한국인을 대상으로 한 마이크로펄스 공막경유 섬모체광응고술의 단기 효과와 안전성

Short-term Efficacy and Safety of Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation in Korean Patients

김종화 · 성미선 · 박상우

Jonghwa Kim, MD, Mi Sun Sung, MD, PhD, Sang Woo Park, MD, PhD

전남대학교 의과대학 안과학교실

Department of Ophthalmology, Chonnam National University Medical School, Gwangju, Korea

Purpose: To evaluate the short-term efficacy and safety of a standardized micropulse transscleral diode laser cyclophotocoagulation (micropulse TS-CPC) procedure in Korean glaucoma patients.

Methods: In this retrospective study, the medical records of 19 eyes of 19 patients who were diagnosed with glaucoma, underwent micropulse TS-CPC and were followed for at least 3 months were reviewed. Visual acuity (VA), intraocular pressure (IOP), the number of IOP-lowering eye drops, and the success rate, defined as the percentage of eyes achieving an IOP of 6-21 mmHg with or without medication, or an IOP decrease of $\geq 20\%$ compared to baseline after the procedure, were evaluated at baseline, 1 week, 1 month and 3 months postoperatively.

Results: The mean age was 58.0 years at the time of treatment. Among 19 eyes that were evaluated, two had a previous history of trabeculectomy, two had an Ahmed[®] Glaucoma Valve implantation, one had selective laser trabeculoplasty, and four had vitrectomy. Baseline mean IOP was 26.21 ± 5.22 mmHg, which significantly decreased to 17.72 ± 4.25 mmHg at postoperative 3 months ($p < 0.001$). The success rate at postoperative 3 months was 84.2%. Five eyes experienced postoperative hypotony, and persistent corneal epithelial defects in three eyes were successfully treated with topical medication. Two of 19 eyes had a decrease in VA of unknown cause, and 9 eyes had mydriasis due to paralysis in iris constriction, which did not resolve until 3 months follow-up.

Conclusions: Micropulse TS-CPC had a relatively good IOP-lowering effect. However, a rather high proportion of patients had complications from a standardized protocol, and this should be considered when performing micropulse TS-CPC in Korean patients.

J Korean Ophthalmol Soc 2020;61(9):1072-1078

Keywords: Cyclophotocoagulation, Glaucoma, Laser therapy, Micropulse

■ Received: 2020. 2. 28. ■ Revised: 2020. 4. 10.

■ Accepted: 2020. 8. 21.

■ Address reprint requests to **Sang Woo Park, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Chonnam National University
Medical School, #42 Jebong-ro, Dong-gu, Gwangju 61469,
Korea
Tel: 82-62-220-6753, Fax: 82-62-227-1642
E-mail: exo70@naver.com

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

녹내장 환자 치료의 기본 원칙은 안압을 낮추는 것으로, 일차적으로 약물요법을 사용하게 되는데 방수 생성을 줄이거나 섬유주 또는 포도막공막유출로를 통한 방수 유출을 증가시키는 기전으로 안압을 하강시킨다. 그러나 안약에 대한 순응도가 떨어지거나, 안약의 효과가 부족하거나 또는 안약에 대한 부작용이 심한 경우 수술 요법이 필요할 수 있다. 수술 요법으로 만족스러운 결과를 얻지 못할 경우 공

© 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.

막경유 섬모체광응고술(transscleral cyclophotocoagulation, TS-CPC)을 할 수 있는데, 기존에 사용되던 방법은 연속파(continuous-wave)의 다이오드 레이저(diode laser)를 사용하여 섬모체의 색소상피를 파괴하는 것이 주된 원리이기 때문에 지속적인 안구염증, 시력저하, 저안압, 안구로와 같은 심각한 합병을 동반할 수 있어 주로 녹내장 치료에 있어 최후의 요법으로 사용되는 경우가 많았다.¹⁻⁴

