

<원저>

간접평판형 검출기에서 변조전달함수 측정 시 Edge 각도에 따른 비교 연구

민정환¹⁾·정희원²⁾¹⁾신구대학교 방사선과·²⁾백석문화대학교 방사선과

Comparison of Modulation Transfer Function in Measurements by Using Edge Device angle in Indirect Digital Radiography

Jung-Whan Min¹⁾·Hoi-Woun Jeong²⁾¹⁾Department of Radiological technology, Shingu University²⁾Department of Radiological Science, Baekseok Culture University

Abstract This study was purpose to compare image quality of Indirect digital radiography (IDR) system by using the International electro-technical commission standard(IEC 62220-1) which were applied to IEC in medical imaging. To evaluation the analysis of Modulation transfer function(MTF) measurements edge device each angle by using edge method. In this study, Aero (Konica, Japan) which is Indirect flat panel detector(FPD) was used, the size of image receptor matrix 1994×2430 which performed 12bit processing and pixel pitch is $175 \mu\text{m}$. In IEC standard method were applied to each angle were compared. The results of shown as LSF at 2.0° and 3.0° angeles. Shape is constant and shows smooth shape. The amount of data seemed reasonable and 2.19 cycles/mm and 2.01 cycles/mm at a spatial frequency of 2.0° and 3.0° at an MTF value of 0.1. At an MTF value of 0.5, the spatial frequencies were 2.0° and 1.11 cycles/mm and 0.93 cycles/mm at an angle of 3.0° . This study were to evaluate MTF by setting the each $2\sim 3^\circ$ each angle and to suggest the quantitative methods of measuring by using IEC.

Key Words: Modulation transfer function, Indirect flat panel detector, Detective quantum efficiency, International electro-technical commission standard, Edge method

중심 단어: 해상력특성, 간접 평판형검출기, 양자검출효율, 국제전자기술위원회, 엠티방법

1. 서 론

의료 환경의 변화는 디지털 의료영상의 발전을 이루고 있으며, 영상을 평가하는 정량적인 평가방법에 있어서 발전을 거듭하고 있다[1,2]. 급격한 발전에 의해서 현재 의료영상의 평가방법에 대해서 많은 저자들은 서로의 새로운 제안과 새로운 방법을 발전시켜온 것은 사실이다. 가장 일반적이면서도 기준이 되는 국제전자기술위원회(International electro-technical commission standard IEC: 62220-1)규격에 맞

는 해상력특성(Modulation transfer function; MTF)은 여러 가지 방법론에 의해서 정량적으로 평가되어 오고 있다 [3-5]. 최근 MTF의 평가 방법에는 슬릿법이나, 엠티법을 주로 이용하고 있으며, 이 방법들의 장점과 단점들에 의해서 평가방법의 디테일한 부분은 서로의 객관적인 해석에 의해서 이루어지고 있다. 슬릿법의 보정 및 보간법이 비교적 엠티법 보다는 적게 필요하다는 장점이라고 할 수 있으며, 엠티법에 있어서는 간편하면서도 국제전자기술위원회 규격에 맞는 평가툴에 의해서 측정을 한다면 비교적 편리하고

This study was supported by from the Shingu University Industry-Academic Cooperation Foundation Grant 2019.

Corresponding author: Jung-Whan Min, Dept. of Radiological Technology, The Shingu University, 377 Gwangmyeong-ro, Seongnam, 13174, Republic of Korea / Tel: +82-31-740-1361 / E-mail: pmpmpm@daum.net

Received 21 May 2019; Revised 25 June 2019; Accepted 09 August 2019

Copyright ©2019 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

쉽게 적용할 수 있는 방법이라고 할 수 있다.

