

스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기로 측정된 한국인 정상안의 황반부 용적

강명수 · 경성은 · 장무환

단국대학교 의과대학 안과학교실

목적: 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기(SD-OCT)를 이용하여 한국인 정상안의 총 황반부 용적을 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 안저검사상 정상이며, 교정시력 1.0 이상인 20세 이후의 한국인 132명 212안을 대상으로 SD-OCT를 이용하여 연령대별, 성별, 굴절이상의 정도 그리고 고혈압 혹은 당뇨 등의 전신질환 유무에 따라 총 황반부 용적을 비교 분석하였다.

결과: 전체 대상안의 평균 총 황반부 용적은 $10.07 \pm 0.45 \text{ mm}^3$ 였다. 청년군은 $10.13 \pm 0.40 \text{ mm}^3$, 장년군은 $10.05 \pm 0.43 \text{ mm}^3$, 노년군은 $9.97 \pm 0.58 \text{ mm}^3$ 로 측정되었고, 남성은 $10.12 \pm 0.46 \text{ mm}^3$, 여성은 $9.97 \pm 0.40 \text{ mm}^3$ 로 나타나 의미 있는 차이($p=0.028$)를 보였다. 노년군에서 당뇨병 환자와 정상인은 의미 있는 차이($p=0.020$)를 보였으며, 굴절이상에 따른 평균 황반부 용적의 차이는 의미가 없는 것으로 나타났다.

결론: 한국인 정상안의 평균 황반부 용적은 향후 황반부 병변의 진단과 경과관찰에 유용한 기준을 제공할 수 있을 것으로 기대된다. (대한안과학회지 2010;51(8):1077-1083)

망막두께의 측정과 분석은 당뇨병성 황반병증, 망막 이영양증, 중심성 장액성 맥락망막병증, 망막 혈관폐쇄질환, 연령관련 황반변성과 같은 다양한 망막질환을 진단하고 치료하는 데 필수가 되었다.¹ 황반부의 상태를 간접적으로 나타내는 두께는 그 눈의 시력과 상당히 의미 있는 상관관계를 가지기 때문에, 정상 인구 황반부의 상태를 아는 것은 다양한 안과적 질환을 진단하고 연구하는 데 중요하다.^{2,3}

과거에는 망막의 부종 혹은 위축을 안저검사를 통해 주관적인 방법만으로 측정할 수 있었고, 이러한 방법은 임상적 경험에만 의존할 뿐 아니라 정성적(qualitative)인 정보만을 제공할 수밖에 없는 제한점이 있었다. 게다가 경과에 따른 정확한 비교는 불가능하였다.¹ 이후 병리조직학적인 방법을 통해 실험적으로 망막두께를 측정하였고, 초음파, 망막두께분석기(retinal thickness analyzer) 등으로 발전을 거듭하다가, 최근 상용화된 빛간섭단층촬영기(Optical Coherence Tomography)는 초당 약 27,000회의 스캔, 약 5 μm 의 축 해상도까지 구현해 냄에 따라 망막내부

구조까지 정밀하게 관찰할 수 있게 되었다.^{4,5}

스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기(spectral-domain OCT)는 간섭계(interferometer)를 통해 후방산란(backscattering)된 빛의 스펙트럼을 스펙트럼측정기(spectrometer)로 받아들이어 푸리에 변환(Fourier transformation)으로 영상을 만드는 장비로서, 기존의 시간영역 빛간섭단층촬영기(time-domain OCT)에 비해 더욱 효율적으로 미세한 정보를 얻을 수 있는 장점이 있다.^{6,7} 그러나, 아직은 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기를 이용한 정상인의 황반부에 대한 정보가 충분하지 않아 질병의 상태를 객관적으로 비교할 수 있는 잣대가 없는 실정이다.

이에 저자들은 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기의 한 상용화 모델인 Cirrus HD-OCT (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA)로, 내장된 공식에 의해 자동으로 산출된 황반부 용적(total macular volume, mm^3)을 이용하여 정상안을 측정하고 연령, 성별, 굴절이상(refractive error), 그리고 고혈압 혹은 당뇨 등의 전신질환 유무에 따라 이를 비교 분석하고자 하였다.

■ 접 수 일: 2009년 12월 23일 ■ 심사통과일: 2010년 5월 14일

■ 책임저자: 장 무 환

충남 천안시 안서동 산 16-5
단국대학교병원 안과
Tel: 041-550-6377, Fax: 041-561-0137
E-mail: changmh@dankook.ac.kr

대상과 방법

2008년 12월부터 2009년 10월까지 본원 안과를 내원한 환자와 보호자들 중 안과적 질환이 없고, 정상범위의 안압 상태와 안저검사상 정상소견을 보이며 교정시력 1.0 이상

* 본 논문의 요지는 2009년 대한안과학회 제101회 학술대회에서 포스터로 발표되었음.

