난치 녹내장에서 마이크로펄스 공막경유섬모체광응고술의 단기 임상효과

Short-term Clinical Outcomes of Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation in Refractory Glaucoma Patients

서재신 · 유영철 · 정재근

Jae Shin Suh, MD, Young Cheol Yoo, MD, Jae Keun Chung, MD

건양대학교 의과대학 김안과병원 안과학교실 명곡안연구소

Myung-Gok Eye Research Institute, Department of Ophthalmology, Kim's Eye Hospital, Konyang University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: We evaluated the efficacy and safety of micropulse transscleral cyclophotocoagulation (MP-TSCPC) in refractory glaucoma patients.

Methods: A retrospective chart review was performed for 23 eyes of 23 patients with refractory glaucoma who were followed for 6 months after MP-TSCPC.

Results: The mean preoperative intraocular pressure (IOP) was 39.3 ± 15.8 mmHg and the mean number of antiglaucoma medications was 2.6 ± 0.6 . Both significantly decreased at 6 months to 23.8 ± 15.4 mmHg ($p = 0.002$) and 1.8 ± 1.1 ($p = 0.018$). Surgical success was defined as a postoperative IOP decrease from 6-21 mmHg or more than 20% reduction from baseline. The success rate was 65.2% at 6 months. Complications of MP-TSCPC included subconjunctival hemorrhage in 6 eyes (26.1%), ocular pain in 16 eyes (69.6%), anterior chamber inflammation in 17 eyes (73.9%), and hypotony in 2 eyes (8.7%).

Conclusions: MP-TSCPC in patients with refractory glaucoma showed a reduction in IOP and the number of antiglaucoma medications in the short-term. However, additional studies are needed to determine the optimal laser settings for maximum efficacy and safety.

J Korean Ophthalmol Soc 2020;61(4):367-375

Keywords: Intraocular pressure, Micropulse transscleral cyclophotocoagulation, Refractory glaucoma

녹내장은 실명을 유발하는 대표적인 안질환 중 하나로 진행성 망막신경섬유층 두께의 감소, 시신경유두테의 얇아짐, 망막신경절세포의 소실, 그리고 이에 대응하는 시야의 손상을 특징으로 하는 시신경병증으로 정의되고 있다.^{1,2} 녹

내장 치료의 목적은 약물, 레이저시술, 혹은 수술 등을 통하여 방수 유출을 증가시키거나 생성을 감소시켜 안압을 하강시키고 시기능을 보존하는 것이다. 그중 섬모체파괴술은 섬모체를 파괴하여 방수생성을 줄임으로써 안압을 떨어뜨리는 치료 방법으로 1950년대 섬모체냉동술이 처음 소개된 이후 지속적으로 발전하였으며 현재는 레이저를 이용하여 섬모체를 파괴하는 섬모체광응고술을 주로 사용하고 있다.^{3,4} 기존의 연속파장 공막경유섬모체광응고술(continuous wave transscleral cyclophotocoagulation)은 810 nm의 적외선 파장을 지닌 다이오드 레이저를 조사하여 섬모체의 색소상피 내 멜라닌에 에너지를 흡수시키고 광응고를 일으켜

■ Received: 2019. 7. 26. ■ Revised: 2019. 9. 9.

■ Accepted: 2020. 3. 17.

■ Address reprint requests to **Jae Keun Chung, MD**
Myung-Gok Eye Research Institute, Kim's Eye Hospital, #1
Yeongsin-ro 34-gil, Yeongdeungpo-gu, Seoul 07301, Korea
Tel: 82-2-2639-7811, Fax: 82-2-2633-3976
E-mail: glauchung@kimeye.com

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

© 2020 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.

섬모체를 파괴하는 기전을 가지고 있다.⁵ 그러나 연속적인 에너지 전달 방식으로 목표로 하는 조직 외에도 주변의 조직까지 같이 손상시킴으로써 시술 후 결과를 예측하기가 어렵고, 만성적인 염증, 통증, 시력저하 및 저안압과 안구로 같은 심각한 합병증을 유발할 수 있다.^{6,7} 그렇기 때문에 섬모체광응고술은 주로 시력 예후가 좋지 않거나, 녹내장수술을 받기 적합하지 않은 상태의 난치 녹내장 환자들을 대상으로 시행되어 왔다.⁷

최근 비연속적인 에너지 전달 방식의 레이저를 이용한 마이크로펄스 공막경유섬모체광응고술(micropulse transscleral cyclophotocoagulation)이 소개되었다.⁸⁻¹⁰ 섬모체에 지속적으로 레이저 에너지를 전달하는 연속과장 방식과 달리 마이크로펄스 방식은 휴지기(off-cycle)에 의해 분리되는 짧고 반복적인 레이저로 에너지를 전달한다(on-cycle). 레이저를 조사하여 에너지가 전달되는 동안(on-cycle)에는 목표로 하는 섬모체 색소상피가 충분히 광응고손상을 일으킬 수 있는 상태에 도달하게 되고, 뒤따르는 휴지기(off-cycle)를 가짐에 따라 주변의 비색소상피 등 주변 조직의 손상을 최소화시킬 수 있게 된다.¹¹ 지금까지 여러 연구들을 통해 마이크로펄스 공막경유섬모체광응고술이 기존의 섬모체광응고술과 비교하여 효과는 비슷하면서도 합병증의 발생이 더 적다는 결과들이 보고되었다.^{11,12} 그러나 아직까지 한국인을 대상으로 치료 효과 및 안정성에 대해 평가한 연구는 국내에 보고된 바 없다. 따라서 본 연구는 난치 녹내장을 지닌 한국인 환자들을 대상으로 마이크로펄스 공막경유섬모체광응고술을 시행하여 안압하강 정도 및 합병증 등의 임상효과를 확인하고자 하였다.

대상과 방법

2018년 7월부터 8월까지 김안과병원 녹내장센터에 내원한 난치 녹내장환자들을 대상으로 마이크로펄스 공막경유섬모체광응고술을 시행하였고 이후 6개월간 경과 관찰이 가능했던 환자들에 대하여 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 난치 녹내장은 최대약물요법 및 레이저 시술을 포함한 수술적 치료에도 불구하고 안압이 조절되지 않는 경우로 정의하였다. 대상에 포함된 환자들은 녹내장의 진행을 억제하거나 안압상승으로 인한 심한 안구통증 및 각막손상의 진행을 조절하기 위해 안압하강이 필요하나, 이전의 녹내장수술이 실패하였거나 수술을 받기 적합한 안구 및 전신상태가 아닌 경우, 주치의 판단에 의해 선정되었다.

