

다섯 종류의 빛간섭단층촬영기로 측정한 망막신경섬유층 두께 비교

A Comparison of Retinal Nerve Fiber Layer Thickness Measured Using Five Different Optical Coherence Tomography Devices

이윤곤 · 황영훈

Youn Gon Lee, MD, Young Hoon Hwang, MD

건양대학교 의과대학 김안과병원 안과학교실 명곡안연구소

Myung-Gok Eye Research Institute, Department of Ophthalmology, Kim's Eye Hospital, Konyang University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To compare circumpapillary retinal nerve fiber layer (RNFL) thicknesses as measured using five different optical coherence tomography (OCT) devices.

Methods: RNFL thickness was measured in 32 healthy eyes of 32 subjects using a Cirrus HD-OCT (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA), Spectralis OCT (Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany), Topcon DRI OCT (Topcon, Tokyo, Japan), RS-3000 Advance OCT (NIDEK, Aichi, Japan), and RTVue-100 (Optovue, Fremont, CA, USA). Global and quadrant (superior, nasal, inferior, and temporal) RNFL thicknesses were compared using repeated measures analysis of variance, and the agreement among devices was determined using Bland-Altman analyses.

Results: The global RNFL thickness was greatest when measured using the Topcon DRI OCT, with a mean value of 107.5 μ m. The mean global RNFL thicknesses measured using the RTVue-100, RS-3000 Advance OCT, and Spectralis OCT were 104.9 \pm 8.4, 104.4 \pm 9.4, 102.5 \pm 8.9 μ m, respectively. The Cirrus HD-OCT presented the thinnest RNFL measurement, with a mean value of 97.7 \pm 8.7 μ m ($p < 0.01$). A similar pattern was found for the quadrant RNFL thicknesses ($p < 0.01$). Differences in the global RNFL thicknesses among the devices ranged from 0.5 to 9.9 μ m. The limits of agreement of the global RNFL thicknesses evaluated by Bland-Altman analyses ranged from 6.8 to 19.6 μ m.

Conclusions: RNFL thicknesses measured using five different OCT devices were not interchangeable and there was a wide limit of agreement. When interpreting RNFL thickness values determined by different devices, caution is advised.

J Korean Ophthalmol Soc 2018;59(3):261-267

Keywords: Glaucoma, Optical coherence tomography, Retinal nerve fiber layer

녹내장은 시신경유두 및 시신경유두 주위 망막신경섬유층의 변화가 특징인 질환이다. 따라서 녹내장의 진단 및 진행 판단에 시신경유두 주위 망막신경섬유층의 두께를

정확히 측정하는 것이 중요하다. 빛간섭단층촬영(optical coherence tomography, OCT)은 시신경유두 및 주변 조직을 높은 해상도로 관찰할 수 있는 장비로, 녹내장의 진단 및 진행 판단에 널리 이용되고 있다. 최근 도입된 spectral-domain 빛간섭단층촬영으로 측정한 시신경유두 주위 망막신경섬유층 두께는 높은 재현성과 뛰어난 녹내장 진단능력을 가지는 것으로 보고되었다.¹⁻⁵ 하지만 여러 제조사들에서 만들어진 서로 다른 종류의 빛간섭단층촬영기로 측정한 시신경유두 주위 망막신경섬유층 두께는 서로 다른 값을 보이는 것으로 알려져 있다.⁶⁻¹² 따라서 저자들

■ Received: 2017. 10. 19. ■ Revised: 2017. 11. 30.

■ Accepted: 2018. 2. 13.

■ Address reprint requests to **Young Hoon Hwang, MD**
Department of Ophthalmology, Kim's Eye Hospital, #136
Yeongsin-ro, Yeongdeungpo-gu, Seoul 07301, Korea
Tel: 82-2-2639-7777, Fax: 82-2-2633-3976
E-mail: brainh@hanmail.net

* Conflicts of Interest: The authors have no conflicts to disclose.

© 2018 The Korean Ophthalmological Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

은 2017년 현재, 국내에서 사용되고 있는 다섯 가지 서로 다른 종류의 빛간섭단층촬영기로 측정한 시신경유두 주위 망막신경섬유층 두께가 서로 어떻게 다른지 알아보기로 하였다.

