망막분지정맥폐쇄 환자의 반대안에서 황반부의 망막 및 맥락막두께와 미세혈관 변화 분석

Changes of Macular Thickness and Microvasculature in the Fellow Eyes of Patients with Branch Retinal Vein Occlusion

박동근, 류가형, 최영아, 사공민

Dong-Geun Park, Gahyung Ryu, Yeong A Choi, Min Sagong

영남대학교 의과대학 안과학교실

Department of Ophthalmology, Yeungnam University College of Medicine, Daegu, Korea

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the changes in retinal and choroidal thickness and microvasculature using optical coherence tomography (OCT) and OCT angiography in the fellow eye of unilateral branch retinal vein occlusion (BRVO) patients.

Methods: Twenty-two fellow eyes with unilateral BRVO and 23 normal eye controls were retrospectively analyzed. OCT was used to measure the thickness of the total retina, inner retina, the total choroid, the Haller's layer, and the choriocapillaris/Sattler's layer. OCT angiography was used to measure the vascular density (VD) of the superficial capillary plexus (SCP), deep capillary plexus (DCP), and choriocapillaris layers. In addition, we measured the foveal avascular zone (FAZ) area and compared the differences between the two groups.

Results: The thicknesses of the subfoveal choroid and Haller's layer measured by OCT tended to be thicker in the fellow eye of unilateral BRVO patients, but there was no significant difference between the two eye groups ($p = 0.075$, $p = 0.531$). On the other hand, the thickness of the choriocapillaris/Sattler's layer was significantly thicker in the fellow eye of unilateral BRVO patients ($p = 0.011$). VD of SCP measured by OCT angiography was not significantly different between the two groups ($p = 0.969$), but VD of the DCP was significantly lower in the fellow eye of unilateral BRVO patients ($p = 0.039$). There was no difference in the FAZ area and VD of choriocapillaris ($p = 0.969$, $p = 0.227$).

Conclusions: The thickness of the choriocapillaris/Sattler's layer was increased and the DCP VD was decreased in the fellow eye of BRVO patients when compared to normal controls.

Keywords: Branch retinal vein occlusion; Choroidal thickness; Fellow eye; Optical coherence tomography angiography

서론

망막정맥폐쇄는 당뇨병망막병증에 이어 두 번째로 유병률이 높은 망막혈관 질환으로 알려져 있다[1]. 망막정맥폐쇄는 형태에 따라

망막분지정맥폐쇄와 망막중심정맥폐쇄로 나눌 수 있으며, 망막분지정맥폐쇄에서 4배 더 높은 유병률을 보이는 것으로 보고되고 있다[2]. 망막분지정맥폐쇄는 고혈압, 동맥경화 등과 같은 전신인자들이 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며, 체질량 지수,

Address reprint requests to Min Sagong, MD, PhD

Department of Ophthalmology, Yeungnam University Hospital, #170 Hyeonchung-ro, Nam-gu, Daegu 42415, Korea
Tel: 82-53-620-3443, Fax: 82-53-626-5936
E-mail: msagong@ynu.ac.kr

Received: 2019. 9. 19

Revised: 2019. 9. 22

Accepted: 2019. 9. 25

고밀도지질단백질 수치, 그리고 알파-2 글로불린 수치 등과도 연관성이 보고되었다[3-5].

이전의 역학 연구들에서 단안 망막정맥폐쇄 환자들의 반대안의 경우 정상인에 비해 망막정맥폐쇄 발생 위험이 높은 것으로 보고해 왔기 때문에[6,7], 망막분지정맥폐쇄 환자들에서 이러한 전신인자들이 미치는 영향을 알아보고자 단안 망막분지정맥폐쇄 환자의 반대안을 정상 대조군과 비교하는 여러 연구들이 진행되어 왔다. Kim et al. [8]은 빛간섭단층촬영에서 망막신경섬유층두께를 분석하였고, 반대안의 일부 영역에서 정상 대조군에 비해서 감소하는 소견을 제시하였다. 반면 Chung et al. [9]은 신경절세포-속열기층(ganglion cell-inner plexiform layer)을 분석하였으며, 반대안과 정상 대조군 사이의 유의한 차이가 없다고 보고하였다. 맥락막두께(choroidal thickness)를 측정을 통해 맥락막 변화를 살펴 본 결과[10-12], 고혈압과 당뇨 같은 전신인자가 맥락막두께를 증가시킬 수 있다고 보고하였으며[13,14], 단안 망막정맥폐쇄에서 망막허혈로 인하여 병변안에서 반대안에 비해 맥락막두께가 증가하는 것이 보고되었다[10,12].

