

당뇨황반부종 환자에서 이미지 압축이 빛간섭단층촬영 결과 해석에 미치는 영향

Influence of Image Compression on the Interpretation of Optical Coherence Tomography in Diabetic Macular Edema

강선아 · 장영석 · 김종우 · 김철구 · 이태곤 · 김재휘

Sunah Kang, MD, Young Suk Chang, MD, Jong Woo Kim, MD, Chul Gu Kim, MD,
Tae Gon Lee, MD, Jae Hui Kim, MD

건양대학교 의과대학 김안과병원 안과학교실

Department of Ophthalmology, Kim's Eye Hospital, Konyang University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate the influence of image compression on optical coherence tomography (OCT) images in eyes with diabetic macular edema (DME).

Methods: Twenty eyes of 30 patients diagnosed with DME were included in this retrospective observational case series. Horizontal OCT scans centered at the center of the fovea were conducted using spectral-domain OCT (Spectral OCT/SLO®). The images were exported to Tag Image File Format (TIFF) and then transformed to 10, 5, and 1 quality of Joint Photographic Experts Group (JPEG) format using Photoshop. OCT images were taken before and after intravitreal bevacizumab injection. The presence of intraretinal fluid, foveolar detachment, and photoreceptor inner segment/outer segment (IS/OS) disruption were evaluated in each image.

Results: The mean (+/- standard deviation) size of TIFF images and 10, 5 and 1 quality JPEG images were 1712.0, 183.3 ± 6.8, 90.9 ± 4.3, 42.8 ± 1.4 kilobytes (KB), respectively, before the injection and 1712.0, 189.5 ± 9.1, 94.9 ± 5.6, 43.4 ± 1.8 KB, respectively, after the injection. The presence of intraretinal fluid, foveolar detachment, and photoreceptor IS/OS disruption identified in TIFF images was also identified in the compressed JPEG images.

Conclusions: Quality of retinal OCT image did not influence the estimation of DME despite the JPEG image being compressed to approximately 1/40 of the original TIFF image size.

J Korean Ophthalmol Soc 2014;55(9):1320-1326

Key Words: Diabetic macular edema, Image compression, Optical coherence tomography

스펙트럼 도메인 빛간섭단층촬영 기기는 높은 해상도의 이미지를 제공하여 세밀한 망막 검사가 가능하며,^{1,2} 최근 다

양한 안과적 질환의 진단과 치료, 연구에 이용되고 있다.³⁻⁸ 그러나 해상도의 증가는 필연적으로 이미지 용량의 증가를 동반하게 되는데, 이는 두 가지 부분에서 문제의 소지가 될 수 있다. 우선 현재 국내 대부분의 병원에서 도입하고 있는 전자저장기록 시스템을 이용하는 경우 고용량의 이미지는 외래 컴퓨터의 모니터로 이미지를 불러오는 데에 상대적으로 많은 시간이 소요되어 원활한 환자 진료를 방해하는 요인이 될 수 있다. 또한 다기관 연구를 수행하기 위해 이미지를 웹하드와 같은 저장매체에 저장하거나 타 연구자에게

■ Received: 2014. 3. 8. ■ Revised: 2014. 4. 24.

■ Accepted: 2014. 8. 1.

■ Address reprint requests to **Jae Hui Kim, MD**
Department of Ophthalmology, Konyang University Kim's Eye Hospital, #136 Yeongsin-ro, Yeongdeungpo-gu, Seoul 150-034, Korea
Tel: 82-2-2671-7665, Fax: 82-2-2671-6359
E-mail: kjh7997@daum.net

© 2014 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.

보내야 하는 경우 역시 고용량의 이미지는 상당한 부담으로 작용할 수 있다. 따라서 효율적인 빛간섭단층촬영 이미지 관리를 위해서는 어느 정도의 이미지 압축이 필요하다고 할 수 있을 것이다. 그러나 이미지의 압축은 필연적으로 이미지 질의 저하를 가져오게 되는데, 이러한 질의 저하가 일정 이상 발생하게 되면 이미지를 바탕으로 치료 방침을 결정하는 데에 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 이미지 압축의 정도가 빛간섭단층촬영 이미지에 미치는 영향에 대한 연구는 유용한 정보를 제공해 줄 수 있을 것으로 생각되나 현재까지 이러한 연구 결과는 보고된 바 없다.

당뇨황반부종은 실명을 유발할 수 있는 심각한 질환으로 유리체강내 항혈관내피세포인자 주입술이 유용한 치료법으로 이용되고 있다.⁹⁻¹³ 빛간섭단층촬영은 이러한 당뇨황반부종에서 망막의 상태를 정확히 평가하는 데 이용되는 중요한 기기 중 하나이다.^{7,8,14-17}

본 연구에서는 당뇨황반부종에서 스펙트럼 도메인 빛간섭단층촬영 이미지 압축의 정도가 이미지 해석에 미치는 영향을 알아보고자 한다. 더 나아가 이미지 해석에 영향을 미치지 않으면서 최소한의 용량을 가지는 적절한 압축의 정도를 알아보고자 한다.

