

Change of Image Quality within Compression of AAPM CT Performance Phantom Image Using JPEG2000 in PACS

Soonmu Kwon

Department of Radiological Science, The Graduate School of Catholic University of Daegu

PACS에서 JPEG2000을 이용한 AAPM CT Performance Phantom영상의 압축에 따른 화질변화

권순무

대구가톨릭대학교대학원 방사선학과

Abstract

This study examines image quality of medical image after compression using JPEG2000 for AAPM CT Performance Phantom in PACS. The compressed images of 15:1 showed change of 1.93% and 0.81% in the CT number of water and the slice thickness, respectively, compared to the original images. The variation of the uniformity did not give a correlation for each measured area. In noise measurements at compressions of 10:1 and 15:1, changes of 1.47% to 10.99% were observed, respectively. The noise showed incrementation tendency as increasing over the compression ratio 15:1, and the noise of 81.68% was measured at a compression of 40:1. CT number, uniformity, slice thickness, spatial resolution and contrast resolution for the compressed images were slightly changed by increasing the compression ratio. However, the noise was seriously changed relatively at the compressed images. Thus the noise was a important factor to determine the compression ration. A compression ratio of 10:1 for the AAPM CT Performance Phantom image was appropriate and could be applied to diagnostic images.

Key Words : PACS, DICOM, JPEG2000, AAPM.

요약

본 연구는 PACS에서 JPEG2000을 이용하여 AAPM CT Performance Phantom 영상을 다양한 비율로 압축 한 후 영상의 질 변화를 알아보았다. 원 영상을 기준으로 압축된 영상을 비교했을 때 물의 CT 계수 측정에서는 압축률 15:1에서 1.93%의 변화, 절편 두께 측정에서는 15:1에서 0.81%의 변화를 보였다. 균일도는 규칙적인 변화나 통계적으로 유의한 차이가 나타나지는 않았다. 노이즈 측정의 경우 10:1에서 1.47%의 변화를 보이나 15:1에서 10.99%로 증가한 후 변화율 증가 폭이 확대되어 40:1에서 81.68%의 변화율을 보였다. CT 계수, 균일도, 절편 두께, 공간 분해능, 대조도 분해능의 경우 압축률 증가에 따라 영상의 화질 변화율도 증가하나 영향은 크지 않은 것으로 나타났다. 상대적으로 노이즈는 압축에 따른 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. JPEG2000 압축 기법으로 AAPM CT Performance Phantom 영상을 평가한 결과 CT영상의 압축을 시행하는 경우 10:1정도의 압축률이 적절한 것으로 판단된다.

중심단어 : PACS, DICOM, JPEG2000, AAPM.

I. 서론

대부분의 중·대형 의료기관에서 영상 데이터를 획득, 저장, 전송, 전시하는 PACS(Picture Archiving and Communication System) 시스템이 구축되어 있다. 정보통신기술과 의료기술의 발달로 디지털 의료장비가 급속히 보급되면서 PACS로 전송되는 의료영상의 데이터 량도 급속히 증가하고 있다. 건강보험심사평가원의 통계에 따르면 PACS 도입과 급속한 증가에 더불어 CR(Computed Radiography)과 DR(Digital Radiography) 장비도 2006년 426대/280대, 2009년 2344대/809대, 2011년 3464대/1508대로 급속히 증가하고 있다^[1]. Table 1과 같이 데이터 량이 증가하고 있는 MRI(Magnetic Resonance Image) 장비도 꾸준한 증가세를 보이고 있다. CT(Computed Tomography) 장비의 증가세는 둔화되고 있으나 최근 도입되는 장비의 대부분이 PACS로 전송되는 데이터량이 매우 큰 MDCT(Multi Detector Computed Tomography)가 대부분을 차지하고 있다^[2].

Table 1. Annual medical equipment

구분	2005	2007	2008	2009	2010	2011
CT	1,557	1,799	1,788	1,810	1,743	1,787
MRI	584	777	855	924	985	1,062
PACS	421	799	938	1,027	1,157	1,287

Source : National Health Insurance Corporation
(Medical Equipment Medical Institute (2011 earlier))

PACS가 구축된 대구지역 4개 대형 대학병원의 경우, 일일 평균 30~40GB (Giga Byte) 정도의 의료영상이 발생되고 있으며, CR 및 DR에서 Chest 영상의 경우 7~15MB (Mega Byte)정도, CT영상의 경우 30~600MB, MRI는 100MB 정도의 데이터가 전송되고 있다. 데이터 용량이 큰 의료영상은 대용량 저장장치를 필요로 하고 많은 데이터 전송으로 인해 PACS의 성능을 저하시키게 된다. 따라서 관독된 영상이나 장기 저장되는 영상은 영상의 질을 떨어뜨리지 않고 다음 관독에 영향을 주지 않는 범위 내에서 압축실행 후 보관하게 된다^[3].