대상과 방법

본 연구는 본원 기관생명윤리위원회 승인을 받은 것으로 본원 외래를 방문한 환자들 중 시력측정, 굴절검사, 안압측정, 세극등현미경을 이용한 전안부 검사, 90디옵터 렌즈를 이용한 시신경유두 및 안저 검사 결과에서 교정시력이 0.7 이상이고, 정상 범위의 안압(<21 mmHg)을 가지고 있고, 빛간섭단층촬영 측정에 영향을 줄 수 있는 각막 및 수정체 혼탁이 없고, 시신경유두 및 망막에 이상이 없는 사람을 대상으로 하였다. 시신경유두 및 망막에 구조적 이상이 없는 경우만 대상으로 선정했기 때문에 시야검사 등의 시기능 검사는 추가로 시행하지 않았다. 이전에 시력교정 수술, 백내장수술, 망막 수술 등 안내 수술을 받은 경우는 제외하였다. 양안 모두 포함대상인 경우, 한쪽 눈을 무작위로 선택하여 연구에 포함하였다.

빛간섭단층촬영은 Cirrus HD-OCT (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA), Spectralis OCT (Heidelberg engineering, Heidelberg, Germany), Topcon DRI OCT (Topcon Inc., Tokyo, Japan), RS-3000 Advance OCT (NIDEK, Aichi, Japan), RTVue-100 (Optovue Inc., Fremont, CA, USA)의 순서로 진행하였다. Cirrus HD-OCT, Spectralis OCT, Topcon DRI OCT는 같은 날 같은 시간대에 한 번에 검사를 시행했고, RS-3000 Advance OCT와 RTVue-100은 이후 각각 일주일 간격으로 추가로 검사를 시행했다. 검사는 대상자가 검사장비 앞에 앉은 상태에서 턱과 이마를 장비의 검사대에 고정하고, 산동은 하지 않은 상태에서 검사장비 내의 internal fixation target을 잘 주시하도록 안내한 후에 시행하였다. 가장 먼저 Cirrus HD-OCT의 Optic Disc Cube 200×200 프로토콜을 이용해 시신경유두 주위 망막신경섬유층의 두께를 측정하였다. Optic Disc Cube 200×200 프로토콜은 시신경 유두 중심을 기준으로 하여 6×6 mm² 영역의 망막신경섬유층 두께 및 3.46 mm의 직경을 가지는 scan circle 부위에 해당되는 망막신경섬유층 두께를 제공하는데, 이를 통해 얻은 전체 평균 및 각 사분면의 망막신경섬유층 두께를 분석에 이용하였다. 검사 결과에서 신호강도가 6 미만이거나 중심이 이탈되어 있는 경우, 그 외에 다른 오류가 있는 경우는 분석에서 제외하였다. Spectralis OCT의 경우, RNFL circle scan 프로토콜을 이용하여 3.45 mm의 직경을 가지는 scan circle이 지나

는 부위의 전체 및 사분면 망막신경섬유층 두께를 분석에 이용하였고, 신호강도가 15 dB보다 높은 경우만 포함하였다. Topcon DRI OCT는 6×6 scan 프로토콜을 이용하여 3.46 mm의 직경을 가지는 scan circle이 지나는 부위의 전체 및 사분면 망막신경섬유층 두께를 분석에 이용하였고, image quality factor가 60% 이상인 경우만 포함하였다. RS-3000 Advance OCT는 peripapillary scan circle 프로토콜을 이용하여 3.45 mm의 직경을 가지는 scan circle이 지나는 부위의 전체 및 사분면 망막신경섬유층 두께를 분석에 이용하였고, 신호강도가 6보다 높은 경우만 포함하였다. RTVue-100은 ONH scan 프로토콜을 이용하여 3.45 mm의 직경을 가지는 scan circle이 지나는 부위의 전체 및 사분면 망막신경섬유층 두께를 분석에 이용하였고, 신호강도가 30 이상인 경우만 포함하였다.

같은 대상에서 다른 검사 장비 사이의 측정치 차이는 반복측정 분산분석으로 비교하였고, 여러 장비로 측정된 값들의 일치도를 Bland-Altman plot으로 분석하였다. 일치도 범위 분석을 위해 두 장비로 측정된 값의 평균과 차이를 구하고, 일치도 범위(limit of agreement)를 ‘차이의 평균 ± (표준편차 × 2)’로 정의하였다. 또한 측정치의 정도에 따라 일치도에 차이가 있는지를 알아보기 위해서 두 장비 측정치의 평균과 차이의 관계를 Pearson’s correlation analysis를 통해서 분석하였다. 각 장비들 사이의 측정치 상관관계도 Pearson’s correlation analysis로 분석하였다. 각 장비 간 측정치의 차이의 원인 중 스캔영역 분포 차이의 가능성을 고려해서¹² 전체 평균 망막신경섬유층 두께 중에서 각 사분면 망막신경섬유층 두께가 차지하는 비율을 계산하여 반복측정 분산분석으로 비교하였다. 통계분석은 SPSS Windows version 12.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하였으며, *p*값이 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 판정하였다.