마이크로펄스 공막경유 섬모체광응고술(micropulse TS-CPC)은 기존에 사용되던 연속파 모드의 섬모체광응고술을 변형한 방법으로 0.1 ms 수준의 짧은 다이오드 레이저 펄스파를 반복적으로 전달하게 된다.⁵⁻⁷ 레이저 중간의 휴지기는 조직 내 에너지의 축적을 막아 섬모체의 색소상피가 회복할 수 있는 시간을 허락해 주고, 주변 조직의 손상을 줄여 준다는 장점이 있다.^{5,6,8} 최근 국외 보고에 따르면 기존에 사용되던 conventional TS-CPC와 비교하였을 때, micropulse TS-CPC는 저안압, 교감안염, 안구로와 같은 심각한 합병증의 발생이 크게 감소한 것으로 알려져 있다.^{6,8-10} 반면 안압하강 효과는 우수한 것으로 보고되고 있는데, 안압하강제로 안압 조절이 불량한 녹내장 환자들을 대상으로 시행된 몇 개의 연구에서 micropulse TS-CPC를 시행 받은 후 평균 최소 32%에서 최대 60%까지의 안압하강이 있었다고 하였다.^{7,11-14}

그동안 micropulse TS-CPC의 효과와 안전성에 대한 국외 연구는 많이 있었지만, 한국인 녹내장 환자들을 대상으로 한 결과는 없다. 따라서 본 연구에서는 한국인 녹내장 환자들에서 micropulse TS-CPC의 단기 효과와 안전성을 확인해보고자 한다.

대상과 방법

2019년 1월부터 2019년 4월까지 본원에서 micropulse TS-CPC를 시행 받은 환자의 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 본 연구는 본원 윤리위원회의 승인을 받았으며(승인 번호: 2020-059), 모든 절차는 헬싱키선언(Declaration of Helsinki)을 준수하였다.

원발개방각녹내장, 포도막염에 의한 녹내장, 망막수술 이후 발생한 이차녹내장 및 거짓비늘 녹내장으로 진단된 환자들 중 이전의 녹내장수술 기왕력과 상관없이 최대약물 치료에도 목표 안압의 도달에 실패한 환자들을 대상으로 micropulse TS-CPC를 시행하였다. 폐쇄각녹내장과 신생혈관 녹내장 환자는 대상에서 제외하였다. Micropulse TS-CPC와 다른 녹내장수술 중 치료 방법의 선택은 한 명의 녹내장 전문의(S.W.P)의 판단에 의해 결정되었으며 기존의 외상이나 망막수술, 녹내장수술의 기왕력으로 결막 반흔이 심한 경우 수술의 위험성을 고려하여 micropulse TS-CPC를 시

행하였고, 그러한 경우가 아니더라도 환자가 침습적인 수술을 원하지 않을 경우 micropulse TS-CPC를 시행하였다. 2개월 이내에 안내수술을 받았거나 감염이나 염증 등이 있던 환자들은 시술에서 제외하였으며, 시술 후 3개월까지 추적 관찰이 가능하였던 환자들의 의무기록을 분석하였다. 모든 환자에서 나이, 성별, 녹내장 종류, 안내수술의 과거력, 시술 전 사용하던 안압하강제의 개수, 시술 전 최대교정시력과 안압을 기록하였다.

모든 환자들은 수술 방에서 시술 전 구후부 마취 후, 한 명의 녹내장 전문의에 의해 micropulse TS-CPC를 시행 받았다. IRIDEX CYCLO G6™ (IRIDEX Corp., Mountain View, CA, USA) 기기와 MP3 handpiece를 이용하여 2,000 mW의 다이오드 레이저를 31.3% (마이크로펄스 “on” 0.5 ms, 마이크로펄스 “off” 1.1 ms)의 duty cycle로 조사하였다. 레이저 조사 면적과 시간은 국외에서 보고된 standardized protocol을 따라 270°에서 360°에 걸쳐 180초의 시간 동안 조사하였다.^{6,7,13,15,16} 조사 부위는 각막윤부에서 3 mm 떨어진 결막에 레이저 탐침의 팁을 접촉한 상태에서 가벼운 압력을 주며 미끄러지듯 각막윤부와 평행한 호 모양을 그리며 시행하였으며, 섬모신경혈관구조의 손상을 막기 위해 3시와 9시 방향을 제외하고 시행하였다. 또한 이전에 녹내장수술을 시행받은 기왕력이 있는 경우 해당 사분면도 제외하였다. 시술 후 기존에 사용하던 안압하강제를 유지하며 0.5% 레보플록사신(Cravit®; Santen Pharmaceutical Co., Ltd., Osaka, Japan)과 0.5% 로테프레드놀에타보네이트(Lotemax®; Bausch&Lomb, Inc., Bridgewater, NJ, USA)를 4시간 간격으로 1주째까지 사용 후 1개월째까지 천천히 감량하였으며 안압하강제는 안압 상태에 따라 적절히 가감하였다.

