 합병증은 발생하지 않았다. 레이저 홍채성형술 과정에서는 합병증이 발생하지 않았다. 경과 관찰 중 주변부 홍채 앞 유착(peripheral anterior synechiae) 형성 여부에 대해서 세극등현미경 및 전방각경으로 평가하였으며, 경과 관찰 중에 주변부 홍채 앞 유착이 생긴 대상자는 없었다.

고 찰

본 연구에서 이중샤임플러그 분석기를 사용하여 주변부 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 시행한 후 2년 이상 장기간 동안 관찰하여 전방각의 변화를 보고하였다. 전방부피와 주변 전방각은 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 같이 시행한 후에 유의하게 증가하였으며, 장기간 관찰 기간 동안 유지되었다. 본 연구에서 안압 또한 장기간에 걸쳐 유의하게 감소한 것을 확인하였다. 전방깊이도 레이저 시술 후 증가하였으나, 본 연구에서는 통계적으로 유의한 변화를 보이지는 않았다. 본 연구는 원발폐쇄각 spectrum eyes 중에서 원발폐쇄각녹내장 환자만을 대상으로 하였으며, 레이저홍채절개술만 시행하지 않고, 레이저홍채성형술을 함께 시행한 후 전방각 지표의 변화를 장기간에 걸쳐서 2년 이상 조사한 연구로서 기존의 연구들과 차별점이 있다.

본 연구에서 사용한 이중샤임플러그 분석기는 수평 경선의 영상과 해당 부분의 전방 각도만을 제공하는 전안부 빛간섭단층촬영과는 달리 360도 회전하며 모든 부분의 촬영이 이루어지고 이 데이터가 취합되어 mean angle로 제시되기 때문에 대표적인 값을 얻을 수 있다는 장점이 있다. 뿐만 아니라 3차원적인 전방부피와 각막에 대한 정보도 알 수 있으며, 대표적으로 각막내피세포로부터 전방깊이를 aqueous depth로 제시하기 때문에 정량적으로 전방 및 전방각을 평가하는데 도움이 된다. 또한 본 연구처럼 레이저 전후에 대한 영상을 비교할 경우 동공과 유무를 기준으로 정렬하여 정확하게 비교할 수 있으며 환자의 움직임에도 두 개의 카메라로 360도 촬영하여 오류를 보정할 수 있다는 장점이 있다.^{19,20}

원발폐쇄각녹내장 환자에서 레이저홍채절개술만 단독으로 시행하거나 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 모두 시행한 후 결과에 대해 평가한 이전의 무작위 파일럿 연구에서 1년 결과는 안압이 레이저홍채절개술만 단독으로 시행한 그룹과 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 같이 시행한 그룹 모두에서 유의하게 감소한 것으로 나타났다.²³ 레이저홍채절개술에 반응하지 않는 원발폐쇄각 및 고원홍채증후군이 있는 눈에서 홍채성형술의 효능을 조사한 또 다른 이전 연구에서도 홍채성형술을 시행한 후에 안압이 상당히