결 과

총 32명의 32안(여자 20명, 남자 12명)이 포함되었다. 대상자의 평균 나이는 29.8 ± 5.2세(범위, 20-41)였고, 굴절값은 -0.95 ± 1.29디옵터(범위, -3.25-1.50)였다. 전체 평균 망막신경섬유층 두께는 Topcon DRI OCT로 측정한 값이 평균 107.5 μm로 가장 컸고, RTVue-100으로 측정한 값이 104.9 μm, RS-3000 Advance OCT로 측정한 값이 104.4 μm, Spectralis OCT로 측정한 값이 102.5 μm였고, Cirrus HD-OCT로 측정한 값이 97.7 μm로 가장 작았다 (*p*<0.01, Table 1). 위쪽, 아래쪽, 귀쪽 사분면 망막신경섬유층 두께의 경우, Topcon DRI OCT로 측정한 값이 가장

크고, Cirrus HD-OCT로 측정한 값이 가장 작았다. 하지만 코쪽 사분면 망막신경섬유층 두께의 경우, RTVue-100으로 측정한 값이 가장 크고, RS-3000 Advance OCT로 측정한 값이 가장 작았다($p<0.01$, Table 1).

검사 장비 간 평균 전체 망막신경섬유층 두께 값의 차이는 RS-3000 Advance OCT-RTVue-100이 $0.5\ \mu\text{m}$ 로 가장 작았고, Cirrus HD-OCT-Topcon DRI OCT가 $-9.9\ \mu\text{m}$ 로 가장 컸다(Table 2, Fig. 1). Bland-Altman 분석을 통해 산출한 장비 간 전체 망막신경섬유층 두께 일치도 범위(limit of agreement)는 Topcon DRI OCT-Spectralis OCT가 $6.8\ \mu\text{m}$ 로 가장 작았고, Cirrus HD-OCT-RS-3000 Advance OCT가 $19.6\ \mu\text{m}$ 로 가장 크게 나타났다(Table 2, Fig. 1). 측정치의 정도와 장비 간 차이의 상관관계를 분석한 결과, 모든 경우의 수에서 유의한 상관관계를 보이지 않았다($p>0.05$, Table 2).

각 장비로 측정한 전체 망막신경섬유층 두께 값들은 상관계수 0.87에서 0.95의 높은 상관관계를 보였다($p<0.01$). 사분면 망막신경섬유층 두께도 상관계수 값이 위쪽 사분

면이 0.87에서 0.94, 코쪽 사분면이 0.61에서 0.95, 아래쪽 사분면이 0.85에서 0.92, 귀쪽 사분면이 0.77에서 0.84로 높은 상관 관계를 보였다($p<0.01$). 각 사분면 망막신경섬유층 두께와 전체 평균 망막신경섬유층 두께의 비율을 비교한 결과, 위쪽 사분면이 1.24에서 1.26, 코쪽 사분면이 0.64에서 0.72, 아래쪽 사분면이 1.26에서 1.29, 귀쪽 사분면이 0.78에서 0.81로 모든 사분면에서 각 장비 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$).

고 찰

빛간섭단층촬영은 녹내장의 진단과 진행판단에 널리 이용되는 장비로, 실제 임상에서는 여러 제조사에서 개발한 서로 다른 장비들이 혼용되고 있기 때문에 장비들 사이의 측정치에 어떤 차이가 있는지 알아보는 것은 여러 장비로 검사 받은 환자를 평가하는 데 중요한 정보를 제공한다. 이번 연구에 포함된 다섯 종류의 빛간섭단층촬영 장비는 현재 국내 안과 병원 · 의원에서 실제로 널리 사용

Table 1. Comparison of circumpapillary retinal nerve fiber layer thickness (μm) as measured by different optical coherence tomography (OCT) devices

	Cirrus HD-OCT	Topcon DRI OCT	RS-3000 Advance OCT	Spectralis OCT	RTVue-100	p -value*
Average	97.7 ± 8.7 (82-113)	107.5 ± 9.0 (91-127)	104.4 ± 9.4 (91-121)	102.5 ± 8.9 (87-120)	104.9 ± 8.4 (88-120)	<0.01
Quadrant						
Superior	121.3 ± 17.5 (86-167)	134.1 ± 15.4 (96-169)	133.8 ± 17.0 (93-174)	128.5 ± 15.0 (95-159)	129.3 ± 13.4 (92-153)	<0.01
Nasal	66.6 ± 8.5 (52-87)	68.6 ± 14.7 (35-93)	64.7 ± 13.2 (42-87)	65.5 ± 14.2 (40-95)	74.5 ± 10.9 (51-95)	<0.01
Inferior	125.4 ± 14.9 (97-158)	140.3 ± 15.4 (116-175)	136.1 ± 15.4 (111-172)	133.1 ± 14.9 (106-169)	130.7 ± 11.8 (106-157)	<0.01
Temporal	77.4 ± 15.1 (47-112)	86.9 ± 16.7 (53-139)	83.1 ± 14.1 (53-119)	82.8 ± 13.8 (54-109)	81.6 ± 10.5 (58-104)	<0.01

Values are presented as mean \pm SD (range) unless otherwise indicated.

