

당뇨황반부종에서 시간과 스펙트럼 도메인 빛간섭단층촬영으로 측정된 황반두께의 반복성과 일치도

오세범 · 문준웅 · 김형찬

건국대학교 의학전문대학원 안과학교실

목적: 당뇨황반부종 환자에서 time domain (TD) OCT와 spectral domain (SD) OCT로 황반두께와 총황반부피를 측정해 반복성과 일치도를 비교해 보고자 하였다.

대상과 방법: 당뇨황반부종 42명, 42안을 대상으로 TD OCT와 SD OCT로 3회 연속 황반두께와 총황반부피를 측정하여 비교하였다. 개체내 표준편차, 변동계수, 급내상관계수로 반복성을, Bland Altman plot으로 일치도를 평가하였다. 또한 Pearson 상관계수를 통해 두 OCT 사이의 상관관계를 알아보았다.

결과: TD OCT와 SD OCT로 측정된 중심와두께, 총황반부피의 개체내 표준편차는 각각 29.67 μm /16.44 μm , 1.26 mm^3 /0.23 mm^3 로 SD OCT에서 유의하게 낮았다. 변동계수와 급내상관계수는 TD OCT에서 각각 2.92%, 0.92이었고, SD OCT에서 각각 1.39%, 0.95이었다. 중심와두께와 총황반부피의 95% 일치도 범위는 각각 88.9 μm , 2.4 mm^3 이었다. 두 OCT 사이의 모든 황반두께와 총황반부피는 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다($p=0.88-0.99$).

결론: 당뇨황반부종에서 두 OCT로 측정된 황반두께 및 황반부피는 높은 신뢰성을 보이거나 SD OCT에서 더 높은 반복성을 보였다. 두 OCT로 측정된 황반두께 및 황반부피는 낮은 일치도를 보여 상호 교환적이지 않았으나 두 OCT간 유의한 상관관계를 보였다.

〈대한안과학회지 2010;51(3):372-378〉

황반질환에서 정확하고 신뢰성 있는 황반두께 측정은 진단, 시력예후, 치료시기 판정, 치료효과 평가에 매우 중요하다. 황반두께를 측정하는 방법으로 세극등현미경을 이용한 안저검사, 형광안저혈관조영술, 빛간섭단층촬영(optical coherence tomography, OCT) 등이 있으며, 그 중에서 OCT는 민감도가 매우 높고 해상력이 높아 망막의 여러 층을 정확히 알 수 있고 정량적인 측정이 가능하여 황반질환 진단에 가장 널리 쓰이고 있다.¹⁻⁵

반복성이란 한 사람이 같은 측정 장비를 이용하여 동일한 대상을 여러 번 측정했을 때 얼마나 같은 결과를 보일 수 있는지를 알 수 있는 지표로서, 임상에서 어떤 측정 장비의 반복성은 그 결과에 대한 해석에 많은 영향을 미칠 수 있다. 지금까지 널리 쓰이고 있는 time domain (TD) OCT의 정상안에 대한 반복성 연구에서 Gurses-Ozden et al은 황반두께의 변동계수가 4.7~6.4%이었고,⁶ Paunescu

et al은 전체 및 구역별 황반두께의 급내상관계수가 0.55~0.97로 각각 높은 반복성을 보인다고 하였다.⁷ 정상안 뿐 아니라 당뇨황반부종안에 대한 반복성 연구에서도 황반두께 측정치는 0.80 이상의 급내상관계수를 보인다는 보고가 있다.⁸

최근 개발된 spectral domain (SD) OCT는 TD OCT에 비해 50~100배로 스캔속도가 빨라졌고, 높은 해상도를 보여 망막 내 구조를 더 자세하게 보여줄 수 있다.^{9,10}

저자들은 정상안을 대상으로 한 TD OCT와 SD OCT의 반복성 및 일치도 연구에서 SD OCT에서 TD OCT에 비해 유의하게 더 높은 반복성을 보였고, 두 OCT는 낮은 일치도를 보여 두 OCT간 상호 교환적이지 않았다는 결과를 보고하였고, 이러한 결과는 이전의 다른 연구 결과와 같았다.^{11,12}

본 연구의 목적은 당뇨황반부종에서 TD OCT와 SD OCT로 측정된 황반두께와 총황반부피를 비교하여 이들의 반복성(repeatability)과 일치도(agreement)를 알아보고자 하는데 있다.

