

CR을 이용한 일반촬영장치의 MTF 측정

— The MTF Measurement of the Conventional X-ray System by using the Computed Radiography —

서울아산병원

김창복

— 국문초록 —

X-선을 이용하여 의료영상을 생성하는 시스템은 X-선 발생장치, 피사체, 영상전달매체 등의 여러 가지 차이에 따라 영상의 질이 결정된다. 즉, X-선 발생에서 최종영상에 이르기까지 화질에 영향을 미치는 요소가 다양하다는 것이다. 따라서 임상에서 영상을 생성하는 사용자는 최종영상에서 계속적인 영상의 평가와 관찰이 필요하다. 의료영상을 평가하는 방법에는 여러 가지가 있지만, 그 중 실질 또는 실효해상도를 측정하는 방법으로 MTF 측정방법이 적절하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 X-선 필름을 이용하여 MTF를 계산하는 방법을 탈피하고, 디지털 의료영상의 MTF를 측정할 수 있는 소프트웨어(Borland C++ builder 소프트웨어와 LEAD tools 소프트웨어를 이용한 프로그램)를 이용하여 X-선 장비의 노후화 정도에 따른 MTF 특성을 측정하였다. 측정결과, 사용연수와 사용횟수가 오래된 X-선 발생장치는 최신 장치에 비해 해상력(resolution)과 선예도(sharpness) 등의 화질이 저하되는 것을 MTF 그래프를 통해 확인할 수 있었다. 또한, 디지털 의료영상에서도 간단하고 쉽게 MTF를 측정할 수 있는 방법을 얻을 수 있었다.

중심 단어 : 컴퓨터 촬영, 영상판, MTF 측정방법

I. 서 론

X-선영상의 화질은 획득한 신호 형태에 따라 결정된다. 필름과 증감지를 조합한 시스템, CR(computed radiography), 디지털간접검출시스템 등은 에너지가 검출기에 입사하기 전에 빛이 확산됨에 따라 산란이 발생하여 영상의 명세성이 낮아지는 단점을 지니고 있다. 최근에는

이러한 단점을 보완하기 위해 빛의 확산과 증폭과정이 없는 디지털 직접검출시스템이 개발되었으나, 이러한 시스템을 설치하기 위해서는 비용이 많이 드는 등의 제한점이 따른다¹⁻³⁾.

의료영상 시스템을 비교하기 위한 대부분의 연구들은 모든 검출작용을 평가하기 어렵지만 전체 시스템 성능을 편리하고 정확한 방법으로 공간주파수의 전체 영역에서 신호에 대한 전달능력과 정량적 공간주파수를 측정하는 정보전달능(MTF: modulation transfer function) 평가방법을 이용하는 것이 영상 성능의 물리적 평가에 적당하다. 따라서 지금까지 사용자 측에서의 MTF 측정은 해상력 차트(SWRF: square wave response function)를 이용하고 필름으로 출력하여 각종 계산과정을 거쳐 MTF를 구하였다⁴⁻⁶⁾. 그러나 이러한 방법은 최종영상으로 필름을

*이 논문은 2005년 4월 28일 접수되어 2005년 5월 11일 채택 됨
책임저자 : 김창복, (138-736) 서울시 송파구 풍납동 388-1
서울아산병원 진료지원팀
TEL : 02-3010-7215(병원), 011-633-7718(휴대폰)
FAX : 02-3010-7219, E-mail : kichabo@hanmail.net

사용할 경우 영상의 물리적 측정으로 유용하였으나, 최근 PACS(picture archiving and communication system)의 급속한 보급에 따라 함께 발전한 전시영상(display image)으로 전환된 시스템에서는 최종영상의 정보전달능 평가방법으로 사용하기에는 어렵다. 따라서 의료계에서 진료영상을 생성하는 실무자가 쉽게 화질의 정량분석을 대표할 수 있는 정보전달능을 최종영상에서 측정할 수 있는 방법이 필요한 실정이었으나, 지금까지는 물리적 측정 방법을 뚜렷하게 제시하지 못하고 있는 실정이었다.