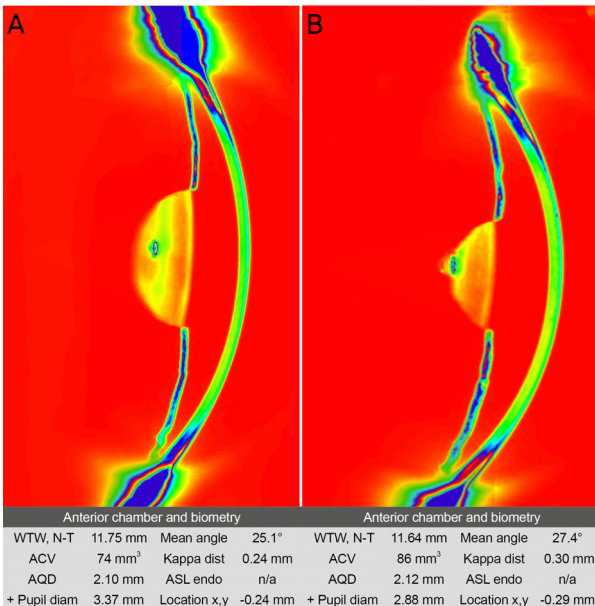


Figure 1. A representative case of a 63-year-old female patient with primary angle-closure glaucoma (PACG) who underwent laser iridotomy (LI) combined with peripheral iridoplasty (PI). The “Eye Metrics” map with an inversed, colorized image for visualizing the peripheral angle is shown. The map demonstrates anterior chamber angle parameters, anterior and posterior axial curvatures, and pachymetry ([A] pre-laser, [B] post-laser at 56 months). The central anterior chamber depth, or aqueous depth (AQD; distance between corneal endothelium and anterior surface of the lens) increased from 2.10 mm (A) to 2.12 mm (B), and the anterior chamber volume (ACV) increased from 74 mm³ (A) to 86 mm³ (B) after LI plus PI at 56 months in this patient. The mean anterior chamber angle (ACA) also increased from 25.1° (A) to 27.4° (B). Note that increase of ACA parameter were sustained even at 4 years and 8 months after LI combined with PI in this PACG patient. WTW, N-T = white to white from nasal to temporal limbus.

감소하였다.²⁴ 레이저홍채절개술을 시행받은 원발폐쇄각 및 원발폐쇄각녹내장 환자에서 아르곤 레이저홍채성형술 또는 약물 치료를 수행한 무작위 대조 시험에서 홍채성형술 시행 후 안압이 유의하게 감소하였다.²⁵ 이러한 결과는 본 연구의 안압 변화 결과와 일치한다. 또한 이전 연구는 레이저홍채절개술 단독 치료에 반응하지 않는 몇몇의 환자가 있으며, 추가적으로 홍채성형술을 시행하는 것이 전방계측치를 개선시키고 그 효과가 장기간 유지되었다고 하였다.^{24,25} 따라서 저자들은 원발폐쇄각녹내장의 유병률이 높은 한국인에서 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 함께 시행하려는 경향이 있다.¹ 일시적인 안압상승, 장기간의 포도막염, 홍채 출혈, 일시적인 동공이완과 같은 홍채성형술과 관련하여 일부 합병증이 보고되었다. 이러한 합병증은 보존적 치료로 잘 조절되었으며 장기적인 결과도 없었다.²⁴ 본 연구에서 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 모두 시행한 후 추적 기간 동안 심각한 합병증이 관찰되지 않았다. 홍채 출혈은 레이저홍채절개술 동안 두 명의 피험자에서 발생했지만 홍채성형술을 시행하는 동안에는 발생하지 않았다. 과도한 레이저 조사를 통한 자극은 홍채 혈관의 응고 괴사를 유발할 수 있기 때문에 홍채성형술을 시행할 때 하향계 응고되지 않고 눈에 보이는 홍채조직 수축을 만들기 위해 최소한의 레이저 출력으로 조심스럽게 적용하였다. 이를 통해 본 연구에서처럼 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 함께 시행하여도 레이저홍채절개술만을 단독으로 시행한 것과 비교해보았을 때 시술로 인한 추가적인 합병증의 발생을 우려할 정도는 아닌 것으로 사료된다.

전방 각도 매개변수(anterior chamber angle parameters)에 대한 장기간 변화를 본 이전 연구의 경우에는 레이저홍채절개술만을 시행한 후 변화를 관찰한 연구는 있으나, 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 모두 시행한 후 장기간의 변화를 본 연구는 없었다. 뿐만 아니라 기존 연구들은 대부분 원발폐쇄각 spectrum eyes에 해당하는 원발폐쇄각(PAC), 원발폐쇄각의심(PAC suspect), 원발폐쇄각녹내장(PAC glaucoma) 모두를 포함한 경우가 많았고, 원발폐쇄각녹내장 환자들만을 대상으로 장기간 동안 전방각의 변화를 지켜본 연구는 없었다. 한 예로 중국에서 수행된 Zhongshan angle-closure prevention trial은 원발폐쇄각의심 환자들을 대상으로 레이저홍채절개술만을 시행한 후 18개월 동안에 변화를 관찰한 연구였다.²⁶ 이와 달리 저자들은 원발폐쇄각녹내장 환자 단독에서 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 동반하여 시행한 후 장기간에 걸쳐 경과 관찰하였을 때 치료 효과가 잘 유지되고 있다는 것을 확인하여 보고하는 바이다.

