

<원저>

# 뇌 컴퓨터단층검사 시 양자잡음제거 알고리즘을 적용한 영상의 비교평가

## - Comparative Evaluation of Images after Applying Quantum Denoising System Algorithm to Brain Computed Tomography -

대구가톨릭대학교 방사선학과

조평곤

— 국문초록 —

본 연구의 목적은 뇌 컴퓨터단층검사 시 양자잡음제거(Quantum Denoising System; QDS) 알고리즘을 적용한 영상 분석을 통해 화질 향상 효과를 알아보고자 한다. 2017년 7월부터 2017년 10월까지 경북 소재 G 영상의학과에 뇌 컴퓨터단층검사를 위해 내원한 45명의 성인을 대상으로 동의하에 후향적 연구를 하였고, 뇌 컴퓨터단층검사 시 QDS(-)를 적용하지 않은 그룹(A Group)과 QDS(+)를 적용한 그룹(B Group)으로 나누어 검사하였다. 다음과 같은 결론을 얻었다. 노이즈값은 Pons부분과 Vermis부분 모두 QDS(+)를 적용한 B그룹에서 통계적으로 유의하게 낮았다(A Group; Pons  $6.92 \pm 0.98$  HU, Vermis 6.72, B Group; Pons  $5.41 \pm 1.05$  HU, Vermis  $5.28 \pm 0.73$  HU :  $p < 0.05$ ). SNR값은 Pons부분과 Vermis 부분 모두 QDS(+)를 적용한 B그룹에서 통계적으로 유의하게 높았다(A Group; Pons  $5.21 \pm 1.28$ , Vermis  $6.23 \pm 1.49$ , B Group; Pons  $7.28 \pm 2.56$ , Vermis  $8.63 \pm 3.04$  :  $p < 0.05$ ). 결론적으로 뇌 컴퓨터단층검사 시 양자잡음제거 알고리즘을 적용한다면 영상의 노이즈 감소 및 신호 대 잡음비(SNR), 대조도 대 잡음비(CNR)를 좀 더 개선시켜 진단에 적절한 영상을 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

**중심 단어:** 컴퓨터단층검사, 뇌, 노이즈, 신호 대 잡음비, 대조도 대 잡음비

### 1. 서 론

컴퓨터단층검사(Computed Tomography; CT)기기는 지속적으로 발전이 되고 있으며, 정확한 질병을 진단하는데 있어 의존율이 증가하고 있는 실정이다[1]. 그 중 Brain CT검사는 뇌출혈 및 뇌경색, 급성외상, 골절 등의 병변을 진단하는데 우수한 장점이 있으며, CT검사 건수 중 많은 비중을 차지하고 있는 검사이다[2]. CT검사의 증가로 인해 의료기기 회사들은 CT검사 시 환자들의 방사선 피폭을 줄이면서 진단적 가치가 있는 영상 화질을 얻을 수 있도록 기술개발을 하고 있으며, 기술발전으로 인해 현재 여과필터 사용, 관전류를 자동적으로

로 조절될 수 있는 자동노출제어 장치(Automatic exposure control; AEC)를 활용하여 Z축 위치의 확인, 환자의 크기 및 두께변화 등의 인식을 통해 환자가 받는 선량을 줄이고 있으며, 검사 부위에 맞는 적절한 인자(Parameter) 등을 활용하여 검사에 적용하고 있다[3-5]. 여러 가지 인자들을 적용하여 획득된 CT 영상은 목적 부위에 맞는 적절한 대조도 및 알고리즘 설정으로 영상의 화질을 높일 수 있다.

CT에서의 영상의 화질(Image Quality)은 인체의 해부학적인 미세 구조를 얼마만큼 정확한 구조의 영상으로 나타낼 수 있는가에 좌우가 된다. 영상의 화질을 결정하는 요소로는 노이즈(Nois), 재구성 알고리즘(Algorithm), 고 대조도

This research was supported by research grants from Daegu Catholic University in 2017.

