

# CT 정도관리 영상의 정량적 분석방법에 관한 연구

김영수\* · 고성진\*\* · 강세식\*\* · 예수영\*\*

\*대우병원 영상의학과, \*\*부산 가톨릭 대학교 보건과학대학 방사선학과

Phantom of the AAPM CT imaging evaluation Studies on the quantitative analysis method

Young-su Kim\* · Seong-Jin Ko\*\* · Se-Sik Kang\*\* · Soo-young Ye\*\*

\*Department of Radiology, Daewoo General Hospital

\*\*College of Health Sciences, Catholic University of Pusan

E-mail : syye@cup.ac.kr

## 요 약

CT 정도관리 영상평가는 팬텀 영상평가를 통한 정량적인 평가로 시행하며, 평가 항목으로는 물의 감약 계수, 균일도, 노이즈, 대조도 분해능, 공간분해능, 10mm 슬라이스 두께 평가 등이 있으며, 대조도 분해능, 공간 분해능, 슬라이스 두께 평가의 경우, 검사자의 주관적인 판단에 의한 평가로 인한 오류를 예상할 수 있으므로, 주관적인 오류를 최소화 하고자 전산화된 영상처리 프로그램을 이용하여 객관적인 평가를 하고자 한다. CT 정도관리 영상평가의 기본 촬영 조건은 특수의료장비 품질관리검사와 동일하며, IMAGE J를 이용하여 영상을 정량적으로 평가하였다. CT 감약계수, 균일도, 노이즈 평가의 경우, CT 정도 관리 영상에 비하여 디지털 처리 영상의 측정값의 표준편차가 더 작아 잡음이 적고 균일한 영상이라고 평가하였으며, 대조도 분해능 평가는 원의 직경의 크기가 큰 1인치, 0.75인치, 0.5인치의 경우 원형, 원의 직경이 작아질수록 타원에 가까운 원형으로 평가되었다. 공간 분해능 평가는 영상처리 프로그램의 자동추출 기능을 이용하여, 합격기준을 포함하는 원의 그룹을 모두 자동으로 추출하여, 정량적인 평가에 매우 유용하다고 평가하였다. 위의 결과 등을 바탕으로 CT 정도관리 영상 평가 시, 영상처리 프로그램을 이용한다면 평가자의 주관적인 판단 오류를 최소화하고, 보다 더 효율적인 정량적평가가 이루어 질 것이라고 판단된다.

## ABSTRACT

CT quality assurance imaging evaluation and enforcement as quantitative assessment by phantom image evaluation, assessment items include There are also contrasting the water attenuation coefficient, uniformity, noise, resolution, spatial resolution, 10mm slice thickness evaluation, contrast resolution, space for the resolution, the slice thickness evaluation, it is possible to estimate the error due to the evaluation by the subjective judgment of the tester, using a subjective error image processing program to be computed to minimize the objective evaluation. Basic recording conditions of the CT image quality control assessment is the same as special medical equipment quality control checks, the images were evaluated quantitatively using IMAGE J. For a CT attenuation coefficient, the uniformity, noise evaluation, were evaluated as CT quality control image the standard deviation of the measured value of the digital processing of image smaller and less noise uniform images than the, contrast and resolution assessment is the size of the diameter of a circle having a large the 1 inch, 0.75 inch, 0.5 inch quality if the diameter of the circle, was evaluated in the small circle in the near circle ellipse. Spatial resolution is evaluated by using a self-extracting features of an image processing program, all of the groups of members comprising the acceptance criteria to automatically extract, was evaluated to be very useful for the quantitative assessment. When CT image quality control assessment on the basis of the results such as the above, if using an image processing program to minimize the subjective judgment of the error evaluator and is determined more efficient than would be made quantitative evaluation.

## 키워드

AAPM 팬텀 영상 | 영상 처리 | IMAGE J | 정량적 평가

## I. 서 론

현대의학에서 가장 중요한 진단 도구인 영상의 학검사는 의학기술의 발전과 환자 진료에 있어

서의 유용성으로 인하여 현재 매우 광범위하게 이용되고 있으며, 의료기기의 발전과 함께 더욱 중요한 역할을 수행할 것으로 예상된다. 이러한 영상의학 검사를 위한 의료영상장비의 품질관리

는 정확한 진단을 위해서 필수적이며, 특히 방사선 피폭이 문제가 되는 방사선 발생 기기의 관리의 더욱 중요하다[1].

