

## 급성 망막중심동맥폐쇄에서의 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영상의 소견

박재영 · 구남균 · 서원문

울산 동강병원 안과

**목적:** 급성기의 망막중심동맥폐쇄에서의 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영 영상의 특징을 알아보고자 한다.

**대상과 방법:** 급성 망막중심동맥폐쇄환자 6명 6안을 대상으로 하였다. 빛간섭단층촬영기로 황반부의 구역별 두께 및 황반부 망막의 내외층망막의 두께를 따로 측정하였다.

**결과:** 황반부종은 직경 3 mm 이내에서 심하였으며 중심과 부종은 없는 도넛 모양을 보였다. 비측의 부종이 이측, 하측, 상측보다 심했다. 신경섬유층과 신경절세포층의 고반사와 외망막층의 저반사가 특징적으로 보였다. 내망막층과 외망막층 모두 비슷한 정도의 부종을 보였다. 낭포형이나 장액성 황반박리형태의 부종은 없었다.

**결론:** 급성기의 망막중심동맥폐쇄에서의 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영에서 내망막층의 부종과증가된 고반사뿐만 아니라 외망막층의 부종도 확인할 수 있었으며 시세포의 내분절과 외분절의 접합부와 망막색소상피세포의 신호는 정상이었다.

〈대한안과학회지 2012;53(8):1099-1103〉

망막중심동맥폐쇄는 불량한 시력예후를 보이는 혈관 폐쇄성 질환이다. 급성 망막중심동맥폐쇄의 안저 검사에서 황반부 망막의 불투명화와 앵두반점(cherry red spot)을 확인할 수 있다.

최근 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영기(spectral domain optical coherence tomography, SD-OCT)의 도입으로 높은 해상도의 망막 단층 영상을 얻을 수 있게 되어 망막의 구조적 변화를 보다 정확하게 확인할 수 있게 되었다. 최근에는 연령관련황반변성과 황반부종에 대한 연구가 활발하다. 당뇨망막병증 또는 망막정맥폐쇄증에서 나타나는 황반부종의 경우 그 형태를 분류하고 치료 방향을 결정하기도 한다.<sup>1-3</sup> 그러나 망막중심동맥폐쇄에 관한 빛간섭단층촬영 보고는 드문 실정이다. 이에 저자들은 급성 망막중심동맥폐쇄로 본원 안과를 방문한 환자 중 SD-OCT 촬영이 가능하였던 환자들을 후향적으로 조사하여 SD-OCT 영상의 특징을 알아보고 이미 보고된 조직학적 변화 및 망막전위도 소견과 연관시켜보고자 하였다.<sup>4-6</sup>

### 대상과 방법

2010년 3월부터 2011년 12월까지 본원을 방문하여 안저검사 및 형광안저촬영검사를 통해 급성 망막중심동맥폐쇄로 진단받은 10명 10안 중 증상 발생 후 5일 이상 경과한 환자, 섬모체망막동맥(cilioretinal artery) 순환이 존재하는 환자, 황반부종을 동반한 당뇨망막병증, 황반변성, 녹내장 등 시신경 변화를 초래할 수 있는 다른 질환을 가진 환자를 제외하고 SD-OCT (Cirrus, Carl Zeiss Meditec Inc, Dublin, CA) 측정이 가능하였던 6명 6안에 대하여 후향적으로 조사하였다.

SD-OCT의 macular cube 512 × 128 combination scan으로 측정하여 황반부의 구역별 두께를 측정하였다. 이때 구역별 두께는 ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study) subfield<sup>7</sup>로 나누어서 측정하였다(Fig. 1).

수평방향 황반부 단층의 특징은 5-line raster mode로 조사하였다. 5-line raster mode에서의 망막두께는 한 명의 검사자가 3번 측정한 값의 평균값으로 정하였다. Macular cube scan에서 부종이 심하게 보였던 중심과 중심으로부터 1 mm, 1.5 mm 지점의 비측 및 이측 망막두께를 측정하였다. 감각신경층(sensory retinal layer) 전체 두께와 망막동맥(retinal artery)의 지배를 받는 내망막층(inner retinal layer), 맥락막 모세혈관의 지배를 받는 외망막층(outer retinal layer)의 두께를 따로 측정하여 내망막두께/감각신경두께(inner retinal