모든 환자들은 시술 전 대상안에 0.5% proparacaine hydrochloride (Alcaine[®], Alcon Laboratories, Inc., Fort Worth, TX, USA) 점안약으로 국소마취 후 2% Lidocaine HCl

(Lidocaine HCl INJ. 2%[®], Daihan Pharm Co., Ltd., Seoul, Korea) 2 mL를 38 mm의 23G 바늘을 이용하여 구후마취하였다. 마이크로펄스 공막경유섬모체광응고술은 P3 probe (IRIDEX Inc., Mountain View, CA, USA)와 연결된 다이오드 레이저 시스템(IRIDEX Cyclo G6 Laser Systems, IRIDEX Inc., Mountain View, CA, USA)을 이용하여 시행하였다. 시술 시 레이저의 강도는 2,000 mW에서 2,500 mW, 작동주기(duty cycle)는 31.3% (micropulse “on” 0.5 ms, micropulse “off” 1.1 ms)로 설정하였다. P3 probe는 footplate의 앞쪽 경계가 각막윤부에 닿게 하고 안구 표면에 대해 수직으로 위치시켜 각막윤부에서 3 mm 뒤쪽 지점에 레이저가 조사될 수 있도록 하였다. 그 후 P3 probe를 안구 표면에 밀착시킨 상태에서 천천히 붓질하듯이 연속적인 움직임으로 상측 또는 하측 180° 범위를 왕복하였으며, 전체 360°에 걸쳐 100초에서 180초까지 레이저를 조사하였다. 시술 중 안구의 3시와 9시 방향, 여과포 및 방수유출장치가 위치한 부위는 피하였으며, 레이저의 강도 및 조사시간은 환자의 시술 전 안압과 눈의 상태를 고려하여 시술자 판단하에 조절하였다. 레이저 조사 직후 전방천자를 시행한 경우는 없었다. 시술 후에는 한 달간 스테로이드 점안제(Pred forte[®], Allergan, Irvine, CA, USA)를 1일 4회, 조절마비제(Isopto atropine 1%[®], Alcon, Fort Worth, TX, USA)를 1일 2회 점안하도록 하였으며 이후 환자 상태에 따라 중단 또는 감량하도록 하였다. 그리고 시술 전 사용하던 녹내장약물은 시술 후 유지하도록 하였으며 이후 안압 경과에 따라 증감하였다.

시술 전 모든 대상자들에게서 의무기록을 통하여 나이, 성별, 동반된 전신질환 및 안질환, 녹내장 종류, 레이저시술 및 안구내 수술의 과거력, 녹내장약물 개수, 골드만안압계를 이용해 측정한 안압, 최대교정시력에 대해 조사하였다. 녹내장약물 개수는 복합제제의 경우 2개를 사용한 것으로 평가하였다. 그 외 실명 또는 각막혼탁, 과숙백내장 등 안구내체의 혼탁으로 인해 검사가 시행되지 않았던 환자를 제외하고 자동시야검사를 이용한 mean deviation, pattern standard deviation, visual field index값과 안축장 길이, 각막두께, 굴절력(spherical equivalent), 유두함몰비에 대한 자료도 수집하였다. 수술기록지에 기재된 내용을 통해 사용된 레이저 세팅과 술 중 발생한 합병증에 대해 조사하였으며, 시술 후 1일, 1주, 1개월, 3개월, 6개월까지의 경과 관찰에서 내원 시마다 안압, 녹내장약물 개수, 최대교정시력, 세극등현미경으로 관찰한 전안부 소견 및 합병증, 그리고 시술의 성공 여부를 판단하여 기록하였다. 모든 환자들은 내원 시마다 고안압 혹은 각막부종 등으로 인한 안구통증이 있는지를 문진하였는데, 통증이 있는 경우 그 정도를 Wong-Baker

Faces Pain Rating Scale (WBS)을 이용하여 평가하였다. 그리고 섬모체광응고술에 의한 통증을 확인하기 위해 시술이 끝난 뒤 환자에게 설문하여 시술 중, 그리고 직후에 느꼈던 통증의 정도를 평가하였다. 환자들은 설문지에 표시된 얼굴 모양과 설명에 따라 0점부터 10점까지 자신의 통증 수준을 가장 잘 나타내는 얼굴을 선택하였는데 시술 전, 시술 중과 직후, 그리고 시술 후 1일, 1주 뒤 경과 관찰에서 평가한 통증점수의 기록을 조사하였다. 성공의 정의는 시술 후 녹내장약물 개수와 상관없이 안압이 6-21 mmHg 사이 혹은 시술 전과 비교하여 20% 이상의 안압하강을 달성한 경우로 정의하였다. 시술 후 안압이 성공의 기준을 만족하지 못했거나 경과 관찰기간 중 안압이 6 mmHg 미만인 저안압(hypotony)과 같은 합병증이 발생한 경우에는 실패로 간주하였다. 또한 시술 후 6개월 동안 경과 관찰이 불가능하였던 경우에는 대상에서 제외하였다.

통계학적 분석은 SPSS 22.0 for Window (IBM Corp., Armonk, NY, USA) 통계 프로그램을 이용하여 시행하였다. 시술 전과 후의 비교는 paired *t*-test, Wilcoxon signed-rank test를 이용하였으며, 각 군 간의 비교는 independent *t*-test, Mann-Whitney *U*-test를 이용하였다. 시술의 성공률은 각각의 경과 관찰지점마다 성공의 정의를 만족하는 대상안의 비율을 백분율로 나타내었다(success rate). *p*-value는 0.05 미만을 유의한 것으로 하였다. 본 연구는 본원의 생명윤리 심의위원회(Institutional Review Board, IRB) (승인 번호: 2019-02-009)의 승인을 받아 시행하였다.

