

## 레이저홍채절개술 단독 치료와 아르곤레이저주변홍채성형술 병용 치료 후 전안부빛간섭단층촬영 결과 비교

박형주 · 박기호 · 김석환 · 김태우 · 김동명

서울대학교 의과대학 안과학교실

**목적:** 원발폐쇄각 환자에서 레이저홍채절개술 단독치료와 레이저홍채절개술과 아르곤레이저 주변홍채성형술 병용치료 후 전안부 구조의 변화를 전안부 빛간섭단층촬영을 통해 비교 분석하고자 하였다.

**대상과 방법:** 본원 안과에서 원발폐쇄각 또는 원발폐쇄각녹내장으로 진단받은 환자 17명 25안을 대상으로 11안에서 레이저홍채절개술 단독치료(단독군), 14안에서 레이저홍채절개술과 아르곤레이저 주변홍채성형술 병용치료(병용군)를 시행하였다. 전안부 빛간섭단층촬영으로 시술 전후 anterior chamber depth (ACD), angle opening distance at 500  $\mu$ m and 750  $\mu$ m (AOD 500 and AOD 750), angle recess area at 500  $\mu$ m and 750  $\mu$ m (ARA 500 and ARA 750), trabecular-iris space area at 500  $\mu$ m and 750  $\mu$ m (TISA 500 and TISA 750), trabecular-iris angle (TIA)를 비교하였다.

**결과:** 두 군 모두 시술 전보다 시술 후 AOD 500, AOD 750, ARA 500, ARA 750, TISA 500, TISA 750, TIA는 유의하게 증가하였다(LPI treatment group:  $p=0.003$ ,  $p=0.006$ ,  $p=0.013$ ; LPI and ALPI combined treatment group:  $p=0.001$ ,  $p=0.001$ ,  $p=0.001$ ). 단독군보다 병용군에서 시술 전후의 AOD 500 차이, TISA 500 차이, 그리고 TISA 750 차이가 유의하게 증가하였다( $p=0.112$ ,  $p=0.147$ ,  $p=0.049$ ,  $p=0.037$ ).

**결론:** 레이저홍채절개술 단독치료와 레이저홍채절개술과 아르곤레이저주변홍채성형술 병용치료 모두 전방각을 유의하게 넓혔으며 병용군에서 더 큰 효과를 보였다.

〈대한안과학회지 2011;52(5):566-573〉

원발폐쇄각녹내장은 안구의 다른 병적인 요인이 없이 섬유주와 홍채가 접촉하여 전방각이 폐쇄되고, 그 결과 방수 유출 장애로 발생하는 녹내장으로 전 세계적으로 시력저하와 실명을 가져오는 중요한 원인들 중 하나로 알려져 있다.<sup>1-4</sup> 전방각의 폐쇄는 여러 가지 기전에 의해 발생할 수 있는데, 동양인에서는 순수한 동공차단 한 가지의 요인보다는 동공차단, 고원형홍채, 수정체요인 등이 복합적으로 작용하는 경우가 많은 것으로 추측되고 있다.<sup>5</sup>

원발폐쇄각녹내장의 치료목적은 전방각을 열어주어 안압을 하강시킴으로써 시신경의 손상을 방지하는 데 있다. 동공 차단이 폐쇄각의 원인 기전으로 사료될 때 레이저 홍채절개술은 안전하고 효율적인 시술 방법으로 알려져 있

다.<sup>6-9</sup> 그러나 급성발작의 경우에 동반되는 심한 각막부종 또는 전방이 매우 얇은 경우에는 시술이 불가능하다.

레이저로 홍채의 기저부위를 응고시켜 좁은 전방각을 넓게 하는 레이저 주변홍채성형술은 1973년 Hager 등에 의해 처음 시도된 이후 급성폐쇄각녹내장에서 약물치료를 할 수 없는 경우이거나, 약물치료에 반응하지 않는 경우, 심한 각막부종이나 매우 좁은 전방각으로 인해 레이저 홍채절개술을 시행하기 어려운 경우에 급성발작의 폐쇄각을 여는 방법으로 사용되거나 고원형홍채, 수정체요인, 혹은 전방각과 밀(angle crowding) 등의 동공폐쇄 이외의 기전에 의한 폐쇄각녹내장의 치료에 사용되고 있다.<sup>8,10-13</sup> 레이저 주변홍채성형술은 전방각이 접촉성 폐쇄를 보일 때 주변부 홍채에 아르곤 레이저를 조사함으로써 접촉성 전방각 폐쇄를 개선하는 치료법이지만, 동공차단을 없애거나 레이저 홍채절개술을 대신할 수는 없다.<sup>10-13</sup>

홍채절개술은 여러 가지 폐쇄각녹내장의 작용기전 중 동공차단만을 제거함으로써 안압을 하강시킨다. 그러나 동양인에서는 홍채절개술이 성공적으로 시행된 이후에도 추가적인 안압치료가 필요한 경우가 절반 이상에서 보고되고 있어 동공차단 이외의 요인이 상당 부분 작용할 것으로 생각되고 있다.<sup>14-17</sup> 따라서 동양인에서는 폐쇄각녹내장에서

■ 접수 일: 2010년 2월 19일 ■ 심사통과일: 2010년 10월 27일  
■ 게재허가일: 2011년 3월 8일

■ 책임저자: 박 기 호

서울시 중로구 대학로 101  
서울대학교병원 안과  
Tel: 02-2072-2438, Fax: 02-741-3187  
E-mail: kihopark@snu.ac.kr

\* 본 논문은 2009년 대한안과학회 제102회 학술대회(고양, Kintex)와 7th Asian Angle-Closure Glaucoma Club Meeting (말레이시아, 쿠알라룸푸르)에서 발표되었음.