시술 후 1주, 1개월, 3개월째에 최대교정시력, 안압을 측정하였으며 사용하는 안압하강제의 개수를 기록하고 세극등현미경검사를 시행하여 각막부종, 전방 내 염증 등에 대한 평가를 하였다. 또한 추적 기간 동안 6 mmHg 이하의 저안압, 동공산대, 각막상피 손상, 시력저하 등의 합병증에 대한 평가를 시행하였다. 시술 후 안압하강제를 사용하거나 사용하지 않는 상태에서 안압이 6-21 mmHg 사이이거나 안압이 시술 전에 비하여 20% 이상 감소한 경우를 시술 성공으로 정의하였다.^{11,13}

통계적 분석은 SPSS Version 23.0 for Windows (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하였다. Shapiro-Wilks test를 이용한 정규분포성 검정에서 결과값이 정규 분포를 이루지 않아 시술 전과 후의 시력과 안압, 사용 중인 안압하강제 개수를 비교하기 위해 Wilcoxon 부호순위검정을 사용하였다. *p*-value가 0.05보다 작은 경우를 통계학적으로 유의한 것으로 보았다.

결 과

총 19명의 환자, 19안이 연구에 포함되었다. 대상자의 평균 연령은 58.0 ± 18.0 세였으며 남자가 15명(79.0%), 여자가 4명(21.1%)이었다. 원발개방각녹내장으로 진단된 환자가 가장 많았으며(10안, 52.6%), 이차녹내장 6안(31.6%), 거짓비늘녹내장 3안(15.5%)이었고 이차녹내장은 포도막염에 의한 녹내장 3안(15.5%)과 망막수술 후 발생한 녹내장 3안(15.5%)이었으며, 4안(21.1%)이 망막박리나 유리체출혈로 평면부유리체절제술을 받은 기왕력이 있었고, 섬유주절제술과 아메드밸브삽입술을 시행 받은 환자는 각각 2명(10.5%)으로, 섬유주절제술을 받은 눈 중 1안은 원발개방각녹내장, 1안은 거짓비늘녹내장으로 진단 받은 눈이었으며, 아메드밸브삽입술을 시행받은 눈은 각각 포도막염에

의한 이차녹내장 1안과 망막수술 후 발생한 이차녹내장 1안이었고, 다른 원발개방각녹내장 환자 1명은 선택적 레이저섬유주성형술을 시행받은 기왕력이 있었다. 수술 전 시력은 평균 0.81 ± 1.11 logMAR였다(Table 1).

시술 후 1주, 1개월째에는 19명의 환자가 모두 내원하여 검사를 시행하였고 1개월 추적 관찰 시에 한 명(5.26%)의 대상자가 안압 조절이 불량하여 섬유주절제술을 시행 받아 3개월째 분석에서는 제외되었다. 안압의 평균은 시술 후 1주째 12.95 ± 6.08 mmHg으로 50.6% 감소하였으며, 1개월째 17.58 ± 7.83 mmHg으로 32.9% 감소, 3개월째 17.72 ± 4.25 mmHg으로 32.4% 감소하였으며 1주, 1개월, 3개월째 안압은 모두 시술 전에 비하여 유의하게 낮았다(모두 $p < 0.001$) (Table 2). 전체 19안 중 1안을 제외한 18안에서 시술 1개월째까지 모두 안압이 하강하였으나 3개월째 추적 관찰 시 5안에서 안압이 다시 상승하였다. 안압이 다시 오른 눈 중 4안은 일차개방각녹내장안이었으며 나머지 1안은 거짓비늘녹내장안이었다. 사용 중이던 안압하강제의 개수는 평균 2.79 ± 0.42 개에서 시술 1주 뒤 2.16 ± 1.07 개로 유의한 감소를 보였으며, 3개월째 추적 관찰 시까지 동일하게 유지되었다($p = 0.04$) (Table 2). 이전 수술의 기왕력이나, 시행 받았던 수술의 종류에 따라 안압하강의 정도에 차이가 있었는지 분석하였을 때, 3개월째 안압하강의 정도는 이전 수술의 기왕력이나 시행 받은 수술의 종류에 따라 유의한 차이를 보이지 않았다(모두 $p > 0.05$).