결 과

전체 환자는 23명 23안으로 그중 남성은 17명 17안(73.9%), 여성은 6명 6안(26.1%)이었으며, 평균 연령은 59.4 ± 13.7 세 (41-83세)였다. 섬모체광응고술을 시술 받은 부위로는 우안이 13안(56.5%), 좌안이 10안(43.5%)이었다. 전신질환은 고혈압이 9명(39.1%), 당뇨병 8명(34.8%)에서 있었고, 동반된 안질환은 수포각막병증 8안(34.8%), 피각막병증 2안(8.7%), 망막박리 4안(17.4%), 중심망막정맥폐쇄 1안(4.4%), 분지망막정맥폐쇄 1안(4.4%)이었다. 신생혈관녹내장(10안, 43.5%)이 녹내장의 종류 중 가장 많았으며, 다음은 이차개방각녹내장(6안, 26.1%; 거짓비늘녹내장 4안, 17.4%; 염증성녹내장 2안, 8.7%), 만성폐쇄각녹내장(5안, 21.7%), 원발개방각녹내장(2안, 8.7%) 순이었다. 평균 시신경유두함몰비는 0.9 ± 0.1 (18안)이었고, 안축장 길이는 24.5 ± 1.2 mm (12안), 굴절력은 -0.8 ± 2.5 D (18안), 중심각막두께는 587 ± 62.8 μ m (11안)였다. 자동시야검사의 경우에는 대부분의 눈이 실명 혹은 그에 준하는 시력을 가지고 있어 3안에서

만 검사가 시행되었기 때문에 분석에서 제외하였다. 안구 내 수술의 과거력은 백내장수술을 받은 눈이 13안(56.5%)이었는데 그중 유수정체안이 11안(47.8%), 무수정체안이 2안(8.7%)이었다. 다음으로는 아메드밸브삽입술 6안(26.1%), 섬유주절제술 5안(21.7%), 유리체절제술 7안(30.4%)이었다. 과거 1안(4.4%)에서 연속파장 공막경유섬모체광응고술을 시행 받은 경험이 있었다(Table 1).

대상안들의 시술 전 평균 안압은 39.3 ± 15.8 mmHg (19-80 mmHg)였고, 평균 녹내장약물 개수는 2.6 ± 0.8 개 (1-4개)였다. 모든 경과 관찰시점의 평균 안압은 시술 전과 비교했을 때 유의한 감소를 보였으며($p < 0.05$), 시술 6개월

Table 1. Ocular, clinical and demographic characteristics of patients

Variable	Value
Number of patients/eyes	23/23
Eye laterality (right/left)	13/10
Age (years, range)	59.4 ± 13.7 (41-83)
Sex (male/female)	17/6
Hypertension	9 (39.1)
Diabetes mellitus	8 (34.8)
Underlying diagnosis	
Bullous keratopathy	8 (34.8)
Band keratopathy	2 (8.7)
Retinal detachment	4 (17.4)
Central retinal vein occlusion	1 (4.4)
Branch retinal vein occlusion	1 (4.4)
Glaucoma type	
NVG	10 (43.5)
SOAG	6 (26.1)
CACG	5 (21.7)
POAG	2 (8.7)
Cup to Disc ratio (n)	0.9 ± 0.1 (18)
Axial length (mm, n)	24.5 ± 1.2 (12)
Spherical equivalent (diopters, n)	-0.8 ± 2.5 (18)
Central corneal thickness (μ m, n)	587 ± 62.8 (11)
Lens status	
Phakia	10 (43.5)
Pseudophakia	11 (47.8)
Aphakia	2 (8.7)
Previous ocular surgery	
Phacoemulsification	13 (56.5)
AGV implantation	6 (26.1)
Trabeculectomy	5 (21.7)
Vitrectomy	7 (30.4)
Previous laser treatment	
CW-TSCPC	1 (4.4)

Values are presented as mean $\pm$ standard deviation or number (%) unless otherwise indicated.

NVG = neovascular glaucoma; SOAG = secondary open angle glaucoma; CACG = chronic angle closure glaucoma; POAG = primary open angle glaucoma; AGV = Ahmed glaucoma valve; CW-TSCPC = continuous wave trans-scleral cyclophotocoagulation.

뒤의 최종 평균 안압은 23.8 ± 15.4 mmHg (2-53 mmHg)로 시술 전과 비교하여 39.4%의 안압하강을 보였다($p=0.002$) (Table 2, Fig. 1). 녹내장약물 개수는 술 후 일주일 뒤부터 모든 경과 관찰시점에서 유의한 감소를 보였으며($p<0.05$), 6개월 뒤에는 1.8 ± 1.1 개(0-3개)로 감소하였다(Table 2, Fig. 2). 시술 6개월 뒤 교정시력(2.6 ± 0.6 logMAR)은 시술 전(2.6 ± 0.7 logMAR)과 비교하여 유의한 차이가 없었고($p=0.066$), 대부분의 대상안들은 이미 시술 전부터 실명한 상태였으나, 그 외 시력이 있었던 눈에서 시술 후 실명으로 진행된 경우는 없었다(Table 2). 경과 관찰기간 동안 추가적인 레이저 시술 혹은 녹내장수술을 받은 눈은 없었다. 시술의 성공률(success rate)은 시술 후 1일 69.6%, 1주 73.9%, 1개월 60.9%, 3개월 60.9%, 6개월 69.6%로 나타났다(Fig. 3).

시술 중 합병증으로는 경미한 결막하출혈이 6안(26.1%), 안구통증이 16안(69.6%)에서 발생하였는데 시술 후 1주 이내에 모두 별 다른 치료 없이 호전되었다. 시술 후 합병증

Table 2. Overall postoperative outcomes

Variable	Value	p-value
IOP (mmHg, reduction [%])		
Preoperative	39.3 ± 15.8	NA
1 day	28.3 ± 12.4 (-28.0)	$<0.001^*$
1 week	24.5 ± 14.9 (-37.7)	$<0.001^*$
1 month	26.8 ± 13.6 (-31.8)	0.001^*
3 months	24.3 ± 16.7 (-38.2)	0.001^*
6 months	23.8 ± 15.4 (-39.4)	0.002^*
Antiglaucoma medications		
Preoperative	2.6 ± 0.8	NA
1 day	2.5 ± 0.7	$0.083^\dagger$
1 week	2.1 ± 1.0	$0.010^\dagger$
1 month	2.0 ± 1.0	$0.012^\dagger$
3 months	1.7 ± 1.0	$0.005^\dagger$
6 months	1.8 ± 1.1	$0.018^\dagger$
BCVA (logMAR)		
Preoperative	2.6 ± 0.7	NA
6 months	2.6 ± 0.6	$0.066^\dagger$
Complications		
Intraoperative		
with SCH	6 (26.1)	
with ocular pain	16 (69.6)	
Postoperative		
with AC inflammation	17 (73.9)	
with hypotony	2 (8.7)	

Values are presented as mean $\pm$ standard deviation or number (%) unless otherwise indicated.