Corresponding author: Pyong-Kon Cho, Department of Radiological Science, Daegu Catholic University, 13-13, Hayang-ro, Hayang-eup, Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-do, 38430, Korea / Tel: 82-53-850-2523 / E-mail: jijpkcho@cu.ac.kr

Received 20 November 2017; Revised 12 December 2017; Accepted 12 December 2017

분해능(High contrast resolution), 저 대조도 분해능(Low contrast resolution) 등이 있으며, CT 영상의 화질 개선을 위해 CT기기 회사들은 지속적으로 소프트웨어를 발전시키고 있으며, 최근 방사선 피폭선량을 줄이면서도 영상의 화질을 개선시킬 수 있는 다양한 재구성 알고리즘 방법들이 개발되고 있다. 특히, 재구성 알고리즘의 개발에 따라 선량 및 노이즈를 감소시켜 진단적으로 가치가 있는 영상을 획득하고 있다[6-7].

그 중 "T사"에서는 CT에서 재구성된 영상의 양자 잡음을 적극적으로 감소시키는 양자잡음제거 (Quantum Denoising System; QDS) 알고리즘이 소개되었다.

이에 본 연구에서는 소개된 QDS 알고리즘을 적용하여 뇌 검사 시 노이즈 및 화질평가에 대한 분석을 하고자 한다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 임상연구

#### 1) 검사대상

2017년 7월부터 2017년 10월까지 경북 소재 G 영상의학과에서 뇌 CT검사를 위해 내원한 45명의 성인을 대상으로 동의하에 후향적 연구를 하였다. 평균나이는 남성 48.5세(18명), 여성 46.7세(27명)였다.

#### 2) 검사방법

CT기기는 128-MDCT(Aquilion CX, Toshiba Medical System, Otawara, Japan)을 사용하였고, 뇌 CT 검사 시 이용된 파라미터는 관전압 120 kVp, 관전류 350 mA, 슬라이스두께 4mm, Rotation time 0.5 sec 조건으로 설정하였다. 검사 범위는 뇌 전체가 포함될 수 있도록 저부(base)에서 마루점(vertex)까지 하였다. QDS(-)를 적용하지 않은 그룹(A Group)과 QDS(+) 적용한 그룹(B Group)으로 나누어 검사하였다.

### 2. 영상 화질 평가

#### 1) 정량적 평가

본 연구의 화질평가는 검사방법에서 제시된 조건으로 QDS(-)를 적용하지 않은 그룹과 QDS(+) 적용한 그룹으로 나누어 스캔된 뇌 CT 전체 영상 중 Beam-hardening Artifact가 많이 일어나는 영상을 택하여 분석하였다.

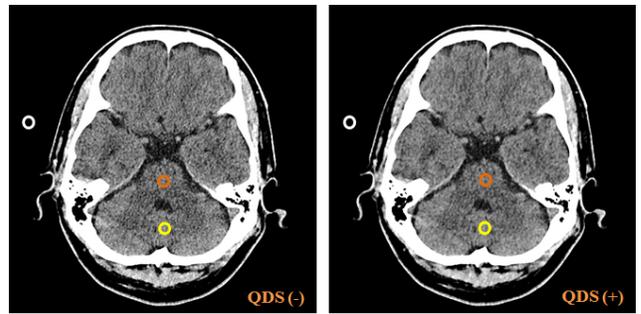
뇌의 다리뇌(Pons)부분과 소뇌벌레(Vermis)부분에서 30

mm<sup>2</sup>의 관심영역(ROI)을 설정한 후, CT 값(CT Number), 노이즈(Noise)를 측정하여 분석하였다. 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio; SNR)와 대조도 대 잡음비(Contrast to Noise Ratio; CNR)를 분석하기 위해서 Back-ground Noise(오른쪽 귀 위쪽 1cm위치 공기부분)를 측정하였다. 각각 3회씩 측정된 후 평균값을 구하여 분석하였다(Fig. 1).