그러나 전시영상에서도 정보전달능을 평가할 수 있도록 SWRF 계산과정을 Borland C++ builder 소프트웨어와 LEAD tools 소프트웨어를 활용하여 의료영상을 생성하는 실무자 측에서도 간단하고 쉽게 최종 전시영상의 정보전달능을 측정할 수 있는 tool이 새롭게 개발되었다⁷⁾. 신규 개발된 전시영상의 MTF 측정용 tool을 이용하여 일반촬영용 X선 장치별 화질성능 평가를 위해 Workstaion에서 전시영상의 MTF를 측정하여 비교해 보았다.

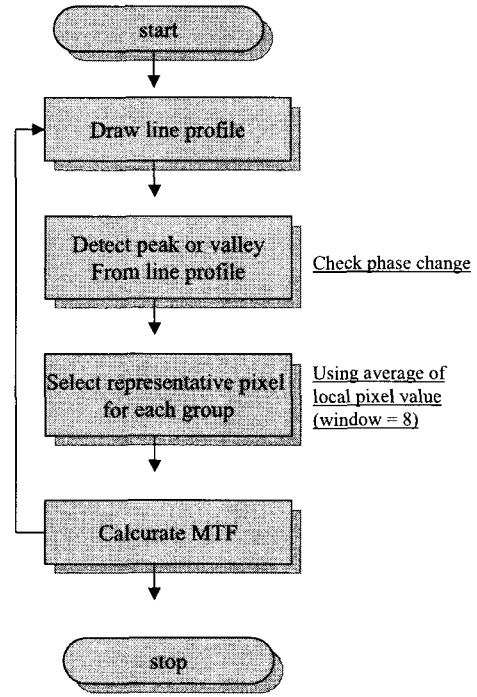


Fig. 2. A process of digital image MTF

II. 실험방법 및 기자재

MTF용 차트 촬영을 위해 X선관 초점과 IP cassette까지의 거리를 100 cm으로 하고, 아크릴 10 cm 사용하였다. X선관과 차트는 직각으로 하여 조사야 크기를 조절한 후 노출조건 75 kVp로 소초점 조사 하였다(Fig. 1). 이때 구형과 차트는 Pb 0.05 mm, 0.5-10 LP/mm를 사용하였으며, CR용 IP는 35×43 cm size Fuji ST-VI 모델(standard-pixel density)을 이용하였다.

실험대상 일반촬영용 X-선 발생장치는 실험대상 병원

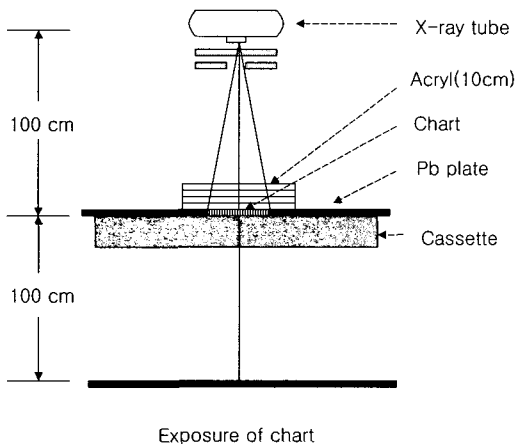


Fig. 1. Exposure of MTF chart

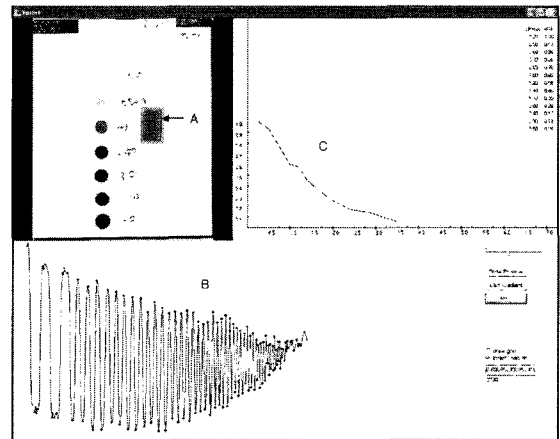


Fig. 3. A calculation of digital image MTF curve

에서 설치 사용한 년수에 따라 무작위 선정하여 측정 비교하였으며, 측정된 차트영상의 image reading은 실험을 위해 단일 시스템을 이용하여 영상화 하여 DICOM image에서 digital image MTF 측정 tool을 이용하여 MTF를 계산하였다(Fig. 2).

