

Comparison of CT Image Performance with or without Tin Filter based on Blind Image Quality Evaluation Method

Jina Shim¹, Youngjin Lee^{2,*}

¹Department of Radiology, Severacnce hospital

²Department of Radiological Science, College of Health Science, Gachon University

Received: April 21, 2021. Revised: June 23, 2021. Accepted: June 30, 2021.

ABSTRACT

The use of tin filters as a way to reduce the medical radiation in computed tomography (CT). However, due to the changed X-ray spectrum with the use of tin filters, disease diagnosis could be affected because it appears as images of different impressions from previous images. Therefore, this study evaluates the changes in images when using tin filter and high pitch in chest low-dose CT. In this study, images were acquired in groups of three for comparison. Group 1 did not apply to tin filter, and used the existing pitch 0.8. Group 2 used a tin filter, pitch 0.8, Group 3 used a tin filter, and pitch 2.5. To compare the image quality, the natural image quality evaluator (NIQE) and the blind/referenceless image quality evaluator (BRISQUE) were used among the blind quality evaluation factors depended on a no-reference basis. As a result, the NIQE values were low in the order of Group 1, Group 3, and Group 2. BRISQUE values were low in the order of Group 3, Group 2 and Group 1. This study confirms the superiority of images of tin filter and high pitch techniques in chest low-dose CT, which is considered to be a fundamental study for acquiring accurate images of patients with difficult breathing control.

Keywords: Computed tomography, Tin filter, High pitch, Quantitative evaluation of image quality

I. INTRODUCTION

전산화단층촬영 (Computed Tomography, CT) 장비는 하드웨어 및 소프트웨어의 비약적인 발전을 통해 임상적 적용이 증가함으로써 다양한 질병의 진단 정확도가 높아졌고, 이는 검사 건수의 증가로 이어졌다. E. S. Amis Jr, et al.^[1]에 따르면 미국에서 1980년에 시행된 CT 검사에 비해 2005년까지 그 수가 약 20배 증가됨을 보고하였다. 이와 같은 CT 검사의 폭발적인 증가는 의료 방사선량에 대한 우려를 낳았으며, 연구자들은 다양한 연구를 통해 기존의 영상의 질을 유지하면서 선량을 낮추기 위한 노력을 하였다.

방사선 선량이 낮아지면 퀀텀노이즈가 증가하는 등 영상에 부정적인 영향을 미치는데, 두 가지 방법을 통해 이를 해결할 수 있다. 첫 번째는 높은 단

계의 반복적 재구성영상을 획득하여, 선량을 낮춤으로써 증가된 영상의 노이즈를 제거하는 방법이다. 반복적 재구성영상은 다양한 연구를 통해 그 임상적 적용을 증명하였다^[2-4]. 그러나 높은 단계의 반복적 재구성 영상은 인공적인 아티팩트를 발생시켜 질병 진단에 방해가 되기도 한다. 두 번째는 주석필터의 사용을 통해 직접적으로 환자의 선량을 낮추는 방법이다^[5-8]. 주석필터는 입사하는 X선 중 불필요한 피폭만 증가시켰던 낮은 에너지 영역을 걸러냄으로써 평균 에너지를 증가시키는 역할을 한다^[9]. 그러나 주석필터로 인해 바뀐 X선 스펙트럼이 기존의 영상과는 다른 인상의 영상으로 나타나 질병 진단의 영향을 줄 수 있다.

따라서 본 연구에서는 흉부 저선량 CT에서 주석필터의 적용 및 High Pitch에 따른 영상평가를 진행함으로써 주석필터 사용 시 영상의 변화 양상을 살

* Corresponding Author: Youngjin Lee

E-mail: yj20@gachon.ac.kr

Tel: +82-32-820-4362

Address: 191 Hambangmea-ro, Yeonsu-gu, Incheon, Korea

펴보았다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 팬텀 및 장비

본 연구를 위해 사용된 Phantom은 AAPM CT Performance Phantom 이다. 검사에 사용된 장비는 Siemens SOMATOM Force (Siemens Healthcare, Erlangen, Germany)와 Siemens SOMATOM Definition Flash (Siemens Healthcare, Forchheim, Germany)을 사용하였다.

2. 영상 획득

본 연구에서는 비교를 위해 총 3개의 그룹으로 나누어 영상을 획득하였다. Group 1은 주석필터를 사용하지 않았으며, 기존에 사용하던 pitch인 0.8의 영상을 획득하였다. Group 2는 주석필터를 사용하였고, pitch는 0.8이며 Group 3은 주석필터를 사용하였으며 pitch는 2.5이다.

