

## 황반원공 수술 후 빛간섭단층촬영을 통한 황반구조의 회복과정

# Recovery Course of Macular Structure after Macular Hole Surgery: Using a Spectral Domain Optical Coherence Tomography Image

우인호 · 홍준기 · 장지혜

In Ho Woo, MD, Jun Gi Hong, MD, Ji Hye Jang, MD

대구파티마병원 안과

Department of Ophthalmology, Daegu Fatima Hospital, Daegu, Korea

**Purpose:** To analyze the recovery course of foveal microstructures and evaluate the important structures for visual improvement after vitrectomy for full thickness macular hole (MH) using optical coherence tomography (OCT).

**Methods:** We retrospectively reviewed the medical records of 34 cases with idiopathic macular hole. We investigated the healing process of foveal microstructures and visual acuity pre- and post-operatively at 1, 3, 6, 12 months after surgery. We evaluated the integrity of four factors by OCT image: existence of MH (Hole,  $H_{1,3,6,12}$ ), recovery of outer nuclear layer (ONL,  $O_{1,3,6,12}$ ), recovery of external limiting membrane (ELM,  $E_{1,3,6,12}$ ), and recovery of inner segment-outer segment (IS/OS) line of the photoreceptor (Photoreceptor,  $P_{1,3,6,12}$ ). We compared the recovery course and visual acuity of the four groups based on postoperative 12 months.

**Results:** The mean observed period was  $1.85 \pm 2.59$  months at recovery of ONL,  $3.78 \pm 3.83$  months at recovery of ONL and ELM, and  $7.40 \pm 3.56$  months at recovery of ONL, ELM and IS/OS line. At postoperative 12 months, the best corrected visual acuity (BCVA) of Groups E and P were better than that of Groups H and O ( $p < 0.05$ ). Except for group H, all groups had improved BCVA at postoperative 12 months compared to preoperative BCVA ( $p < 0.05$ ).

**Conclusions:** Recovery sequences of foveal microstructures were ONL, ELM and IS/OS line after vitrectomy for idiopathic MH. The most important structures for visual acuity were restorations of both ELM and IS/OS line.

J Korean Ophthalmol Soc 2016;57(7):1109-1117

**Keywords:** Macular hole, Macular structure, Recovery course, Spectral domain optical coherent tomography

황반원공은 황반부 망막조직의 부분 또는 전체 결손이 있는 질환으로, 대부분은 특발성으로 발생하며, 변형시나 중심시력 소실 등의 증상이 발생한다<sup>1</sup>. 스펙트럼 도메인 빛간섭단층촬영(spectral domain optical coherence tomography, SD-OCT)을 통해 유리체절인으로 인한 황반부 미세변화를

관찰할 수 있게 되면서 황반원공의 발병기전 및 과정을 자세히 관찰할 수 있게 되었다.<sup>2,4</sup> 황반부에 가해지는 접선편향의 견인력뿐만 아니라 전후 방향의 견인력을 제거하는 것이 황반원공의 폐쇄율을 높일 수 있음을 이해하게 되었고,<sup>1,4</sup> 유리체절제술과 함께 내경계막 제거 및 안구 내 가스주입을 통해 해부학적 성공률을 약 90% 이상으로 올렸다.<sup>5-7</sup>

황반원공 수술 후 평가로는 해부학적 성공을 나타내는 지표로 빛간섭단층촬영을 통한 황반형태를, 기능적 성공을 나타내는 지표로 시력 호전을 사용하고 있다. 원공의 해부학적 폐쇄에 영향을 미치는 술 전, 술 중 요소로는 황반원공의 크기, 내경계막 제거술 시행 여부, 술 후 엎드린 자세 유지 유무 등이 있다.<sup>5-9</sup> 여러 연구들<sup>10-12</sup>에서 빛간섭단층촬영

■ Received: 2016. 3. 31. ■ Revised: 2016. 4. 21.

■ Accepted: 2016. 5. 25.

■ Address reprint requests to **Ji Hye Jang, MD**

Department of Ophthalmology, Daegu Fatima Hospital, #99

Ayang-ro, Dong-gu, Daegu 41199, Korea

Tel: 82-53-940-7140, Fax: 82-53-954-7417

E-mail: mjmom99@naver.com

© 2016 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.

영상에서 관찰되는 술 후 황반원공의 폐쇄형태가 최종시력과 유의한 상관관계가 있다고 하였다. 그러나 아직까지는 황반원공의 수술 후 성공적인 원공폐쇄에 대한 정의도 불명확하며, 수술 후 원공의 폐쇄가 일어나는 황반부 변화 과정도 정확하게 알려져 있지 않다. 또한 원공이 폐쇄되어도 변형시가 그대로 남아있거나, 중심시력 저하가 있을 수 있어, 망막 미세구조의 회복에 따른 시기능 개선 정도에 대한 연구도 부족한 상태이다.

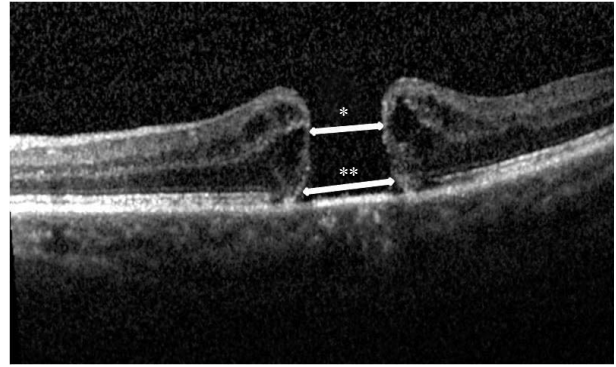
이에 본 저자들은 본원에서 황반원공으로 수술 받은 환자들을 대상으로 빛간섭단층촬영을 이용하여 망막층의 회복 과정을 알아보고자 하였으며, 중심과 망막의 회복 정도에 따른 시력 개선 여부를 비교하고, 황반원공의 술 후 치유과정에 중요한 해부학적 구조물에 대해 알아보고자 하였다.

## 대상과 방법

2010년부터 2014년까지 본원에서 전층 황반원공으로 유리체절제술을 시행 받고 술 후 12개월 동안의 경과 관찰이 가능하였던 환자들을 대상으로 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 망막박리, 황반변성, 중심망막정맥폐쇄, 당뇨병성 망막증, 외상 등 이차적으로 발생한 황반원공을 제외한 특발성 전층 황반원공을 대상으로 하였고, 선천성 질환이나 고령 등으로 인지기능이 저하되어 시력 측정 및 검사의 협조가 안 되는 경우도 제외하였다.