영상압축의 원리는 영상데이터에 들어있는 중복성

에 근거를 둔 것으로 정보 전달에 중요한 데이터는 남기고 상대적으로 중요성이 낮은 데이터는 제거함으로써 영상정보의 크기를 줄이는 것이다. 데이터의 크기를 줄임으로서 저장장치의 구매와 설치, 향후 추가적인 증량에 있어 직접적인 경제적인 효과와 효율적인 데이터 관리, 전송속도의 향상 등으로 의료서비스 질 향상을 추구할 수 있다. JPEG(Joint Photographic Experts Group) 압축방법은 우수한 압축효율로 의료영상 압축에 가장 널리 사용되고 있지만 높은 압축률에서 블록화 현상 발생과 손실 압축으로 원본 영상으로 완전한 복원이 불가능하다는 단점이 있다^[4]. JPEG2000 알고리즘은 JPEG의 주파수 변환과정에서 코사인 함수를 기반으로 하는 DCT(Discrete Cosine Transform) 대신 웨이블릿 함수를 기반으로 하는 DWT(Discrete wavelet transform) 방식을 사용하여 블록화 현상 방지와 엔트로피 코딩에 산술부호화 방식을 사용하여 보다 뛰어난 압축 성능을 가지고 있다^[5]. DICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine)에서 표준압축방법으로 지정한 JPEG2000은^[6] 최근 PACS에서 지원되고 있으며 과거의 시스템에 대해서도 Upgrade되고 있다^[5]. 현재 PACS에서 CT 영상을 JPEG2000 알고리즘을 이용하여 압축하는 경우 2~3:1 정도의 낮은 무손실 압축을 실행하고 있다. CT 영상은 고대조도 영상으로 압축에 따른 화질저하가 크고 최근 검사건수 증가와 MDCT 장비도입의 증가로 PACS로 전송되는 데이터의 많은 부분을 차지하고 있다. 실험에서 먼저 CT 장비와 Phantom을 이용하여 영상을 획득 한 후 실험에 사용한 PACS에서 지원하는 JPEG2000 압축 기법을 이용하여 다양한 비율로 압축하였다. 압축영상의 평가 항목은 6개로 PACS의 ROI Analysis, Measurement 기능을 이용한 객관적인 평가와 관찰자의 주관적인 평가를 실시하여 영상의 질 변화를 알아보았다.

II. 재료 및 방법

2.1 CT 스캔과 AAPM CT Performance Phantom

영상 획득은 보건복지부령 제 386호 특수의료장비의 설치 및 운영에 관한 규칙(이하, 규칙)에 의해 설치 및 관리되고 있는 Fig. 1(a)의 128Slice DMCT (Definition

AS+, Siemens Medical Solutions, Erlangen, Germany)와 Fig. 1(b)의 AAPM(American Association of Physical in Medicine) CT Performance Phantom (Model ; STO-10, Fluke Biomedical, Cleveland, USA, 이하 Phantom)을 사용하였다. 촬영 조건은 50 cm의 조사야(Scan Field of View, SFOV)와 25 cm 표시야(Display Field of View, DFOV)를 사용하고, 120 kVp, 250 mAs 조건을 적용하여 Single Slice Scan을 시행하였다. 절편 두께 측정을 제외한 측정에서 10 mm의 두께를 적용하였으며 표준 재구성 알고리즘을 사용하여 영상을 재구성 하였다^[7].

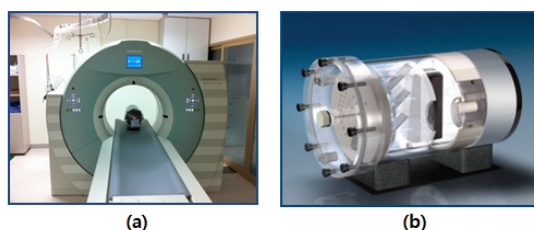


Fig. 1. Used CT equipment in this experiment(a) and AAPM CT performance phantom

2.2 PACS와 영상압축

영상 평가는 임상 검사용 2Mega 픽셀(1600×1200 Pixels, 2MPs)의 해상도를 갖는 컬러액정표시장치(MDRC-2120, BARCO, Kortrijk, Belgium, 이하 LCD)와 Centricity RA600(GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA) PACS를 사용하였다. PACS에서 지원하는 JPEG2000 압축 기법으로 5:1, 10:1, 15:1, 20:1, 25:1, 30:1, 40:1, 50:1로 압축하였다.

2.3 압축영상 측정

압축된 영상의 평가 항목은 CT 계수, 노이즈, 균일도, 절편 두께, 공간 분해능, 대조도 분해능으로 영상 압축 전 CT 장치에서 측정된 측정치와 PACS에서 측정된 측정치가 동일함을 확인하였다. 평가항목 중 CT 계수, 노이즈, 균일도, 절편 두께 측정은 오차 감소를 위해 각 항목별로 20회 측정 후 통계프로그램 SPSS 16.0 (SPSS Inc, Chicago, USA)을 사용하여 분석하였다. 공간 분해능, 대조도 분해능 측정은 CT 촬영실 근무경력 7년 이상의 방사선사 5인으로부터 주관적 측정결과

를 얻어 규칙에서 정한 기준으로 평가를 실시하였다. 단, 절편 두께 측정은 5 mm로 하였으며 인공물에 대한 평가는 제외하였다.

2.3.1 물의 CT계수, 노이즈, 균일도 측정

Phantom의 CT 계수 측정용 블록의 중앙부를 스캔한 후 영상의 팬텀 중앙부에서 6시 방향, 1/4지점에 40 mm×40 mm의 사각형(1580~1620 mm²) ROI-A를 설정하였다. PACS 내의 ROI (Region of Interest) Analysis 기능을 이용해 설정된 ROI-A의 평균 CT 계수(물의 평균 CT 감약계수)와 CT 계수의 표준편차(노이즈)를 측정하였다. 균일도 측정은 동일 크기의 ROI-B(9시), C(12시), D(3시)를 중앙에서 주변부로 2/3지점에 설정하고 ROI Analysis로 각각의 CT 계수를 측정하여 균일도(A-B, A-C, A-D)를 확인하였다.