*Repeated measures analysis of variance.

Table 2. Agreement of average retinal nerve fiber layer thickness (μm) as measured by different optical coherence tomography (OCT) devices

Device		Difference	LoA	Range	R^* (p -value)
Cirrus HD-OCT	Topcon DRI OCT	-9.9	-1.9/-17.9	16	-0.08 (0.678)
	RS-3000 Advance OCT	-6.8	3/-16.6	19.6	-0.14 (0.436)
	Spectralis OCT	-4.8	3.2/-12.8	16	-0.06 (0.764)
	RTVue-100	-7.2	1.6/-16	17.6	0.08 (0.668)
Topcon DRI OCT	RS-3000 Advance OCT	3.1	9.7/-3.5	13.2	-0.12 (0.522)
	Spectralis OCT	5.1	8.5/1.7	6.8	0.05 (0.787)
	RTVue-100	2.7	8.5/-3.1	11.6	0.23 (0.216)
RS-3000 Advance OCT	Spectralis OCT	2	8.8/-4.8	13.6	0.14 (0.445)
	RTVue-100	-0.5	6.7/-7.7	14.4	0.28 (0.116)
Spectralis OCT	RTVue-100	-2.4	3.4/-8.2	11.6	0.19 (0.292)

LoA = limit of agreement (mean difference \pm 2 standard deviation of difference).

*Pearson's correlation coefficient between mean and difference.

