

망막전막 환자에서 빛간섭단층촬영 형태에 따른 유리체절제술 이후 맥락막 두께의 변화

Choroidal Thickness Changes Following Vitrectomy in Epiretinal Membrane Based on the Optical Coherence Tomography Pattern

박준민 · 염명인 · 박정민

Jun Min Park, MD, Myeong In Yeom, MD, Jung Min Park, MD, PhD

메리놀병원 안과

Department of Ophthalmology, Maryknoll Medical Center, Busan, Korea

Purpose: To analyze the influence of morphological classification in epiretinal membrane (ERM) based on surgical outcomes and optical coherence tomography (OCT) of the postoperative choroidal thickness.

Methods: This observational study included 122 eyes with ERM who underwent vitrectomy. Using OCT, the preoperative ERM was classified into six types: cystoid macular edema (CME), convex, flat, normal foveal contour (Normal), pseudolamellar hole (PLH), and vitreomacular traction (VMT). The preoperative multifocal electroretinogram (mfERG), postoperative change in sub-foveal choroidal thickness (SCT), central macular thickness (CMT), and best-corrected visual acuity (BCVA) were compared.

Results: Preoperative subfoveal choroidal thickness increased in the VMT type compared to the fellow eye (207 μ m vs. 234 μ m, $p = 0.028$). Choroidal thickness decreased in all types at 12 months after vitrectomy (all, $p < 0.05$). There was a positive linear correlation between the mfERG and the preoperative BCVA ($p = 0.001$). The initial visual acuity was best in the Normal type followed by the flat, PLH, convex, CME, and VMT types ($p = 0.001$). The final visual acuity was the best in the Normal type, followed by the PLH, Flat, VMT, Convex, and CME types ($p = 0.030$). Gas tamponade during the surgery did not affect the surgical outcomes of the CMT ($p = 0.458$), BCVA ($p = 0.550$), and SCT ($p = 0.127$).

Conclusions: Preoperative SCT increased only in the VMT type, but choroidal thickness decreased in all types after vitrectomy, regardless of the preoperative morphology.

J Korean Ophthalmol Soc 2018;59(7):637-649

Keywords: Choroidal thickness, Idiopathic epiretinal membrane, Multifocal electroretinogram, Optical coherence tomography, Visual acuity

망막전막(epiretinal membrane)은 망막내층의 섬유세포 증

식으로 인해 유리체황반 경계부에 작용하는 접선력이 망막 구조의 변형을 일으킬 수 있는 질환이다. 연령이 증가함에 따라 유병률이 증가하는 것으로 알려져 있으며 망막박리, 망막혈관폐쇄 질환, 황반 원공, 백내장수술을 포함한 안내의 병적 상태와 관련하여 이차적으로 발생할 수도 있으나, 동반된 질환이나 병력이 없이 발생하는 경우가 대부분이고 이를 특발성이라고 정의한다.^{1,2} 이러한 망막전막은 황반주름(macular pucker), 망막전섬유증(preretinal fibrosis), 망막전황반섬유증(preretinal macular fibrosis), 신경아교증(gliosis), 표

■ Received: 2018. 3. 22. ■ Revised: 2018. 5. 9.
■ Accepted: 2018. 6. 22.

■ Address reprint requests to **Jung Min Park, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Maryknoll Medical Center, #121
Junggu-ro, Jung-gu, Busan 48972, Korea
Tel: 82-51-461-2549, Fax: 82-51-465-7470
E-mail: pjm1438@hanmail.net

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

© 2018 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.

면주름망막병증(surface wrinkling retinopathy), 셀로판 황반병증(cellophane maculopathy) 등 다양한 용어로 표현되고 있다.² 보통 증상이 없으며 매우 천천히 진행되는 것으로 알려져 있으나, 드물게 변형시를 동반하는 시력저하 진행의 원인이 되기도 한다. 시력이 저절로 호전되는 경우는 매우 드물게 보고되고 있으나,³ 일반적으로 자연적인 시력 호전을 기대하기는 어렵고 황반부 망막에 작용하는 점선력을 해소하기 위한 수술적인 막제거가 필요하다.⁴

빛간섭단층촬영은 비침습적인 방법으로 망막의 미세 구조를 확인하고 망막 두께를 정량적으로 측정할 수 있는 고해상도 단층 검사로 여러 망막 질환의 진단에 있어서 중요한 역할을 한다. 망막전막은 빛간섭단층촬영에서 얇고 반사도가 높은 막의 형태로 관찰이 되는데, 망막 표면에 국소적으로 혹은 전체적으로 부착되어 있을 수 있으며 황반부 오목이 소실되거나 망막내강이 형성되는 등 다양한 형태를 보일 수 있다.⁵ 근래에 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영(spectral-domain optical coherence tomography)이 개발된 이후 망막의 단층 영상을 얻을 수 있게 되어 망막의 구조적인 변화를 쉽게 관찰할 수 있게 되었으며, OCT의 고급 깊이 모드(enhanced depth imaging optical coherence tomography)를 통해 맥락막의 두께 측정이 가능해지면서 여러 안과적 질환에서 맥락막 두께 변화와의 상관이 연구되고 있다.⁶ 맥락막은 시세포층 및 망막색소상피층에 혈액과 산소를 공급하는 혈관 조직으로, 여러 질병과의 연관으로 인해 최근에 상당히 중요한 관심사가 되고 있으며 맥락막의 순환 장애가 신경 망막 병리와 관련하여 중요한 역할을 하고 있다는 증거들이 점점 축적되고 있다.⁷

망막전막에서도 유리체절제술 및 막제거술 시행 전후 맥락막 두께의 변화와 관련된 논문들이 최근에 몇몇 보고되고 있는데 수술 후 감소한다는 논문⁸, 일시적인 변화만 있다는 논문⁹, 수술과 맥락막 두께는 관계가 없다는 논문¹⁰이 있으며 유리체황반견인형의 경우에만 감소한다는 논문¹¹ 또한 발표되었다.

본 연구에서는 빛간섭단층촬영에서 보이는 술 전 중심와의 미세 구조에 따라 망막전막의 형태를 구분하고 각각의 형태별로 반대안과 이환안의 맥락막 두께의 차이가 있는지, 수술 전후 중심와 아래 맥락막 두께의 변화가 있는지 알아보려고 하였다. 또한 망막전막의 형태와 다국소망막전위도 검사와의 관련 유무를 확인하고 수술 전후 황반부 망막 두께의 변화 및 시력 변화를 측정하여 형태에 따른 연관 여부를 확인하고자 하였다.

대상과 방법

2013년 1월부터 2017년 2월까지 본원 안과 외래에서 망막전막으로 진단받고 유리체절제술 및 막제거술을 시행받은 환자 중 1년 이상 경과관찰이 가능했던 특발성 망막전막 환자 122명을 대상으로 후향적으로 의무 기록을 분석하였다. 수술 후 시력, 망막 두께 및 맥락막의 두께에 영향을 미칠 수 있는 나이관련황반변성, 결절맥락망막병증, 망막혈관 폐쇄, 중심성장맥락망막병증과 같은 맥락막 관련 질환들 및 녹내장, 당뇨망막병증, Lens Opacities Classification System III (LOCS III)에 따른 NO3 이상의 백내장, 고도근시(refractive errors >6D and axial length >26.0 mm)는 제외하였다. 따라서 이차 망막전막 환자는 포함되지 않고, 특발성 망막전막 환자 중 조건에 해당되는 사람에 대하여 연구를 진행하였다. 본 연구는 헬싱키 선언을 준수하였으며, 본원 임상시험심사위원회(institutional review board, IRB)의 승인을 받아 진행하였다(승인번호: 2018-258).

모든 환자는 수술 전 병력 청취를 통해 안내 수술 병력, 안내 질환 및 전신 질환 유무를 확인하고, 최대교정시력, 세극등검사, 안저검사, 다국소망막전위도검사(multifocal electroretinogram), 빛간섭단층촬영을 시행하였다. 빛간섭단층촬영은 Cirrus HD-OCT® (Carl Zeiss Meditec Inc., Dublin, CA, USA)를 이용하였으며 다국소망막전위도 검사는 RETIsan system® (ROLAND CONSULT INSTRUMENT GmbH, Wiesbaden, Germany)을 이용하였다. 최대교정시력은 스넬렌 시력표로 측정 후 logarithm of the minimum angle of resolution (logMAR)로 변환하였다. 최대교정시력(best corrected visual acuity, BCVA) 측정 및 빛간섭단층촬영을 각각 수술 후 1주일, 1, 3, 6, 12개월에 시행하였고 최종 최대교정시력은 술 후 12개월로 하였다.