* 본 논문의 연구는 2010학년도 단국대학교 연구비로 지원되었음.

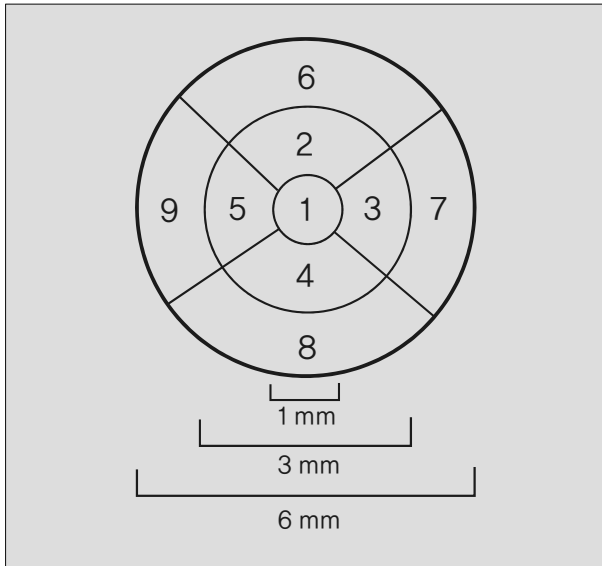


Figure 1. The Age Related Eye Disease Study (AREDS) grid used for reporting retinal thickness and total macular volume in Cirrus HD-OCT system.

인 20세 이상의 성인 132명 212안을 대상으로 전향적 연구를 시행하였다. 검사 전 모든 환자에서 나안시력 및 교정시력을 측정하였고, 굴절검사, 세극등현미경검사, 안압검사, 안저검사를 시행하였다. 고혈압 혹은 당뇨 같은 전신적 질환이 있는 환자들도 위의 조건을 만족시키는 경우는 대상에 포함하였고, 모두 1년 내의 유병기간을 가진 환자들이었다. 안내수술의 과거력이 있거나 교정시력 1.0 미만, 안저검사상 이상소견이 있는 경우는 대상에서 제외하였다.

스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기는 단국대학교 의과대학 부속병원에 있는 Cirrus HD-OCT (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA)을 이용하였고, 황반부 6×6 mm에 해당하는 부위를 512×128 (가로×세로)의 점으로 스캔하는 방식인 macular cube 512×128 scan mode를 사용하여 측정하여, 신호강도(signal strength) 6 이상인 경우만을 포함하였다. Cirrus HD-OCT system의 경우 망막의 신경섬유층(nerve fiber layer)과 망막색소상피층의 바깥경계(outer band of the RPE)사이의 두께를 측정하여,⁸ 중심와를 중심으로 6 mm 직경의 황반두께지도(macular thickness map)

가 9개의 구역⁹(the Age Related Eye Disease Study subfield, AREDS grid)으로 나뉘어 계산되어지고(Fig. 1), 이를 기반으로 내장된 공식에 의해 자동으로 황반부 용적(Total Macular Volume, mm³)이 산출되어 진다. 주요 산출값인 총 황반부 용적(TMV)은 전체 6×6 mm 사각형 스캔 영역의 신경섬유층(nerve fiber layer)~망막색소상피층의 바깥경계(outer band of the RPE)에 대한 총 용적을, central subfield thickness (CST)는 원형의 맵의 가운데 원에 대한 중간 부분의 두께를, 그리고 average thickness (AT)는 전체 평균 두께를 의미한다.

모든 환자를 20~39세(청년층, A군), 40~59세(장년층, B군), 60세 이상(노년층, C군)으로 나누었으며, 성별, 굴절 이상의 정도 그리고 고혈압 혹은 당뇨 등의 전신질환 유무에 따라 나누어 전체 대상군과 각 군(group)별로 황반부 용적의 평균을 구하여 이를 비교 분석하였다.

통계처리는 SPSS version 12.0.1을 사용하여 분석하였다. 연령군간 차이는 다중비교분석(multiple comparison test by Scheffe) 방식을 적용하였으며, 성별, 나이, 굴절이상, 전신질환 유무에 따른 차이는 independent sample T-test, 연령 증가에 따른 황반부 용적(TMV)의 변화는 선형회귀분석을 이용하였다. 그리고 주요 산출 결과인 central subfield thickness (CST), total macular volume (TMV), average thickness (AT)와의 상관관계를 알아보기 위해 Pearson's correlation coefficient를 구하였다. 이는 측정된 변수들의 상관관계를 알아보는 데 쓰이는 지표로서 절대값이 1에 가까울수록 높은 상관관계를 가짐을 의미한다.