대상과 방법

2012년 1월부터 2012년 5월 사이에 당뇨황반부종으로 진단받고 유리체강내 항혈관내피세포인자 주입술을 시행 받은 30명의 환자를 대상으로 후향적 의무기록 분석을 시행하였다. 당뇨황반부종의 진단은 90디옵터 렌즈를 이용한 세극등 검사를 기본으로 하여 빛간섭단층촬영과 형광안저혈관조영 결과를 바탕으로 이루어졌다. 빛간섭단층촬영 결과에 영향을 줄 수 있는 매체 혼탁이 있거나 심한 안내 출혈이 있는 경우 연구에서 제외하였다. 환자의 연령, 구면렌즈대응치, 시력 및 빛간섭단층촬영 기기를 이용한 중심황반두께 측정 결과를 수집하였다.

환자의 초진 시 및 유리체강내 항혈관내피세포인자 주입술을 시행 받은 후 스펙트럼 도메인 빛간섭단층촬영 기기(Spectral OCT/SLO[®]; OTI Ophthalmic Technologies Inc., Miami, FL)를 이용하여 촬영을 시행하였다. 하나의 이미지를 얻기 위해 1회의 촬영만 시행하였으며, 여러 번의 촬영 결과를 취합하여 고품질의 이미지를 만들어 내는 frame averaging은 시행되지 않았다. 빛간섭단층촬영은 중심와오목을 중심으로 하여 수평 방향으로 시행되었다. 촬영된 이미지는 빛간섭단층촬영 기기에 제공되는 이미지 분석 프로그램을 이용해 압축되지 않은 Tag Image File Format (TIFF)으로 추출하였다. 추출된 이미지는 Photoshop 프로그램으로

옮겨져 Joint Photographic Experts Group (JPEG) 파일로 추출되었다. Photoshop 프로그램에서는 0부터 12까지 품질의 JPEG 이미지 압축을 제공하고 있는데, 본 연구에서는 이들 중 1, 5, 10의 품질(숫자가 높을수록 용량이 크고 품질이 좋음)을 임의로 선택하여 연구를 시행하였다. 결과적으로 한 개의 빛간섭단층촬영 이미지를 네 개의 서로 다른 압축 정도를 가진 이미지들(하나의 TIFF 파일 및 3종류의 서로 다른 압축 정도를 가진 JPEG 파일)로 변환하여 분류하였다.

황반부종의 종류에 따라 이미지 압축이 미치는 영향을 평가하기 위해 대상군을 빛간섭단층촬영 형태에 따라 분류하였는데, 분류에는 Lim et al¹⁸의 연구에 이용된 방법을 이용하였다. 장액성 망막박리와 낭포황반부종을 동반하지 않으면서 미만성으로 망막이 두꺼워진 군을 1군, 낭포황반부종을 보인 군을 2군, 장액성 망막박리를 동반한 군을 3군, 장액성 망막박리와 낭포황반부종을 함께 동반한 군을 4군으로 분류하였다. 장액성 망막박리와 낭포황반부종 또는 장액성 망막박리가 미만성으로 두꺼워지는 양상과 동반되었을 때 각각 2군과 3군으로 분류하였다.¹⁸

이미지 분석에는 24인치 모니터와 Image J 프로그램(National Institute of Health, Bethesda, MD, USA)을 이용하였다. 각각의 이미지는 24인치 모니터 전체 화면에 맞는 크기로 확대하여 분석하였다. 각각의 이미지에서 망막내액(intraretinal fluid) 및 중심와박리(foveolar detachment)의 유무 및 중심오목의 내절/외절(inner segment/outer segment) 손상 유무를 분석하였다. 이미지 분석은 두 명의 안과 전문의가 함께 시행하였으며, 두 분석자 간 토의를 통해 병변 유무를 진단하였다. 같은 안의 사진을 연속적으로 분석할 경우 전후 사진을 비교하여 병변의 유무를 추측할 수 있으므로 이에 따른 오류를 방지하기 위해 총 80개의 이미지들을 무작위 순서로 분석하였다.

압축된 정도에 따른 이미지 용량의 차이를 서로 비교하였으며, 망막의 병변이 관찰되는 정도를 서로 비교하였다. 또한 TIFF 이미지와 비교하여 압축된 이미지의 품질이 저하되었다는 점을 구별 가능한지 역시 확인하였는데, 쉽게 구별 가능한 경우, 어렵게 구별 가능한 경우, 및 구별 불가능한 경우로 나누어 측정하였다.