Phantom을 촬영한 조건은 Table 1과 같다. Group 1의 경우, 관전압 120 kV, 관전류 30 mA 였으며, rotation time은 0.5 s, detector collimation은 128 × 0.6 mm, pitch 는 0.8 이다. Group 2는 관전압 100 kV, 관전류는 Care Dose 4D를 사용하였으며 rotation time은 0.5 s, detector collimation은 192×0.6 mm, pitch 는 0.8, 주석필터를 사용하였다. Group 3는 관전압 100 kV, 관전류는 Care Dose 4D를 사용하였으며 rotation time은 0.25 s, detector collimation은 192×0.6 mm, pitch 는 2.5, 주석필터를 사용하였다.

Table 1. CT parameters for image acquisition based on groups

CT parameter \ Group	Group 1	Group 2	Group 3
kV	120	100	100
mA	30	Care Dose 4D	Care Dose 4D
rotation time (s)	0.5	0.5	0.25
detector collimation (mm)	128*0.6	192*0.6	192*0.6
pitch	0.8	0.8	2.5
filter	-	Sn	Sn

3. 사용된 블라인드 품질 평가 인자

본 연구에서는 CT 영상들의 화질을 비교하기 위해 no-reference 기반으로 사용되는 블라인드 품질 평가 인자 중에 대표적인 방법인 Natural Image Quality Evaluator (NIQE)와 Blind/Referenceless Image Spatial Quality Evaluator (BRISQUE)를 사용하였다^[10]. NIQE (Eq. 1)와 BRISQUE (Eq. 2) 평가에서 사용되는 대표적인 수식은 아래와 같으며, 2가지 인자 모두 값이 작을수록 이상적인 영상 화질과 유사하다는 결과를 보여준다.

$$D(v_1, v_2, \Sigma_1, \Sigma_2) = \sqrt{(v_1 - v_2)^T \left(\frac{\Sigma_1 + \Sigma_2}{2} \right)^{-1} (v_1 - v_2)} \quad (1)$$

$$f(x; \alpha, \sigma^2) = \frac{\alpha}{2\beta\Gamma(1/\alpha)} e^{-\left(\frac{|x|}{\beta}\right)^\alpha} \quad (2)$$

여기서 D 는 NIQE를 대표할 수 있는 유사도 또는 거리 데이터, v_1 과 Σ_1 는 각각 이상적인 영상의 품질을 나타내는 평균 벡터값과 공분산값, v_2 와 Σ_2 는 각각 측정하고자 하는 영상의 품질을 나타내는 평균 벡터값과 공분산값, f 는 BRISQUE를 측정할 수 있는 가우시안 분포 (generalized Gaussian distribution, GGD) 기반의 함수, α 는 모형 파라미터, σ 는 분산, Γ 는 감마 function, 그리고 $\beta = \sigma \sqrt{\frac{\Gamma(1/\alpha)}{\Gamma(3/\alpha)}}$ 를 의미한다.

III. RESULTS

Fig. 1은 본 연구에서 획득한 AAPM 팬텀의 CT 영상이다. Fig. 1 (a)부터 (e)까지는 각각 균일도, 슬라이스 두께, 직선성, 공간 분해능, 그리고 대조도 분해능을 평가할 수 있는 팬텀 영역의 단면 영상의 예이며, 모두 일반적인 CT 영상획득 프로토콜, 주석 필터 적용, 그리고 주석 필터 및 High Pitch를 적용한 영상의 결과를 보여준다. 육안평가를 수행한 결과 모든 팬텀 영역에서 Group 3 이 가장 노이즈가 심한 결과를 보여주었지만, 공간 분해능 측면에

