

정상안 및 황반 질환에서 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영(3D-OCT 1000)의 황반 두께 및 부피 반복성

문상원 · 이정민 · 송유미 · 조희윤 · 이병로

한양대학교 의과대학 안과학교실

목적: 정상안 및 다양한 황반 질환에서 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영을 이용하여 황반 두께 및 황반 부피를 측정하여 반복성을 알아보고, 각 질환 군별 반복성의 차이를 비교해 보고자 하였다.

대상과 방법: 대상안 총 108안 중 정상안이 50안, 당뇨 황반부종이 20안, 망막 정맥 폐쇄 10안, 연령 관련 황반 변성 15안, 기타 13안이었다. 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영으로 한명의 검사자가 2회 연속으로 황반 중심부 두께, 황반 주변부 두께 및 총 황반 부피를 측정하였으며, 각 질환 군별로 급내 상관계수를 구하여 반복성의 정도를 비교하였다.

결과: 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영기는 정상안 및 여러 황반 질환군에서 황반 두께 및 황반 부피 측정에 반복성이 있었고, 반복성은 정상안군에서 가장 높았으며, 기타군, 연령 관련 황반 변성군, 망막 정맥 폐쇄군, 당뇨 황반부종군의 순이었다.

결론: 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영기는 반복성이 있으나, 정상 및 각 질환 마다 반복성의 차이가 있었다. 이는 각 질환에서 나타나는 병태해부학적인 원인 때문인 것으로 생각되며, 임상적으로 결과 해석 시 유의하여야 할 것으로 사료된다.

〈대한안과학회지 2010;51(4):524-531〉

빛간섭단층촬영 (optical coherence tomography)는 비 침습적으로 황반부의 두께와 망막 내 구조를 자동화된 컴퓨터 프로그램에 의해 정량화하여 보여준다. 이러한 황반부의 두께 측정과 망막 구조의 이미지화는 질병의 경과와 치료의 결정 등에 객관적인 임상적 근거로 이용되고 있어 검사의 신뢰성이 뒷받침되어야 한다.¹⁻⁴ 현재 가장 널리 사용되는 시간 영역 빛간섭단층촬영기인 Stratus OCT (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA)에 대한 반복성은 여러 연구에서 보고된 바 있다.²⁻⁴ 최근에 개발된 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영기는 기존의 시간 영역 빛간섭단층촬영기와 비슷한 원리로 단층 영상을 보여주지만, 스캔 시 참조 거울이 움직이지 않고 푸리에 변환 공식을 이용하여 더 높은 해상도와 빠른 스캔 속도를 구현하며 망막의 삼차원 구조, 시세포의 내분절과 외분절의 경계, 시세포의 외분절과 망막상피세포의 경계, 망막상피세포층의 구분 등의 많은 정보를 이미지로 보여줄 수 있다.⁵⁻⁸

하지만 스펙트럼 영역 빛간섭단층 촬영기의 경우, 반복성에 대해서는 많이 보고되어 있지 않으며, 정상안 뿐만 아니라 질환이 있는 황반 측정에 대한 반복성 역시 충분히 보고되고 있지 않다. 반복성은 측정 장비의 오차 정도를 나타내는 것으로 동일 대상에 대하여 동일 장비를 사용하여 같은 사람이 여러 번 측정할 때 나타나는 측정 산포의 정도를 말한다. 반복성이 뒷받침 되지 않는 경우 과거의 검사치와 현재의 검사치를 비교하는 것은 의미가 없으며, 특히 변화의 추적관찰이 중요한 황반 질환에서 반복성은 충분히 검증되어야 할 것으로 사료된다. 정상안 및 당뇨황반부종 질환에서 반복성에 대한 보고는 있었으나,⁹ 그 외에 다양한 황반 질환에 대한 보고는 없으며, 각 질환에 따라 반복성 정도를 비교한 보고도 없다. 이에 저자들은 정상안 및 황반부 질환에서 스펙트럼 도메인 빛 간섭단층촬영기로 측정한 황반 중심부 두께 및 황반 주변부 두께, 총 황반 부피의 반복성을 보고하고자 한다.

대상과 방법

■ 접 수 일: 2009년 9월 21일 ■ 심사통과일: 2009년 12월 9일

■ 책임저자: 이 병 로

서울특별시 성동구 행당동 17
한양대학교병원 안과
Tel: 02-2290-8570, Fax: 02-2291-8517
E-mail: brlee@hanyang.ac.kr

* 본 논문의 요지는 2009년 대한안과학회 제101회 춘계학술대회에서 구연으로 발표되었음.