엣지 방법을 이용한 MTF 측정된 여러 방법 중 Samei 등은 일반적으로 기본적인 수행평가를 위해서는 엣지 방법을 평가하는 것이 좋다고 주장하였으며, 그중에서도 영상화 장치의 양자검출효율(Detective quantum efficiency; DQE) 측정은 방사선 사진을 영상화하는데 중요한 수행평가 중에 하나라고 하였다[6]. 또한 Greer 등은 가장 일반적으로 사용되고 있으며 데이터의 작은 부분까지도 평가에 포함하기 때문에 선호하는 경향이 있다고 주장하였다[7]. 그리고 Kim 등은 한 장비의 장시간에 걸쳐 영상의 품질을 유지 보수하는 데에 쓰이는 측정방법으로 선호할 수 있다고 하였다[8]. 마지막으로 Min 등은 MTF측정은 주기적인 성능평가를 위해서 재현성과 직선성을 확보하기 위해서라도 정량적인 평가방법으로 좋다고 소개하고 있다[9]. 위와 같은 저자들의 주장이 옳다고 생각이 되며, 위에서 언급한 방법에 있어서 이를 근거로 엣지 방법을 이용한 평가방법에 차이점 및 차별화를 두어 실험하기로 하였다. 본 연구에서는 엣지 방법에 의해서 측정되는 방법에 대한 내용 중 엣지 각도에 따라서 평가가 다르게 나올 수 있다고 생각하였으며, 이를 근거로 실험하기로 하였다.

본 저자들은 간접평판형검출기(Indirect flat panel detector; FPD)시스템 장비의 영상 품질 내용을 비교 [10-14] 분석하고 국제전자기술위원회에서 제시한 IEC 62220-1의 평가방법을 이용하여 최적의 검사가 이루어질 수 있도록 자료를 제공하고자 한다[3]. 따라서 의료영상 분야에서 국제전자기술위원회기준을 통한 MTF에 대해서 엣지 방법을 이용한 각도 변화에 따라서 측정 비교 연구를 제시하고자 한다[15].

II. 대상 및 방법

1. 실험도구

연구에 사용된 발생장치는 (AccuRay-650, DK Medical System, Korea)를 사용하였으며, 영상수용체는 의료영상 장치 Indirect FPD인 Aero (Konica, Japan)장비를 사용하였다. 12bit로 수행하며, Matrix 1994 × 2430이다. 그리고 Pixel pitch로 175 μm이다.

국제전자기술위원회 62220-1이 적용되었으며, 초점으로 부터 FPD 표면까지 거리는 150 cm 이상이다. 관전압을 1~2 kVp를 조절하여 HVL이 측정되는 IEC 기준이 되도록 하였으며, 선질을 맞추기 위해서 알루미늄(Aluminium, Al) 부

가필터 1 mm (100 × 100 × 1 mm)규격을 21개를 사용하였다. 또한 관전압을 조절하여 HVL이 측정되는 국제전자기술위원회 기준이 되도록 하였다. 그리고 의료방사선 영상 Raw File을 이용하였으며, 영상분석을 위해서 ImageJ(Wayne Rasband National Institutes of Health, USA)프로그램을 사용하였다.

2. 실험배치 및 영상 분석 방법

국제전자기술위원회 기준으로 같은 기하학적인 위치로 실험하였으며, 의료 영상인 엣지 이미지가 획득되면, 엣지 영상에 대해서 Region of interest(ROI)를 잡는다. ROI영상을 분석하기 위해 Image J를 이용하여 정량적인 평가하였다. 이때 데이터들은 Edge spread function(ESF)이 만들어지며, 이때 ESF의 기울기가 중요하며, 인접차분에 의한 Line spread function(LSF)의 데이터가 만들어진다. 일열로 만들어진 데이터들은 LSF를 이용하게 된다. 이때 후지타 방법에 의해서 만들어진 데이터들은 푸리에 변환을 하게 되어 MTF를 구하게 된다[15]. 이런 과정 속에서 ESF은 평가에 있어서 모양이 일정하거나 매끄러운 형상을 나타내어야 한다. 조금이라도 엣지 각도의 차이나, 장비의 기계적인 재현성과 직선성에 의해서 ESF은 변화될 수 있으며, 무엇보다도 중요한 것은 단점 중에 하나인 ESF을 미분할시 치우침 없음을 준수해야 한다. 따라서 엣지의 각도는 매우 중요하며, 본 연구에서 설명하는 내용에 있어서 가장 핵심적인 내용이라고 말할 수 있다[Fig. 1].