Pinhas et al. [15]은 형광안저혈관조영을 이용한 망막혈관의 변화 분석을 통해 정상 대조군에 비해 반대안의 혈관 밀도가 감소함을 보고하였으며, Adhi et al. [16]은 빛간섭단층촬영혈관조영(optical coherence tomography angiography)을 통해 망막의 미세혈관 변화를 정성적으로 분석한 연구에서도 병변안과 반대안에서 정상 대조군에 비해서 망막혈류 감소, 혈관 굴곡도(vessel tortuosity) 증가, 그리고 측부혈관의 발생과 같은 망막미세혈관 변화가 더 많이 나타남을 보고하였다. 빛간섭단층촬영혈관조영을 이용한 정량 분석을 시행한 여러 연구들에서는 망막정맥폐쇄의 병변안에서 표층모세혈관총과 심부모세혈관총의 혈관 밀도(vessel density)가 감소하고 망막중심오목무혈관부위(fovea avascular zone)의 면적이 증가함을 보고해 왔는데[17,18], 단안 망막분지정맥폐쇄 환자의 반대안에서도 정상안에 비해 표층모세혈관총과 심부모세혈관총의 일부 영역에서 망막혈관 밀도가 감소함이 보고되었다[19].

따라서 반대안에 대한 연구들은 단안 망막정맥폐쇄의 반대안에서 혈관폐쇄 발생을 예측하는 초기 병적 변화를 밝히는 데에 도움을 줄 수 있을 것이다. 이에 본 연구에서는 단안 망막분지정맥폐쇄 환자의 반대안과 정상안에서 빛간섭단층촬영 및 빛간섭단층촬영혈관조영을 통한 망막 및 맥락막 변화들을 비교 분석해 보고자 하였다.

대상과 방법

본 연구는 2019년 3월부터 2019년 5월까지 본원에 내원한 단안 망막분지정맥폐쇄 22안의 반대안과 검진 목적으로 내원한 23안을 대상으로 후향적으로 분석하였다. 단안 망막분지정맥폐

쇄 반대안 중에 이전 유리체절제술, 레이저 광응고술과 같은 다른 치료 경험이 있는 환자나 다른 안과적 질환이나 병적 근시가 동반된 경우, 각막 혼탁, 백내장, 그리고 심한 유리체출혈 등과 같은 사진 분석에 방해가 될 만한 매체혼탁이 있는 경우, ± 6 디옵터 이상의 굴절 이상이 있는 경우는 연구에서 제외하였다. 검진 목적으로 내원한 정상안은 단안 망막분지정맥폐쇄 환자와 나이, 성별, 고혈압 및 당뇨의 유병률을 맞추었으며, 고혈압과 당뇨로 인한 망막병증이 관찰되는 경우는 제외하였다. 본 연구는 영남대학교병원 임상연구심의위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인을 받아 진행하였으며(IRB No. IRB-2019-09-049) 헬싱키선언(Declaration of Helsinki)을 준수하였다.

