

Image Plate(IP) 영상의 MTF 비교

— Comparison of the Modulation Transfer Function of Several Image Plate —

동신대학교 공과대학 전기전자공학과 · 서울아산병원 방사선팀^{*} · 광주보건대학 방사선과^{**}

김창복 · 이양섭^{*} · 김영근^{**} · 이성길^{**} · 이경섭

— 국문요약 —

방사선부문 디지털시스템 중 일반촬영 부문에서 가장 많이 사용하고 있는 Computed radiography(CR) 영상판(image plate)의 검출시스템은 형광체의 빛 확산 영향을 받는 시스템이므로 영상을 흐리게 만들기 마련이다. 본 연구에서는 X-ray 발생장치를 이용하여 computer radiography 영상판의 정보전달능(modulation transfer function, MTF) 측정을 통해 해상도와 선예도 등을 알아보기 위해 현재 A병원에서 사용 중인 일반촬영용 IP 사용년수 3년 이상된 Fuji ST-Vn 모델과 사용년수 2년 미만인 Fuji ST-VI 모델을 대상으로 MTF를 측정하여 분석 비교하였다. 실험방법은 X선 발생장치를 이용하여 resolution chart법으로 시행하였으며, 레이저프린터로 출력하여 microdensitometer로 측정하였다. 실험결과, 2가지의 IP 모델은 차이가 있었으며, 해상도와 선예도 모두 Fuji ST-VI 모델이 우수하게 나타났다.

I. 서 론

X선 촬영 시 필름과 증감지를 조합한 시스템은 화질이 우수하고 기능적으로 유용성이 뛰어나 진료영상의 표준이 되어 왔다. X선 필름은 영상의 획득(capture), 전시(display), 저장(storage), 전달(communication)의 네 가지 기능을 함께 지니고 있어 매우 편리하였다. 이제 네 기능중 영상의 전시, 저장과 통신(전달) 등 세 기능이 전자기술의 향상으로 data 분석이 가능해지기 시작하여 일반촬영의 디지털화에도 활력이 주어진 셈이다. 다른 한 기능은 고화질의 영상데이터를 효과적으로 획득하여 디지털화 하는가이며, 이것은 앞으로의 디지털화시스템의 방향이 결정이 될 것으로 판단된다.

지금까지 필름과 증감지를 조합한 시스템은 다양한 화질분석 방법 등을 통해 고화질을 유지해 왔던 것처럼, 계속 발전하고 있는 디지털방사선 검출기의 특성을 이해하고 시스템 변화에 따른 다양한 화질분석이 필요하다.

방사선부문 디지털시스템 중 일반촬영 부문에서 현재 가장 많이 사용하고 있는 computed radiography(CR)의 영상판(image plate : IP)은 X선 필름과 같이 일정한 크기를 가진 판형검출기(flat-panel detector)의 모양을 갖추고 있으며, 휘진성형광체를 이용하여 입사 X선 에너지를 흡수하여 빛으로 변환하는 간접검출시스템이다¹⁻³⁾.

따라서 형광체에서 발생한 빛은 산란도가 높아 영상의 선예도(sharpness)를 감소시키며, 또한 발생한 빛이 확산 신호 파형을 갖기 때문에 영상을 흐리게 한다⁴⁻⁷⁾. 또한 image storage phosphor plate의 광자극휘진성은 화학적 기전에 의해 성능저하는 발생하지 않으나, 시간의 경과에 따라 phosphor screen의 마찰, 손상 등이 있을 수 있으며 이러한 물리적인 접촉으로 인해 일정 기간내 교체를 고려하지 않을 수 없다^{8,9)}. 실제로 의료계에서 사용 중인 IP는 특별한 외형적인 문제가 발생하지 않는 한 이용 년 수와 관계없이 계속 사용 중이며, 각 IP별 사용 횟수 관리는 하지 않고 있다.

본 연구에서는 X선발생장치를 이용하여 computer radiography(CR) 영상판(image plate : IP)의 정보전달능(modulation transfer function : MTF)을 측정해 보기 위해 현재 A병원에서 사용중인 일반촬영용 IP 중 사용년 수 3년 이상된 Fuji ST-Vn와 사용연수 2년 미만인 Fuji ST-VI 모델의 IP를 대상으로 MTF를 측정하여 분석 비교하였다.

II. 실험방법 및 기재

MTF용 차트촬영 필름 출력을 위해 먼저 Fig. 1과 같이 레이저 프린터를 교정하고, 차트사진 농도를 유효노광량으로 바꾸기 위해 특성곡선용 시료를 time scale method로 sensitometry 촬영을 시행하였다. 차트촬영을 위해 X선관 초점과 IP cassette 까지의 거리를 100 cm으로 하고, 아크릴 10 cm 사용하였으며, X선관과 차트는 직각으로 하여 조사야 크기를 조절한 후 노출조건 75 kVp로 소초점 조사하였다.