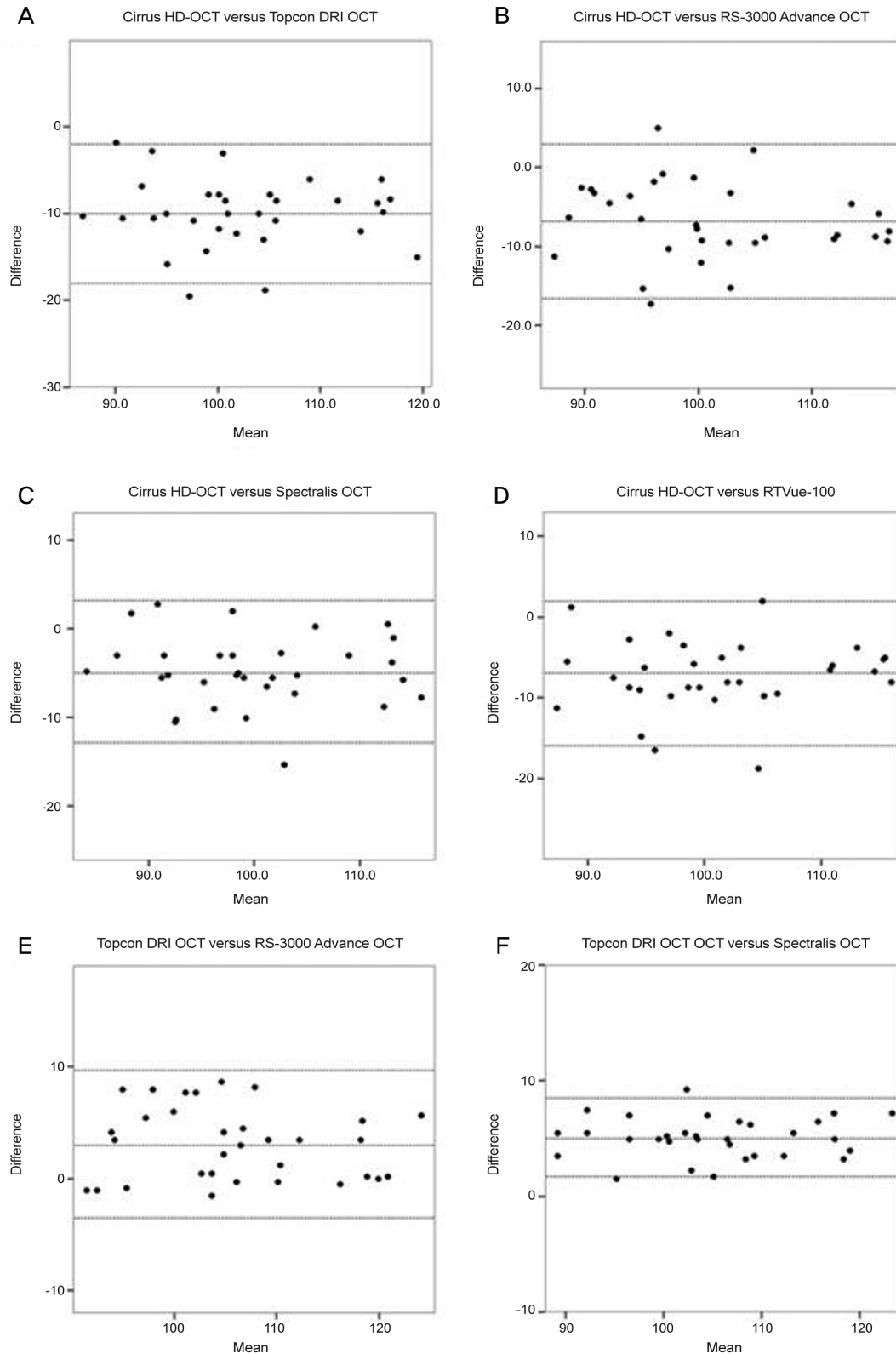


Figure 1. Bland-Altman plots for the average retinal nerve fiber layer thickness measurement using five different optical coherence tomography (OCT) devices. Upper and lower dashed lines indicate limit of agreement and middle dashed lines present mean difference value. (A) Cirrus HD-OCT versus Topcon DRI OCT. (B) Cirrus HD-OCT versus RS-3000 Advance OCT. (C) Cirrus HD-OCT versus Spectralis OCT. (D) Cirrus HD-OCT versus RTVue-100. (E) Topcon DRI OCT versus RS-3000 Advance OCT. (F) Topcon DRI OCT versus Spectralis OCT. (G) Topcon DRI OCT versus RTVue-100. (H) RS-3000 Advance OCT versus Spectralis OCT. (I) RS-3000 Advance OCT versus RTVue-100. (J) Spectralis OCT versus RTVue-100.