■ 접수 일: 2011년 12월 23일 ■ 심사 통과일: 2012년 2월 27일  
■ 게재 허가일: 2012년 6월 30일

■ 책임저자: 서원문

울산광역시 중구 태화로 239  
울산 동강병원 안과  
Tel: 052-241-1331, Fax: 052-241-1146  
E-mail: mdseowm@msn.com

thickness/sensory retinal thickness, IR/SR)와 외망막두께/감각신경두께(outer retinal thickness/sensory retinal thickness, OR/SR) 비율을 확인해 보았으며 중심와의 최소 두께(minimal foveal thickness)도 측정하였다. 내망막층의 범위는 내경계막(internal limiting membrane)에서부터 내과립층(inner nuclear layer)까지만 망막중심동맥폐쇄안에서 내과립층과 외망상층(outer plexiform layer)의 경계

부를 명확히 구분하기 어려워 외망상층의 외측부위까지로 정의하였고 외망막층의 두께는 감각신경층 전체 두께에서 내망막층의 두께를 차감한 것으로 정의하였다(Fig. 2). 반대편 정상안의 망막 두께를 대조군으로 설정하였다. 시력 측정은 5 m 한천식 시표를 사용하여 측정하였으며 logMAR 시력으로 변환하였다.

## 결 과

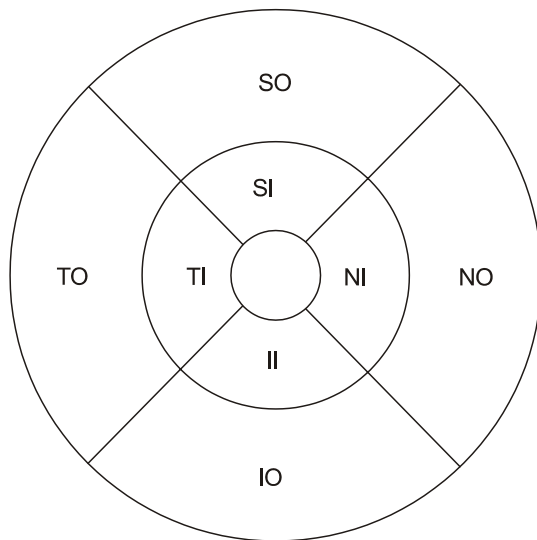
환자들의 평균 나이는 67.5세였으며 남자가 4명 여자가 2명이었다. 증상 발현 후 내원까지의 시간은 평균 7.83시간이었으며 평균 시력은 logMAR 2.01이었다(Table 1). 정상안에서는 안저검사, 형광안저촬영검사 및 시야검사 등을 통해서 시신경 질환 및 황반부에 의미 있는 질환을 확인할 수 없었다.

모든 환자의 Macular cube 512 × 128 combination scan에서 중심와를 제외한 직경 3 mm의 황반부에 부종 소견을 보였으며 비측의 내측 황반부(inner macular)에서 가장 부종이 심하였다(Table 2).

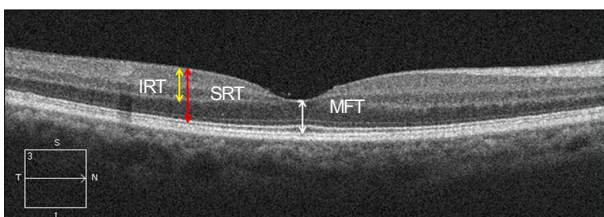
모든 환자의 5 line raster 영상에서 중심와 부위는 정상안과 차이가 없었으며 나머지 영역에서는 내망막층의 고반사와 외망막층의 저반사가 확인되었다. 부종의 형태는 낭포형이나 장애성 황반박리형은 없었으며 미만형 부종을 보였다(Fig. 2). 중심와에서 1 mm와 1.5 mm 떨어진 망막두께는 비측과 이측 모두 정상보다 두꺼웠으나 IR/SR와 OR/SR은 정상안과 큰 차이를 보이지 않았다(Table 3, 4).