2.3.2 절편 두께 측정

절편 두께 측정용 블록(5 mm)의 중앙부를 5 mm Slice 두께로 Single Slice Scan 한 후 PACS 내의 Measurement 기능을 이용하여 직사각형 알루미늄 판의 긴 변에 수직으로 두께를 측정하였다.

2.3.3 대조도 분해능 측정

대조도 분해능 측정용 블록의 중앙부를 10 mm 절편두께로 구멍의 CT 계수가 아크릴보다 낮고 감약계수 차가 10 HU 이내가 되도록 생리식염수와 조영제의 비율을 조절하여 Single Slice Scan 하였다. 실험에 사용한 LCD 모니터 2대를 나란히 놓고 50 cm 거리에서 한대는 원 영상, 다른 한대는 압축된 영상을 동시에 전시한 후 관찰하게 하였다. 압축 영상에 대한 정보는 제공하지 않았으며 전시 순서는 무작위로 선정하여 압축에 따른 화질 변화를 인지하는 압축율과 6.4 mm Hole의 분리관찰이 가능한 압축률을 관찰하였다.

2.3.4 공간 분해능 측정

공간 분해능 측정용 블록의 중앙부를 10 mm 절편 두께로 Single Slice Scan 한 후 영상의 가장 작은 구멍들이 사라지지 않을 정도로 Window Width와 Level을 조정하였다. 1 mm Hole을 대상으로 관찰방법은 대조

도 분해능과 동일하게 실시하였다.

Ⅲ. 결과

3.1 물의 CT 계수 측정 결과

CT 장치로부터 Phantom 영상을 획득한 후 Fig. 2(a)와 같이 CT 계수, 노이즈, 균일도를 측정하였다. 압축을 시행하기 전 동일한 방법으로 Fig. 2(b)와 같이 PACS에서 측정하여 동일한 측정치가 나왔음을 확인한 후 압축을 실시하였다. Fig. 2의 (c), (d), (e), (f)는 압축률 5:1, 15:1, 25:1, 50:1의 CT 계수, 노이즈, 균일도 측정 영상이다.

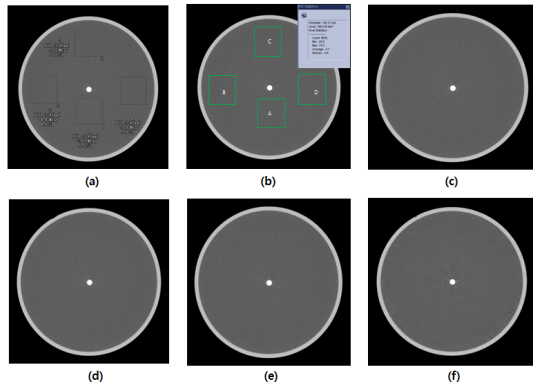


Fig. 2. Measurement of CT number, noise, and uniformity for various images

Table 2. Measured CT number according to compression ratio

Compression Ratio	CT Number	Compression Ratio	CT Number
Original Image	-3.11±0.031	25:1	-3.22±0.042
5:1	-3.12±0.063	30:1	-3.2±0
10:1	-3.16±0.051	40:1	-3.07±0.048
15:1	-3.18±0.048	50:1	-2.7±0
20:1	-3.21±0.031	p	0.0001*

Interaction effect using ANOVA test and Dunnett test
* p<0.01

압축률에 따른 물의 CT 계수 측정 결과는 Table 2와 같으며 원 영상(Original Image) 측정치를 기준으로 했을 때 압축률 25:1에서 가장 낮은 값, 50:1에서 가장 높은 값을 나타냈다. 압축률과 CT 계수와의 상관 분석 결과는 Table 3과 같으며 Pearson 계수값이 0.457으로 나왔으며 결과적으로 양으로 0.457의 관계가 있는 것으로 나타났다.

Table 3. Correlation analysis between compression ratio and CT number

Kinds		Compression Ratio	CT Number
Compression Ratio	Pearson correlation coefficient	1	0.457
	P		0.0001*
CT Number	Pearson correlation coefficient	0.457	
	P	0.0001	

Interaction effect using Pearson correlation coefficient test
* P<0.05

사후분석을 통한 다중 분석에 있어서 원 영상의 CT 계수 평균값(I)과 압축 영상의 CT 계수 평균값(J) 차이는 Table 4와 같으며 압축률 5:1, 10:1, 15:1, 20:1, 25:1, 30:1에서 양의 값을 나타냈고 압축률 40:1, 50:1에서는 음의 값을 나타냈다. 압축률에 따른 CT 계수의 변화율은 Fig. 3과 같으며 압축률 5:1에서 0.32%로 가장 작은 변화율을 나타냈고 50:1에서 13.18%로 가장 큰 변화율을 나타냈다.