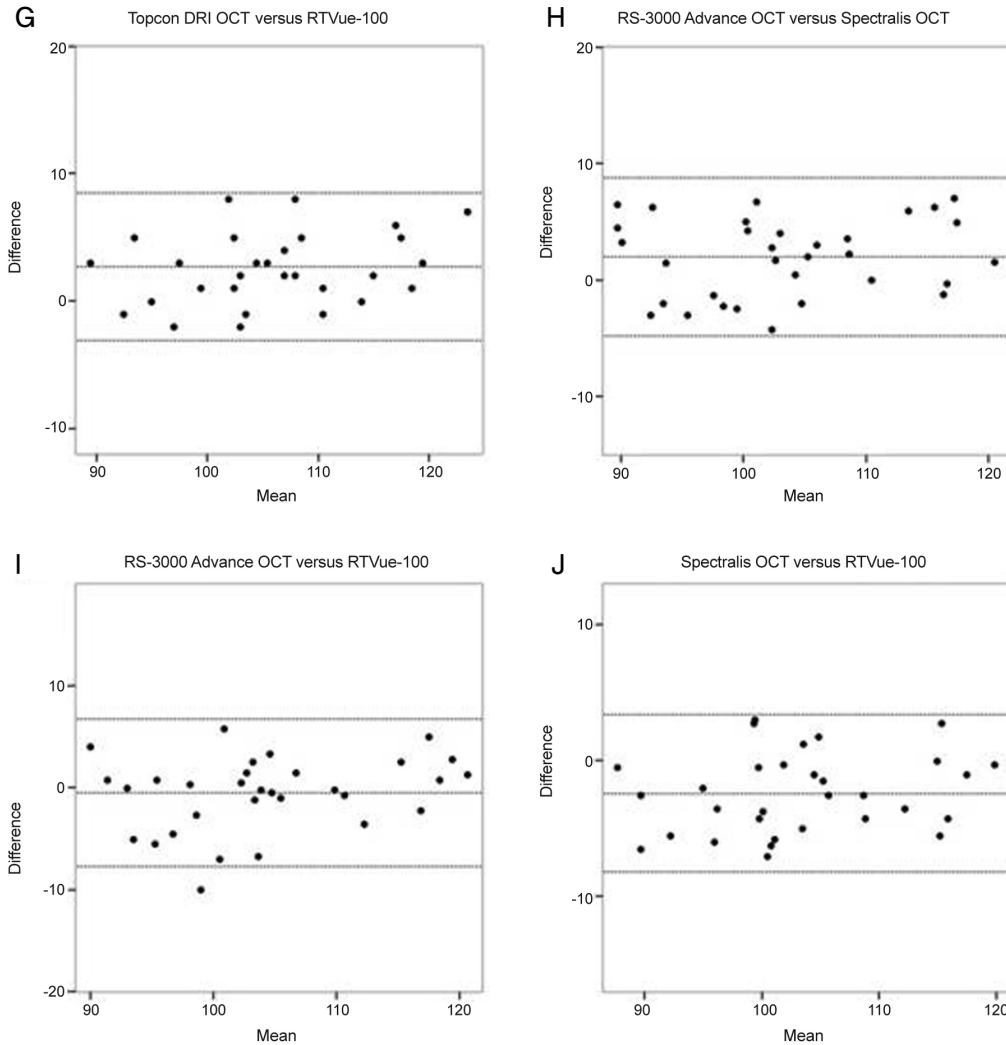


Figure 1. Continued

되고 있는 것들로, 이 다섯 종류의 장비로 측정한 값을 한번에 비교한 자료는 아직 발표된 바가 없다.

같은 눈을 대상으로 다른 종류의 빛간섭단층촬영 기기를 이용하여 측정한 망막신경섬유층 두께의 비교는 그간 여러 연구들 통해서 발표되었다. 예를 들어, 정상 38안을 대상으로 Cirrus HD-OCT, RS-3000 Advance OCT, RTVue-100, Spectralis OCT로 측정한 전체 평균 망막신경섬유층 두께는 각각 90.1, 102.4, 103.9, 93.3 μm 로 본 연구 결과와 수치의 차이는 있지만 RS-3000 Advance OCT, RTVue-100으로 측정한 값이 Spectralis OCT, Cirrus HD-OCT로 측정한 값보다 큰 경향은 비슷한 결과를 보였다.¹⁰ 녹내장 및 정상안을 대상으로 Cirrus HD-OCT, RTVue-100, Spectralis OCT로 망막신경섬유층을 측정한 연구에서도 전체 평균 망막신경섬유층 두께가 각각 83, 92, 85 μm 로 비슷한 성향을 보였다.¹¹ 장비마다 측정한 망막신경섬유층 두께가 다른 이유로 우선 망막신경섬유층

의 전후 경계를 결정하는 알고리즘의 차이를 생각해 볼 수 있다. 망막신경섬유층의 앞쪽 경계의 경우, 유리체-망막 경계면을 공통으로 사용하지만 뒤쪽 경계의 경우, 각 제조사마다 고유의 설정 알고리즘이 있기 때문에 망막신경섬유층 두께가 알고리즘에 따라 다르게 측정될 것으로 예상할 수 있다. 이번 분석에 사용된 망막신경섬유층 두께의 경우, 3.45-3.46 mm의 직경을 가지는 scan circle이 지나는 부분의 망막신경섬유층 두께를 분석한 것으로, scan circle의 중심을 정하는 방법 역시 각 제조사마다 가지고 있는 고유의 알고리즘에 따라 결정되기 때문에 검사 장비마다 scan circle의 위치가 다르다면 망막신경섬유층 두께의 차이에도 영향을 줄 수 있을 것이다.¹² 예를 들어, 다른 장비보다 scan circle의 중심이 더 아래쪽에 위치한다면 시신경유두 중심에서 멀어질수록 얇아지는 망막신경섬유층의 분포를 고려했을 때, 아래쪽이 상대적으로 더 얇게 측정될 것이고, 다른 장비에 비해서 아래쪽 사분면이 전체

두께에서 차지하는 비율이 낮을 것으로 예측해 볼 수 있다. 이를 알아보기 위해 각 장비 사이의 전체 평균 두께에서 각 사분면이 차지하는 비율을 비교했는데, 유의한 차이를 보이지 않았다. 따라서 본 연구에서 scan circle 중심의 차이는 장비 간 측정치 차이에 큰 영향을 주지 않은 것으로 생각한다. 그 외에 비슷한 3.45-3.46 mm scan circle이라도 검사 장비에 따라서 실제 망막에 상이 맺히는 크기는 다를 수 있고, 상이 맺히는 각도나 빛의 투과되는 정도의 차이 등도 검사 장비 간 측정치 차이의 원인이 될 수 있을 것으로 생각한다.¹¹