이 연구에서 원발폐쇄각의심 환자들의 전방각 넓이가 레이저홍채절개술을 시행한 2주 후 유의하게 증가하였고 6개

월 동안 안정적으로 유지되었지만, 18개월이 경과하였을 때 유의하게 감소한다는 것을 보고하였다.²⁶ 원발폐쇄각의심 환자에 대해 우리나라에서 수행한 또다른 연구에서는 레이저홍채절개술을 시행하면 동공차단이 완화됨에도 불구하고 18개월 경과한 후 전방각이 좁아지는 경향이 있다는 것을 보고하였다.¹¹ 원발폐쇄각 spectrum eyes를 가진 그룹에서 레이저홍채절개술을 시행한 후 41-54개월 동안 장기 추적 조사를 실시한 또다른 연구에서는 동공차단과 두꺼운 주변부 홍채를 가진 그룹에서 전방각의 넓이가 확장되었지만, 고원홍채를 보이는 그룹과 과장된 수정체 볼트(lens vault)를 가진 그룹에서는 전방각의 넓이가 확장되지 않은 것을 확인하였다.²⁷ 이러한 결과는 원발폐쇄각녹내장의 빈도가 높은 한국인에서 레이저홍채절개술이 동공차단을 완화할 수 있었고, 원발폐쇄각이 발생하는 데 있어서 동공차단 이외에 또 다른 메커니즘이 기여할 수 있다는 이전의 연구 결과도 뒷받침 한다.^{1-4,15,16,28-30} 홍채성형술은 동공차단을 제외한 원발폐쇄각을 일으키는 다른 메커니즘을 완화시킬 수 있는 것으로 사료된다. 이를 통해 원발폐쇄각 녹내장의 빈도가 높은 한국인에서 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 함께 시행하는 것이 레이저홍채절개술을 단독으로 시행하는 것보다 치료 효과가 일부 더 좋을 수 있고, 더 장기간 유지될 수 있음을 시사한다.

본 연구의 한계점 중 하나는 연구에 포함된 눈의 수가 상대적으로 적을 수 있다는 것이다. 그러나 단일 절차 후에 동일한 인종 집단에서 전반적인 추이를 보는 데 있어서 32안은 적은 수가 아닐 수 있다. 주변 레이저홍채절개술과 홍채성형술 후 장기간 동안 본 연구에서 심각한 합병증은 발생하지 않았으며, 비교적 안전한 시술로 생각된다. 본 연구에서 장기간 동안 각막윤부의 지름 변화, 각막 중심부(0.0 to 4.0 mm), 중간 부분(4.0 to 7.0 mm), 주변부(7.0 to 10.0 mm)의 3개의 영역에서 각막두께의 변화를 관찰하였을 때 유의한 변화는 없었다. 이전 저자들의 연구에서 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 함께 시행하고 비교적 장기 경과인 1년 후 각막지형도를 이용하여 각막인자들을 관찰하였고, 각막형태검사기(corneal topography)에서의 수치의 변화나 두께에 영향을 미치지 않았다는 것을 확인하였었다.¹⁹

이전 연구에 따르면 평균 30개월(1-96개월)간 경과 관찰하였을 때 레이저홍채성형술 후 각막내피세포수는 레이저홍채성형술을 시행하지 않은 반대쪽 눈과 유의한 차이를 보이지 않았다고 보고하였다.³¹ 레이저홍채성형술 후 평균 각막내피세포수는 2,513 cells/mm², 치료하지 않은 반대쪽 눈은 2,492 cells/mm²였다($p=0.662$).³¹ 하지만 본 연구에서와 같이 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 함께 시행하고 더욱 장기간에 걸쳐 경과를 보았을 때 각막내피세포 및 다

른 각막인자들의 변화가 있는지는 추후 연구를 통해 확인이 필요할 것이다. 본 연구에서 안압하강제의 개수가 최초 내원 당시보다 최종 내원 시에 유의하게 증가한 소견을 보였고 이는 추적 관찰 중에 안압 조절을 위해 안압하강제를 추가하였음을 시사한다. 따라서 안압이 최종 내원일까지 유의하게 하강되어 있었던 점은 오롯이 레이저의 효과만이라고는 할 수 없겠다. 하지만 안압하강제를 추가하여 안압만을 장기간 잘 유지한다고 해서 전방각 지표가 장기간 유지되는 것은 아니므로, 본 연구 결과는 의미가 있다고 생각한다.

결론적으로 이중샤임플러그 분석기를 사용하여 장기간 동안 관찰하였을 때 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 함께 시행한 경우 전방부피와 주변 전방각의 확장을 보였으며, 장기간 유지되었다. 이는 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 함께 시행하는 것은 전체 원발폐쇄각 spectrum이 아닌, 원발폐쇄각녹내장 환자들만에서도 장기적으로 효과가 있다고 사료된다. 그러므로 원발폐쇄각녹내장 환자들에게 주변 레이저홍채절개술과 홍채성형술을 함께 시행하는 것은 효과적인 치료 방법이 될 수 있겠다. 추후 원발폐쇄각녹내장 환자에서 이 레이저 시술이 녹내장 진행 경과에도 유용한지에 대해서는 추후 후속 연구가 필요하겠다.