홍채절개술에 의한 동공차단제거와 함께 주변홍채성형술을 동시에 시행하였을 경우 좁은 전방각을 개방하는 데 보다 효과적일 수 있다.<sup>13,18</sup>

최근 전안부 빛간섭단층촬영(AS-OCT)을 이용하여 비접촉방식으로 전방에 대한 정량적 계측이 가능한 방법이 제시되었다. 전안부 빛간섭단층촬영은 1994년 Izatt et al<sup>19</sup>에 의해 최초로 소개되었다. 첫 전안부 빛간섭단층촬영은 830 nm wavelength light를 사용하였는데, 이 빛은 공막을 관통할 수 없어서 우각의 구조물을 잘 관찰할 수 없었다. 이후 발달을 거듭하여 전안부 빛간섭단층촬영은 현재 1310 nm wavelength light를 사용하고 있으며 이 빛에서 공막에 대한 빛의 산란 없이 통과하여 전방각의 구조물을 관찰할 수 있다. Scanning speed는 초기의 전안부 빛간섭단층촬영보다 40배나 빨라졌으며 정량적인 전방각의 분석을 가능하게 하였다. Acquisition time은 이미지당 1내지 5초이며 초당 4 내지 16 frames의, 실시간의 이미지를 가능하게 하고 이런 능력은 안구 움직임에 따른 인공상을 줄인다. 그밖에 전안부 빛간섭단층촬영의 장점은 비접촉방식이고 배우기 쉬우며 다루기 쉽다는 것이며, 또한 재현성이 우수한 것으로 보고되고 있다.<sup>20</sup>

전방각에 대한 레이저 홍채절개술의 효과를 전안부 빛간섭단층촬영을 이용하여 정량적으로 분석한 연구는 있으나, 레이저 홍채절개술과 레이저 주변홍채성형술 병용 시술 효과에 대한 전안부 빛간섭단층촬영을 이용한 연구 보고는 아직까지 없었다.<sup>21</sup> 이에 저자들은 레이저 홍채절개술과 레이저 주변홍채성형술 병용 시술을 시행한 후 전안부 빛간섭단층촬영을 이용하여 전방내 계측치의 변화를 알아보고 비교하고자 하였다.

## 대상과 방법

2008년 3월부터 2009년 6월까지 서울대학교 녹내장클리닉을 방문한 원발폐쇄각 또는 원발폐쇄각녹내장으로 진단 받은 환자 중 레이저 치료가 필요한 환자 17명 25안을 대상으로 하였다.

모든 환자에 대하여 세극등검사, 골드만 안평안압계에 의한 안압측정, 전방각경검사, 직상검안경에 의한 시신경유두검사를 시행하였으며 원발폐쇄각 또는 원발폐쇄각녹내장의 진단은 ISGEO 분류의 정의를 따랐다.<sup>22</sup>

무작위로 레이저 홍채절개술군과 주변홍채절개술병용군 두 군으로 나누었다. 홍채절개술군은 레이저 홍채절개술만을 단독으로 시행하였으며, 주변홍채성형술병용군은 레이저 주변홍채성형술과 레이저 홍채절개술을 같이 시행하였다. 안압은 홍채절개술군과 주변홍채성형술병용군 각각에

서 시술 전, 시술직후, 술 후 1주, 술 후 1달, 술 후 3달, 술 후 6달에 측정하여 비교하였다.

환자가 급성녹내장 발작으로 내원하였을 때에는 고삼투압제, 탄산탈수효소억제제를 포함한 약물치료 후 안압이 정상화되고, 각막부종, 전방 염증 등이 회복된 후 레이저를 실시하였다. 만성 또는 간헐성 녹내장의 경우는 외래에서 진단 후 급성녹내장 발작의 경우와 같은 검사를 하고, 레이저 치료를 시행하였다.

레이저 치료는 한 명의 술자에 의해 시행되었다. 레이저 치료를 받기 1시간 전 2% pilocarpine으로 동공을 축소시켜 주변부 홍채를 최대한 얇아지도록 하였으며, 시술 1시간 전과 시술 직후에 1% apraclonidine을 각각 한 방울씩 점안하였다. 레이저 주변홍채성형술은 아르곤레이저를 이용하였으며, spot size 500  $\mu$ m, 노출시간 0.5 sec, 출력 200 mW로 설정하여 각막 윤부에 가까운 홍채부위에 360°에 걸쳐 18-20여 개를 시행하였다. 레이저 홍채절개술은 아르곤레이저를 이용하여 spot size 50  $\mu$ m, 노출시간 0.01-0.05 sec, 출력 800-1000 mW로 조정하여 상비측 홍채에 분화구를 만든 후, Nd:YAG 레이저를 이용하여 홍채를 절개하였다. 술 후 스테로이드 점안제를 하루 4회 점안하였다.

전안부 빛간섭단층촬영은 Visante™ OCT (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA)를 사용하여 레이저 홍채절개술 또는 레이저 홍채절개술과 레이저 주변홍채성형술 전후 전안부를 계측하였으며, 시술 후 전안부 빛간섭단층촬영은 평균  $4.7 \pm 4.4$ 개월(1일-15개월)이었다. 실내조명 아래에서 산동하지 않은 대상안에 대해 동일 검사자가 Visante OCT를 이용하여 전안부 영상을 촬영할 때 12시에서 6시 방향으로 스캔을 시행했을 경우 눈꺼풀에 의해 전방 주변부 전체의 스캔이 불가능하기 때문에 스캔 방향은 모든 환자에서 3시에서 9시 방향으로 시행하였다.

전방내 계측치는 ACD (anterior chamber depth), AOD 500 (angle opening distance at 500  $\mu$ m), AOD 750 (angle opening distance at 750  $\mu$ m), ARA 500 (angle recess area at 500  $\mu$ m), ARA 750 (angle recess area at 750  $\mu$ m), TISA 500 (trabecular-iris space area at 500  $\mu$ m), TISA 750 (trabecular-iris space area at 750  $\mu$ m), TIA (trabecular-iris angle)을 측정하였다. ACD는 각막내측표면으로부터 수정체의 앞쪽 표면까지의 거리로, AOD 500와 AOD 750은 공막극에서 각각 500  $\mu$ m와 750  $\mu$ m 떨어진 각막 내피면에서 수직으로 홍채를 향해 이은 가상의 직선의 길이로, ARA 500와 ARA 750은 공막극에서 각각 500  $\mu$ m와 750  $\mu$ m 떨어진 각막 내피면에서 수직으로 홍채를 향해 이은 가상의 직선과 각막 내피, 섬유주, 홍채에 의해 둘러싸인 공간으로, TISA 500와 TISA 750은 공막극에서 각각