이미지 압축에 따른 해상도 차이를 알아보기 위해 TIFF 이미지와 1품질의 JPEG에서 이미지를 구성하는 기본 입자를 확인하였고 이들의 직경을 측정하였다. 직경 측정은 각 안에서 치료 전의 이미지를 구성하는 전체 입자 중 하나를 선택하여 시행하였다. 또한 TIFF 및 10, 5, 1 품질의 이미지에서 치료 후의 빛간섭단층촬영에서 관찰된 가장 큰 망막내액의 최대직경을 추가로 측정하였는데, 이를 통해 1) 이미지 압축이 병변의 범위 측정에 미치는 영향을 알아보고,

Table 1. Size of image, prevalence of intraretinal fluid, foveolar detachment, and foveal photoreceptor inner segment/outer segment (IS/OS) disruption, according to the file format and degree of compression

Findings	File format and degree of image compression			
	TIFF (uncompressed)	JPEG (10 quality)	JPEG (5 quality)	JPEG (1 quality)
Before treatment (n = 30)				
Size of image (KB)	1712	183.3 ± 6.8	90.9 ± 4.3	42.8 ± 1.4
Intraretinal fluid (+/-) (n)	30/0	30/0	30/0	30/0
Foveolar detachment (+/-) (n)	10/20	10/20	10/20	10/20
IS/OS disruption (+/-) (n)	3/27	3/27	3/27	3/27
After intravitreal bevacizumab injections (n = 30)				
Size of image (KB)	1712	189.5 ± 9.1	94.9 ± 5.6	43.4 ± 1.8
Intraretinal fluid (+/-) (n)	23/7	23/7	23/7	23/7
Foveolar detachment (+/-) (n)	5/25	5/25	5/25	5/25
IS/OS disruption (+/-) (n)	3/27	3/27	3/27	3/27

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

TIFF = tag image format; JPEG = joint photographic experts group; KB = kilobytes.

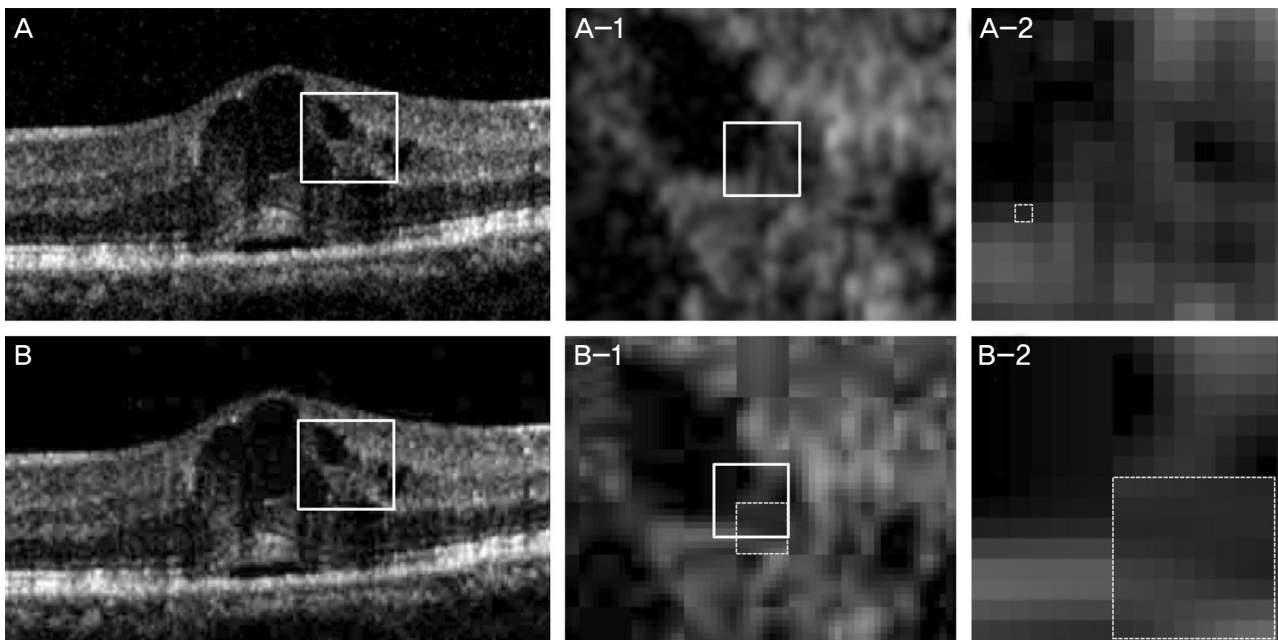


Figure 1. Comparison of image quality between an image of Tag Image File Format (TIFF) format (A, A-1, A-2) and images of 1 quality of Joint Photographic Experts Group (JPEG) compression format (B, B-1, B-2) in an eye with diabetic macular edema before treatment. A-1, B-1: ×600% magnified view of areas enclosed by white square (A, B), A-2, B-1: ×3,200% magnified view of areas enclosed by white square (A-1, B-1). Magnified views show the distorted image. The image was composed of small squares (dotted square, A-2) in the TIFF image, whereas the basic unit composing the JPEG image was relative large square (dotted square, B-1, B-2) which composed of 8×8 small squares. However, the presence of subfoveal serous detachment and small intraretinal cysts were clearly identified even in compressed image.

2) 본 연구에서 이미지 압축에도 불구하고 확인 가능한 가장 작은 병변의 크기를 알아보고자 하였다.