결 과

대상안은 전체 132명 212안이었으며 이중 남자는 91명 144안, 여자는 41명 68안이었다. 청년층, 장년층, 노년층의 평균나이는 각각 27.8 ± 5.4세, 49.1 ± 4.9세, 65.2 ± 4.0세였고, 대상안은 각각 85안, 96안, 31안이었다. 당뇨병과 고혈압의 전신질환을 가지고 있지만 당뇨병성 망막병증과 고혈압성 변화가 일어나지 않은 경우도 대상으로 포함하였으

Table 1. Characteristics of the study population according to age group

Age Group	Group A (20 ~ 39)	Group B (40 ~ 59)	Group C (60 ~)
Mean Age (years)	27.8 ± 5.4	49.1 ± 4.9	65.2 ± 4.0
Sex (Male : Female)	57 : 28	66 : 30	21 : 10
Eyes (n*)	85	96	31
DM [†] without retinopathy	12	29	11
HTN [‡] without retinopathy	2	21	14
Both of DM [†] and HTN [‡] without retinopathy	2	14	7

*n=number of the eyes; [†]DM=diabetes patient; [‡]HTN=hypertension patient.

Table 2. Mean Macular Volume (MMV) according to age group using Cirrus HD-OCT

Age Group	Group A	Group B	Group C	* <i>p</i> -value	† <i>p</i> -value	‡ <i>p</i> -value
Mean Macular Volume (mm ³)	10.13 ± 0.40	10.05 ± 0.43	9.97 ± 0.58	0.445	0.647	0.192

*Multiple comparison test by Scheffe between group A and B; †Multiple comparison test by Scheffe between group B and C; ‡Multiple comparison test by Scheffe between group C and A.

Table 3. Mean Macular Volume (MMV) according to sex using Cirrus HD-OCT

Sex	Male	Female	* <i>p</i> -value
Mean Macular Volume (mm ³)	10.12 ± 0.46	9.97 ± 0.40	0.028

*Independent sample *T*-test

Table 4. Relationship among sex, diabetes and hypertension according to age group

Sex (Male, Female)	* <i>p</i> -value	Diabetes	<i>p</i> -value	Hypertension	<i>p</i> -value
Group A		(+) [†] 10.20 ± 0.38	<i>p</i> =0.273	(+) [†] 10.20 ± 0.00	0.814
		(-) [‡] 10.15 ± 0.40		(-) [‡] 10.13 ± 0.40	
Group B		(+) [†] 10.12 ± 0.38	<i>p</i> =0.272	(+) [†] 10.02 ± 0.45	0.713
		(-) [‡] 10.02 ± 0.45		(-) [‡] 10.06 ± 0.43	
Group C		(+) [†] 10.28 ± 0.59	* <i>p</i> =0.020	(+) [†] 9.99 ± 0.57	0.809
		(-) [‡] 9.79 ± 0.50		(-) [‡] 9.94 ± 0.60	

**p*=statistical significance was calculated by independent sample *T*-test; †(+)=patient; ‡(-)=no patient.

Table 5. Mean Macular Volume (MMV) according to presence of diabetes, hypertension or both of them

Diabetes	<i>p</i> -value	Hypertension	<i>p</i> -value	Diabetes and Hypertension	<i>p</i> -value
Mean Macular Volume (mm ³)					
(+) [*] 10.18 ± 0.36	0.209	(+) [*] 9.92 ± 0.44	0.260	(+/+) [‡] 10.08 ± 0.50	0.888
(-) [†] 10.06 ± 0.45		(-) [†] 10.06 ± 0.45		(-/ -) [‡] 10.06 ± 0.45	

*patient; †no patient; ‡patient with diabetes and hypertension.

며, 망막병증이 없는 정상안의 전신질환자 그룹과 전신질환이 없는 정상안 그룹간의 유의한 차이는 없었고($p>0.05$) 그 분포는 Table 1과 같다.