망막전막의 형태는 술 전 빛간섭단층촬영 결과에 따라 6가지 형태로 구분하였으며 낭포황반부종형(cystoid macular edema type, CME), 볼록형(convex type, Convex), 편평형(flat type, Flat), 정상황반윤곽형(normal foveal contour type, Normal), 가성충판원공형(pseudolamellar hole type, PLH), 유리체황반견인형(vitreomacular traction type, VMT)으로 구분하였다. 낭포황반부종형은 망막 내 낭포 변화가 있는 경우, 볼록형은 망막중심부가 돔 형태로 두꺼워져 있는 경우, 편평형은 전반적으로 편평하게 두꺼워져 있는 경우, 정상황반윤곽형은 황반부의 형태가 정상적인 형태를 유지하고 있는 경우, 가성충판황반원공형은 황반오목이 가파른 경우나 망막 내 충판형의 분열이 있는 경우, 유리체황반견인형은 부분적으로 접해 있는 망막전막에 의해 유리체황반견인이 있는 경우로 정의하였다(Fig. 1).¹²⁻¹⁴

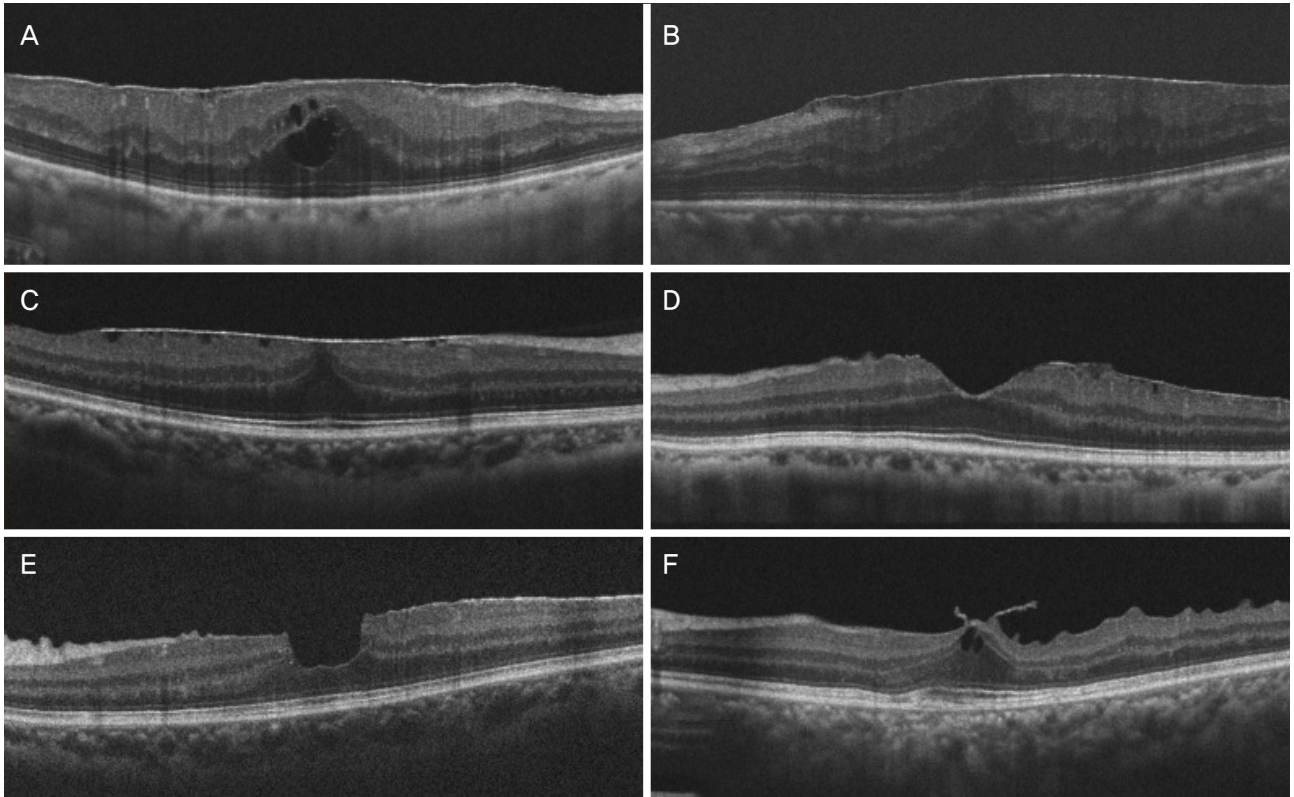


Figure 1. The type of epiretinal membrane in optical coherence tomography images. (A) The cystoid macular edema type shows globally adherent membrane and formation of intraretinal cystoid space. (B) The convex type shows globally adherent membrane and dome shaped retina due to diffuse thickening of neurosensory retina. (C) The flat type shows globally adherent membrane and flat foveal contour. (D) The normal type shows normal foveal contour. (E) The pseudolamellar hole type shows steepened foveal pit. (F) The vitreomacular traction type shows focal adherent membrane bridging between vitreous and retina.

망막 두께는 OCT에서 자동으로 측정되는 값을 이용하였으며 황반부종으로 인해 자동으로 찾는 중심와의 위치가 부정확할 경우 수동으로 위치를 조정하였다. 또한 중심와 아래 맥락막 두께는 빛간섭단층촬영의 고급깊이모드(enhanced depth imaging, EDI)를 이용하여 황반부에서 단면 영상을 얻은 후 망막색소상피인 고반사선의 외측에서 맥락막-공막의 경계선까지의 수직 거리를 내장된 캘리퍼를 이용하여 두 명의 연구자가 측정한 평균값을 활용하였다. 다국소망막전위도 검사는 술 전에만 시행하였으며 중심와 영역에 해당하는 P1의 Ring1 진폭을 통계분석에 활용하였다.

수술은 한 명의 술자에 의해 이루어졌으며, 모든 수술은 섬모체평면부 공막창을 통한 3-port 유리체절제술을 시행하였으며 유수정제안의 경우 모두 수정체유화술 및 인공수정체 삽입술을 시행하였다. 유리체절제술은 중심유리체절제(core vitrectomy)를 시행한 이후 0.1% (0.1 mg/mL) Indocyanine green을 이용하여 황반부를 염색하고 안내집계를 사용하여 망막전막 및 내경계막을 제거하였다. 또한 가성증광황반원공형 환자 전체 및 볼록형 환자의 일부에서는 황반부의 유착, 술 후 초기 부종 감소 효과를 위해 10% 육불화황(SF₆) 가스층

전술을 시행하고 일주일 정도의 안면하 체위를 유지하도록 하였다.

통계적 분석은 SPSS version 21.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 사용하였다. 맥락막 두께, 망막 두께, 시력 변화 정도가 형태에 따라 차이가 있는지 여부는 Kruskal-Wallis Test, 수술 전후 맥락막 두께 및 망막 두께의 변화, 시력 호전 정도의 유의성 검정은 Wilcoxon signed rank test, Friedman test를 이용하였다. 또한 선형상관관계는 Spearman correlation analysis, 가스 주입 여부에 따른 두 군 간의 차이는 Mann Whitney U test를 이용하였고 통계 분석에서 *p*값이 0.05 미만일 경우 통계적으로 의미를 가지는 것으로 판단하였다.

결 과

총 122명 122안의 환자 중에서 여자는 85명(69.7%), 남자는 37명(30.3%)이었고, 평균연령 67.5세(표준편차: 7.3년, 최소연령 45세, 최고연령 80세)였다. 술 전 빛간섭단층촬영을 통해 분류했을 때 전체 122안 중에 낭포황반부종형은 14안, 볼록형은 30안, 편평형은 37안, 정상황반윤곽형은 11안, 가

성충판원공형은 21안, 유리체황반견인형은 9안이었다. 각 각의 군에서 술 전 성별 분포, 연령 분포 및 백내장수술 비율은 통계적 차이를 보이지 않았으며 수술 후 1년간 경과 관찰 도중 망막전막의 재발률은 9.8%였으며 각 형태별로 유의한 차이는 관찰되지 않았다(Table 1).

시력

빛간섭단층촬영 형태별 술 전 logMAR 시력은 각각 0.54 (CME), 0.53 (Convex), 0.34 (Flat), 0.31 (Normal), 0.41 (PLH), 0.56 (VMT)이었으며 정상황반윤곽형, 편평형, 가성황반원공형, 볼록형, 낭포황반부종형, 유리체황반견인형 순으로 시력이 좋았고 각 군별로 유의한 차이를 보였다($p=0.002$, Kruskal-Wallis test). 또한 6군 모두에서 수술 후 1개월부터

12개월까지 전 구간에 걸쳐 술 전과 비교하여 통계적으로 유의한 시력 호전을 보였다(모든 형태에서 $p<0.05$, Wilcoxon signed rank test). 또한 최종 시력(술 후 12개월째)은 정상황반윤곽형(0.02), 편평형(0.09), 가성충판원공형(0.10), 유리체황반견인형(0.13), 볼록형(0.16), 낭포황반부종형(0.19) 순이었으며, 형태에 따라 통계적으로 의미있는 차이를 보였다($p<0.001$, Friedman test) (Fig. 2, Table 2).

다국소망막전위도 검사

술 전 다국소망막전위도 검사에서 중심와 영역(Ring1) 평균 진폭은 각각 89.08 nV/deg² (CME), 85.66 nV/deg² (Convex), 90.57 nV/deg² (Flat), 111.50 nV/deg² (Normal), 90.98 nV/deg² (PLH), 79.34 nV/deg² (VMT)였으며 반대안과 비교하여 통계

Table 1. Demographic and clinical characteristics of patients

	Total	CME	Convex	Flat	Normal	PLH	VMT	p-value
Number of eyes	122	14	30	37	11	21	9	
Gender (female:male)	85:37	12:5	25:9	27:10	8:3	16:5	4:5	0.613 [†]
Age (years)	67.5 ± 7.3	65.6 ± 9.8	69.9 ± 6.5	65.9 ± 7.1	67.8 ± 5.8	66.4 ± 6.9	71.4 ± 7.2	0.153 [*]
Phakic:Pseudophakic	89:33	10:4	21:9	24:13	10:1	19:2	5:4	0.252 [†]
Recurrent of ERM	12	2	3	4	0	1	2	0.590 [†]
ERM in fellow eye	18	3	4	4	1	4	2	
EZ disruption	10	3	2	2	0	1	2	0.620 [†]

Values are presented as number or mean ± SD unless otherwise indicated.

CME = cystoid macular edema type; Convex = convex type; Flat = flat type; Normal = normal foveal contour type; PLH = pseudolamellar hole type; VMT = vitreomacular traction type; ERM = epiretinal membrane; EZ = ellipsoid zone (photoreceptor inner segment/outer segment).

*Kruskal-Wallis test; [†]Pearson's chi-square test.