SPSS 통계 프로그램(SPSS ver. 18.0 for Windows; SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석을 시행하였다. 이미지들의 압축 정도에 따른 용량의 차이와 망막내액 직경 차이의 경우 repeated measures analysis of variance with a Bonferroni's correction 통계 방법을 이용하여 비교하였다. TIFF 이미지와 비교하여 압축된 이미지들의 구별 가능 여부에 대해

서는 Chi-square test를 이용하여 분석하였다. 압축 정도에 따른 기본 입자의 직경 차이의 경우 paired *t*-test를 이용하여 비교하였다. 0.05 미만의 *p*값을 유의한 것으로 정의하였다.

결 과

전체 30명의 환자를 대상으로 연구를 시행하였다. 남성 18명, 여성 12명이었으며 환자의 연령은 평균 54.4 ± 7.9세였

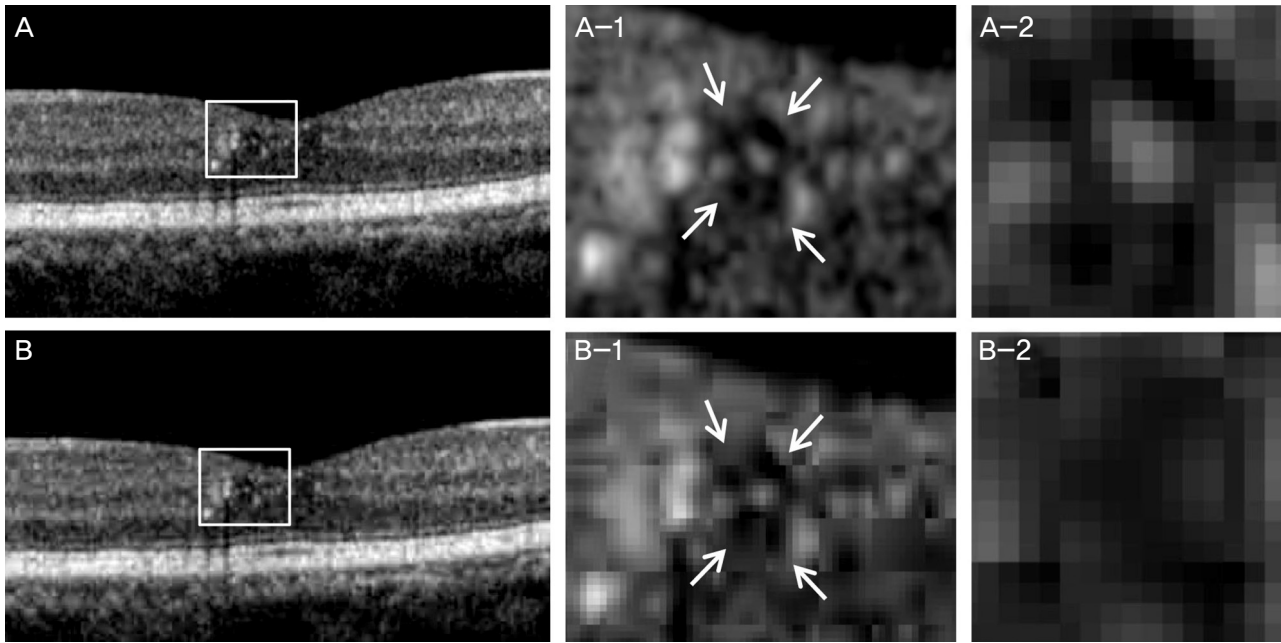


Figure 2. Comparison of image quality between an image of Tag Image File Format (TIFF) format (A, A-1, A-2) and images of 1 quality of Joint Photographic Experts Group (JPEG) compression format (B, B-1, B-2) in an eye with diabetic macular edema after treatment. A-1, B-1: $\times 600\%$ magnified view of areas enclosed by white square (A, B), A-2, B-2: $\times 3,200\%$ magnified view of areas indicated by white arrows (A-1, B-1). Magnified view shows the distorted pixels in compressed JPEG image (B-1, B-2). The presence of very small intraretinal cysts white arrows was clearly identified even in compressed image (B-1).

다. 분석 결과는 Table 1에 요약되어 있다. 초진 시 logMAR (minimal angle of resolution) 최대교정시력은 평균 0.47 ± 0.24 이었으며, 평균 중심황반두께는 $422.0 \pm 67.3 \mu\text{m}$ 로 측정되었다. 6안(20.0%), 14안(46.7%), 3안(10.0%), 7안(23.3%) 이 각각 1군, 2군, 3군, 4군의 당뇨황반부종으로 분류되었다.

TIFF 및 10, 5, 1 품질의 JPEG 이미지의 평균 용량은 각각 1712.0, 183.3 ± 6.8 , 90.9 ± 4.3 , 42.8 ± 1.4 KB (kilobytes)였으며, 네 종류의 이미지 사이에는 유의한 용량의 차이가 있었는데(Table 1, $p=0.001$), TIFF 이미지는 10, 5, 1 품질의 JPEG 이미지와 비교하였을 때 유의하게 큰 용량을 보였다($p<0.001$, $p<0.001$, $p<0.001$). TIFF 이미지에서 망막내액, 중심와박리 및 중심오목의 내절/외절 손상은 각각 30안(100.0%), 10안(33.3%) 및 3안(10.0%)에서 발견되었다. 10, 5, 및 1 품질의 JPEG 이미지에서도 병변의 유무는 TIFF 이미지와 정확하게 일치하였으며, 병변의 유무가 정확하게 판별되지 않은 경우는 없었다(Fig. 1). 압축 정도에 따른 이미지 품질 저하의 경우 10품질에서는 30안 전체에서 TIFF 이미지와 구별 불가능하였고, 5품질의 경우 19안(63.3%)에서는 구별이 불가능하였으며, 11안(33.7%)에서는 어렵게 구별이 가능하였다. 1품질의 경우 30안(100.0%) 전체에서 쉽게 구별이 가능하였다.