시술 전 시력이 0.1 logMAR 미만이었던 환자가 10명(52.6%), 2.3 logMAR 이상인 사람은 6명(31.6%)이었다. 시술 후 3개월째 Snellen 차트에서 두 줄 이상의 시력저하를 보인 환자는 4안(21.1%)이었으며 모든 눈에서 시력의 평균 값은 시술 후 미세하게 감소하였으나 시술 1주, 1개월, 3개월째 시술 전과 비교하여 통계적으로 유의한 차이는 없었다(각각, $p = 1.00$, $p = 0.55$, $p = 0.74$). 시력저하를 보인 4안에

Table 1. Patients' demographics and clinical characteristics

Variable	Value
Age (years)	58.0 ± 18.0
Sex (M:F)	15:4
Preoperative VA (logMAR)	0.81 ± 1.11
Preoperative IOP (mmHg)	26.21 ± 6.87
Diagnosis	
Primary open angle glaucoma	10 (52.6)
Secondary glaucoma	6 (31.6)
Uveitic glaucoma	3 (15.8)
Glaucoma after vitrectomy	3 (15.8)
Pseudoexfoliative glaucoma	3 (15.8)
Previous history of ocular surgery	
Pars plana vitrectomy	4 (21.1)
Trabeculectomy	2 (10.5)
Ahmed valve implantation	2 (10.5)

Values are expressed as the mean $\pm$ standard deviation or number (%).

M:F = male:female; VA = visual acuity; IOP = intraocular pressure; logMAR = logarithm of the minimum angle of resolution.

Table 2. Changes in visual acuity, intraocular pressure, and number of topical glaucoma medication during follow-up periods

	Preoperative (n = 19)	1 week (n = 19)	1 month (n = 19)	3 months (n = 18)	p-value*		
					Baseline-1 week	Baseline-1 month	Baseline-3 months
VA (logMAR)	0.81 ± 1.11	0.94 ± 1.09	0.91 ± 1.07	0.93 ± 1.09	1.00	0.55	0.74
IOP (mmHg)	26.21 ± 6.87	12.95 ± 6.08	17.58 ± 7.83	17.72 ± 4.25	<0.001	<0.001	<0.001
Number of topical glaucoma medication	2.79 ± 0.42	2.16 ± 1.07	2.16 ± 1.07	2.16 ± 1.07	0.04	0.04	0.04
Percentage of procedure success (%)	-	94.7	84.2	84.2	-	-	-

Data are expressed as the mean $\pm$ standard deviation. One patient underwent glaucoma filtering surgery at follow up 3 months due to IOP elevation.

VA = visual acuity; logMAR = logarithm of the minimum angle of resolution; IOP = intraocular pressure.

*p-value for Wilcoxon signed rank test.

서 1안은 동공확대가 원인이었고, 편홀로 교정 가능하였으며 다른 1안은 지속각막상피결손으로 인한 각막혼탁이 원인이었고, 남은 2안은 안과적으로 시력저하를 유발한 원인은 특별히 찾지 못하였다(Table 2).

시술 후 가장 많이 발생한 합병증은 동공확대로 9안(47.4%)에서 발생하였고, 9안 모두 3개월 추적 관찰 때까지 회복되지 않았다(Fig. 1). 동공확대를 보인 9안은 모두 우수 정제안이었으며, 8명은 남성, 1명은 여성이었다. 동공확대가 발생한 환자들과 발생하지 않은 환자들 간에 연령은 유의한 차이가 없었다($p=0.898$). 전체 19안 중 시술 후 1주째 5안(26.3%)에서 6 mmHg 이하의 저안압이 발생하였으나 3개월째에는 5안 모두 정상 안압으로 돌아왔다. 저안압을 보인 5안 중 1안을 포함하여 총 3안(15.8%)에서 지속각막상피결손이 발생하였으며 3안 모두 3개월째 약물 치료 후 호전되었다(Table 3).