III. 결 과

1. Edge 1.0°과 1.4°의 LSF

국제전자기술위원회 기준으로 각도가 2~3°보다 적은 1.0°및 1.4°를 의료영상에 대해서 엣지 영상을 얻고 데이터를 산출하였다. 산출된 데이터들은 LSF으로 보여주고 있다. 모양이 일정하지 않으며, 불규칙 형상을 나타내고 있으며, 데이터양이 상대적으로 많아 보이므로 다른 각도의 실험보다 상대적으로 잡음이 많아 보임을 알 수 있다 [Fig. 2].

2. Edge 2.0°과 3.0°의 LSF

국제전자기술위원회 기준으로 후지타 방법에 기초를 두었으며, 각도가 2~3°도의 정적각도인 2.0°및 3.0°를 유지

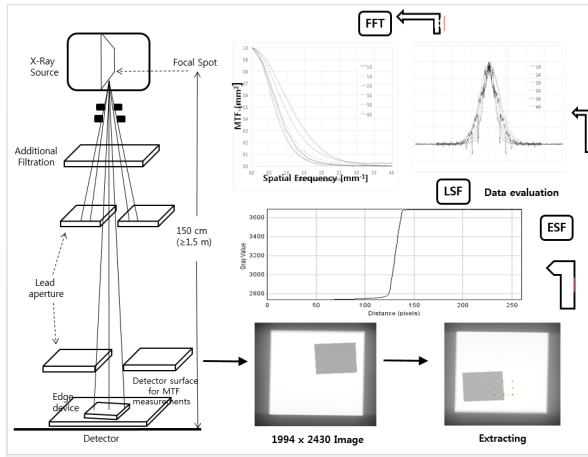


Fig. 1. Signal should be obtained the edge image and MTF flowchart of the overall procedures

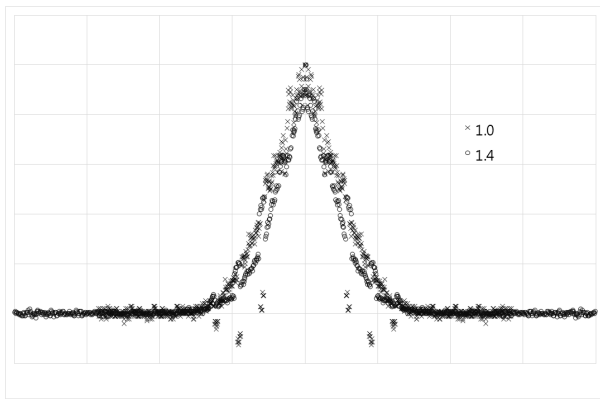


Fig. 2. 1.0o or 1.4o degreed LSF spectrum of the IDR using IEC method

하여 엷지 영상을 얻고 데이터를 산출하였다[15]. 산출된 데이터들은 LSF으로 보여주고 있다. 모양이 일정하며, 매끄러운 형상을 나타내고 있다. 또한 데이터양이 적정해비므로 다른 각도의 실험보다 상대적으로 잡음이 없이 자연스럽게 표현되었음을 알 수 있다[Fig. 3].

3. Edge 3.6°와 4.0°의 LSF

국제전자기술위원회 기준으로 각도가 2~3° 보다 큰 3.6° 및 4.0°를 가진 의료영상에 대해서 엷지 영상을 얻고 데이터를 산출하였다. 산출된 데이터들은 LSF으로 보여주고 있다. 모양이 보편적으로 일정하게 나타나고 있으며, 샘플링된 데이터들은 수치적으로 적어서 다른 각도의 실험보다 상대적으로 잡음이 정적의 2~3°보다는 많음을 알 수 있으며, LSF 만 보면 2~3°보다 작은 LSF보다는 보편적인 분포도를 형성하고 있음을 볼 수 있다[Fig. 4].