■ 접 수 일: 2009년 5월 15일 ■ 심사통과일: 2009년 12월 2일

■ 책임저자 김 형 찬

서울특별시 광진구 화양동 4-12번지
건국대학교병원 안과
Tel: 02-2030-5270, Fax: 02-2030-5273
E-mail: eyekim@kuh.ac.kr

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

대상과 방법

2009년 1월부터 2009년 4월까지 본원 안과에서 안저검 사상 유의한 당뇨황반부종으로 진단받고, TD OCT상 중심

황반두께가 250 μm 이상이고, 이미지 질 값(image quality score)이 TD OCT에서는 6 이상, SD OCT에서는 16 dB 이상이고, 안구내 다른 질환이 없는 경우를 대상으로 하였다.

망막정맥폐쇄, 망막전막, 유리체황반견인 등의 황반두께를 증가시킬 수 있는 질환이 있는 경우, 각막혼탁과 백내장 등의 유의한 매체혼탁이 있는 경우, 그리고 이전에 안구내 수술을 받은 경우는 대상에서 제외하였다.

황반두께는 양안이 대상안인 경우 무작위로 한쪽 눈을 선택해 산동 상태에서 단일 검사자에 의해 3회 연속적으로 TD OCT 및 SD OCT를 이용하여 측정하였다. 그리고 두 OCT의 측정 시 피검자에게 검사기구에 대한 설명 없이 하는 단순 맹검법으로 연구를 진행하였다. TD OCT는 Stratus OCT (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA)를 사용하였다. 황반두께는 중심와를 지나는 6개의 6 mm 길이의 선형 스캔이 30° 간격으로 방사상 주사를 하는 fast macular map을 이용하였으며, 황반두께지도(macular thickness map)로 분석하였다. 황반두께지도는 중심와를 중심으로 직경 1 mm 이내의 중심원과 3 mm의 안쪽 원, 그리고 6 mm의 바깥쪽 원으로 구성되며, 안쪽 원과 바깥쪽 원은 상측, 비측, 하측, 이측의 4분역으로 나누어 모두 9개의 구역이 된다. 측정된 값은 retinal thickness analysis system을 통해 분석하였다. SD OCT는 Spectralis OCT (Heidelberg Engineering, Dossenheim, Germany)를 사용하였다. 황반두께 측정은 래스터 주사(raster scan) 방식으로 황반을 중심으로 수평, 수직이 각각 768 pixel \times 496 pixel scan 방식으로 이루어졌다. Spectralis OCT는 Stratus OCT에서와 같이 직경 1, 3, 6 mm의 동심원을 9개 분역으로 나누어 분석하였다.

통계적 분석은 SPSS version 15.0 (SPSS Inc, Chicago, III)을 사용하였다. 두 OCT의 측정치는 반복성(repeatability)을 평가하기 위해 개체내 표준편차[$2.77 \times \text{within subject standard deviation (Sw)}$], 변동계수(coefficient of variation, CVw) [$100 \times \text{Sw} / \text{overall mean}$], 급내상관계수(intraclass correlation coefficient, ICC)를 계산하여 비교하였다. 일치도를 평가하기 위해 Bland and Altman plots을 이용하였다.¹³ 그리고 Pearson 상관계수를 통해 두 OCT 사이의 상관관계에 대해서도 알아보았다.

자료 값과 평균 차이 값의 제공의 함을 도수의 함으로 나누는 것이 분산이며, 이것의 제공근이 표준편차이다. 표준편차는 절대치 크기로 표현되기 때문에 데이터의 단위가 서로 다른 값들의 산포도를 비교할 수 없으며 또한 평균이 다르면 산포도의 정도를 비교하기 곤란한 경우가 있다. 이러한 경우 단위에 영향을 받지 않는 변동계수, 즉, 표준편차를 평균으로 나눈 값을 사용함으로써 산포도, 즉 데이터의 퍼

Table 1. Baseline characteristics

Number of Eyes	42
Mean age \pm SD* (years)	58.6 \pm 8.2
Type of DME [†]	
Diffuse retinal thickness	16
CME [‡]	23
Serous RD [§]	3
Signal Strength	
Stratus OCT	6.5 \pm 0.5
Spectralis OCT (dB)	24.0 \pm 3.7

*SD=standard deviation; [†]DME=diabetic macular edema; [‡]CME=cystoid macular edema; [§]RD=retinal detachment; ^{||}OCT=optic coherence tomography.