모든 환자들은 수술 전 검사로 최대 교정 시력 및 안압을 측정하였으며, 세극등 현미경 검사를 통하여 전안부 상태를 확인하였다. 산동 후 안저검사 및 빛간섭단층촬영을 시행하여 황반원공의 크기와 후유리체 박리 유무를 확인하였다. 백내장 진행 정도는 lens opacity classification system (LOCS III)을 기준으로 분류하였다. 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영기(Heidelberg Spectralis®, Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany)를 이용하여 raster scan 방식으로 황반부  $5.8 \times 5.6$  mm에 해당하는 부위에 대해 25개의 cross-sectional horizontal images (240  $\mu$ m interval)를 얻었다. 이를 토대로 황반원공의 형태와 크기, 망막신경층의 상태, 후유리체막을 확인하였다. 술 전 원공의 크기는 내장된 캘리퍼를 이용하여 원공의 바닥 직경과 최소 직경을 측정하여 비교하였다(Fig. 1). 모든 검사는 한 명의 숙련자가 실시하여 검사자에 따라 측정값이 달라지는 일이 없도록 하였다.

수술은 두 명의 술자가 실시하였으며 수술 방법은 23세기 표준 3-port 평면부 유리체절제술을 시행하였다. 후유리체 박리가 필요한 경우 유리체절단침을 이용하여 완전한 박리를 유도하여 유리체를 제거하였다. 이후 황반부 위에 트리암시놀론(Triamcinolone acetonide inj®, 40 mg/mL, Dong

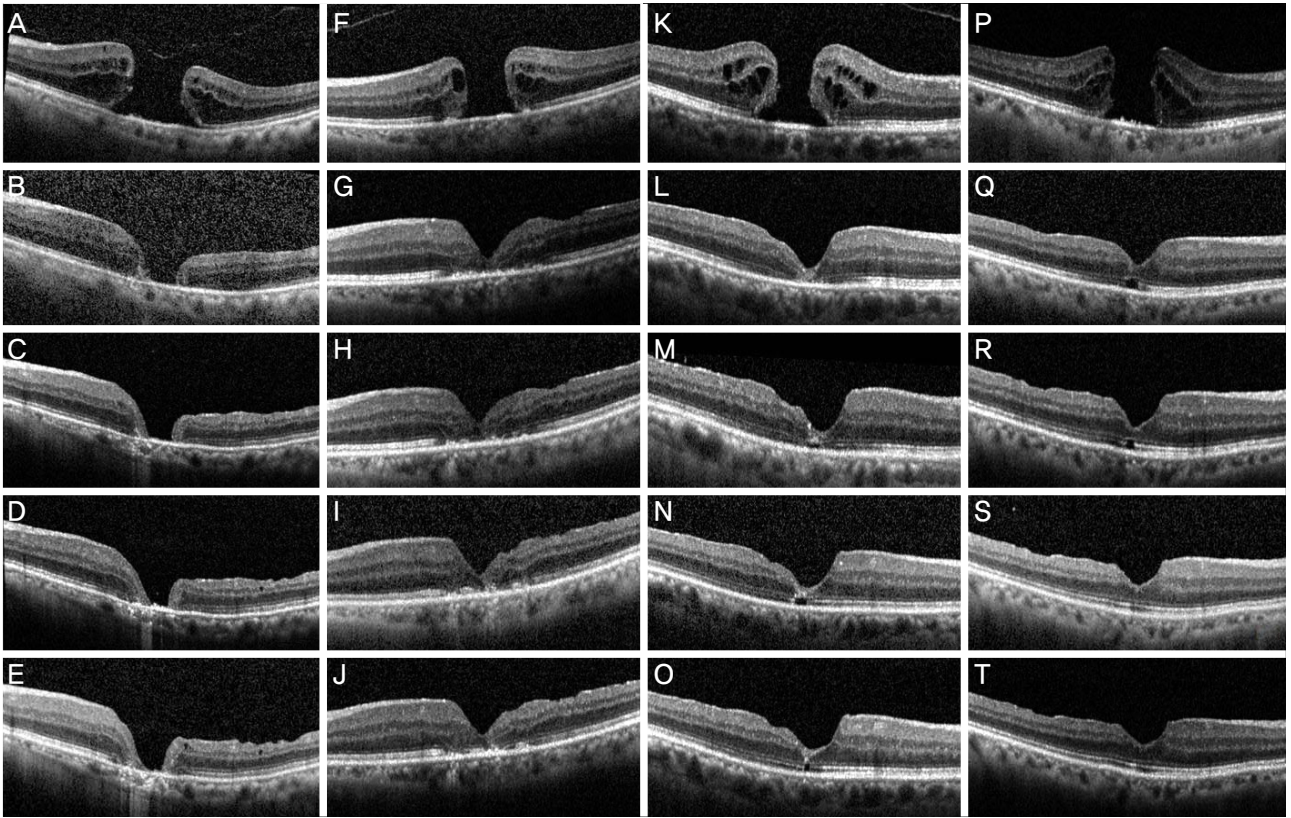


**Figure 1.** Size parameters of macular hole on spectral domain optical coherence tomography. (\*) indicates a minimum diameter of macular hole, (\*\*) indicates a base diameter of macular hole.

Kwang Pharm Co., Ltd., Seoul, Korea)을 도포하였고, 도포된 내경계막을 말단손잡이형 안내집게(end-gripping intraocular forceps, Synergetics Inc, O'Fallon, MO, USA)를 사용하여 중심와로부터 약 2-3배 유두직경 크기의 원형으로 제거하였다. 내경계막을 완전히 제거한 후 주변 망막의 유리체 절제술을 추가로 시행한 후 액체공기교환술을 시행하였고, perfluoropropane (C3F8) 또는 hexafluoride (SF6) 가스를 이용하여 유리체강내 가스교환술을 시행하였다. 백내장이나 후낭백내장이 4 이상이면, 유리체절제술 시행 전에 수정체 초음파파괴술 및 후방인공수정체 삽입술을 함께 시행하였다. 안구초음파검사(Axis II PR, Quantel medical, Coumon d'Auvergne, France)를 시행하여 안축장의 길이를 측정하였고, 이를 바탕으로 Sanders-Retzlaff-Kraff/Theoretical (SRK-T) 공식에 근거하여 인공수정체의 도수를 계산하였다. 환자의 눈의 상태 및 환자의 요구를 고려하여 도수를 결정하였으며, 일반적으로는 정시를 기준으로 하여 그에 맞는 인공수정체 값을 선택하여 삽입하였다. 수술 후 모든 환자는 1주간 엎드린 자세를 취하도록 하였다.

황반원공의 폐쇄 여부 및 망막내·외층의 회복 상태는 수술 후 1개월( $\pm$ 1주), 3개월( $\pm$ 1달), 6개월( $\pm$ 1달), 12개월( $\pm$ 1달)째 되는 시점에서 빛간섭단층촬영기를 이용하여 확인하였으며, 특히 술 후 1개월째에는 좋은 영상을 얻기 위해 가스 충전이 반 이상 빠지거나 남아 있지 않은 상태일 때 촬영하였다. Spectralis의 "AutoRescan" 기능을 이용하여 이전에 촬영한 황반부와 동일한 영역의 망막 단면을 촬영하여 촬영시기에 따른 오차를 줄인 이미지로 시간에 따른 망막층의 회복 과정을 분석하였다(Fig. 2).