모든 대상은 초진 때 최대교정시력, 안저검사, 굴절검사, 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영(spectral domain optical coherence tomography, Spectralis OCT; Heidelberg engineering, Heidelberg, Germany), 빛간섭단층촬영혈관조영(OCT angiography, Optovue RTVue XR AVANTI; Optovue, Inc., Fremont, CA, USA)을 포함한 검사들을 시행하였다. 최대교정시력은 스넬렌 시력을 로그마시력(logarithm of the minimal angle of resolution)으로 변환하여 통계 분석을 시행하고, 중심황반두께(central macular thickness)는 장비의 자동화 프로그램(Heidelberg Eye, version 1.7.0.0; Heidelberg engineering)을 이용하여 중심와 직경 1 mm의 망막두께를 측정하였으며, 망막내층두께는 중심와 1 mm 이내 영역의 내망상층에서부터 내경계막까지의 두께로 정의하였다. 황반의 중심을 측정한 수평 단면 이미지에서 망막색소상피층을 의미하는 고반사선의 외측 경계와 맥락막-공막의 내측 경계 사이의 수직거리를 황반하 맥락막두께(subfoveal choroidal thickness)로 정의하였고, 할러층(Haller's layer)은 큰 맥락막혈관을 포함한 바깥 맥락막층으로, 맥락막모세혈관/사틀러층(Sattler's layer)은 망막색소상피층의 외측경계로부터 고반사 음영을 띄는 기질층 사이에 저반사 음영을 띄는 중간 크기의 맥락막혈관을 포함한 층으로 정의하였다.

빛간섭단층촬영혈관조영은 반대안에서 황반을 중심으로 한 6×6 mm 영역을 스캔하여 분석하였다. 표층모세혈관총은 내경계막(internal limiting membrane)의 $3 \mu\text{m}$ 아래에서부터 아래에서 내망상층(inner plexiform layer)의 $30 \mu\text{m}$ 아래까지로 정의하였으며, 심부모세혈관총은 내망상층의 아래 $30 \mu\text{m}$ 에서 $60 \mu\text{m}$ 까지로 정의하였다. Split-spectrum amplitude-decorrelation angiography (SSADA) 소프트웨어 알고리즘(AngioAnalytics version 2017.1.0.151)을 이용하여 망막의 표층 및 심부 모세혈관총과 맥락막모세혈관 혈관 밀도(flow density, %), 혈류 넓이(flow area, mm^2)를 자동으로 측정하였으며, 망막중심오목무혈관부위의 면적의 경우 Image J 프로그램을 이용하여 수동으로 측정하였다. 수동으로 측정된 맥락막두께와 망막중심오목무혈관부위 넓이는 2명의 판독자에 의해 독립적으로 측정되었고, 높은 판독자 간, 판독자 내 일치도를 보였다($\kappa = 0.910$, $\kappa = 0.913$; $\kappa = 0.904$,

$\kappa = 0.922$).

데이터의 통계분석을 위해서 IBM SPSS ver. 20.0 for Windows (IBM Corp., Armonk, NY, USA) 소프트웨어를 이용하였다. 두 군 사이의 망막미세혈관 변화, 맥락막 변화 등의 임상적 특징을 분석하기 위해 Mann Whitney *U* test와 chi-square test, Fisher's exact test를 시행하였고, *p*값은 0.05 미만인 경우를 유의한 것으로 판정하였다.

결과

망막분지정맥폐쇄 반대안의 평균 나이는 61.73 ± 6.71 세였고, 6명이 남자, 16명이 여자였다. 정상안의 경우, 평균 나이는 64.31 ± 8.79 세였고, 8명이 남자, 15명이 여자였다. 평균 구면렌즈대응치는 망막분지정맥폐쇄 반대안은 0.19 ± 1.63 디옵터였고, 정상안은 0.33 ± 1.74 디옵터였다. 평균 최대교정시력은 망막분지정맥폐쇄 반대안은 0.09 ± 0.16 logMAR였고, 정상안은 0.06 ± 0.09 logMAR였다. 망막분지정맥폐쇄 반대안의 36.3% (8/22), 정상안의 30.4% (7/23)가 고혈압 환자였으며, 망막분지정맥폐쇄 반대안의 9.0% (2/22), 정상안의 8.6% (2/23)가 당뇨 환자였다. 두 군 사이에 나이, 성별, 평균 구면렌즈대응치, 평균 최대교정시력, 고혈압 및 당뇨 유병률 모두 유의한 차이가 없었다(Table 1).