Table 2. logMAR visual acuity and mean BCVA change according to the ERM type

BCVA	CME	Convex	Flat	Normal	PLH	VMT	p-value [†]
Preoperative	0.54 ± 0.31	0.53 ± 0.22	0.34 ± 0.18	0.31 ± 0.28	0.41 ± 0.19	0.56 ± 0.27	0.002 [*]
1 month	0.41 ± 0.29	0.27 ± 0.26	0.16 ± 0.13	0.12 ± 0.14	0.22 ± 0.21	0.26 ± 0.17	0.010 [*]
2 months	0.30 ± 0.27	0.24 ± 0.22	0.13 ± 0.13	0.06 ± 0.11	0.13 ± 0.12	0.22 ± 0.16	0.009 [*]
3 months	0.24 ± 0.22	0.21 ± 0.20	0.10 ± 0.10	0.05 ± 0.10	0.11 ± 0.11	0.18 ± 0.17	0.017 [*]
6 months	0.25 ± 0.23	0.21 ± 0.22	0.11 ± 0.13	0.06 ± 0.10	0.11 ± 0.13	0.16 ± 0.18	0.031 [*]
12 months	0.19 ± 0.21	0.16 ± 0.19	0.09 ± 0.13	0.02 ± 0.04	0.10 ± 0.08	0.13 ± 0.14	0.030 [*]
BCVA change (1)	0.13 ± 0.18	0.24 ± 0.26	0.19 ± 0.15	0.19 ± 0.28	0.19 ± 0.21	0.30 ± 0.30	
p-value [‡]	0.017 [*]	0.010 [*]	<0.001 [*]	0.240	0.003 [*]	0.020 [*]	
BCVA change (2)	0.24 ± 0.15	0.27 ± 0.23	0.23 ± 0.18	0.25 ± 0.31	0.28 ± 0.15	0.33 ± 0.22	
p-value [‡]	0.010 [*]	0.010 [*]	<0.001 [*]	0.011 [*]	<0.001 [*]	0.010 [*]	
BCVA change (3)	0.31 ± 0.19	0.30 ± 0.24	0.24 ± 0.17	0.25 ± 0.31	0.30 ± 0.18	0.38 ± 0.24	
p-value [‡]	0.010 [*]	0.010 [*]	<0.001 [*]	0.011 [*]	<0.001 [*]	0.011 [*]	
BCVA change (6)	0.31 ± 0.18	0.30 ± 0.24	0.23 ± 0.20	0.25 ± 0.3	0.30 ± 0.19	0.40 ± 0.24	
p-value [‡]	0.010 [*]	0.010 [*]	<0.001 [*]	0.011 [*]	<0.001 [*]	0.012 [*]	
BCVA change (12)	0.36 ± 0.21	0.34 ± 0.24	0.24 ± 0.20	0.29 ± 0.27	0.32 ± 0.18	0.42 ± 0.23	
p-value [‡]	0.010 [*]	0.010 [*]	<0.001 [*]	0.005 [*]	<0.001 [*]	0.012 [*]	
Overall p-value [§]	<0.001 [*]	<0.001 [*]	<0.001 [*]	<0.001 [*]	<0.001 [*]	<0.001 [*]	

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

BCVA = best corrected visual acuity (logMAR); ERM = epiretinal membrane; CME = cystoid macular edema type; Convex = convex type; Flat = flat type; Normal = normal foveal contour type; PLH = pseudolamellar hole type; VMT = vitreomacular traction type.

*Indicates statistical significance; [†]Kruskal-Wallis test (comparing among the groups); [‡]Wilcoxon signed rank test (comparing the BCVA before and after surgery); [§]Friedman test.

적으로 유의한 진폭 감소 소견을 보였다(모든 형태에서 $p < 0.05$, Wilcoxon signed rank test). 또한 망막전막이 없는 반대안의 경우 Ring1 평균 진폭이 형태에 따라 통계적으로 유의한 차이가 없었으나($p = 0.076$, Kruskal-Wallis test), 망막전막이 있는 이환안에서는 정상황반윤곽형, 편평형, 가성충반원공형, 볼록형, 낭포황반부종형, 유리체황반견인형 순서로 높게 나타났으며 형태에 따라 통계적으로 의미있는 차이를 보였다($p = 0.038$, Kruskal-Wallis test). 이러한 Ring1 평균 진폭의 크기 순서는 술 전 시력의 순서와 일치하는 결과를 보이고 있다.

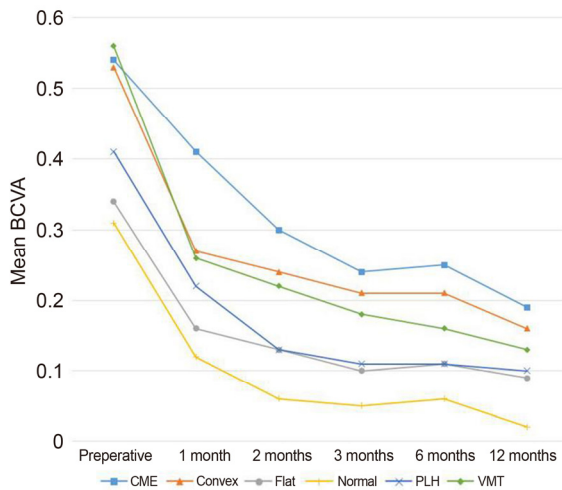


Figure 2. Longitudinal changes of the best corrected visual acuity (BCVA) before and after epiretinal membrane surgery. BCVA significantly increased in all types after surgery. CME = cystoid macular edema type; Convex = convex type; Flat = flat type; Normal = normal foveal contour type; PLH = pseudolamellar hole type; VMT = vitreomacular traction type.

전체 환자군에 대하여 술 전 다국소망막전위도 검사 결과와 술 전, 술 후 6개월, 술 후 12개월 BCVA의 관련성을 검증해 본 결과, Ring1 진폭은 술 전 BCVA와 통계적으로 유의한 중등 음의 선형 상관관계를 보이지만($p = 0.001$, $\rho = -0.316$, $R^2 = 0.126$, Spearman correlation analysis) 술 후 6개월, 12개월의 BCVA와는 통계적 관련이 없었다($p = 0.733$, $p = 0.308$, Spearman correlation analysis) (Fig. 3, Table 3). 또한 술 전 다국소 망막전위도 검사 결과와 황반부 망막 두께도 음의 상관관계를 보였으나, 통계적 유의성은 떨어졌다($p = 0.054$, Spearman correlation analysis) (Table 3).

망막전막 유무에 따른 맥락막 두께

전체 환자군에 대하여 망막전막이 있는 눈과 반대안을 비교하였을 때 맥락막 두께는 양안에 유의한 차이가 없었으며($p = 0.162$, Wilcoxon signed rank test), 유리체황반견인형을 제외한 모든 형태에서 양안의 맥락막 두께는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 하지만 유리체황반견인형에서는 망막전막이 있는 눈이 반대안에 비하여 맥락막 두께가 증가하였다($p = 0.028$, Wilcoxon signed rank test). 비교의 정확성을 높이기 위해 반대안에도 망막전막이 있는 환자(18안, Table 1)를 제외하고 양안의 맥락막 두께를 비교해 본 결과에서도 마찬가지로 유리체황반견인형에서만 통계적으로 유의한 맥락막 두께 차이를 확인할 수 있었다($p = 0.043$, Wilcoxon signed rank test) (Table 4).

술 후 맥락막 두께

전체 환자군에 대하여 술 후 1개월 이후부터 통계적으로 유의한 맥락막 두께 감소를 보였다($p < 0.05$, Wilcoxon signed rank test). 각각의 형태별로 보면 황반부종형, 볼록형, 정상황반윤곽형은 술 후 3개월 이후부터, 편평형과 유리체황반

Table 3. Relation among preoperative multifocal ERG results, BCVA and preoperative CMT

Type	ERM eye mfERG	Fellow eye mfERG	p -value [†]	Preoperative BCVA	Postoperative BCVA (6 months)	Postoperative BCVA (12 months)	Preoperative CMT (μ m)
CME	85.66 \pm 29.63	117.50 \pm 30.6	0.012	0.54 \pm 0.31	0.25 \pm 0.23	0.19 \pm 0.21	490.0 \pm 92.9
Convex	89.08 \pm 42.56	142.60 \pm 39.75	<0.001	0.53 \pm 0.22	0.21 \pm 0.22	0.16 \pm 0.19	476.0 \pm 62.6
Flat	90.98 \pm 34.26	107.10 \pm 36.08	0.007	0.34 \pm 0.18	0.11 \pm 0.13	0.09 \pm 0.13	374.0 \pm 38.9
Normal	111.50 \pm 35.55	126.00 \pm 41.00	0.028	0.31 \pm 0.28	0.06 \pm 0.10	0.02 \pm 0.04	301.0 \pm 37.8
PLH	90.57 \pm 35.01	116.20 \pm 46.33	0.011	0.41 \pm 0.19	0.11 \pm 0.13	0.07 \pm 0.08	376.0 \pm 72.3
VMT	79.34 \pm 27.51	109.40 \pm 67.25	0.021	0.56 \pm 0.27	0.16 \pm 0.18	0.13 \pm 0.14	444.0 \pm 101
p -value	0.038 ^{*,§}	0.076 [§]		0.001 ^{*,§}	0.733 [‡]	0.308 [‡]	0.054 [‡]

Values are presented as mean \pm SD unless otherwise indicated.

ERG = electroretinogram; BCVA = best corrected visual acuity (logMAR); CMT = central macular thickness; ERM = epiretinal membrane; mfERG = multifocal electroretinogram of Ring1 amplitude (nV/deg²); CME = cystoid macular edema type; Convex = convex type; Flat = flat type; Normal = normal foveal contour type; PLH = pseudolamellar hole type; VMT = vitreomacular traction type.

^{*}Indicates statistical significance; [†]Wilcoxon signed rank test (comparing between the eyes affected by ERM and the normal fellow eyes);

[‡]Spearman correlation analysis (linear correlation between mfERG and BCVA or mfERG and CMT); [§]Kruskal-Wallis test (comparing among the groups).

견인형은 술 후 1개월 이후부터, 가성황반원공형은 1년이 지나서 맥락막 두께가 유의하게 감소하였다. 그리고 형태에 관계없이 술 후 일주일째 측정된 맥락막 두께 평균값은 술 전에 비하여 증가하였는데 그중에서 편평형과, 정상황반원공형은 술 후 1주일째에 통계적으로 유의하게 맥락막 두께가 증가하였다($p=0.037$, 0.032 , Wilcoxon signed rank test). 또한 술 전에 각 형태별 맥락막 두께의 유의한 차이는 관찰할 수 없었으며($p=0.085$, Kruskal-Wallis test) 술 후 경과관찰 기간에도 각 형태별 맥락막 두께는 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 5).