500  $\mu\text{m}$ 와 750  $\mu\text{m}$  떨어진 각막 내피면에서 수직으로 홍채를 향해 이은 가상의 직선과 공막극에서 수직으로 홍채를 향해 이은 가상의 직선, 각막 내피, 섬유주, 홍채에 의해 둘러싸인 공간으로, TIA는 공막극에서 500  $\mu\text{m}$  떨어진 각막 내피면에 그은 가상선과 그 선에서 수직으로 홍채를 향해 이은 점이 홍채와 만나는 점을 공막극과 이은 가상선 사이의 각으로 정의하였다<sup>23,24</sup>(Fig. 1). 공막극은 전방내 계측치의 객관적인 측정을 위한 기준점으로 쓰이는 중요한 해부학적 구조이며 고리모양의 아교질 섬유로 구성되어 각막윤부와 평행하게 주행하므로 전안부 빛간섭단층촬영에서 광학 조직신호밀도에 의한 공막과 비슷한 정도의 반사율을 보이는 고반사율의 구조로서, 앞방으로 약간 튀어나와 있는 부분과 섬유주의 후방경계 사이로 정의된다.<sup>25</sup>

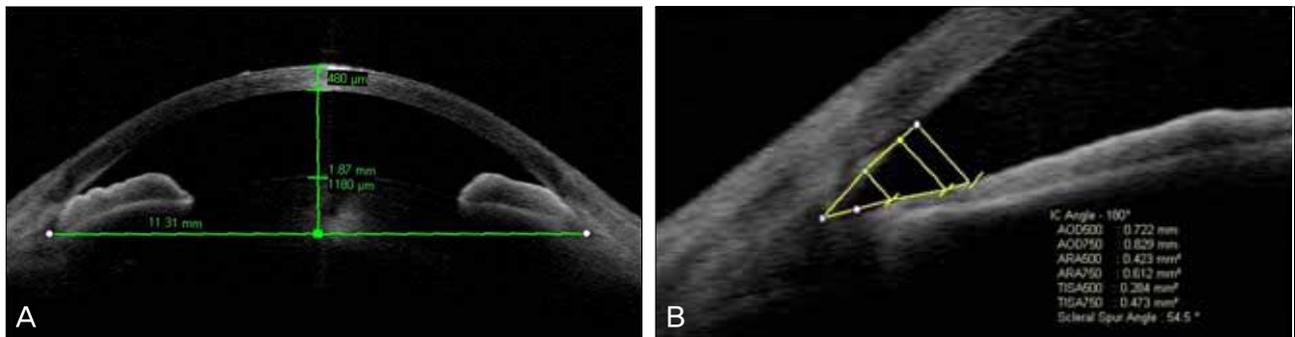
통계적 검정은 SPSS 16 통계 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였다. 통계적 분석은 홍채절개술군과 주변홍채성형술병용군 각각에서 시술 전과 후의 전방각 계측치 측정값들을 비교하기 위해 Wilcoxon signed rank test를 사용하였고, 홍채절개술군과 주변홍채성형술병용군간의 시술 전 전방각 계측치 측정값들과 안압, 홍채절개술군과 주변홍채성형술병용군 간의 시술 후 전방각 계측치

측정값들과 안압을 비교하기 위해 Mann-Whitney *U*-test를 사용하였다. *p*값이 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의한 것으로 간주하였다.

## 결 과

레이저 시술을 받은 25안에서 홍채절개술 11안, 주변홍채성형술병용군 14안이었으며, 대상 환자 17명의 성비는 남자 4명, 여자 13명이었고, 연령 분포는 49세에서 78세로 평균( $\pm$ 표준편차) 66  $\pm$  8세였다.

홍채절개술군과 주변홍채성형술병용군에서 시술 전 계측치를 비교하면, 홍채절개술군에서 ACD, AOD 500, AOD 750, ARA 500, ARA750, TISA 500, TISA 750, TIA의 평균치는 각각 1.89  $\pm$  0.07 mm, 58.1  $\pm$  17.3  $\mu\text{m}$ , 89.5  $\pm$  32.4  $\mu\text{m}$ , 0.073  $\pm$  0.024 mm<sup>2</sup>, 0.091  $\pm$  0.024 mm<sup>2</sup>, 0.040  $\pm$  0.011 mm<sup>2</sup>, 0.057  $\pm$  0.012 mm<sup>2</sup>, 6.6  $\pm$  1.9°였으며, 주변홍채성형술병용군에서 ACD, AOD 500, AOD 750, ARA 500, ARA750, TISA 500, TISA 750, TIA의 평균치는 각각 1.90  $\pm$  0.33 mm, 137.0  $\pm$  57.0  $\mu\text{m}$ , 155.1  $\pm$  89.7  $\mu\text{m}$ , 0.112  $\pm$  0.051 mm<sup>2</sup>, 0.148  $\pm$  0.064 mm<sup>2</sup>, 0.067  $\pm$  0.028



**Figure 1.** (A) Optical coherence tomography image (Visante OCT) with graphic tools for measurement of different anterior chamber dimensions. Anterior chamber depth is measured between the corneal endothelium and a line joining the two opposite iris recesses. (B) Optical coherence tomography (Visante OCT) cross-sectional view through the anterior chamber angle region. Anterior chamber parameters such as AOD 500, AOD 750, ARA 500, ARA 750, TISA 500, TISA 750 and TIA are automatically measured.

**Table 1.** Comparison of anterior segment-optical coherence tomography (AS-OCT) parameters before only laser peripheral iridotomy (LPI) versus LPI and argon laser peripheral iridoplasty (ALPI)

Parameter	Pre-LPI (mean $\pm$ SD)	Pre-LPI & ALPI (mean $\pm$ SD)	<i>p</i> -value*
ACD <sup>†</sup> (mm)	1.89 $\pm$ 0.07	1.90 $\pm$ 0.33	0.344
AOD <sup>‡</sup> 500 ( $\mu\text{m}$ )	58.1 $\pm$ 17.3	137.0 $\pm$ 57.0	0.000
AOD 750 ( $\mu\text{m}$ )	89.5 $\pm$ 32.4	155.1 $\pm$ 89.7	0.095
ARA <sup>§</sup> 500 ( $\times 10^{-2}$ mm <sup>2</sup> )	7.3 $\pm$ 2.4	11.2 $\pm$ 5.1	0.058
ARA 750 ( $\times 10^{-2}$ mm <sup>2</sup> )	9.1 $\pm$ 2.4	14.8 $\pm$ 6.4	0.033
TISA <sup>  </sup> 500 ( $\times 10^{-2}$ mm <sup>2</sup> )	4.0 $\pm$ 1.1	6.7 $\pm$ 2.8	0.015
TISA 750 ( $\times 10^{-2}$ mm <sup>2</sup> )	5.7 $\pm$ 1.2	10.3 $\pm$ 4.4	0.005
TIA <sup>#</sup> (degrees)	6.6 $\pm$ 1.9	15.0 $\pm$ 5.9	0.000

\*Tested by Mann-Whitney *U*-test; <sup>†</sup>ACD = anterior chamber depth; <sup>‡</sup>AOD = angle opening distance; <sup>§</sup>ARA = area of recessed angle; <sup>||</sup>TISA = trabecular-iris space area; <sup>#</sup>TIA = trabecular-iris angle.

mm<sup>2</sup>, 0.010 ± 0.044 mm<sup>2</sup>, 15.0 ± 5.9°였다. ACD, AOD 750, ARA 500을 제외한 AOD 500, ARA750, TISA 500, TISA 750, TIA에서 홍채절개군과 주변홍채성형병용군에서 유의한 차이가 있었다(전부 p<0.05, Table 1).