## 고 찰

망막중심동맥은 내측망막층에 혈액 공급을 하는데 사상판(Lamina cribrosa)을 통과한 후 망막동맥(retinal artery)은 신경섬유층(nerve fiber layer)내에서 주행하면서 내측모세혈관총(inner capillary plexus)과 외측모세혈관총(outer capillary plexus)으로 모세혈관망(capillary network)을 분지한다. 내측모세혈관총은 신경절세포층(ganglion cell layer)에 존재하며 외측모세혈관총은 내과립층(inner nu-



**Figure 1.** ETDRS subfields within standard three concentric circles of diameters 1, 3 and 6 mm in the right eye used for reporting retinal thickness. F = fovea; SI = superior inner; TI = temporal inner; II = inferior inner; NI = nasal inner; SO = superior outer; TO = temporal outer; IO = inferior outer; NO = nasal outer.



**Figure 2.** Double-headed arrows indicate various thickness. SRT = sensory retinal thickness; IRT = inner retinal thickness; MFT = minimal foveal thickness.

**Table 1.** Patient characteristics

Patient	Sex	Age (yr)	Duration (hr)	VA	VA (log MAR)
1	M	61	6	FC	2
2	F	70	5	HM	3
3	M	71	20	FC	2
4	F	72	4	FC	2
5	M	63	7	0.08	1.1
6	M	68	5	FC	2

VA = visual acuity; FC = finger count; HM = hand motion.

**Table 2.** ETDRS subfield average thickness

Subfield average retinal thickness	CRAO eye (μm)	Normal fellow eye (μm)	Rate of increase
Foveal	276.67 ± 29.90	246.50 ± 10.01	12.24%
Inner nasal	395.33 ± 14.50	319.30 ± 5.16	23.81%
inner temporal	379.00 ± 10.81	303.20 ± 2.23	25.00%
Inner superior	384.50 ± 23.23	317.00 ± 10.06	21.29%
Inner inferior	368.83 ± 20.64	309.20 ± 6.88	19.29%
Outer nasal	316.33 ± 14.75	291.80 ± 8.18	8.41%
Outer temporal	288.17 ± 17.42	258.30 ± 9.00	11.56%
Outer superior	302.83 ± 24.80	275.70 ± 9.07	9.84%
Outer inferior	272.50 ± 18.93	252.83 ± 6.79	7.78%

Values are presented as mean ± SD or %.

CRAO = central retinal artery occlusion.

**Table 3.** Retinal thickness of horizontal cross-sectional view

Retinal thickness	CRAO eye (μm)	Normal fellow eye (μm)	Rate of increase
Minimal foveal thickness	191.00 ± 18.18	191.83 ± 9.62	0.00%
N 1*	391.67 ± 9.48	308.33 ± 12.55	27.03%
T 1†	375.50 ± 7.64	292.70 ± 12.09	28.29%
N 1.5‡	381.83 ± 14.63	314.50 ± 13.23	21.41%
T 1.5§	341.83 ± 8.50	283.33 ± 9.05	20.65%

Values are presented as mean ± SD or %.

\*Nasal 1 mm; †Temporal 1 mm; ‡Nasal 1.5 mm; §Temporal 1.5 mm.

clear layer)에 존재한다. 따라서 망막중심동맥에 장애를 받게 되면 신경절세포층과 내과립층을 포함한 내측망막층에 장애를 받게 될 것이다. 조직학적 연구에서는 rhesus monkeys에서 인위적인 망막중심동맥폐쇄를 일으켰을 때 신경섬유층, 신경절세포층, 내망상층, 내과립층의 손상을 확인할 수 있었다는 보고가 있으며 망막전위도 연구에서는 a wave는 유지되는 반면 b wave는 감소되어 내망막층의 손상을 확인하였다.<sup>5,6,8</sup>

최근 SD-OCT의 도입으로 높은 해상도의 망막 단층 영상을 얻을 수 있게 되어 망막의 구조적 변화를 보다 정확하게 확인할 수 있게 되었다. 이에 저자들은 *in vivo* 측정이 가능하다고 여겨지는 SD-OCT를 이용하여 기존에 발표된 망막중심동맥폐쇄 환자에서의 조직학적 변화 및 망막전위도 반응과 비교해보았다.