SNR값과 CNR값은 아래 식을 이용하여 분석하였다(식 1, 2).

$$\text{SNR} = \text{Pons or Vermis CT Number} / \text{Back-ground noise} \quad [\text{식 1}]$$

$$\text{CNR} = \text{Vermis - Pons} / \text{Back-ground noise} \quad [\text{식 2}]$$



**Fig. 1** Comparing the images of 30mm<sup>2</sup> of the region of interest(ROI) in the Pons and Vermis regions between the group(QDS+) with using the quantum denoising system(QDS) and the group(QDS-) without using the QDS.

### 3. 분석 방법

수집된 자료의 통계분석은 SPSS 18.0을 이용하여 분석하였다. 대상자의 일반현황 특성은 빈도와 평균을 구하였으며, 그룹간 CT Number, Noise, SNR, CNR 차이를 알아보기 위해 대응표본검정(Paired *T*-test)을 이용하였다. *p*값이 0.05이하일 때 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 간주하였다.

## III. 결 과

### 1. CT 값과 노이즈 분석

뇌 CT영상에서 CT Number값과 노이즈값은 3회씩 측정된 평균값을 분석하였다. QDS(-)를 적용하지 않은 그룹에서 Pons 부분의 CT Number값은 31.72±2.51 HU, 노이즈값은

6.92±0.98 HU, Vermis 부분의 CT Number값은 37.96±2.83 HU, 노이즈값은 6.72±0.9로 측정되었다. QDS(+를 적용한 그룹에서 Pons 부분의 CT Number값은 31.95±2.35 HU, 노이즈값은 5.41±1.05 HU, Vermis 부분의 CT Number값은 37.92±2.86 HU, 노이즈값은 5.28±0.73 HU로 측정되었다 (Table 1-2).

두 그룹간의 비교 결과, CT Number값은 Pons부분과 Vermis 부분의 그룹간 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 노이즈값은 Pons부분과 Vermis 부분 모두 QDS(+를 적용

한 그룹에서 통계적으로 유의하게 낮게 나타났다( $p < 0.05$ ).

## 2. SNR 분석

QDS(-)를 적용하지 않은 그룹에서 SNR은 Pons부분에서 5.21±1.28, Vermis부분에서 6.23±1.49로 측정되었다. QDS(+를 적용한 그룹에서 SNR은 Pons부분에서 7.28±2.56, Vermis부분에서 8.63±3.04로 측정되었다(Table 3), (Fig. 2).

**Table 1** Analysis of CT values in the Pons and Vermis regions in the group (QDS+) with using the quantum denoising system (QDS) and the group (QDS-) without using the QDS

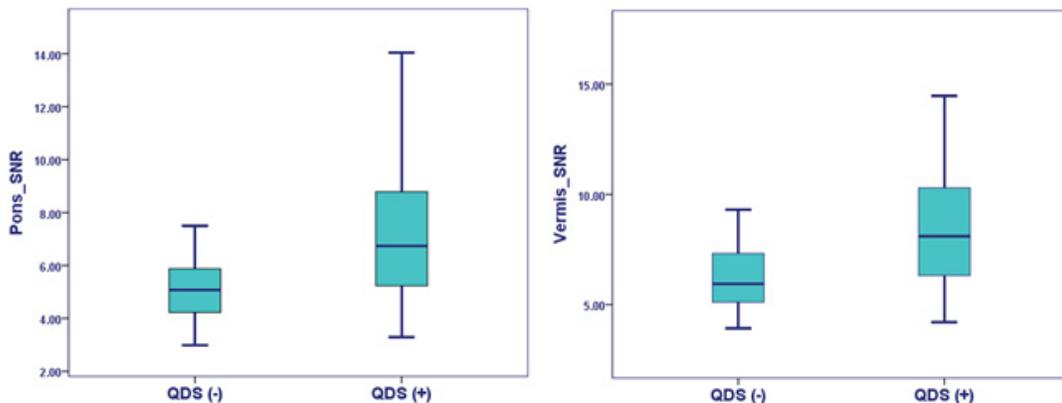
Group	A Group	B Group	$\rho$
	QDS (-)	QDS (+)	
Pons	31.72±2.51	31.95±2.35	0.651
Vermis	37.96±2.83	37.92±2.86	0.941