유리체강내 항혈관내피세포인자 주입술을 평균 1.8 ± 0.7 회(1-3회) 시행 받은 후 시력은 0.31 ± 0.19 로 호전되었으

며, 중심황반두께는 $285.7 \pm 65.1 \mu\text{m}$ 로 감소하였다. TIFF 및 10, 5, 1 품질의 JPEG 이미지의 평균 용량은 각각 1712.0, 189.5 ± 9.1 , 94.9 ± 5.6 , 43.4 ± 1.8 KB이었다. 네 종류의 이미지 사이에는 유의한 용량의 차이가 있었는데 (Table 1, $p=0.001$), TIFF 이미지는 10, 5, 1 품질의 JPEG 이미지와 비교하였을 때 유의하게 큰 용량을 보였다($p<0.001$, $p<0.001$, $p<0.001$). TIFF 이미지에서 망막내액, 중심와박리 및 중심오목의 내절/외절 손상은 각각 25안(83.3%), 5안(16.7%) 및 3안(10.0%)에서 발견되었다. 10, 5, 및 1 품질의 JPEG 이미지에서도 역시 TIFF 이미지와 병변의 유무가 정확하게 일치하였으며, 병변의 유무가 정확하게 판별되지 않은 경우는 없었다(Fig. 2). 압축 정도에 따른 이미지 품질 저하의 경우 10품질에서는 30안 전체에서 TIFF 이미지와 구별 불가능하였고, 5품질의 경우 17안(56.7%)에서는 구별이 불가능하였으며, 13안(43.3%)에서는 어렵게 구별이 가능하였다. 1품질의 경우 30안(100.0%) 전체에서 쉽게 구별이 가능하였다. 각 압축된 이미지의 구별 가능 정도는 압축 정도에 따라 유의한 차이가 있었다($p<0.001$).

이미지를 구성하는 기본 입자의 평균 직경은 TIFF 이미지의 경우 $3.7 \pm 0.1 \mu\text{m}$, 1 quality JPEG 이미지의 경우 $30.0 \pm 0.3 \mu\text{m}$ 로 측정되었는데, JPEG 이미지의 경우 TIFF 이미지를 구성하는 가장 작은 기본 입자 8×8 개가 모여 하나의 기본 입자를 형성하는 양상을 보였다(Fig. 1). TIFF 이미지

에서 측정된 망막내액의 평균 직경은 $96.9 \pm 63.5 \mu\text{m}$ ($13.4 - 243.1 \mu\text{m}$)이었다. 10, 5, 1 품질의 JPEG 이미지에서 측정된 망막내액의 평균 직경은 각각 $96.1 \pm 63.5 \mu\text{m}$, $98.7 \pm 66.0 \mu\text{m}$, $98.2 \pm 64.5 \mu\text{m}$ 이었다. 이미지 압축 정도에 따른 망막내액 직경의 차이는 유의하지 않았다($p=0.177$).

고 찰

본 연구에서는 각 이미지에서 망막내액, 중심와박리 및 중심오목의 내절/외절 손상이 관찰되는 정도를 비교하였다. 망막내액과 중심와박리의 존재여부는 당뇨황반부종의 정도를 보여주는 지표가 될 수 있으며, 치료방침을 결정하는데 있어서 참고 소견으로 흔히 이용되고 있다. 본 연구에서는 치료 전뿐 아니라 치료 후의 빛간섭단층촬영 이미지를 대상으로 연구를 시행하여 추가 치료 여부를 결정하는데 있어서 이미지 압축의 영향 또한 알아보고자 하였다. 중심오목의 내절/외절 손상은 시력 예후와 밀접하게 연관된 인자로^{14,17} 비록 당뇨황반부종이 성공적으로 치료되었다 하더라도 중심오목의 내절/외절이 손상된 경우 시력의 호전은 제한적인 것으로 알려졌다.^{16,17} 따라서 빛간섭단층촬영 이미지를 이용하여 이들 병변의 유무를 확인하는 것은 환자에 대한 정확한 치료방침을 결정하고 예후를 판단하는데 있어서 중요한 정보를 제공해 준다고 할 수 있으며 이와 같은 이유로 본 연구의 관찰 항목으로 선정되었다.