짐 정도를 알 수 있다. 변동계수는 값이 작을수록 산포가 크지 않고 특성의 차이가 없는 균일한 것을 의미하게 된다. 급내상관계수(ICC)는 개체간 분산(inter-subject variance)을 개체내 분산에 개체내 분산(within subject variance)을 더한 총분산(total variance)으로 나눈 값으로서, 반복적인 측정의 일치 정도를 설명하는 값으로 1에 가까울수록 높은 반복성을 나타낸다. 두 OCT에 의해 측정된 황반두께와 총황반부피의 개체내 분산은 log화 된 데이터로 전환한 후 paired t-test로 비교하였다.¹⁴ 모든 통계적인 유의성은 $p < 0.05$ 미만으로 하였다.

결 과

대상안은 42명, 42안으로 평균 연령은 58.6 \pm 8.2세였고, OCT상 당뇨황반부종의 종류는 미만성 망막부종(diffuse retinal thickness)이 16안, 낭포황반부종이 23안, 장액망막박리가 3안 이었고, 후유리체견인과 전인망막박리 형태는 보이지 않았다. TD OCT의 signal strength에 해당하는 평균 이미지 질 값(image quality score)은 6.5 \pm 0.5이었고, SD OCT는 24.0 \pm 3.7dB이었다(Table 1).

TD와 SD OCT에 의해 측정된 평균값은 중심와두께(foveal thickness)에서 각각 367.2 \pm 155.0 μm 와 427.6 \pm 147.4 μm 이었고, 총황반두께(total macular thickness)에서 각각 312.1 \pm 96.6 μm 와 367.3 \pm 100.0 μm , 총황반부피(total macular volume)에서 각각 8.6 \pm 1.7 mm³와 10.0 \pm 1.6 mm³이었으며, SD OCT로 측정한 전체 및 구역별 황반두께와 총황반부피는 TD OCT로 측정한 것보다 통계적으로 유의하게 높은 값을 보였다(Table 2).

TD OCT와 SD OCT로 측정한 중심와두께, 총황반두께, 총황반부피의 개체내 표준편차는 각각 29.67 μm /16.44 μm , 8.56 μm /5.08 μm , 1.26 mm³/0.23 mm³로 SD OCT에서 높은 반복성을 보였다. 그리고 변동계수는 각각 2.92%/1.39%, 2.99%/1.50%, 2.10%/1.97%이고, 급내상관계수는 각각

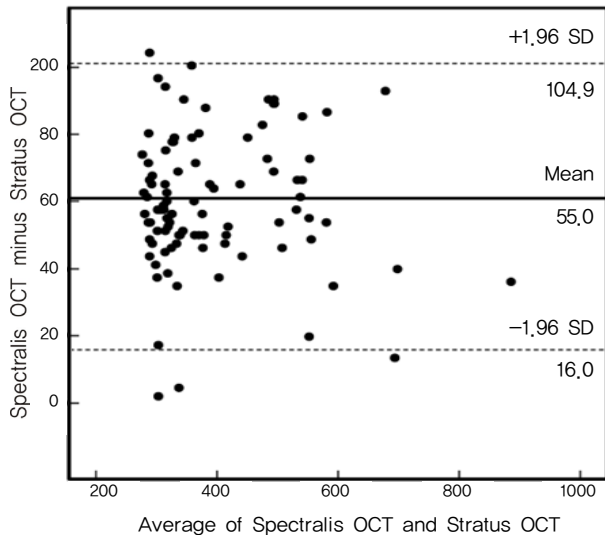


Figure 1. Bland–Altman plots of foveal thickness measurements obtained by Stratus OCT and Spectralis OCT. Solid line indicates the average mean difference, while dotted lines delineates the 95% confidence limits of agreement.

0.92/0.95, 0.91/0.90, 0.80/0.93로 SD OCT에서 반복성이 유의하게 더 높았다(Table 3).