본 연구는 2008년 11월부터 2009년 2월까지 한양대학교병원에서 진료를 받은 108명 108안을 대상으로 시행되었다. 정상안 50안, 당뇨 황반부종 20안, 망막정맥 폐쇄 10안, 연령관련 황반 변성 15안, 기타 13안(망막 앞막, 중심장액 망막병증 등)이 본 연구에 포함되었다. 정상안은 안압

검사, 세극등현미경을 통한 전안부검사 및 안저검사 등 안과적검사에서 이상 소견이 없으며, 안과 수술의 기왕력이 없는 것을 기준으로 하였고 임의로 한쪽 눈을 선택하여 본 연구에 포함시켰다. 당뇨병반부종군의 경우 황반부종을 동반하고 중등도 비증식성 당뇨 망막병증 이상의 소견을 보이는 안구를 대상으로 하였으며, 연령 관련 황반 변성군 및 망막 정맥 폐쇄군은 형광 안저 촬영 및 안저검사상 진단된 안구 중 병의 경과가 1년 이내에 있는 경우를 대상으로 하였다. 양쪽 눈에 질환이 있는 경우 더 심한 쪽을 선택하였으며, 질환의 정도가 비슷한 경우 임의로 한쪽 눈을 선택하였다. 또한 각막혼탁, 백내장 등의 매체 혼탁이 심하거나, 검사 시 협조가 되지 않는 경우는 제외하였다.

모든 대상자들은 황반 두께 및 부피를 측정을 위해 산동 상태에서 숙련된 단일 검사자에 의해 30분 간격으로 총 2회 Topcon OCT (3D OCT-1000; Topcon corp. Tokyo, Japan)를 이용한 검사를 시행받았다. Topcon 3D OCT-1000은 축 방향으로 초당 27,000 A-scan 의 스캔속도와 6 μm 의 축방향 해상도를 가지고 있다. 측정 프로그램은 6×6 mm의 황반 영역을 512×128(수직×수평)으로 축 방향 스캔하는 macular cube scan을 이용하였다. 황반 두께와 황반 부피는 Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study (ETDRS) 지도로 표현되는데 이는 지름 1, 3, 6 mm 인 3개의 동심원으로 구성 되어 있으며, subfield는 중심와 영역(fovea), 상내측(superior inner, SI), 비내측(nasal inner, NI), 하내측(inferior inner, II), 이내측(temporal inner, TI), 상외측(superior outer, SO), 비외측(nasal outer, NO), 하외측(inferior outer, IO), 이외측(temporal outer, TO)의 총 아홉 구역으로 나뉘어 있다. 이미지의 질은 제조사에서 권장한 Q-factor 50 (총 100) 이상의 신호 강도(signal strength)를 보인 것을 선택하였다. 또한 각각의 황반 두께와 황반 부피가 차이가 첫번째 측정치 평균의 표준오차(Standard errors of the means, fovea: 0.6 μm , perifoveal: 0.4 μm , macular volume: 0. mm³) 이상을 보인 경우 단층촬영 이미지를 확인하여 원인을 분석하였다.

통계적 분석은 SPSS ver. 17.0 (SPSS Inc. Chicago, III)를 사용하였다. 각 계측치마다 검사된 두 측정치 간에 차이가 있는지를 알아보기 위해 쌍표본 T-검정(paired sam-

ples T-test)을 실시하여 반복성을 검정하였다. 모든 통계적 유의성은 p 값이 0.05 미만으로 하였다. 또한 저자들은 질환군별 반복성의 차이를 알아보기 위해 급내상관계수(intraclass correlation coefficient)를 이용하여 반복된 측정치의 일치 정도를 정량적으로 구하였다.

결 과

전체 108명의 평균 연령은 57.4±8.3세(21~83세)였으며, 남자 62명, 여자 46명이었다. 연구에 포함된 총 108안을 2회 시행한 망막 스캔에서 황반 중심부 두께의 평균은 각각 248±6.7 μm , 250.04±6.6 μm 였고, ETDRS 지도에서 황반 중심부를 제외한 여덟 영역의 두께를 평균낸 황반 주변부 두께는 280.57±46.75 μm , 277.82±50.91 μm 이었으며, 총 황반 부피의 평균은 7.70±0.11 μm , 7.54±0.11 μm 이었다(Table 1).

측정한 첫 번째 값과 두 번째 값을 쌍표본 T-검정(paired t-test)에 적용해 두 측정치의 차이를 검정하였다. 그 결과 황반 중심부 두께($p=0.658$)와 총 황반 부피($p=0.520$)가 p 값이 0.05 이상으로 두 측정치간에 통계학적으로 의미 있는 차이가 없었다. 또한 ETDRS 지도의 subfield별로 나누어 측정한 황반 주변부 두께도 반복된 두 측정치를 비교한 p 값이 0.05 이상으로 통계학적 차이는 없었다(Table 2).

대상안을 정상과 각 황반 질환군으로 나누어 분석한 경우에도 정상안과 4개의 황반 질환군 모두에서 황반 중심부, 황반 주변부 두께 및 총 황반 부피가 p 값이 0.05 이상으로 두 측정치 간에 의미 있는 차이가 없었다(Table 2).

급내 상관 계수(Intraclass coefficient correlation)를 이용한 정상안과 각 질병군의 반복성의 정도 비교에서는 95% 신뢰 구간 내에서 정상안이 0.945로 가장 높았으며, 기타 황반 질환군(0.856), 연령관련 황반변성군(0.804), 망막 정맥 폐쇄군(0.774), 당뇨 황반부종군(0.661) 순이었다(Table 3).