홍채절개군에서 시술 전 ACD, AOD 500, AOD 750, ARA 500, ARA750, TISA 500, TISA 750, TIA의 평균치는 각각 1.89 ± 0.07 mm, 58.1 ± 17.3 μm, 89.5 ± 32.4 μm, 0.073 ± 0.024 mm<sup>2</sup>, 0.091 ± 0.024 mm<sup>2</sup>, 0.040 ± 0.011 mm<sup>2</sup>, 0.057 ± 0.012 mm<sup>2</sup>, 6.6 ± 1.9°였으며, 시술 후는 각각 1.89 ± 0.06 mm, 143.6 ± 124.8 μm, 202.6 ± 136.4 μm, 0.118 ± 0.051 mm<sup>2</sup>, 0.161 ± 0.076 mm<sup>2</sup>, 0.071 ± 0.037 mm<sup>2</sup>, 0.114 ± 0.066 mm<sup>2</sup>, 15.0 ± 11.5°였다. ACD를 제외한 AOD 500, AOD 750, ARA 500, ARA750, TISA 500, TISA 750, TIA에서 시술 전과 비교하여 유의한 증가가 있었다(p<0.05, Table 2).

주변홍채성형술병용군에서 시술 전 ACD, AOD 500, AOD 750, ARA 500, ARA750, TISA 500, TISA 750, TIA의 평균치는 각각 1.90 ± 0.33 mm, 137.0 ± 57.0 μm, 155.1 ± 89.7 μm, 0.112 ± 0.051 mm<sup>2</sup>, 0.148 ± 0.064 mm<sup>2</sup>, 0.067 ± 0.028 mm<sup>2</sup>, 0.010 ± 0.044 mm<sup>2</sup>, 15.0 ± 5.9°이었으며, 시술 후는 각각 1.92 ± 0.25 mm, 303.4 ±

128.9 μm, 373.6 ± 169.8 μm, 0.185 ± 0.076 mm<sup>2</sup>, 0.268 ± 0.111 mm<sup>2</sup>, 0.123 ± 0.050 mm<sup>2</sup>, 0.206 ± 0.086 mm<sup>2</sup>, 29.9 ± 9.7°였다. ACD를 제외한 AOD 500, AOD 750, ARA 500, ARA750, TISA 500, TISA 750, TIA에서 시술 전과 비교하여 유의한 증가가 있었다(전부 p=0.001, Table 3).

홍채절개군과 주변홍채성형병용군에서 시술 전후의 계측치의 차이를 비교하면, 홍채절개군에서 ΔACD, ΔAOD 500, ΔAOD 750, ΔARA 500, ΔARA750, ΔTISA 500, ΔTISA 750, ΔTIA의 평균치는 0.00 ± 0.29 mm, 85.6 ± 120.4 μm, 113.1 ± 124.0 μm, 0.046 ± 0.054 mm<sup>2</sup>, 0.070 ± 0.078 mm<sup>2</sup>, 0.031 ± 0.038 mm<sup>2</sup>, 0.057 ± 0.065 mm<sup>2</sup>, 8.4 ± 11.1°였으며, 주변홍채성형병용군에서 ΔACD, ΔAOD 500, ΔAOD 750, ΔARA 500, ΔARA750, ΔTISA 500, ΔTISA 750, ΔTIA의 평균치는 0.02 ± 0.13 mm, 166.4 ± 108.2 μm, 218.5 ± 164.3 μm, 0.073 ± 0.059 mm<sup>2</sup>, 0.121 ± 0.089 mm<sup>2</sup>, 0.055 ± 0.040 mm<sup>2</sup>, 0.103 ± 0.072 mm<sup>2</sup>, 14.9 ± 8.3°였다. ΔAOD 500, ΔTISA 500, ΔTISA 750에서 홍채절개군보다 주변홍채성형병용군에서 유의한 증가가 있었다(p<0.05, Table 4).

안압은 홍채절개군에서 시술전, 시술직후, 술후 1주, 술

**Table 2.** Changes in anterior segment-optical coherence tomography (AS-OCT) parameters before and after laser peripheral iridotomy (LPI)

Parameter	Pre-LPI (mean ± SD)	Post-LPI (mean ± SD)	p-value*
ACD <sup>†</sup> (mm)	1.89 ± 0.07	1.89 ± 0.06	1.000
AOD <sup>‡</sup> 500 (μm)	58.1 ± 17.3	143.6 ± 124.8	0.013
AOD 750 (μm)	89.5 ± 32.4	202.6 ± 136.4	0.010
ARA <sup>§</sup> 500 (×10 <sup>-2</sup> mm <sup>2</sup> )	7.3 ± 2.4	11.8 ± 5.1	0.008
ARA 750 (×10 <sup>-2</sup> mm <sup>2</sup> )	9.1 ± 2.4	16.1 ± 7.6	0.003
TISA <sup>  </sup> 500 (×10 <sup>-2</sup> mm <sup>2</sup> )	4.0 ± 1.1	7.1 ± 3.7	0.006
TISA 750 (×10 <sup>-2</sup> mm <sup>2</sup> )	5.7 ± 1.2	11.4 ± 6.6	0.003
TIA <sup>#</sup> (degrees)	6.6 ± 1.9	15.0 ± 11.5	0.013

\*Tested by Wilcoxon signed rank test; <sup>†</sup>ACD = anterior chamber depth; <sup>‡</sup>AOD = angle opening distance; <sup>§</sup>ARA = area of recessed angle; <sup>||</sup>TISA = trabecular-iris space area; <sup>#</sup>TIA = trabecular-iris angle.