Digital image의 MTF 측정방법은 DICOM 포맷파일로 저장된 동일 영상을 전시영상의 정보전달능 분석 프로그램으로 측정하기 위해 CD-ROM 또는 측정 대상 촬영장치가 있는 검사실 주변 컴퓨터에 측정용 개발 프로그램을 포맷하여 가동시킨 후 촬영된 차트영상을 DICOM 파일

상태 화면에서 Fig. 3에서 A와 같이 커서를 이용하여 draw시키게 되면 draw line 부분의 영상 정보전달 상태를 Borland C++ builder 소프트웨어에 의해 농도 단위를 화소단위(pixel)로 변환 계산되어 B와 같이 profile화하여 나타내게 된다. Profile을 나타낸 다음 gradient 버튼을 활용하여 LEAD tools 소프트웨어에 주어진 수식에 의해 유효노광량, 대조도, MTF가 계산 되어지고 C와 같은 MTF 그래프가 완성된다.

III. 결과 및 고찰

일반촬영용 X-선 발생장치의 연도별 설치장비에 따른 화질성능을 분석하기 위해 digital image MTF 측정 tool(Borland C++ builder 소프트웨어와 LEAD tools 소프트웨어 프로그램)을 이용하여 MTF를 계산해본 결과, 다음과 같은 각 장치별 화질의 특성치를 알 수 있었다 (Fig. 4, Fig. 5).

MTF는 선예도와 해상능을 한데 묶어 중점적으로 측정하는 것으로 정보전달신호의 진폭 또는 강도, 양의 변화를 뜻한다. 해상력 차트의 금속 넓이와 그 간격이 좁아질수록 단위 길이당 선의 수가 많아지므로 정보량도 많아지는 셈이 되며, 정보량은 항상 mm당 선의 수 또는 mm당 사이클의 수로 표현하게 된다⁸⁻¹⁰⁾.

MTF의 평가는 MTF 곡선상 10%(MTF 0.1) 곡선이 교차하는 점의 공간주파수 값을 그 영상시스템의 해상력이라 판단하기 때문에 이 값이 클수록 분해능이 높게 된다. 공간주파수가 높은 영역이라도 MTF값이 큰 시스템이 객관적으로 분해능이 좋다는 것을 의미한다. 또한 MTF 50%(0.5) 곡선이 교차하는 점의 공간주파수 값이 높은 시

스템이 선예도가 높다는 기준으로 본다. 그러므로 해상력이 높은 시스템이 반드시 선예도가 높은 것은 아니다. 실제로 선예도는 공간주파수가 낮은 영역에서 결정되며, 해상력은 공간주파수가 높은 영역에서 결정된다.

일반촬영용 X-선 발생장치의 CR 시스템에서의 정보전달능 측정 비교결과는 Fig. 4와 같은 MTF 특성을 보여주고 있고, Mobile X-선 발생장치는 Fig. 5와 같은 MTF 특성을 보여주고 있다. 절대적인 것은 아니지만 통상적으로 전체적인 정보전달능을 한눈에 쉽게 파악하기 위해 1.00 LP/mm 부분과 2.00 LP/mm 부분, 그리고 3.00 LP/mm 부분 및 MTF 10% 미만이 되는 지점인 LP/mm 부분을 보게 되는데, 본 실험 결과에서 나타난 설치년도별 X-선 발생장치의 MTF는 가장 최근 설치된 2004년 일반촬영용 장치의 1.00 LP/mm 부분에서 MTF 85%와 2.00 LP/mm 부분에서 MTF 40%로 나타났으며, 설치년도가 비교적 오래된 1994년 장치는 1.00 LP/mm 부분에서 MTF 78%와 2.00 LP/mm 부분에서 MTF 34%로 나타났다. 또한, Mobile 장치의 경우 MTF는 가장 최근 설치된 2004년 장치의 1.00 LP/mm 부분에서 MTF 82%와 2.00 LP/mm 부분에서 MTF 43%로 나타났으며, 설치년도가 비교적 오래된 1989년 장치는 1.00 LP/mm 부분에서 MTF 65%와 2.00 LP/mm 부분에서 MTF 35%로 나타났다. 그리고 Table 1에서와 같이 측정 대상 영상시스템의 선예도 기준인 MTF 50% 부분은 2004년 일반촬영용 장치는 1.8 LP/mm, 1999년 장치는 1.3 LP/mm, Mobile 장치의 경우 2004년 장치는 1.8 LP/mm, 1989년 장치는 1.4 LP/mm의 선예도 능력을 보여주고 있다.