빛간섭단층촬영을 통해 망막과 맥락막을 분석하였을 때, 중심황반두께, 망막내층두께, 황반하 맥락막두께, 그리고 할러층은 두 군 사이에 유의한 차이가 없었으나(각각 $p = 0.920$, $p = 0.730$, $p = 0.075$, $p = 0.531$), 맥락막모세혈관/자틀러층은 망막분지정맥폐쇄 반대안에서 유의하게 두꺼운 값을 나타내었다($74.25 \pm 30.61 \mu\text{m}$ vs. $55.03 \pm 20.35 \mu\text{m}$, $p = 0.011$) (Table 2, Fig. 1). 빛간섭단층촬영혈관조영술에서 측정한 표층모세혈관

총 혈관 밀도, 망막중심오목무혈관부위의 면적, 그리고 맥락막 모세혈관층 밀도는 두 군 사이에 차이를 보이지 않았으나(각각 $p = 0.969$, $p = 0.969$, $p = 0.227$), 심부모세혈관층의 혈관 밀도의 경우 망막분지정맥폐쇄 반대안에서 유의하게 낮게 측정되었다($47.45 \pm 6.26\%$ vs. $50.30 \pm 4.33\%$, $p = 0.039$) (Table 3, Fig. 1).

고찰

본 연구에서 빛간섭단층촬영과 빛간섭단층촬영혈관조영을 통해 단안 망막분지정맥폐쇄 환자의 반대안과 정상안의 맥락막과 망막미세혈관의 변화를 분석한 결과, 망막분지정맥폐쇄 반대안에서 정상안에 비해 맥락막모세혈관/자틀러층이 더 두꺼우며, 심부모세혈관층의 혈관 밀도가 더 낮음을 알 수 있었다. 단안 망막분지정맥폐쇄 환자의 반대안을 분석한 여러 연구들에서 정

Table 2. Comparisons of the retinal and choroidal thicknesses between the fellow eye of the branch retinal vein occlusion group and the healthy control group

Variable (μm)	BRVO fellow eye	Healthy control	<i>p</i> -value*
Central macular thickness	268.00 ± 14.15	266.47 ± 27.15	0.920
Inner retinal thickness	48.32 ± 9.08	47.47 ± 8.95	0.730
Subfoveal choroidal thickness	264.55 ± 52.33	232.47 ± 46.10	0.075
Choriocapillaris/Sattler's layer thickness	74.25 ± 30.61	55.03 ± 20.35	0.011
Haller's layer thickness	190.30 ± 53.47	177.44 ± 42.98	0.531

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

BRVO = branch retinal vein occlusion.

*Mann-Whitney *U* tests.

Table 1. Baseline characteristics of both groups

Characteristic	BRVO fellow eyes (n = 22)	Healthy controls (n = 23)	<i>p</i> -value
Age (years)	61.73 ± 6.71	64.31 ± 8.79	0.214*
Sex (M:F)	6:16	8:15	0.586 [†]
Refractive error (diopters)	0.19 ± 1.63	0.33 ± 1.74	0.987*
Visual acuity (logMAR)	0.09 ± 0.16	0.06 ± 0.09	0.628*
Hypertension	8	7	0.673 [†]
Diabetic mellitus	2	2	1.000 [‡]

Values are presented as mean $\pm$ standard deviation unless otherwise indicated.

BRVO = branch retinal vein occlusion; M:F = male:female; logMAR = logarithm of the minimal angle of resolution.

*Mann-Whitney *U* tests; [†]Pearson chi-square test; [‡]Fisher's exact test.

Table 3. Comparisons of the retinal and choroidal microvasculature between the fellow eye of the branch retinal vein occlusion group and the healthy control group

Variable (μm)	BRVO fellow eye	Healthy control	<i>p</i> -value*
SCP vessel density (%)	48.76 ± 4.03	48.76 ± 3.12	0.969
DCP vessel density (%)	47.45 ± 6.26	50.30 ± 4.33	0.039
Foveal avascular zone area (mm^2)	0.351 ± 0.121	0.342 ± 0.118	0.969
Choriocapillaris density (%)	66.95 ± 4.95	66.52 ± 3.31	0.227

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

BRVO = branch retinal vein occlusion.

*Mann-Whitney *U* tests.