IOP = intraocular pressure; NA = not applicable; BCVA = best corrected visual acuity; logMAR = logarithm of the minimal angle of resolution; SCH = subconjunctival hemorrhage; AC = anterior chamber.

*Paired *t*-test; † Wilcoxon signed-rank test.

으로는 시술 다음날부터 대부분의 눈(17안, 73.9%)에서 경미한 전방염증이 발생하였으나 스테로이드 점안제를 이용한 보존적 치료만으로 호전되었으며, 시술 1개월 이후에는

Figure 1. Percentage of mean intraocular pressure (IOP) reduction over the consecutive follow-up periods. Postoperative mean IOP of Overall and Enhanced setting group at each follow-up time is significantly lower than preoperative baseline. **p*-values < 0.05 , means significant difference comparison with baseline.

Figure 2. Number of antiglaucoma medications over the consecutive follow-up periods. **p*-values < 0.05 , means significant difference comparison with baseline.

모든 눈에서 전방염증이 관찰되지 않았다. 저안압은 경과 관찰 중 2안(8.7%)에서 나타났다(Table 2). 두 경우 모두 녹내장수술을 받았던 과거력은 없었으며 시술 후 1개월까지는 안압이 30 mmHg 정도였으나 3개월 이후에는 6 mmHg 미만으로 측정되어 급격한 안압의 감소를 보였다. 5년 전 연속파장 공막경유섬모체광응고술을 시행 받았던 경험이 있는 1안에서는 시술 후 전방염증 외 다른 합병증은 발생하지 않았으며 시술 전 58 mmHg의 안압이 6개월 뒤에는 11 mmHg로 조절되었다.

경과 관찰기간 중 안구통증의 변화를 알아보기 위해 WBS로 평가된 점수를 비교하였다. 전체 대상안의 시술 전 평균 통증 점수는 0.5 ± 0.2 점이었고, 시술 중, 그리고 직후의 통증은 각각 3.1 ± 0.6 점($p=0.001$), 1.2 ± 0.3 점($p=0.031$)으로 시술 전과 비교하였을 때 섬모체광응고술 시행으로 인해 유의한 통증이 발생하였으나 이로 인해 시술 도중 추가로 마취가 필요했던 경우는 없었다. 시술 후 1일에는 0.1 ± 0.1 점($p=0.077$), 7일에는 0.2 ± 0.1 점($p=0.102$)으로 다시 낮아졌으며 시술 전의 통증과 비교하여 유의한 차이는 없었다(Fig. 4). 이후 경과 관찰에서 통증이 있다고 응답한 환자는 없었다. 섬모체광응고술 시행 후 안압하강에 따른 통증의 변화를 좀 더 자세히 알아보하고자 시술 전 통증이 있다고 응답한 4안을 대상으로 따로 분석하였다. 4안 중 3안은 수포각막병증, 1안은 띠각막병증으로 인해 통증을 호소하였는데 시술 전 통증 점수는 평균 2.75 ± 0.3 점(2-3점)이었다. 시술 1일 뒤에는 0.3 ± 0.3 점(0-1점, $p=0.059$), 1주 뒤에

는 0.8 ± 0.5 점(0-2점, $p=0.063$)으로 모두 시술 전보다 통증이 어느 정도 감소하였다. 4안 모두 시술 1개월 이후부터 마지막 경과 관찰기간까지 시술 전보다 20% 이상의 안압하강을 유지하였으며, 더 이상 안구통증을 호소하지 않았다.

시술 중 사용된 레이저 세팅에 따른 임상결과의 차이를 알아보기 위해 하위집단 분석을 시행하였다. 일반적으로 권장되는 레이저 세팅인 2,000 mW, 31.3% duty cycle, total 100 seconds를 standard setting으로 정의하였고, 레이저의 강도 또는 조사시간을 늘린 경우를 enhanced setting (2,000-2,500 mW, 31.3% duty cycle, total 120-160 seconds)으로 정의하였다. 각각의 세팅으로 시술 받은 두 군의 대상안들을 시술 전과 시술 6개월 뒤의 결과로 비교 분석하였다. Standard setting군에서는 평균 안압이 시술 전 34.0 ± 11.8 mmHg (19-56 mmHg)에서 1일 뒤 25.1 ± 8.4 mmHg (-26.2%, 14-42 mmHg, $p=0.007$), 1주 뒤 24.8 ± 14.5 mmHg (-27.1%, 7-54 mmHg, $p=0.027$), 1개월 뒤 27.5 ± 10.9 mmHg (-19.1%, 7-47 mmHg, $p=0.194$), 3개월 뒤 24.5 ± 15.2 mmHg (-27.9%, 3-62 mmHg, $p=0.025$), 6개월 뒤 24.7 ± 16.6 mmHg (-27.4%, 2-53 mmHg, $p=0.051$)로 감소하였다. Enhanced setting군은 시술 전 49.3 ± 18.1 mmHg (30-80 mmHg)에서 시술 1일 뒤 34.5 ± 16.5 mmHg (-30.0%, 14-60 mmHg, $p<0.001$), 1주 뒤 23.9 ± 16.5 mmHg (-51.3%, 8-59 mmHg, $p=0.001$), 1개월 뒤 25.6 ± 18.5 mmHg (-47.9%, 6-63 mmHg, $p=0.002$), 3개월 뒤 24.0 ± 20.2 mmHg (-51.3%, 4-64 mmHg,

Figure 3. Treatment success rate at each follow-up time. At 6 months, overall success rate was 69.6%.

Figure 4. Ocular pain change by Wong Baker Faces Pain Rating Scale. * p -values < 0.05, means significant difference comparison with baseline.