서는 경계부분이 더욱 명확하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

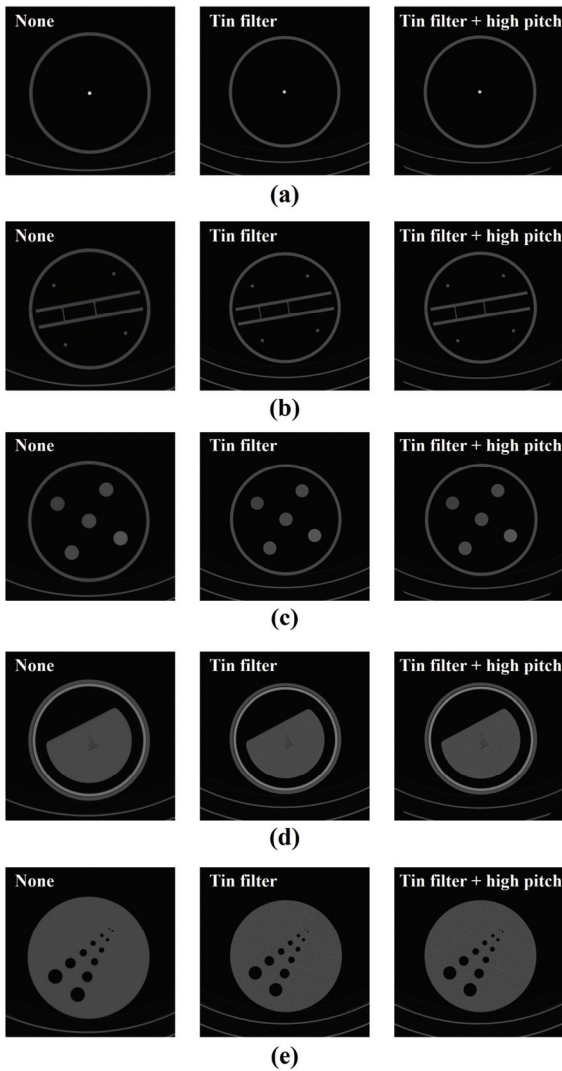


Fig. 1. Acquired CT image with AAPM phantom area using (a) uniformity, (b) slice thickness, (c) linearity, (d) spatial resolution, and (e) contrast resolution measurements as function of imaging method including tin filter + high pitch condition.

Fig. 2는 획득된 AAPM 팬텀의 CT 영상 5개 영역에서 측정된 NIQE와 BRISQUE 값의 평균 데이터이다. NIQE 수치는 Group 1, Group 2, Group 3에서 각각 45.56 ± 2.25 , 46.08 ± 2.56 , 그리고 46.03 ± 2.92 로 측정되었다. 또한, BRISQUE 수치는 Group 1, Group 2, Group 3에서 각각 9.81 ± 2.22 , 8.78 ± 1.45 , 그리고 8.41 ± 1.55 로 측정되었다.

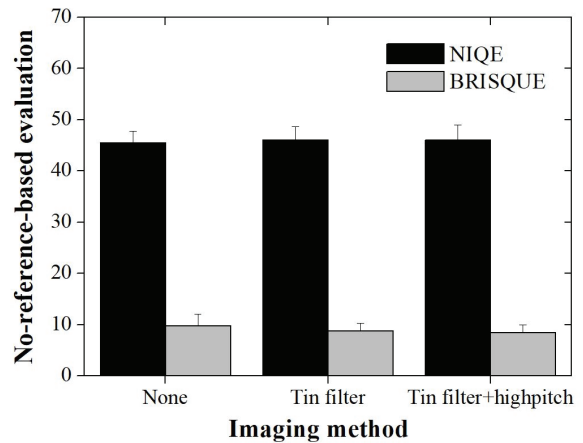


Fig. 2. Results of the NIQE and BRISQUE as function of imaging method including tin filter + high pitch condition.

IV. DISCUSSION

흉부 저선량 CT는 국가폐암검진을 위해 시행하는 검사로 환자뿐만 아니라 일반인도 흔하게 접하는 검사이다. 그러므로 흉부 저선량 CT의 선량 관리 및 영상 질 관리가 필수적이다. 흉부 저선량 CT는 일반 흉부 CT에 비해 선량이 최대 10배까지 낮지만, 폐암 검진으로 환자뿐만 아니라 일반 수검자도 시행하기 때문에 영상의 질을 유지하면서 선량을 최소한으로 낮춰야 한다. 이에 CT 선량을 낮출 수 있는 방법으로 주석필터를 사용함으로써 임상에서도 선량을 낮추는 결과를 증명하였다¹⁵⁻¹⁸. 하지만 주석필터에 따른 영상평가에 대한 정량적 측정에 관한 연구가 이루어지지 않아 기존 영상에 비해 어떤 변화가 나타나는지에 대한 정확한 이해가 부족하였다.

흉부는 호흡으로 인해 영상의 질이 좌우되는 부위로서, 특히 질병으로 인해 호흡조절이 어려운 환자나 노인의 경우 호흡 아티팩트로 영상의 질이 현저하게 떨어진다. 이로 인한 아티팩트는 현재 개발되어 있는 이미지 후처리 기술로도 완벽하게 제거하기 어렵기 때문에 처음부터 좋은 영상을 얻어야만 정확한 질병 진단이 가능하다. 이에 high pitch 기술로 영상 획득이 가능한 장비가 개발되었으며, 흉부 부위의 질 좋은 영상 획득에 있어 기대를 얻고 있다. 본 연구에서는 흉부 저선량 CT에서 주석

필터의 적용 및 high pitch에 따른 영상평가를 진행하였다.