또한 해상력 판단의 기준인 MTF 10% 부분은 2004년 일반촬영용 장치는 2.5 LP/mm, 1999년 장치는 2.3 LP/mm, Mobile 장치의 경우 2004년 장치는 2.8 LP/mm, 1989년

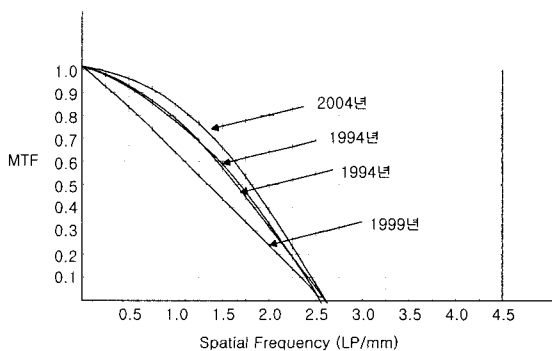


Fig. 4. Comparison of the modulation transfer function of several X-ray equipment (general radiography)

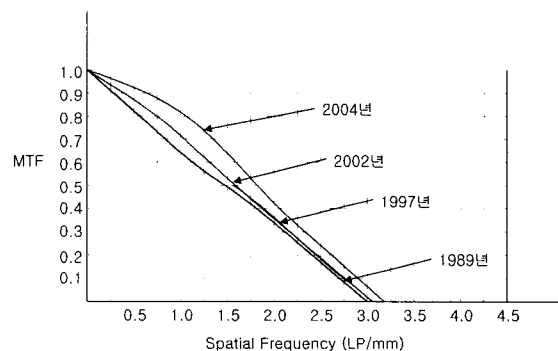


Fig. 5. Comparison of the modulation transfer function of several X-ray equipment (mobile radiography)

Table 1. Comparison of the modulation transfer function of several X-ray equipment

| Division | | MTF 50% (LP/mm) | MTF 10% (LP/mm) |
|----------|------|--------------------|--------------------|
| General | 2004 | 1.8 | 2.5 |
| | 1999 | 1.3 | 2.3 |
| | 1994 | 1.6 | 2.4 |
| | 1994 | 1.7 | 2.4 |
| Mobile | 2004 | 1.8 | 2.8 |
| | 2002 | 1.6 | 2.7 |
| | 1997 | 1.6 | 2.7 |
| | 1989 | 1.4 | 2.6 |

장치는 2.6 LP/mm의 해상력을 보여주고 있다. 정상적인 관찰 상태에서 사람이 인식할 수 있는 한계에 가까운 주파수가 약 2.0~2.5 LP/mm라고 하면 현재 A병원에서 사용중인 일반촬영용 X-선발생장치와 Mobile X-선 발생장치는 임상에서 사용하기에는 적절한 것으로 판단된다. 그러나 X-선발생장치의 사용년도에 따른 정보전달능은 차이가 있음을 알 수 있었다.

X-선을 이용하여 의료영상을 생성하는 시스템은 X-선 발생에서 최종영상에 이르기까지 화질에 영향을 미치는 요소가 다양하다. 따라서 어느 부문에서 화질저하 요인이 발생하였는지는 본 실험에서 구체적으로 확인할 수는 없었지만 MTF 측정을 통해 최종영상에서 정보전달능의 차이가 있음을 확인하여 해당 장비의 정도관리에 대처할 수 있을 것이다.

의료영상을 평가하는 방법 중 물리량을 측정하는데 많은 평가법이 존재한다는 것은 절대 평가방법이 없다는 것을 의미한다. 또한 앞으로 전시영상 평가방법은 더욱 다양화 되겠지만 최종 평가에서는 영상에 대한 사고방식이나 피사체, X선발생장치, 목적 그리고 영상전달 매체 등의 차이에 따라서 절대적인 것을 바라기는 어려우므로 영상을 생성하는 실무자가 최종영상을 평가하여 X선 발생에서 최종전시영상에 이르기까지 시스템 전반의 이상 유무를 진단할 수 있도록 노력해야 할 것이다.