고 찰

본 연구에서는 안압 조절이 불량한 한국인 녹내장 환자들을 대상으로 micropulse TS-CPC를 시행하였으며 총 19안 중 18안이 안압감소를 보였고 전체적으로 평균 약 32.4%의 유의한 안압감소를 보였다. 또한 시술의 성공률은 3개월째 84.2%를 비율을 보였다. 시술 후 3개월 추적 관찰 시까지 평균시력의 유의한 감소는 없었으나 2안(10.5%)에서는 원인을 알 수 없는 시력저하가 발생하였으며, 비교적 높은 비

율의 동공확대(47.4%)와 저안압(26.3%) 및 지속각막상피결손(15.8%)을 경험하였다.

기존의 연속파를 이용한 섬모체광응고술은 심한 안구 통증과 심각한 합병증의 위험성 때문에 진행된 녹내장 환자에서 최후의 방법으로 사용되었다.⁴ 반면 Micropulse TS-CPC는 최근 연구들에서 그 효과와 안전성이 입증되어 시력이 좋은 초기 녹내장 환자에서 시도할 수 있는 치료로 대두되었다.^{11,15} 본 연구에서는 Sanchez et al¹⁷의 보고에 따라 총 112 J의 에너지를 사용하는 2,000 mW의 레이저를 31.3%의 duty cycle로 180초 동안 조사하는 방법을 사용하였고, 그 외 많은 연구에서도 이 프로토콜을 이용하여 micropulse TS-CPC 시술을 시행하였다.^{6,7,13,15,16}

안압하강 효과는 1개월째를 이전 연구와 비교하였을 때, Tan et al⁶이 보고한 31.7%와 Emanuel et al¹²이 보고한 41.2%, Varikuti et al¹⁸이 보고한 40.2%와 본 연구에서(32.4%) 유사한 수준을 보였으며, 시술 후 안압이 6-21 mmHg 사이이거나 시술 전 안압에서 20% 이상 안압감소를 보인 경우로

Table 3. Postoperative complications after micropulse trans-scleral cyclophotocoagulation

Postoperative complication	Number of eyes
Dilated pupil	9 (47.4)
Early postoperative hypotony*	5 (26.3)
Corneal erosion	3 (15.8)
Decreased visual acuity	4 (21.1)

Values are presented as number (%).

*Intraocular pressure <6 mmHg at postoperative 1 week.

Figure 1. The anterior segment photos of the 4 patients with mydriasis after micropulse trans-scleral cyclophotocoagulation (micropulse TS-CPC) taken preoperatively and 1 month postoperatively. All 4 patients were male and their ages were 46 (A), 58 (B), 82 (C), and 43 (D) years. All patients did not recover from mydriasis until 3 months after micropulse TS-CPC.

정의되는 시술 성공률 또한 이전 연구들과 비슷한 수준을 보였고, 안압조절을 위해 필요한 안압하강제의 개수도 유사하게 유의한 감소를 보였다.^{6,7,11,12,15,16}

대부분의 연구에서는 micropulse TS-CPC 후 안구로나 저안압 등의 주요한 합병증의 발생은 없거나 매우 낮은 수준으로만 발생하였다고 보고하였다.^{6,13-15} Williams et al¹¹의 연구에서는 시술 성공률은 다른 연구들과 비교하여 75%로 비교적 높았으나 26%에서 3개월 이상 지속되는 전방 염증이 있었고, 17%에서 2줄 이상의 시력저하를 보였으며 마지막 추적 관찰 시에는 2.5%에서 안구로가 발생하였고 저안압도 18%에서 관찰되었다. 또한 지속적인 전방 염증이 백인보다 백인이 아닌 인종에서 유의하게 더 많이 발생했다고 보고하였다(odds ratio=3.61). 이 외에 다른 가능한 합병증으로는 백내장수술을 하지 않은 환자에서 백내장이 진행할 수 있으며 각막부종이나 망막부종, 전방출혈, 안압의 급격한 상승 또한 보고되어 있다.^{11,18} 본 연구에서 원인을 알 수 없는 시력저하를 보인 2안 중 1안은 인공수정체안이었으며, 빛간섭단층촬영상 망막부종 등 시력저하를 유발할 만한 다른 소견 또한 관찰되지 않았다. 나머지 1안은 유수정체안으로 3개월째 망막의 이상이나 수정체혼탁은 뚜렷하게 관찰되지 않았으나 추적 관찰 기간이 3개월로 짧아 경미한 백내장을 관찰하기에는 제한이 있을 수 있어 백내장의 진행으로 인하여 발생한 시력저하를 배제할 수 없을 것으로 사료된다. 또한 두 환자에서 시야검사를 시행하지 않아 시야결손의 진행으로 인한 시력저하의 가능성도 배제할 수 없다.