두 측정치간 차이가 나는 경우(첫번째 측정치 평균의 표준오차 이상의 차이가 나는 경우)에서 스펙트럼 영역 빛간섭단층 촬영의 이미지를 확인한 결과 첫 번째와 두 번째 이

Table 1. Mean values of foveal, perifoveal thickness and total macular volume

	Mean	Number	Standard deviation	Standard error of the mean
Foveal thickness 1 st . (μm)	248.07	108	80.103	6.772
Foveal thickness 2 nd (μm)	250.04	108	78.689	6.603
Perifoveal thickness 1 st . (μm)	280.57	108	46.749	3.937
Perifoveal thickness 2 nd (μm)	277.81	108	50.918	4.288
Total macular volume 1 st (mm ³)	7.7024	108	1.36596	0.11563
Total macular volume 2 nd (mm ³)	7.5489	108	1.36504	0.11455

Table 2. Comparison of two repeated measurements of macular thickness and total macular volume in each groups (*P*-value analyzed by paired *T*-test)

	Normal	Diabetic macular edema	Retinal vein occlusion	Age related macular degeneration	Others
Fovea	0.974	0.915	0.814	0.975	0.956
Superior inner (SI)	0.215	0.231	0.958	0.359	0.195
Nasal inner (NI)	0.692	0.706	0.887	0.113	0.709
Inferior inner (II)	0.845	0.662	0.152	0.259	0.846
Temporal inner (TI)	0.269	0.821	0.908	0.228	0.417
Superior outer (SO)	0.224	0.696	0.392	0.630	0.445
Nasal outer (NO)	0.220	0.519	0.568	0.831	0.860
Inferior outer (IO)	0.180	0.224	0.463	0.564	0.618
Temporal outer (TO)	0.224	0.101	0.216	0.284	0.602
Macular volume	0.095	0.206	0.269	0.569	0.956

Table 3. Intraclass correlation coefficient (ICC) and coefficient of variation(COV) of macular thickness measurements

	ICC*	COV
Normal	0.945	7.8%
DME†	0.661	16.4%
RVO‡	0.774	13.5%
ARMD§	0.804	11.2%
Others	0.856	10.6%

*lower 95% confidence interval; †Diabetic macular edema; ‡retinal vein occlusion; §Age related macular degeneration.

미지에서 망막 경계 설정이 서로 다른 경우가 발견되었다. 이는 바깥쪽 경계 설정의 오류(outer segmentation error) 또는 안쪽 경계 설정 오류(inner segmentation error)로 분류하였는데, 오류가 발생한 경우 반복된 두 스캔 이미지에서 서로 상이한 형태로 관찰되었다. 정상안과 기타 황반 질환군에서 나타난 망막 경계 설정 오류는 각각 2안(4%, 15%)으로 모두 바깥쪽 경계 설정 오류였다. 연령 관련 황반 변성군은 6안(40%)에서 나타났는데 1안은 안쪽 경계 설정 오류였고, 5안은 바깥쪽 경계 설정 오류였다. 당뇨 황반부종군은 11안(55%)으로 안쪽 경계 설정 오류가 4안, 안쪽과 바깥쪽 경계 설정오류가 동시에 있는 경우가 7안이었다. 망막 정맥 폐쇄군에서는 5안(50%)으로 모두 안쪽 경계 설정 오류였다(Table 4).

고 찰

스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영기는 5 μ m의 높은 축 해상도를 가지고 있어 망막의 여러 층을 자세하게 구별할 수 있으며, 빠른 스캔 속도로 환자의 주시 오류 가능성을 줄일 수 있다. 또한 기존의 시간 영역 빛간섭단층촬영기가 6개의 축을 중심으로 망막 두께를 켜 후 프로그램으로 나머지 부위를 계산 하는 것과 달리 한번에 망막 부위를 대부분 포함하는 밀집된 스캔을 함으로써 보다 실제적인 망막 두께를 측정할 수 있다는 장점이 있다.⁵⁻⁸ 이러한 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영기의 장점에도 불구하고, 반복성에 대한 검증은 불충분 하다. 정상안에서 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영기로 측정한 황반부 두께가 시간 영역 빛간섭단층촬영기에 비해 반복성의 변동 계수가 더 높았다는 보고가 있었지만,⁹ 정상안 뿐만 아니라 황반 질환이 있는 안구에서 측정한 황반 두께에 대한 반복성 연구는 보고가 적다. 빛간섭단층촬영기의 임상적 특성상 정상안보다 황반 질환이 있는 안구에서 더 많이 쓰이고 있으며, 특히 이러한 질환에서 황반 두께의 측정은 치료와 경과 관찰 등에 중요한 객관적 지표가 될 수 있으므로, 질환이 있는 안구에서의 반복성 측정이 임상적으로 더욱 중요한 의미를 가질 것으로 사료된다. 이에 저자들은 정상안 및 황반부 질환에서 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영기를 이용한 황반 두께 및 황반 부피의 반복성과 각 질환군별 반복성의 차이에 대해 연구

Table 4. Frequency of outer, inner, and both segmentation errors

	Any segmentation error	Outer segmentation error	Inner segmentation error	Both segmentation error
Normal(50 eyes)	2(4%)	2(4%)	0	0
DME*(20 eyes)	11(55%)	0	4(20%)	7(35%)
RVO†(10 eyes)	5(50%)	0	5(50%)	0
ARMD‡(15 eyes)	6(40%)	5(33%)	1(6%)	0
Others(13 eyes)	2(15%)	2(15%)	0	0

*Diabetic macular edema; †retinal vein occlusion; ‡Age related macular degeneration.

