일차 열공망막박리 환자에서 맥락막혈관지수 분석

Choroidal Vascularity Index in Rhegmatogenous Retinal Detachment

조창우 · 곽현덕

Chang Woo Cho, MD, Hyun Duck Kwak, MD

인제대학교 의과대학 부산백병원 안과학교실

Department of Ophthalmology, Inje University Busan Paik Hospital, Inje University College of Medicine, Busan, Korea

Purpose: To analyze the choroidal vascularity index (CVI) in an eye with retinal detachment and the fellow eye of a patient with monocular primary rhegmatogenous retinal detachment (RRD).

Methods: We retrospectively analyzed optical coherence tomography data of both eyes at the first visit of patients who underwent surgery for monocular RRD from January 2017 to January 2018. The subfoveal CVIs of the RD eye, the fellow eye, and the postoperative 3-months RD eye were analyzed using Image J software by two independent ophthalmologists.

Results: Forty-five subjects were included. Of the 45 RD eyes, 25 eyes (55.6%) showed macula invasion. The subfoveal CVI was statistically lower in the RD eye compared with the fellow eye (65.61 ± 3.37 vs. 67.28 ± 3.44 , respectively; $p = 0.024$). In the macula-on RD group, the preoperative subfoveal CVI was statistically higher than the subfoveal CVI of postoperative 3 months (67.62 ± 2.35 vs. 65.84 ± 3.04 , respectively; $p = 0.009$). However, the preoperative subfoveal CVI was statistically lower than the subfoveal CVI of postoperative 3 months in the macula-off RD group (64.01 ± 3.21 vs. 66.69 ± 2.64 , respectively; $p < 0.001$).

Conclusions: In primary RRD eyes, the subfoveal CVI was lower in the RD eye compared to the fellow eye. In macula-off RD eyes, the subfoveal CVI was lower in preoperative RD eyes compared to postoperative RD eyes. The subfoveal CVI was higher in the preoperative RD eyes compared to postoperative RD eyes in macula-on RD eyes. Further studies are needed to investigate the effects of RD on changes in the lumina and stoma in the choroid.

J Korean Ophthalmol Soc 2020;61(12):1477-1484

Keywords: Choroidal vascularity index, Rhegmatogenous retinal detachment, Subfoveal area

열공망막박리는 망막에 발생한 전층 열공을 통해 유입된 액체 또는 액화된 유리체가 망막색소상피층으로부터 감각 신경망막층을 분리시켜 발생하는 질환으로 연간 10,000명당 1-2명으로 보고되고 있다.¹ 빛간섭단층촬영은 망막의 횡단면 이미지를 제공하여 이를 통해 망막박리 환자에서 망

막박리의 범위나 위치를 확인할 수 있다. Enhanced depth imaging spectral-domain optical coherence tomography (EDI SD-OCT)는 맥락막의 후부 경계면까지 촬영이 가능하여² 맥락막의 두께 및 미세구조 등을 더 자세히 확인할 수 있게 되었으며, 이를 통해 다양한 맥락막질환들에서 맥락막의 변화에 대해 보고되고 있다.^{3,4}

망막박리 발생 시, 맥락막의 대사 과정의 이상이 발생하며, 이는 맥락막순환 등의 영향을 미치게 되어 맥락막의 두께 변화를 유발한다고 알려져 있다.⁵ 맥락막두께는 여러 안과적 질환에서 맥락막의 변화를 시사하는 지표로 기존의 연구들에서 널리 사용되고 있으나 연령, 안축장, 안압, 전신 질환 등의 많은 생리학적 요인에 의해서도 영향을 받을 수

■ Received: 2020. 5. 27. ■ Revised: 2020. 7. 9.

■ Accepted: 2020. 11. 26.

■ Address reprint requests to **Hyun Duck Kwak, MD**
Department of Ophthalmology, InJe University Busan Paik Hospital, #75 Bokji-ro, Busanjin-gu, Busan 47392, Korea
Tel: 82-51-890-6016, Fax: 82-51-890-8722
E-mail: jordan90@hanmail.net

* 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.

있다고 보고되어 있다.⁶

이 때문에 최근 맥락망막질환에서 맥락막의 상태를 대변하는 지표로 맥락막두께를 대체할 만한 더 안정적인 지표에 대한 요구가 생기게 되었다.⁷ EDI OCT는 비침습적이면서도 맥락막의 세부 단층 구조를 정확하게 파악할 수 있도록 해주었으며 이를 이용하여 choroidal vascularity index (CVI)라는 개념이 제시되었다. CVI는 전체 맥락막에서 혈관이 차지하는 비로서 Sonoda et al^{8,9}이 맥락막의 혈관 내강 및 간질 영역을 계산하는 방법을 제시함으로써 맥락막의 혈관 상태를 정량화하는 수단으로 사용되고 있다.