Figure 1. Optical coherence tomography (OCT) (A, C), and OCT angiography (B, D) findings of a fellow eye with a branch retinal vein occlusion (BRVO) (A, B) and normal eye (C, D). The fellow eye with a BRVO shows increased choroidal thickness (A) and decreased vessel density in the deep capillary plexus (B) when compared to the normal eye (C, D).

상안에 비해 망막내층의 두께 및 망막내 미세혈관 밀도가 감소한 것으로 보고하고 있다[15,16,20]. 고령, 고혈압, 그리고 당뇨와 같은 전신인자가 이러한 변화와 관련될 수 있고, 한쪽 눈에 망막분지정맥폐쇄가 생기기 전 이미 반대안에도 구조적 및 기능적 변화가 진행했음을 의미한다. 따라서, 본 연구에서는 단안 망막분지정맥폐쇄 환자들의 나이, 고혈압 및 당뇨의 유병률과 일치율을 보이는 대조군 코호트와의 비교를 통해 이들 환자의 반대안에서 어떤 망막 및 맥락막의 두께 및 미세혈관 변화의 차이를 보이는지 알아보고자 하였다.

본 연구에서 맥락막모세혈관/자틀러층의 두께만 망막분지정맥폐쇄 반대안에서 정상안에 비해서 유의하게 두껍게 나타났는데, 이는 할러층으로 대표되는 맥락막의 큰 혈관보다 맥락막모세혈관/자틀러층으로 대표되는 중간 이하 크기의 혈관에서 맥락막의 변화가 먼저 나타남을 의미한다. 망막정맥폐쇄와 맥락막두께 간의 관계는 여러 연구에서 보고되어 왔다[10,12,21]. 이들 연구에서는 망막정맥폐쇄안에서 맥락막의 변화는 망막정맥폐쇄가 발생하여 망막 저산소증이 생긴 이후, 증가되는 혈관내

피성장인자와 투과성 증가 때문에 맥락막 내액이 증가하게 되고, 안구의 혈류량이 증가하면서 맥락막의 두께가 증가한 것으로 주장하였다. 또한 망막정맥폐쇄안 뿐만 아니라 반대안의 변화를 관찰하기 위한 연구로 단안 망막정맥폐쇄 환자의 양안 망막정맥압 변화를 측정한 연구도 보고되었는데, 측정 결과는 병변안 뿐만 아니라 반대안에서도 망막정맥압이 상승한 것을 확인할 수 있었다[22]. 맥락막을 연구한 기존 결과에 따르면, 상대적으로 할러층과 같은 큰 혈관층은 전신인자에 영향을 덜 받는 것으로 보고되어 왔으며[23], 맥락막모세혈관/자틀러층의 경우, 맥락막모세혈관층의 혈액 공급 및 배출이 자틀러층을 통해 이루어지면서 망막색소상피층과 바로 붙어 있기 때문에 물과 이온들이 망막과 망막색소상피층을 통과하며 이동하여 이들 맥락막의 두께 변화를 유발시킬 수 있다고 하였다[24,25]. 이러한 이유로 인해 정상안에 비해 망막분지정맥폐쇄 반대안에서 할러층의 두께보다 맥락막모세혈관/자틀러층의 두께가 더 두껍게 나타나는 것으로 생각된다.

심부모세혈관층의 혈관 밀도는 망막분지정맥폐쇄 반대안에

서 정상안에 비해 유의하게 낮게 측정되었다. 이는 망막분지정맥폐쇄 반대안에서 심부모세혈관총이 정맥압 변화와 같은 인자에 영향을 받은 것을 의미하며, 표층모세혈관총과 달리 심부모세혈관총이 구조적으로 이러한 변화에 더 취약하기 때문으로 생각된다. 망막정맥폐쇄와 당뇨망막병증환자를 대상으로 한 이전 연구들에서도 빛간섭단층혈관조영 결과, 표층모세혈관총에 비하여 심부모세혈관총이 혈류 변화에 취약한 것으로 보고하였으며[26-28], 이는 표층모세혈관총은 망막세동맥으로부터 직접 연결되는 반면, 심부모세혈관총은 가로세정맥을 통해서 연결되고, 표층모세혈관총과 직접적으로 연결된 수직 형태의 혈관들을 통해 혈액을 공급받고 내보내는 해부학적인 형태를 가지기 때문이다. 이러한 형태는 표층모세혈관총의 정맥 정수압이 상승하였을 때, 더 빠르고 높게 심부모세혈관총의 압력을 상승시키면서 혈관의 손상을 야기하여 혈관 밀도가 감소할 수 있다 [27,29]. 한편, 형광안저혈관조영을 이용하여 병변안, 반대안, 그리고 정상안을 비교한 연구에서도 정상안에 비해 병변안과 반대안이 상대적으로 낮은 혈관 밀도를 보여 본 연구 결과와 유사한 결과를 보여주었다[15].