**Table 3.** Changes in anterior segment-optical coherence tomography (AS-OCT) parameters before and after laser peripheral iridotomy (LPI) and argon laser peripheral iridoplasty (ALPI)

Parameter	Pre-LPI & ALPI (mean ± SD)	Post-LPI & ALPI (mean ± SD)	p-value*
ACD <sup>†</sup> (mm)	1.90 ± 0.33	1.92 ± 0.25	0.656
AOD <sup>‡</sup> 500 (μm)	137.0 ± 57.0	303.4 ± 128.9	0.001
AOD 750 (μm)	155.1 ± 89.7	373.6 ± 169.8	0.001
ARA <sup>§</sup> 500 (×10 <sup>-2</sup> mm <sup>2</sup> )	11.2 ± 5.1	18.5 ± 7.6	0.001
ARA 750 (×10 <sup>-2</sup> mm <sup>2</sup> )	14.8 ± 6.4	26.8 ± 11.1	0.001
TISA <sup>  </sup> 500 (×10 <sup>-2</sup> mm <sup>2</sup> )	6.7 ± 2.8	12.3 ± 5.0	0.001
TISA 750 (×10 <sup>-2</sup> mm <sup>2</sup> )	10.3 ± 4.4	20.6 ± 8.6	0.001
TIA <sup>#</sup> (degrees)	15.0 ± 5.9	29.9 ± 9.7	0.001

\*Tested by Wilcoxon signed rank test; <sup>†</sup>ACD = anterior chamber depth; <sup>‡</sup>AOD = angle opening distance; <sup>§</sup>ARA = area of recessed angle; <sup>||</sup>TISA = trabecular-iris space area; <sup>#</sup>TIA = trabecular-iris angle.

**Table 4.** Comparison in difference of anterior segment-optical coherence tomography (AS-OCT) parameters before and after only laser peripheral iridotomy (LPI) versus laser peripheral iridotomy (LPI) and argon laser peripheral iridoplasty (ALPI)

Parameter	LPI (mean ± SD)	LPI & ALPI (mean ± SD)	p-value*
Δ ACD <sup>†</sup> (mm)	0.00 ± 0.29	0.02 ± 0.13	0.609
Δ AOD <sup>‡</sup> 500 (μm)	85.6 ± 120.4	166.4 ± 108.2	0.033
Δ AOD 750 (μm)	113.1 ± 124.0	218.5 ± 164.3	0.112
Δ ARA <sup>§</sup> 500 (×10 <sup>-2</sup> mm <sup>2</sup> )	4.6 ± 5.4	7.3 ± 5.9	0.147
Δ ARA 750 (×10 <sup>-2</sup> mm <sup>2</sup> )	7.0 ± 7.8	12.1 ± 8.9	0.055
Δ TISA <sup>  </sup> 500 (×10 <sup>-2</sup> mm <sup>2</sup> )	3.1 ± 3.8	5.5 ± 4.0	0.049
Δ TISA 750 (×10 <sup>-2</sup> mm <sup>2</sup> )	5.7 ± 6.5	10.3 ± 7.2	0.037
Δ TIA <sup>#</sup> (degrees)	8.4 ± 11.1	14.9 ± 8.3	0.052

\*Tested by Mann-Whitney U-test; †ACD = anterior chamber depth; ‡AOD = angle opening distance; §ARA = area of recessed angle; ||TISA = trabecular-iris space area; #TIA = trabecular-iris angle.

**Table 5.** Changes in intraocular pressure (IOP) before and after only laser peripheral iridotomy (LPI) versus laser peripheral iridotomy (LPI) and argon laser peripheral iridoplasty (ALPI)

	IOP before treatment		IOP after treatment (mmHg)			
	(mmHg)	Immediately	1 wk	1 mon	3 mon	6 mon
LPI (mean ± SD)	15.0 ± 3.5	14.1 ± 4.4	13.5 ± 2.2	11.8 ± 0.8	17.0 ± 3.5	13.5 ± 2.6
LPI & ALPI (mean ± SD)	18.8 ± 5.1	16.3 ± 4.3	14.4 ± 3.8	15.0 ± 3.9	14.4 ± 2.6	17.8 ± 3.8
p-value*	0.087	0.222	0.767	0.143	0.181	0.059

\*Tested by Mann-Whitney U-test.

후 1달, 술후 3달, 술후 6달에 15.0 ± 3.5 mmHg, 14.1 ± 4.4 mmHg, 13.5 ± 2.2 mmHg, 11.8 ± 0.8 mmHg, 17.0 ± 3.5 mmHg, 13.5 ± 2.6 mmHg이었으며, 주변홍채성형병용군에서 시술전, 시술직후, 술후 1주, 술후 1달, 술후 3달, 술후 6달에 18.8 ± 5.1 mmHg, 16.3 ± 4.3 mmHg, 14.4 ± 3.8 mmHg, 15.0 ± 3.9 mmHg, 14.4 ± 2.6 mmHg, 17.8 ± 3.8 mmHg이었으며, 두 군 간에 차이는 없었다(p<0.05, Table 5). 6개월간의 경과 관찰에서 홍채절개술에서 1안, 주변홍채성형병용군에서 2안에서 안압이 상승하여 녹내장 점안액을 사용하였다.

## 고 찰

레이저 홍채절개술은 외과적 홍채절제술에 비해 비침습적이라는 점과 외래에서 간단히 시행할 수 있고, 수술에 따른 합병증과 결막손상을 피할 수 있어 동공차단으로 생긴 폐쇄각녹내장의 일차적 치료와 예방에 우선적 치료 방법으로 사용되고 있다. 하지만, 동공차단 이외의 원인에 의한 경우나 높은 안압으로 인해 생긴 각막혼탁이 있는 경우는 효과가 제한적이므로, 다른 치료법이 시행되거나 동반되어야 한다. Alsagoff et al<sup>26</sup>은 아시아인의 폐쇄각녹내장의 레이저 홍채절개술의 치료 성공률이 낮음을 보고하였고, Aung et al<sup>27</sup>도 레이저 홍채절개술의 성공률이 영국에서 70.4%인데 반해 아시아에서는 41.8%라고 보고하였다. Alsagoff et al<sup>26</sup>은 그 이유로 동양인이 두껍고 검은 갈색의 홍채를

가지고 있다는 점과 안구가 작고 좁은 전방각을 가지는 유전적 소인이 있다는 점을 들었다. 이런 동양인의 홍채에 레이저 홍채절개술을 시행하면 더 심한 염증 반응들이 전방에서 일어나게 되고, 이로 인해 더 많은 홍채전유착이 발생하게 되며, 전방각이 좁아지게 되어 전방각이 폐쇄된 상태가 된다고 설명하였다.<sup>27</sup>