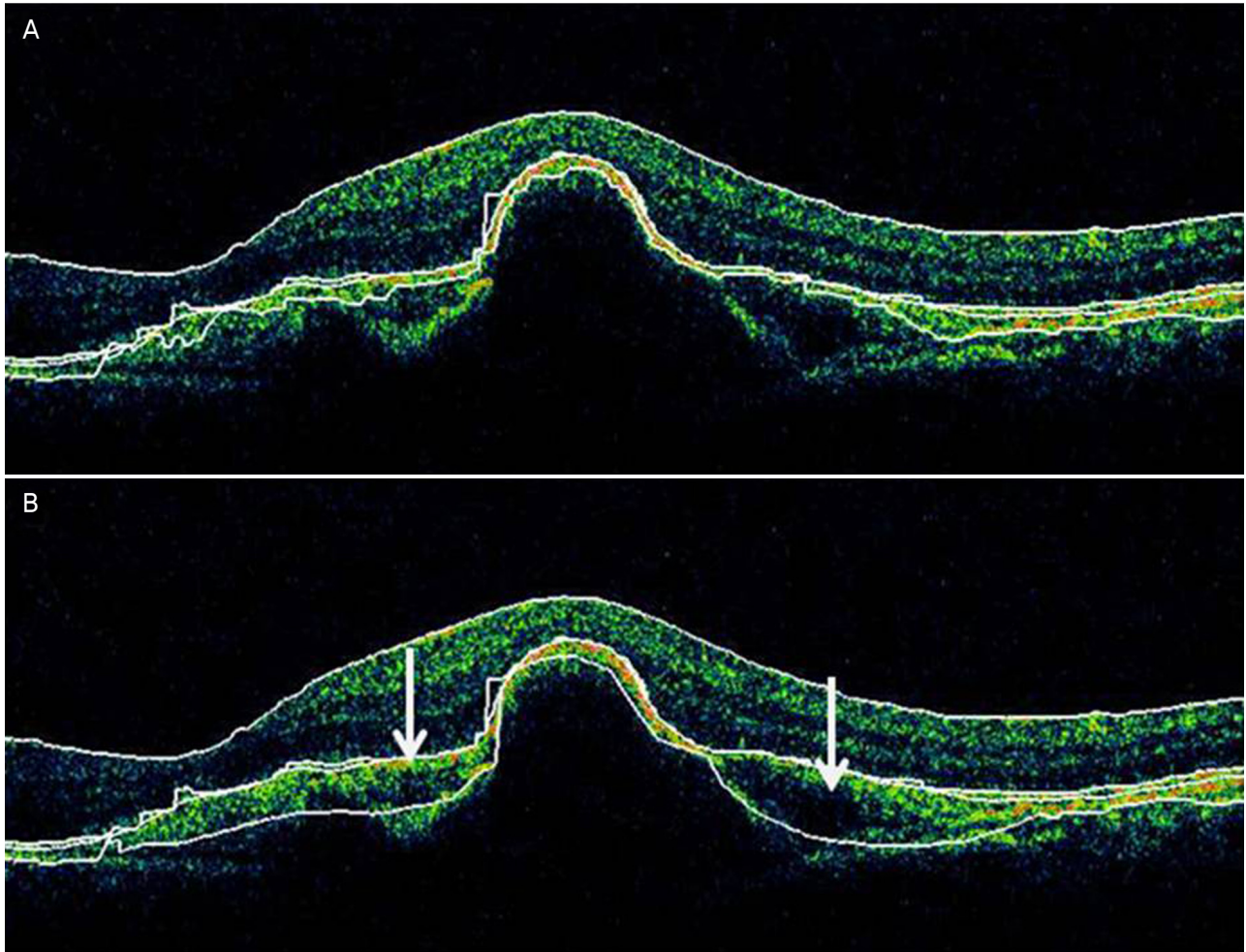


Figure 1. A. First scanned image of a patient with age-related macular degeneration is obtained by spectral domain optical coherence tomography (OCT). B. Second scanned image from same patient of image A shows white arrows indicating the difference in outer segmentation between two repeated images. Subretinal lesion might affect retinal pigment epithelium complex segmentation algorithm of spectral domain OCT. These errors would let down reliability of measurements than normal subjects.

하였다.