현재까지 망막박리에서 맥락막의 두께 변화에 대해서는 여러 연구들이 있으나 아직까지 망막박리안에서의 CVI에 대한 연구는 보고된 바가 없다. 또한 망막박리안에서 황반하부 맥락막두께가 증가되는 경향을 보인다는 기존의 연구를¹⁰ 바탕으로 본 연구에서는 망막박리가 있는 환자에서 맥락막의 두께 변화와 맥락막혈관 상태의 연관성을 알아보고자 CVI를 분석하였다. 그리고 이러한 CVI의 변화 양상과 임상적 예후와의 관련성 여부에 대해서도 확인하고자 하였다.

대상과 방법

2017년 1월부터 2018년 1월까지 본원에서 단안의 일차 열공망막박리로 수술 받은 환자의 의무기록을 후향적으로 조사하였다. 본 연구는 모든 과정에서 헬싱키선언(Declaration of Helsinki)을 준수하였으며, 생명윤리위원회의 승인을 받아 진행되었다(임상시험윤리위원회 승인 번호: 2020-05-0012). 초진 시 양안의 EDI SD-OCT가 촬영된 환자를 포함하였으며 영상 결과가 좋지 않아 맥락막 분석이 적절하지 않은 경우와 수술 후 3개월째에 OCT가 촬영되지 않은 환자는 대상에서 제외하였다. 망막박리수술 후 경과 및 성공 여부는 망막박리수술 후 1년이 되는 시점, 실리콘기름을 주입한 환자의 경우 실리콘기름을 제거한 후 1년이 되는 시점의 망막유착 여부를 통해 확인하였으며 해당 기간 동안 망막박리가 재발한 환자의 경우 재수술 후 1년이 되는 시점의 망막유착 여부를 확인하였다. 외상으로 인한 망막박리, 삼출망막박리, 견인망막박리, 장액망막박리, 황반원공으로 인한 망막박리를 제외한 원발열공망막박리 환자 대상으로 하였다. 또한 맥락막두께에 영향을 준다고 알려진 나이관련황반변성, 결절맥락망막병증, 망막혈관폐쇄, 당뇨망막병증이

Figure 1. Enhanced depth imaging spectral-domain optical coherence tomography and fundus photographs of a patient who has macula-off RD. (A) Fundus image of macula-off RD patient. (B) The area corresponding 1,500 μ m (750 μ m on either side of fovea), was displaced in a straight line, and the area from the retinal pigment epithelial layer to the choroid scleral interface was selected as a polygonal tool and registered in the region of interest manager. (C) The image was converted to an 8-bit image and adjusted by the Niblack autolocal threshold method in Image J software (B). (D) In the converted image, the total subfoveal circumscribed choroidal area, the area of dark pixels (luminal area) and the area of light pixels (stromal area) were calculated by Image J software. (E-H) Postoperative images of same patient who underwent scleral buckling.

환자의 양안 중 어느 안이라도 동반되어 있는 경우는 제외하였다. 의무기록을 통해 환자들의 굴절률, 최대교정시력, 안압, 안축장, 망막박리 범위 및 열공의 위치와 개수, 시술 받은 수술의 종류를 확인하였다. 안축장은 술 전 IOL Master® 500 (Carl Zeiss, Jena, Germany)로 측정하였다.

유리체절제술을 시행한 모든 경우에서 후유리체박리를 일으켰으며 내경계막 제거는 시행하지 않았다. 공막돌출술 및 공막두르기술을 시행한 모든 경우에서 냉동유착술은 시행하지 않았으며 망막하액배출을 시행하였다.

빛간섭단층촬영은 Cirrus OCT® (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA)로 시행하였으며, 모두 EDI 모드로 촬영되었다. 6 × 6 mm 크기의 후극부 큐브 스캔(macular cube scan)에서 망막박리가 관찰될 경우 황반부박리로 분류하였으며, 중심와 부위까지 박리가 발생한 경우 중심와박리로 분류하였다.

OCT 영상은 중심와 중심에서 수평 5-line 교차 스캔 이미지를 사용하였고 OCT 영상의 이진화는 Image J (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA)를 이용하여 분석하였으며 Sonoda et al⁸가 설명한 protocol을 따랐다. 중심와를 중심으로 너비 1,500 μ m, 수직 방향으로는 망막색소상피층에서 맥락막 공막 경계까지의 영역에 해당하는 맥락막 부위를 다각형 도구를 사용해 선택하고 ROI manager에 추가하였다. 그런 다음 이미지를 8 bit로 변환하고 Niblack autolocal threshold를 적용하였다. 이진화된 이미지를 다시 RGB 이미지로 변환하고 threshold tool을 사용하여 맥락막 혈관 내강 영역을 정했다. 이미지의 픽셀당 길이 데이터를 계산하고 밝은 픽셀은 맥락막 기질로 어두운 픽셀은 맥락막혈관 영역으로 정의하고 각 영역의 넓이를 자동으로 계산하고 계산된 영역의 넓이를 바탕으로 CVI를 측정하였다 (Fig. 1).

맥락막두께는 망막색소상피층의 하부에서 맥락막공막 경계까지의 거리로 정의하였다. Manjunath et al¹¹이 발표한 정상안의 맥락막두께 측정 방법을 착안하여 중심와 하부 맥락막두께를 측정하였고 Cirrus OCT® (Carl Zeiss Meditec) 소프트웨어에서 제공하는 manual caliper를 이용하였다.