황반원공의 해부학적 폐쇄(closure)는 잔여 중심와박리 여부에 상관없이 망막내층이 연속된 형태로 나타난 경우로 정의하였다. 망막층 미세구조물의 회복(recovery)이라 함은



**Figure 2.** Spectral domain optical coherence tomography (SD-OCT) serial images obtained from patients during 12 months follow-up period. (A-E) is a case of group H in 54-year-old female. OCT images showed preoperative state (A), postoperative 1 month (B), 3 months (C), 6 months (D), 12 months (E). SD-OCT images of Group H showed still exist of macular hole at postoperative 12 months (E). (F-J) is a case of group O in 54-year-old female. OCT images showed preoperative state (F), postoperative 1 month (G), 3 months (H), 6 months (I), 12 months (J). SD-OCT images of Group O showed that only outer nuclear layer was restored at postoperative 12 months (J). (K-O) is a case of group E in 54-year-old female. OCT images showed preoperative state (K), postoperative 1 month (L), 3 months (M), 6 months (N), 12 months (O). SD-OCT images of Group E showed that the outer nuclear layer and external limiting membrane were restored at postoperative 12 months (O). (P-T) is a case of group P in 54-year-old female. OCT images showed preoperative state (P), postoperative 1 month (Q), 3 months (R), 6 months (S), 12 months (T). SD-OCT images of Group P showed completely recovery of normal foveal architecture state at postoperative 12 months (T).

정상적인 눈의 빛간섭단층촬영상 관찰되는 것과 같이 망막의 여러 층이 고반사도로 저반사도로 교대로 나타나며 결손 없이 연결되어 있는 상태로 정의하였다. 망막내·외층의 회복 정도를 크게 4가지로 나누었으며, 황반원공이 완전히 폐쇄되지 않고 남아 있는 경우(H), 외경계막과 시세포내외절경계선은 보이지 않고 망막내층 조직으로만 폐쇄된 경우(O), 외경계막의 고반사도띠가 관찰되어 외경계막까지 회복된 상태(E), 외과립층과 외경계막, 시세포내외절경계선(inner segment/outer segment line)까지 모두 회복되어 망막외층이 여러 층으로 구분되어 보이는 경우(P)로 하였다. 술 전, 술 후 1개월, 3개월, 6개월, 12개월째 되는 시점에서의 망막내·외층의 회복상태에 따라  $H_{1,3,6,12}$ ,  $O_{1,3,6,12}$ ,  $E_{1,3,6,12}$ ,  $P_{1,3,6,12}$ 로 표시하였고, 시간에 따른 망막층의 회복구조가 어떻게 변하고 있는지 파악하였다(Fig. 2). 또한 망막층의 회복 단계에 따라 시력을 측정하여 시력에 가장 영향을 주는

망막 구조물이 무엇인지 확인하였으며, 각 구조물의 회복되기까지의 평균 걸린 기간을 분석하여 비교하였다. 최종 경과일에 관찰된 황반원공의 폐쇄형태는 술 후 12개월째 빛간섭단층촬영기에서 얻은 황반부 이미지로 분석하였다.

수술 전 상태와 수술 후의 상태를 비교하기 위해 최종 경과일에 관찰된 망막내·외층의 상태를 기준으로 하여 H군(최종적으로 원공이 남아 있는 경우), O군(최종적으로 원공은 폐쇄되었으나, 외과립층까지 회복되고, 외경계막과 시세포내외절경계선은 보이지 않는 경우), E군(최종적으로 원공은 폐쇄되었으나, 외경계막선까지만 관찰되는 경우), P군(원공폐쇄가 이루어졌으며, 시세포내외절경계선까지 관찰되는 경우)으로 구분하여, 각 군별로 술 전 황반원공의 크기와 최대교정시력, 안축장의 길이, 이전 백내장 수술 여부 등의 술 전 상태를 비교하였고, 수술 후 최대 교정시력의 변화 과정을 관찰하였으며, 수술 전과 후의 수술로 인한 시

력호전 효과를 확인하였고, 재수술이나 다른 망막질환발생이 있었는지 확인하였다.

시력검사는 스넬렌 시력을 logarithm of the minimal angle resolution (logMAR)로 변환하여 분석하였다. 통계학적 분석은 SPSS 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였으며 네 군 간의 비교에는 Kruskal-Wallis test를 사용하였고  $p$ 값이 0.05 이하일 때 유의하다고 하였으며 이 경우 사후 검정을 위해 Mann-Whitney test를 이용하여 실시하게 되는데 H군과 O군, H군과 E군, H군과 P군, O군과 E군, O군과 P군, E군과 P군의 6번의 비교를 각각 시행하여 검정하였다. 이 경우 유의 수준은 Bonferroni's method를 이용하여  $5\%/6=0.83\%$ , 즉  $p$ 값이 0.008 이하일 때 유의하다고 하였다. 각 군 내에서 수술 전후의 시간에 따른 측정값을 분석하기 위해 Wilcoxon signed-rank test를 이용하였으며  $p$ 값은 0.05 이하일 때 유의하다고 하였다.

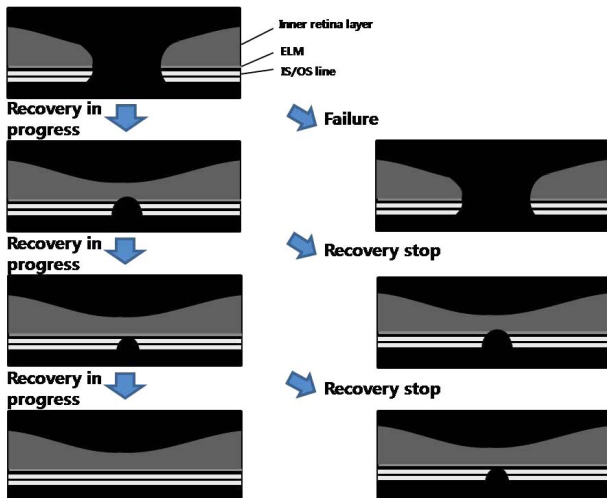
## 결 과

대상 환자는 34명으로 34인이었으며 남자가 9안, 여자가 25안이었다. 평균나이는 64.67세였으며 수술 전 평균 최대 교정시력은  $\log\text{MAR } 0.97 \pm 0.38$ 이었다. 수술 후 1, 3, 6, 12개월째에 각 시점에서 모든 환자의 빛간섭단층촬영의 이미지를 분석한 결과, 원공이 남아있는 경우(H), 외과립층까지 회복되었으나, 외경계막과 시세포내외절경계선은 끊어진 경우(O), 외과립층과 외경계막까지 회복되었으나, 시세포내외절경계선은 끊어진 경우(E), 외과립층, 외경계막, 시