본 연구에서 반복성은 황반 중심부와 황반 주변부 두께, 총 황반 부피의 첫번째 검사 수치와 두번째 검사 수치를 쌍표본 *t*-test를 이용하여 검정하였다. 이번 연구에서 검증한 황반 중심부와 황반 주변부, 총 황반 부피 모두 *p*값이 0.05 이상이므로($p=0.658, 0.320, 0.520$) 기존의 연구들과 비슷하게 반복성이 검정되었다.^{3,5,9}

각 질환군들의 반복성은 급내 상관 계수(ICC, intraclass correlation coefficient)를 이용하여 비교하였다. 급내상관 계수(ICC)는 검사 시점이 서로 다른 숫자 변수간의 상관 계수를 계산하는 것으로 반복성의 정도를 평가할 수 있는 척도이다. 0에서 1사이의 값을 가지며, 1에 가까울수록 두 수치가 상관성이 높아 측정 방법의 반복성이 우수하다는 것을 의미한다. Bland et al은 0.80~1.0이면 매우 신뢰할

만 하고, 0.60~0.79이면 중등도의 신뢰도를 가진다고 하였다.^{10,11} 본 연구에서 급내 상관 계수는 정상안(0.945), 기타 황반 질환군(0.856), 연령관련 황반변성군(0.804), 망막 정맥 폐쇄군(0.774), 당뇨 황반부종군(0.661)순이었다. 저자들은 이러한 차이의 의미를 해석하기 위해서 두 검사 수치가 차이가 많이 나는 경우 이미지를 확인하였다.

스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영기 중 본 연구에서 쓰인 Topcon 3D OCT-100의 경우 내경계막을 안쪽 망막 경계선으로 설정하고, 망막 색소 상피의 내측 경계를 바깥 망막 경계선으로 설정하여 이 두 기준선간의 거리를 측정하여 망막 두께와 부피를 계산하는 자체 프로그램을 가지고 있다.⁹ 그러므로, 이러한 망막 경계를 설정하는 프로그램의 오류는 각 황반 질환군에서 검사치의 신뢰도에 영향을 미칠 것으로 추정할 수 있다.