레이저 주변홍채성형술은 주변부 홍채에 아르곤레이저를 사용하여 홍채에 수축성 변화를 일으키는 것으로서, 주변부 홍채를 섬유주로부터 떨어뜨려 전방각이 열리게 한다. Krasnov<sup>28</sup>는 처음으로 주변부 홍채간질부위와 섬유주에 레이저를 사용함으로써 전방각을 열고자 하였다. 초기의 시도는 전방각의 90°에만 국한하여 시행하여 그 효과가 제한적이었다. 또, 초기의 시도에서 레이저의 강도 조절이 어려워 홍채간질을 뚫거나, 간질의 수축을 일으키지 못할 만큼 약하였다. Kimbrough et al<sup>5</sup>은 전방각경을 이용하여 주변부 홍채에 360°를 치료하였는데 이 연구가 현재 레이저 주변홍채성형술의 기본이 되었다. 레이저 주변홍채성형술의 초기 효과는 콜라겐의 열에 의한 수축으로 인한 것으로 여겨지며, 후기 효과는 레이저를 받은 부위에 섬유성 막의 수축에 의한 것으로 여겨진다.<sup>29</sup> 레이저 주변홍채성형술은 레이저 홍채절개술과는 다르게 홍채를 관통시키는 것이 아니라, 단지 수축성 변화만을 일으킨다. 따라서 레이저 주변홍채성형술은 레이저 홍채절개술처럼 폐쇄각 발작을 예방하는 데에는 한계가 있는 것으로 생각된다.

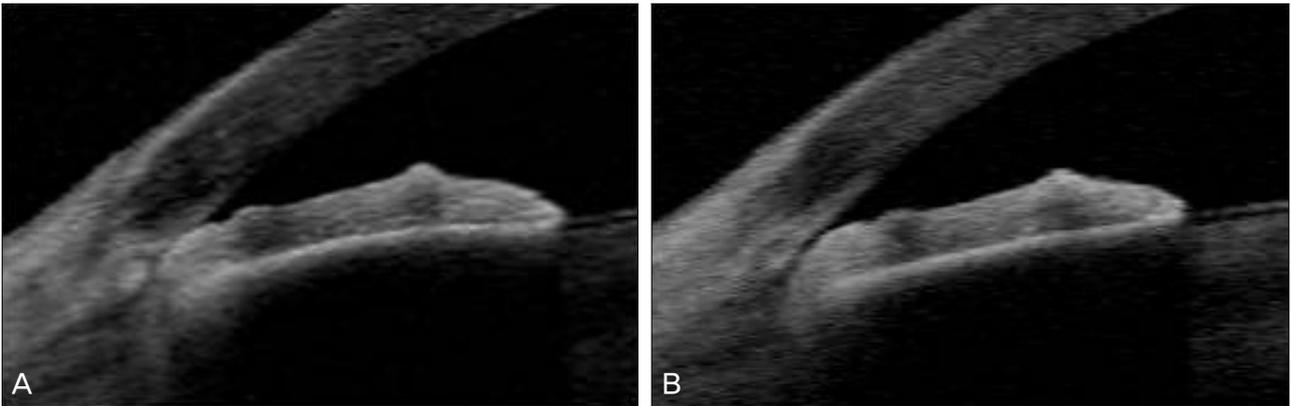
2005년에 Wirbelauer et al<sup>30</sup>은 전방내 계측치를 측정하

는 방법으로 빛간섭단층촬영과 초음파생체현미경을 비교하였는데 빛간섭단층촬영이 해상도와 재현성에서 초음파생체현미경보다 우수한 방법이라고 보고하였다. Radhakrishnan et al<sup>24</sup>은 전안부 빛간섭단층촬영과 초음파생체현미경이 동일한 재현성과 비슷한 전방각 계측치의 평균치를 보인다고 하였다. 또한 섬모체의 시각화에는 전안부 빛간섭단층촬영이 초음파생체현미경에서 보다 불리하지만 공막극의 시각화에는 유리하다고 하였다. 전안부 빛간섭단층촬영의 홍채절개술 전후 전방각 형태 및 계측치의 변화는 초음파생체현미경에서 보이는 결과와 유사하게, 전방각이 넓어짐이 관찰되었다.<sup>31,32</sup>

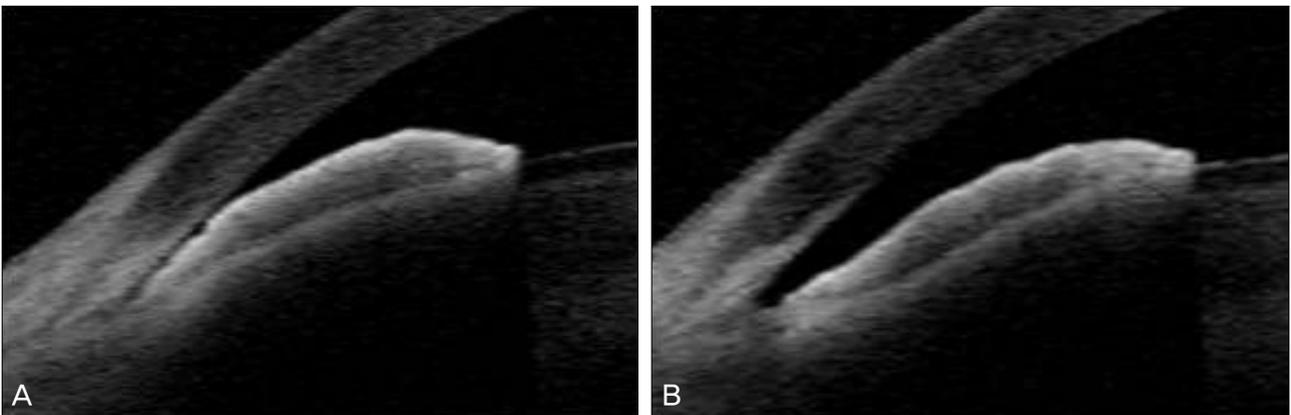
홍채절개술에서 레이저 홍채절개술 후 전안부 계측치들의 의미 있는 증가가 있었고, 이는 좁은 전방각을 개방하는데 레이저 홍채절개술이 유용하다는 것을 의미한다. Jovina et al<sup>21</sup>은 원발폐쇄각녹내장 동양인에서 레이저 홍채절개술 후 전안부 빛간섭단층촬영 계측치들의 증가와 전방각이 넓어짐을 보고하였고, Chalita et al<sup>33</sup>도 이와 유사한 결과를 보고하였는데, 이는 본 연구의 결과와 일맥 상통하였다. 또

한 Ishikawa et al<sup>34</sup>은 초음파생체현미경을 사용하여 레이저 홍채절개술 후 전방각이 넓어짐을 보고하였다. 주변홍채성형술병용군에서 레이저 홍채절개술과 레이저 주변홍채성형술 후 전안부 계측치들의 의미 있는 증가가 있었고 전방각이 넓어짐이 관찰되었다. Ritch et al<sup>13</sup>도 초음파생체현미경을 사용하여 주변홍채성형술 후 전방각이 넓어짐을 보고하였다(Fig. 2, 3).