한식표준시력표로 시력을 측정하였으며 수술 전, 망막박리수술 후 3개월째 또는 실리콘기름주입술을 시행한 경우 실리콘기름제거술 시행 후 3개월째에 현성굴절검사 또는 자동굴절검사를 시행하여 최대교정시력을 측정하였다. 최대교정시력은 logMAR 시력으로 환산하여 분석하였다.

위의 방법을 적용하여 망막박리안, 반대안, 망막박리수술 후 3개월째 또는 실리콘기름주입술을 시행한 경우 실리콘기름제거술 시행 후 3개월째 망막박리안의 EDI SD-OCT 이미지에서 중심와 하부 CVI와 맥락막두께를 측정하였다.

이에 대한 하위 분석으로 망막박리의 범위, 황반부박리, 중심와박리의 여부, 수술 방법에 따른 중심와 하부 CVI를 비교하고, 수술 전후의 변화를 분석하였다. CVI값의 경우 검사자의 오차를 줄이고 측정의 정확도를 높이기 위해 2명의 독립된 안과 의사가 측정하였고 2명의 안과 의사가 측정한 값의 평균값을 이용하였으며 맥락막두께의 경우 1명의 안과 의사가 측정하였다.

망막박리안과 정상안에서 CVI의 비교와 술 전과 술 후 비교는 paired *t*-test를 이용하여 검정하였고, 망막박리의 범위, 황반부박리와 중심와박리 여부, 수술 기법에 따른 CVI 및 술 전후 CVI의 변화량을 비교하기 위해 student *t*-test를 이용하였다. CVI 및 CVI의 변화와 술 전후 시력 변화, 술 전후 맥락막두께 변화와의 연관성을 확인하고자 Pearson의 상관계수 분석을 시행하였다. 통계 분석은 IBM SPSS Statistics version 21.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하였으며, 통계적인 유의성 검정의 기준은 $p < 0.05$ 로 하였다. 두 측정자 간의 일치 수준은 급간 내 상관계수, 반복 계수, 변이 계수를 이용하였다.

결 과

총 100명의 환자가 해당 기간에 일차 열공망막박리로 수술을 받았으며 빛간섭단층촬영에서 맥락막 분석을 시행할 수 없었던 환자가 30명, 맥락막에 영향을 줄 수 있는 다른 안과적 질환이 동반된 환자가 22명, 술 후 3개월째에 경과 관찰이 중단된 환자가 3명 제외되어 45명의 환자가 연구 대상에 포함되었으며, 평균 연령은 46.4 ± 17.2 세, 남성이 23명(51.1%)이었다. 황반부를 침범한 망막박리는 25명(55.6%), 이 중 중심와를 침범한 망막박리는 18명(40.0%)이었다. 27명(60.0%)은 유리체절제술, 14명(31.1%)은 유리체절제술 이외의 수술(공막두르기술 및 공막돌출술), 4명(8.9%)은 유리체절제술과 유리체절제술 이외의 수술을 같이 시행받았다. 유리체절제술을 시행한 환자 중 24명은 C3F8 가스 주입, 7명은 실리콘기름을 주입하였다. 수술을 받은 45명 중 43명은 수술 후 1년째에 성공적으로 망막이 유착되었으며 2명은 수술 후 1년 내에 망막박리 재발이 관찰되어 재수술을 시행받았다. 상부박리는 19명(42.2%), 하부박리는 18명(40.0%), 나머지 8명(17.8%)은 전체 망막박리였다. 망막박리안의 안압은 평균 13.6 ± 3.1 mmHg, 반대안은 14.5 ± 3.1 mmHg로 망막박리안에서 유의하게 낮게 측정되었으며($p=0.002$), 평균 굴절률은 망막박리안은 -2.1 ± 4.3 diopters (D), 반대안은 -2.3 ± 4.2 D로 유의한 차이가 없었고($p=0.362$) 평균 안축장은 망막박리안 25.64 ± 1.45 mm, 반대안은 25.61 ± 1.43 mm로 유의한 차이가 없었다(Table 1).

2명의 안과의사가 측정한 CVI는 통계학적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 두 측정자 간의 일치 계수는 급내 상관관계수 분석 결과 0.956으로 높게 측정되었으며, 변이 계수는 4.96%로 측정되었고, 반복 계수는 모든 측정의 Bland-Altman 그래프에서 신뢰구간의 95% 이내로 측정되었다. 또한, 분산값은 그래프의 신뢰성 한계 내에 속했다.

망막박리안과 반대안에서의 CVI값을 비교한 결과를 Table 2에 정리하였다. 전체 환자에서 중심와 하부 CVI는 망막박리안이 65.61 ± 3.37 로, 정상안의 67.28 ± 3.44 보다 통계적으로 유의하게 낮았다($p=0.024$). 하위집단 분석에서 중심와 하부 CVI는 황반부 또는 중심와박리가 있는 경우 망막박리안에서 64.01 ± 3.21 로, 정상안의 67.36 ± 3.59 보다 유의하게 낮았으나($p<0.001$), 황반부박리가 없는 경우에는 망막박리안과 정상안의 CVI는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 망막박리의 위치에 따른 하위집단 분석에서 하부 망막박리에서는 망막박리안의 CVI가 정상안의 CVI보다 유의하게 낮았으나 상부 망막박리에서는 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2).