**Table 2** Analysis of noise values in the Pons and Vermis regions in the group (QDS+) with using the quantum denoising system (QDS) and the group (QDS-) without using the QDS

Group	A Group	B Group	$\rho$
	QDS (-)	QDS (+)	
Pons	6.92±0.98	5.41±1.05	0.000
Vermis	6.72±0.90	5.28±0.73	0.000

**Table 3** Analysis of SNR values in the Pons and Vermis regions in the group (QDS+) with using the quantum denoising system (QDS) and the group (QDS-) without using the QDS

Group	A Group	B Group	$\rho$
	QDS (-)	QDS (+)	
Pons	5.21±1.28	7.28±2.56	0.000
Vermis	6.23±1.49	8.63±3.04	0.000



**Fig. 2** Analysis of the image SNR by Pons and Vermis

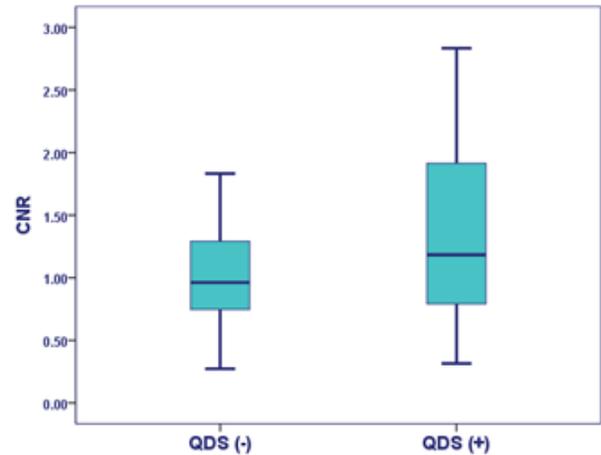
**Table 4** Analysis of CNR values in the Pons and Vermis regions in the group (QDS+) with using the quantum denoising system (QDS) and the group (QDS-) without using the QDS

	A Group	B Group	$p$
	QDS (-)	QDS (+)	
CNR	1.01±0.38	1.35±0.68	0.005

두 그룹간의 비교 결과, SNR값은 Pons부분과 Vermis 부분 모두 QDS(+)를 적용한 그룹에서 통계적으로 유의하게 높게 나타났다( $p < 0.05$ ).

### 3. CNR 분석

QDS(-)를 적용하지 않은 그룹에서 Pons와 Vermis부분의 CNR은  $1.01 \pm 0.38$ 로 측정되었으며, QDS(+)를 적용한 그룹에서 Pons와 Vermis부분의 CNR은  $1.35 \pm 0.68$ 로 측정되었다(Table 4), (Fig. 3). 두 그룹간의 비교 결과, CNR값은 QDS(+)를 적용한 그룹에서 통계적으로 유의하게 높게 나타났다( $p < 0.05$ ).