한국인만을 대상으로 한 본 연구에서는 반수에 가까운 안구에서 동공확대가 발생하였다(47.4%). Micropulse TS-CPC 시술 후 동공확대와 관련된 공식적인 연구는 없으나 American Glaucoma Society에서 micropulse TS-CPC의 합병증으로 동공확대가 발생한 경우에 대하여 두 차례 발표된 바 있고 micropulse TS-CPC의 적절한 치료 가이드라인을 제안하기 위한 Sanchez et al¹⁷의 연구에서 시술 후 특정 인구에서 더 많이 부작용이 발생한 경우를 다루며 이러한 내용을 고찰하였다. 2017년 Radhakrishnan et al이 144명의 환자를 대상으로 한 시행한 코호트 연구에서 지속적인 동공확대가 아시아 인종과 유수정체안에 유의하게 더 많이 발생하였음을 보고하였다. 또한 2018년 Masis et al은 24안을 대상으로 시술 후 동공 크기를 6개월까지 추적 관찰한 결과 2개월째 동공반사가 유의하게 줄어들었으며 이후 6개월 추적 관찰 시에는 시술 전과 같은 수준으로 회복되었음을 보고하였다. Williams et al¹¹의 인종과 관련한 보고로 미루어 보았을 때, 동공확대가 본 연구에서 비교적 많이 발생한 이유는 홍채의 멜라닌 색소가 이전 백인 연구 대상자들

에 비해 더 많이 분포하여 주변조직에 의한 에너지 흡수가 더 많았기 때문일 것으로 추측된다. 따라서 Varikuti et al¹⁸은 중심시력이 20/60 이상으로 유지되는 환자들을 대상으로 시행한 연구에서 홍채의 색이 진한 환자에서는 전력과 조사 시간을 낮추어 시술하는 변형된 프로토콜을 사용하였고 한국인에서도 이러한 점을 고려한 치료가 필요할 것으로 생각된다.

Perez et al¹⁹은 micropulse TS-CPC 후 발생한 신경영양 각막염에 2례에 대하여 보고하였다. 두 환자 모두 당뇨가 있었으며 각각 평면부유리체절제술 및 수정체제거술, 아메드밸브삽입술을 시행받은 기왕력이 있었다. 안대콘택트렌즈 및 눈꺼풀봉합술로 치료를 시행하였으나 재발하는 양상을 보였으며 6-7개월째 회복되었으나 병변 부위의 각막반흔이 남았다.¹⁹ 이전에 conventional TS-CPC 치료 후 신경영양각막염이 발생한 환자들에 대한 보고에서는 가능한 위험 요인으로 각막신경분포의 감소를 유발할 만한 여러 차례의 안내수술 기왕력이나 조절이 불량한 당뇨병, 베타차단제 안약의 만성적인 사용, 각막이영양증을 들었다.^{20,21} 본 연구에서 시술 후 지속각막상피결손을 보인 환자는 총 3명으로, 모두 베타차단제를 포함한 안압하강제를 수년에 걸쳐 사용하고 있었으며, 2명의 환자가 각각 평면부유리체절제술, 아메드밸브삽입술을 시행 받은 기왕력이 있었고, 한 명의 환자는 시술을 받기 전 헤르페스각막염을 앓은 기왕력이 있었다. 앞의 두 환자는 당뇨의 기왕력은 없었고, 외래에서 안약으로 치료하며 호전되었으나 경도의 각막반흔이 남았으며 헤르페스각막염을 앓았던 환자는 입원 치료를 요했다. 입원 치료를 요한 환자만 당뇨를 진단 받아 약물 치료 중이었으며 혈당 조절은 비교적 양호하였다. 이러한 각막상피의 손상은 레이저 탐침의 모양이 원형으로 바뀌어 각막윤부 주변의 신경얼기가 손상받기 쉬워졌을 것이라는 가설이 있다.¹⁹ 저자들 또한 각막윤부를 덮는 탐침의 모양이 각막상피결손을 유발했다는 것이 가장 설득력이 있다고 보나 정확한 원인은 알 수 없다. 대상자 19명이 모두 베타차단제를 포함한 안압하강제를 사용하고 있어 기존 안압약에 따라 합병증 정도의 차이가 있었다고는 보기 어려우나 오랜 베타차단제의 사용력이 각막상피결손과 무관하다고 할 수는 없다.