REFERENCES

- 1) Cho HK, Kee C. Population-based glaucoma prevalence studies in Asians. *Surv Ophthalmol* 2014;59:434-47.
- 2) Congdon N, Wang F, Tielsch JM. Issues in the epidemiology and population-based screening of primary angle-closure glaucoma. *Surv Ophthalmol* 1992;36:411-23.
- 3) Kim YY, Jung HR. Clarifying the nomenclature for primary angle-closure glaucoma. *Surv Ophthalmol* 1997;42:125-36.
- 4) Lowe RF. Clinical types of primary angle closure glaucoma. *Aust N Z J Ophthalmol* 1988;16:245-50.
- 5) He M, Foster PJ, Johnson GJ, Khaw PT. Angle-closure glaucoma in East Asian and European people. Different diseases? *Eye (Lond)* 2006;20:3-12.
- 6) Nongpiur ME, Ku JY, Aung T. Angle closure glaucoma: a mechanistic review. *Curr Opin Ophthalmol* 2011;22:96-101.
- 7) Lowe R. Angle-closure glaucoma: mechanisms and epidemiology. In: Ritch R, Shields MB, Krupin T, eds. *The glaucomas*. St. Louis: Mosby Inc., 1996; v. 2. chap. 37.
- 8) Alsagoff Z, Aung T, Ang LP, Chew PT. Long-term clinical course of primary angle-closure glaucoma in an Asian population. *Ophthalmology* 2000;107:2300-4.
- 9) He M, Friedman DS, Ge J, et al. Laser peripheral iridotomy in primary angle-closure suspects: biometric and gonioscopic outcomes: the Liwan eye study. *Ophthalmology* 2007;114:494-500.
- 10) Lee KS, Sung KR, Shon K, et al. Longitudinal changes in anterior segment parameters after laser peripheral iridotomy assessed by anterior segment optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54:3166-70.
- 11) Liu J, Lamba T, Belyea DA. Peripheral laser iridoplasty opens angle in plateau iris by thinning the cross-sectional tissues. *Clin Ophthalmol* 2013;7:1895-7.
- 12) Yan YJ, Wu LL, Wang X, Xiao GG. Appositional angle closure in Chinese with primary angle closure and primary angle closure glaucoma after laser peripheral iridotomy. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014;55:8506-12.
- 13) Chew PT, Yeo LM. Argon laser iridoplasty in chronic angle closure glaucoma. *Int Ophthalmol* 1995;19:67-70.
- 14) Ritch R, Tham CC, Lam DS. Argon laser peripheral iridoplasty (ALPI): an update. *Surv Ophthalmol* 2007;52:279-88.
- 15) Cho HK, Ahn D, Kee C. Evaluation of circumferential angle closure using iridotrabecular contact index after laser iridotomy by swept-source optical coherence tomography. *Acta Ophthalmol* 2017;95:e190-6.
- 16) Cho HK, Kee C, Yang H, et al. Comparison of circumferential peripheral angle closure using iridotrabecular contact index after laser iridotomy versus combined laser iridotomy and iridoplasty. *Acta Ophthalmol* 2017;95:e539-47.
- 17) Bessa NM, Souza RA, Santhiago MR, et al. Dual scheinplflug imaging as a screening method for occludable angles-a comparison with gonioscopy. *Int J Ophthalmol* 2019;12:241-5.
- 18) Wang L, Shirayama M, Koch DD. Repeatability of corneal power and wavefront aberration measurements with a dual-scheinplflug placido corneal topographer. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:425-30.
- 19) Cho HK, Choae W. Long-term outcome of corneal and anterior chamber angle parameters after combined laser iridotomy and iridoplasty using dual scheinplflug analyzer: 1 year results. *J Clin Med* 2022;11:813.
- 20) Kim SJ, Cho HK, Park YM, et al. Corneal topography and angle parameters after laser iridotomy combined with iridoplasty assessed by dual scheinplflug analyzer. *Int Ophthalmol* 2020;40:447-57.
- 21) Foster PJ, Buhmann R, Quigley HA, Johnson GJ. The definition and classification of glaucoma in prevalence surveys. *Br J Ophthalmol* 2002;86:238-42.
- 22) Montés-Micó R. Role of the tear film in the optical quality of the human eye. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:1631-5.
- 23) Sun X, Liang YB, Wang NL, et al. Laser peripheral iridotomy with and without iridoplasty for primary angle-closure glaucoma: 1-year results of a randomized pilot study. *Am J Ophthalmol* 2010;150:68-73.
- 24) Ramakrishnan R, Mitra A, Abdul Kader M, Das S. To study the efficacy of laser peripheral iridoplasty in the treatment of eyes with primary angle closure and plateau iris syndrome, unresponsive to laser peripheral iridotomy, using anterior-segment OCT as a tool. *J Glaucoma* 2016;25:440-6.
- 25) Narayanaswamy A, Baskaran M, Perera SA, et al. Argon laser peripheral iridoplasty for primary angle-closure glaucoma: a randomized controlled trial. *Ophthalmology* 2016;123:514-21.
- 26) Jiang Y, Chang DS, Zhu H, et al. Longitudinal changes of angle configuration in primary angle-closure suspects: the Zhongshan angle-closure prevention trial. *Ophthalmology* 2014;121:1699-705.
- 27) Kwon J, Sung KR, Han S. Long-term changes in anterior segment characteristics of eyes with different primary angle-closure mechanisms. *Am J Ophthalmol* 2018;191:54-63.
- 28) Aung T, Ang LP, Chan SP, Chew PT. Acute primary angle-closure:

long-term intraocular pressure outcome in Asian eyes. *Am J Ophthalmol* 2001;131:7-12.

29) Ang LP, Aung T, Chew PT. Acute primary angle closure in an Asian population: long-term outcome of the fellow eye after prophylactic laser peripheral iridotomy. *Ophthalmology* 2000;107:2092-6.

30) Choi JS, Kim YY. Progression of peripheral anterior synechiae after laser iridotomy. *Am J Ophthalmol* 2005;140:1125-7.

31) Müller L, Reeves GM, Leong JC, Wells AP. How safe is diode laser peripheral iridoplasty for the corneal endothelium? *Clin Exp Ophthalmol* 2016;44:735-7.

= 국문초록 =

원발폐쇄각녹내장에서 주변 레이저홍채절개술 및 홍채성형술 후 전방 지표의 장기 변화 결과

목적: 원발폐쇄각녹내장 환자를 대상으로 주변 레이저홍채절개술 및 홍채성형술을 시행한 후 전방 지표의 변화를 이중사임플러그 분석기를 사용하여 장기간에 걸쳐 조사하고자 하였다.

대상과 방법: 원발폐쇄각녹내장을 진단받고 레이저를 시행받은 32명의 환자들의 32안이 본 후향적 연구에 포함되었다. 급성폐쇄각발작 사례는 제외하였다. 이중사임플러그검사는 레이저를 시행하기 전과 1주일 후, 매년마다 시행하였다. 전방깊이, 전방부피, 평균 전방 각도 및 안압을 조사하였다.

결과: 평균 추적 관찰 기간은 32.28 ± 13.34개월이었으며, 연구에 포함된 환자들의 기저치는 다음과 같다: 연령, 63 ± 7.9세; 여성, 62.5%; 안압, 15.48 ± 4.79 mmHg; 전방깊이, 2.09 ± 0.19 mm; 시야검사의 mean deviation, -7.97 ± 8.49 dB. 전방깊이는 기저치에서 2.15 ± 0.32 mm로 증가하였으나 통계적으로 유의하지는 않았다($p=0.136$). 전방부피는 레이저 후 기저치 78.32 ± 11.49 mm³에서 83.04 ± 11.16 mm³로 유의하게 증가하였다($p=0.011$). 평균 전방 각도는 레이저 후 기저치 26.86 ± 2.53° 에서 28.82 ± 4.64° 로 유의하게 증가하였다($p=0.022$). 안압은 레이저 후 기저치에서 13.06 ± 2.21 mmHg로 유의하게 감소하였다($p=0.001$).

결론: 원발폐쇄각녹내장 환자에서 레이저 시행 후 전방각 지표들이 효과적으로 개선되었으며 장기간에 걸친 추적 관찰 동안 개선된 상태가 유지되었다. 또한 안압은 레이저 시행 후 2.5년 이상의 장기 추적 관찰 동안 유의하게 감소하였다.

(대한안과학회지 2023;64(5):423-430)

박세익 / Se Ik Park
 창원경상국립대학교병원 안과
 Department of Ophthalmology, Gyeongsang
 National University Changwon Hospital