맥락막모세혈관 밀도의 경우 두 군 간의 차이를 보이지 않았는데, 맥락막모세혈관의 해부학적 혈관 구조가 위치에 따른 차이가 있기 때문인 것으로 설명할 수 있다. 주변부 맥락막모세혈관은 직각으로 세동맥과 세정맥에 직접 연결되는 형태로 혈류 변화에 영향을 그대로 받을 수 있으며, 이로 인해 상대적으로 손상에 취약할 수 있게 되지만, 황반부 맥락막모세혈관은 소엽 형태의 중심부에 위치하여 혈류 변화에 의한 손상에 상대적으로 저항성이 강하게 된다[30]. 또한 중심와는 맥락막이 유일하게 산소와 영양분을 공급하는 역할을 하기 때문에[31], 후극부에서 맥락막모세혈관 밀도가 더 오래 유지되는 것으로 설명할 수 있다.

본 연구의 제한점으로는 환자 수가 상대적으로 적고, 후향적 연구로 선택오차(selection bias)가 발생할 수 있다는 점이다. 또한, 맥락막의 두께를 빛간섭단층촬영 이미지를 통해 수동으로 측정하였기 때문에 그로 인한 오차가 발생할 수 있다. 본 연구에서는 높은 판독자 간, 판독자 내 일치도를 확인하였다. 빛간섭단층촬영혈관조영 분석에서 이미지의 질이 낮은 경우는 배제하여 허상(artifact)을 최소화하고자 하였으나 분석 대상들 사이의 이미지 질의 차이가 혈관 밀도 측정에 영향을 줄 수 있다. 또한 6×6 mm 영역을 스캔하여 심부모세혈관총을 분석하였기 때문에 3×3 mm 영역에 비해서 투사 효과(projection artifacts)로 인해 혈관 밀도값이 영향을 받았을 가능성이 있다. 추가적으로 맥락막과 망막의 두께와 미세혈관 변화에 영향을 미칠 수 있는 전신인자를 가능한 배제하고 환자의 반대안에서 정상안에 비해 추가적으로 나타날 수 있는 특징적 변화를 찾아 보고자 하였으나, 고혈압과 당뇨 유병률 외 유병기간 및 그 조절 정도를 통제하지 못한 한계가 있다.

결론적으로 단안 망막분지정맥폐쇄 환자의 반대안은 정상인에 비해 맥락막에서 맥락막모세혈관/자틀러층의 두께가 증가하고 망막에서 심부모세혈관총 혈관 밀도가 감소하는 양상을 보였다. 이는 망막정맥폐쇄의 발병에 있어 당뇨, 고혈압 등 전신 질환들의 동반 외 조절 정도나 유병기간이 영향을 미칠 수 있음을 의미하며, 이로 인한 이차적 망막미세혈관 변화 및 맥락막두께 변화가 선행할 수 있음을 보여준다. 또한 단안 망막분지정맥폐쇄 환자에서 반대안의 이러한 망막미세혈관과 맥락막두께 변화를 통해 망막정맥폐쇄의 발생을 예측할 수 있음을 의미한다. 향후 더 많은 환자를 대상으로 한 장기적 관찰 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflicts of interest relevant to this article.