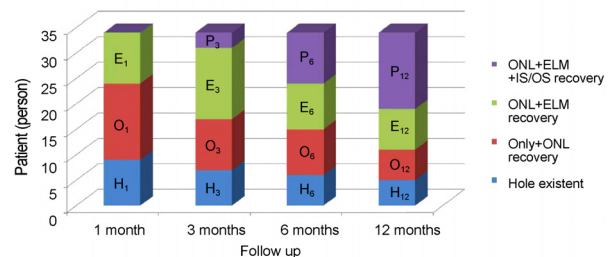
세포 내외절경계선까지 모두 회복된 경우(P)의 네 가지 형태로 관찰되었다(Fig. 3). 망막내층의 회복 없이 외경계막이나 시세포내외절경계선이 먼저 회복되거나, 외경계막 회복 없이 시세포내외절경계선이 회복되는 경우는 관찰되지 않았다.

술 후 1개월째에는 원공이 남아있는 경우( $H_1$ )가 8안, 외과립층까지 회복된 경우( $O_1$ )가 16안이며, 외경계막까지 고반사도가 보이는 경우( $E_1$ )는 10안이었으나, 시세포내외절경계선까지 회복된 경우( $P_1$ )는 없었으며, 술 후 3개월째에는 원공이 남은 있는 경우( $H_3$ )가 7안, 원공은 폐쇄되었으나 외과립층까지 회복된 경우( $O_3$ )가 10안, 외경계막까지 회복된 경우( $E_3$ )가 14안, 시세포내외절경계선까지 회복된 경우( $P_3$ )가 3안이었다. 술 후 6개월째에는 원공이 남아 있는 경우( $H_6$ )가 6안, 원공은 폐쇄되었으나 외과립층까지 회복된 경우( $O_6$ )가 9안, 외경계막까지 회복된 경우( $E_6$ )가 9안, 시세포내외절경계선까지 회복된 경우( $P_6$ )가 10안이었다. 술 후 12개월째에는 원공이 남은 있는 경우( $H_{12}$ )가 5안, 원공은 폐쇄되었으나 외과립층까지 회복된 경우( $O_{12}$ )는 6안, 외경계막까지 회복된 경우( $E_{12}$ )는 8안, 시세포내외절경계선까지 회복된 경우( $P_{12}$ ) 15안이었으며, 경과 관찰 시간이 지날수록 시세포내외절경계선까지 모두 회복된 경우가 점점 많아지는 양상을 보였다(Fig. 4).

회복된 망막층의 형태에 따른 최대교정시력(logMAR)을 측정하여 비교한 결과, 황반원공이 존재하는 경우( $n=26$ ,  $H_1+H_3+H_6+H_{12}$ )에는  $\log\text{MAR } 1.25 \pm 0.45$ , 외과립층까지만 회복된 경우( $n=41$ ,  $O_1+O_3+O_6+O_{12}$ )에는  $\log\text{MAR } 0.87 \pm 0.40$ , 외경계막까지 회복된 경우( $n=41$ ,  $E_1+E_3+E_6+E_{12}$ )에는



**Figure 3.** Schematic drawing of the various macular hole healing process after surgery. Left images showed recovery in progress. Right top image showed failed processes and right middle and bottom images showed recovery stop. ELM = external limiting membrane; IS/OS = inner segment/outer segment of photoreceptor.



**Figure 4.** Changes of foveal microstructures after macular hole surgery during follow up. Over the follow-up period (1, 3, 6, 12 months) after operation, foveal microstructures had been gradually restored.  $H_1$ ,  $H_3$ ,  $H_6$ ,  $H_{12}$  mean still a existence of macular hole (Hole) at the follow-up period.  $O_1$ ,  $O_3$ ,  $O_6$ ,  $O_{12}$  mean only recovery state of outer nuclear layer (ONL).  $E_1$ ,  $E_3$ ,  $E_6$ ,  $E_{12}$  mean recovery state of outer nuclear layer and external limiting membrane (ELM).  $P_1$ ,  $P_3$ ,  $P_6$ ,  $P_{12}$  mean recovery state of outer nuclear layer and external limiting membrane and inner segment-outer segment line of photoreceptor (photoreceptor). IS/OS = inner segment/outer segment of photoreceptor.



**Table 1.** Comparison of visual acuity and period for each step during follow up periods (1, 3, 6, 12 months)

Variables	Not recovery (Hole existent) (n = 26)	ONL recovery (n = 41)	ONL + ELM recovery (n = 41)	ONL + ELM + IS/OS recovery (n = 28)	*p-value
Postop BCVA (log MAR)	1.25 ± 0.45	0.87 ± 0.40	0.43 ± 0.46	0.29 ± 0.29	<0.001
Mean duration (months)	-	1.94 ± 2.71	3.75 ± 3.75	7.40 ± 3.56	

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

ONL = outer nuclear layer; ELM = external limiting membrane; IS/OS = inner segment/outer segment of photoreceptor; BCVA = best corrected visual acuity; log MAR = logarithm of the minimal angle resolution.

\*Statistically significant differences ( $p$ -value < 0.05) in Kruskal-Wallis test, statistically significant differences ( $p$ -value < 0.008) in Mann-Whitney  $U$ -test by Bonferroni's method.

**Table 2.** Comparative characteristics of preoperative state of the four groups group that divided by based on the foveal microstructure status at 12 months

Variables	Group H (n = 5)	Group O (n = 6)	Group E (n = 8)	Group P (n = 15)	*p-value
Age (years)	64.8 ± 14.95	68.5 ± 13.39	62.37 ± 5.04	64.33 ± 7.59	
Male:female	1:4	3:3	2:6	3:12	
Preop BCVA (log MAR)	1.30 ± 0.36	1.02 ± 0.40	0.86 ± 0.35	0.91 ± 0.37	0.264
MH size					
Base diameter (μm)	1,258.2 ± 437.81	988.16 ± 272.70	889.62 ± 323.52	555.86 ± 293.36	0.003
Minimum diameter (μm)	760 ± 217.03	516.16 ± 199.62	473.37 ± 179.55	286.53 ± 203.18	0.004
Preoperative lens state					
Phakia (%)	4 (80)	2 (33)	8 (100)	14 (93)	
Pseudophakia (%)	1 (20)	4 (67)	0 (0)	1 (6.6)	
Axial length (mm)	24.56 ± 3.81	24.69 ± 3.38	22.72 ± 0.90	23.50 ± 0.86	0.187

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

Preop = preoperative; BCVA = best corrected visual acuity; logMAR = logarithm of the minimal angle resolution; MH = macular hole.