ETDRS subfield circle에서 foveal area를 제외한 직경 3 mm원 내에서 정상안에 비해 20% 내외의 부종률을 보였다. 외측황반부(outer macular circle)영역에서도 정상안에 비해 10% 내외의 부종률을 보였다. 이는 해부학적으로 직경 3 mm 원 안, 즉 내측황반부(inner macular circle)에 신경섬유층의 밀도가 가장 높기 때문일 것이다. 그중에서도 비측이 이측에 비해 부종이 더 심했는데 이는 유두황반다발의 시신경유두로의 수렴이 중심와의 비측으로 향해있어 더 많은 신경섬유가 존재하게 되고 이에 따라 더 많은 부종이 발생한 것으로 생각한다. 중심와의 평균 두께, 즉 직경 1

**Table 4.** Retinal layer thickness ratio

Retinal thickness ratio	CRAO eye	Normal fellow eye
N 1* IR/SR	0.61 ± 0.03	0.64 ± 0.07
N 1 OR/SR	0.39 ± 0.03	0.36 ± 0.07
N 1.5† IR/SR	0.62 ± 0.01	0.65 ± 0.05
N 1.5 OR/SR	0.38 ± 0.01	0.35 ± 0.05
T 1‡ IR/SR	0.60 ± 0.02	0.56 ± 0.05
T 1 OR/SR	0.40 ± 0.01	0.44 ± 0.05
T 1.5§ IR/SR	0.61 ± 0.01	0.59 ± 0.06
T 1.5 OR/SR	0.39 ± 0.01	0.41 ± 0.06

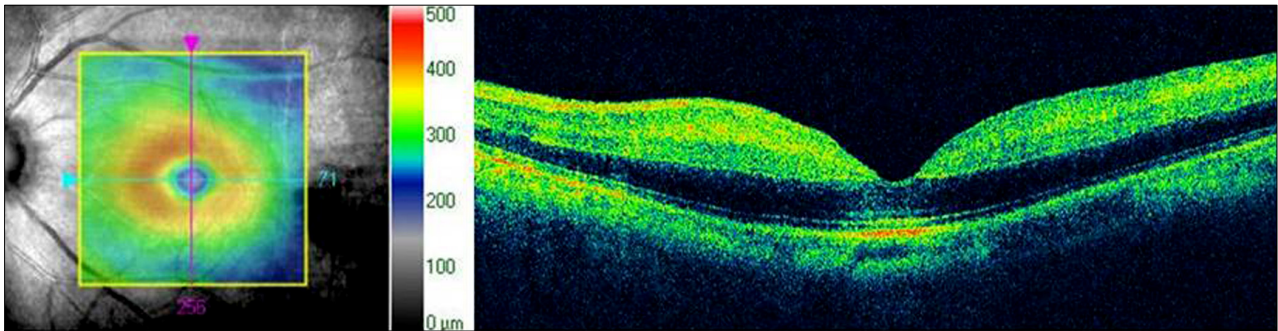
Values are presented as mean ± SD.

IR = inner retinal thickness; SR = sensory retinal thickness; OR = outer retinal thickness.

\*Nasal 1 mm; †Nasal 1.5 mm; ‡Temporal 1 mm; §Temporal 1.5 mm.

mm의 중심 황반의 평균 두께는 망막중심동맥폐쇄안에서 276.67 ± 29.90 μm, 정상안에서는 246.5 ± 10.01 μm로 망막중심동맥폐쇄안에서 12.24% 더 두꺼웠다(Table 2).

중심와를 가로지르는 수평 방향의 5 line raster 영상을 이용해 망막 단층의 부종 양상을 분석해 보았다. 망막중심동맥폐쇄안에서의 최소 중심와 두께(minimal foveal thickness)는 191 ± 18.17 μm이었고 정상안에서는 191.83 ± 9.62 μm로 차이가 없었다. 망막중심동맥폐쇄안에서의 부종률은 정상안에 비해서 비측 1 mm는 27.03%, 이측 1 mm는 28.29%, 비측 1.5 mm는 21.41%, 이측 1.5 mm는 20.65%로 각각 증가하였다(Table 3). 망막중심동맥폐쇄안에서의 IR/SR와 OR/SR의 두께 비율은 정상안과 큰 차이가 없어 내망막층



**Figure 3.** Optical coherence tomography images of case 1. The macular cube map demonstrates increased thickness on the macular area. The horizontal cross sectional image demonstrates increased reflectivity and thickness of the inner retinal layers, but decreased reflectivity in the outer retinal layer. Beneath the fovea, there is an area of normal reflectivity of the IS/OS line and RPE layer.