TD OCT상 중심황반두께가 400 μm 를 기준으로 반복성을 비교했을 때, 중심황반두께가 400 μm 미만일 때 중심황반두께의 변동계수는 TD OCT에서 2.48%, SD OCT에서 1.19%로 유의한 차이를 보였다. 그리고 중심황반두께가 400 μm 이상에서는 TD OCT에서 3.07%, SD OCT에서 1.72%로 차이를 보였으나 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고 두 기종 내에서 비교했을 때, 변동계수가 TD OCT는 2.48%에서 3.07%로 SD OCT에서는 1.38%에서 1.72%로 중심황반두께가 400 μm 이상인 경우 반복성이 유의하

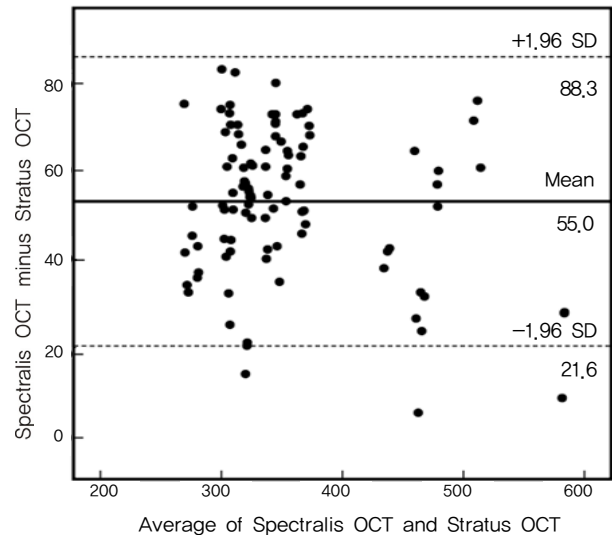


Figure 2. Bland–Altman plots of total macular thickness obtained by Stratus OCT and Spectralis OCT. Solid line indicates the average mean difference, while dotted lines delineates the 95% confidence limits of agreement.

게 낮았다(Table 4).

중심와두께, 총황반두께에 대한 95%의 일치도 범위는 각각 88.9 μm , 66.7 μm 이었다(Fig. 1, 2). 두 OCT에 대한 95%의 일치도 범위는 $d - 1.96s$ 에서 $d + 1.96s$ [d: SD OCT 평균값-TD OCT 평균값, s: 표준편차]이므로, 중심와 두께에서 두 OCT 평균값 차이의 95% 일치도 범위는 16.0 μm 에서 104.9 μm 까지이다(Fig. 1, Table 2).

두 OCT로 측정된 황반두께 측정값 사이의 상관관계를 알아보기 위한 Pearson 상관계수는 총황반두께(0.99)에서 가장 높았고, 바깥쪽원의 하측(0.88)에서 가장 낮았다. 그리고 두 OCT 사이의 모든 황반두께와 총황반부피의 상관

Table 2. Comparison of regional and total macular thicknesses measured by spectral domain and time domain optical coherence tomography

	Stratus OCT (mean \pm SD)	Spectralis OCT (mean \pm SD)	p-values	Mean difference (SD OCT–TD OCT)	95% limits of agreement
Foveal thickness	367.2 \pm 155.0	427.6 \pm 147.4	<0.001	60.4	88.9 (16.0–104.9)
Inner subfield thickness					
Temporal	352.3 \pm 96.1	413.7 \pm 88.3	<0.001	61.4	113.5 (2.4–116.0)
Superior	358.2 \pm 89.4	419.8 \pm 90.0	<0.001	61.6	100.1 (11.5–111.7)
Nas al	358.1 \pm 102.8	425.1 \pm 100.6	<0.001	67.0	91.9 (16.0–107.9)
Inferior	347.3 \pm 94.2	404.8 \pm 86.7	<0.001	57.4	120.7 (–2.9–117.8)
Outer subfield thickness					
Temporal	274.4 \pm +65.6	331.4 \pm 67.0	<0.001	57.0	82.8 (15.6–98.4)
Superior	286.2 \pm 63.6	341.5 \pm 63.7	<0.001	55.3	82.4 (14.1–96.5)
Nas al	307.5 \pm 70.6	361.3 \pm 68.5	<0.001	53.7	92.0 (7.7–99.7)
Inferior	274.9 \pm 60.2	331.4 \pm 54.5	<0.001	56.5	81.1 (6.0–87.1)
Total macular thickness	312.1 \pm 96.6	367.0 \pm 100.0	<0.001	55.0	66.7 (21.6–88.3)
Total macular volume	8.6 \pm 1.7	10.0 \pm 1.6	<0.001	1.4	2.4 (0.2–2.6)