전체 대상안의 평균 황반부 용적은 $10.07 \pm 0.45 \text{ mm}^3$ 로 산출되었다. 연령군에 따른 평균 황반부 용적(mean macular volume, MMV)은 청년층(A군)에서 $10.13 \pm 0.40 \text{ mm}^3$, 장년층(B군)에서 $10.05 \pm 0.43 \text{ mm}^3$, 노년층(C군)에서 $9.97 \pm 0.58 \text{ mm}^3$ 로 측정되어, 나이가 들수록 감소하는 경향을 보였으나 각 군에서 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았고(Table 2), 또한 연령 증가에 따른 황반부 용적의 변화를 선형회귀분석하면, 황반부 용적(macular volume) = $-0.002 \times \text{나이}(\text{age}) + 10.149$ 와 같은 공식을 얻을 수 있지만 역시 통계적 의미는 없는 것으로 나타났다($p=0.393$).

한편, 성별에 따른 평균 황반부 용적(MMV)의 산출 결과, 남성의 경우 $10.12 \pm 0.46 \text{ mm}^3$, 여성의 경우는 $9.97 \pm 0.40 \text{ mm}^3$ 로 나타나 남성이 여성보다 황반부의 용적이 의미 있게 큰 결과($p=0.028$)를 보였다(Table 3).

그리고 각 연령군 내에서 성별, 당뇨병의 유무, 고혈압의 유무에 따라 평균 황반부 용적을 independent sample *T*-test를 이용하여 비교 분석한 결과, 청년층(A군)에서의

남성 평균 황반부 용적 $10.20 \pm 0.38 \text{ mm}^3$, 여성 평균 황반부 용적 $9.99 \pm 0.41 \text{ mm}^3$ 로 나타났고($p=0.025$), 노년층(C군)에서 당뇨병 환자의 평균 황반부 용적 $10.28 \pm 0.59 \text{ mm}^3$, 당뇨병이 없는 대상안의 평균 황반부 용적 $9.79 \pm 0.50 \text{ mm}^3$ 로 나타나($p=0.020$) 각각 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이를 제외한 나머지 연령군 내에서의 각 변수에 따른 황반부 용적의 차이는 의미가 없는 것을 알 수 있었다(Table 4). 그리고, 전체 연령군 대상안에 대하여 당뇨병의 유무, 고혈압의 유무, 고혈압과 당뇨병을 동시에 가진 경우에 따라 평균 황반부 용적을 비교 분석한 결과도 모두 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다(Table 5).

대상자들의 굴절이상은 구면렌즈대응치(S.E, spherical equivalent) -10.0 디옵터(D, diopter)부터 $+5.75$ D까지 다양하였으며, -3 D에서 $+5.75$ D까지의 굴절이상군(group) 183안과 -3 D보다 작은 굴절이상을 가진 대상자군(group) 29안을 나누어 평균 황반부 용적을 산출해 비교한 값은 각각 $10.09 \pm 0.45 \text{ mm}^3$, $9.98 \pm 0.43 \text{ mm}^3$ 로 나타났고($p=0.215$), -6 D에서 $+5.75$ D까지의 굴절이상군(group) 200안과 -6 D보다 작은 굴절이상을 가진 대상자군(group) 12안을 나누어 비교한 값은 각각 $10.07 \pm 0.44 \text{ mm}^3$, 10.11 ± 0.52

Table 6. Mean Macular Volume (MMV) according to refractive error

Refractive error (S.E [*])	-3 ≤ D [†] ≤ +5.75	D [†] < -3	p-value	-6 ≤ D [‡] ≤ +5.75	D [‡] < -6	p-value
Eyes (n [‡])	183	29		200	12	
Mean macular volume (mm ³)	10.09 ± 0.45	9.98 ± 0.43	0.215	10.07 ± 0.44	10.11 ± 0.52	0.767

*S.E=spherical equivalent; †D=dioptr; ‡n=number of the eyes.

Table 7. Mean values of central subfield thickness, total macular volume, average thickness and Pearson correlation coefficient among them

	Mean ± standard deviation	Pearson correlation coefficient
Central subfield thickness (μm)	254.99 ± 21.44	0.300*
Total macular volume (mm ³)	10.07 ± 0.45	0.906†
Average thickness (μm)	280.41 ± 11.14	0.287‡

*Pearson correlation coefficient between central subfield thickness and macular volume; †Pearson correlation coefficient between macular volume and average thickness; ‡Pearson correlation coefficient between average thickness and central subfield thickness.

mm³으로 나타나($p=0.767$) 굴절이상에 따른 평균 황반부 용적의 차이도 의미가 없는 것으로 나타났다(Table 6).