또한 실제로 병원이나 암 검진기관의 평가 장비의 품질관리검사가 주기적으로 시행되고 있는지를 확인하고 있으며, 국내 의료기관 인증평가에도 이러한 정도관리가 제대로 시행되고 있는지 확인하고 있다[2].

일반적으로 팬텀 영상평가를 통한 CT 장비 성능 평가는 정량적인 평가로 시행하며, 물의 감약계수 측정과 균일도 측정, 노이즈 측정이 있다. 그리고 정량적이면서 평가자의 주관적인 평가 즉, 평가자의 육안적인 평가로 CT 장비의 적합 여부를 평가하는 10mm 슬라이스 두께 측정과 대조도 분해능 측정, 공간분해능 측정이 있다.

위의 주관적인 정량적 평가 방법 또한 특수 의료장비의 평가 항목들에 포함되며, 장비 성능 평가 시 CT장비의 사용 적합 판정에 매우 중요한 요소이다. 그러므로 이를 보완하기 위한 객관적인 평가 방법이 필요하다. 본 연구에서는 특수 의료장비 품질관리검사 항목 중에서 AAPM (미국의학물리학자협회 : The American Association of Physicists in Medicine) CT 성능 평가용 표준 팬텀을 이용하여 정량적인 평가인 균일도 측정, 노이즈 측정을 연구하고, 정량적 평가와 동시에 평가자의 주관적인 판단에 의한 평가로 인한 오류를 최소화 하고자 슬라이스 두께 측정 평가, 대조도 분해능 평가와 공간 분해능 평가는 정량적이면서 객관적인 방법을 연구하고 그 유용성을 평가하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. AAPM CT 성능용 표준 팬텀

미국 의학물리학자 협의회에서 고안된 CT 성능 평가용 팬텀인 Nuclear Associates社 AAPM CT Performance Phantom(Model CIRS-610, Carle Place .NY, USA)으로 본 연구에 사용하였다. 이는 특수의료장비의 설치 및 운영에 관한 규칙에 의거한 CT 팬텀영상검사의 표준팬텀이며, 정도관리검사에 사용된다. 직경이 21.6cm 인 아크릴 재질의 원통형이며, CT number calibration, 슬라이스 두께 측정, 공간 분해능 측정, 대조도 분해능 측정, 그리고 beam alignment 및 노이즈 측정의 5부분의 블록으로 구성되어 있다[3].

물의 CT 감약 계수 측정은 팬텀 중앙에서부터 6시 방향으로 1/4 지점에 하나의 4×4 cm 의 정사각형을 설정한 후 장비 자체의 관심영역 (Region of Interest, ROI) 분석 기능을 이용하여 평균과 표준 편차를 측정 한다[4]. 노이즈는 물의 CT 감약 계수에서 측정된 표준편차가 노이즈가 되며[4], 균일도는 6시 방향 4×4 cm 의 정사각형을 기준으로 동일한 크기의 12시 3시 9시

방향의 정사각형 관심영역기능을 이용하여 CT 계수를 측정 한다[4]. 10mm 슬라이스 두께 측정은 알루미늄 격자의 두께를 장비의 프로그램을 이용하여 직접 측정한다. 대조도 분해능 측정용 블록에는 깊이가 2.25인치이고, 직경이 1인치, 0.75인치, 0.5인치, 0.375인치, 0.25인치, 0.125인치의 구멍이 중심선 양쪽에 각각 2개씩 1쌍으로 구성되어 있다[4]. 대조도 분해능은 팬텀의 구멍에 생리식염수와 CT 조영제 (300~370 mg I/ml)를 100:1 내외로 혼합 한 용액을 채우고, 예비로 스캔하여 구멍 내에서 측정된 용액의 감약 계수가 낮으면 소량의 조영제를 추가하고 감약 계수가 높으면 식염수를 추가하여 보정하였으며 공기는 없어야 한다[4].