IV. 결 론

임상에서 사용중인 일반촬영용 X-선 발생장치의 사용연수 제한은 사실상 없다고 해도 과언은 아니다. 그러므로 화질의 변화 등을 통해서 꾸준한 체크가 필요하다. 본

실험에서 알 수 있듯이 일반촬영 장치의 경우 가장 최근 설치한 장치를 기준으로 비교해본 결과, 설치연도와 사용횟수가 많아짐에 따라 화질이 저하되는 것을 MTF 측정을 통해서 알 수 있었다. Mobile X-선 발생장치 또한 그와 비슷한 결과임을 알 수 있었다.

지금까지 사용자 측에서의 MTF 측정은 해상도 차트를 이용하여 필름으로 출력한 다음 각종 계산과정의 변환을 통해 MTF를 구하였다. 이러한 방법은 최종영상으로 필름을 사용할 경우 영상의 물리적 측정으로 유용하였으나, 전시영상으로 전환된 시스템에서는 최종영상의 정보전달능 평가 방법으로 사용은 적절하지 않게 되었다.

이러한 단점을 극복하기 위하여 전시영상에서도 정보전달능을 평가할 수 있는 tool을 Borland C++ builder 소프트웨어와 LEAD tools 소프트웨어를 이용하여 프로그램화하여 최종영상을 생성하는 실무자 측에서도 간단하고 쉽게 전시영상의 정보전달능을 측정할 수 있는 결론을 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

1. E. P. Q. Alcon, R. T. Lopes: Slot Scintillation Detector Modeling for Digital Radiography, Radiation physics and chemistry, Vol. 61, pp. 411~414, 2001
2. Don Williams, Peter D. Burns: Diagnostics for Digital Capture Using MTF, Eastman kodak company rochester, New York, U.S.A, 2002
3. H. K. Huang: Toward the Digital Radiology Department, European journal of radiology, Vol. 22, p. 165, 1996
4. Rovamo, Jyrki M., Kankaapaa, Mia I: Spatial Neural Modulation Transfer Function of Human Foveal Visual System for Equilumionous Chromatic Gratings, Jarmo hallikainen vision research, Vol. 41, pp. 1659~1667, 2001
5. Giger M. L., Doi K: Investigation of basic imaging properties of digital radiography. 1. Modulation transfer function, Medical Physics, Vol. 11, pp. 287~295, 1984
6. Passmore M. S., Bates R., Mathieson K., O' Shea V., Rahman M., Seller P., Smith K. M: Characterisation of a Single Photon Counting Pixel

- Detector, Nuclear Instruments and Method in Physics Research A, Vol. 466, pp. 202~208, 2001
7. 김창복: 디지털 의료영상의 정보전달능 분석 방법 개발에 관한 연구, 동신대학교 대학원 박사 학위논문, 2005
 8. Coltman J. W: The Specification of Imaging Properties by Response to a Sine Wave Input, J. Opt. Soc. Am, Vol. 44, pp. 468~471, 1954
 9. Lubberts L: Some Aspects of the Square Wave Response Function of Radiographic Screen-film Systems, Am. J. Roentgenol, Vol. 106, pp. 650~654, 1969
 10. Barnes G. T: "The Use of Bar Pattern Test Objects in Assessing the Resolution of Film/screen Systems," in The Physics of Medical Imaging: Recording System Measurements and Techniques, American Association of physicists in medicine, New York, NY. 1979, pp. 138~151, 1979

• Abstract

The MTF Measurement of the Conventional X-ray System by using the Computed Radiography

Chang-Bok Kim

Dept. of Radiology, Asan Medical Center

The quality of image from the system that creates medical images by using X-ray depends on the various different reasons such as the X-ray generator, the subject and the image transmission medium. In other words, there are various factors existing that can influence on the quality of image from the moment when the X-ray is generated and until the final image is created. Therefore, the operator who creates images at the clinical site should make continuous evaluation and observation from the final image.

There are various methods of evaluating the medical images, but it is assumed that the MTF measurement method can be suitable for measuring actual or effective resolution. So in this study, the MTF measurement method by using X-ray film has been avoided and the MTF features according to the deterioration of the X-ray system have been measured by using the software (the program used Borland C++ builder software and LEAD tools software) that can measure the MTF of the digital medical images.

As the result of this measurement, it has been found out through the MTF graph that the resolution and sharpness from the old x-ray generator with a many years of using and many numbers of times of using were deteriorated for the quality of image comparing to those from the new system. Also a simple and easy measurement method for the MTF from the digital medical images can be obtained in this study.

Key Words : computed radiography(CR), image plate(IP), modulation transfer function(MTF)