이번 연구에 의하면, 서로 다른 장비 사이의 전체 평균 망막신경섬유층 두께 값의 차이는 0.5에서 9.9 μm 였고, Bland-Altman 분석을 통해 산출한 장비 간 전체 망막신경섬유층 두께 일치도 범위는 6.8에서 19.6 μm 로 나타났다. 임상에서 빛간섭단층촬영으로 측정한 값의 의미있는 변화를 정의할 때 흔히 사용되는 방법이 같은 눈에서 동일한 장비를 사용하여 여러 번 측정하여 얻은 값의 변동 범위를 기준으로 그 범위보다 큰 값이 나오면 의미있는 변화로 간주하는 것이다. 한 눈에서 같은 장비를 사용하여 여러 번 측정한 값을 이용하여 변동 범위를 산출한 연구들에 의하면 전체 망막신경섬유층 두께의 변동 범위는 약 5 μm 였다.¹⁻³ Topcon DRI OCT와 Spectralis OCT를 비교할 경우, Topcon DRI OCT가 평균 5 μm 더 두껍게 측정했지만 일치도 범위는 6.8 μm 로 같은 장비로 측정한 변동 범위와 거의 비슷한 값을 보였다. 즉 Topcon DRI OCT와 Spectralis OCT의 경우, 측정치가 다르지만 그 차이가 거의 일정한 수준을 보였다고 볼 수 있다. 따라서 두 장비로 측정한 값을 함께 해석해야 하는 경우, 이 점을 유의해서 판독하면 도움이 될 것으로 생각한다. 반면, 다른 검사 장비 간의 비교에서는 일치도 범위가 11.6에서 19.6 μm 로 동일 검사 측정 변동 범위보다 두 배 이상 컸다. 예를 들면, RS-3000 Advance OCT와 RTVue-100을 비교했을 때, 평균 차이는 0.5 μm 로 가장 작았지만 일치도 범위는 14.4 μm 로 컸기 때문에 두 검사로 측정한 값을 함께 해석할 경우, 일관된 변화 외에 예상치 못한 변동의 가능성도 함께 고려해야 할 것이다.

이전 연구 결과에 의하면 망막신경섬유층이 두꺼울수록 검사 장비 간의 측정치 차이가 더 큰 것으로 나타났다.^{2,11} 따라서 본 연구에서도 측정치의 정도와 차이의 상관관계를 추가로 분석했지만 모든 경우의 수에서 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 이는 각 장비 간 망막신경섬유층 두께의 차이가 망막신경섬유층 두께의 정도와 상관 없이 일정할 가능성을 시사하는 결과이다. 하지만 본 연구에서는 정상안만 포함되었기 때문에 망막신경섬유층 두께

의 범위가 상대적으로 좁아서 차이가 일정하게 나왔을 가능성도 고려해야 할 것이다. 따라서 향후 다양한 정도의 녹내장을 가진 눈에서 어떤 차이를 보일지 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한 대상안의 굴절값의 범위가 넓지 않았고, 대상 수도 많지 않았기 때문에 망막신경섬유층 두께 외에 굴절값이나 안축장 등 여러 다른 영향요인들은 더 다양한 대상을 가진 연구에서 추가로 분석을 고려해야 할 것이다. 본 연구에서는 각 장비를 이용한 측정이 모두 같은 날, 같은 시간에 한꺼번에 이루어지지 않았다. 비록 장비 간의 검사 간격이 길지 않았기 때문에 시간에 따른 차이는 크지 않을 것으로 생각되지만, 방문간 변동(intervisit variability)의 가능성을 고려해야 할 것으로 생각된다.

요약하면, 정상안을 대상으로 서로 다른 다섯 종류의 빛간섭단층촬영으로 측정한 망막신경섬유층 두께는 서로 다른 값을 보였고, 일치도 범위는 임상에서 사용되는 변동량보다 컸다. 따라서 서로 다른 빛간섭단층촬영으로 측정한 값을 한 눈에 적용할 때는 이런 점을 고려해야 할 것이다.