연구 결과, 육안평가와 정량적 평가는 비슷한 경향을 가지는 것을 알 수 있었다. 육안평가 중 노이즈 측면에서는 상대적으로 부정적으로 평가되었던 주석필터를 적용한 영상이 공간분해능에서는 상대적으로 우위를 나타냈으며, 정량적 평가에서도 공간 분해능에 더 민감한 BRISQUE 값에서 주석필터를 적용한 영상이 기존 프로토콜 영상에 비해 좋은 결과를 나타내었다.

이전 논문에 의하면 주석필터로 인해 공간분해능이 증가하는 것으로 나타났으며 이 결과는 본 논문과 같은 경향성을 나타내고 있다^[9]. 또한 HVL이 64~82% 증가한 것을 알 수 있으며 평균 가중치 에너지 또한 증가하였다. 이를 통해 특히 어깨부위에 발생하는 광자의 부족현상으로 생성된 아티팩트에 대한 개선이 가능해질 수 있다. 즉, 결핵 등과 같이 폐침부에 나타나는 질병의 진단에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다.

본 연구에서는 주석필터의 적용에 대한 평가뿐만 아니라 high pitch로 얻은 영상에 따른 영상평가를 진행하였다. Group 3에서는, 정량적 평가에서 노이즈 분석에 더 민감한 NIQE값에서 Group 2보다 더 낮은 NIQE값을 나타내었다. 또한 BRISQUE에서는 다른 두 영상보다 더 낮은 BRISQUE값을 나타내었다. 이 결과는 흉부 CT에서 high pitch의 긍정적인 가능성을 나타내었으며 실제 호흡조절이 어려운 환자를 대상으로 영상을 얻었을 시 주석필터를 적용한 high pitch 영상이 기존 프로토콜 영상에 비해 더 좋은 영상을 얻을 것이라 예상할 수 있다.

본 논문의 제한점으로는 팬텀영상을 통해 평가를 진행함으로써 high pitch 기술로 얻은 영상의 평가를 정확하게 하지 못한 점이다. 다음 연구에서 환자를 통한 high pitch 영상을 평가한다면 더욱 정확한 영상평가가 가능할 것으로 기대된다.

V. CONCLUSION

본 연구에서는 흉부 저선량 CT에서 AAPM phantom을 사용하여 주석필터 및 high pitch 기술의 영상의 우수성을 나타내었다. 이 연구가 특히 호흡

조절이 어려운 흉부 저선량 CT 환자에 있어서 더 정확한 영상에 대한 기대감을 가질 수 있는 기초 자료로 활용될 수 있을 것이라 사료된다.

Reference

- [1] E. S. Amis Jr, P. F. Butler, K. E. Applegate, S. B. Birnbaum, L. F. Brateman, J. M. Hevezi, F. A. Mettler, R. L. Morin, M. J. Pentecost, G. G. Smith, K. J. Strauss, R. K. Zeman, "American College of Radiology white paper on radiation dose in medicine", *Journal of the American College of Radiology*, Vol. 4, No. 5, pp. 272-484, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2007.03.002>
- [2] A. Padole, R. D. A. Khawaja, M. K. Kalra, S. Singh, "CT Radiation Dose and Iterative Reconstruction Techniques", *American Journal of Roentgenology*, Vol. 204, No. 4, pp. W384-W392, 2015. <https://doi.org/10.2214/ajr.14.13241>
- [3] J. Greffier, F. Marci, A. Larbi, A. Fernandez, E. Khasanova, F. Pereira, C. Mekkaoui, J. P. Beregi, "Dose reduction with iterative reconstruction: Optimization of CT protocols in clinical practice", *Diagnostic and Interventional Imaging*, Vol. 96, No. 5, pp. 477-486, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2015.02.007>
- [4] P. B. Noël, B. Renger, M. Fiebich, D. Münzel, A. A. Fingerle, E. J. Rummeny, M. Dobritz, "Does iterative reconstruction lower CT radiation dose: evaluation of 15,000 examinations", *PloS one*, Vol. 8, No. 11, pp. e81141, 2013. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081141>
- [5] S. Kaufmann, A. Sauter, D. Spira, S. Gatidis, D. Ketelsen, M. Heuschmid, C. D. Claussen, C. Thomas, "Tin-filter enhanced dual-energy-CT: image quality and accuracy of CT numbers in virtual noncontrast imaging", *Academic Radiology*, Vol. 20, No. 5, pp. 596-603, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2013.01.010>
- [6] A. Wressnegger, H. Prosch, B. Moser, W. Klepetko, P. Jaksch, C. Lambers, K. Hoetzenecker, C. Schestak, A. De Bettignies, L. Beer, G. Apfaltrer, H. Ringl, P. Apfaltrer, "Chest CT in patients after lung transplantation: A retrospective analysis to evaluate impact on image quality and radiation dose using spectral filtration tin-filtered imaging", *PLoS One*,