황반부 망막 두께

술 전 황반부 평균 망막 두께는 각각 $490\ \mu\text{m}$ (CME), $476\ \mu\text{m}$ (Convex), $374\ \mu\text{m}$ (Flat), $301\ \mu\text{m}$ (Normal), $376\ \mu\text{m}$ (PLH), $444\ \mu\text{m}$ (VMT)였으며 각 형태별로 통계적으로 의미 있는 망막 두께 차이를 보였다($p<0.001$, Kruskal-Wallis test). 또한 술 후 1년간 경과관찰하는 동안 전체 구간에서 모두 각각의 형태에 따라 통계적으로 의미 있는 두께 차이를 보였다($p<0.001$, Kruskal-Wallis test) (Table 6).

술 후 3개월 이후부터는 정상황반원공형을 제외한 모든 형태에서 초기와 비교해 통계적으로 유의한 두께 감소 소견을 관찰할 수 있었다($p<0.05$, Wilcoxon signed rank test). 그런데 초기에 평균 망막 두께가 $400\ \mu\text{m}$ 이상이었던 낭포 황반부종형, 볼록형, 유리체황반견인형의 경우 수술 1주일

이후부터 통계적으로 의미 있는 망막 두께 감소를 보이는 반면에 망막 두께가 가장 얇았던 정상황반원공형의 경우 술 후 1달째 통계적으로 유의하게 망막 두께가 증가하였고($p=0.05$, Wilcoxon signed rank test) 이후에는 초기와 비교하여 의미 있는 두께 변화가 관찰되지 않았다($p=0.514$, 0.213 , 0.130 [3, 6, 12개월], Wilcoxon signed rank test) (Table 6).

전체 환자군에 대하여 황반부 망막 두께는 술 전 최대교정시력과 중등 양의 선형 상관관계($\rho=0.587$, $p<0.001$, Spearman correlation analysis), 술 후 시력 변화와 약한 양의 선형 상관관계($\rho=0.244$, $p=0.009$, Spearman correlation analysis), 술 후 망막 두께의 변화와는 강한 양의 선형 상관관계를 보였다($\rho=0.860$, $p<0.001$, Spearman correlation analysis) (Fig. 4).

술 중 가스충전술 시행 여부

볼록형에서 가스를 충전한 1군은 12안, 충전하지 않은 2군은 18안이었다. 최대교정시력, 황반부 망막 두께, 황반하 맥락막 두께를 술 전, 술 후 1주일, 1, 3, 6, 12개월에 측정하였다. 술 전에 최대교정시력, 황반부 망막 두께, 황반하 맥락막 두께 모두 두 군 간에 유의한 차이가 없었으며($p=0.919$, 0.657 , 0.116 , Mann-Whitney U test), 경과관찰하는 동안 1주일, 1, 3, 6, 12개월 각각의 시점에서 두 군 간의 유의한 차이는 없었다(Table 7).

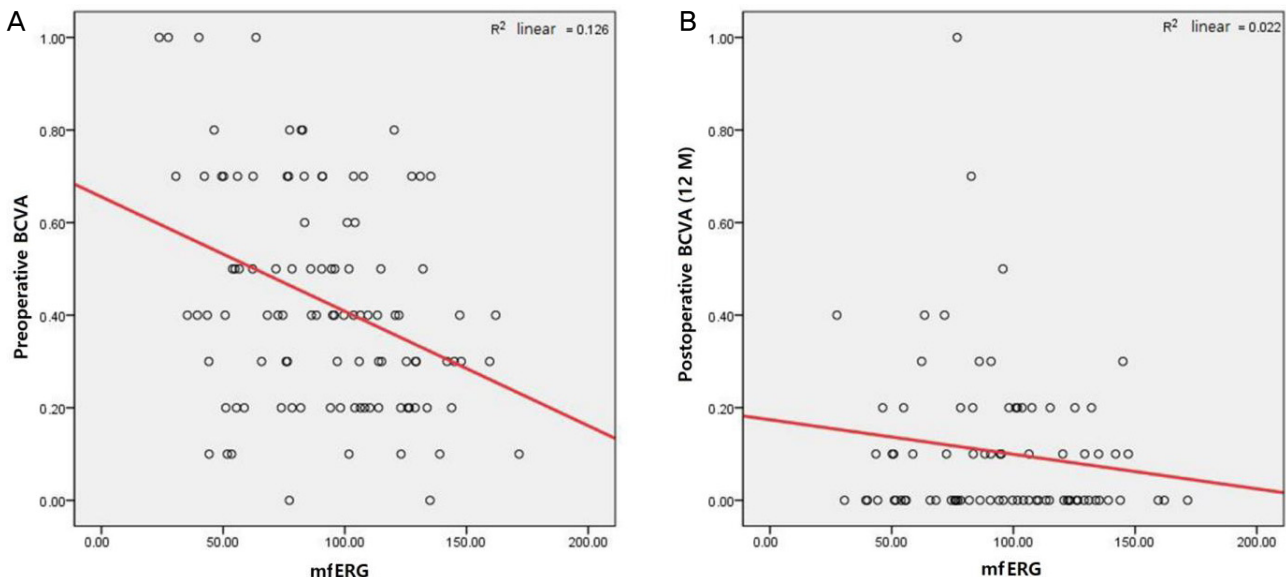


Figure 3. Scattergram demonstrating the relation between preoperative multifocal electroretinogram (Ring1 amplitude) and best corrected visual acuity (BCVA). (A) Ring1 amplitude is significantly related to the preoperative BCVA ($\rho = -0.316$, $R^2 = 0.126$, $p = 0.001^*$). (B) Ring1 amplitude is not significantly related to the postoperative BCVA ($\rho = -0.113$, $R^2 = 0.022$, $p = 0.308^*$). Regression lines are shown on the scattergram as the red lines. M = months; mfERG = multifocal electroretinogram. *Spearman correlation analysis.

고 찰

당뇨망막병증, 망막혈관 폐쇄, 포도막염, 망막박리 등과 같은 안내 질환에 이차적으로 발생하는 속발 망막전막과 달리 특발성 망막전막은 안내 질환 없이 후유리체박리가 섬유세포 증식을 유도하여 막 형성에 관여하는 것으로 생각된다.¹⁵ 하지만 망막전막의 형성에 있어서 맥락막이 어떠한 역할을 하는지에 대한 연구는 아직 충분히 이루어지지 않고 있다.

맥락막은 혈관이 풍부한 구조물로 Wei et al¹⁶에 의하면 평균 65세의 중국인의 경우 황반하 맥락막 두께는 $254 \pm 107 \mu\text{m}$ 로 측정되며 나이에 따라 매년 $4 \mu\text{m}$, 근시 1D 진행에 따라 $15 \mu\text{m}$ 감소한다고 한다. 또한 맥락막 두께는 연령 관련 황반변성과 같은 맥락막 관련 질병, 레이저치료, 안내 주사 등 다양한 요인에 영향을 받을 수 있다.¹⁷⁻¹⁹ 최근에는 망막전막에 대한 유리체절제술이 맥락막 두께에 미치는 영향과 관련한 연구들이 진행되고 있는데 현재까지 이루어진 연구에서는 맥락막 두께에 미치는 결과가 상이하게 나타나

고 있다.⁸⁻¹¹ 본 연구에서는 망막전막에는 다양한 형태가 존재하고 어떠한 형태가 많이 포함되어 있는지에 따른 선택 편향(selection bias)이 상이한 결과의 원인이 될 수 있다는 점에 착안하여 망막전막을 빛간섭단층촬영 형태에 따라 구분하여 연구를 진행하였다. 망막전막의 형태와 관련하여 Kim et al¹²은 편평형, 볼록형, 오목형의 세 가지 형태를 분류하였고, Kinoshita et al¹³은 미만형, 낭포황반부종형, 가성 중반원공형, 유리체황반견인형의 네 가지 형태로 분류하였다. 저자들은 미만형을 편평형과 볼록형으로 세분하고 여기에 정상황반윤곽형을 추가하여 총 여섯 가지 형태로 분류하였다.

먼저 망막전막과 맥락막 두께와의 관련을 확인하기 위해 이환안과 반대안의 맥락막 두께를 비교해 보았는데 전체 환자군에서는 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았고 유리체황반견인형에서만 반대안에 비하여 맥락막 두께가 증가하였다. 이러한 결과는 망막전막을 유리체황반견인인 있는 형태와 나머지로 구분하여 연구한 Kang et al¹¹의 결과와 일치하며, 이를 통해 황반부에 작용하는 견인력이 맥락

Table 4. Preoperative OCT results of SCT

Preoperative SCT	CME (μm)	Convex (μm)	Flat (μm)	Normal (μm)	PLH (μm)	VMT (μm)	Total (μm)
ERM eye	213.4 ± 73.0	179.2 ± 73.4	186.9 ± 61.6	186.1 ± 68.2	185.6 ± 65.1	234.0 ± 39.8	189.7 ± 63.9
Fellow eye	199.2 ± 47.9	184.3 ± 76.6	193.0 ± 51.1	183.0 ± 70.6	183.4 ± 69.8	207.1 ± 48.4	192.6 ± 68.4
p-value [†]	0.162	0.513	0.319	0.504	0.601	0.028*	0.162
p-value [‡]	0.475	1.000	0.718	0.759	0.875	0.043*	0.249

Values are presented as mean \pm SD unless otherwise indicated.

OCT = optical coherence tomography; SCT = subfoveal choroidal thickness; CME = cystoid macular edema type; Convex = convex type; Flat = flat type; Normal = normal foveal contour type; PLH = pseudolamellar hole type; VMT = vitreomacular traction type; ERM = epiretinal membrane.

*Indicates statistical significance; [†]Wilcoxon signed rank test (comparing between the ERM eye and the fellow eye); [‡]Wilcoxon signed rank test (excluding the cases of ERM patients in the fellow eye).