본 연구에서는 당뇨황반부종의 종류에 관계 없이 상당히 높은 정도로 압축된 이미지에서도 망막내액 및 중심와박리 유무를 비교적 정확하게 판별할 수 있었는데, 이와 같은 결과는 단순히 치료여부를 결정하는데 있어서는 높은 정도의 압축을 사용해도 큰 문제가 없다는 점을 시사한다. 본 연구에서는 이미지 압축이 망막내액 직경의 측정에 유의한 영향을 미치지 않았다. 당뇨황반부종에서 광수용체의 내절/외절 손상 범위는 시력 예후와 밀접한 관련이 있는 것으로 알려졌다.¹⁴ 따라서 병변의 범위 측정이 이미지 압축에 영향을 받게 된다면 이는 광수용체의 내절/외절 손상 범위 측정에도 영향을 미쳐 올바른 예후 평가를 어렵게 만들 가능성이 있다. 본 연구에서는 내절/외절 손상이 소수 안에서만 발견되어 압축의 정도가 내절/외절 손상의 범위를 판독하는데 얼마나 영향을 미치는가에 대해서는 분석을 시행하지 않았다. 그러나 압축 정도에 따른 망막내액의 직경 차이가 유의하지 않다는 점을 고려한다면 이미지 압축이 일반적으로 병변의 범위 측정에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다. 망막내액의 직경을 분석한 결과에서, 가장 작은 직경은 TIFF 이미지에서 $13.4 \mu\text{m}$ 로 측정되었는데, 이러한 결과는 본 연구에서 시행된 정도의 이미지 압축이 10-20

μm 정도의 상당히 작은 병소를 관찰하는 데에 큰 영향을 미치지 않음을 시사한다. 향후 얼마나 작은 크기의 병변에서 압축률의 차이가 판독결과와 차이로 이어지는지를 밝혀내기 위한 추가 연구가 필요할 것이다.

본 연구에서 TIFF 이미지의 경우 한 장에 1712 KB에 달하는 용량이었다. 일반적으로 빛간섭단층촬영 시 한 안에 여러 장의 사진을 찍는다는 점을 고려하였을 때, 저장소에 저장되어 있던 여러 장의 고용량 이미지가 외래나 병동의 컴퓨터로 전송되고 모니터에 나타나는 과정에서 일부 지연이 발생하고 이로 인해 원활한 환자 진료가 방해 받는 상황이 발생할 수 있다. 따라서 데이터의 보다 효율적인 저장 및 활용을 위해서는 어느 정도의 압축이 필요하다고 할 수 있을 것이다. 특히 이러한 이미지 압축은 결과를 얻기 위해 다수의 이미지가 필요한 volume scan 결과를 저장하거나 전송하는 경우 더욱 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

본 연구에서 10, 5, 1 품질로 압축된 JPEG 이미지들은 원본인 TIFF 이미지에 비해 약 1/10, 1/20, 1/40에 불과한 용량을 보였는데, 5품질로 압축된 이미지의 경우 1/20에 불과한 용량에도 불구하고 원본 이미지와 쉽게 구별하기 어려운 경우가 많을 정도로 품질의 저하가 크지 않게 나타났다. 원본 이미지의 1/40에 불과한 용량을 보인 1품질 이미지의 경우 비록 원본 이미지와 비교하였을 때, 품질의 저하를 쉽게 구분할 수 있었으나 망막내액, 중심와박리 및 중심오목의 내절/외절 손상의 경우 원본 이미지와 동일하게 관찰되었다.

JPEG 압축은 손실(lossy) 압축으로 이미지에 대한 높은 압축이 가능하나 일부 정보의 손실과 이미지 품질 저하를 동반하게 된다. Photoshop의 JPEG 품질은 0부터 12까지 범위를 제공하는데 이는 JPEG 표준 품질(1-100%)의 30-99%를 반영한다. 본 연구에서 선택한 1, 5, 10 품질의 압축은 JPEG 표준 품질에서 각각 34%, 76%, 93%를 반영하고 있다. JPEG 압축의 경우 이미지를 구성하는 기존의 최소단위를 8x8 범위로 묶어서 처리하게 되는데, 이는 photoshop 프로그램을 이용한 압축에서도 동일한 방식으로 이루어지게 된다. 본 연구에서 역시 1품질의 JPEG 이미지를 구성하는 단위가 TIFF 이미지에서 확인된 최소단위의 8x8 범위로 구성된 것을 관찰할 수 있었다.

본 연구에서 이용된 빛간섭단층촬영 이미지는 1회의 스캔 결과를 그대로 출력한 것이다. 일반적으로 하나의 이미지를 얻기 위해 더 많은 스캔을 시행할수록 이미지가 더 선명하게 나타나며, 기존의 연구들의 경우 고품질의 이미지를 얻기 위해 50회 이상의 스캔을 취합하여 하나의 이미지를 만드는 경우도 있었다.^{4,19} 그러나 스캔의 횟수가 높아질수록 하나의 촬영을 시행하는 데에 시간이 오래 걸림은 물