Table 3. Within-subject standard deviation (Sw), coefficient of variation (CVw), and intraclass correlation coefficient (ICC) of total and regional macular thicknesses obtained with time domain OCT and spectral domain OCT

		Foveal Thickness	Inner subfield thickness				Outer subfield thickness				Total Thickness	Total Volume
			Temporal	Superior	Nasal	Inferior	Temporal	Superior	Nasal	Inferior		
Sw	TD OCT	29.67	23.71	31.84	20.94	34.73	13.81	17.31	14.27	31.38	8.56	1.26
	SD OCT	16.44	24.54	16.15	14.93	13.10	8.88	8.97	12.54	9.50	5.08	0.23
CVw	TD OCT	2.92	2.43	3.21	2.11	3.61	2.82	2.18	2.68	4.12	2.99	2.10
	SD OCT	1.39	2.14	1.39	1.28	1.17	1.97	1.45	1.25	2.07	1.50	1.97
ICC	TD OCT	0.921	0.934	0.937	0.932	0.924	0.917	0.893	0.784	0.843	0.912	0.801
	SD OCT	0.952	0.963	0.962	0.956	0.942	0.931	0.919	0.903	0.924	0.897	0.932
<i>p</i> -value*		0.014	0.233	0.004	0.128	<0.001	0.005	0.001	0.018	<0.001	<0.001	0.002

*Companson of within-subject variances between stratus OCT and Spectralis OCT (paired *t* test on log-transformed data).

Table 4. Within-subject standard deviation (Sw), coefficient of variation (CVw), and intraclass correlation coefficient (ICC) of total and regional macular thicknesses obtained with time domain OCT and spectral domain OCT between below 400 μ m and over 400 μ m

		FT<400 μ m (26 eyes)				FT \geq 400 μ m (16 eyes)		
		Fovea Thickness	Total Thickness	Total Volume		Fovea Thickness	Total Thickness	Total Volume
Sw	TD OCT	21.64	8.31	0.26		44.03	10.52	0.32
	SD OCT	14.25	3.77	0.16		27.15	7.42	0.45
CVw	TD OCT	2.48	2.03	1.85	<i>p</i> =0.012	3.07	3.04	2.38
	SD OCT	1.19	1.38	1.60		1.72	2.65	2.48
	TD OCT	0.930	0.922	0.825	<i>p</i> =0.043	0.909	0.899	0.782
	SD OCT	0.961	0.925	0.941		0.937	0.882	0.920
<i>p</i> -value*		0.004	0.002	<0.001		0.269	0.052	0.015

*Companson of within-subject variances between stratus OCT and Spectralis OCT (paired *t* test on log-transformed data).

Table 5. Pearson correlation coefficient of macular thicknesses and total macular volume obtained with time domain OCT and spectral domain OCT

	Foveal Thickness	Inner subfield thickness				Outer subfield thickness				Total Thickness	Total Volume
		Temporal	Superior	Nasal	Inferior	Temporal	Superior	Nasal	Inferior		
Pearson correlation coefficient	0.98	0.94	0.97	0.97	0.94	0.91	0.97	0.93	0.88	0.99	0.95
<i>p</i> -value*	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

*Pearson's correlation coefficient between stratus OCT and spectralis OCT.

계수는 통계적으로 유의하였다($p<0.001$, Table 5).

고 찰

지금까지 황반두께 측정에 널리 쓰이고 있는 TD OCT는 초당 400 A-scan의 속도와 10 μ m의 축 해상도를 보이는 반면, 최근 개발된 SD OCT는 초당 20,000 이상으로 TD OCT에 비해 50배 이상의 빠른 A-scan 속도와 5 μ m의 축 해상도를 보인다. 작동원리는 두 OCT가 비슷하지만, TD OCT는 reference mirror가 움직이면서 시간에 따른 신호를 측정해 속도가 느리나, SD OCT는 reference mirror가