Table 5. Subfoveal choroidal thickness (SCT) before and after surgery

SCT	CME (μm)	Convex (μm)	Flat (μm)	Normal (μm)	PLH (μm)	VMT (μm)	Total (μm)	p-value [‡]
Preoperative	213.4 ± 73.0	179.2 ± 73.4	186.9 ± 61.6	186.1 ± 68.2	185.6 ± 65.1	234.0 ± 39.8	191.3 ± 66.6	0.085
1 wk	210.7 ± 69.5	185.1 ± 76.4	189.3 ± 60.9	188.5 ± 67.7	190.7 ± 63.8	224.6 ± 57.0	192.7 ± 67.2	0.149
p-value [†]	0.432(+)	0.063(+)	0.037*(+)	0.032*(+)	0.079(+)	0.108(+)	0.125(+)	
1 month	208.29 ± 70.6	179.6 ± 74.9	186.8 ± 63.9	182.2 ± 57.9	185.7 ± 64.5	219.5 ± 58.2	191.8 ± 67.2	0.434
p-value [†]	0.078	0.572	0.011*	0.285	0.986	0.050*	0.001*	
3 months	201.1 ± 70.0	170.4 ± 73.2	186.8 ± 60.0	177.4 ± 56.2	182.1 ± 65.3	203.4 ± 63.5	184.1 ± 65.7	0.712
p-value [†]	0.008*	0.024*	0.001*	0.012*	0.053	0.018*	<0.001*	
6 months	199.0 ± 69.3	170.8 ± 68.3	186.7 ± 59.5	174.3 ± 58.5	182.7 ± 65.1	196.4 ± 58.4	182.7 ± 63.7	0.701
p-value [†]	0.002*	0.013*	0.015*	0.007*	0.067	0.012*	<0.001*	
12 months	197.2 ± 68.3	170.5 ± 66.4	182.1 ± 62.7	169.5 ± 57.6	179.5 ± 62.5	193.1 ± 53.5	180.1 ± 62.6	0.470
p-value [†]	0.002*	0.024*	0.004*	0.022*	0.048*	0.008*	<0.001*	
Overall p-value [§]	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*	

Values are presented as mean \pm SD unless otherwise indicated. (+) means increased SCT, otherwise means decreased SCT.

CME = cystoid macular edema type; Convex = convex type; Flat = flat type; Normal = normal foveal contour type; PLH = pseudolamellar hole type; VMT = vitreomacular traction type; wk = week.

*Indicates statistical significance; [†]Wilcoxon signed rank test (comparing the SCT before and after surgery); [‡]Kruskal-Wallis test (comparing among the groups); [§]Friedman test.

막 두께에 영향을 미쳐 맥락막이 두꺼워졌을 것을 유추할 수 있다. 일반적으로 망막전막에서 작용하는 힘은 접선 방향으로 알려져 있으며 이러한 접선력이 망막내층을 변형시키지만²⁰ 유리체항반견인력은 전후 방향으로 힘이 작용한다. 따라서 망막내층을 전방으로 끌어당기는 힘에 대한 반작용이 후방으로 작용하여 맥락막 두께가 증가하였을 가능성이 있다.²¹ 다른 원인으로는 망막에 작용하는 견인력으로 인해 망막혈관 흐름의 변화가 생기며 망막에 산소와 영양분 공급을 하기 위해 맥락막 혈관이 확장되고 두꺼워졌을 가능성을 생각해 볼 수 있는데,²² 이를 확인하기 위해서는 망막에 수직 방향의 견인력과 접선 방향의 견인력이 망막 순환에 어떻게 다른 영향을 미치는지에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다. 또한 혈관 투과 측면에서 생각해 볼 수도 있는데 Kinoshita et al²³은 망막에 작용하는 신장력이 세포내 숙신산염을 증가시키고 혈관내피세포성장인자(vascular endothelial growth factor, VEGF)를 증가시킬 수 있다고 하였다. 따라서 유리체항반견인력이 망막색소상피층(retinal pigment epithelium, RPE)에 작용하여 RPE 세포내의 VEGF가 증가하게 되면 RPE의 투과 또한 증가할 수 있다.²⁴ 그리고 증가된 VEGF로 인해 맥락막혈관의 투과 또한 증가할 수 있으며, 이러한 맥락막의 과투과로 혈장 단백질이 누출되면 맥락막 사이질의 삼투압이 증가한 결과로 맥락막 두께의 증가가 유발될 수 있을 것으로 보인다.¹¹

하지만 유리체항반견인형을 제외한 다른 형태의 망막전막에서는 이환안과 반대안의 맥락막 두께의 차이를 관찰할 수 없었다. 따라서 일반적인 망막전막의 형성에 있어서 맥락막이 어떠한 영향을 미치거나 혹은 망막전막이 맥락막에

영향을 미칠 가능성은 낮다고 생각된다. 이는 망막전막에서 반대안에 비해 맥락막 두께가 증가하며, 전반적인 혈관 변화와 맥락막 두께의 증가가 망막전막의 병태생리에 영향을 미칠 것이라고 가정한 Michalewska et al⁸의 결과와 대치되는 결과이다. 하지만 이 연구에서는 총 21명의 환자 중 반대안에 망막전막이 있는 환자 11명을 제외한 10명에 대한 결과를 분석하였기에 표본 수가 충분치 않다는 점, 대상 환자 중에 유리체항반견인형이 포함되어 있을 가능성이 있다는 한계점이 있다.

유리체절제술 시행과 관련하여 맥락막의 두께는 기간의 차이는 있지만 모든 형태에서 통계적으로 유의하게 감소하였다. 하지만 아직까지 유리체절제술 이후 맥락막 두께의 변화 및 영향을 미칠 수 있는 요인에 대한 연구가 충분히 이루어지지 못하고 있다. Kang et al¹¹은 유리체항반견인형에서는 수술 후 맥락막 두께가 감소하지만 유리체항반견인 없는 망막 전막에서 유리체절제술 이후에 맥락막 두께의 변화는 없다고 하였다. 하지만 Ahn et al⁹은 수술 후 일주일째에 맥락막 두께가 일시적으로 증가했다가 원래 두께로 돌아온다고 하며, Michalewska et al⁸ 및 Casini et al¹⁰은 맥락막 두께가 감소하는 것으로 보고하고 있다. 또한 정상안과 망막전막이 있는 눈의 맥락막 두께에 대한 비교에서도 다양한 결과들이 제시되고 있는 상황이다.^{8,10}

본 연구에서는 술 전에 반대안에 비해 맥락막 두께가 두꺼웠던 유리체항반견인형뿐만 아니라 반대안과 맥락막 두께의 차이가 없었던 다른 모든 형태의 망막전막에서도 맥락막 두께가 감소하는 결과를 확인할 수 있었다. 그 이유로 먼저 유리체강 내의 환경 변화를 생각해 볼 수 있다. 우리를

Table 6. Central subfield macular thickness before and after surgery

CMT	CME (μm)	Convex (μm)	Flat (μm)	Normal (μm)	PLH (μm)	VMT (μm)	p-value [‡]
Preoperative	481.9 ± 94.0	475.9 ± 62.6	374.0 ± 38.9	301.7 ± 35.9	376.1 ± 72.3	419.2 ± 101.8	<0.001*
1 wk	449.7 ± 74.9	437.1 ± 52.1	365.4 ± 42.1	313.3 ± 47.3	372.2 ± 61.1	369.8 ± 69.6	<0.001*
p-value [†]	0.002*	<0.001*	0.031*	0.182(+)	0.498	0.066	
1 month	401.2 ± 65.2	411.3 ± 47.2	359.7 ± 39.4	329.6 ± 52.2	354.7 ± 54.8	341.9 ± 64.0	<0.001*
p-value [†]	0.001*	<0.001*	0.008*	0.050(+)*	0.130	0.021*	
3 months	371.2 ± 40.6	383.1 ± 39.1	343.3 ± 34.9	302.8 ± 42.3	346.1 ± 50.4	330.3 ± 49.9	<0.001*
p-value [†]	0.001*	<0.001*	<0.001*	0.514(+)	0.018*	0.015*	
6 months	361.9 ± 39.3	371.3 ± 37.8	329.2 ± 37.2	300.2 ± 49.6	337.7 ± 44.5	325.7 ± 41.9	<0.001*
p-value [†]	0.001*	<0.001*	<0.001*	0.213	0.005*	0.015*	
12 months	358.3 ± 38.1	356.5 ± 37.4	323.7 ± 36.3	291.5 ± 44.4	326.5 ± 45.0	318.0 ± 28.6	<0.001*
p-value [†]	0.001*	<0.001*	<0.001*	0.130	0.001*	0.008*	
CMT reduction	123.6 ± 81.2	119.5 ± 49.9	50.3 ± 32.9	10.3 ± 35.6	49.1 ± 47.1	101.1 ± 108.4	<0.001*
Overall p-value [§]	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*	

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated. (+) means increased central macular thickness (CMT), otherwise means decreased CMT.

CME = cystoid macular edema type; Convex = convex type; Flat = flat type; Normal = normal foveal contour type; PLH = pseudolamellar hole type; VMT = vitreomacular traction type; wk = week.

*Indicates statistical significance; [†]Wilcoxon signed rank test (comparing the CMT before and after surgery); [‡]Kruskal-Wallis test (comparing among the groups); [§]Friedman test.