45명의 환자군 모두 수술 후 3개월째 망막박리안의 빛간섭단층촬영이 시행되었고 술 전후의 빛간섭단층촬영 이미지를 이용하여 CVI를 측정하고 비교한 값을 Table 3에 정

리하였다. 수술 전 중심와 하부 CVI는 65.61 ± 3.37 , 수술 후 중심와 하부 CVI는 66.31 ± 2.85 로 유의한 차이는 보이지 않았다($p=0.205$). 황반부 및 중심와 침범 여부에 따른 하위집단 분석에서는 황반부박리가 없는 경우 수술 전 67.62 ± 2.35 , 수술 후 65.84 ± 3.04 로 유의하게 감소하였고($p=0.009$), 황반부박리가 있는 경우 수술 전 64.01 ± 3.21 , 수술 후 66.69 ± 2.64 로 증가하는 것으로 나타났다($p<0.001$). 망막박리의 위치에 따른 하위집단 분석에서 하부 망막박리에서는 수술 전 65.49 ± 3.41 , 수술 후 67.29 ± 2.72 로 유의한 차이를 보였고($p=0.040$), 수술 기법에 따른 하위집단 분석 결과 수술 기법에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 3).

술 전후 CVI, 시력, 맥락막두께를 측정하고 비교한 값을 Table 4에 정리하였다. 중심와 하부 맥락막두께는 수술 전 $290.36 \pm 30.85 \mu\text{m}$, 수술 후 $279.58 \pm 34.80 \mu\text{m}$ 로 유의한

Table 1. Demographic and clinical characteristics of enrolled patients

Baseline characteristic	Value (n = 45)
Sex (male)	23 (51.1)
Age (years)	46.4 ± 17.2
Right eye	23 (51.1)
IOP (mmHg)*	13.6 ± 3.1
IOP (mmHg)†	14.5 ± 3.1
RE (diopters)*	-2.1 ± 4.3
RE (diopters)†	-2.3 ± 4.2
Axial length (mm)*	25.64 ± 1.45
Axial length (mm)†	25.61 ± 1.43
Macular status	
Macular-on	20 (44.4)
Macular-off & fovea-on	7 (15.6)
Fovea-off	18 (40.0)
Location of RRD	
Inferior	18 (40.0)
Superior	19 (42.2)
Other	8 (17.8)
Surgery	
Vitrectomy only	27 (60.0)
Scleral buckling only	14 (31.1)
Vitrectomy + scleral buckling	4 (8.9)

Values are presented as mean $\pm$ standard deviation or number (%). IOP = intraocular pressure; RE = refraction error; RRD = rhegmatogenous retinal detachment.

*Retinal detachment eye; †healthy eye.

Table 2. Comparison of CVI between RD eye and healthy eye

	RD eye	Healthy eye	p-value*
Total (n = 45)	65.61 ± 3.37	67.28 ± 3.44	0.024
Macula status			
Macula-on (n = 20)	67.62 ± 2.35	67.19 ± 3.24	0.467
Macula-off (n = 25)	64.01 ± 3.21	67.36 ± 3.59	<0.001
Fovea-on (n = 27)	67.27 ± 2.59	67.10 ± 3.11	0.730
Fovea-off (n = 18)	63.13 ± 2.84	67.56 ± 3.87	<0.001
Location of RD			
Superior (n = 19)	66.58 ± 2.97	67.65 ± 3.87	0.248
Inferior (n = 18)	65.49 ± 3.41	67.57 ± 2.87	0.018

Values are presented as mean $\pm$ standard deviation.

CVI = choroidal vascularity index; RD = retinal detachment.

*Paired t-test.

Table 3. Comparison of CVI between preoperative and postoperative

	Preoperative	Postoperative	p-value*
Total (n = 45)	65.61 ± 3.37	66.31 ± 2.85	0.205
Macula status			
Macula-on (n = 20)	67.62 ± 2.35	65.84 ± 3.04	0.009
Macula-off (n = 25)	64.01 ± 3.21	66.69 ± 2.64	<0.001
Fovea-on (n = 27)	67.27 ± 2.59	65.99 ± 2.86	0.022
Fovea-off (n = 18)	63.13 ± 2.84	66.79 ± 2.78	<0.001
Location of RD			
Superior (n = 19)	66.58 ± 2.97	66.27 ± 2.67	0.703
Inferior (n = 18)	65.49 ± 3.41	67.29 ± 2.72	0.040
Surgery			
Vitrectomy (n = 31)	65.85 ± 3.46	66.59 ± 2.73	0.260
Non vitrectomy (n = 14)	65.09 ± 3.11	65.70 ± 3.03	0.569

Values are presented as mean $\pm$ standard deviation.

CVI = choroidal vascularity index; RD = retinal detachment.

*Paired t-test.