공간 분해능 측정용 블록에는 직경이 1.75mm, 1.50mm, 1.2 5mm, 1.00mm, 0.75mm, 0.60mm, 0.50mm, 0.40mm의 원이 4.3mm 간격으로 5개씩 그룹화 되어 있으며, 총 8 그룹의 원들로 구성되어 있다.

표 1은 앞에서 제시한 CT 팬텀 영상의 검사 항목 및 기준을 나타내었다.

표 1. CT 팬텀 영상 기준

항 목	합격 기준
물 CT 감약계수	0±7 HU
노이즈	7 HU 이내
균일도	5 HU 이내
대조도 분해능	≤ 6.4 mm
공간분해능	≤ 1.0 mm
슬라이스두께 10mm	≤ ± 1 mm

### 2. 촬영조건 및 방법

기본 촬영 조건은 120kVp와 250mAs, 10mm colimation과 25cm 이상의 SFOV (scan field of view), 25cm의 DFOV (displayfield of view)를 사용하고, 영상 재구성은 standard reconstruction algorithm을 사용하였다.

### 3. 평가 대상

AAPM CT 성능용 표준 팬텀을 이용하여 특수 의료장비 품질관리 검사에서 항목별로 적합 판정을 받은 7개의 팬텀 영상과 평가프로그램을 이용하여 영상 처리를 한 7개의 영상처리 팬텀 영상을 비교하여 평가 하였다.

### 4. 평가 방법

AAPM CT 성능용 표준 팬텀 원본 영상과 NIH (National Institutes of Health : 미국 국립 보건원)에서 연구용 분석목적으로 개발한 IMAGE J (Version 1.80) 프로그램을 이용하여 영상처리 한 팬텀 영상을 비교 분석하여 정량적으로 평가하

였다.

### III. 연구 결과

#### 1. CT 감약 계수 및 노이즈, 균일도 측정평가

특수의료 장비의 CT 감약 계수 및 노이즈 측정 균일도 측정 평가 방법과 동일한 방법으로 평가하였고, 표준 팬텀영상의 HU 평균값과 표준편차 값, 영상처리를 한 팬텀영상의 픽셀의 평균값과 표준편차 값의 결과는 다음과 같다.

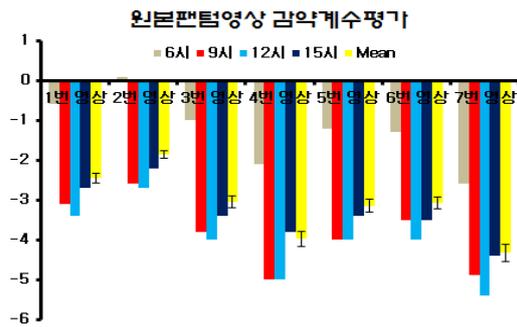


그림 1. 원본팬텀영상 감약계수 평가

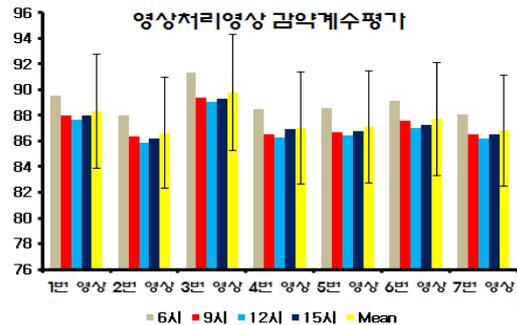


그림 2. 원본팬텀영상 감약 계수 평가

위의 그림 1, 2와 같이 CT 감약 계수 평가에서 7개의 원본팬텀영상 HU의 평균값의 최소값은 -1.85, 최대값은 -4.33이며, 7개의 영상처리영상의 픽셀의 평균값의 최소값은 86.62, 최대값은 89.78로 원본팬텀영상은 각 영상의 평균 HU값의 표준오차 백분율 95%이내에 모두 미포함 되는 측정값의 결과로 나타난 반면, 영상처리영상의 경우, 각 영상의 평균 픽셀 값의 표준오차 백분율 95% 이내에 모든 영상이 포함되는 결과로 나타났다. 이러한 측정값을 기준으로 원본팬텀영상의 경우 특수의료장비의 적합 판정인  $0 \pm 7$  HU이내에 포함되는 CT 감약 계수가 적합한 영상이며, 영상처리영상 또한 원본 팬텀영상보다 더 표준오차 백분율이 낮은 균일한 픽셀값을 나타내므로, CT 감약 계수 평가에 있어 유용하다고 평

가하였다.