그리고 황반부 용적(total macular volume)과 더불어 Cirrus HD-OCT의 주요 산출 결과인 central subfield thickness (CST, μm)와 average thickness (AT, μm)의 평균값은 각각 254.99 ± 21.44 μm, 280.41 ± 11.14 μm를 보였으며, 황반부 용적과의 연관성을 위해 시행한 Pearson 상관분석에서 AT와 0.906의 높은 상관성을 가짐을 확인할 수 있었다. 황반부 용적과 CST, 그리고 CST와 AT는 각각 0.300, 0.287의 상관계수를 가지므로 비교적 상관성이 떨어진 것을 알 수 있는 결과였다(Table 7).

고 찰

여러 망막질환들은 황반부의 부종 혹은 위축 등의 변화를 일으키며 시력저하를 초래한다. 그러나 임상적으로 흔히 사용되는 세극등현미경검사, 형광안저혈관조영술 등은 객관적이지 못할 뿐더러 형광의 누출 정도와 황반부종의 정도가 일치하지 않는 등의 정량적 측정이 어렵다는 한계점이 있다.¹⁰⁻¹³ 망막두께분석기(retinal thickness analyser, RTA)와 빛간섭단층촬영기(optical coherence tomography, OCT)는 망막의 상태를 정량적으로 측정하기 위해 개발된 비침습적인 진단도구들로서, 전반적으로 망막두께분석기는 3차원적 이미지를 얻는 데 더욱 적합하고,¹¹⁻¹⁴ 시간영역 빛간섭단층촬영기(time-domain OCT)는 2차원적 횡적영상을 얻어내는 데 더욱 적합하다.^{15,16} 그러나 최근에 상용화된 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기(spectral-domain optical coherence tomography, SD OCT)는 이런 장점들에 더하여 용적 스캔 기능이 추가되어 총 황반부 용적(total macular volume, TMV)을 내장된 공식에 따라 자동으로 산출해 내는 특징을 가지고 있다.¹⁷

본 연구에서 SD OCT를 이용해 측정한 한국인 정상안의 황반부 용적은 10.07 ± 0.45 mm³로 산출되었다. 40세와 60세를 기준으로 나눈 청년층, 장년층 및 노년층, 세 군의 평균 황반부 용적은 각각 10.13 ± 0.40 mm³, 10.05 ± 0.43 mm³, 9.97 ± 0.58 mm³로 측정되었고(Table 2), 또한 연령 증가에 따른 황반부 용적의 변화는, 황반부 용적(macular volume) = -0.002 × 나이(age) + 10.149와 같은 공식을 따라 나이와 황반부 용적이 음의 상관관계를 갖는 것처럼 보였지만, 이는 모두 통계적으로 유의하지 않음을 알 수 있었다($p=0.393$). 마찬가지로 전신질환이 없고 안저검사상 정상이며 교정시력 1.0 이상인 56명 112안을 대상으로 황반부의 두께를 OCT3 (OCT model 3000, Zeiss-Humphrey, Dublin, CA)으로 측정한 Kang et al¹⁸ 역시 연령증가에 따른 황반부 두께의 변화에서 통계적으로 의미 있는 차이를 보이지 않음을 보고하였고, Kanai et al¹⁹과 Massin et al²⁰ 역시 마찬가지로 결과를 보였다. 그러나 각 연령군간의 변화가 통계적으로 유의하지 않은 것은 같은 연령군 내에서도 평균값에 비해 표준편차가 상당히 커서, 개인별 차이가 큰 것이 하나의 원인일 것으로 추정된다.²¹

또한 남성의 경우 10.12 ± 0.46 mm³, 여성의 경우는 9.97 ± 0.40 mm³로 나타나 남성이 여성보다 황반부의 용적이 의미 있게 큰 결과($p=0.028$)를 보였다(Table 3). 이는 과거에 TD OCT를 이용하여 남녀간의 황반부 두께를 비교 연구한 Hee et al²²과 Massin et al²⁰의 결과와 일치하고 있다. 그러나 OCT3 (OCT model 3000, Zeiss-Humphrey, Dublin, CA)을 이용하여 정상시력 및 정상 안저소견을 보이는 한국 성인 62명 120안을 대상으로 황반부의 두께를 측정한 Jung et al²³은 성별에 따른 망막두께는 유의한 차이를 보이지 않는다고 하여 본 연구 결과와 상이한 양상을 보였다.