**Fig. 3** Analysis of the image CNR by Groups

## IV. 고 찰

최근 컴퓨터단층검사 기기의 발전으로 인해 영상획득 시간이 더 빨라졌으며, 영상의 질적인 부분도 많이 향상되었기에 CT검사는 영상의학과에서 많은 비중을 차지하고 있다 [8-9]. 그 중 뇌 CT검사는 다른 검사보다 더 높은 공간분해능이 요구되며, 뇌 질환을 판단하는데 있어서 질적으로도 우수한 영상을 획득하여야 한다[5]. CT영상 획득 시 재구성 알고리즘은 영상의 질에 많은 영향을 미친다. 그러므로 획득하고자 하는 해부학적 부위와 질환을 잘 고려한 알고리즘을 적용해야 진단적 가치가 있는 영상을 얻을 수 있다 [10-12]. 현재 CT검사는 알고리즘과 재구성 방식의 발달로 인해 분해능이 향상된 영상을 획득함으로써 검사의 정확도를 더욱 높여주고 있다. 이에 대부분 의료기기 회사들은 계속적으로 최적의 영상을 획득할 수 있도록 다양한 연구를 진행하고 있는 실정이다. 그 중 "T사"에서 개발된 QDS (Quantum Denoising System) 알고리즘을 본 연구에 적용하여 영상을 분석하였다. QDS 알고리즘은 컴퓨터단층 영상 기기에서 재구성된 영상의 양자 잡음을 적응적으로 감소시키는 역할을 한다. Z축 방향으로 슬라이스 두께의 실질적인 증가없이 XY평면에서 공간분해능을 유지하면서 잡음을 줄이는 것을 목표로 개발된 3차원 경계보존 적응 알고리즘이라 할 수 있다. QDS 알고리즘을 기술로 인해 영상의 노이즈

를 선택적으로 감소시켜 진단적으로 가치가 있는 영상을 얻을 수 있었다[13-15].

본 연구에서는 뇌 CT검사 시 QDS 알고리즘을 적용하여 노이즈 및 영상 분석에 대해 알아보려고 하였다.

영상 평가에서 노이즈 값은 Pons부분과 Vermis 부분 모두 QDS(+)를 적용한 그룹(B Group)에서 통계적으로 유의하게 낮게 나타났다. SNR값은 Pons부분과 Vermis 부분 모두 QDS(+)를 적용한 그룹(B Group)에서 통계적으로 유의하게 높게 나타났다. CNR값 또한, QDS(+)를 적용한 그룹(B Group)에서 통계적으로 유의하게 높게 나타났다.

진단적 가치가 있는 영상은 노이즈가 적으며, 신호 대 잡음비가 높은 영상이라고 할 수 있다. 따라서 뇌 CT검사 시 QDS 알고리즘을 적용하여 검사하여도 영상의 질에는 부정적인 영향을 주지 않았으며, QDS 알고리즘을 적용함으로써 영상의 질적 저하없이 노이즈를 감소시킬 수 있었다. 이는 QDS 알고리즘에서 소개된 바와 같이 재구성된 영상에서 노이즈를 적응적으로 감소시키면서 공간분해능을 유지한 특징이라고 볼 수 있겠다.

본 연구의 제한점은 QDS 알고리즘이 T사 기기에 국한되어 있는 점과 뇌 부위만을 적용하여 검사한 점이다. 추후에는 다양한 부위를 대상으로 QDS 알고리즘을 적용하여 연구할 필요가 있을 것으로 생각된다.

## V. 결 론

결론적으로 뇌 CT검사 시 QDS 알고리즘을 적용한다면 영상의 노이즈 감소 및 신호 대 잡음비(SNR), 대조도 대 잡음비(CNR)를 좀 더 개선시켜 진단에 적절한 영상을 획득할 수 있을 것으로 생각된다.

## 감사의 글

본 연구는 2017학년도 대구가톨릭대학교 연구비 지원에 의한 것임.