아래의 그림 3, 4와 같이 노이즈 및 균일도 평가에서 영상처리영상의 표준편차가 원본팬텀영상에 비하여 낮게 나타나 영상잡음이 더 적고 균일한 영상이라고 평가하였다.

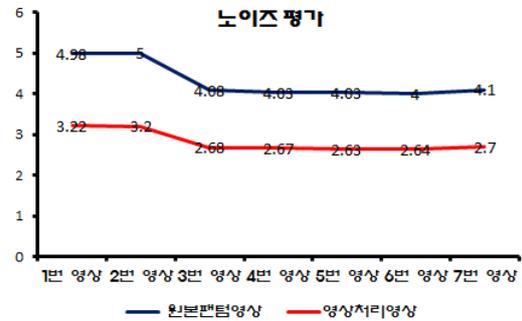


그림 3. 노이즈 평가

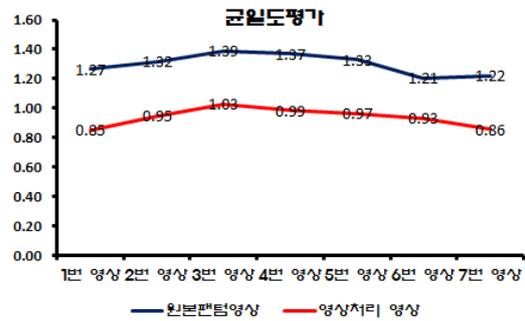


그림 4. 균일도 평가

#### 2. 슬라이스 두께 측정 평가

팬텀 영상의 슬라이스 두께 측정 길이와 평가프로그램의 자동추출 슬라이스 두께 측정값을 비교 평가하였으며, 그 결과는 아래 표 2와 같다.

표 2. 슬라이스 두께 측정 결과 (unit : mm)

영 상	1번	2번	3번	4번
격자두께	10	10	10	10
실제두께	12.1	12.2	11.8	11.8
평가두께	12.98	13.57	14.35	12.80

실제 측정값에 대한 평가영상 측정값의 비는 1번 영상, 2번 영상, 3번 영상, 4번 영상의 경우 1.07, 1.11, 1.22, 1.08의 결과를 나타내었다. 슬라이스 두께 측정 팬텀 영상의 경우 정량적인 측정 결과에 평가자의 주관적인 두께 측정이 함께 이루어져 적합한 평가 결과가 나타나지 않았다고 평가하였으며, 향후 슬라이스 두께 측정에 관하여 보다 더 객관적이고 정량적인 평가에 대한 연구가 필요하다고 판단하였다.

### 3. 대조도 분해능 평가

대조도 분해능 원통형의 외곽선 경계를 threshold와 Canny edge detection을 이용하여 자동으로 추출하였으며, 대조도 분해능 원통형의 수평 지름을 기준으로 0도, 45도, 90도, 135도의 지름과 단 지름, 장 지름을 각각 측정하여 각 원통형당 총 6개의 대조도 분해능 원통형의 지름의 길이(Length) 값과 전체 지름의 평균값, 표준편차, 평균값의  $\pm 2\%$ 오차범위, 평균값의  $\pm 4\%$ 오차범위, 평균값의  $\pm 8\%$ 오차범위를 구하여 원의 형태를 분석하였다. 원의 형태 분류는 측정 원통형의 모든 지름의 길이가 전체 지름의 평균값과의 오차범위가 2% 이하인 경우 원형이며, 측정된 6개의 지름의 길이 값 중 단 1개의 측정 지름의 길이 값이 2%를 초과 하여 8% 이하인 경우 타원형에 가까운 원의 형태로 평가 하였고 8%를 초과한 경우에는 타원형으로 평가 하였다. 0.125인치 의 한 쌍의 대조도 구멍은 측정대상에서 제외 하였다.