당뇨병은 전신의 미세혈관계에 병을 일으키는 대사성 질환이고, 고혈압 역시 동맥압의 상승과 이에 반응하는 전체

말초 저항의 증가로 눈을 포함한 신체전반에 혈관질환을 일으킨다. 두 질환 모두 근본적으로 혈관에 영향을 미치는 질환으로 당뇨의 병리 기전과 지속적인 혈압의 상승은 혈장과 적혈구의 혈관 외 유출을 동반하는 내측 혈액-망막장벽의 파괴를 잠재적으로 유발할 수 있기 때문에 망막의 용적에 영향을 미칠 수 있을 것이라는 추측이 가능하다. 전신 질환이 없는 정상인의 황반부 두께와 당뇨병성 망막병증이 아직은 발견되지 않은 당뇨병 환자의 정상안의 황반부 두께를 비교한 Sánchez-Tocino et al²⁴은 당뇨병성 망막병증이 없는 당뇨병 환자의 두께가 유의하게 증가한다고 보고하였다. 그리고 Shaudig et al²⁵은 상측부위에서만, Lee et al²⁶은 황반 중심부와 바깥 이측부에서만 유의한 차이가 있다고 하였다. 당뇨병성 망막병증이 발견되지 않은 안에서 특정 부위 망막의 두께 증가에 대해서는 논란의 여지가 많아 보이지만, 본 연구에서는 전체 6×6 mm 사각형 스캔 영역에 대한 총 용적을 산출하여 전반적인 황반부의 상태를 살펴봄으로써 이같은 논란의 여지를 없앨 수 있었고, 전체 연령군을 대상으로 용적을 비교하였을 때는 유의한 차이를 보이지 않았지만, 노년층(C군) 내에서의 비교에서는 의미 있는 차이를 보였다(Table 4, 5). 망막시세포층의 밀도는 나이가 들어감에 따라 1년에 0.2~0.4%씩 감소하며, 망막 상피세포의 밀도가 1년에 0.3%씩 감소한다는 Panda-Jonas et al^{27,28}의 연구 결과는 주지의 사실이고, 상기한 바와 같이 총 황반부 용적의 개인차가 비교적 크기 때문에 노년층에서만 간신히 통계학적 의미를 갖는 차이를 보이는 것으로 사료된다.

고도 근시안에서도 긴 안축장으로 인해 망막에 가해지는 신장력과 이차적인 혈관의 변화로 총 황반부 용적의 감소가 일어날 가능성을 생각할 수 있다. 전체 대상안을 -3D와 -6D를 기준으로 나누어 분석한 결과, -3D 이상군과 미만군 그리고 -6D 이상군과 미만군 모두에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았는데(Table 6), 이는 정상시력과 망막병변을 보이지 않는 한국인 고도 근시안을 대상으로 TD OCT를 이용하여 중심과 두께를 측정된 Shin et al²⁹의 결과와도 일치하고 있다. 이는 Shin et al²⁹의 의견과 같이 망막 병변이 있는 눈은 대상에서 제외하였고, 또한 정상 근시안에서는 망막에 가해지는 신장력이 중심부근까지 영향을 미치지 않기 때문인 것으로 사료된다.

앞서 언급한 바와 같이 central subfield thickness (CST)는 원형의 맵의 가운데 원(직경 1 mm)에 대한 중간 부분의 두께를 의미한다. 그리고 이는 중심소와의 두께(foveolar thickness)와 동일한 의미로 사용될 수 있다. TD OCT가 상용화된 이래 이를 이용하여 황반부를 연구하려는 노력이 계속되어 왔고, 연구 방법에 따라서는 중심소와의

두께를 측정하여 황반부의 상태를 해석하려는 시도도 상당히 있었다. 본 연구에서 알 수 있듯이 TMV는 AT와 높은 상관성을 가지고 있지만, CST는 TMV 혹은 AT와 낮은 상관성을 보이는 바(Table 7), 향후 TMV를 이용한 연구에서는 과거 중심소와 두께를 측정한 연구와의 직접적인 비교 연구에서 고려해야 할 사항이라고 사료된다.

그리고 최근에 Forooghian et al³⁰은 당뇨병 환자에 있어서 Stratus OCT와 Cirrus HD-OCT에서 측정한 황반부 용적이 3.2 mm³ 정도 차이가 난다고 보고하고 있는데, 이는 측정기준이 되는 망막의 층(layer)이 신경섬유층(nerve fiber layer)에서부터 망막색소상피층의 안쪽경계(inner boundary of the RPE)까지에서 바깥경계(outer band of the RPE)까지로 변화되었기 때문이다.⁸ 비록 정상안에서의 비교는 아니지만 이 역시 과거 TD OCT로 황반부 용적을 계산하여 연구한 결과와 향후 SD OCT로 측정한 결과와의 직접적인 비교에는 주의해야 할 점으로 생각된다.