References

1. Rogers S, McIntosh RL, Cheung N, et al. The prevalence of retinal vein occlusion: pooled data from population studies from the United States, Europe, Asia, and Australia. *Ophthalmology* 2010;117:313-9.e1.
2. Klein R, Moss SE, Meuer SM, Klein BE. The 15-year cumulative incidence of retinal vein occlusion: the Beaver Dam Eye Study. *Arch Ophthalmol* 2008;126:513-8.
3. Wong T, Mitchell P. The eye in hypertension. *Lancet* 2007;369:425-35.
4. Group EDC-CS. Risk factors for branch retinal vein occlusion. *Am J Ophthalmol* 1993;116:286-96.
5. Sperduto RD, Hiller R, Chew E, et al. Risk factors for hemiretinal vein occlusion: comparison with risk factors for central and branch retinal vein occlusion: the eye disease case-control study. *Ophthalmology* 1998;105:765-71.
6. McIntosh RL, Rogers SL, Lim L, et al. Natural history of central retinal vein occlusion: an evidence-based systematic review. *Ophthalmology* 2010;117:1113-23.e15.
7. Vein T. Natural history and clinical management of central retinal vein occlusion. *Arch Ophthalmol* 1997;115:486-91.
8. Kim MJ, Woo SJ, Park KH, Kim TW. Retinal nerve fiber layer thickness is decreased in the fellow eyes of patients with unilateral retinal vein occlusion. *Ophthalmology* 2011;118:706-10.
9. Chung GC, Lee DE, Yoon CK, et al. Comparison of inner retinal thickness between the fellow eyes of unilateral branch retinal vein occlusion and normal control. *J Korean Ophthalmol Soc*

- 2017;58:165-70.
10. Chung YK, Shin JA, Park YH. Choroidal volume in branch retinal vein occlusion before and after intravitreal anti-VEGF injection. *Retina* 2015;35:1234-9.
 11. Zhao J, Wang YX, Zhang Q, et al. Macular choroidal small-vessel layer, Sattler's layer and Haller's layer thicknesses: the Beijing Eye Study. *Sci Rep* 2018;8:4411.
 12. Okamoto M, Yamashita M, Sakamoto T, Ogata N. Choroidal blood flow and thickness as predictors for response to anti-vascular endothelial growth factor therapy in macular edema secondary to branch retinal vein occlusion. *Retina* 2018;38:550-8.
 13. Ahn SJ, Woo SJ, Park KH. Retinal and choroidal changes with severe hypertension and their association with visual outcome. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014;55:7775-85.
 14. Kim JT, Lee DH, Joe SG, et al. Changes in choroidal thickness in relation to the severity of retinopathy and macular edema in type 2 diabetic patients. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54:3378-84.
 15. Pinhas A, Dubow M, Shah N, et al. Fellow eye changes in patients with nonischemic central retinal vein occlusion: assessment of perfused foveal microvascular density and identification of nonperfused capillaries. *Retina* 2015;35:2028.
 16. Adhi M, Bonini Filho MA, Louzada RN, et al. Retinal capillary network and foveal avascular zone in eyes with vein occlusion and fellow eyes analyzed with optical coherence tomography angiography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016;57:OCT486-94.
 17. Kang JW, Yoo R, Jo YH, Kim HC. Correlation of microvascular structures on optical coherence tomography angiography with visual acuity in retinal vein occlusion. *Retina* 2017;37:1700-9.
 18. Samara WA, Shahlaee A, Sridhar J, et al. Quantitative optical coherence tomography angiography features and visual function in eyes with branch retinal vein occlusion. *Am J Ophthalmol* 2016;166:76-83.
 19. Wang Q, Chan SY, Yan Y, et al. Optical coherence tomography angiography in retinal vein occlusions. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2018;256:1615-22.
 20. Shin YI, Nam KY, Lee SE, et al. Changes in peripapillary microvasculature and retinal thickness in the fellow eyes of patients with unilateral retinal vein occlusion: an OCTA study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2019;60:823-9.
 21. Tsuiki E, Suzuma K, Ueki R, et al. Enhanced depth imaging optical coherence tomography of the choroid in central retinal vein occlusion. *Am J Ophthalmol* 2013;156:543-7.e1.
 22. Mozaffarieh M, Bärtschi M, Henrich P, et al. Retinal venous pressure in the non-affected eye of patients with retinal vein occlusions. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2014;252:1569-71.
 23. Mori F, Yokota H, Nagaoka T, et al. Pulsatile ocular blood flow is unaffected in type 2 diabetes mellitus. *Jpn J Ophthalmol* 2003;47:621-2.
 24. Nickla DL, Wallman J. The multifunctional choroid. *Prog Retin Eye Res* 2010;29:144-68.
 25. Krebs W, Krebs IP. Ultrastructural evidence for lymphatic capillaries in the primate choroid. *Arch Ophthalmol* 1988;106:1615-6.
 26. Lei J, Yi E, Suo Y, et al. Distinctive analysis of macular superficial capillaries and large vessels using optical coherence tomographic angiography in healthy and diabetic eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2018;59:1937-43.
 27. Savastano MC, Lumbroso B, Rispoli M. In vivo characterization of retinal vascularization morphology using optical coherence tomography angiography. *Retina* 2015;35:2196-203.
 28. Coscas F, Glacet-Bernard A, Miere A, et al. Optical coherence tomography angiography in retinal vein occlusion: evaluation of superficial and deep capillary plexa. *Am J Ophthalmol* 2016;161:160-71. e2.
 29. Spaide RF. Volume-rendered optical coherence tomography of retinal vein occlusion pilot study. *Am J Ophthalmol* 2016;165:133-44.
 30. Bhanushali AW, Hodes BL, Walker J. Diabetic choroidal and iris vasculature scanning electron microscopy findings. *Int Ophthalmol* 1989;13:269-79.
 31. Bhanushali D, Anegondi N, Gadde SG, et al. Linking retinal microvasculature features with severity of diabetic retinopathy using optical coherence tomography angiography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016;57:OCT519-25.