감소를 보였다. logMAR로 환산한 최대교정시력은 수술 전 0.41 ± 0.51 , 수술 후 0.20 ± 0.30 으로 유의한 차이를 보였다 ($p=0.010$). 황반 침범 여부와 수술 기법에 따른 하위 집단 분석을 시행하였으며 중심와 하부 맥락막두께는 황반 침범이 없는 망막박리안을 제외한 모든 군에서 수술 후 통계적으로 유의미한 감소를 보였다. logMAR 최대교정시력은 황반 침범이 있는 망막박리안과 유리체절제술을 시행받은 군에서 수술 후 통계적으로 유의미한 시력의 호전이 있었다 (Table 4).

술 전후 CVI의 변화량과 중심와 하부 맥락막두께의 변화량의 임상적 예후와의 관련성을 확인하고자 술 전후 logMAR 최대교정시력의 변화량 간의 상관관계에 대해 Pearson 상관 분석을 시행한 결과를 Table 5에 정리하였다. 중심와 하부 맥락막두께의 수술 전후 변화는 logMAR 최대교정시력의 수술 전후 변화와 통계적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았고($p=0.107$), 중심와 하부 CVI의 변화량은 logMAR 최대교정 시력의 수술 전후 변화량과 통계적으로 유의한 중등도의 음의 상관관계를 보였다($R=-0.480$, $p=0.001$) (Table 5). 유리체절제술만을 시행받은 군과 그렇지 않은 군으로 나눈 후 수술 기법에 따라 술 전후 CVI의 변화량에 차이가 있는지 비교하고자 시행한 student *t*-test 결과 수술 기법에 따른 통계적인 유의한 차이는 없었다($p=0.887$).

고 찰

CVI는 중심와 하부 맥락막두께에만 영향을 받는 지표이며 개체 간의 차이 정도가 중심와 하부 맥락막두께에 비해 적다고 알려져 있으며⁷ 본 연구에서도 망막박리안, 반대안, 수술 후의 망막박리안에서 측정된 CVI의 변이계수가 중심

와 하부 맥락막두께의 변이계수보다 낮았다.

본 연구에서는 일차 열공망막박리가 있을 때 정상안에 비해 CVI가 유의미하게 감소하는 것을 확인하였다. 망막박리의 범위에 따른 하위집단 분석 결과 황반을 침범하지 않은 환자군에서는 망막박리안과 정상안의 CVI는 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 망막박리의 위치에 따른 하위집단 분석 결과 망막박리가 상부에 있는 환자군에서는 망막박리안과 정상안의 CVI가 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나 망막박리가 하부에 있는 환자군에서는 망막박리안의 CVI가 정상안보다 유의미하게 감소하는 것을 확인하였다. 또한 수술 전후를 비교하였을 때 전체 환자군에서는 통계적으로 유의미한 차이는 나타나지 않았으나 망막박리의 범위에 따른 하위집단 분석 결과 황반부를 침범한 망막박리에서는 수술 후의 CVI가 수술 전의 CVI에 비해 유의미하게 증가하고 황반부를 침범하지 않은 망막박리에서는 유의미하게 감소함을 확인하였다.

수술 전후 중심와 하부 CVI와 맥락막두께의 변화와 최대교정시력의 변화 양상과 상관 관계를 분석한 결과, 중심와 하부 맥락막두께는 수술 후 유의미하게 감소하며 시력

Table 5. Pearson correlation coefficient between the change in logMAR BCVA and the CVI change, the SFCT change before and after surgery

	logMAR BCVA changes	<i>p</i> -value*
CVI changes	-0.480	0.001
SFCT changes (μ m)	0.244	0.107

logMAR = logarithm of minimal angle of resolution; BCVA = best corrected visual acuity; CVI = choroidal vascularity index; SFCT = subfoveal choroid thickness

*Simple correlation analysis.

Table 4. Comparison of CVI, SFCT, logMAR BCVA between preoperative and postoperative

	Preoperative	Postoperative	<i>p</i> -value*
CVI	65.61 $\pm$ 3.37	66.31 $\pm$ 2.85	0.205
SFCT (μ m)	290.36 $\pm$ 31.20	279.58 $\pm$ 34.80	0.010
Macula-on (n = 20)	275.70 $\pm$ 27.08	269.95 $\pm$ 28.32	0.188
Macula-off (n = 25)	302.08 $\pm$ 29.69	284.32 $\pm$ 34.84	0.002
Vitrectomy (n = 31)	288.19 $\pm$ 30.38	276.16 $\pm$ 28.67	0.019
Non vitrectomy (n = 14)	295.14 $\pm$ 33.59	281.86 $\pm$ 40.85	0.005
logMAR BCVA	0.43 $\pm$ 0.58	0.20 $\pm$ 0.30	0.010
Macula-on (n = 20)	0.16 $\pm$ 0.20	0.12 $\pm$ 0.24	0.541
Macula-off (n = 25)	0.64 $\pm$ 0.69	0.26 $\pm$ 0.33	0.011
Vitrectomy (n = 31)	0.51 $\pm$ 0.65	0.20 $\pm$ 0.29	0.008
Non vitrectomy (n = 14)	0.25 $\pm$ 0.35	0.21 $\pm$ 0.33	0.705

Values are presented as mean $\pm$ standard deviation.