Table 4. The average difference in CT number according to compression ratio

압축률	평균차(I-J)	표준오차	변화율(%)
5:1	0.01	0.02236	0.32
10:1	0.05	0.01915	1.61
15:1	0.06	0.01826	1.93
20:1	0.10000*	0.01414	3.22
25:1	0.11000*	0.01667	3.54
30:1	0.09000*	0.01	2.89
40:1	-0.04	0.01826	1.29
50:1	-0.41000*	0.01	13.18

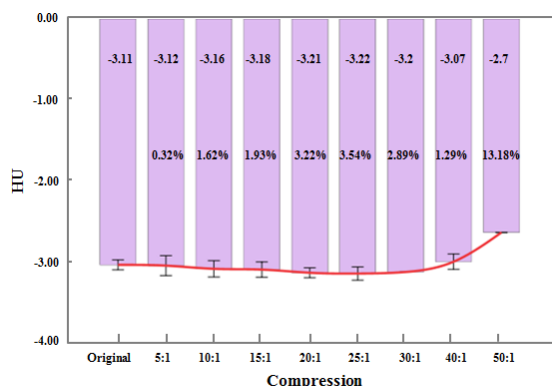


Fig. 3. The ratio of change in CT number according to compression ratio

3.2 노이즈 측정 결과

압축률에 따른 노이즈 측정 결과는 Table 5와 같으며 원 영상의 측정치를 기준으로 했을 때 압축률 40:1에서 가장 작은 값을 나타냈고 5:1에서 가장 큰 값을 나타냈다. 압축율과 노이즈와의 상관 분석 결과는 Table 6과 같으며 Pearson 계수값이 -0.955로 음으로 0.955의 관계가 있는 것으로 나타났다.

Table 5. Measured noise according to compression ratio

Compression Ratio	Noise	Compression Ratio	Noise
Original Image	5.46±0.051	25:1	3.66±0.051
5:1	5.49±0.056	30:1	2.04±0.069
10:1	5.38±0.042	40:1	1.00±0.047
15:1	4.86±0.069	50:1	1.15±0.052
20:1	4.12±0.042	p	0.0001*

Interaction effect using ANOVA test and Dunnett test
* P<0.01

Table 6. Correlation analysis between compression ratio and noise

Kinds		Compression ratio	Noise
Compression ratio	Pearson correlation coefficient	1	-0.955
	P		0.0001*
Noise	Pearson correlation coefficient	-0.955	
	P	0.0001	

Interaction effect using Pearson correlation coefficient test
* P<0.05

사후분석을 통한 다중 분석에 있어서 원 영상의 노이즈 평균값(I)과 압축 영상의 노이즈 평균값(J) 차이는 Table 7과 같으며 압축률 5:1에서는 음의 값을 나타냈고 그 외의 압축률에서는 양의 값을 나타냈다. 압축률에 따른 노이즈 변화율은 Fig. 4와 같으며 5:1에서 0.55%로 가장 작은 변화율을 나타냈고 40:1에서 81.68%로 가장 큰 변화율을 나타냈다.

3.3 균일도 측정 결과

압축률에 따른 균일도 측정 결과는 Table 8과 같으며 원 영상의 측정치를 기준으로 했을 때 A-B, A-C, A-D값 모두 25:1에서 가장 작은 값, 50:1에서 가장 큰 값을 나타냈다.

Table 7. The average difference in noise according to compression ratio

압축률	평균차(I-J)	표준오차	변화율(%)
5:1	-0.030	0.024	0.55
10:1	0.080	0.021	1.47
15:1	0.060	0.027	10.99
20:1	1.34	0.021	24.54
25:1	1.18	0.023	32.97
30:1	3.42	0.027	62.64
40:1	4.46	0.022	81.68
50:1	4.31	0.023	78.94

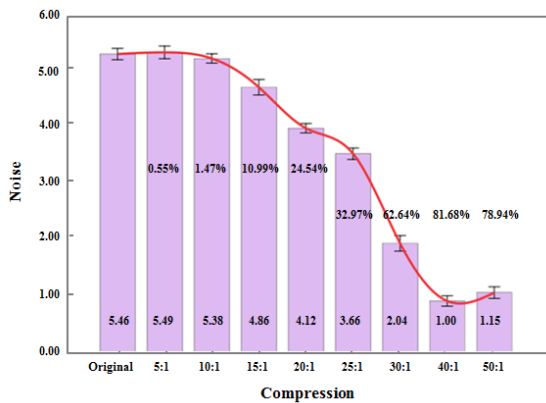


Fig. 4. The ratio of change in noise according to compression ratio

Table 8. Measured uniformity according to compression ratio

Compression Ratio	구 간		
	A-B	A-C	A-D
Original Image	0.94±0.05	1.36±0.051	1.46±0.051
5:1	0.95±0.05	1.37±0.067	1.46±0.069
10:1	0.91±0.05	1.34±0.084	1.44±0.069
15:1	0.92±0.06	1.34±0.051	1.42±0.063
20:1	0.91±0.05	1.35±0.052	1.40±0.047
25:1	0.87±0.048	1.30±0.066	1.34±0.051
30:1	0.92±0.042	1.35±0.052	1.41±0.056
40:1	1.02±0.063	1.44±0.084	1.42±0.042
50:1	1.13±0.048	1.66±0.051	1.53±0.048
P	.000	.000	.000