\*Statistically significant differences ( $p$ -value < 0.05) in Kruskal-Wallis test, Statistically significant differences ( $p$ -value < 0.008) in Mann-Whitney  $U$ -test by Bonferroni's method.

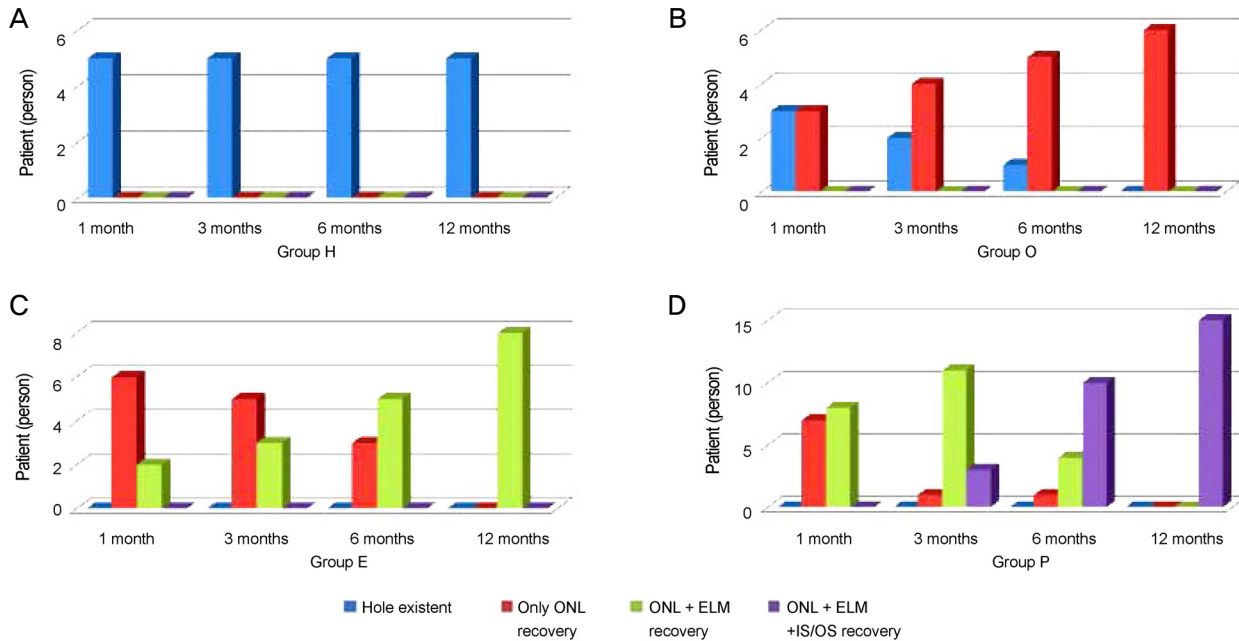
logMAR 0.43 ± 0.46, 외경계막 및 시세포내외절경계선까지 회복된 경우(n=28, P<sub>3</sub>+P<sub>6</sub>+P<sub>12</sub>)에는 logMAR 0.29 ± 0.29로 측정되었다. 통계학적으로 볼 때 외경계막까지 회복된 경우와 시세포내외절경계선까지 회복된 두 상태 사이에는 유의한 차이가 없었으나, 원공이 남아있는 경우나 외과립층까지 회복된 경우와 비교했을 경우 시력이 유의하게 좋다는 결과를 얻었다(Kruskal-Wallis test,  $p$ <0.05, Mann-Whitney test,  $p$ <0.008) (Table 1).

또한 망막층의 회복된 황반 미세구조물이 처음 관찰된 시기를 조사한 결과, 외과립층까지 회복되었음이 처음 관찰된 시기는 평균 1.94 ± 2.71개월, 외경계막까지 회복되었음이 처음 관찰된 시기는 평균 3.75 ± 3.75개월이었고, 시세포내외절경계선까지 회복되었음이 처음 관찰된 시기는 평균 7.40 ± 3.56개월이었다(Table 1).

최종 경과일에 관찰된 황반원공의 폐쇄형태에 따라 H군, O군, E군, P군으로 나누어 각 군의 시간별 망막층 구조 변화 양상을 살펴보면, H군(n=5)은 경과관찰 기간 동안 계속 원공이 폐쇄되지 않은 상태로 유지되었고, O, E, P군의 경우에는 경과 관찰 시간이 지날수록 점점 원공의 폐쇄가 이루어지고, 망막층의 미세구조도 점차 회복되는 양상을 보여 주고 있었다(Fig. 5)

최종 경과일에 관찰된 황반원공의 폐쇄형태에 따른 네 군의 수술 전 상태를 비교해 보면, 수술 전 최대교정시력(logMAR)은 각 군 사이에 차이가 있었으나 유의하지 않았다( $p$ >0.05). 술 전 황반원공의 평균 바닥 직경은 H군이 1,258.2 ± 437.81 μm, O군이 988.16 ± 272.70 μm, E군이 889.62 ± 323 μm, P군이 555.86 ± 293.36 μm로 측정되었다. H군, O군, E군 사이에는 술 전 황반원공의 크기 차이가 있으나 유의하지 않았고, P군의 경우 H군과 O군에 비해 각각 유의하게 작았다(Kruskal-Wallis test,  $p$ <0.05, Mann-Whitney test,  $p$ <0.008). 황반원공의 평균 최소 직경은 H군이 760 ± 217.03 μm, O군이 516.16 ± 199.62 μm, E군이 473.37 ± 179.55 μm, D군이 286.53 ± 203.18 μm로, P군으로 갈수록 최소 직경의 길이가 작았으며, H군, O군, E군 사이에는 크기 차이가 있으나 유의하지 않았고, P군의 경우 H군과 비교했을 때 유의한 크기 차이가 있었다(Kruskal-Wallis test,  $p$ <0.05, Mann-Whitney test,  $p$ <0.008). 수술 전 백내장을 시행 받지 않은 환자는 H군 4안, O군 2안, E군 8안, P군 14안이었다. 안구 내 장축의 길이는 각 군별로 큰 차이가 없었다(Table 2).

최종 경과일에 관찰된 황반원공의 폐쇄형태에 따른 네 군의 술 후 시력변화 추이를 살펴보면, 술 후 1개월째 최대



**Figure 5.** Changes of foveal microstructures after macular hole surgery of each group that divided by based on the foveal microstructure status at 12 months. Group H (A) was not changed during the follow-up period after operation. Group O (B) was changed gradually decreasing hole existent state but increasing recovery of outer nuclear layer. Group E (C) was changed gradually increasing recovery of external limiting membrane. Group P (D) was changed gradually increasing recovery of inner segment-outer segment line of photoreceptor. Hole = macular hole; ONL = outer nuclear layer; ELM = external limiting membrane; IS/OS = inner segment/outer segment of photoreceptor.