CVI = choroidal vascularity index; SFCT = subfoveal choroid thickness; BCVA = best-corrected visual acuity; logMAR = logarithm of minimal angle of resolution.

*Paired *t*-test.

은 유의미하게 호전되는 것을 확인하였다. 수술 기법 및 황반 침범 여부에 따른 하위집단 분석 결과 중심와 하부 맥락막두께는 황반 침범이 없는 망막박리가 있는 집단을 제외한 나머지 집단에서 통계적으로 유의미하게 감소하였다. 최대교정시력은 황반 침범이 있는 망막박리군과 유리체절제술을 받은 망막박리 환자군에서 유의미한 시력의 호전을 보였다.

망막박리가 있는 눈에서 맥락막에 변화가 발생하는 기전은 아직까지 명확하게 밝혀진 바는 없으나 망막하액의 발생으로 인한 포도막공막유출 증가로 인한 맥락막에서의 체액 저류가 관련이 있을 것으로 보인다. 망막박리 후 발생한 망막하액의 성분 중 프로스타글란딘, 각종 케모카인들이 염증 반응을 일으켜 포도막공막유출을 증가시킨다는 여러 보고가^{12,13} 있으며 이러한 유출 및 체액 저류로 인해 맥락막의 변화가 일어나게 될 것으로 생각된다.¹⁴ 본 연구의 결과와 기존의 연구들에서 망막박리가 있을 때에 중심와 하부 맥락막두께가 정상안에 비해 두꺼워지고 이러한 경향이 황반부까지의 박리 여부에 따라 상반된 경향을 보인다는 점과 종합하면 박리로 인한 간질 내의 체액 저류와 연관성이 큰 것으로 생각되어진다. 간질 내의 체액 저류가 증가함에 따라 맥락막의 두께 자체는 증가하고 맥락막혈관 지수는 감소하는 경향을 보이나, 수술 후 망막이 재유착되며 간질 내의 체액 저류가 해소됨으로 인해 맥락막의 두께는 감소하고 CVI는 다시 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

망막하액은 망막박리 초기에는 유리체, 후기에는 혈액과 유사한 성질을 띤다는 연구가 있으며¹² 이로 인해 망막박리가 오래 지속될 때에 망막과 맥락막 사이의 물질 이동에 변화가 발생함으로써 맥락막의 두께 및 구조적 변화를 일으킬 수 있는 것으로 알려져 있다. 또한 타 연구들에서도 하부 망막박리에서 맥락막두께 증가가 크다는 점이 보고되었으며, 본 연구에서 상대적으로 체액 저류의 기간이 길어 맥락막이 체액의 영향을 오래 받았을 것으로 보이는 하부 망막박리가 있었던 눈이 반대안에 비해 유의하게 낮은 CVI값을 보인 점도 이와 관련이 있을 것으로 보인다.

이와 더불어 망막하액의 존재로 인해 광수용체가 분리된 영역에서 그렇지 않은 영역에서보다 맥락막모세혈관층의 혈류가 감소하는 경향을 보였다는 보고가 있다.¹⁵ 이러한 혈류의 변화와 망막과 맥락막 사이의 대사성 변화를 종합하여 고려하면 망막하액이 황반까지 침범을 한 경우에는 맥락막의 혈류가 감소하여 CVI 또한 감소하게 되고 황반을 침범하지 않은 경우에는 박리 부위 하부의 맥락막혈류가 감소하고 상대적으로 박리가 일어나지 않은 황반에서 맥락막혈류에 유입된 혈액이 저류되어 CVI가 증가할 수 있을 것으로 보인다. 실제로 본 연구에서 통계적으로 유의하지

는 않았으나 황반 침범이 없는 망막박리안에서 CVI의 평균값이 반대안의 CVI 평균값보다 높은 경향을 보였으며 수술 후에 이러한 혈액학적 변화가 회복된 것으로 보인다. 실제로 망막앞막, 황반원공과 같은 유리체황반 질환 환자에서 수술 전 반대안보다 유의하게 높은 CVI가 유리체절제술 후 유의한 감소를 보였다는 보고가 있었는데¹⁶ 해당 연구의 저자들은 이것이 유리체황반 견인력으로 인한 맥락막의 구조적 변화로 생각된다고 하였으며 본 연구의 결과와도 관련성이 있을 것으로 생각된다. 황반 침범 여부에 따라 수술 전후로 CVI가 상반된 변화 양상을 보이는 점에 대한 세부적인 기전 및 정확한 맥락막모세혈관층의 혈류 변화에 대해서는 다른 영상 검사 및 주변부의 망막에 대해서도 확인해 보는 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