Interaction effect using ANOVA test and Dunnett test
* P<0.01

압축률과 균일도와와의 상관 분석 결과는 Table 9와 같으며 Pearson 계수값이 A-B, A-C값에서 0.451, 0.505로 양으로 0.451, 0.505의 관계가 있는 것으로 나타났다. A-D값에서는 Pearson 계수값이 0.012로 결과적으로 양으로 0.012의 관계가 있는 것으로 나타났지만 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 9. Correlation analysis between compression ratio and uniformity

		압축률	A-B	A-C	A-D
압축률	Pearson 상관계수	1	0.451	0.505	0.012
	유의확률 (양쪽)		0.000	0.000	0.912
A-B	Pearson 상관계수	0.451	1	0.708	0.451
	유의확률 (양쪽)	0.000		0.000	0.001
A-C	Pearson 상관계수	0.505	0.708	1	0.425
	유의확률 (양쪽)	0.000	0.000		0.000
A-D	Pearson 상관계수	0.012	0.451	0.425	1
	유의확률 (양쪽)	0.912	0.000	0.000	

Interaction effect using Pearson correlation coefficient test
* P<0.05

사후분석을 통한 다중 분석에 있어서 원 영상의 균일도 평균값(I)과 압축 영상의 균일도 평균값(J)의 차이는 Table 10과 같으며 A-B값에서는 압축률 5:1, 40:1, 50:1에서 음의 값을 나타냈으며 30:1에서 변화가 없었고 10:1, 15:1, 20:1, 25:1에서는 양의 값을 나타냈다. A-C 값에서는 압축률 5:1, 40:1, 50:1에서 음의 값을 나타냈으며 10:1, 15:1, 20:1, 25:1, 30:1에서는 양의 값을 나타냈다. A-D 값에서는 압축률 50:1에서 음의 값을 나타냈으며 5:1에서 변화가 없었고 10:1, 15:1, 20:1, 25:1, 30:1, 40:1에서는 양의 값을 나타냈다.

Table 10. The average difference in uniformity according to compression ratio

구 간	압축률	평균차(I-J)	표준오차	변화율(%)
A-B	5:1	-0.01	0.023	1.06
	10:1	0.03	0.024	3.19
	15:1	0.02	0.025	2.12
	20:1	0.03	0.024	3.19
	25:1	0.07	0.022	7.45
	30:1	0	0.021	0
	40:1	-0.08	0.025	8.51
	50:1	-0.19	0.022	20.21

구 간	압축률	평균차(I-J)	표준오차	변화율(%)
A-C	5:1	-0.01	0.026	0.74
	10:1	0.02	0.031	1.47
	15:1	0.02	0.023	1.47
	20:1	0.01	0.023	0.74
	25:1	0.06	0.026	4.44
	30:1	0.01	0.023	0.74
	40:1	-0.08	0.031	5.92
	50:1	-0.08	0.023	22.2
A-D	5:1	0	0.027	0
	10:1	0.02	0.027	1.37
	15:1	0.04	0.025	2.74
	20:1	0.06	0.022	4.11
	25:1	0.12	0.023	8.22
	30:1	0.05	0.024	3.42
	40:1	0.04	0.021	2.74
	50:1	-0.07	0.022	4.79

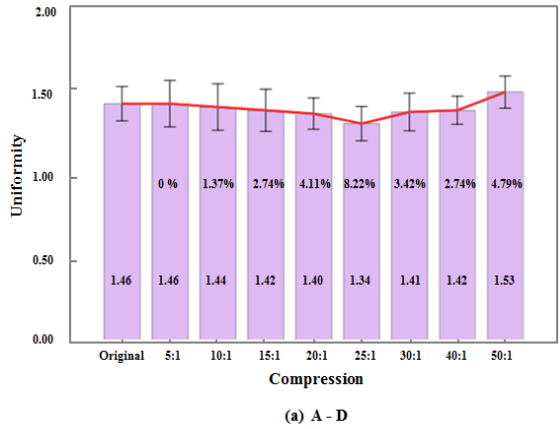
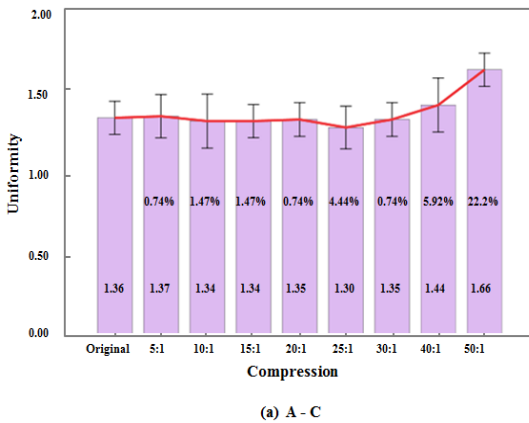
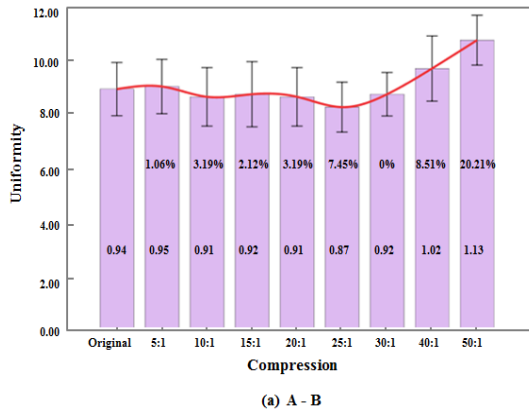


Fig. 5. The ratio of change in uniformity according to compression ratio

압축률에 따른 균일도 변화율은 Fig. 5의 (a), (b), (c)와 같으며 A-B, A-C, A-D값의 경우 모두 5:1에서 가장 작은 변화율을 나타냈으며 A-B, A-C값의 경우 50:1에서 A-D값은 25:1에서 가장 큰 변화율을 나타냈다.