국문초록

망막분지정맥폐쇄 환자의 반대안에서 황반부의 망막 및 맥락막두께와 미세혈관 변화 분석

목적: 단안 망막분지정맥폐쇄 환자의 반대안에서 빛간섭단층촬영과 빛간섭단층촬영혈관조영을 이용하여 망막 및 맥락막두께와 망막과 맥락막의 미세혈관의 변화를 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 단안 망막분지정맥폐쇄 환자 22안의 반대안과 정상 대조군 23안을 후향적으로 분석하였다. 빛간섭단층촬영을 이용하여 전체 망막과 내층망막의 두께를 측정하고, 맥락막의 두께와 함께 할러층과 맥락막모세혈관/자틀러층을 나누어 측정하였다. 빛간섭단층촬영혈관조영을 이용해 표층모세혈관층, 심부모세혈관층, 그리고 맥락막모세혈관층의 혈관 밀도를 측정하였다. 또한 망막중심오목무혈관부위 면적을 측정하여 두 군 간의 차이를 비교 분석하였다.

결과: 빛간섭단층촬영을 통해 측정한 황반하 맥락막두께와 할러층의 두께는 단안 망막분지정맥폐쇄 반대안에서 두꺼운 경향을 보였으나 두 군 사이에 유의한 차이는 없었다($p = 0.075$, $p = 0.531$). 반면, 맥락막모세혈관/자틀러층의 두께는 단안 망막분지정맥폐쇄 반대안에서 유의하게 두꺼웠다($p = 0.011$). 빛간섭단층촬영혈관조영을 통해 측정한 표층모세혈관층의 혈관 밀도는 두 군 간의 큰 차이가 없었으나($p = 0.969$), 심부모세혈관층의 혈관 밀도는 단안 망막분지정맥폐쇄 반대안에서 유의하게 낮게 나타났다($p = 0.039$). 망막중심오목무혈관부위의 면적과 맥락막모세혈관의 혈관 밀도는 두 군 간의 차이는 없었다($p = 0.969$, $p = 0.227$).

결론: 단안 망막분지정맥폐쇄 환자의 반대안에서 정상안에 비해 맥락막모세혈관/자틀러층의 두께 증가와 심부모세혈관층 혈관 밀도 감소를 보였다.