REFERENCES

- 1) Leung CK, Cheung CY, Weinreb RN, et al. Retinal nerve fiber layer imaging with spectral-domain optical coherence tomography: a variability and diagnostic performance study. *Ophthalmology* 2009;116:1257-63, 1263.e1-2.
- 2) Matlach J, Wagner M, Malzahn U, Göbel W. Repeatability of peripapillary retinal nerve fiber layer and inner retinal thickness among two spectral domain optical coherence tomography devices. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014;55:6536-46.
- 3) Carpineto P, Nubile M, Agnifili L, et al. Reproducibility and repeatability of Cirrus(TM) HD-OCT peripapillary retinal nerve fibre layer thickness measurements in young normal subjects. *Ophthalmologica* 2012;227:139-45.
- 4) Kim NR, Lee ES, Seong GJ, et al. Spectral-domain optical coherence tomography for detection of localized retinal nerve fiber layer defects in patients with open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol* 2010;128:1121-8.
- 5) Hwang YH, Kim YY, Kim HK, Sohn YH. Ability of cirrus high-definition spectral-domain optical coherence tomography clock-hour, deviation, and thickness maps in detecting photographic retinal nerve fiber layer abnormalities. *Ophthalmology* 2013;120:1380-7.
- 6) Han KE, Jun RM, Choi KR. Comparison of RNFL thickness measured by two different kind of OCT in NTG Patients. *J Korean Ophthalmol Soc* 2009;50:1853-9.
- 7) Kim BK, Lee DW, Ahn M, Cho NC. Comparison of time domain OCT and spectrum domain OCT for retinal nerve fiber layer assessment. *J Korean Ophthalmol Soc* 2009;50:1539-47.
- 8) Ha A, Lee SH, Lee EJ, Kim TW. Retinal nerve fiber layer thickness measurement comparison using spectral domain and swept source optical coherence tomography. *Korean J Ophthalmol* 2016;30:

- 140-7.
- 9) Shin HJ, Cho BJ. Comparison of retinal nerve fiber layer thickness between Stratus and Spectralis OCT. Korean J Ophthalmol 2011;25:166-73.
- 10) Pierro L, Gagliardi M, Iuliano L, et al. Retinal nerve fiber layer thickness reproducibility using seven different OCT instruments. Invest Ophthalmol Vis Sci 2012;53:5912-20.
- 11) Leite MT, Rao HL, Weinreb RN, et al. Agreement among spectral-domain optical coherence tomography instruments for assessing retinal nerve fiber layer thickness. Am J Ophthalmol 2011;151:85-92.e1.
- 12) Kanamori A, Nakamura M, Tomioka M, et al. Agreement among three types of spectral-domain optical coherent tomography instruments in measuring parapapillary retinal nerve fibre layer thickness. Br J Ophthalmol 2012;96:832-7.

= 국문초록 =

다섯 종류의 빛간섭단층촬영기로 측정한 망막신경섬유층 두께 비교

목적: 다섯 종류의 빛간섭단층촬영기를 이용하여 측정한 시신경유두주위 망막신경섬유층 두께를 비교하고자 한다.

대상과 방법: 정상인 32명의 32안을 대상으로 Cirrus HD-OCT (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA), Spectralis OCT (Heidelberg engineering, Heidelberg, Germany), Topcon DRI OCT (Topcon Inc., Tokyo, Japan), RS-3000 Advance OCT (NIDEK, Aichi, Japan), RTVue-100 (Optovue Inc., Fremont, CA, USA)을 이용하여 시신경유두주위 전체 평균 및 사분면(위쪽, 코쪽, 아래쪽, 귀쪽) 망막신경섬유층 두께를 측정하였다. 각 장비로 측정한 망막신경섬유층 두께를 반복측정분산분석으로 비교하고, Bland-Altman 분석을 통해 일치도를 분석하였다.

결과: 전체 평균 망막신경섬유층 두께는 Topcon DRI OCT로 측정한 값이 평균 $107.5 \pm 9.0 \mu\text{m}$ 로 가장 컸고, RTVue-100으로 측정한 값이 $104.9 \pm 8.4 \mu\text{m}$, RS-3000 Advance OCT로 측정한 값이 $104.4 \pm 9.4 \mu\text{m}$, Spectralis OCT로 측정한 값이 $102.5 \pm 8.9 \mu\text{m}$ 였고, Cirrus HD-OCT로 측정한 값이 $97.7 \pm 8.7 \mu\text{m}$ 로 가장 작았다($p < 0.01$). 사분면 망막신경섬유층 두께도 전체 평균 두께와 비슷한 양상을 보였다($p < 0.01$). 검사 장비 간 전체 평균 망막신경섬유층 두께 값의 차이는 0.5에서 $9.9 \mu\text{m}$ 였고, Bland-Altman 분석을 통해 산출한 장비 간 전체 망막신경섬유층 두께 일치도 범위(limit of agreement)는 6.8에서 $19.6 \mu\text{m}$ 로 나타났다.

결론: 다섯 종류의 빛간섭단층촬영 장비로 측정한 시신경유두주위 망막신경섬유층 두께는 서로 다른 값을 보였고 일치도 범위도 넓었다. 따라서 서로 다른 장비로 측정한 망막신경섬유층 두께 값을 분석할 때 주의해야 할 것이다.

〈대한안과학회지 2018;59(3):261-267〉