이때 구형과 차트는 Pb 0.05mm, 0.5~10 LP/mm를 사용하였으며, IP는 35×43cm size Fuji ST-Vn과 ST-VI 모델(standard-pixel density)을 연속 동일조건으로 촬영하여 확산농도계(PDA-85)로 농도측정 하였다. 촬영된 차트필름의 image reading은 FCR9000 시스템 Fix mode(감도 200)를 이용하여 레이저프린터(Fuji FL-IM D)로 출력하였으며, 출력된 필름은 microdensitometer (PDM-7/recorder)를 이용하여 차트영상과 특성곡선용 시료를 주사하여 MTF를 계산하였다.

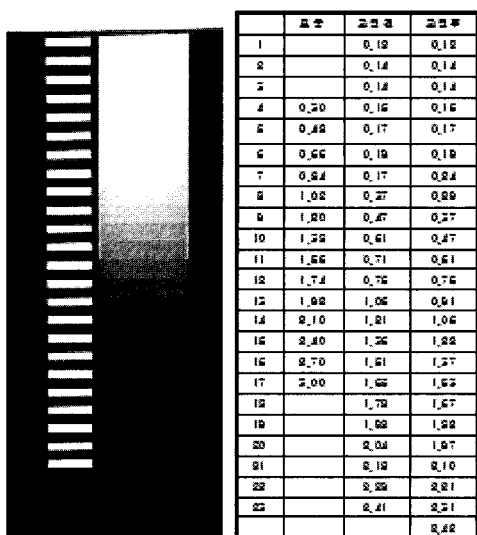


Fig. 1. 레이저프린터 교정

III. 결과 및 고찰

Fuji ST-Vn과 ST-VI 모델의 IP 영상을 분석 하고자 특성곡선용 시료를 time scale method로 sensitometry 촬영하여 Fig. 2와 같이 출력된 필름을 단계별 농도측정을 시행한 결과 Table 1과 같이 노출선량에 따른 계단별 농도차를 알 수 있었다. 측정된 농도를 바탕으로 작성한 특성곡선은 그림 3과 같이 비교 모델별 특성치를 보였다.

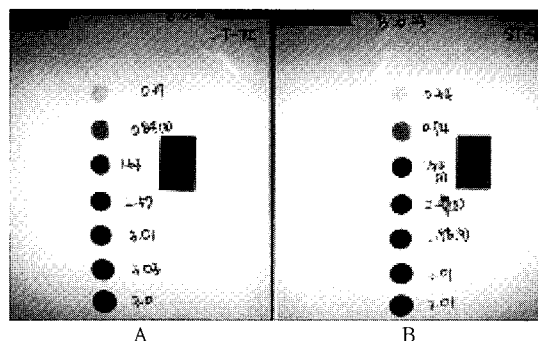


Fig. 2. A type(ST-VI)과 B type(ST-Vn)의 sensitometry 비교

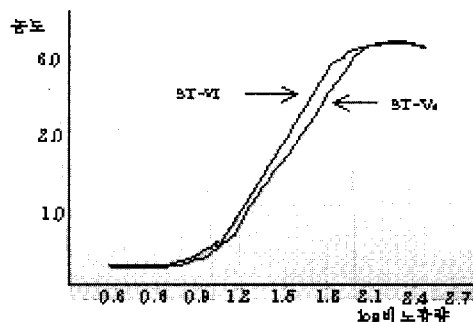


Fig. 3. 유효노광량 변환 특성곡선

Table 1. 계단별 농도 비교

ST-VI			ST-Vn		
계단	선량 (mAs)	농도	계단	선량 (mAs)	농도
1	05	024	1	05	023
2	1	024	2	1	023
3	2	037	3	2	034
4	4	084	4	4	074
5	8	163	5	8	154
6	16	257	6	16	227
7	32	301	7	32	298
8	64	303	8	64	301
9	125	301	9	125	301

해상력 차트 기준장 농도범위 노출선량 8 mAs로 촬영된 차트필름을 microdensitometer로 주사하여 나타난 공간주파수에 따른 농도파형은 Fig. 4와 같이 나타났다.

MTF는 선예도와 해상력을 한데 묶어 중점적으로 측정하는 것으로 정보전달신호의 진폭 또는 강도, 양의 변화를 뜻하는 것이다. 해상력 차트를 이용하면 금속선 사이의 공간은 검게, 금속선은 희게 나타나면서 흑백 농도변화는 급격해서 평방파를 나타내야 하나, 간접검출시스템은 빛의 확산으로 인하여 최고 농도부와 최저 농도부 사이의 흑백농도 변화가 완만해지면서 사인파를 형성한다.