**Table 3.** Comparative characteristics of postoperative state and change of visual acuity after the surgery of the four groups that divided by based on the foveal microstructure status at 12 months

Variables	Group H (n = 5)	Group O (n = 6)	Group E (n = 8)	Group P (n = 15)	*p-value
Postop BCVA (log MAR)					
POD 1 month	1.42 ± 0.43	1.12 ± 0.45	1.35 ± 0.45	0.61 ± 0.50	0.060
POD 3 months	1.22 ± 0.45	1.07 ± 0.32	0.60 ± 0.30	0.43 ± 0.14	0.002
POD 6 months	1.14 ± 0.54	0.92 ± 0.34	0.39 ± 0.28	0.32 ± 0.34	0.003
POD 12 months	1.20 ± 0.59	0.79 ± 0.27 <sup>†</sup>	0.26 ± 0.19 <sup>†</sup>	0.30 ± 0.35 <sup>†</sup>	0.001
Combined cataract surgery (%)	4 (80)	2 (33)	8 (100)	13 (87)	
Complication					
ERM (%)	0	0	0	2 (13.3)	

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

Postop = postoperative; BCVA = best corrected visual acuity; log MAR = logarithm of the minimal angle resolution; POD = postoperative day; ERM = epiretinal membrane.

\*Statistically significant differences ( $p$ -value < 0.05) in Kruskal-Wallis test, Statistically significant differences ( $p$ -value < 0.008) in Mann-Whitney  $U$ -test by Bonferroni's method; <sup>†</sup>Statistically significant differences ( $p$ -value < 0.05) in Wilcoxon signed-rank test (preoperative BCVA vs. POD 12 months BCVA).

교정시력은 네 군의 차이가 있으나 통계적으로 유의하지 않았다( $p > 0.05$ ). 수술 후 3개월과 6개월째 최대교정시력은 H군, O군, E군 사이에는 크기 차이가 있으나 유의하지 않았고, P군의 경우 H군과 비교했을 때 유의한 크기 차이가 있었다(Kruskal-Wallis test,  $p < 0.05$ , Mann-Whitney test,  $p < 0.008$ ). 수술 후 12개월째 최대교정시력은 H군과 O군, E군과 P군 사이에는 유의한 차이가 없으나 E군과 P군은 각

각 H군과 O군에 비해서는 유의한 차이가 관찰되었다(Kruskal-Wallis test,  $p < 0.05$ , Mann-Whitney test,  $p < 0.008$ ). 수술 후 12개월째 시행한 최대교정시력을 술 전 최대교정시력과 비교하여 수술로 인한 시력변화를 바탕으로 치료 효과를 관찰한 결과 H군을 제외하고 O, E, P군 모두 수술 전에 비해 12개월째 시력이 유의하게 호전되었다(Wilcoxon signed-rank test,  $p < 0.05$ ). 경과관찰 기간 동안 수술 후 망막

전막이 발생한 경우가 전체 중 2안이 있었으나 시력에 영향을 주지는 않았다(Table 3). 최종적으로 황반원공이 남아 있는 5안 가운데 3안은 재수술을 거부하였으며, 나머지 2안의 경우, flat open의 형태로 원공의 가장자리가 평평하게 유지되어 있는 상태로 원공이 닫히지 않았으나 시간이 지나도 원공의 크기 및 주위 구조물의 변화가 없어 재수술을 시행하지 않았다.

## 고 찰

본 연구는 전층 황반원공 환자에서 수술 후 황반폐쇄가 이루어지는 망막의 구조적 변화를 빛간섭단층촬영을 통해 관찰하여 회복 과정을 알아보고, 망막내·외층의 회복 정도에 따른 시력 변화를 파악하여 시력개선에 중요한 영향을 주는 구조물이 무엇인지 알아보고자 하였다.

빛간섭단층촬영의 발달로 황반원공에 의한 황반부의 해부학적 변화에 대한 이해가 높아졌고, 중심와에 가해지는 견인력에 의한 망막내층의 낭포성 변화와 임박한 황반원공(impending macular hole)의 진단도 가능하게 되었다.<sup>1-4</sup> 또한 빛간섭단층촬영 영상은 황반원공의 크기, 결손의 경계부 형태를 자세히 보여줘 수술 후 예후에 관한 정보를 제공해주기도 한다.<sup>8-12</sup> 그러나 술 후 가스 충전이 있는 동안에는 황반부의 영상을 얻기 어려워 황반원공의 폐쇄과정을 살펴보기 힘들다.

황반원공의 폐쇄에 대한 정의 및 폐쇄 여부 확인도 연구자들마다 차이가 있다. Tornambe et al<sup>13</sup>은 황반원공이 있으면서 주위의 망막박리를 동반한 형태(elevated open)와 황반원공이 편평하지만 황반원공 경계부가 보이는 형태(flat open), 황반원공이 편평하면서 경계부가 보이지 않는 형태(flat closed) 3가지 형태로 나누었고, 황반원공의 성공은 flat closed 형태라고 하였다. Sano et al<sup>14</sup>은 스펙트럼 도메인 빛간섭단층촬영기로 1개월 동안 촬영하여 황반폐쇄 여부를 확인하였는데, 시세포층의 결손 여부와 상관없이 원공이 보이지 않는 경우(closed)로 정의하였고, 유리체내 가스 충전 때문에 폐쇄 여부가 확인되지 않는 경우는 not detectable로 표현하였다. Shah et al<sup>15</sup>은 원공폐쇄는 안구 내 가스가 50% 이하일 때 빛간섭단층촬영에서 황반원공이 막혀 있는 경우로 정의하였고, Park et al<sup>16</sup>은 파장 가변 빛간섭단층촬영에서 잔여 중심와박리 여부와 상관없이 내층망막이 연속된 형태로 나타난 경우를 원공폐쇄로 정의하였다. 본 연구에서는 황반원공의 폐쇄 여부는 전층 결손 없이 내층망막이 연속된 형태로 나타난 경우로 정하였고, 특히 1개월째에는 1주일 전후로 해서 안구 내 가스가 50% 이하일 때 빛간섭단층촬영을 실시하여 얻은 이미지로 분석하였다.