고정되어 있으며 간섭계(interferometer)에서 나온 light spectrum을 동시에 분광계(spectrometer)로 탐지한 후 망막의 두께 정보를 측정한다. 또한 TD OCT는 황반 중심을 가로지르는 방사상의 6개 선형을 따라 표본 추출을 하기 때문에 전체 황반의 5%만 측정이 가능하며 이를 보완하기 위해 황반두께를 외삽법(extrapolation)으로 추정하게 된다. 이에 비해 SD OCT는 수평 주사선을 화면의 위에서부터 아래로 내려가면서 한 줄씩 주사하여 화면을 형성하는 래스터 주사(raster scan)방식으로 더 많은 표본 추출을 할 수 있으며 이런 차이로 SD OCT는 TD OCT에 비해 망막 내 구조를 더 자세하게 보여줄 수 있다.^{9,10}

일반적으로 변동계수가 10% 미만일 때 신뢰할 수 있는 검사로 인정되며,^{15,16} TD OCT인 Stratus OCT로 측정된 황반두께가 신뢰할 수 있다는 보고는 많이 있다.⁶⁻⁸ 저자들은 이미 정상안을 대상으로 한 연구에서 Stratus OCT에서 측정된 황반두께의 변동계수는 1.01%~2.78%, 급내상관계수는 0.78~0.96이었고, SD OCT인 Spectralis OCT에서의 변동계수는 1% 미만이었으며, 급내상관계수는 0.92~0.99로 SD OCT는 TD OCT인에 비해 더 높은 반복성을 보인다는 사실을 보고하였다.¹¹⁻¹² 그러나 SD OCT의 빠른 속도와 높은 해상도가 정상안이 아닌 황반부종 등과 같은 여러 가지 황반 질환에서의 황반두께 측정에 있어서 더 높은 신뢰도를 보일 지에 대한 평가는 아직까지 정확하게 이루어지지 않았다.

이번 연구에서 Stratus OCT에서 측정된 황반두께의 변동계수는 2.11~4.12%이었고, 급내상관계수는 0.78~0.94이었다. 이에 비해 Spectralis OCT에서의 변동계수는 황반두께 측정에서 1.17~2.14%이었고, 급내상관계수는 0.90~0.96으로 SD OCT인 Spectralis OCT가 TD OCT인 Stratus OCT에 비해 더 높은 반복성을 보였다.

Spectralis OCT로 측정된 중심와두께, 총황반두께, 총황반부피는 각각 $427.6 \pm 147.4 \mu\text{m}$, $367.0 \pm 100.0 \mu\text{m}$, $10.0 \pm 1.6 \text{ mm}^3$ 로 Stratus OCT로 측정된 $367.2 \pm 155.0 \mu\text{m}$, $312.1 \pm 96.6 \mu\text{m}$, $8.6 \pm 1.7 \text{ mm}^3$ 에 비해 통계적으로 유의하게 높았다. Spectralis OCT의 황반두께 측정치가 Stratus OCT에 비해 더 높음에도 불구하고 개체내 분산(within-subject variances)은 통계적으로 의미 있게 낮았다. 이와 같이 SD OCT인 Spectralis OCT가 더 높은 반복성을 보이는 이유는 TD OCT에 비해 훨씬 빨라진 스캔 속도, 더 많은 표본 추출밀도(higher sampling density) 및 Spectralis OCT에 있는 특별한 기능인 dual beam system, 즉, 시선 추적(eye tracking) 기능에 의한 것으로 볼 수 있다.

중심황반두께를 $400 \mu\text{m}$ 를 기준으로 두 군으로 나누어 두 OCT간 반복성을 비교해 보았는데, $400 \mu\text{m}$ 미만인 군과 $400 \mu\text{m}$ 이상인 군에서의 변동계수는 TD OCT에서 각각 2.48%와 3.07%, SD OCT에서는 1.38%와 1.72%로 중심황반두께가 $400 \mu\text{m}$ 이상인 경우 반복성이 유의하게 낮았다. 이러한 결과는 황반부종이 심할수록 환자의 주시가 불량하기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 SD OCT는 많은 장점으로 인해 TD OCT에 비해 더 높은 반복성을 보이기는 하지만 황반부종이 심할수록 반복성이 떨어진다는 사실을 알 수 있었다. 이러한 결과로 볼 때 SD OCT로 황반두께 측정 시 빠른 스캔속도와 표본추출밀도뿐만 아니라 환자의 주시도 반복성의 주요 결정변수 중 하나로 볼 수 있다.