3.4 절편 두께 측정 결과

CT 장치로부터 Phantom영상을 획득한 후 Fig. 6 (a)와 같이 절편 두께를 측정하였다. 압축을 시행하기 전 동일한 방법으로 Fig. 6(b)와 같이 PACS에서 측정하여 동일한 측정치가 나왔음을 확인 한 후 압축을 실행하였다. Fig. 6의 (c), (d), (e), (f)는 압축률 5:1, 15:1, 25:1, 50:1의 절편 두께 측정 영상이다.

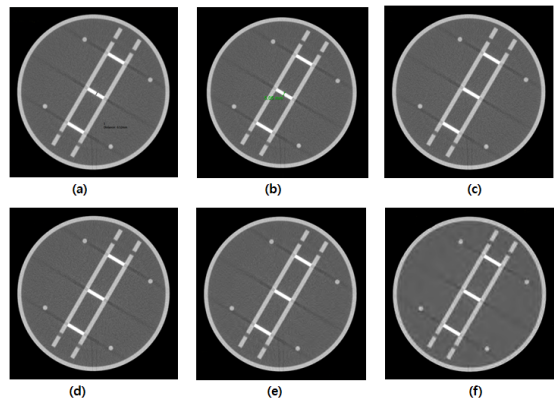


Fig. 6. Slice thickness measurement for compressed Images

압축률에 따른 절편 두께 측정 결과는 Table 11과 같으며 원 영상의 측정치를 기준으로 했을 때 압축률 50:1에서 가장 작은 값을 나타냈고 5:1에서 가장 큰 값을 나타냈다. 압축률과 절편 두께와의 상관 분석 결과

는 Table 12와 같으며 Pearson 계수값이 -0.547로 나왔으며 음으로 0.547의 관계가 있는 것으로 나타났다.

Table 11. Measured slice thickness according to compression ratio

Compression Ratio	Slice Thickness	Compression Ratio	Slice Thickness
Original Image	4.92±0.13	25:1	4.71±0.18
5:1	4.94±0.09	30:1	4.67±0.25
10:1	4.92±0.13	40:1	4.69±0.19
15:1	4.88±0.15	50:1	4.61±0.16
20:1	4.79±0.26	p	.000

Interaction effect using ANOVA test and Dunnett test

* P<0.01

Table 12. Correlation analysis between compression ratio and slice thickness

Kinds		Compression ratio	Slice Thickness
Compression ratio	Pearson correlation coefficient	1	-0.547
	P		0.000
Slice Thickness	Pearson correlation coefficient	0-.547	1
	P	0.000	

Interaction effect using Pearson correlation coefficient test

* P<0.05

사후분석을 통한 다중 분석에 있어서 원 영상의 절편 두께 평균값(I)과 압축 영상의 절편 두께 평균값(J) 차이는 Table 13과 같으며 압축률 5:1에서는 음의 값을 나타냈고 그 외의 10:1, 15:1, 20:1, 25:1, 30:1, 40:1, 50:1에서는 양의 값을 나타냈다.

Table 13. The average difference in slice thickness according to compression ratio

압축률	평균차(I-J)	표준오차	변화율(%)
5:1	-0.02000	0.05098	0.40
10:1	0.00500	0.05846	0
15:1	0.04100	0.06421	0.81
20:1	0.13300	0.09265	2.64
25:1	0.20800	0.07091	4.26
30:1	0.24600	0.08853	5.08
40:1	0.22500	0.07240	4.67
50:1	0.31100	0.06488	5.89

압축률에 따른 절편 두께 변화율은 Fig. 7과 같으며 10:1에서 가장 작은 변화율을 나타냈고 50:1에서 가장 큰 변화율을 나타냈다

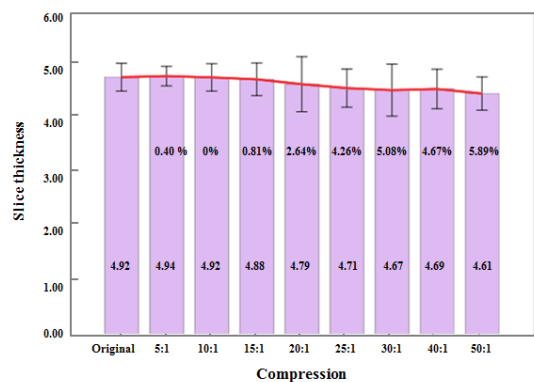


Fig. 7. The ratio of change in slice thickness according to compression ratio

3.5 대조도 분해능 측정 결과

CT 장치로부터 Phantom영상을 획득한 후 Fig. 8 (a)와 같이 CT계수를 측정하였다. 압축을 시행하기 전 동일한 방법으로 Fig. 8(b)와 같이 PACS에서 측정하여 동일한 측정치가 나왔음을 확인 한 후 압축을 실행하였다. Fig. 8의 (c), (d), (e), (f)는 압축률 5:1, 15:1, 25:1, 50:1의 대조도 분해능 영상이다.