$p=0.013$), 6개월 뒤 22.1 ± 13.7 mmHg (-55.0%, 3-42 mmHg, $p=0.014$)로 감소하여 모든 경과 관찰기간 동안 유의한 안압하강 결과를 보여주었다. 또한 시술 6개월 후 안압하강 정도는 standard setting군보다 유의하게 더 컸던 것으로 나타났다($p=0.047$) (Table 3, Fig. 1). Standard setting군의 평균 녹내장약물 개수는 시술 전 2.5 ± 0.8 개에서 시술 1일 뒤 2.4 ± 0.7 개($p=0.157$), 1주 뒤 1.9 ± 1.1 개($p=0.024$), 1개월 뒤 2.1 ± 1.0 개($p=0.068$), 3개월 뒤 1.8 ± 1.1 개($p=0.042$), 6개월 뒤 2.0 ± 1.1 개($p=0.201$)로 감소하였으나 마지막 경과 관찰에서 유의한 차이는 없었고, enhanced setting군은 시술 전 2.8 ± 0.9 개에서 시술 1일 뒤 2.6 ± 0.7 개($p=0.317$), 1주 뒤 2.4 ± 0.9 개($p=0.18$), 1개월 뒤 2.0 ± 0.9 개($p=0.083$), 3개월 뒤 1.5 ± 0.8 개($p=0.039$), 6개월 뒤 1.4 ± 1.1 개($p=0.041$)로 유의한 감소를 보여주었다(Fig. 2, Table 3). 시술 6개월 뒤 성공률은 standard setting에서 66.7%, enhanced setting에서 75.0%로 enhanced setting에서 좀 더 높았으며, 모든 경과 관찰기간에서 standard setting보다 높은 성공률을 보였다(Fig. 3). 시술과 관련된 합병증으로는 결막하출혈이 standard setting에서 좀 더 높은 빈도(5안 vs. 1안)로 나타난 것 외에는 비슷하였으며 저안압은 standard setting으로 시술했던 신생혈관녹내장 1안, enhanced setting으로 시술했던 만성폐쇄각녹내장 1안에서 각각 발생하였다.

녹내장의 종류에 따른 섬모체광응고술의 효과 차이를 비교해 보기 위해 신생혈관녹내장 10안과 그 외 녹내장 13안 두 군으로 나누어 분석을 시행하였다. 신생혈관녹내장군은 시술 전 안압 40.4 ± 16.9 mmHg (20-80 mmHg)에서 시술 6개월 뒤 31.7 ± 17.8 mmHg (-21.5%, 2-53 mmHg, $p=0.213$)로 안압이 하강하였으나 유의한 차이가 없었던 반면에 그 외 녹내장군에서는 시술 전 35.8 ± 5.2 mmHg (19-70 mmHg)에서 시술 6개월 뒤 16.2 ± 3.2 mmHg (-54.7%, 3-42 mmHg, $p=0.002$)로 뚜렷한 안압하강 효과가 있었고 신생혈관녹내장군과 비교하여 유의하게 더 낮은 시술 후 안압을 보여주었다($p=0.049$). 평균 녹내장약물 개수도 신생혈관녹내장군에서는 시술 전후로 차이가 없었으나($p=1.000$), 그 외 녹내장군에서는 시술 전 2.7 ± 0.2 개에서 6개월 뒤 1.1 ± 0.3 개로 약물 개수의 유의한 감소가 있었다($p=0.007$). 시술 6개월 뒤 성공률은 신생혈관녹내장군에서는 40%였고, 그 외 녹내장군에서는 76.9%로 나타나 차이를 보였다.

고 찰

섬모체광응고술은 섬유주절제술이나 방수유출장치삽입술 같은 녹내장수술과 비교하여 시술 시간이 짧고 비교적 간단하며, 절개가 필요 없는 등의 장점이 있다. 하지만 시

술 후 합병증의 발생 빈도가 높고 저안압 및 안구로 같은 심각한 합병증을 초래할 수 있어 시력예후가 불량할 것으로 예상되거나 수술을 받기 어려운 안구 및 전신 상태를 가진 말기 녹내장환자에서 제한적으로 시행되어 왔다.¹³

본 연구에서는 안압이 조절되지 않는 난치 녹내장환자들을 대상으로 마이크로펄스 공막경유섬모체광응고술을 시행하였다. 시술 후 평균 안압은 시술 전과 비교하여 경과 관찰기간 동안 28.0%에서 39.4%까지 감소하였으며 모든 경과 관찰기간 동안 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 녹내장약물 개수도 시술 6개월 뒤 유의하게 감소하였다(2.6 ± 0.8 vs. 1.8 ± 1.1 , $p=0.018$). 마지막 경과 관찰시점인 시술 6개월 뒤 성공률은 69.6%였으며, 이는 기존에 보고된 해외 연구들의 결과와 비슷하였다. Williams et al¹⁴은 79안에서 마이크로펄스 공막경유섬모체광응고술을 시행하여 6개월 후 66.1%, 마지막 경과 관찰(평균 7.8개월)에서 66.7%의 성공률(6-21 mmHg 사이의 안압, 혹은 20% 이상 감소)을 달성했다고 하였고, Aquino et al¹²은 24안에서 시행하여 시술 12개월 뒤 75%, 18개월 뒤 52%의 성공률(6에서 21 mmHg 사이의 안압, 혹은 30% 이상 감소)을 보고하였다.

레이저 세팅에 따른 치료 효과를 비교해 보고자 standard setting군과 enhanced setting군으로 나누어 시행한 하위집단 분석 결과, 시술 후 안압의 감소 정도는 전달된 레이저의 총량에 비례해서 나타나는 경향을 보였다. Standard setting을 사용한 군은 시술 6개월 뒤 27.4%의 안압하강이 있었던 반면 enhanced setting을 사용한 군에서는 55%로 더 큰 폭의 안압하강이 있었고, 시술 전 안압이 enhanced setting군에서 유의하게 더 높았음에도 불구하고(49.3 ± 18.1 mmHg vs. 34.0 ± 11.8 mmHg, $p=0.023$) 시술 6개월 뒤 안압은 차이가 없었다(22.1 ± 13.7 vs. 24.7 ± 16.6 mmHg, $p=0.681$). 이러한 경향은 기존에 보고된 연구들에서도 유사하게 나타났다. 각 연구의 레이저 세팅 및 대상군의 차이로 직접적인 비교가 어려우나, Tan et al¹¹의 연구에서는 standard setting과 동일한 레이저 세팅(2,000 mW, 31.3% duty cycle, total 100 seconds)을 사용한 결과 40.1 ± 11.6 mmHg의 시술 전 평균 안압이 시술 6개월 뒤 25.8 ± 14.5 mmHg로 35.7% 감소하였다. Emanuel et al¹⁰은 1,600-2,000 mW (평균 1,939 mW)의 레이저 강도에 조사 시간을 180초에서 360초(평균 319초)까지 늘려서 시행하였는데 27.7 ± 10.3 mmHg의 시술 전 안압이 6개월 뒤 13.0 ± 6.9 mmHg로 53.1% 감소하였고, Williams et al¹⁴은 2,000 mW의 레이저 강도에 평균 300초의 조사 시간으로 시행하여 시술 전 31.9 ± 10.2 mmHg의 안압이 7.8개월 후에는 51% 감소하여 더 큰 폭의 안압하강이 있었다. 물론 본 연구에서 standard setting군과 enhanced