돌려싸고 있는 대기 중의 산소의 조성은 21%에 해당하지만 눈 안의 환경은 산소가 5%를 차지한다.²⁵ 그런데 유리체절제술로 유리체가 제거되면 유리체에 의한 산소 소모가 감소되어 안내 조직들은 좀 더 산소를 많이 공급받을 수 있는 환경에 노출되게 된다. 실제로 Hølekamp et al²⁵은 유리체절제술 시행 전후 유리체강 내 산소 분압을 측정하였는데, 유리체절제술 도중에도 안내 산소 분압이 증가하며 수술 이후에도 증가된 산소 분압이 지속된다고 하였다. 또한 Lim et al²⁶은 유리체절제술 전후 혈관 내 산소 분압을 측정하였고 유리체절제술 이후에 망막 동맥과 정맥의 산소 분압이 모두 유의하게 증가하였다고 발표하였다. 따라서 수술 이후 산소 분압이 증가함에 따라 망막 및 맥락막 혈관이 수축하게 되고 이로 인해 맥락막 두께가 감소할 수 있음을 유추해

볼 수 있다. 다음으로 생각해 볼 수 있는 이유는 망막전막의 제거로 인한 혈액학적 변화이다. 일반적으로 망막전막이 두꺼워지면서 수축을 하게 되면 황반부 견인력이 증가하고 망막혈관들이 확장되고 구부러지게 된다. 이러한 변화는 해당 영역에 미세순환 및 혈액역학의 변화를 야기하게 된다.²² 이렇게 변화된 상태에서 평형을 이루고 있었으나 수술로 망막전막을 제거하게 되면 망막조직에 산소 및 영양소의 공급이 더 원활해지면서 맥락막 혈관과 맥락막 두께 감소에 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각된다.

또한 유리체절제술 시행 과정에서 유리체강 내 가스 충전술을 같이 시행한 경우, 가스는 망막에 압력을 가하고 또한 그 아래에 위치하고 있는 맥락막까지 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각된다. 그리고 맥락막은 탄성력이 있는 구조

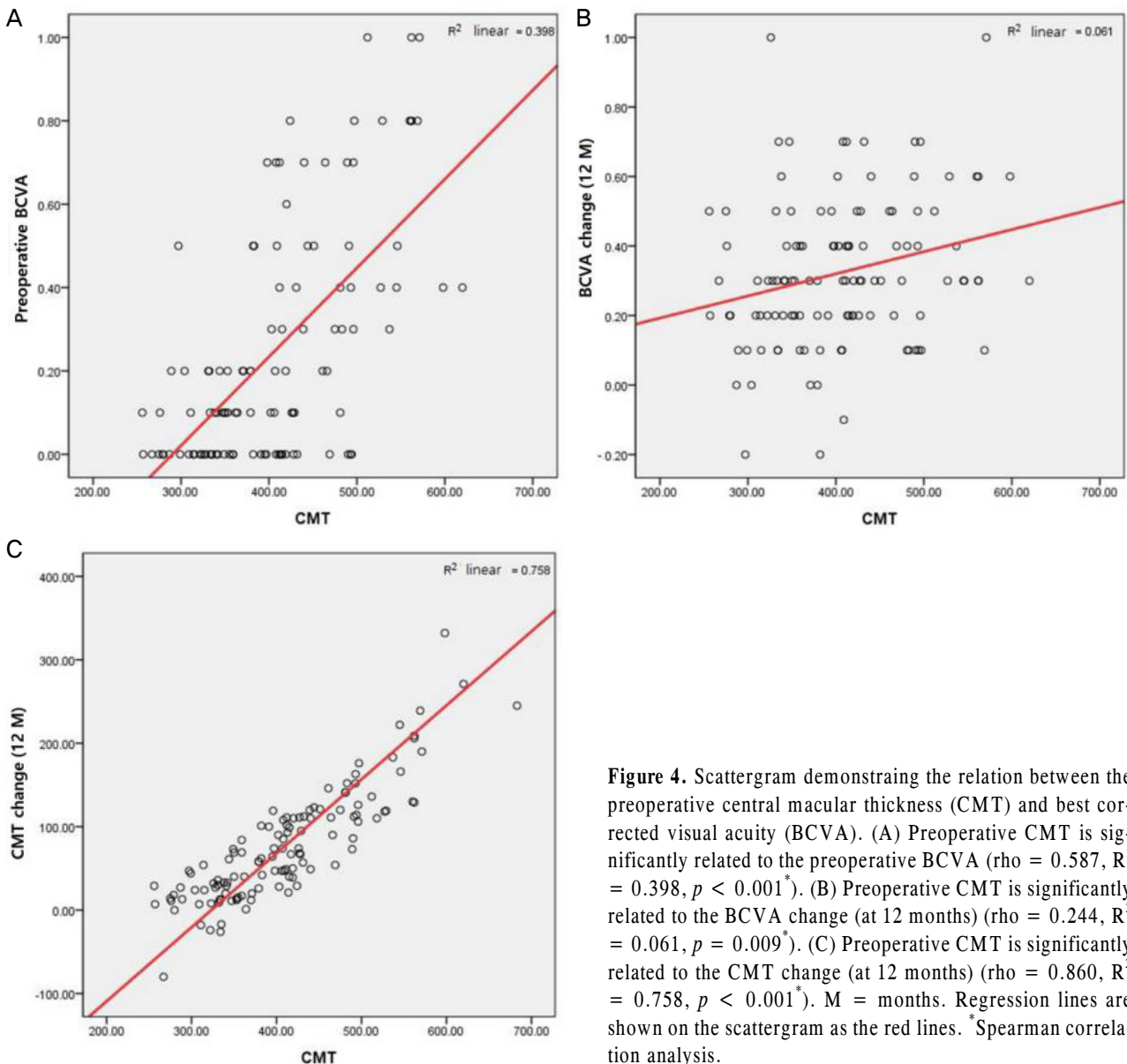


Figure 4. Scattergram demonstrating the relation between the preoperative central macular thickness (CMT) and best corrected visual acuity (BCVA). (A) Preoperative CMT is significantly related to the preoperative BCVA ($\rho = 0.587$, $R^2 = 0.398$, $p < 0.001^*$). (B) Preoperative CMT is significantly related to the BCVA change (at 12 months) ($\rho = 0.244$, $R^2 = 0.061$, $p = 0.009^*$). (C) Preoperative CMT is significantly related to the CMT change (at 12 months) ($\rho = 0.860$, $R^2 = 0.758$, $p < 0.001^*$). M = months. Regression lines are shown on the scattergram as the red lines. *Spearman correlation analysis.

로 이러한 압력에 의해 맥락막 두께가 감소할 가능성이 존재한다.²⁷ Ahn et al⁹의 연구에서는 황반 원공 환자에 대하여 유리체절제술 시행 1주일 후에 황반부 아래쪽 맥락막 두께가 증가하는 것으로 보고하고 있으며 이를 충전한 가스에 의한 위치 효과로 설명하고 있다. 본 연구에서는 가성충판 황반원공형에서 모두 가스를 주입하였는데, 이러한 가스 주입술이 미칠 수 있는 영향을 확인해 보기 위해 다른 세부 그룹인 볼록형에서 가스를 주입한 군과 주입하지 않은 군으로 구분하여 분석해 보았다(Table 7). 볼록형 30안 중 12안에서 10% 육불화황(SF₆) 가스충전술을 시행하였는데 가스주입술이 수술 초기에 망막이나 맥락막 두께에 영향을 미칠지도 모른다는 예상과는 달리 수술 후 1주일을 포함하여 경과 관찰하는 기간 내내 두 군 간의 최대교정시력, 망막 두께 및 맥락막 두께의 차이는 관찰할 수 없었다.

다국소망막전위도 검사는 서로 다른 망막 영역에서 나오는 다수의 반응을 동시에 측정하는 전기생리학적 검사 방법이다. 망막 중심 40-50° 내에 있는 망막의 기능을 지형도 형태로 나타내어 다양한 안과 질환에서 망막의 기능 이상을 평가하는 데 이용되어 왔으며 기본적으로 망막의 부분적 이상(주로 황반부)을 진단하는 데 유용하다.²⁸ 일단 전체 환자군에 대하여 황반부 망막 두께와 다국소망막전위도 검사의 상관관계를 확인해 보았는데 황반부 망막 두께가 증가할수록 Ring1 진폭이 감소하는 음의 상관관계를 보였으나 통계적 유의성은 조금 떨어졌다($p=0.054$).

저자들은 망막전막의 형태를 황반부 모양을 기준으로 구분하였기에 술 전 다국소망막전위도검사상 P1의 Ring1 진폭과 각 형태의 상관을 확인해 보았다. 그 결과 Ring1 진폭의 순서는 술 전 최대교정시력의 순서와 같은 순서(Normal > Flat > PLH > Convex > CME > VMT)를 보였으며, 술 전

최대교정시력과 중등도의 선형 상관관계가 있었다(Fig. 3). 이처럼 다국소망막전위도 검사는 각 형태에 따라 의미있는 차이를 보였으며 술 전 최대교정시력과도 관련이 있음을 확인할 수 있었다. 다만 술 후 최대교정시력과는 상관관계를 보이지 않아서 수술 후 시력에 대한 예측 인자로 활용하기는 어려울 것으로 보인다. 그리고 술 전에는 Normal > Flat > PLH > Convex > CME > VMT 순서로 시력이 좋았으나 최종시력은 Normal > Flat > PLH > VMT > Convex > CME로 순서가 바뀌는 것을 확인할 수가 있다. 이는 유리체 황반견인형에서 시력 호전 정도가 가장 커서 나타난 결과이며 이어서 CME, Convex, PLH, Flat, Normal 순서로 호전 정도가 줄어들었는데 유리체황반견인형을 제외하면 초기 망막 두께가 두꺼웠던 그룹일수록 시력 호전 정도가 컸다. 기존의 연구에서도 동일하게 유리체황반견인형에서 시력 호전 정도가 가장 크다고 언급하고 있다.^{11,13,14} 다만 Seo et al¹⁴과 Kinoshita et al¹³에서 가성충반원공형은 술 후 시력 호전이 없다고 한 것과 달리 본 연구에서는 유의하게 시력이 호전되었다.