따라서 시스템의 실질 해상력에 제한을 받을 것이다. 해상력 차트의 금속 선의 수와 그 간격이 좁아질수록 단위 길이당 선의 수가 많아지므로 정보량도 많아지며, 정보량은 항상 mm당 선의 수 또는 mm당 사이클의 수로 표현하게 된다¹⁰⁾.

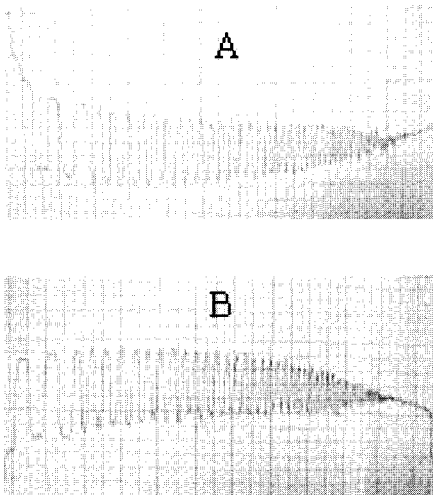


Fig. 4. A type(ST-VI)과 B type(ST-Vn)의 구형파 차트 공간주파수에 따른 농도 파형

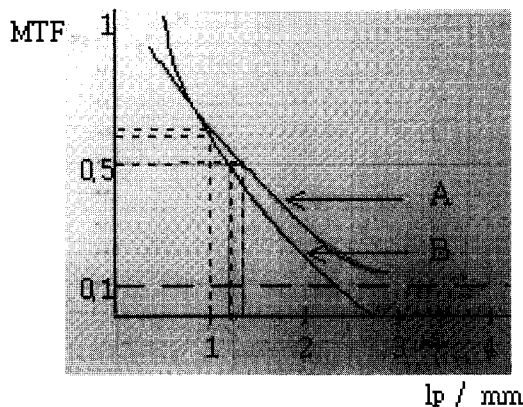


Fig. 5. A type(ST-VI)과 B type (ST-Vn)의 MTF 비교

MTF의 평가는 MTF 곡선상 10%(MTF 0.1) 곡선이 교차하는 점의 공간주파수 값을 그 영상시스템의 해상력이라 판단하기 때문에 이 값이 클수록 해상력이 높게 된다. 공간주파수가 높은 영역이라도 MTF값이 큰 시스템이 객관적으로 해상력이 좋다는 것이다. 그러나 해상력이 높은 시스템이 반드시 선예도가 높다는 것은 아니다^{11,12)}. 실제로 선예도는 공간주파수가 낮은 영역에서 결정되며, 해상력은 공간주파수가 높은 영역에서 결정된다.

CR용 IP 영상의 MTF 특성을 나타낸 Fig. 5에서 해상력은 A type인 ST-VI가 B type인 ST-Vn 보다 높게 나타났으며, MTF 50%(0.5) 곡선이 교차하는 점의 공간주파수 값이 높은 시스템이 선예도가 높다는 기준에서 A type인 ST-VI가 B type인 ST-Vn 보다 선예도가 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 또한 정상적인 관찰 상태에서 사람이 인식할 수 있는 한계에 가까운 주파수 2.0~2.5 cycle/mm에서의 MTF값 비교에서도 A type인 ST-VI가 B type인 ST-Vn 보다 높게 나타났다.

영상의 공간분해능은 실질적으로 검출기의 물리적 특성에 대하여 의존성을 지니고 있으며 정보전달능(MTF)으로 표현한다. MTF는 시스템의 공간주파수 범위를 측정하여 blur(또는 대조도) 정도를 산출할 수 있기 때문에 실질 또는 실효해상력의 측정에 매우 효과적이다^{13,14)}. CR 또는 기타 간접검출 시스템은 형광체의 빛 확산 영향을 받는 시스템이므로 해상도 측정은 필수적이라 할 수 있다. IP의 해상력 측정은 관련 기관 및 연구소 등에서 많은 측정과 실험을 거쳤을 것이다. 그러나, 보다 중요한 것은 실제 사용자 측의 관찰일 것이다.

영상시스템을 비교하기 위한 대부분의 연구들은 모든 검출작용을 평가하기 어렵지만 전체 시스템 성능을 편리하고 정확한 방법으로 MTF와 DQE(Detective Quantum Efficiency) 평가방법을 이용하는 것이 영상화 성능의 물리적 평가에 적당하다. 영상의 시각화질에 대한 관련 요소들을 완벽하게 평가할 수 있는 물리적 측정법이 없는 것 만큼이나 디지털시스템의 물리적 화질을 사정하는 것도 어렵다는 점이 독특한 특징이다. 시스템의 화질을 감정하는데 가장 좋은 방법은 발생한 영상을 workstation 또는 필름을 통하여 계속적으로 관찰하는 것이 중요하다.