뿐만 아니라 외망막층도 비슷한 정도로 두꺼워졌음을 알 수 있었다(Table 4). Ritter et al<sup>9</sup>은 망막분지동맥폐쇄안에서의 망막층 분석 연구에서 외망막층의 일부인 outer nuclear layer층이 정상에 비해 21% 더 두꺼워짐을 보고하였다. 외망막층의 부종은 내측망막뿐만 아니라 외측망막에도 분포하는 뮐러세포(Müller cell)의 부종이 외망막층의 부종에 영향을 미쳤을 가능성도 있으며 허혈성 손상으로 야기된 혈관내피세포성장인자, 일산화질소(nitric oxide), 활성산소(free radical), 염증성 매개체 등 다양한 요인으로 망막전층에 구조적 손상이 일어나 외망막층에도 부종을 일으킬 수도 있을 것이다.<sup>10</sup> 모든 환자들의 영상에서 내망막층의 고반사와 외망막층의 저반사를 보였으며 중심와 부위의 영상은 정상안과 크게 다르지 않았다. 내망막층의 고반사는 내측모세혈관층이 존재하는 신경섬유층과 신경절세포층 그리고 외측모세혈관층이 존재하는 내과립층과 접해있는 내망상층(inner plexiform layer)에서 특히 심했다. 외망막층의 저반사는 내망막층의 부종 및 증가된 고반사로 인한 광학 그림자(optical shadow) 효과 때문일 것으로 생각한다. 맥락막모세혈관의 지배를 받는 시세포층의 영상 신호(signal)인 시세포의 내분절과 외분절의 접합부(inner segment/outer segment junction, IS/OS junction)는 광학 그림자 효과로 인해 정상보다 영상 신호가 약해져 있지만 분명히 구분할 수 있었고 중심와에서는 정상소견과 차이가 없었다(Fig. 3). 이러한 IS/OS junction의 유지와 뮐러세포의 손상을 유추해 볼 수 있는 SD-OCT의 소견은 시세포에서 발생하는 a wave는 유지되면서 뮐러세포에서 발생하는 b wave는 소실되는 망막중심동맥폐쇄에서의 망막전위도 소견과도 연관지어 볼 수 있을 것이다.

그리고 부종의 형태는 당뇨망막부종이나 망막정맥폐쇄 등에서 흔히 볼 수 있는 낭포형이나 장액성 황반박리 형태의 부종은 없었으며 미만형의 부종형태만 보였다. 이는 당뇨망막부종이나 망막정맥폐쇄에서는 내측혈액망막장벽(inner

blood retinal barrier)의 손상 또는 망막모세혈관압의 상승으로 인한 혈관투과성 세포외부종(extracellular edema)이 주 병인이지만 망막중심동맥폐쇄에서는 세포괴사에 의한 세포내부종(intracellular edema)이 주 원인이기 때문에 낭포형이나 장액성의 부종은 일어나지 않을 것이라 생각한다.<sup>11-14</sup>

본 연구의 한계점은 환자군 수가 적고 5 line raster 영상에서 망막 두께를 측정할 때 검사자가 직접 SD-OCT에 내장된 자(caliper)를 이용하여 측정하였기 때문에 오차가 존재할 수 있었으며 외망상층의 경계 설정이 광학 그림자 효과로 인해 불분명하였다는 것이다.

결론적으로 SD-OCT영상에서 내망막층의 특징적인 고반사 및 부종과 IS/OS junction이 유지됨을 확인할 수 있었고 뮐러세포의 괴사로 인한 외망막층의 부종을 유추해 볼 수 있었다. 이는 기존에 보고된 조직학적 연구와 전기생리학 연구 결과와 상응하는 소견이라고 생각한다. 향후 더 많은 환자들의 영상과 비교 및 만성기의 SD-OCT 영상과의 비교도 필요하리라 생각한다.