본 연구에서 홍채절개술과 주변홍채성형병용군을 비교하였을 때 주변홍채성형병용군에서 홍채절개술보다 시술 전 전방각 계측치 중 AOD 500, ARA 750, TISA 500, TISA 750, TIA의 유의한 차이가 있었다. 이는 본 연구의 한계점으로 대상 환자의 수가 적은 요인이 작용하였으리라 생각된다. 향후 보다 많은 환자를 대상으로 한 연구가 필요하리라 사료되며, 그럼에도 불구하고 주변홍채성형병용군과 홍채절개술을 나눌 때 무작위적 추출을 시행하였으므로, 결과는 의미 있게 받아들일 수 있는 것이라 여겨진다. 따라서 본 연구에서 주변홍채성형병용군에서 홍채절개술보다 시술 전후 유의한 증가가 있어 주변홍채성형술을 병용하는



**Figure 2.** Angle changes of AS-OCT before and after laser peripheral iridotomy. (A) AS-OCT image showing angle closure before laser peripheral iridotomy. (B) AS-OCT image showing the same angle open after laser peripheral iridotomy.



**Figure 3.** Angle changes of AS-OCT before and after laser peripheral iridotomy and argon laser peripheral iridoplasty. (A) AS-OCT image showing angle closure before laser peripheral iridotomy and argon laser peripheral iridoplasty. (B) AS-OCT image showing the same angle open after laser peripheral iridotomy and argon laser peripheral iridoplasty.

것이 레이저 홍채절개술 단독시술보다 좁은 전방각을 넓히는 데 효과가 있다고 생각할 수 있겠다. 이는 레이저 홍채절개술과 주변홍채성형술을 병용함으로써 레이저 홍채절개술의 전방각을 넓힘에 더하여 주변홍채성형술로 홍채를 수축시킴으로써 보다 전방각을 넓히지 않았나 생각한다.

또한 안압의 변화는 홍채절개술과 주변홍채성형병용군을 비교했을 때 차이가 없었으며, 이는 Kim et al<sup>35</sup>이 홍채절개술과 주변홍채성형병용군의 안압을 비교했을 때 차이가 없었다는 결과와 일치하였다. Kim et al<sup>35</sup>은 이에 대한 원인으로 주변홍채성형병용군에서는 홍채의 수축이 단기적으로는 이루어지지만, 시간이 경과하면서 수축된 홍채가 서서히 이완되기 때문이라고 추측하였다.

결론적으로 원발폐쇄각에서 레이저 홍채절개술 단독 치료와 레이저 홍채절개술과 레이저 주변홍채성형술 병합 치료 모두 전방각을 넓히는 데 효과가 있으며, 레이저 홍채절개술과 레이저 주변홍채성형술 병합 치료가 레이저 홍채절개술 단독 치료보다 전방각을 개방시키는 데 효과가 있는 것으로 생각하나, 이에 대한 더 많은 연구가 필요하리라 생각된다.