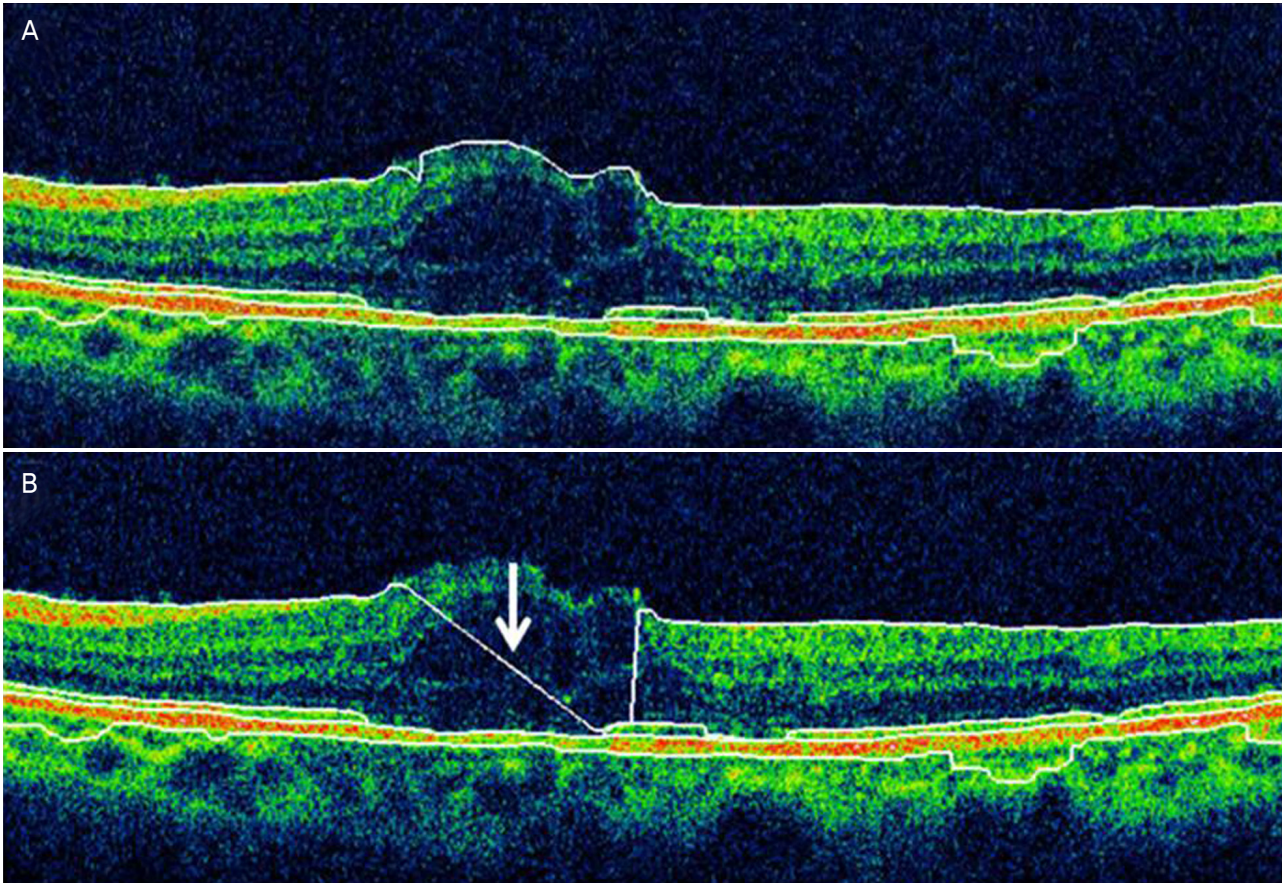


Figure 2. A is first capture of optical coherence tomography (OCT) image and B is second OCT image in branched retinal vein occlusion (BRVO) case. There were inner segmentation errors. Low reflectivity of the internal limiting membrane might cause this difference. Especially, intraretinal edema related diseases such as diabetic macular edema and BRVO have more inner segmentation errors. Inner segmentation errors could cause larger difference in macular thickness measurement than outer segmentation errors. Because, the vertical width of inner retina which inner segmentation error could happen was larger than width of RPE complex which outer segmentation error could happen. By all means, BRVO group had lower intraclass correlation coefficient than age-related macular degeneration.

연령 관련 황반 변성군에서는 주로 바깥 망막 경계 설정의 오류가 관찰 되었는데, 총 40%의 망막 경계 설정 오류 중 바깥 경계 설정의 오류(outer segmentation error)가 33%였다. 오류가 일어나는 경우 반복 측정한 이미지의 바깥 경계부위가 서로 상이하게 나타나서 두께 및 부피의 차이가 있었다(Fig. 1). 이는 연령관련 황반변성에서 나타날 수 있는 고반사(hyper-reflectivity) 성향을 가지는 병변이나 망막 세포 상피층의 비연속성으로 인해 바깥 망막 경계선을 설정하는 과정에서 발생하는 오류일 것이라고 생각된다.¹²⁻¹⁴ 이러한 현상은 기존의 시간 영역 빛간섭단층촬영을 이용한 연구에서도 발표되었는데, 연령 관련 황반 변성과 관련된 병변 부위가 망막 두께의 측정 시 오류를 초래하며, 주된 병변은 망막 하액 등이라고 하였다.^{3,12-14} Tatlipinar 등은 연령 관련 황반변성 안에서 시간 영역 빛간섭단층촬영 영기의 ICC가 0.635였다고 보고하였는데¹², 본 연구에서

ICC가 0.804로 더 높은 이유는 시세포 수용체 내분절과 외분절의 경계를 망막의 바깥 망막 경계선으로 설정하였던 시간 영역 빛간섭단층촬영과 달리 스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영은 망막 색소 상피층을 바깥 망막 경계선으로 설정하며, 시간 영역 빛간섭단층촬영보다 해상도가 높기 때문에 망막 외층 병변의 영향을 덜 받기 때문으로 사료된다.¹²

망막 정맥 폐쇄군은 안쪽 경계선 설정의 오류(inner segmentation error)가 나타나는 경우가 많았는데, 이는 망막 정맥 폐쇄군과 당뇨 황반부종군과 같이 망막 부종이 동반되어 있는 경우에서 비교적 많이 관찰되었다. 망막 정맥 폐쇄군에서는 총 50%의 경계선 설정 오류가 모두 망막 안쪽 경계선 설정 오류였으며, 망막 부종으로 인해 내경계막의 반사도가 줄어들어(hypo-reflectivity) 내측 경계선으로 인식하지 못하고, 다음 고반사 부위(경성 삼출물 등)를 안쪽 경계선으로 설정하는 경우가 많았다.¹⁵⁻¹⁷ 이로 인해 두