본 연구에 포함된 대상들 중에 당뇨병성 망막병증이 없는 당뇨환자들을 선택함에 있어서 도상점안경검사등을 통해 주관적인 판단으로 이를 선정하였다는 점과, 고도 근시안에 있어서 오차를 일으킬 수 있는 안축장이라는 변수를 고려하지 않았다는 점은 본 연구의 제한점이 될 수 있겠다. 그러나 고도 근시안에서 안축장과 황반부 두께의 차이가 정상안과 비교하여 통계학적으로 의미가 없음을 보고하는 Wakitani Y et al³¹의 연구 결과도 본 연구 결과의 의미를 더해 주고 있다.

본 연구는 현재까지 한국인 정상안의 총 황반부 용적에 관한 정보가 없었기에 이의 기준을 제시하고자 하였고 연령대별, 성별, 전신질환 유무별, 굴절이상 정도에 따라 비교 분석함으로써 향후 황반부 병변의 조기 진단과 경과관찰에 유용한 기준을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

그리고 기존의 황반부 두께를 이용한 연구들에서 인종간의 두께 차이가 있을 것¹²이란 결과는 현재까지는 논란의 여지가 있으므로 황반부 용적값을 통해 이를 검증하려는 시도와 함께 본 연구에서 제외된 대상 연령군인 20세 미만 혹은 시력발달 과정에 있는 청소년층의 황반부 용적 변화 추이를 관찰하여 더욱 의미 있는 결과를 기대해 볼 수도 있을 것이다. 또한 향후 황반부 용적값과 시력과의 상관관계 및 여러 질환에서의 폭넓은 연구가 필요할 것으로 사료되는 바이다.

참고문헌

- 1) Menke MN, Dabov S, Knecht P, Sturm V. Reproducibility of retinal thickness measurements in healthy subjects using spectralis op-

- tical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 2009;147:467-72.
- 2) Nussenblatt RB, Kaufman SC, Palestine AG, et al. Macular thickening and visual acuity. Measurements in patients with cystoid macular edema. *Ophthalmology* 1987;94:1134-9.
- 3) Legarreta JE, Gregori G, Punjabi OS, et al. Macular thickness measurements in normal eyes using spectral domain optical coherence tomography. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2008;39: 43-9.
- 4) Hogan MJ, Alvarado JA, Weddell JE. *Histology of the human eye*. Philadelphia: WB Saunders Company 1971;492.
- 5) Yi K, Chen TC, de Boer JF. Spectral domain optical coherence tomography. *Technics in Ophthalmology* 2006;4:170-4.
- 6) Chen TC, Cense B, Pierce MC, et al. Spectral domain optical coherence tomography: ultra-high speed, ultra-high resolution ophthalmic imaging. *Arch Ophthalmol* 2005;123:1715-20.
- 7) Nassif N, Cense B, Park BH, et al. *In vivo* human retinal imaging by ultrahigh-speed spectral domain optical coherence tomography. *Opt Lett* 2004;29:480-2.
- 8) Kiernan DF, Hariprasad SM, Chin EK, et al. Prospective comparison of cirrus and stratus optical coherence tomography for quantifying retinal thickness. *Am J Ophthalmol* 2009;147:267-75.
- 9) Age-Related Eye Disease Study Group. The age-related eye disease study severity scale for age-related macular degeneration: AREDS report No. 17. *Arch Ophthalmol* 2005;123:1484-98.
- 10) 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.
- 11) Gieser JP, Rusin MM, Mori M, et al. Clinical assessment of the macula by retinal topography and thickness mapping. *Am J Ophthalmol* 1997;124:648-60.
- 12) Asrani S, Zou S, d'Anna S, et al. Noninvasive mapping of the normal retinal thickness at the posterior pole. *Ophthalmology* 1999;106: 269-73.
- 13) Kohnner EM, Dollery CT. Fluorescein angiography of the fundus in diabetic retinopathy. *Br Med Bull* 1970;26:166-70.
- 14) Weinberger D, Axer-Siegel R, Landau D, Yassur Y. Retinal thickness variation in the diabetic patient measured by the retinal thickness analyser. *Br J Ophthalmol* 1998;82:1003-6.
- 15) Fusimoto JG, Brezinski ME, Tearney GJ, et al. Optical biopsy and imaging using optical coherence tomography. *Nat Med* 1995; 1:970-2.
- 16) Fusimoto JG, Pitris C, Boppart SA, et al. Optical coherence tomography: an emerging technology for biomedical imaging and optical biopsy. *Neoplasia* 2000;2:9-25.
- 17) Han IC, Jaffe GJ. Comparison of spectral and time domain optical coherence tomography for retinal thickness measurements in healthy and diseased eyes. *Am J Ophthalmol* 2009;147:847-58.
- 18) Kang JH, Kim SA, Song WG, et al. Macular thickness changes with age in normal subjects measured by optical coherence tomography. *J Korean Ophthalmol Soc* 2004;45:592-8.
- 19) Kanai K, Abe T, Murayama K, et al. Retinal thickness and changes with age. *Nippon Ganka Gakkai Zasshi* 2002;106:162-5.
- 20) Massin P, Duguid G, Erginay A, et al. Optical coherence tomography for evaluating diabetic macular edema before and after vitrectomy. *Am J Ophthalmol* 2003;135:169-77.
- 21) Massin P, Vicaute E, Haouchine B, et al. Reproducibility of retinal mapping using optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol* 2001;119:1135-42.
- 22) Hee MR, Puliafito CA, Duker JS, et al. Topography of diabetic macular edema with optical coherence tomography. *Ophthalmology* 1998; 105:360-70.
- 23) Jung HJ, Hyun JH, Kim YI, Yun IH. Normal Macular thickness measured macular mapping of OCT3. *J Korean Ophthalmol Soc* 2004;45:962-8.
- 24) Sánchez-Tocino H, Alvarez-Vidal A, Maldonado MJ, et al. Retinal thickness study with optical coherence tomography in patients with diabetes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002;43: 1588-94.
- 25) Schaudig UH, Glaefke C, Scholz F, Richard G. Optical coherence tomography for retinal thickness measurement in diabetic patients without clinically significant macular edema. *Ophthalmic Surg Lasers* 2000;31:182-6.
- 26) Lee DY, Yu SY, Kwak HW. Quantitative analysis of macular thickness with OCT map. *J Korean Ophthalmol Soc* 2004;45:1496-502.
- 27) Panda-Jonas S, Jonas JB, Jakobczyk-Zmija M. Retinal photoreceptor density decreases with age. *Ophthalmology* 1995;102: 1853-9.
- 28) Panda-Jonas S, Jonas JB, Jakobczyk-Zmija M. Retinal pigment epithelial cell count, distribution, and correlations in normal human eyes. *Am J Ophthalmol* 1996;121:181-9.
- 29) Shin JH, Lee HJ, Jin KH. The relationship between axial length, refractive error and foveal thickness measured by OCT in Koreans. *J Korean Ophthalmol Soc* 2005;46:701-6.
- 30) 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.
- 31) Wakitani Y, Sasoh M, Sugimoto M, et al. Macular thickness measurements in healthy subjects with different axial lengths using optical coherence tomography. *Retina* 2003;23:177-82.