## 참고문헌

- 1) Otani T, Kishi S, Maruyama Y. Patterns of diabetic macular edema with optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 1999;127: 688-93.
- 2) Kang SW, Park CY, Ham DI. The correlation between fluorescein angiographic and optical coherence tomographic features in clinically significant diabetic macular edema. *Am J Ophthalmol* 2004; 137:313-22.
- 3) Song YB, Park SP. Short-term effects of intravitreal Bevacizumab injection and macular edema patterns in branch retinal vein occlusion. *J Korean Ophthalmol Soc* 2010;51:379-85.
- 4) Hayreh SS, Kolder HE, Weingeist TA. Central retinal artery occlusion and retinal tolerance time. *Ophthalmology* 1980;87:75-8.
- 5) Hayreh SS, Zimmerman MB, Kimura A, Sanon A. Central retinal artery occlusion. Retinal survival time. *Exp Eye Res* 2004;78:

- 723-36.
- 6) Kroll AJ. Experimental central retinal artery occlusion. Arch Ophthalmol 1968;79:453-69.
- 7) Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Research Group. Photocoagulation for diabetic macular edema. Early Treatment Diabetic Retinopathy Study report number 1. Arch Ophthalmol 1985;103:1796-806.
- 8) Dahrting BE 2nd. The histopathology of early central retinal artery occlusion. Arch Ophthalmol 1965;73:506-10.
- 9) Ritter M, Sacu S, Deák GG, et al. In vivo identification of alteration of inner neurosensory layers in branch retinal artery occlusion. Br J Ophthalmol 2012;96:201-7.
- 10) Kaur C, Foulds WS, Ling EA. Blood-retinal barrier in hypoxic ischaemic conditions: basic concepts, clinical features and management. Prog Retin Eye Res 2008;27:622-47.
- 11) Antcliff RJ, Marshall J. The pathogenesis of edema in diabetic maculopathy. Semin Ophthalmol 1999;14:223-32.
- 12) Yanoff M, Fine BS, Brucker AJ, Eagle RC Jr. Pathology of human cystoid macular edema. Surv Ophthalmol 1984;28 Suppl:505-11.
- 13) Jalkh AE, Trempe CL. Macular edema in branch retinal vein occlusion: types and treatment. Ophthalmic Surg 1989;20:26-32.
- 14) Yanoff M, Fine BS. Ocular Pathology: A Text and Atlas, 3rd ed. Philadelphia: Lippincott, 1989;386-9.

=ABSTRACT=

## Spectral-Domain Optical Coherence Tomography Findings in Acute Central Retinal Artery Occlusion

Jae Yeong Park, MD, Nam Kyun Koo, MD, Won Moon Seo, MD

*Department of Ophthalmology, Dongkang Medical Center, Ulsan, Korea*

**Purpose:** To evaluate spectral-domain optical coherence tomography (SD-OCT) images of acute central retinal artery occlusion (CRAO).

**Methods:** Six eyes of 6 patients who were diagnosed with acute CRAO were enrolled in the present study. The main SD-OCT measurements included macular thickness in the macular cube map and retinal thickness in the 5-line raster map.

**Results:** In acute CRAO, macular thickness increased more than that in the normal fellow eye in all cases. SD-OCT images demonstrated increased reflectivity and thickness in the inner retinal layer, especially in the nerve fiber layer and ganglion cell layer. However, in the outer retinal layer, SD-OCT images disclosed decreased reflectivity and increased thickness. The central subfield thickness area image showed normal reflectivity and thickness. The horizontal cross-sectional image showed relatively the same edema ratio between the inner retinal layer and outer retinal layer thickness. There was no cystoid or serous foveal detachment-type edema.

**Conclusions:** SD-OCT images of CRAO showed increased outer retinal layer thickness and decreased reflectance as well as increased inner retinal layer thickness and reflectance. However, inner segment and outer segment junctions of the photoreceptor and retinal pigment epithelial signal were intact.

J Korean Ophthalmol Soc 2012;53(8):1099-1103

**Key Words:** Central retinal artery occlusion, Spectral-domain optical coherence tomography

---

Address reprint requests to **Won Moon Seo, MD**

Department of Ophthalmology, Dongkang Medical Center

#239 Taehwa-ro, Jung-gu, Ulsan 681-711, Korea

Tel: 82-52-241-1331, Fax: 82-52-241-1146, E-mail: mdseowm@msn.com