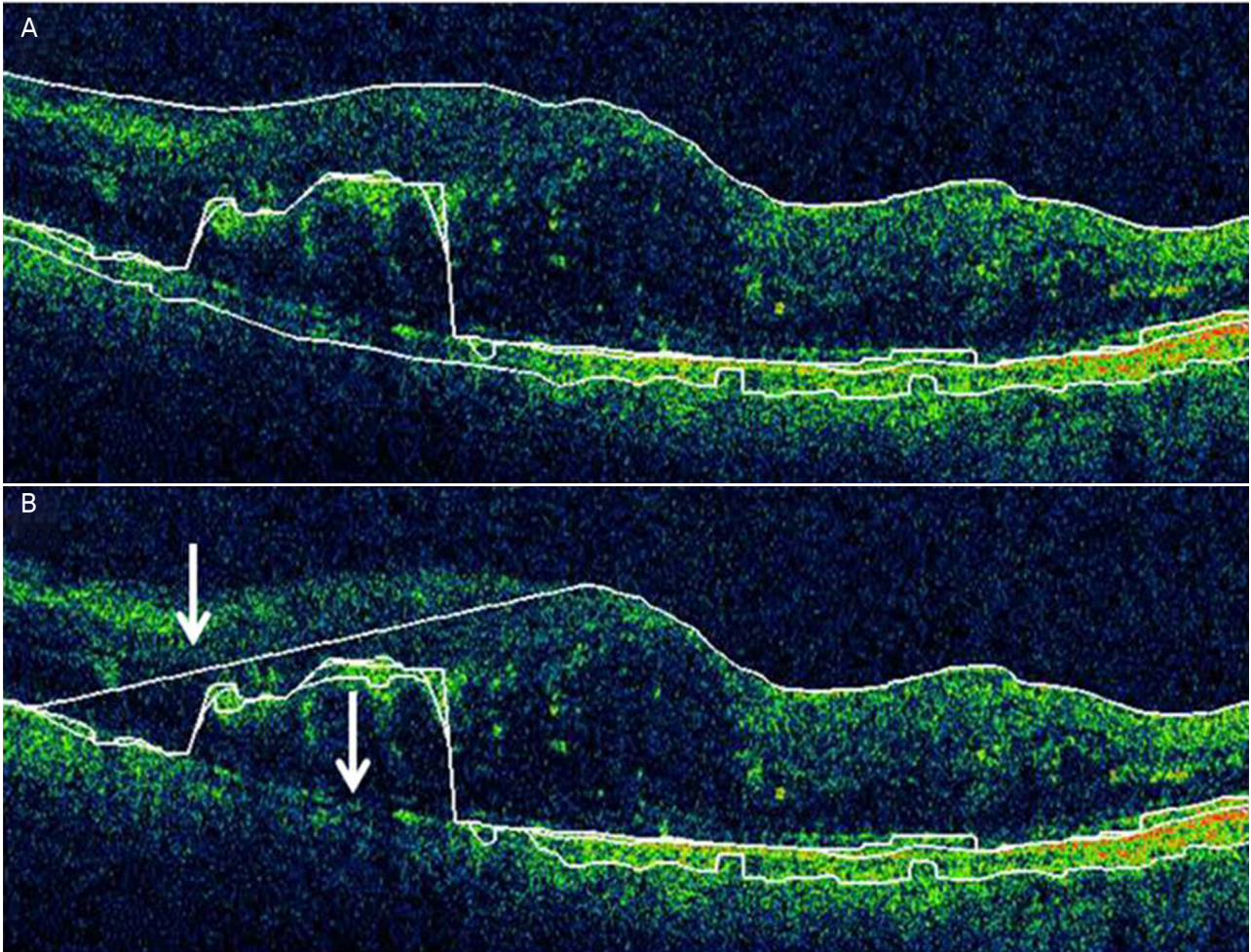


Figure 3. A is first capture of optical coherence tomography (OCT) image and B is second OCT image of diabetic macular edema (DME) case. Because macular edema makes lower reflectivity of internal limiting membrane, inner segmentation errors might affect repeatability in macular thickness measurement. Furthermore, intraretinal lesions like hard exudates disturb outer segmentation algorithm. So, inner and outer segmentation errors happened simultaneously. These errors are considered to make low intraclass correlation coefficient in DME group.

변의 검사에서 두께 측정의 차이가 날 수 있어 반복성이 정상안보다 더 떨어지는 것으로 보인다(Fig. 2). 바깥쪽 경계선의 오류가 생기는 부위는 망막색소 상피층 및 맥락막에 국한되어 그 수직 폭이 비교적 좁았으나, 망막 부종으로 인해 안쪽 경계선 설정의 오류가 생기는 경우에는 대부분 내 경계막에서부터 망막 색소 상피층까지로 변동 폭이 상대적으로 더 크므로 망막 정맥 폐쇄군이 연령관련 황반 변성군보다 급내 상관 계수가 더 작음이 설명된다.

가장 급내 상관 계수가 낮았던 당뇨 황반부종군(ICC: 0.661)에서는 총 55%의 오류 중 바깥, 안쪽 경계부 설정이 같이 일어나는 경우가 많이 관찰 되었고(35%), 안쪽 경계부 설정의 오류도 상대적으로 많았다(20%). 이미지를 확인한 결과, 앞에서 언급한 것과 같이 망막 부종으로 내경계막의 반사 강도가 적어 나타난 안쪽 경계 설정 오류와 경성

삼출물 같은 망막내 병변이나 비정상적인 망막 하액 등의 고반사부위를 바깥쪽 경계로 오인하는 두 가지 오류가 동시에 일어나는 경우가 많았다.¹⁵⁻¹⁷ 경계선 오류를 보였던 총 20안 중 7안에서 동시에 두 가지 경계부 설정의 오류가 같이 발견 되었기 때문에, 이로 인해 정상안이나, 다른 황반 질환군보다 두 측정치간의 차이가 많아 상대적으로 반복성 정도가 낮은 것으로 생각된다(Fig. 3).

스펙트럼 영역 빛간섭단층촬영기로 측정한 황반 두께 및 황반 부피 측정치는 정상안과 황반 질환안에서 모두 신뢰할 만한 반복성을 보였다. 하지만, 황반 질환이 있는 경우 각 질병의 병리 조직학적 특징에 따라 생기는 경계부 오류에 의해 반복성의 정도는 차이가 있는 것으로 보인다. 빛간섭단층촬영 결과를 임상적으로 적용할 때 이러한 점을 유의해야 할 것이다.