측정 결과 평균값의  $\pm 2\%$ 오차범위 내에 포함하는 Upper 1 원통형과 Lower 1 원통형, Upper 2 원통형, Lower 2 원통형, Lower 3 원통형, Lower 4 원통형은 원의 형태에 따른 분류를 통해 원형이라고 분석 하였고,  $\pm 2\%$ 를 초과 하여  $\pm 8\%$  이하인 Upper 3 원통형, Upper 4 원통형, Upper 5 원통형, Lower 5 원통형은 타원형에 가까운 원형이라고 평가하였다.

### 4. 공간 분해능 평가

공간분해능 특수의료장비 평가 합격 기준인 1.0 mm 이상의 원의 그룹을 평가 프로그램을 이용하여 영상처리 후 자동 추출된 결과 값으로 평가 하였으며, 그 결과는 아래 표 3과 같다.

표 3. 공간 분해능 원의 그룹 자동 추출수와 자동 추출률 (%)

영 상	1번	2번	3번	4번	5번	6번	7번
자동 추출수	20	20	20	20	20	20	20
자동 추출률	100	100	100	100	100	100	100

표 3의 결과와 같이 모든 영상처리영상에서 자동 추출수는 20, 자동 추출률은 100%의 결과가 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로 영상처리프로그램을 자동추출기능을 이용하면, 정량적인 공간 분해능 평가가 이루어 질 수 있다고 평가하였다.

### IV. 고찰

CT 팬텀 영상 검사 중 대조도 분해능, 공간 분

해능, 슬라이스 두께 평가 항목은 평가자의 육안적 평가에 의해 이루어지고 있으며, 부적합 판정을 받는 원인이기도 하다.[5]

대조도 분해능 평가와 공간 분해능 평가는 CT 뿐만 아니라 다른 분야에 있어서도 평가자의 주관적 판단에 의해 적합 여부가 결정됨에 따라 이를 보완하고 객관화 할 수 있는 평가 방법이 필요 하다고 하고 있으며[6], 실제로 정량적인 평가방법을 개발하고 적용하기 위해 많은 연구가 이루어지고 있다.

본 연구에서는 특수의료장비 품질관리 검사 항목인 CT 감약 계수 및 노이즈 측정, 균일도 측정 슬라이스 두께, 대조도 분해능, 공간 분해능 팬텀 영상을 대상으로 영상처리 프로그램을 이용하여 정량적으로 평가하였으며, 슬라이스두께를 제외한 모든 항목에서 정량적인 평가를 할 수 있었다.

### V. 결 론

AAPM CT 성능용 표준 팬텀을 이용한 특수의료장비 항목별 검사 시 판독자의 육안적 평가를 최소화하기 위해 전산화된 평가 프로그램을 이용한다면, 정성적인 평가의 정량화를 통하여 모든 평가 항목이 보다 더 효율적이고 객관적인 평가가 이루어 질 것이라고 사료된다.

### 참 고 문 헌

- [1] 대한영상의학회, “2013년 특수의료장비 품질관리 길라잡이” PP.1, 2013.
- [2] 보건복지부, “특수의료장비의 설치 및 운영에 관한 규칙, 보건복지부령 제146호, 2012
- [3] 노성순 외 2명, “AAPM Phantom을 이용한 CT 영상 평가 시 자동화된 정량적 분석 방법 개발”, Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers Vol. 51, No. 12, 2014.12
- [4] 장근조, 권대철, “AAPM CT 성능 평가용 팬텀을 이용한 전산화 단층촬영의 영상 평가를 위한 정도관리 사례연구” 한국 콘텐츠학회 논문지 2007년제 7권, pp.114-123, 2007
- [5] 최원찬, “서울에서 사용 중인 전산화단층촬영장치의 실태 및 AAPM CT Phantom을 이용한 영상평가”, 석사학위논문, 고려대학교 의용과학대학원, 2009 학회 논문7(7), PP.114-123, 2007.7
- [6] Barrett FF et al, “Artifact in CT: recognition and avoidance”, Radiographics, Vol. 24, No. 6, PP.1679-1691, 2004