setting군의 시술 전 안압 차이가 시술 후 안압하강 정도에 영향이 있었을 가능성을 배제할 수는 없으나 위 연구들의 결과로 미루어 보아 섬모체광응고술에 사용된 에너지 양에 의해 안압감소폭의 차이가 나타난 것으로 생각한다. 또한 시술 6개월 뒤 녹내장약물 개수를 비교했을 때 standard setting군에서는 시술 전과 유의한 차이가 없었던 반면 enhanced setting군에서는 유의한 감소를 보였는데, 이도 레이저 강도에 따른 안압하강 효과의 차이가 있음을 추정해볼 수 있는 결과로 생각한다(Table 3).

신생혈관녹내장은 섬모체광응고술의 성공률이 높지 않은 것으로 알려져 있다. Tan et al¹¹은 전체 대상군에서의 시술 후 성공한 32안(32/40, 80%) 중 신생혈관녹내장이 있는 환자들의 성공률이 6안(6/12안, 50%)으로 가장 낮았다고 하였다. 또한 국내에서 신생혈관녹내장이 있는 환자들을 대상으로 섬모체광응고술을 시행하였던 연구들에서도 각각 21.4%¹⁵와 35%¹⁶의 낮은 성공률을 보고한 바 있다. 본 연구에서도 신생혈관녹내장군과 그 외 녹내장을 두 군으로 나누어 효과를 비교해보았는데 신생혈관녹내장군의 시술 후 성공률은 40%로 그 외 녹내장군의 76.9%보다 낮았으며 시술 후 안압과 녹내장약물 개수에서도 시술 전후 유의한 차이를 보여주지 못하여 섬모체광응고술의 효과가 떨어지는 것으로 나타났다. 다만 신생혈관녹내장군에서는 9안이 standard setting, 1안만이 enhanced setting으로 시술 받았고, 다른 군에서는 각각의 세팅으로 6안과 7안이 시술 받았기 때문에 비교적 낮은 에너지의 사용이 이러한 결과에 영향을 주었을 가능성이 있겠다. 추가로 신생혈관녹내장군에서 레이저의 세팅에 따라 효과 차이가 있는지도 알아보고자 하였으나 대상 안의 수가 적어 분석을 시행하지는 못하였다. 추후 신생혈관녹내장뿐 만이 아니라 다른 녹내장들에서도 레이저 세팅을 달리하여 시술하였을 때 치료에 대한 반응의 차이가 있는지 확인할 수 있는 연구가 시행된다면 임상적으로 매우 의미 있을 것으로 생각된다.

섬모체광응고술은 시력예후가 불량할 것으로 예상되거나 전신 상태가 불량하여 수술이 어려운 경우에 안압을 감소시켜 통증을 완화시킬 목적으로 시행된다.⁷ 본 연구에서는 전체 대상 중 수포각막병증 8안, 피각막병증 2안을 지닌 환자들에서 시술 전 외래를 방문하는 동안 통증이 있었다고 얘기한 적이 있었으나, 실제 WBS로 평가하였을 때 통증이 있다고 응답한 대상은 4안이었다. 이들에게서 마이크로펄스 연속파장 섬모체광응고술을 시행하여 시술 첫날부터 안압하강과 함께 통증의 감소를 경험하였으며, 모두 시술 1개월 이후에는 별다른 합병증 없이 안정적으로 20% 이상의 안압하강이 유지되었고 통증도 더 이상 없는 것으로 나타났다. 따라서 난치 녹내장환자에서 고안압 및 안구통

증 조절 목적의 치료로서 섬모체광응고술은 좋은 선택지가 될 수 있을 것이다.

시술과 관련해 발생한 합병증은 대부분 결막하출혈, 통증, 전방염증 등 경미한 것으로 별다른 치료 없이 1개월 내 모두 호전되었으나 심각한 합병증으로는 저안압이 2안(8.7%)에서 발생하였다. 마이크로펄스 공막경유섬모체광응고술 후 저안압이 나타나는 빈도에는 연구들마다 차이가 있었다. Aquino et al¹²과 Zaarour et al¹⁷은 경과 관찰기간 동안 저안압이나 안구로가 발생하지 않았다고 하였으나, Emanuel et al¹⁰은 5안에서 만성 저안압이 발생했다고 하였고, Williams et al¹⁴은 7안에서 저안압, 2안에서 안구로가 발생했다고 보고하였다. 또한 Emanuel et al¹⁰과 Williams et al¹⁴의 연구에서는 3개월 이상 지속되는 만성적인 전방염증(46%, 26%) 및 2줄 이상의 시력저하(26.2%, 16.5%)의 합병증 빈도도 높게 나타났다. 이러한 연구 간 합병증의 발생 차이에 대해 Zaarour et al¹⁷은 대상군에 포함된 인종을 원인으로 언급하였다. 백인만을 대상으로 하였던 자신들의 연구와는 달리 Emanuel et al¹⁰과 Williams et al¹⁴의 대상군에는 29%와 30.4%의 흑인이 포함되어 있었는데, 유색인종에서 섬모체광응고술이나 녹내장수술 후 만성적인 염증, 시력저하 및 저안압의 발생이 높게 나타났다는 점을 근거로 설명하였다.^{18,19} Williams et al¹⁴은 시술 후 합병증 중 3개월 이상 지속되는 전방염증의 발생과 관련 있는 위험 요인들에 대해 분석하였는데 인종만이 유의한 관련이 있었고, 유색인종 경우 백인에 비해 그 위험이 3.6배 더 높은 것으로 나타났다. 합병증 발생과 관련된 또 다른 원인으로는 시술 중 전달된 레이저 에너지의 총량이 관계 있을 것으로 보인다. 섬모체광응고술 이후 더 높은 합병증 발생률을 보이는 연구들은 보다 강력한 레이저 세팅을 사용하였는데, Aquino et al¹² (2,000 mW, 100초)과 Zaarour et al¹⁷ (2,000 mW, 180초)에 비해 Emanuel et al¹⁰ (1,939 mW, 319초)과 Williams et al¹⁴ (2,000 mW, 300초)은 더 높은 레이저 세팅을 이용하여 시술하였다.