다음으로 술 후 시력에 영향을 미칠 수 있는 요인인 황반부 망막 두께는 정상황반윤곽형을 제외한 모든 형태에서 수술 후 유의하게 감소하는 결과를 보였다. 하지만 정상황반윤곽형의 경우에는 오히려 수술 초기에 망막 두께가 증가하는 경향을 보였다($p=0.05$, 술 후 1개월째). 형태별로 구분했을 때 유리체황반견인형에서 가장 큰 폭의 두께 감소를 보였고 시력 호전 정도 또한 가장 컸다. 또한 전체 그룹에 대하여 황반부 망막 두께와 최대교정시력에 대한 선형 상관관계를 분석한 결과, 수술 전 황반부 망막 두께는 술 전 최대교정시력과 통계적으로 유의한 관련이 있었고 두께가 두꺼울수록 술 후 망막 두께 감소 정도가 컸으며($p<0.001$)

Table 7. Effects of 10% SF₆ gas tamponade in convex type

	Preoperative	1 week	1 month	3 months	6 months	1 year
BCVA						
Group 1	0.48 ± 0.21	0.38 ± 0.23	0.26 ± 0.27	0.19 ± 0.13	0.20 ± 0.17	0.16 ± 0.13
Group 2	0.58 ± 0.35	0.39 ± 0.08	0.29 ± 0.07	0.22 ± 0.07	0.21 ± 0.14	0.16 ± 0.07
p-value*	0.919	0.556	0.622	0.639	0.898	0.550
CMT (μm)						
Group 1	468.5 ± 39.4	431.8 ± 41.9	398.6 ± 32.3	385.4 ± 33.8	374.1 ± 29.9	359.9 ± 30.1
Group 2	480.9 ± 74.9	440.6 ± 58.9	419.8 ± 54.1	381.6 ± 43.2	369.5 ± 43.1	354.2 ± 42.4
p-value*	0.657	0.204	0.398	0.719	0.641	0.458
SCT (μm)						
Group 1	184.1 ± 40.9	193.0 ± 29.4	189.0 ± 38.7	176.4 ± 45.0	175.7 ± 43.3	179.7 ± 43.7
Group 2	192.1 ± 72.5	198.7 ± 81.2	189.9 ± 78.3	178.2 ± 75.9	179.0 ± 67.9	174.2 ± 64.1
p-value*	0.116	0.792	0.676	0.769	0.461	0.127

Values are presented as number or mean ± SD unless otherwise indicated. 'Group 1' means 'gas tamponade (n = 12)' and 'Group 2' means 'No gas tamponade (n = 18)'.

BCVA = best corrected visual acuity (logMAR); CMT = central macular thickness; SCT = subfoveal choroidal thickness.

*Mann Whitney U-test.

수술 후 시력 호전 정도가 컸다($p=0.009$) (Fig. 4).

이러한 결과처럼 전체적으로는 초기 황반부 망막 두께가 술 전 최대교정시력, 술 후 망막 두께 변화 정도, 시력 호전 정도와 선형상관관계를 보인다. 그런데 황반부 망막 두께 감소량으로만 보면 초기에 낭포황반부종형과 볼록형이 유리체황반견인형보다 평균적으로 더 두꺼운 황반 두께를 보였지만($481.9 \mu\text{m}$, $475.9 \mu\text{m}$ vs $419.2 \mu\text{m}$) 시력은 오히려 유리체황반견인형에서 더 나았으며, 앞의 두 형태에서 망막 두께 감소 정도가 더 컸음에도 불구하고 유리체황반견인형에서 시력호전 정도는 더 큰 결과를 확인할 수 있다. 이러한 결과는 다른 형태와는 달리 유리체황반견인형에서만 존재하는 수직 방향의 견인력이 수술 후 해소되는 것과 관련이 있을 것으로 보인다. 즉 망막 두께의 변화 외에도 수직 방향으로 작용하는 견인력 또한 시력에 미치는 영향이 클 것으로 생각된다. Arroyo and Irvine²⁹은 망막전막으로 인한 망막 변형은 망막 전층이 아닌 가장 안쪽 층에 작용하는 힘으로 인한 변형으로 설명하고 있다. 그런데 유리체황반견인형 망막전막은 망막 내층에 수평 방향으로 작용하는 힘 외에도 수직 방향으로 작용하는 힘이 존재하기 때문에 일반적인 망막전막에 비하여 좀 더 깊은 층의 변형을 일으켜 시력에 변화가 큰 것으로 생각된다. 그리고 이러한 견인력이 망막 표면에만 작용하지 않고 좀 더 심부까지 작용한다는 가정은 유리체황반견인형에서만 맥락막 두께가 증가하는 결과와도 일치하는 것으로 볼 수 있다.

망막전막에서 망막의 뒤틀림(distortion)과 관련하여 Arroyo and Irvine²⁹은 막을 제거하고 6일 이내에 망막의 이완이 이루어진다고 하며, Yamamoto et al³⁰은 황반부 광응고술에 반응하지 않는 당뇨망막부종 환자에서 유리체절제술 후 일주일 이내에 망막 두께가 유의하게 감소한다고 보고하였다. 본 연구에서도 전체 환자군에 대하여 분석하면 1주일 이내에 통계적으로 유의한 망막 두께 감소를 확인할 수 있으나 세부적으로 나누었을 때 낭포황반부종형, 볼록형, 편평형에서만 술 후 1주일 이내에 통계적으로 유의하게 망막 두께가 감소하였고 정상황반원공형과 유리체황반견인형에서는 이보다 많은 시간이 필요하다는 것을 확인할 수 있었다. 심지어 정상황반원공형에서는 초기에 망막 두께가 증가하였는데 이는 다른 형태에 비해서 술 전에 망막의 변형이 적었기 때문에 막제거 이후 망막의 이완으로 인한 망막 두께 감소 효과보다는 술 중에 막을 제거하면서 발생한 물리적인 자극으로 인한 일시적 부종으로 인한 효과가 더 큰 것으로 생각된다.

본 연구에서 결과를 해석하는 데 있어서 몇 가지 제한점이 있을 수 있다. 첫째, 후향적 연구를 시행하였기 때문에 존재할 수 있는 단점인 선택 편향(selection bias)의 가능성이

다. 맥락막 두께는 일중 변동을 가지는 것으로 알려져 있는데³¹ 후향적 연구에서는 모든 환자에 대해서 일중 변동을 조절할 수 없기 때문에 발생할 수 있는 선택 편향이 발생할 수 있다. 둘째, 백내장수술과의 동시 수술 진행이 미칠 수 있는 영향이다. 실제로 많은 연구에서 백내장수술 이후에 맥락막 두께가 증가한다는 보고를 하고 있다.^{32,33} 이들 연구에서 백내장수술 후 맥락막 두께가 증가하는 이유로 수술 초기 안압 감소, 수술 이후에 염증 사이토카인과 프로스타클란딘의 증가 등을 이유로 제시하고 있다. 안압이 감소하면 안구 관류압이 증가하여 맥락막 두께가 증가하며, 프로스타클란딘의 증가로 혈액방수장벽이 손상되면 내독소, 사이토카인 같은 염증매개체들이 방수에 축적되어 유체를 통해 망막으로 전달되고 혈액망막장벽까지 손상을 일으키는 과정으로 설명하고 있다.

실제로 본 연구에서는 전체 122안 중 89안에서 백내장수술을 동시에 진행하였다. 그리고 각 군 간에 백내장수술의 비율은 통계적으로 차이를 보이지 않고 있어($p=0.252$, Pearson's chi-square test) (Table 1) 군별로 차이가 있는지 분석하는 데 문제가 없을 것으로 보인다. 다만 수술 초기에 전체적으로 맥락막 두께가 증가하고 편평형과 정상황반원공형에서는 유의하게 맥락막 두께가 증가하는 이유로 백내장수술의 동반 시행이 일부 영향을 미칠 가능성을 배제할 수 없을 것이다. 하지만 장기적으로는 맥락막 두께가 감소하는 것으로 보아 백내장수술로 인한 맥락막 두께 증가 효과보다는 유리체절제술로 인한 맥락막 두께 감소 효과가 더 큰 것으로 생각된다. 추가로 고려해 볼 수 있는 이유로 촬영 시점의 차이를 생각해 볼 수 있겠다. 수술 후 1주일째 결과는 정확히 7일째 촬영한 것이 아니라 환자 입원 기간에 따라 5일에서 8일 이내의 범위에서 촬영한 결과이다. 수술 초기에 단기적으로 나타나는 맥락막 두께 증가의 기간은 길지 않을 것으로 생각되며 촬영 시점에 따른 선택편향으로 인해 두 군에서만 통계적 유의성이 나타났을 가능성도 존재한다.

셋째, 모든 군의 숫자가 동일하지 않다는 점이다. 볼록형과 편평형의 경우 각각 30, 31안으로 정규성을 가정하기에 충분하지만, 낭포황반부종형, 정상황반원공형, 유리체황반견인형에서는 표본의 수가 10명 내외로 각 군 간의 표본 수 편차가 크다는 제한점이 있다.

넷째, 경과관찰하는 도중 재발한 사람들이 12명(9.8%) 존재한다. 하지만 각 형태별로 재발률이 통계적으로 차이가 없으며($p=0.590$), 12명 중 6개월 이전에 망막전막이 재발한 경우는 1명(편평형)에 불과하여 분석 결과에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 생각된다(Table 1).

다섯째, 최근에는 특발성 망막전막에서 시세포 내절/외절 경계부가 온전한지 여부가 시력 예후에 중요한 인자로 대

두되고 있다.³⁴ 따라서 각각의 형태별로 나타나는 최종 시력의 분포 차이가 시세포 내외절 경계부 파열이 있는 환자의 수의 분포와 비슷한 경향을 보인다면 각각의 형태와 시력의 관련이 있다는 결과 해석의 신뢰도가 떨어질 수 있다. 그래서 각각의 형태별로 시세포 내외절 경계부 파열이 있는 환자의 분포의 차이를 살펴보았는데, 전체 122안 중 경계부 파열이 있는 환자는 10안으로 8.1%에 불과했으며 각 군 간의 유의한 차이를 관찰할 수 없어서 결과 해석에는 무리가 없을 것으로 보인다(Table 1).

현재 망막전막에서 수술 이후 맥락막 두께의 변화에 대해서는 연구마다 다양한 결과를 보이고 있다. 또한 망막 두께에 영향을 미치는 요인에 대해서도 다양한 가설들이 제시되고 있어서 본 연구에서는 망막전막을 형태별로 구분하여 맥락막 두께를 비교해 보았다. 결론적으로 유리체황반변인형 망막전막을 제외한 모든 형태에서 망막전막은 맥락막 두께에 영향을 미치지 못하며, 형태와 무관하게 모든 망막전막에서 유리체절제술 이후 맥락막 두께는 감소하는 결과를 확인하였다. 그 과정에서 최종 시력에 미치는 요인들로서 수술 전 망막전막의 형태 및 망막 두께가 관련이 있음을 확인할 수 있었다.