이전의 연구들에서는 시술의 성공률과 시술 후 안압하강 정도를 고려하였을 때, 기존의 섬유주절제술과 비교하여 나쁘지 않은 성적을 내며 동시에 심각한 합병증의 빈도가 낮고 시력저하를 일으키지 않아 초기 녹내장 환자에서 수술 치료에 선행하는 치료 대안으로 micropulse TS-CPC를 시행하는 것을 주장하고 있다.^{11,18} 그러나 본 연구에서는 동공확대, 수술 후 저안압, 지속각막상피결손 등의 발생 비율

이 다른 연구에 비하여 비교적 높았으며 그 원인은 대상자가 모두 홍채색이 진한 동양인임에도 불구하고 이를 고려하지 않고 서양인에서 시행하였던 프로토콜대로 치료를 시행하였기 때문으로 생각된다. 이러한 합병증은 시력저하를 유발할 수 있어 합병증 발생과 관련한 위험 요인에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

이 연구의 한계점은 후향적으로 진행된 연구라는 점과 추적 관찰 기간이 3개월로 짧아 장기합병증에 대한 평가가 어렵다는 점, 표본의 크기가 19명으로 결과를 대표하기에 부족할 수 있다는 점이다. 또한 레이저시술 후 추적 관찰 기간 동안 시야검사 기록이 없어 시야결손의 진행 여부에 대한 정보와 각막내피세포의 변화에 대한 정보를 얻을 수 없었다는 점도 있다. 또한 대상 환자 중 남성의 비율이 여성에 비해 3배 이상 높아 성별에 의한 교란이 작용하였을 가능성이 있다. 추후 더 많은 환자들을 대상으로 시야검사나 각막내피세포검사 등 제반의 검사를 포함한 장기적이며 전향적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Micropulse TS-CPC는 현재도 그 효과와 안전성에 대하여 지속적으로 연구가 이루어지고 있으며, 대부분의 연구에서 유의미한 시력저하를 유발하지 않으면서 우수한 안압하강 효과를 내고 있다. 그러나 홍채의 색이 짙은 동양인에서는 합병증이 비교적 높은 확률로 발생할 수 있어 이러한 점을 고려하여 치료를 진행할 필요가 있으며 동양인에게 맞는 최적의 에너지를 찾는 연구도 필요할 것이다. 또한 치료를 시행하기 전에 환자에게 발생 가능한 합병증에 대한 충분히 설명한 후 시술을 진행할 필요가 있다.