본 연구에서 전체 및 구역별 황반두께와 총황반부피는

SD OCT에서 통계적으로 유의하게 더 높게 측정되었는데, 그 이유는 황반두께의 측정 기준이 두 OCT가 다르기 때문이다. Stratus OCT는 황반두께 측정에 있어 유리체-망막면에서 시세포층의 내/외절 연결부 사이의 거리를 기준으로 하나, Spectralis OCT는 유리체-망막면에서 브루크막을 경계로 하기 때문이다. 즉, 두 OCT 사이의 황반두께의 차이는 황반부 시세포 외절과 망막색소상피(retinal pigment epithelium, RPE)의 두께에 상응하는 값으로 생각할 수 있다. 정상안에서 시세포 외절의 길이는 $50 \mu\text{m}$ 이고,¹⁷ RPE의 두께는 $11.3 \mu\text{m}$ 정도로 알려져 있다.¹⁸ 본 연구에서 나타난 두 OCT의 구역별 황반두께 차이는 $53.7 \sim 67.0 \mu\text{m}$ 로 황반부종이 있기는 하지만 정상안에서의 시세포 외절 길이와 RPE 두께에 상응하는 범위를 보였다. 이처럼 두 OCT는 황반두께를 측정할 때 그 기준면이 다르므로 여기서 얻은 황반두께의 측정치는 당뇨황반부종에서 서로 다르며 일치도가 낮을 수밖에 없다. 이는 저자들이 보고한 정상안에서 두 OCT는 서로 다른 일치도를 보인다는 결과와 유사하며 당뇨황반부종에서도 Stratus OCT에서 측정된 황반두께와 부피는 Spectralis OCT의 측정결과와 상호 교환될 수는 없다는 것을 의미한다.

그러나 모든 황반두께 및 총황반부피에서 측정한 두 OCT 사이의 Pearson 상관계수는 0.88에서 0.99로 모두 통계적으로 유의하였다. 이러한 결과는 두 OCT로 측정했을 때 그 결과들은 직접적으로 상호 교환적이지는 못하지만 두 OCT 간의 측정치를 간접적으로 알 수 있고, 이를 통해 당뇨황반부종 치료 전 후, 혹은 경과관찰 시 황반두께의 추이를 알아보는 데는 상호 도움이 될 수 있다는 점을 시사한다.

결론적으로 본 연구에서 저자들은 TD OCT인 Stratus OCT와 SD OCT인 Spectralis OCT는 황반두께와 총황반부피 측정치의 차이가 있음에도 두 OCT 모두 당뇨황반부종 환자의 황반부 측정에 있어 높은 반복성을 보였으며 Spectralis OCT에서 유의하게 더 높았다. 황반측정 값은 Spectralis OCT에서 Stratus OCT에 비해 더 높게 측정되었고, 두 OCT는 낮은 일치도를 보여 상호 교환적이지는 않았으나, 두 OCT간 유의한 상관관계를 보였다.

앞으로 저자들은 여러 황반 질환 환자들을 대상으로 SD OCT의 임상적인 유용성에 대한 추가적인 연구를 시행할 예정이다.

참고문헌

- 1) Zeimer RC, Mori MT, Khoobehi B. Feasibility test of a new method to measure retinal thickness noninvasively. Invest Ophthalmol Vis Sci 1989;30:2099-105.