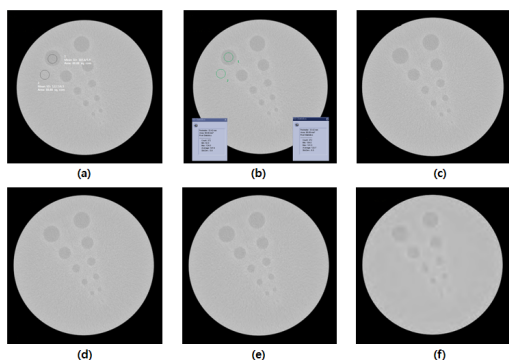


Fig. 8. Contrast resolution measurement for compressed Images

대조도 분해능 영상의 압축에 따른 화질변화를 인지하는 압축률은 10:1에서 1명, 15:1에서 3명, 20:1에서 1명이 영상의 변화를 인지할 수 있다고 대답했으며 6.4 mm Hole의 관찰에서는 40:1에서 2명, 50:1에서 3명이 홀의 분리관찰이 어렵다고 답했다.

3.6 공간 분해능 측정 결과

CT 장치로부터 Fig. 9(a)와 같이 공간 분해능 영상을 획득하였으며 Fig. 6(b)은 PACS에서 전송 받은 공간 분해능영상이다. Fig. 9의 (c), (d), (e), (f)는 압축률 5:1, 15:1, 25:1, 50:1의 공간 분해능 영상이다.

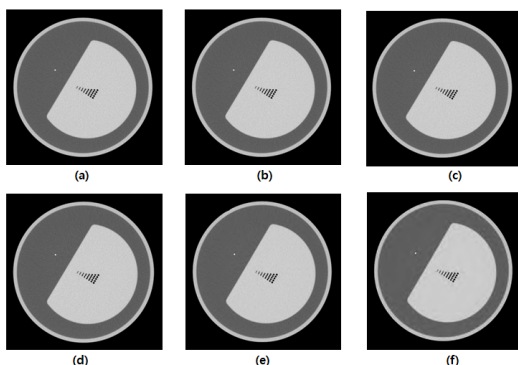


Fig. 9. Spatial resolution measurement for compressed Images

공간 분해능 영상의 압축에 따른 화질변화를 인지하는 압축률은 15:1에서 3명, 20:1에서 2명이 영상의 변화를 인지할 수 있다고 대답했다. 규칙에서 정한 직경 1 mm Hole에 대해서는 모든 압축률에서 모든 관찰자

가 분리관찰이 가능하다고 대답했다. 0.75 mm Hole을 대상으로 실시한 관찰에서 30:1에서 1명, 40:1에서 3명 50:1에서 1명이 홀의 분리관찰이 어렵다고 대답했다.

IV. 결론

AAPM CT Performance Phantom 영상을 JPEG 2000으로 압축하고 물의 CT 계수, 노이즈, 균일도, 절편 두께, 공간 분해능, 대조도 분해능의 화질변화를 알아보았다.

물의 CT 계수 측정 결과, 압축률 25:1의 3.54%까지 변화율은 완만한 증가를 보인 후 일시적으로 감소하다 다시 증가하여 50:1에서 13.18%의 변화율을 보였다. 노이즈 측정 결과, 10:1에서 1.47%의 변화를 보이거나 15:1에서 10.99%로 증가한 후 그 이상의 압축률에서는 변화율 증가 폭이 확대되어 40:1에서 81.68%의 변화율을 보였다. 균일도 측정 결과, 규칙적인 변화나 통계적으로 유의한 차이가 나타나지는 않았지만 압축률 증가에 따라 변화율도 증가하는 것으로 나타났다.

절편 두께 측정에서는 15:1까지 0.81%의 변화를 보인 후 압축률 증가에 따른 변화율 역시 증가하고 있는 것으로 나타났다. 물의 CT 계수, 노이즈, 균일도 측정 결과, 압축률에 따른 변화율이 증가하다 감소 후 다시 증가의 양상을 보이고 있다. 그 원인은 정확히 확인할 수 없었지만 선행된 다른 연구^{[8][9]}의 객관적, 주관적 평가 결과와 비교할 때 일시적인 것으로 보여지며 변화율 패턴의 변화가 있는 것은 아닌 것으로 판단된다. 공간 분해능, 대조도 분해능의 주관적인 평가 결과, 15:1에서 압축에 따른 화질 변화를 인지할 수 있었으며 40:1 이상의 압축률에서도 특수의료장비의 설치 및 운영에 관한 규칙에서 정한 기준(공간 분해능 : 1 mm, 대조도 분해능 : 6.4 mm Hole의 분리 관찰)을 만족했다. 특히 공간 분해능 블록의 1 mm Hole은 50:1의 압축률에서도 모든 관찰자에서 분리관찰이 가능하였다.

의료영상 분야에 있어서 JPEG와 JPEG2000 알고리즘을 적용한 다양한 연구가 진행되었다. PET Brain 영상에서 관독의에 의한 임상적인 평가를 통하여 JPEG에서 10:1, JPEG2000에서는 25:1의 압축률까지 영상의 화질이 매우 우수하다고 하였다^[10]. JPEG2000을 이용한 Digital Mammography 영상의 압축에서 PSNR(Peak

Signal to Noise Ratio) 값은 100:1에서도 높은 값 (41.45dB)을 보여 주었으며 ROC(Receiver- Operator Characteristic) Analysis 결과 80:1의 영상까지 Lesion 변별력이 Original영상과 비교하여 차이가 없으며 Friedman Test 결과 15:1까지는 임상적 진단에 적합하다고 하였다^[3].