Bottoni et al<sup>17</sup>은 황반원공의 회복 순서는 외경계막이 가장 먼저 회복되고, 외과립층, 시세포내외절경계부 순서로 회복된다고 보고하였으나, 본 연구에서는 황반원공이 그대로 남아있는 경우를 제외하고 경과 기간 내의 영상만 분석하여 얻은 결과, 외망상층 및 외과립층의 회복이 관찰된 시점이 평균  $1.85 \pm 2.59$ 개월, 외경계막이 관찰되는 기간은 평균  $13.78 \pm 3.83$ 개월, 시세포내외절경계선은 평균  $17.40 \pm 3.56$ 개월이었다. 황반의 미세구조가 관찰되는 평균 관찰기간을 분석해 볼 때, 황반원공이 폐쇄될 때 망막내층이 가장 먼저 회복되고 그 후 외경계막과 시세포내외절경계선 순서로 회복됨을 알 수 있었다. 또한 외경계막이 회복된 모든 경우는 망막내층이 모두 회복되어 있었고, 시세포내외절경계선이 회복된 모든 경우에서도 망막내층 및 외경계막이 회복된 후 이루어졌다. 또한 각 기간별 분포를 살펴 보았을 때 술 후 12개월까지 원공이 남아 있는 5안을 제외하고 나머지 대상 안들은 시간이 지나면서 시세포 층의 내외절경계선이 회복되는 경우가 점점 많아지는 형태로 관찰되었다.

유리체절제술을 시행하면서 내경계막 제거술을 시행한 후 중심와 조직의 신장이 이루어지면서 원공의 폐쇄가 이루어지게 되는데,<sup>18</sup> 현재까지 정확한 치유과정은 알려져 있지 않다. Madreperla et al<sup>19</sup>은 내경계막 제거로 인해 교세포의 증식이 촉진되고 이 과정에서 물러세포(Muller cell)의 증식이 일어나면서 원공폐쇄를 일으키게 된다고 발표하였다. 본 연구에서는 빛간섭단층촬영을 통해 술 후 경과에 따른 황반원공 폐쇄의 형태를 살펴보고, 미세구조물이 관찰되기 시작하는 시기를 조사하였는데, 외과립층, 외경계막, 시세포내외절경계선 순서로 회복되었다. 이는 내경계막 제거로 중심와에서 구조적으로 지지하는 물러세포가 약해지면서 결손부위로의 이동이 가능하게 되어, 우선적으로 물러세포가 신경섬유층에서 시세포내절 부위까지 공간을 채울 것으로 간주하고, 그 이후로 물러세포와 시세포 사이를 연결하는 여러 소대들이 배열되어 외경계막의 회복을 유도하고, 시세포내외절경계선 순서로 회복된 것으로 보여진다.

Wakabayashi et al<sup>20</sup>은 원공 수술 후 시세포층의 미세구조 회복 여부와 시력과의 상관관계에 대한 연구에서 3개월째에 외경계막의 회복이 12개월째 시력 향상에 유의한 영향을 준다고 보고하였다. Sano et al<sup>21</sup>은 시세포내외절경계선의 연결이 시력결과에 중요한 역할을 한다고 보고하였으며, Ooka et al<sup>22</sup>은 내시세포내외절경계선과 외경계막의 회복이 서로 연관이 있으며 두 구조물 모두 중심와 광수용체의 형태와 기능의 회복에 영향을 준다고 보고하였다. 본 연구에서도 외경계막과 시세포내외절경계선의 회복된 시세포층의 상태가 원공이 그대로 존재하는 경우나 망막내층으

로만 황반원공이 폐쇄된 상태보다 시력이 유의하게 좋았다. 그러므로 외경계막과 시세포내외절경계선의 회복 정도가 시력개선에 중요한 영향을 준다고 볼 수 있다.

또한 본 연구에서는 최종 경과일에 관찰된 황반원공의 폐쇄형태에 따른 시력 개선 정도를 알아보기 위해 12개월째 망막 상태를 기준으로 네 그룹으로 나누어서 추가 분석을 시행하였다. IP et al<sup>9</sup>은 해부학적 원공의 폐쇄성공률이 수술 전 황반원공의 크기가 400  $\mu\text{m}$  이하인 경우 92%이며, 400  $\mu\text{m}$  이상에서는 56%로 차이가 있다고 보고하였다. 본 연구에서도 12개월째 시세포내외절경계선까지 회복된 군이 원공이 남아 있는 군에 비해 술 전 원공의 최소직경과 바닥직경 모두 통계적으로 유의하게 작은 것으로 보았다. 이로 인해 술 전 황반원공 직경이 작을수록 시세포층의 회복이 더 많이 이루어진 것을 관찰할 수 있었다.

본 연구는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째로 술 후 초기 황반부 변화를 파악하지 못하였다. 여러 논문<sup>16-18</sup>에서 술 후 1일째 60-96% 정도의 폐쇄를 확인하였다고 보고하였으나, 본 연구는 술 후 안내 가스충전물로 인해 명확한 빛간섭단층촬영의 이미지를 얻기가 어려운 점을 감안해서 가스가 충분히 제거된 술 후 1개월 이후로 이미지로만 분석하였다. 그러므로 본 논문에서는 술 후 명확한 이미지 촬영이 가능한 시기에 중심부 형태를 관찰한 점을 감안하였으면 한다. 향후 가스가 들어있는 안내촬영이 가능한 빛간섭단층촬영의 분석이 필요할 것으로 생각된다. 또한 Purtskhvanidze et al<sup>23</sup>에 따르면 술 후 수년에 걸쳐 회복된 원공의 두께가 조금씩 변하고 회복이 지속될 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 술 후 12개월까지만 경과관찰을 시행하여 그 이후 이루어진 회복 과정에 대한 관찰이 부족하였다. 향후 장기간 황반원공 폐쇄과정을 추적한 연구 역시 필요할 것으로 생각된다. 둘째로, Itoh et al<sup>24</sup>은 망막신경층 중 cone outer segment tips line이 술 후 최대교정시력에 중요한 영향을 준다고 하였다. 그러므로 신경망막층의 변화를 포함한 시세포층 및 망막세포상피층의 여러 인자들과의 술 후 시력 개선에 대한 보다 많은 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 저자들은 이번 연구를 통하여 황반원공 수술 후 망막내층의 신장과 외경계막과 광수용체의 회복에 대해 전체적인 흐름과 회복 순서를 알아보는 데 의의를 찾을 수 있었다. 특발성 황반원공에서 수술 후 망막내층의 회복 과정은 외과립층, 외경계막, 시세포내외절경계선 순으로 회복되었으며, 외경계막과 시세포내외절경계선의 회복 여부가 시력향상에 중요한 역할을 함을 알 수 있었다. 향후 망막의 단층을 관찰면(coronal plane)에서 재구성한 En face image (C scan)을 통한 연구를 시행한다면 보다 더 자세한 황반원공의 치유과정을 파악할 수 있을 것으로 본다.