근래에 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기의 발달로 망막 내 미세구조를 더 자세히 관찰할 수 있게 되어 망막 외층의 구조적 변화, 신경절세포-내망상층과 내핵층의 두께와 시력 예후와의 관계에 대한 연구들도 발표되고 있다.^{34,35} 추후 각각의 형태별로 술 전에 망막층별 두께 분포를 분석해서 유의한 차이가 있는지 분석해 보는 것도 의미가 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

- 1) Pearlstone AD. The incidence of idiopathic preretinal macular gliosis. *Ann Ophthalmol* 1985;17:378-80.
- 2) Fraser-Bell S, Guzowski M, Rochtchina E, et al. Five-year cumulative incidence and progression of epiretinal membranes: the Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmology* 2003;110:34-40.
- 3) Meyer CH, Rodrigues EB, Mennel S, et al. Spontaneous separation of epiretinal membrane in young subjects: personal observations and review of the literature. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2004;242:977-85.
- 4) Johnson TM, Johnson MW. Epiretinal membrane. *Ophthalmology*, 2nd ed. St Louis: Mosby, 2004; 947-50.
- 5) Wilkins JR, Puliafito CA, Hee MR, et al. Characterization of epiretinal membranes using optical coherence tomography. *Ophthalmology* 1996;103:2142-51.
- 6) Sezer T, Altınışık M, Koytak İA, Özdemir MH. The choroid and optical coherence tomography. *Türk J Ophthalmol* 2016;46:30-7.
- 7) Stanga PE, Lim JI, Hamilton P. Indocyanine green angiography in chorioretinal diseases: indications and interpretation: an evidence-based update. *Ophthalmology* 2003;110:15-21; quiz 22-3.
- 8) Michalewska Z, Michalewski J, Adelman RA, et al. Choroidal thickness measured with swept source optical coherence tomography before and after vitrectomy with internal limiting membrane peeling for idiopathic epiretinal membranes. *Retina* 2015;35:487-91.
- 9) Ahn SJ, Woo SJ, Park KH. Choroidal thickness change following vitrectomy in idiopathic epiretinal membrane and macular hole. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2016;254:1059-67.
- 10) Casini G, Loidice P, Lazzeri S, et al. Analysis of choroidal thickness change after 25-gauge vitrectomy for idiopathic epiretinal membrane with or without phacoemulsification and intraocular lens implantation. *Ophthalmologica* 2017;237:78-84.
- 11) Kang EC, Lee KH, Koh HJ. Changes in choroidal thickness after vitrectomy for epiretinal membrane combined with vitreomacular traction. *Acta Ophthalmol* 2017;95:e393-8.
- 12) Kim CH, Kim JI, Cho HY, Kang SW. Correlation between preoperative OCT pattern and visual improvement in macular epiretinal membrane. *J Korean Ophthalmol Soc* 2007;48:75-82.
- 13) Kinoshita T, Kovacs KD, Wagley S, Arroyo JG. Morphologic differences in epiretinal membranes on ocular coherence tomography as a predictive factor for surgical outcome. *Retina* 2011;31:1692-8.
- 14) Seo SJ, Lee SJ, Park JM. Surgical outcome according to morphology in epiretinal membrane based on optical coherence tomography (OCT). *J Korean Ophthalmol Soc* 2013;54:736-44.
- 15) Smiddy WE, Maguire AM, Green WR, et al. Idiopathic epiretinal membranes. Ultrastructural characteristics and clinicopathologic correlation. *Ophthalmology* 1989;96:811-20; discussion 821.
- 16) Wei WB, Xu L, Jonas JB, et al. Subfoveal choroidal thickness: the Beijing Eye Study. *Ophthalmology* 2013;120:175-80.
- 17) Chung SE, Kang SW, Lee JH, Kim YT. Choroidal thickness in polypoidal choroidal vasculopathy and exudative age-related macular degeneration. *Ophthalmology* 2011;118:840-5.
- 18) Koizumi H, Kano M, Yamamoto A, et al. Subfoveal choroidal thickness during aflibercept therapy for neovascular age-related macular degeneration: twelve-month results. *Ophthalmology* 2016;123:617-24.
- 19) Cho GE, Cho HY, Kim YT. Change in subfoveal choroidal thickness after argon laser panretinal photocoagulation. *Int J Ophthalmol* 2013;6:505-9.
- 20) Kofod M, la Cour M. Quantification of retinal tangential movement in epiretinal membranes. *Ophthalmology* 2012;119:1886-91.
- 21) Kozak I, Bartselli G, Sepah YJ, et al. Correlation of vitreomacular traction with foveal thickness, subfoveal choroidal thickness, and vitreomacular/foveal angle. *Curr Eye Res* 2017;42:297-301.
- 22) Kadosono K, Itoh N, Nomura E, Ohno S. Perifoveal microcirculation in eyes with epiretinal membranes. *Br J Ophthalmol* 1999;83:1329-31.
- 23) Kinoshita H, Suzuma K, Maki T, et al. Cyclic stretch and hypertension increase retinal succinate: potential mechanisms for exacerbation of ocular neovascularization by mechanical stress. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014;55:4320-6.
- 24) Campa C. Effect of VEGF and anti-VEGF compounds on retinal pigment epithelium permeability: an in vitro study. *Eur J Ophthalmol* 2013;23:690-6.
- 25) Hlekamp NM, Shui YB, Beebe DC. Vitrectomy surgery increases oxygen exposure to the lens: a possible mechanism for nuclear cataract formation. *Am J Ophthalmol* 2005;139:302-10.
- 26) Lim LS, Tan L, Perera S. Retinal vessel oxygen saturation increases after vitrectomy. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014;55:3851-6.

- 27) Friberg TR, Lace JW. A comparison of the elastic properties of human choroid and sclera. *Exp Eye Res* 1988;47:429-36.
- 28) Kondo M, Miyake Y, Horiguchi M, et al. Clinical evaluation of multifocal electroretinogram. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1995;36:2146-50.
- 29) Arroyo JG, Irvine AR. Retinal distortion and cotton-wool spots associated with epiretinal membrane contraction. *Ophthalmology* 1995;102:662-8.
- 30) Yamamoto T, Hitani K, Tsukahara I, et al. Early postoperative retinal thickness changes and complications after vitrectomy for diabetic macular edema. *Am J Ophthalmol* 2003;135:14-9.
- 31) Tan CS, Ouyang Y, Ruiz H, Sadda SR. Diurnal variation of choroidal thickness in normal, healthy subjects measured by spectral domain optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53:261-6.
- 32) Yilmaz T, Karci AA, Yilmaz İ, et al. Long-term changes in subfoveal choroidal thickness after cataract surgery. *Med Sci Monit* 2016;22:1566-70.
- 33) Shahzad R, Siddiqui MAR, Zafar S, et al. Choroidal thickness changes following cataract surgery using swept source optical coherence tomography. *Can J Ophthalmol* 2018;53:60-4.
- 34) Cobos E, Arias L, Ruiz-Moreno J, et al. Preoperative study of the inner segment/outer segment junction of photoreceptors by spectral-domain optical coherence tomography as a prognostic factor in patients with epiretinal membranes. *Clin Ophthalmol* 2013;7:1467-70.
- 35) Kim MH, Jeon CY, Baek SK, et al. The Thickness of each retinal layer and visual acuity after vitrectomy in idiopathic epiretinal membrane. *J Korean Ophthalmol Soc* 2017;58:420-9.

= 국문초록 =

망막전막 환자에서 빛간섭단층촬영 형태에 따른 유리체절제술 이후 맥락막 두께의 변화

목적: 망막전막 환자를 빛간섭단층촬영(optical coherence tomography, OCT)의 형태에 따라 분류하여 유리체절제술의 시행이 맥락막 두께에 미치는 영향을 분석하고 형태에 따른 수술 결과를 비교해 보고자 하였다.

대상과 방법: 망막전막으로 유리체절제술을 시행받은 122안을 대상으로 의무 기록을 후향적으로 분석하였다. 망막전막의 형태는 OCT를 이용하여 황반부 형태에 따라 낭포황반부종형(cystoid macular edema, CME), 볼록형(Convex), 편평형(Flat), 정상황반윤곽형(Normal), 가성충판원공형(pseudolamellar hole, PLH), 유리체황반견인형(vitreomacular traction, VMT)의 6가지 형태로 구분하였으며 수술 전 다국소망막전위도 검사, 수술 전후 황반하 맥락막의 두께, 황반부 망막 두께, 최대교정시력을 측정하여 연관을 분석하였다.

결과: 수술 전 검사 결과 유리체황반견인형 망막전막에서만 맥락막의 두께가 반대안에 비해 증가하였으나($207\ \mu\text{m}$ vs. $234\ \mu\text{m}$, $p=0.028$) 수술 후 12개월 이후에는 형태와 무관하게 맥락막의 두께가 감소하였다(모두 $p<0.05$). 술 전 시력은 Normal>Flat>PLH>Convex>CME>VMT 순으로 형태에 따라 차이가 있었으며($p=0.002$) 다국소망막전위도검사와 양의 선형 상관관계를 보였다($p=0.001$). 수술 후 최종 시력은 Normal>PLH>Flat>VMT>Convex>CME ($p=0.030$) 순으로 차이를 보였으며 유리체절제술 과정에서 가스 주입 유무는 시력($p=0.550$), 망막 두께($p=0.458$) 및 맥락막 두께($p=0.127$)에 영향을 미치지 못하였다.

결론: 망막전막 환자에서 황반하 맥락막 두께는 유리체황반견인형에서만 증가되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 망막전막제거술 시행 후 맥락막 두께는 OCT를 이용한 형태학적 분류와 관계없이 모든 형태에서 감소하였다.

〈대한안과학회지 2018;59(7):637-649〉