JPEG2000을 이용한 CT, MR 영상의 경우 주관적인 평가에서 CT는 10:1, MR은 5:1의 압축률에서 안정된 영상관독과 최대의 압축효과를 볼 수 있다고 하였다 [11][12]. CT와 MR 영상을 압축한 다른 연구에서는 다소 차이가 나는 결과보고도 있다. CT와 MR 영상에서 JPEG의 경우 10:1까지는 JPEG2000과 비슷한 PSNR 값을 보였으나 20:1이상에서는 현저히 감소하였으며 JPEG2000은 100:1의 압축에서도 40dB 정도의 높은 PSNR을 보여 주었다. 압축률 별 원영상과의 관독성 설문조사를 통계 분석한 결과 CT의 경우 JPEG는 10:1까지 원영상과 차이를 느끼지 못했으며 JPEG2000의 경우 20:1까지 차이를 보이지 않았다. MR의 경우 JPEG는 20:1, JPEG2000은 25:1까지 통계적으로 원영상과의 차이가 없다고 하였다^[5]. 이처럼 영상의 화질 평가에 있어 객관적인 평가 결과도 중요하지만 사람의 눈으로 영상을 관찰하여 질병의 유·무, 변화와 차이의 정도를 평가하므로 주관적인 요인이 많이 작용함을 알 수 있다.

본 연구 결과에서 CT 계수, 균일도, 절편 두께, 공간 분해능, 대조도 분해능의 경우 압축률 증가에 따라 변화율도 증가하나 영향은 크지 않은 것으로 보여지며 상대적으로 노이즈는 압축에 따른 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. JPEG2000 압축 기법으로 AAPM CT Performance Phantom 영상을 평가한 결과, CT 영상의 압축은 10:1 정도의 압축률이 적절한 것으로 판단된다.

현재 의료장비의 정도관리에 대한 관심이 증가하고 정도관리 기준도 엄격해지고 있으며 각 의료기관에서도 장비제작회사 또는 공인기관의 정도관리 Phantom을 보유, 활용하고 있다. 이런 phantom 영상의 압축에 따른 변화는 동일한 Modality 영상의 절대적 비교 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 운영 중인 PACS에서 지원하는 JPEG2000 압축 기법을 이용하여 비교적 용이하게 평가할 수 있어 다양한 종류의 의료영상에 직접 적용할 수 있으리라 기대한다.

참고문헌

- [13] <http://kosis.kr/wnsearch/totalsearch.jsp>
- [14] <http://kosis.kr/wnsearch/totalsearch.jsp>
- [15] M.M.Sung, H.J.Kim, E.K.Kim, J.Y.Kwak, J.K.Yoo, H.S.Yoo, "Clinical Evaluation of JPEG2000 Compression Algorithm for Digital Mammography", 대한PACS학회지, 2001;7:13-19.
- [16] Chu, Eun Hyoung, "Implement of Integrated Compression System of Medical Image", Department of Electronics Engineering, Graduate School of Changwon National University, 2002.
- [17] Lee-Seung Nam, "A Study on Efficiency of Medical Image Compression in PACS", Dept. of Information and Communication Engineering, Graduate School of Information and Communications, Sungkyunkwan University, 2005.
- [18] Digital Image and Communication in Medicine (DICOM), PS 3.1, 3.3, 3.5, 3.6, 3.8, 3.10-2011, National Electric Manufacture Association(NEMA), (<http://dicom.nema.org/dicom/docs.html>)
- [19] 보건복지부령 제 65호(2011.6월 27일), 특수의료장비의 설치 및 운영에 관한 규칙 제5조(품질관리검사) 2항(품질관리검사 기준) 관련 별표3.
- [20] Soon Joo Cha, Sung Hwan Kim, Yong Hoon Kim, Yoon Joon Hwang, Jung Wook Seo, Su Young Kim, Mi Young Kim, Hae Ryeon Kim, Yoon Hee Han, Gham Hur, Joo Hwan Park, Byung Hoon Lee, Seung Tae Lee, Bae Geun Oh, "Clinical Evaluation of the JPEG2000 Compression Rate of CT and MR mage for Long Term Archiving in PACS", J Korea Radiol Soc, Vol. 54, pp.227-233, 2006.
- [21] Yong jai Lee, "Quality Evaluation of JPEG2000 Compressed Images in PACS Environments", Graduate School Science and Engineering, Korea University, 2005.
- [22] Sung MM, Kim HJ, Jeon TJ, Yoo HS, "Clinical evaluation and comparison of JPEG and JPEG2000 compression on PET brain images", 대한 PACS 학회지, Vol. 9, pp.1-7, 2003.
- [23] Sung-Woo Choi, "The Calculation of compression rate and practicality of JPEG2000 on Medical image", Department of Medical Image Science, Graduate School of Inje University, 2003.
- [24] 차순주, PACS에서의 압축에 따른 영상화질관리, 대한의학영상정보학회지, Vol. 17, pp.10-14, 2011.