## REFERENCES

- 1) la Cour M, Friis J. Macular holes: classification, epidemiology, natural history and treatment. *Acta Ophthalmol Scand* 2002;80:579-87.
- 2) Gaudric A, Haouchine B, Massin P, et al. Macular hole formation: new data provided by optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol* 1999;117:744-51.
- 3) Haouchine B, Massin P, Gaudric A. Foveal pseudocyst as the first step in macular hole formation: a prospective study by optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2001;108:15-22.
- 4) Takahashi A, Nagaoka T, Ishiko S, et al. Foveal anatomic changes in a progressing stage 1 macular hole documented by spectral-domain optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2010;117:806-10.
- 5) Benson WE, Cruickshanks KC, Fong DS, et al. Surgical management of macular holes: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology* 2001;108:1328-35.
- 6) Tognetto D, Grandin R, Sanguinetti G, et al. Internal limiting membrane removal during macular hole surgery: results of a multicenter retrospective study. *Ophthalmology* 2006;113:1401-10.
- 7) Brooks HL Jr. Macular hole surgery with and without internal limiting membrane peeling. *Ophthalmology* 2000;107:1939-48; discussion 1948-9.
- 8) Thompson JT, Smiddy WE, Glaser BM, et al. Intraocular tamponade duration and success of macular hole surgery. *Retina* 1996;16:373-82.
- 9) Ip MS, Baker BJ, Duker JS, et al. Anatomical outcomes of surgery for idiopathic macular hole as determined by optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol* 2002;120:29-35.
- 10) Tornambe PE, Poliner LS, Grote K. Macular hole surgery without face-down positioning. A pilot study. *Retina* 1997;17:179-85.
- 11) Kitaya N, Hikichi T, Kagokawa H, et al. Irregularity of photoreceptor layer after successful macular hole surgery prevents visual acuity improvement. *Am J Ophthalmol* 2004;138:308-10.
- 12) Lee JE, Lee SU, Jea SY, et al. Reorganization of photoreceptor layer on optical coherence tomography concurrent with visual improvement after macular hole surgery. *Korean J Ophthalmol* 2008;22:137-42.
- 13) Tornambe PE, Poliner LS, Cohen RG. Definition of macular hole surgery end points: elevated/open, flat/open, flat/closed. *Retina* 1998;18:286-7.
- 14) Sano M, Inoue M, Taniuchi S, et al. Ability to determine postoperative status of macular hole in gas-filled eyes by spectral-domain optical coherence tomography. *Clin Experiment Ophthalmol* 2011;39:885-92.
- 15) Shah SP, Manjunath V, Rogers AH, et al. Optical coherence tomography-guided facedown positioning for macular hole surgery. *Retina* 2013;33:356-62.
- 16) Park SM, Cho SW, Lee TG. Swept source optical coherence tomography findings in gas-filled eyes after macular hole surgery. *J Korean Ophthalmol Soc* 2015;56:1386-91.
- 17) Bottoni F, De Angelis S, Luccarelli S, et al. The dynamic healing process of idiopathic macular holes after surgical repair: a spectral-domain optical coherence tomography study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:4439-46.
- 18) Jeong SH, Kim JH, Kim JW, et al. Long-term changes in foveal microstructure after macular hole surgery. *J Korean Ophthalmol Soc* 2013;54:1731-6.
- 19) Madreperla SA, Geiger GL, Funata M, et al. Clinicopathologic cor-



- relation of a macular hole treated by cortical vitreous peeling and gas tamponade. *Ophthalmology* 1994;101:682-6.
- 20) Wakabayashi T, Fujiwara M, Sakaguchi H, et al. Foveal microstructure and visual acuity in surgically closed macular holes: spectral-domain optical coherence tomographic analysis. *Ophthalmology* 2010;117:1815-24.
- 21) Sano M, Shimoda Y, Hashimoto H, Kishi S. Restored photoreceptor outer segment and visual recovery after macular hole closure. *Am J Ophthalmol* 2009;147:313-8.e1.
- 22) Ooka E, Mitamura Y, Baba T, et al. Foveal microstructure on spectral-domain optical coherence tomographic images and visual function after macular hole surgery. *Am J Ophthalmol* 2011;152:283-90.e1.
- 23) Purtskhvanidze K, Treumer F, Junge O, et al. The long-term course of functional and anatomical recovery after macular hole surgery. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54:4882-91.
- 24) Itoh Y, Inoue M, Rii T, et al. Significant correlation between visual acuity and recovery of foveal cone microstructures after macular hole surgery. *Am J Ophthalmol* 2012;153:111-9.

---

= 국문초록 =

## 황반원공 수술 후 빛간섭단층촬영을 통한 황반구조의 회복 과정

**목적:** 전층 황반원공으로 수술을 시행한 환자에서 빛간섭단층촬영을 이용하여 수술 후 황반폐쇄가 이루어지는 망막내·외층의 구조적 변화를 통해 폐쇄단계를 추적하고 각 회복 과정에서 시력에 중요한 영향을 미치는 구조물에 대해 알아보고자 하였다.

**대상과 방법:** 2011년부터 2014년까지 특발성 황반원공으로 수술 받은 34안을 대상으로 후향적으로 분석하였다. 수술 전, 수술 후 1, 3, 6, 12개월째 빛간섭단층촬영을 분석하여 원공이 남은 경우(H<sub>1,3,6,12</sub>), 외과립층까지 회복된 경우(O<sub>1,3,6,12</sub>), 외경계막까지 회복된 경우(E<sub>1,3,6,12</sub>), 시세포내외절경계선까지 관찰되는 경우(P<sub>1,3,6,12</sub>)로 나누어 시간에 따른 회복 과정을 확인하였으며, 각 단계별 시력변화와 회복 기간을 알아보았다. 또한 최종 경과일에 관찰된 망막내·외층의 최종 회복 정도에 따른 네 개의 군(H, O, E, P)의 특징과 시력변화를 분석하였다.

**결과:** 1년 동안 황반원공 폐쇄과정을 추적한 결과, 외과립층까지 회복되는 평균 기간은 1.85 ± 2.59개월, 외경계막까지 회복되는 평균 기간은 3.78 ± 3.83개월이었고, 시세포내외절경계선까지 관찰되는 평균 기간은 7.40 ± 3.56개월이었다. 최종 경과일에 관찰된 회복 상태를 기준으로 원공이 남은 군(H), 외과립층까지 회복된 군(O), 외경계막까지 회복된 군(E), 시세포내외절경계선까지 회복된 군(P)으로 나누어 비교한 결과, E와 P군이 H와 O군보다 유의하게 시력이 좋았다( $p < 0.05$ ). 또한 H군 이외 모든 군에서 12개월째 시력이 술 전에 비해 유의하게 호전되었다( $p < 0.05$ ).

**결론:** 특발성 황반원공에서 수술 후 망막층의 회복 과정은 외과립층, 외경계막, 시세포내외절경계선 순으로 회복되었으며, 외경계막과 시세포내외절경계선의 두 구조물 회복 여부가 시력 향상에 중요함을 알 수 있었다.

〈대한안과학회지 2016;57(7):1109-1117〉

---