본 연구는 모두 한국인을 대상으로 하였기 때문에 합병증 발생에 대한 인종의 영향을 확인할 수는 없었고, 저안압이 standard setting군과 enhanced setting군에서 각각 1안씩 발생하였으나 레이저 세팅에 따른 합병증의 차이를 직접적으로 비교 분석하지는 못하였다. 다만 저안압의 보고가 없었던 연구들과 비교하면 Aquino et al¹²은 본 연구의 standard setting과 같은 레이저 세팅을 사용하였고, Zaarour et al¹⁷이 이용한 세팅은 enhanced setting (평균 2,188 mW, 145초)과 비슷하였던 것을 고려하면 대상군의 특성 중 인종 간 차이가 저안압 발생에 영향을 주었을 것으로 생각해 볼 수 있겠다. 혹은 본 연구에 포함된 대상 안들은 대부분이 설명 상

태인 비교적 심한 녹내장을 가지고 있었고, 절반에 가까운 눈에서 녹내장수술의 과거력이 있었기 때문에 이러한 요인들에 대한 영향도 고려해야 할 것이다. 본 연구에서는 대상안의 수가 적어 섬모체광응고술 후 합병증의 발생 위험과 관련된 요인들에 대해 자세히 분석하지는 못하였기 때문에 향후 이에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다. 섬모체광응고술에서의 안압하강 효과는 레이저의 조사 횟수와 관련이 있고, 또한 높은 에너지를 사용할수록 합병증이 발생할 위험도 올라간다고 알려져 있다.^{20,21} 마찬가지로 마이크로펄스 공막경유섬모체광응고술에서도 높은 레이저 세팅을 사용했던 연구들에서 합병증의 발생 빈도가 높았던 것은 앞에서 언급한 바 있다. 본 연구에서는 standard setting과 enhanced setting으로 레이저 강도를 달리하여 시술을 시행하였는데, 더 많은 에너지로 시술하였을 때 안압은 더 큰 폭으로 감소하였지만 시술 후 합병증 발생 빈도는 비슷한 것으로 나타났다. 마이크로펄스 공막경유섬모체광응고술에서는 아직 표준으로 정해진 레이저 세팅이 없기 때문에 향후 한국인을 대상으로 최대의 효과를 얻으면서 합병증의 발생을 최소화할 수 있는 세팅과 관련된 연구가 이루어질 때 본 연구의 결과가 도움이 될 것으로 생각한다.

마지막으로 마이크로펄스 공막경유섬모체광응고술의 진정한 효과를 확인하기 위해서는 기존의 섬모체광응고술과 비교가 필요할 것으로 보인다. 기존의 섬모체광응고술의 효과에 대한 국내의 연구로는 Lee et al²²과 Moon and Youn²³이 각각 난치 녹내장환자 148안과 38안을 대상으로 시행하여 시술 후 48.4%와 31.9%의 유의한 안압하강이 있었다고 보고한 바 있다. Lee et al²²의 연구에서 섬모체광응고술에 사용된 평균 에너지는 60.2 J이었고, 본 연구의 standard setting에서 사용된 에너지는 평균 62.6 J로 비슷하기 때문에 이 둘을 비교해본다면 27.4%의 안압하강이 있었던 standard setting군보다는 더 높은 안압하강 효과를 보여주었으나, 반면 합병증의 측면에서는 시술 후 시력저하가 39명(79.6%)에서 있었고 각막부종이 5명(3.4%), 안구로와 만성 저안압이 각각 3명(2.0%), 포도막염이 2명(1.4%)에서 발생하여 합병증의 발생 빈도가 더 높게 나타났다. 그러나 이러한 결과들은 대상안의 수, 시술 전 대상안의 상태, 경과 관찰기간 등의 연구 간 차이가 있어 직접적인 비교로 보기는 어렵다. 따라서 향후 비슷한 조건에서 두 레이저의 효과를 비교하는 전향적인 연구가 이루어진다면 그 차이를 더 명확히 확인해 볼 수 있을 것이다.

본 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 우선 후향적 연구이며 대상안의 수가 적고 짧은 경과 관찰기간으로 인해 마이크로펄스 공막경유섬모체광응고술의 장기 효과를 확인할 수 없었다. 또한 섬모체광응고술은 시술의 특성상 환자 선

택이 제한적이기 때문에 본 연구에서도 난치 녹내장환자만을 대상으로 하였으며 따라서 본 연구의 결과를 모든 녹내장환자들에게 일반화시키는 것은 무리가 있다. 그리고 대부분의 대상안들이 실명 상태였기 때문에 시술 후 시력저하와 같은 합병증의 발생은 확인할 수 없었다.

결론적으로 국내의 난치 녹내장환자를 대상으로 시행한 마이크로펄스 공막경유섬모체광응고술은 단기간에 안압과 녹내장약물 개수를 유의하게 감소시켰다. 더 높은 레이저 세팅을 이용하였을 때 더 유의한 안압하강 효과가 있었으며, 해외 연구들의 결과와 비슷한 시술의 성공률을 보여주었다. 또한 고안압으로 인한 안구통증이 있는 환자들에서 효과적으로 통증을 완화시켰으며, 이전에 녹내장수술 혹은 섬모체광응고술을 받았던 눈에서도 추가적인 안압 감소를 위해 비교적 안전하게 시행할 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 기존의 섬모체광응고술처럼 저안압 같은 심각한 합병증이 발생할 수 있어 시술 시 이를 염두에 두어야 할 것이다. 최대의 효과 및 안전성을 제공할 수 있는 최적의 레이저 세팅을 결정하기 위해서는 앞으로 더 많은 연구가 필요할 것으로 보인다.