론 스캔 중 환자의 눈이 움직이는 경우 올바른 이미지를 얻지 못해 스캔을 다시 시행해야 하는 단점이 있다. 본 연구에 이용된 1회 스캔 이미지는 상대적으로 저품질임에도 불구하고 압축 정도에 관계 없이 망막의 병소를 정확하게 관찰할 수 있었다. 비록 아직 체계적 연구가 이루어지지는 않았으나 원본 이미지 품질이 좋을수록 이미지를 압축하였을 때에도 상대적으로 좋은 품질의 이미지를 보여 줄 것으로 추측된다. 따라서 저품질의 이미지를 이용한 본 연구의 결과는 빛간섭단층촬영 이미지 압축이 당뇨황반부종을 평가하는 데에 크게 영향을 미치지 않는다는 점을 더욱 부각시킨다고 할 수 있을 것이다. 그러나 실제 임상에서는 일반적으로 여러 회의 스캔을 시행하여 재구성한 이미지를 이용한다는 점을 고려한다면 본 연구의 결과가 실제 임상 환경을 정확히 반영하는 데에는 제한점이 있을 것으로 생각한다.

저자들의 지식에 따르면 이미 전자의무기록을 이용하는 대부분의 병원에서 고용량 데이터를 효율적으로 관리하기 위해 각각 다양한 방법/정도로 압축된 빛간섭단층촬영 이미지를 환자 진료에 사용하고 있다. 그러나 현재까지 ‘어떤 기기에서 어느 정도의 압축이 가장 적절한가?’라는 물음에 대한 연구 결과는 발표된 바 없었으며, 데이터를 압축하는 정도나 방법은 병원 내부자들의 토의에 따라 결정되어왔다. 향후 안과 영역의 기기들이 발전하면서 이미지의 해상도는 더욱 높아질 것으로 기대된다. 따라서 저자들은 본 연구가 단순히 하나의 질환을 대상으로 단일 빛간섭단층촬영 기기의 데이터를 효율적으로 관리하는 방법을 제시하는 것뿐 아니라, 더 나아가 연구자들에게 현재 이용되고 있는, 그리고 향후 개발될 고해상도 안과 기기의 데이터를 적절하게 압축하고 효율적으로 관리하는 기준을 제시하는 연구의 필요성을 환기시키는 데에도 충분한 의의가 있다고 생각한다.

비교적 적은 수의 안을 대상으로 연구를 시행하였다는 점, 당뇨황반부종이라는 단일 질환을 대상으로 연구를 시행하였다는 점이 본 연구의 제한점이 될 수 있을 것이다. 그러나 삼출성 나이관련황반변성이나 망막정맥폐쇄에 동반된 황반부종 역시 망막내액이나 망막하액의 존재 여부를 확인하는 것이 치료방침을 정하는 데 있어서 중요하다는 점을 고려한다면 본 연구의 결과를 이들 질환에도 일부 적용할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구는 하나의 빛간섭단층촬영 기기만을 이용하여 시행되었는데, 기기의 종류에 따라 이미지의 품질이 서로 다르고 이미지 압축에 따라 발생하는 이미지 질의 저하 역시 서로 다를 것으로 생각하기에 본 연구의 결과를 다른 빛간섭단층촬영 기기에 직접적으로 적용하기는 어려울 것으로 생각한다. 이미지를 분석할 때 눈가림을 시행하지 않고 검사자 간 상의하였다는 점에서 검사 결과 해석에 일부 편향성이 관여하였을 가능성

을 배제할 수 없을 것이다. 마지막으로 본 연구에서는 최고 1/40의 용량까지 이미지 압축을 시행하였으며, 따라서 이보다 더 높은 정도의 이미지 압축이 이미지의 해석에 미치는 영향에 대해서는 본 연구의 결과를 통해 결론을 내리기 어려울 것이다.

결론적으로 본 연구의 결과 당뇨황반부종에서 스펙트럼도메인 빛간섭단층촬영 이미지의 해석에 이미지 압축이 미치는 영향은 크지 않은 것으로 나타났다. 비록 이미지 압축에 따른 이미지의 품질 저하가 발생하였지만 이는 당뇨황반부종을 평가하는 데 유의한 영향을 미치지 않았다. 이와 같은 본 연구의 결과는 고도로 압축된 이미지를 이용하여 보다 효율적으로 데이터를 저장 및 활용할 수 있다는 점을 보여준다. 향후 다양한 안과 기기 및 안과 질환에서 이미지 압축의 영향을 평가하기 위한 시도가 필요할 것이다.