=ABSTRACT=

Mean Macular Volume in Normal Korean Eyes Measured by Spectral-domain Optical Coherence Tomography

Myeong Su Kang, MD, Sung Eun Kyung, MD, PhD, Moo Hwan Chang, MD, PhD

Department of Ophthalmology, Dankook University Medical College, Cheonan, Korea

Purpose: To evaluate the mean macular volume in normal Korean eyes using spectral-domain optical coherence tomography.

Methods: The present study consisted of 132 patients (212 eyes) with no ophthalmic evidence of retinopathy and who had a best corrected visual acuity of 1.0 or better. The total macular volume was measured using spectral-domain optical coherence tomography and was analyzed according to age group, sex, degree of refractive error and presence of systemic disease such as diabetes and hypertension.

Results: The mean total macular volume of all subjects was $10.07 \pm 0.45 \text{ mm}^3$, with means of $10.13 \pm 0.40 \text{ mm}^3$, $10.05 \pm 0.43 \text{ mm}^3$ and $9.97 \pm 0.58 \text{ mm}^3$ measured for the respective A, B, and C age groups. There was a significant difference between male and female patients. In addition, there was a significant difference between diabetic patients in group C and normal subjects. However, there was no significant difference according to degree of refractive error.

Conclusions: The measured value of mean macular volume in normal Korean eyes can be expected to provide a standard value for diagnosing retinal disease and the need for careful follow-up.

J Korean Ophthalmol Soc 2010;51(8):1077-1083

Key Words: Central subfield thickness, Macular thickness, Macular volume, Normal eyes, SD OCT

Address reprint requests to **Moo Hwan Chang, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Dankook University Hospital
#San 16-5 Anseo-dong, Cheonan 330-714, Korea
Tel: 82-41-550-6377, Fax: 82-41-561-0137, E-mail: changmh@dankook.ac.kr