## 참고문헌

- 1) Erie JC, Hodge DO, Gray DT. The incidence of primary angle-closure glaucoma in Olmstead County, Minnesota. *Arch Ophthalmol* 1997;115:177-81.
- 2) Foster PJ. Glaucoma in China: how big is the problem? *Br J Ophthalmol* 2001;85:1277-82.
- 3) Dandona L, Dandona R, Mandal P, et al. Angle-closure glaucoma in an urban population in southern India. The Andhra Pradesh eye disease study. *Ophthalmology* 2000;107:1710-6.
- 4) Foster PJ, Baasanhu J, Alsbirk PH, et al. Glaucoma in Mongolia: A population-based survey in Hövsögöl Province, Northern Mongolia. *Arch Ophthalmol* 1996;114:1235-41.
- 5) Kimbrough RL, Trempe CS, Brockburst RJ, Simmon RJ. Angle-closure glaucoma in nanophthalmos. *Am J Ophthalmol* 1979;88:572-9.
- 6) Iwata K, Abe, Sugiyama J. Argon laser iridotomy in primary chronic angle-closure glaucoma. *Glaucoma* 1985;7:103-6.
- 7) Del Price LV, Robin AL, Pollack IP. Neodymium:YAG and argon laser iridotomy. Long-term follow-up in a prospective, randomized clinical trial. *Ophthalmology* 1988;95:1207-11.
- 8) Ritch R. Argon laser treatment for medically unresponsive attacks of angle closure glaucoma. *Am J Ophthalmol* 1982;94:194-204.
- 9) Saunders DC. Acute closed-angle glaucoma and Nd-YAG laser iridotomy. *Br J Ophthalmol* 1990;74:523-5.
- 10) Lam DS, Lai JS, Tham CC. Immediate argon laser peripheral iridoplasty as treatment for acute attack of primary angle-closure glaucoma. *Ophthalmology* 1998;105:2231-6.
- 11) Ritch R, Podos SM. Argon laser treatment of angle-closure glaucoma. *Perspectives in Ophthalmology* 1980;4:129-38.
- 12) Ritch R. Argon laser peripheral iridoplasty: an overview. *J Glaucoma* 1992;1:206-13.
- 13) Ritch R, Tham CC, Lam DS. Argon laser peripheral iridoplasty (ALPI): an update. *Surv Ophthalmol* 2007;52:279-88.
- 14) Hung T, Chou LH. Provocation and mechanism of angle-closure glaucoma after iridectomy. *Arch Ophthalmol* 1979;97:1862-4.
- 15) Hong C, Park KH, Hyung SM, et al. Evaluation of pupillary block component in angle-closure glaucoma. *Jpn J Ophthalmol* 1996;40:239-43.
- 16) Aung T, FRCS, FRCOphth, et al. Acute primary angle-closure: long-term intraocular pressure outcome in Asian eyes. *Am J Ophthalmol* 2001;131:7-12.
- 17) Ningli W, Heping WU, Zhigang F. Primary angle closure glaucoma in Chinese and Western populations. *Chin Med J* 2002;115:1706-15.
- 18) Robert R, Jeffrey M, Liebmann. Argon laser peripheral iridoplasty. *Ophthalmic Surg Lasers* 1996;27:289-300.
- 19) Izatt JA, Hee MR, Swanson EA, et al. Micrometer-scale resolution imaging of the anterior eye in vivo with optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol* 1994;112:1584-9.
- 20) Radhakrishnan S, Rollins AM, Roth JE, et al. Real-time optical coherence tomography of the anterior segment at 1310 nm. *Arch Ophthalmol* 2001;119:1179-85.
- 21) See JL, Chew PT, Smith SD, et al. Changes in anterior segment morphology in response to illumination and after laser iridotomy in Asian eyes: an anterior segment OCT study. *Br J Ophthalmol* 2007;91:1485-9.
- 22) Yip JL, Foster PJ, Gilbert CE, et al. Incidence of occludable angles in a high-risk Mongolian population. *Br J Ophthalmol* 2008;92:30-3.
- 23) Pavlin CJ, Harasiewicz K, Foster FS. Ultrasound biomicroscopy of anterior segment structures in normal and glaucomatous eyes. *Am J Ophthalmol* 1992;113:381-9.
- 24) Radhakrishnan S, Goldsmith J, Huang D, et al. Comparison of optical coherence tomography and ultrasound biomicroscopy for detection of narrow anterior chamber angles. *Arch Ophthalmol* 2005;123:1053-9.
- 25) Müller M, Dahmen G, Pörksen E, et al. Anterior chamber angle measurement with optical coherence tomography: Intraobserver and interobserver variability. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:1803-8.
- 26) 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.
- 27) Aung T, Ang LP, Chan SP, et al. Acute primary angle-closure: long-term intraocular pressure outcome in Asian eyes. *Am J Ophthalmol* 2001;131:7-12.
- 28) Krasnov MM. Q-switched laser iridectomy and Q-switched laser goniotomy. *Adv Ophthalmol* 1977;34:192-6.
- 29) Sassani JW, Ritch R, McCormick S, et al. Histopathology of argon laser peripheral iridoplasty. *Ophthalmic Surg* 1993;24:740-5.
- 30) Wirbelauer C, Gochmann R, Pham DT. Imaging of the anterior eye chamber with optical coherence tomography. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2005;222:856-62.
- 31) Tomlinson A, Leighton DA. Ocular dimensions in the heredity of angle-closure glaucoma. *Br J Ophthalmol* 1973;57:475-86.
- 32) Palvin CJ, Ritch R, Foster FS. Ultrasound biomicroscopy in plateau iris syndrome. *Am J Ophthalmol* 1992;113:390-5.
- 33) Chalita MR, Li Y, Patil C, et al. High-speed optical coherence to-

mography of laser iridotomy. Am J Ophthalmol 2005;140:1133-6.  
34) Ishikawa H, Liebmann JM, Ritch R. Quantitative assessment of the anterior segment using ultrasound biomicroscopy. Curr Opin Ophthalmol 2000;11:133-9.

35) Kim HS, Kim YY, Jung HR. Effect of combined argon laser peripheral iridoplasty and laser iridotomy in primary angle-closure glaucoma. J Korean Ophthalmol Soc 2003;44:2565-70.

=ABSTRACT=

## Change in Angle Parameters Measured by Anterior Segment Optical Coherence Tomography after Laser Peripheral Iridotomy Alone versus Laser Peripheral Iridotomy and Argon Laser Peripheral Iridoplasty

Hyung Ju Park, MD, Ki Ho Park, MD, PhD, Seok Hwan Kim, MD, PhD, Tae Woo Kim, MD, PhD,  
Dong Myoung Kim, MD, PhD

*Department of Ophthalmology, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea*

**Purpose:** To compare the changes in angle parameters after laser peripheral iridotomy (LPI) alone versus LPI and ALPI (argon laser peripheral iridoplasty) in primary angle closure patients by using anterior segment optical coherence tomography (AS-OCT).

**Methods:** A total of 25 eyes from 17 patients with narrow angles were enrolled in this present study. Eleven eyes in the LPI treatment group and 14 eyes in the LPI and ALPI combined treatment group were evaluated using AS-OCT. The anterior chamber depth (ACD), angle opening distance at 500  $\mu\text{m}$  (AOD 500) and 750  $\mu\text{m}$  (AOD 750), angle recess area at 500  $\mu\text{m}$  (ARA 500) and 750  $\mu\text{m}$  (ARA 750), trabecular-iris space area at 500  $\mu\text{m}$  (TISA 500) and 750  $\mu\text{m}$  (TISA 750), trabecular-iris angle (TIA) were measured. The pre- and post-treatment parameters were compared in each group. The parameter changes after laser treatment were also compared.

**Results:** AOD 500, AOD 750, ARA 500, ARA 750, TISA 500 and TISA 750 except ACD significantly increased following LPI treatment ( $p = 0.013$ ,  $p = 0.010$ ,  $p = 0.008$ ,  $p = 0.003$ ,  $p = 0.006$ ,  $p = 0.003$ ,  $p = 0.013$ , respectively, Wilcoxon signed rank test) and LPI and ALPI combined therapy ( $p = 0.001$ ,  $p = 0.001$ , respectively, Wilcoxon signed rank test). The AOD 500 difference, TISA 500 difference, and TISA 750 difference were significantly greater after LPI and ALPI combined therapy than after LPI treatment alone ( $p = 0.112$ ,  $p = 0.147$ ,  $p = 0.049$ ,  $p = 0.037$ , respectively, Mann-Whitney *U*-test).

**Conclusions:** The results from the present study showed LPI alone or LPI and ALPI combined therapy significantly widened the anterior chamber angle and combined therapy showed greater effect than LPI alone.

J Korean Ophthalmol Soc 2011;52(5):566-573

**Key Words:** Anterior segment optical coherence tomography, Argon laser peripheral iridoplasty, Laser peripheral iridotomy

---

Address reprint requests to **Ki Ho Park, MD, PhD**  
Department of Ophthalmology, Seoul National University Hospital  
101 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 100-799, Korea  
Tel: 82-2-2072-2438, Fax: 82-2-741-3187, E-mail: kihopark@snu.ac.kr