참고문헌

- 1) Bruce A, Pacey E, Dharni P, et al. Repeatability and reproducibility of macular thickness measurements using Fourier domain optical coherence tomography. *Open Ophthalmol J* 2009;3:10-4.
- 2) Vizzeri G, Weinreb RN, Gonzalez-Garcia AO, et al. Agreement between spectral-domain and time-domain OCT for measuring RNFL thickness. *Br J Ophthalmol* 2009;93:775-81.
- 3) Patel PJ, Chen FK, Ikeji F et al. Repeatability of Stratus optical coherence tomography measures in neovascular age-related macular degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008;49:1084-8.
- 4) Han IC, Jaffe GJ. Comparison of spectral and time domain optical coherence tomography for retinal thickness measurements in healthy and diseased eye. *Am J Ophthalmol* 2009;147:847-58.
- 5) Menke MN, Dabov S, Knecht P, et al. Reproducibility of retinal thickness measurements in healthy subjects using spectralis optical coherence tomography *Am J Ophthalmol* 2009;147:467-72.
- 6) Gupta V, Gupta P, Singh R, et al. Spectral-domain Cirrus high-definition optical coherence tomography is better than time-domain Stratus optical coherence tomography for evaluation of macular pathologic features in uveitis. *Am J Ophthalmol* 2008;145:1018-22.
- 7) Leung CK, Cheung CY, Weinreb RN, et al. Comparison of macular thickness measurements between time domain and spectral domain optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008;49:4893-7.
- 8) Yi K, Mujat M, Chen TC. Spectral domain optical coherence tomography for quantitative evaluation of drusen and associated structural changes in non-neovascular age-related macular degeneration. *Br J Ophthalmol* 2009;93:176-81.
- 9) Oh SB, Cho WB, Moon JW, Kim HC. Repeatability and agreement of macular thickness measurement using time domain OCT and spectral domain OCT in normal subjects. *J Korean Ophthalmol Soc* 2009;50:710-6.
- 10) Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of measurement. *Lancet* 1986;1:307-10.
- 11) Polito A, Del borrello M, Isola M, et al. Repeatability and Reproducibility of Fast Macular Thickness Mapping With Stratus Optical Coherence Tomography. *Arch Ophthalmol* 2005;123:1330-7.
- 12) Tatlipinar S, Shah SM, Campochiaro PA, et al. Intraobserver repeatability of automated versus adjusted optical coherence tomography measurements in patients with neovascular age-related macular degeneration. *Ophthalmologica* 2007;221:227-32.
- 13) Forooghian F, Cukras C, Meyerle CB, et al. Evaluation of time domain and spectral domain optical coherence tomography in the measurement of diabetic macular edema. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008;49:4290-6.
- 14) Benson SE, Schlottmann PG, Bunce C, et al. Assessment of the reproducibility of a method of grading macular subretinal fluid using optical coherence tomography. *Eye* 2006;20:1030-3.
- 15) Diabetic Retinopathy Clinical Research Network. Reproducibility of macular thickness and volume using Zeiss optical coherence tomography in patients with diabetic macular edema. *Ophthalmology* 2007;114:1520-5.
- 16) Costa RA. Evaluation of image artifact produced by optical coherence tomography of retinal pathology. *Am J Ophthalmol* 2005; 139:18-29.
- 17) Sadda SR, Wu Z, Walsh AC, et al. Errors in retinal thickness measurements obtained by optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2006;113:285-93.

=ABSTRACT=

Repeatability of Spectral Domain OCT (3D-OCT 1000) in Normal Subjects and Various Macular Diseases

Sang Won Moon, MD, Jung Min Lee, MD, You Mi Song, MD, Hee Yoon Cho, MD, Byung Ro Lee, MD

Department of Ophthalmology, Hanyang University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate the repeatability of macular thickness and total macular volume measurements made using spectral domain optical coherence tomography (OCT) in normal subjects and subjects with macular disease.

Methods: Among a total of 108 subjects, there were 50 normal subjects, 20 patients with diabetic macular edema, 10 patients with retinal vein occlusion, 15 patients with age-related macular degeneration, and 13 subjects with other conditions. Two serial macular measurements were obtained from each subject by a single experienced examiner using spectral domain OCT. The repeatability of the measurements was evaluated by comparing two consecutive foveal and perifoveal thickness measurements and total macular volume measurements. The intraclass correlation coefficient was also calculated to evaluate the repeatability of measurements made in normal and macular disease subjects.

Result: Spectral domain OCT measurements of macular thickness and macular volume were found to be consistent. Measurements of normal subjects were the most consistent, followed by measurements of patients with age-related macular degeneration, retinal vein occlusion, and diabetic macular edema.

Conclusions: Although measurements made using spectral domain OCT were repeatable across all subjects, they were more consistent in normal subjects than in patients with macular disease. The differences in repeatability should be considered in the context of diseased pathologic anatomy. Physicians should remain cautious when using these measurements for clinical evaluation. J Korean Ophthalmol Soc 2010;51(4):524-531

Key Words: Repeatability, Spectral domain OCT

Address reprint requests to **Byung Ro Lee, MD**

Department of Ophthalmology, Hanyang University Hospital

#17 Hangdang-dong, Sungdong-gu, Seoul 133-792, Korea

Tel: 82-2-2290-8570, Fax: 82-2-2291-8517, E-mail: brlee@hanyang.ac.kr