## REFERENCES

- [1] Lim CH, Cho JK, Lee MK. A Study on Radiation Dose in Computed Tomographic Examinations. *J Radiological Science and Technology*. 2007;30(4):381-389.
- [2] Kim IO. Diagnostic Imaging in Pediatric Central Nervous System. *J Korean Pediatric Association*. 1996;39(7):885-888.
- [3] Lee CH, Goo M, Ye HJ. Radiation dose modulation techniques in the multi detector CT era from basics to practice. *RadioGraphics*. 2008;28(2):1451-1459.
- [4] Smith AB, Dillon WP, Lau BC. Radiation dose reduction strategy for CT Protocols: successful implementation in neuro radiology section. *Radiology*. 2008;247(2):499-506.
- [5] Jang HC, Kim KK, Cho JH, Seo JM, Lee HK. Evaluation of Image Noise and Radiation Dose Analysis In Brain CT Using ASIR. *J Korean Society of Radiology*. 2012;6(5):357-363.
- [6] Ko YH, Kwon DC, Kim KK. *Textbook of Computed Tomography*. Chung-gu Publishing; 2017.
- [7] Jeong WC, Lee GS, Kang HK, Lee SH, Kim CN, Kim KW. Study on the influence of kVp for Metal Artifact in the Brain CTA Scan. *J Korean Society of Computed Tomographic Technology*. 2013;15(1):181-189.
- [8] Smith BR, Lipson J, Marcus R, et al. Radiation dose associated with common computed tomography examinations and associated lifetime attributable risk of cancer. *Arch Intern Med*. 2009;169(22):2079-2086.
- [9] MEDPAC. *A Data Book. Healthcare Spending and the Medicare Program*. Medicare Advisory Commission, 2013.
- [10] Payne JT. CT radiation dose and image Quality. *Radiol Clin North Am*. 2005;43(6):953-962.
- [11] Hsieh J. *Computed tomography: Principles, design, artifacts and recent advances*. SPIE, 2009
- [12] Dougeni E, Faulkner K, Panayiotakis G. A review of Patient dose and optimisation methods in adult and pediatric CT scanning. *Eur J Radiol*. 2011;81(4):665-683.
- [13] Okumura M, Ota T, Tsukagoshi S, et al. New method of evaluating edge-preserving adaptive filters for CT. digital phantom method. *Nippon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi*. 2006;62(7):971-978.
- [14] Sasaki T, Sasaki M, Hanari T, et al. Improvement in image quality of noncontrast head images in MDCT by volume helical scanning with a three dimensional denoising filter. *Radiat Med*. 2007;25:368-372.
- [15] Eiji N, Katsuhiko I, Izumi O, et al. Development of a Noise Reduction Filter Algorithm for Pediatric Body Images in Multidetector CT. *J of Digital Imaging*. 2010;23(6):806-818.
- [16] Miwa O, Takamasa O, Kazuhisa K, et al. Effect of Edge-Preserving Adaptive Image Filter on Low-Contrast Detectability in CT systems: Application of Roc Analysis. *International Journal of Biomedical Imaging*. 2008;1-7.

•Abstract

## Comparative Evaluation of Images after Applying Quantum Denoising System Algorithm to Brain Computed Tomography

Cho Pyong-Kon

*Department of Radiological Science, Daegu Catholic University*

The objective of this study was to evaluate the enhancement effects of the quantum denoising system (QDS) on brain CT images. This retrospective study was conducted with 45 adults who visited G Radiology located in Gyungbuk for having brain CT tests between Jul 2017 and Oct 2017 after receiving consents. Subjects were divided into a control group (A group; no QDS(-) application during the brain CT test) and a treatment group (B Group; QDS(+) application during the brain CT test).

The following conclusions were obtained from the study. The noise values at the Pons part and the Vermis part were significantly ( $p < 0.05$ ) lower in B Group (Pons= $5.41 \pm 1.05$  HU; Vermis= $5.28 \pm 0.73$  HU) than A Group (Pons= $6.92 \pm 0.98$  HU; Vermis= $6.72$ ). The SNR values at the Pons part and the Vermis part were significantly ( $p < 0.05$ ) higher in B Group (Pons= $7.28 \pm 2.56$ ; Vermis= $8.63 \pm 3.04$ ) than A Group (Pons= $5.21 \pm 1.28$ ; Vermis= $6.23 \pm 1.49$ ).

In conclusion, the results of this study suggested that the application of QDS to the brain CT test would enhance the signal to noise ratio (SNR) and the contrast to noise ratio (CNR) to provide an image more appropriate for diagnosis.

---

**Key Words :** Computed Tomography, Brain, Noise, Signal to Noise Ratio, Contrast to Noise Ratio