- 2) Gieser JP, Rusin MM, Mori M, et al. Clinical assessment of the macular by retinal topography and thickness mapping. *Am J Ophthalmol* 1997;124:648-60.
- 3) Polito A, Shah SM, Haller JA, et al. Comparison between retinal thickness analyzer and optical coherence tomography for assessment of foveal thickness in eyes with macular disease. *Am J Ophthalmol* 2002;134:240-51.
- 4) Puliafito CA, Hee MR, Schuman JS, et al. Optical coherence tomography of ocular disease. Thorofare, NJ: Slack, 1996;369-74.
- 5) Muscat S, Parks S, Kemp E, Keating D. Repeatability and reproducibility of macular thickness measurements with the Humphrey system. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002;43:490-5.
- 6) Gurses-Ozden R, Teng C, Vessani R, et al. Macular and retinal nerve fiber layer thickness measurement reproducibility using optical coherence tomography (OCT-3). *J Glaucoma* 2004;13:238-44.
- 7) Paunescu LA, Schuman JS, Price LL, et al. Reproducibility of nerve fiber thickness, macular thickness, and optic nerve head measurements using Stratus OCT. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45:1716-24.
- 8) 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.
- 9) Hangai M, Ojima Y, Gotoh N, et al. Three-dimensional imaging of macular holes with high-speed optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2007;114:763-73.
- 10) Ahlers C, Michels S, Beckendorf A, et al. Three-dimensional imaging of pigment epithelial detachment in age-related macular degeneration using optical coherence tomography, retinal thickness analysis and topographic angiography. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2006;244:1233-9.
- 11) Leung CK, Cheung CY, Weinreb RN, et al. Comparison of macular measurements between time domain and spectral domain optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008;49:4893-7.
- 12) Oh SB, Cho WB, Moon JW, Kim HC, et al. 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.
- 13) Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-10.
- 14) Bland JM. Comparing within-subject variances in a study to compare two methods of measurement. Available at <http://www-users.york.ac.uk/~mb55/meas/compsd.pdf>.
- 15) Massin P, Vicaud E, Haouchine B, et al. Reproducibility of retinal mapping using optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol* 2001;119:1135-42.
- 16) Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull* 1979;86:420-8.
- 17) Hendrickson A, Drucker D. The development of parafoveal and mid-peripheral human retina. *Behav Brain Res* 1992;49:21-31.
- 18) Spraul CW, Lang GE, Grossniklaus HE. Morphometric analysis of the choroid, Bruch's membrane, and retinal pigment epithelium in eyes with age-related macular degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1996;37:2724-35.

=ABSTRACT=

Repeatability and Agreement of Macular Thickness Measurement Using Time and Spectral Domain OCT in Diabetic Macular Edema

Se Beum Oh, MD, Jun Woong Moon, MD, Hyung Chan Kim, MD, PhD

Department of Ophthalmology, Konkuk University School of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate the repeatability of macular thickness measurements using time domain (TD) OCT and spectral domain (SD) OCT in diabetic macular edema.

Methods: In 42 eyes of 42 patients with diabetic macular edema, three consecutive macular measurements were performed with TD OCT and SD OCT, and measurements for macular thickness and total macular volume obtained by the two OCTs were compared. The within-subject standard deviation (Sw), coefficient of variation (CVw), and intraclass correlation coefficient (ICC) were calculated to assess repeatability, with agreement between measurements assessed with Bland Altman plots. The correlations were also evaluated via the Pearson's correlation coefficient.

Results: The Sw of TD OCT and SD OCT for foveal thickness, total macular volume were 29.67 μm /16.44 μm , 1.26 mm^3 /0.23 mm^3 , respectively, and were significantly lower in SD OCT. The ranges of the respective CVw and ICC values were 1.10–2.78%, 0.78–0.96 for TD OCT, and 0.29–0.94%, 0.92–0.99 for SD OCT. The SD OCT showed better repeatability for macular thickness measurements (all $p \leq 0.001$). The 95% limits of agreement for foveal and total macular volume were 88.9 μm , 2.4 mm^3 , respectively. The Pearson's correlation coefficients of macular thickness and total macular volume between the two OCT methods were statistically significant ($p=0.88$ –0.99).

Conclusions: Although both OCTs proved reliable for macular thickness measurements in diabetic macular edema, SD OCT shows better repeatability than TD OCT. Although macular thickness measurements obtained from the two OCTs cannot be used interchangeably, there were statistically significant correlations between measurements obtained using the two OCTs.

J Korean Ophthalmol Soc 2010;51(3):372–378

Key Words: Coefficient of variation, Intraclass correlation coefficient, Spectral domain OCT, Time domain OCT, Within-subject standard deviation

Address reprint requests to **Hyung Chan Kim, MD, PhD**
Konkuk University Medical Center, Konkuk University School of Medicine
#4-12 Hwayang-dong, Gwangjin-gu, Seoul 143-729, Korea
Tel: 82-2-2030-5270, Fax: 82-2-2030-5273, E-mail: eyekim@kuh.ac.kr