또한 망막박리가 발생할 때에 망막색소상피층과 비슷하게 혈액-망막 장벽도 손상될 수 있으며 망막하액에 endothelin과 같은 혈관수축물질도 존재하게 됨으로써 맥락막혈관에 영향을 줄 수 있다는 연구도 있다.^{17,18} 그리고 망막의 재유착 후 맥락막혈류가 잘 회복되었을 때에는 망막 외층의 회복에도 영향을 미친다는 보고가 있으며¹⁵ 본 연구에서 CVI의 변화량과 logMAR 최대교정시력의 변화량이 유의한 음의 상관관계 즉, 유의한 시력의 호전을 보인 이론적 근거가 될 수 있을 것으로 보이며 망막박리의 회복에 있어 맥락막혈류와의 관련성에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다. 이러한 점에 대해서 추후 OCT angiography 등을 이용한다면 좀 더 정확한 기전에 대해서 파악할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서 수술 전의 망막박리안과 유리체절제술과 공막돌출술 시행 3개월째의 망막박리안 간의 CVI는 유의한 차이를 보이지 않았으며 술 전후의 변화값에서도 두 군 간의 유의한 차이는 보이지 않았다. 망막박리안에서 반대안보다 두꺼운 맥락막두께를 보이나 수술 후 1개월부터 반대안과 유의한 차이가 없으며, 유리체절제술과 공막돌출술 간의 차이도 없었다는 보고가 있었고,¹⁰ 공막돌출술 후 황반하부의 맥락막혈류는 수술 전후로 유의한 차이를 보이지 않았다는 보고도 있어¹⁹ 수술 기법에 따른 맥락막 변화의 차이는 크지 않을 것으로 생각된다.

본 연구는 기존의 CVI를 주제로 한 연구에서 잘 다루지 않은 질환인 망막박리안을 실험군으로 선정해서 분석하였다는 데 의의가 있으나, 수포망막박리와 같이 OCT 영상에서 맥락막이 관측되지 않는 경우에는 측정을 할 수 없으며 Image J에서 맥락막공막 경계부를 다각형 도구로 설정할 때 EDI 모드에서도 불명확하여 측정의 정확도가 떨어지는 경우가 많다는 한계가 있다. 이에 따라 본 연구에서는 2명의 안과 의사가 동일한 연구 대상에 대해 독립적으로 측정

하고 측정치의 평균값을 이용하는 방법으로 정확도를 보정하고자 하였다. 또한 CVI는 중심과 하부에서 측정한 수치로 큐브 스캔에서 측정되지 않았던 부위에서의 변화는 반영하지 못한다는 한계점이 있어 황반부를 침범하지 않은 환자 군에서 망막박리안과 정상안의 CVI가 유의한 차이를 보이지 않은 것도 이러한 제한점으로 인한 것으로 생각되어진다.

또한 CVI와 중심과 하부 맥락막두께와 같은 맥락막과 관련된 인자들과 임상적 예후인 최대교정시력 간의 관련성에 대해서도 분석을 하였다는 데 의의가 있으나 기존의 연구에서 망막박리 후 시력적인 예후에 있어서는 황반 박리의 높이와 연관성이 있다는 보고가 있으며²⁰ EDI SD-OCT에서 맥락막의 분석이 가능한 환자군만이 본 연구의 대상에 포함되었기 때문에 연구 집단 선정에 있어 네이만 오류가 있을 수 있다. 그리고 의무기록 후향분석 연구로 진행된 본 연구의 특성상 환자들의 전안부, 수정체 및 백내장의 정도 등에 대한 정보가 제한적이어서 이러한 인자와 임상적 예후간의 관련성에 대한 분석이 불가하였으며 향후 추가적인 전향적 연구를 통한 보완 및 분석도 필요할 것으로 보인다.

결론적으로, 일차 열공망막박리는 CVI가 정상안에 비해 낮고 황반부를 침범한 망막박리안에서는 수술적 치료로 망막이 유착된 후에는 CVI가 증가하고 황반부를 침범하지 않은 경우에는 감소함을 알 수 있었다. 향후 망막박리가 있을 때 맥락막의 변화를 일으키는 기전과 이러한 변화가 예후에 미치는 영향 등에 대한 연구가 추가적으로 필요할 것이다.