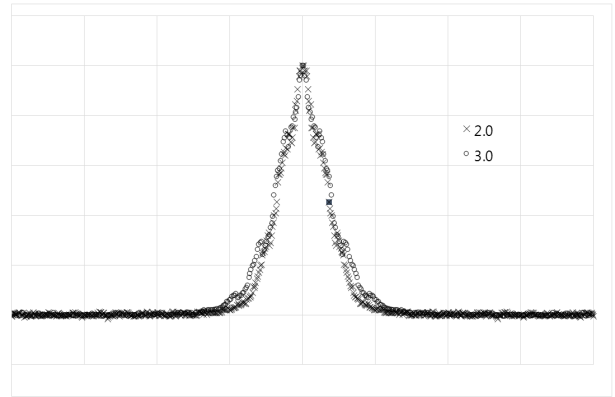


Fig. 3. 2.0o or 3.0o degreed LSF spectrum of the IDR using IEC method

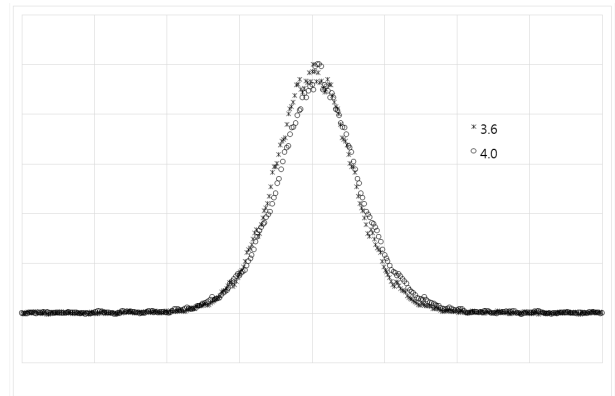


Fig. 4. 3.6o or 4.0o degreed LSF spectrum of the IDR using IEC method

4. Edge 여러 각도에 따르는 LSF

국제전자기술위원회 기준으로[Fig. 2-4]의 데이터를 비교하기 위해 한곳에 볼 수 있는 그림으로서 MTF측정에 기초를 두고 있는 데이터라고 할 수 있다[Fig. 5].

5. Edge 여러 각도에 따르는 MTF

국제전자기술위원회 기준으로 MTF를 측정하였으며, MTF 값이 0.1의 경우에 공간주파수(Spatial Frequency) 1.0°와 1.4°에서는 1.40 cycles/mm, 1.60 cycles/mm 이었다. 또한, MTF 값이 0.1의 경우에 공간주파수 2.0°과 3.0°에서는 2.19 cycles/mm, 2.01 cycles/mm이다. 그리고 MTF 값이 0.1의 경우에 공간주파수 3.6°와 4.0°에서는 1.33 cycles/mm, 1.34 cycles/mm이다[Fig. 6].

MTF 값이 0.5의 경우에 공간주파수(Spatial Frequency) 1.0°와 1.4°에서는 0.72 cycles/mm, 0.75 cycles/mm이다. 또한, MTF 값이 0.1의 경우에 공간주파수 2.0°와 3.0°에서