REFERENCES

- 1) Murphy CC, Burnett CA, Spry PG, et al. A two centre study of the dose-response relation for transscleral diode laser cyclophotocoagulation in refractory glaucoma. *Br J Ophthalmol* 2003; 87:1252-7.
- 2) Osman EA, Al-Muammar A, Mousa A, et al. Controlled cyclophotocoagulation with diode laser in refractory glaucoma and long term follow up at King Abdulaziz University Hospital, Riyadh. *Saudi J Ophthalmol* 2010;24:9-13.
- 3) Ansari E, Gandhewar J. Long-term efficacy and visual acuity following transscleral diode laser photocoagulation in cases of refractory and non-refractory glaucoma. *Eye (Lond)* 2007;21:936-40.
- 4) Pastor SA, Singh K, Lee DA, et al. Cyclophotocoagulation: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology* 2001;108:2130-8.
- 5) Berger JW. Thermal modelling of micropulsed diode laser retinal photocoagulation. *Lasers Surg Med* 1997;20:409-15.
- 6) Tan AM, Chockalingam M, Aquino MC, et al. Micropulse transscleral diode laser cyclophotocoagulation in the treatment of refractory glaucoma. *Clin Exp Ophthalmol* 2010;38:266-72.
- 7) 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.
- 8) Ma A, Yu SWY, Wong JKW. Micropulse laser for the treatment of glaucoma: a literature review. *Surv Ophthalmol* 2019;64:486-97.
- 9) Pantcheva MB, Kahook MY, Schuman JS, et al. Comparison of acute structural and histopathological changes of the porcine ciliary processes after endoscopic cyclophotocoagulation and transscleral cyclophotocoagulation. *Clin Exp Ophthalmol* 2007;35:270-4.
- 10) Amoozgar B, Phan EN, Lin SC, Han Y. Update on ciliary body laser procedures. *Curr Opin Ophthalmol* 2017;28:181-6.
- 11) 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.
- 12) Emanuel ME, Grover DS, Fellman RL, et al. Micropulse cyclophotocoagulation: initial results in refractory glaucoma. *J Glaucoma* 2017;26:726-9.
- 13) Kuchar S, Moster MR, Reamer CB, Waisbourd M. Treatment outcomes of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in advanced glaucoma. *Lasers Med Sci* 2016;31:393-6.
- 14) Lee JH, Shi Y, Amoozgar B, et al. Outcome of micropulse laser transscleral cyclophotocoagulation on pediatric versus adult glaucoma patients. *J Glaucoma* 2017;26:936-9.
- 15) Zaarour K, Abdelmassih Y, Aref N, et al. Outcomes of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in uncontrolled glaucoma patients. *J Glaucoma* 2019;28:270-5.
- 16) Nguyen AT, Maslin J, Noecker RJ. Early results of micropulse transscleral cyclophotocoagulation for the treatment of glaucoma. *Eur J Ophthalmol* 2020;30:700-5.
- 17) Sanchez FG, Peirano-Bonomi JC, Grippo TM. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation: a hypothesis for the ideal parameters. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol* 2018;7:94-100.
- 18) Varikuti VNV, Shah P, Rai O, et al. Outcomes of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in eyes with good central vision. *J Glaucoma* 2019;28:901-5.
- 19) Perez CI, Han Y, Rose-Nussbaumer J, et al. Neurotrophic keratitis after micropulse transscleral diode laser cyclophotocoagulation. *Am J Ophthalmol Case Rep* 2019;15:100469.
- 20) Johnson SM. Neurotrophic corneal defects after diode laser cycloablation. *Am J Ophthalmol* 1998;126:725-7.
- 21) Fernandez-Buenaga R, Aiello F, Zaher SS, et al. Twenty years of limbal epithelial therapy: an update on managing limbal stem cell deficiency. *BMJ Open Ophthalmol* 2018;3:e000164.

= 국문초록 =

한국인을 대상으로 한 마이크로펄스 공막경유 섬모체광응고술의 단기 효과와 안전성

목적: 한국인 녹내장 환자에서 마이크로펄스 공막경유 섬모체광응고술(micropulse transscleral cyclophotocoagulation, micropulse TS-CPC)의 단기 효과와 안전성에 대해 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 안압조절이 만족스럽지 못해 micropulse TS-CPC를 시행 받은 녹내장 환자 19명 19안의 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 시술 전과 시술 후 1주, 1개월, 3개월째 시력, 안압, 사용 중인 안압하강제의 개수, 시술 후 안압하강제를 사용하거나 사용하지 않는 상태에서 안압이 6-21 mmHg 사이이거나 안압이 시술 전에 비하여 20% 이상 감소한 경우로 정의되는 시술 성공률을 분석하였다.

결과: 평균 나이는 58.0세로 19안 중 2안은 섬유주절제술, 2안은 아메드밸브삽입술, 1안은 선택적 레이저섬유주성형술, 4안은 유리체절제술의 과거력이 있었다. 술 전 평균 안압은 26.21 ± 5.22 mmHg였으며 술 후 3개월째 17.72 ± 4.25 mmHg으로 통계적으로 유의한 안압하강이 관찰되었고($p < 0.001$), 3개월째 시술의 성공률은 84.2%였다. 5안에서는 술 후 저안압이 관찰되었으며 총 3안에서 지속각막상피결손이 발생하여 약물 치료 후 호전되었고 2안에서 술 후 원인이 불분명한 시력저하가 발생하였으며, 9안에서 동공확대가 발생하여 3개월째까지 호전되지 않았다.

결론: Micropulse TS-CPC는 비교적 좋은 안압하강 효과를 가져왔으나 비교적 높은 비율로 합병증이 발생하였으며, 한국인 환자들에게 이러한 점을 고려한 치료가 필요할 것으로 생각된다.

〈대한안과학회지 2020;61(9):1072-1078〉

김종화 / Jonghwa Kim

전남대학교 의과대학 안과학교실
Department of Ophthalmology,
Chonnam National University
Medical School