REFERENCES

- 1) Quigley HA, Katz J, Derrick RJ, et al. An evaluation of optic disc and nerve fiber layer examinations in monitoring progression of early glaucoma damage. *Ophthalmology* 1992;99:19-28.
- 2) Hoffmann EM, Medeiros FA, Sample PA, et al. Relationship between patterns of visual field loss and retinal nerve fiber layer thickness measurements. *Am J Ophthalmol* 2006;141:463-71.
- 3) Beckman H, Fuller TA. Carbon dioxide laser scleral dissection and filtering procedure for glaucoma. *Am J Ophthalmol* 1979;88:73-7.
- 4) Bietti G. Surgical intervention on the ciliary body; new trends for the relief of glaucoma. *J Am Med Assoc* 1950;142:889-97.
- 5) Berger JW. Thermal modelling of micropulsed diode laser retinal photocoagulation. *Lasers Surg Med* 1997;20:409-15.
- 6) Schlote T, Derse M, Rassman K, et al. Efficacy and safety of contact transscleral diode laser cyclophotocoagulation for advanced glaucoma. *J Glaucoma* 2001;10:294-301.
- 7) Francis BA, Kwon J, Fellman R, et al. Endoscopic ophthalmic surgery of the anterior segment. *Surv Ophthalmol* 2014;59:217-31.
- 8) Parodi MB, Spasse S, Iacono P, et al. Subthreshold grid laser treatment of macular edema secondary to branch retinal vein occlusion with micropulse infrared (810 nanometer) diode laser. *Ophthalmology* 2006;113:2237-42.
- 9) Desmettre TJ, Mordon SR, Buzawa DM, Mainster MA. Micropulse and continuous wave diode retinal photocoagulation: visible and subvisible lesion parameters. *Br J Ophthalmol* 2006;90:709-12.
- 10) Emanuel ME, Grover DS, Fellman RL, et al. Micropulse cyclophotocoagulation: initial results in refractory glaucoma. *J Glaucoma* 2017;26:726-9.
- 11) Tan AM, Chockalingam M, Aquino MC, et al. Micropulse transscleral diode laser cyclophotocoagulation in the treatment of re-

- fractory glaucoma. Clin Exp Ophthalmol 2010;38:266-72.
- 12) Aquino MC, Barton K, Tan AM, et al. Micropulse versus continuous wave transscleral diode cyclophotocoagulation in refractory glaucoma: a randomized exploratory study. Clin Exp Ophthalmol 2015;43:40-6.
 - 13) Pastor SA, Singh K, Lee DA, et al. Cyclophotocoagulation: a report by the American Academy of Ophthalmology. Ophthalmology 2001;108:2130-8.
 - 14) Williams AL, Moster MR, Rahmatnejad K, et al. Clinical efficacy and safety profile of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in refractory glaucoma. J Glaucoma 2018;27:445-9.
 - 15) Kim CR, Ma YR, Yang KJ. Neovascular glaucoma with diabetic retinopathy: trabeculectomy and Nd:YAG cyclophotocoagulation. J Korean Ophthalmol Soc 2001;42:1581-7.
 - 16) Min SH, Chung YS, Kim HK, Sohn YH. Neovascular glaucoma: diode laser trans-scleral cyclophotocoagulation versus Ahmed glaucoma valve implant. J Korean Ophthalmol Soc 2005;46:1151-7.
 - 17) Zaarour K, Abdelmassih Y, Aref N, et al. Outcomes of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in uncontrolled glaucoma patients. J Glaucoma 2019;28:270-5.
 - 18) Taubenslag KJ, Kammer JA. Outcomes disparities between black and white populations in the surgical management of glaucoma. Semin Ophthalmol 2016;31:385-93.
 - 19) Youn J, Cox TA, Allingham RR, Shields MB. Factors associated with visual acuity loss after noncontact transscleral Nd: YAG cyclophotocoagulation. J Glaucoma 1996;5:390-4.
 - 20) Ishida K. Update on results and complications of cyclophotocoagulation. Curr Opin Ophthalmol 2013;24:102-10.
 - 21) Vernon SA, Koppens JM, Menon GJ, Negi AK. Diode laser cycloablation in adult glaucoma: long-term results of a standard protocol and review of current literature. Clin Exp Ophthalmol 2006;34:411-20.
 - 22) Lee HM, Kim KN, Kim CS. Change in visual acuity following trans-scleral diode laser cyclophotocoagulation in refractory glaucoma. J Korean Ophthalmol Soc 2015;56:1759-66.
 - 23) Moon IA, Youn JW. The effect of transscleral diode laser cyclophotocoagulation in refractory glaucoma. J Korean Ophthalmol Soc 1999;40:2252-8.

= 국문초록 =

난치 녹내장에서 마이크로펄스 공막경유섬모체광응고술의 단기 임상효과

목적: 난치 녹내장환자를 대상으로 마이크로펄스 공막경유섬모체광응고술을 시행하여 그 효과를 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 마이크로펄스 공막경유섬모체광응고술을 시행 후 6개월간 경과 관찰이 가능했던 난치 녹내장환자 23명 23안을 대상으로 의무기록을 후향적으로 분석하였다.

결과: 안압은 시술 전 39.3 ± 15.8 mmHg에서 6개월 뒤 23.8 ± 15.4 mmHg ($p=0.002$), 녹내장약물의 수는 시술 전 2.6 ± 0.6 개에서 6개월 뒤 1.8 ± 1.1 개로($p=0.018$) 유의하게 감소하였다. 시술의 성공은 시술 후 안압이 6-21 mmHg이거나 20% 이상 하강한 경우로 정의하였으며, 6개월 뒤 성공률은 65.2%였다. 합병증으로는 결막하출혈 6안(26.1%), 통증 16안(69.6%), 전방염증 17안(73.9%) 및 저안압 2안(8.7%)이 발생하였다.

결론: 마이크로펄스 공막경유섬모체광응고술은 난치 녹내장환자에서 단기적으로 안압과 녹내장약물의 수를 감소시키는 데 유용한 시술임을 보여주었다. 향후 최대의 효과 및 안전성을 제공할 수 있는 최적의 레이저 세팅에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

(대한안과학회지 2020;61(4):367-375)

서재신 / Jae Shin Suh

건양대학교 의과대학 김안과병원 명곡안연구소
Myung-Gok Eye Research Institute,
Kim's Eye Hospital,
Konyang University College of Medicine