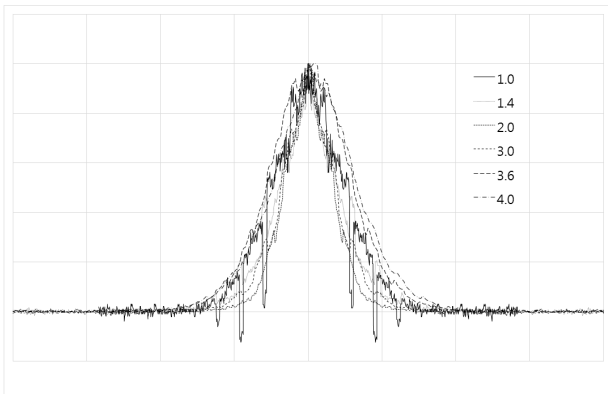


Fig. 5. All LSF spectra of the IDR using IEC method

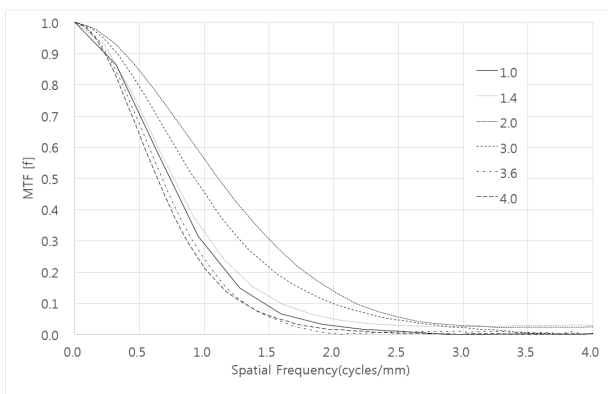


Fig. 6. Measured MTFs for the IDR by using IEC method

는 1.11 cycles/mm, 0.93 cycles/mm이다. 그리고 MTF 값이 0.5의 경우에 공간주파수 3.6°과 4.0°에서는 0.70 cycles/mm, 0.63 cycles/mm이다[Fig. 6].

IV. 고 찰

디지털 의료영상의 발전으로 인한 평가방법에 대한 여러 가지 방법을 임상적으로 정량화해서 평가할 수 있어야 한다. 또한 점진적인 의료기술의 발전에 따라 평가에 대한 장비마다의 특성을 고려하고, 장비마다 각각의 정량적 평가가 되어야 한다고 본다. Jeong 등은 영상장비마다 영상획득의 특성이 서로 다르기에 신호응답특성은 장비마다 다르게 나타날 수 있다고 말하고 있다[1]. 이는 장비마다의 특성을 알아보는 가장 중요한 핵심이 될 수 있으며, 본 연구에서의 실험은 특정 장비 하나를 이용해서 실험하였기 때문에 다른 논문에 대해서 비교하기에는 무리가 있다고 생각을 한다. 이런 이유로 실험 조건 및 설정에 따라서 조금은 다를 수 있다는 전제를 두는 것이며, Raw파일을 이용해서 정량적인

평가를 하였다[14].

MTF측정 시 장비의 재현성과 직선성에 있어서 평가할 수 있으며, 평가 시 NPS는 양자 잡음, 그 외의 잡음, 추가적인 전자 잡음으로부터의 배제할 수 없는 구성요소로 되어 있다 [14]. 그러므로 이들 구성요소에 대해서 평가가 이루어져야 한다. 그리고 MTF측정에 있어서 나타나는 과정으로서는 후처리(Post processing)를 하게 되는데 저주파수 영역대에서 빌드업 되는 현상을 주로 볼 수 있다. 따라서 정확한 실험 조건 및 정량적인 평가방법에 의해서 진행되어야 하며, 후처리는 MTF측정 시 임의적으로 해서는 되지 않는다. 본 연구에서 각도가 2~3° 보다 적은 1.0° 및 1.4°를 이용한 방법에서는 저주파 영역대의 LSF의 모양을 보면 잡음으로 인한 데이터의 불규칙성을 볼 수 있으며, 이를 산출하게 되는 MTF에서는 신호응답특성이 조금은 불규칙한 모양이 나타남을 볼 수 있다. 또한 2~3° 보다 큰 3.6° 및 4.0°에서의 LSF의 모양을 보면 보편적인 불규칙성으로 나타나 있는 것으로 보아서 샘플링된 데이터수가 많이 적게 있음을 예측할 수 있다. 따라서 결과적으로 2~3°의 적절한 각도를 유지하는 2.0° 및 3.0°의 후지타 방법을 이용했을 때에는 LSF의 모양이 매끄러우며 데이터양도 적절함을 볼 수 있었다[15]. 본 연구에는 제한점을 가지고 있는데, 엷지 방법의 단점 중에 하나인 ESF의 미분 시 데이터의 정확한 샘플링이 제한점으로 말할 수 있다. 결과적으로 향후 연구방향에 있어서 좀 더 자세한 각도에 대한 인식과 인접차분에 대한 디테일한 연구를 해야 할 것으로 생각이 된다.