REFERENCES

- 1) Kuhn F, Aylward B. Rhegmatogenous retinal detachment: a re-appraisal of its pathophysiology and treatment. *Ophthalmic Res* 2014;51:15-31.
- 2) Mrejen S, Spaide RF. Optical coherence tomography: imaging of the choroid and beyond. *Surv Ophthalmol* 2013;58:387-429.
- 3) Imamura Y, Fujiwara T, Margolis R, Spaide RF. Enhanced depth imaging optical coherence tomography of the choroid in central serous chorioretinopathy. *Retina* 2009;29:1469-73.
- 4) Koizumi H, Yamagishi T, Yamazaki T, et al. Subfoveal choroidal thickness in typical age-related macular degeneration and polypoidal choroidal vasculopathy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2011;249:1123-8.
- 5) Giacuzzo C, Bergin C, Potic J et al. Evolution and patterns of choroidal thickness changes in rhegmatogenous retinal detachment. *Retina* 2020;40:47-55.
- 6) Ikuno Y, Tano Y. Retinal and choroidal biometry in highly myopic eyes with spectral-domain optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2009;50:3876-80.
- 7) Agarawal R, Gupta P, Tan KA, et al. Choroidal vascular index as a measure of vascular status of the choroid: measurements in healthy eyes from a population-based study. *Sci Rep* 2016;6:21090.
- 8) Sonoda S, Sakamoto T, Yamashita T, et al. Choroidal structure in normal eyes and after photodynamic therapy determined by binarization of optical coherence tomographic images. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014;55:3893-9.
- 9) Sonoda S, Sakamoto T, Yamashita T, et al. Luminal and stromal areas of choroid determined by binarization method of optical coherence tomographic images. *Am J Ophthalmol* 2015;159:1123-31.e1.
- 10) Akkoyun I, Pinarci EY, Yesilirmak N, Yilmaz G. Choroidal thickness after scleral buckling surgery in macula-off rhegmatogenous retinal detachment. *Ophthalmologie* 2014;111:954-60.
- 11) Manjunath V, Taha M, Fujimoto JG, Duker JS. Choroidal thickness in normal eyes measured using Cirrus HD optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 2010;150:325-9.e1.
- 12) Quintyn JC, Brasseur G. Subretinal fluid in primary rhegmatogenous retinal detachment: physiopathology and composition. *Surv Ophthalmol* 2004;49:96-108.
- 13) Williams GA, Reeser F, O'Brien WJ, Fleischman JA. Prostacyclin and thromboxane A2 derivatives in rhegmatogenous subretinal fluid. *Arch Ophthalmol* 1983;101:463-4.
- 14) Alm A, Nilsson SF. Uveoscleral outflow--a review. *Exp Eye Res* 2009;88:760-8.
- 15) Hong EH, Cho H, Kim DR, et al. Changes in retinal vessel and retinal layer thickness after vitrectomy in retinal detachment via swept-source OCT angiography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2020;61:35.
- 16) Rizzo S, Savastana A, Finocchio L, et al. Choroidal vascularity index changes after vitreomacular surgery. *Acta Ophthalmol* 2018;96:e950-5.
- 17) Roldán-Pallarés M, Sadiq-Musa A, Rollin R, et al. Retinal detachment: visual acuity and subretinal immunoreactive endothelin-1. *J Fr Ophtalmol* 2008;31:36-41.
- 18) Roldán-Pallarés M, Musa AS, Bravo-Llatas C, Fernández-Durango R. Preoperative duration of retinal detachment and subretinal immunoreactive endothelin-1: repercussion on logarithmic visual acuity. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2010;248:21-30.
- 19) Iwase T, Kobayashi M, Yamamoto K, et al. Change in choroidal blood flow and choroidal morphology due to segmental scleral buckling in eyes with rhegmatogenous retinal detachment. *Sci Rep* 2017;7:5997.
- 20) Ross WH. Visual recovery after macula-off retinal detachment. *Eye (Lond)* 2002;16:440-6.

= 국문초록 =

일차 열공망막박리 환자에서 맥락막혈관지수 분석

목적: 단안의 일차 열공망막박리 환자에서 망막박리안의 맥락막혈관지수를 반대안과 비교 분석하고자 하였다.

대상과 방법: 단안의 일차 열공망막박리로 2017년 1월부터 2018년 1월까지 수술 받은 환자 중 초진 시 양안의 빛간섭단층촬영을 시행한 환자를 후향적으로 분석하였다. 초진 당시 망막박리안과 반대안, 수술 후 3개월째 망막박리안의 중심와 하부 맥락막혈관지수를 측정하였으며 두 명의 독립된 안과 의사에 의해 Image J 소프트웨어를 사용하여 분석하였다.

결과: 총 45명의 환자가 대상에 포함되었다. 망막박리가 황반부를 침범한 경우는 25명이었다. 전체 환자에서 망막박리안의 맥락막혈관지수는 65.61 ± 3.37 , 반대안의 맥락막혈관지수는 67.28 ± 3.44 로 나타났다($p=0.024$). 망막박리안의 술 전, 술 후 3개월째 맥락막혈관지수를 비교해보았을 때 하위그룹분석에서 황반부박리가 없는 경우 술 전 67.62 ± 2.35 , 술 후 65.84 ± 3.04 였고($p=0.009$), 황반부박리가 있는 경우 술 전 64.01 ± 3.21 , 술 후 66.69 ± 2.64 로 나타났다($p<0.001$).

결론: 일차 열공망막박리 환자에서 망막박리안의 맥락막혈관지수는 반대안에 비해 유의하게 감소했다. 술 전후 맥락막혈관지수는 황반부 침범이 없는 망막박리안에서 술 전보다 술 후 유의하게 감소하며 황반부 침범이 있는 망막박리안의 경우 술 후 유의하게 증가함을 확인하였다. 추후 망막박리가 맥락막의 혈관 및 기질의 변화에 미치는 영향에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. <대한안과학회지 2020;61(12):1477-1484>

조창우 / Chang Woo Cho

인제대학교 의과대학 부산백병원 안과학교실
Department of Ophthalmology,
Inje University Busan Paik Hospital,
Inje University College of Medicine