Vol. 15, No. 2, pp. e0228376, 2020.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228376>

- [7] A. Mozaffary, T. A. Trabzonlu, D. Kim, V. Yaghmai, "Comparison of Tin Filter-Based Spectral Shaping CT and Low-Dose Protocol for Detection of Urinary Calculi", *American Journal of Roentgenology*, Vol. 212, No. 4, pp. 808-814, 2019.
<https://doi.org/10.2214/ajr.18.20154>
- [8] K. Martini, K. Higashigaito, B. K. Barth, S. Baumueller, H. Alkadhi, T. Frauenfelder, "Ultralow-dose CT with tin filtration for detection of solid and sub solid pulmonary nodules: a phantom study", *British Journal of Radiology*, Vol. 88, No. 1056, pp. 20150389, 2015.
<https://doi.org/10.1259/bjr.20150389>
- [9] J. Greffier, F. Pereira, A. Hamard, T. Addala, J. P. Beregi, J. Frandon, "Effect of tin filter-based spectral shaping CT on image quality and radiation dose for routine use on ultralow-dose CT protocols: A phantom study", *Diagnostic and Interventional Imaging*, Vol. 101, No. 6, pp. 373-381, 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.diii.2020.01.002>
- [10] A. Mittal, R. Soundararajan, A. C. Bovik, "Making a "Completely Blind" Image Quality Analyzer", *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 20, No. 3, pp. 209-212, 2013.
<https://doi.org/10.1109/tip.2015.2502725>

블라인드 품질 평가 방법을 사용한 주석필터 사용 유무에 따른 CT 영상 특성 비교

심지나¹, 이영진^{2,*}

¹세브란스 병원 영상의학과

²가천대학교 보건과학대학 방사선학과

요 약

전산화단층촬영장치 (Computed tomography, CT)의 의료 방사선량을 낮추기 위한 방법으로 주석필터의 사용을 통해 직접적으로 환자의 선량을 낮추는 방법이 있다. 그러나 주석필터의 사용으로 바뀐 X선 스펙트럼으로 인해 기존의 영상과 다른 인상의 영상으로 나타나기 때문에 질병 진단에 영향을 줄 수 있다. 따라서 본 연구에서는 흉부 저선량 CT에서 주석필터의 적용 및 high pitch에 따른 영상평가를 진행함으로써 주석필터 사용 시 영상의 변화 양상을 살펴보았다. 본 연구에서는 비교를 위해 총 3개의 그룹으로 나누어 영상을 획득하였다. Group 1은 주석필터를 사용하지 않았으며, 기존에 사용하던 pitch인 0.8의 영상을 획득하였다. Group 2는 주석필터를 사용하였고, pitch는 0.8이며 Group 3은 주석필터를 사용하였으며 pitch는 2.5이다. 영상의 화질을 비교하기 위해 no-reference 기반으로 사용되는 블라인드 품질 평가 인자 중 natural image quality evaluator (NIQE)와 blind/referenceless image spatial quality evaluator (BRISQUE)를 사용하였다. 그 결과 NIQE 수치는 Group 1, Group 3, Group 2의 순서대로 낮게 나타났다. BRISQUE 수치는 Group 3, Group 2, Group 1의 순서대로 낮게 나타났다. 이를 통해 흉부 저선량 CT에서 주석필터 및 high pitch 기술의 영상의 우수성을 확인함으로써 특히 호흡 조절이 어려운 흉부 저선량 CT 환자에 있어서 더 정확한 영상에 대한 기대감을 가질 수 있는 기초 자료로 활용될 수 있을 것이라 사료된다.

중심단어: 전산화단층촬영장치, 주석필터, High pitch, 영상 화질의 정량적 평가

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	심지나	세브란스병원 영상의학과	방사선사
(교신저자)	이영진	가천대학교 보건과학대학 방사선학과	부교수