결과적으로 샘플링을 잘해야 한다는 것은 후지타 방법에 의해서 데이터를 샘플링해야 한다는 결론에 도달했으며, 국제전자기술위원회의 기준 및 2~3°를 유지해서 정량적인 평가를 해야 한다는 결론이다[15].

V. 결 론

장비마다의 평가에 대한 특성을 고려하고, 장비마다 각각의 정량적 평가가 되어야한다는 방법론을 제시하였으며, MTF 측정에 있어서 국제전자기술위원회의 기준 및 2~3°를 유지하는 내에서 정량적인 평가하는 방법이 가장 효율적으로 할 수 있다는 것을 제시하였다는 점에서 학술적 의의를 들 수 있다.

REFERENCES

- [1] Jeong HW, Min JW, Kim JM, et al. Investigation of Physical Imaging Properties in Various Digital Radiography System, *Journal of Radiological Science and Technology*. 2017;40(3):363-70.
- [2] Jeong HW, Min JW, Kim JM, et al. Performance Characteristic of a CsI(Tl) Flat Panel Detector Radiography System, *Journal of Radiological Science and Technology*. 2012;35(2):109-17.
- [3] IEC (International Electro-technical Commission) 62220-1. Medical electrical equipment Characteristics of digital X-ray imaging devices Part 1: determination of the detective quantum efficiency. Geneva; 2003.
- [4] Min JW, Jeong HW, Kim KW, et al. Evaluation of Image Quality for Various Electronic Portal Imaging Devices in Radiation Therapy, *Journal of Radiological Science and Technology*. 2015;38(4):451-61.
- [5] Kim KW, Jeong HW, Min JW, et al. Evaluation of the Modulation Transfer Function for Computed Tomography by Using American Association Physics Medicine Phantom, *Journal of Radiological Science and Technology*. 2016;39(2):193-8.
- [6] Samei E, Flynn MJ, Reimann DA. A method for measuring the presampled MTF of digital radiographic systems using an edge test device, *Medical Physics*. 1998;25:102.
- [7] Greer PB, van Doorn T. Evaluation of an algorithm for the assessment of the MTF using an edge method, *Medical Physics*. 2000;27:2048.
- [8] Kim KW, Jeong HW, Min JW, et al. Measurement of Image Quality According to the Time of Computed Radiography System, *Journal of Radiological Science and Technology*. 2015;38(4):365-74.
- [9] Kim KW, Jeong HW, Min JW, et al. Evaluation of the Performance Characteristic for Mammography by Using Edge device, *Journal of Radiological Science and Technology*. 2016;39(3):415-20.
- [10] Antonuk LE, Boudry J, Huang W. Demonstration of megavoltage and diagnostic X-ray imaging with hydrogenated amorphous silicon arrays, *Med. Phys.* 1992;19(6):1455-66.
- [11] Granfors PR, Aufrichtig R. Performance of a 41×41 cm² amorphous silicon flat panel X-ray detector for radiographic imaging applications, *Med. Phys.* 2000;27(6):1324-33.
- [12] Finc C, Hallscheidt PJ, and Noeldge G. Clinical comparative study with a large-area amorphous silicon flat-panel detector: image quality and visibility of anatomic structures on chest radiography, *Am. J. Roentgenol.* 2001;178(2):481-86.
- [13] Bacher K, Smeets P, Bonnarens K, et al. Dose reduction in patients undergoing chest imaging: digital amorphous silicon flat-panel detector radiography versus conventional film screen radiography and phosphor-based computed radiography, *Am. J. Roentgenol.* 2003;181(4):923-29.
- [14] Min JW, Jeong HW, Kim KW, et al. Comparison of Noise Power Spectrum in Measurements by Using International Electro-technical Commission Standard Devices in Indirect Digital Radiography, *Journal of Radiological Science and Technology*. 2018;41(5):457-62.
- [15] Fujita H, Tasai DY, Itoh T. A simple method for determining the modulation transfer function in digital radiography, *IEEE Trans Med Imaging*. 1992;11(1):34-9.