IV. 결 론

임상에서 사용 중인 ST-VI와 ST-Vn의 MTF 비교에 따른 실험 결과는 다음과 같다. ST-Vn보다 ST-VI가 영

상의 질을 나타내는 해상력과 선예도 그리고 MTF값 비교에서도 각각 높게 나타났다.

이와 같이 동일 회사 IP의 모델 변경에서도 MTF 차이는 나타났다. 그러나, 이것이 IP의 사용 년수에 관계가 있는 것인지는 추적 확인이 불가능하였으며, 제공자 측에서 검출소자의 변화를 준 것인지도 확인할 수 없었다. 그렇지만 사용자 측에서는 2가지 종류의 IP를 혼용 사용 중이라는 사실이 문제점으로 지적된다.

참 고 문 헌

1. H. Fujita, K. Ueda, J. Morishita, T. Fujikawa, A. Ohtsuka, and T. Sai : Basic imaging properties of a computed radiographic system with photostimulable phosphors, *Med. Phys.*, 16, pp. 52~59, 1989
2. H. Fujita, J. Morishita, K. Ueda, T. Fujikawa, A. Ohtsuka, and T. Sai : Resolution properties of a computed radiographic system, *SPIE Med. Imaging 1090*, pp. 263~275, 1989
3. N. Mori and J. Miyahara : *Progress in X-ray Analysis*, 23, pp. 139, 1992
4. Y. Amemiya, M. Matsushita, A. Nakagawa, Y. Satow, J. Miyahara and J. Chikawa : *Nucl. Instrum. Meth.* A266, pp. 645, 1988
5. N. Mori, T. Oikawa, Y. Harada and J. Miyahara : *J. Electron Microscopy* 39, pp. 433, 1990
6. C. Umemoto, A. Kitada, K. Takahashi and T. Matsuda : *Extended Abstracts, the 174th Electrochem. Soc. Meeting*, pp. 918, 1988
7. W. Hillen, U. Schiebel, and T. Zaengel : Imaging performance of a digital storage phosphor system, *Med. Phys.*, 14, pp. 744~751, 1987
8. D. M. Tucker and P. S Rezentes : The relationship between pixel value and beam quality in photostimulable phosphor imaging, *Med. Phys.*, 24, pp. 887~893, 1997
9. H. Li, P. Hackenschmied, E. Epelbaum, M. Batentschuk : Imaging performance of polycrystalline BaFBr:Eu²⁺ storage phosphor plates, *Materials Science and engineering B94*, pp. 32~39, 2002
10. 김건중 외 : *진단방사선원리*, pp. 276~281, 1985
11. K. Doi, K. Strubler, and K. Rossmann : Truncation errors in calculating the MTF of radiographic screen-film system from the spread function, *Phys. Med. Biol.* 17, pp. 241~250, 1972
12. J. Morishita, K. Doi, R. Bollen, P. C. Bunch, D. Hoeschen, G. Sirand-rey, and Y. Sukenobu : Comparison of two methods for accurate measurement of modulation transfer functions of screen-film system, *Med. Phys.*, 22, pp. 193~200, 1995
13. Gingold E, Lee D : Development of a Novel High-Resolution Direct Conversion X-ray Detector, *Medical Imaging 2000 : Physics of medical Imaging, Proc. SPIE ; 3977* : pp. 185~193
14. Maidment A et al : Dynamic range requirements in digital mammography, *Medical Physics*, 20(6) : pp. 1621~1633, 1993

• Abstract

Comparison of the Modulation Transfer Function of Several Image Plate

Chang-Bok Kim · Yang-Sup Lee^{*} · Young-Keun Kim^{**} · Seong-kil Lee^{**} · Kyung-Sup Lee

Dept. of Electrical and Electronic Eng. Dong-shin University

Dept. of Radiology, Asan Medical Center^{}*

*Dept. of Radiologic Technology, Kwang-ju Health College^{**}*

Among the digital radiography systems, the computed radiography Image Plate Detector System is most frequently being used for the general radiography and also this system commonly diffracts the x-ray images since it is the system that is influenced by the light diffusion from the fluorescent substances. In this study, by using the X-ray Generator, a comparative analysis has been made between 2 different models of computer radiography image plate investigate each model's resolution and sharpness through the modulation transfer function(MTF) measurement. For the analysis, two image plates for general radiography one Fuji ST-VN model(more than 3years old) and one Fuji ST-VL model(less than 2years old) that are currently being used in "Hospital A" were sampled for the MTF measurement here. As the experimental method for this study, the resolution chart method has been carried out by using X-ray generator. Also all the experimental data were printed out by laser printer and measured by microdensitometer. As the results of the experiment carried out in this study, some differences have been found between the two different IP models and Fuji ST-VL has shown its excellence in both of the resolution and the sharpness fields.

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