REFERENCES

- 1) Alam S, Zawadzki RJ, Choi S, et al. Clinical application of rapid serial fourier-domain optical coherence tomography for macular imaging. *Ophthalmology* 2006;113:1425-31.
- 2) 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.
- 3) Lee SH, Chung H, Kim HC. Subfoveal choroidal thickness in fellow eyes of patients with central serous chorioretinopathy. *J Korean Ophthalmol Soc* 2012;53:982-7.
- 4) Kim JH, Kang SW, Park DY, et al. Asymmetric elongation of foveal tissue after macular hole surgery and its impact on metamorphopsia. *Ophthalmology* 2012;119:2133-40.
- 5) Brown DM, Chen E, Mariani A, Major JC Jr. Super-dose anti-VEGF (SAVE) trial: 2.0 mg intravitreal ranibizumab for recalcitrant neovascular macular degeneration-primary end point. *Ophthalmology* 2013;120:349-54.
- 6) Cohen SY, Dubois L, Nghiem-Buffet S, et al. Spectral domain optical coherence tomography analysis of macular changes in tilted disk syndrome. *Retina* 2013;33:1338-45.
- 7) Yeung L, Lima VC, Garcia P, et al. Correlation between spectral domain optical coherence tomography findings and fluorescein angiography patterns in diabetic macular edema. *Ophthalmology* 2009;116:1158-67.
- 8) Bolz M, Kriechbaum K, Simader C, et al. In vivo retinal morphology after grid laser treatment in diabetic macular edema. *Ophthalmology* 2010;117:538-44.
- 9) Haritoglou C, Kook D, Neubauer A, et al. Intravitreal bevacizumab (Avastin) therapy for persistent diffuse diabetic macular edema. *Retina* 2006;26:999-1005.
- 10) Paccola L, Costa RA, Folgosa MS, et al. Intravitreal triamcinolone versus bevacizumab for treatment of refractory diabetic macular oedema (IBEME study). *Br J Ophthalmol* 2008;92:76-80.
- 11) Yanyali A, Aytug B, Horozoglu F, Nohutcu AF. Bevacizumab (Avastin) for diabetic macular edema in previously vitrectomized eyes. *Am J Ophthalmol* 2007;144:124-6.
- 12) Jeong JH, Kim ES, Lee JK, et al. The effects of intravitreal bev-

- acizumab injection according to the type of diabetic macular edema. J Korean Ophthalmol Soc 2010;51:700-6.
- 13) Lee SJ, Kim ET, Moon YS. Intravitreal bevacizumab alone versus combined with macular photocoagulation in diabetic macular edema. Korean J Ophthalmol 2011;25:299-304.
- 14) Maheshwary AS, Oster SF, Yuson RM, et al. The association between percent disruption of the photoreceptor inner segment-outer segment junction and visual acuity in diabetic macular edema. Am J Ophthalmol 2010;150:63-7.e1.
- 15) Otani T, Yamaguchi Y, Kishi S. Correlation between visual acuity and foveal microstructural changes in diabetic macular edema. Retina 2010;30:774-80.
- 16) Shin HJ, Lee SH, Chung H, Kim HC. Association between photoreceptor integrity and visual outcome in diabetic macular edema. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2012;250:61-70.
- 17) Sakamoto A, Nishijima K, Kita M, et al. Association between foveal photoreceptor status and visual acuity after resolution of diabetic macular edema by pars plana vitrectomy. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2009;247:1325-30.
- 18) Lim JH, Kim IH, Bae GH, et al. Analysis of optical coherence tomographic patterns and clinical courses in diabetic macular edema after treatment. J Korean Ophthalmol Soc 2014;55:222-9.
- 19) Kim JH, Kang SW, Ha HS, et al. Overestimation of subfoveal choroidal thickness by measurement based on horizontally compressed optical coherence tomography images. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2013;251:1091-6.

= 국문초록 =

당뇨황반부종 환자에서 이미지 압축이 빛간섭단층촬영 결과 해석에 미치는 영향

목적: 당뇨황반부종에서 스펙트럼 도메인 빛간섭단층촬영 이미지 압축의 정도가 이미지 해석에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

대상과 방법: 당뇨황반부종으로 진단된 30안을 대상으로 연구를 시행하였다. 유리체강내 항혈관내피세포인자 주입술을 전후로 빛간섭단층촬영(Spectral OCT/SLO[®])을 시행하였다. 촬영된 이미지는 Tag Image File Format (TIFF)으로 추출하였으며, 추출된 이미지는 Photoshop 프로그램에서 10, 5, 1 품질의 Joint Photographic Experts Group (JPEG) 파일로 각각 변환되었다. 압축 정도에 따른 이미지의 용량을 서로 비교하였으며, 망막내액, 중심와박리 및 중심오목의 내절/외절 손상 유무를 비교하였다.

결과: 주입술 전 TIFF 및 10, 5, 1 품질의 JPEG 이미지의 평균 용량은 각각 1712.0, 183.3 ± 6.8, 90.9 ± 4.3, 42.8 ± 1.4 KB (kilobytes)였으며, 주입술 후에는 각각 1712.0, 189.5 ± 9.1, 94.9 ± 5.6, 43.4 ± 1.8 KB이었다. 네 종류의 이미지 사이에는 유의한 용량의 차이가 있었다($p=0.001$). 주입술 전후에 평가된 망막내액, 중심와박리, 및 중심오목의 내절/외절 손상 유무는 이미지 압축 정도에 관계 없이 압축되지 않은 이미지와 동일하게 측정되었다.

결론: 약 1/40의 용량까지 스펙트럼 도메인 빛간섭단층촬영 이미지를 압축했음에도 불구하고 이미지 품질 저하가 당뇨황반부종 환자를 평가하는 데 있어서 유의한 영향을 미치지 않았다.

〈대한안과학회지 2014;55(9):1320-1326〉
