

Regius 150 Computed Radiography 시스템의 Noise 평가에 관한 연구

— The Noise Evaluation for Regius 150 CR System —

고려대학교 보건과학대학·인제대학교 백병원¹⁾·원자력 의학원²⁾·서울보건대학³⁾

김정민·민정환¹⁾·정희원·임은경²⁾·양한준³⁾

— 국문초록 —

CR 시스템의 잡음(Noise)의 주요한 원인은 X-선 양자 모틀이며 그 외에 Imaging plate의 구조 노이즈, 휘진발광체의 광양자 노이즈, 전기계의 노이즈, 양자화 노이즈 등이 있다.

Regius 150시스템에서 선량이 0.1 mR~100 mR까지 변화할 때 SNR 변화는 0.1 mR에서 8.2부터 선형성을 가지고 증가하고 있다. 이때 최저 SNR 값이 5 이상 되므로 충분한 신뢰성을 확보했다고 할 수 있다.

의료영상시스템의 가장 일반적인 노이즈 평가방법인 Noise Power Spectrum(NPS)을 이산적 화상데이터로부터 얻어진 Pixel 값의 요동으로부터 직접 푸리에 변환하여 구하였다. 주파수 0.5 lp/mm~2.5 lp/mm 구간의 NPS는 선량이 많아질수록 개선되며 1 mR 조사 시 10^{-4} ~ 10^{-5} 사이에 분포하여, 시판되고 있는 타 회사의 CR 시스템과 유사한 노이즈 특성을 가지고 있다.

중심 단어: CR, Noise, SNR, NPS

I. 서 론

디지털 화상시스템의 화질을 논할 때, 아날로그계와 마찬가지로 해상특성(Resolution property)과 노이즈특성(Noise property)으로 나누어 설명할 수 있다. 해상특성은 (MTF)로 나타내고, 노이즈 특성은 Signal-to-Noise Ratio(SNR), Noise Power Spectrum(NPS)으로 표현한다.

디지털 화상시스템은 X-선 검출기의 크기가 필름/증감지 시스템보다 월등히 커서(100~200 μ m) 노이즈가 생길 경우 진단에 장애를 주는 정도가 필름에서보다 크고, 노이즈를 일으키는 요인도 아날로그 시스템보다 복잡하기 때문에 해상특성보다는 노이즈 특성평가에 보다 많은 주의

가 필요하다. 저자들은 Konica Minolta사의 CR-Regius 150 시스템의 노이즈 평가에 주목하여 IEC 62220-1의 선질 중 RQA5 조건에서 SNR과 NPS에 대하여 검토한 바 있어 보고한다.

II. 실험기구 및 재료

1. X-선 발생장치

X-선 발생장치: LISTEM REX 650
전리조식 선량계: RADICAL 2026C(60CC)

2. 영상시스템

CR 리더기: Konica-Minolta CR, Regius 150
선질 RQA5 70 kVp, HVL 7.1 mmAl, Additional filtration 21 mmAl

* 이 논문은 2006년 11월 13일 접수되어 2006년 12월 6일 채택 됨.
책임저자: 김정민, (136-703) 서울시 성북구 정릉동 산 1번지 고려대학교 보건과학대학 방사선학과
TEL: 02-940-2824, FAX: 02-917-9074
E-mail: min@korhealth.ac.kr

III. 실험방법

본 실험에서 디지털 X-선 영상장치의 SNR, NPS를 구하기 위한 배치는 Fig. 1, 2와 같으며, 실험에서 사용된 X-선 선질은 Table 1과 같이 IEC(International Electrotechnical Commission) 62220-1의 RQA5 실험조건 (70 kVp, Additional filter : 21 mmAl, HVL : 7.1 mmAl)으로 하고 SNR, NPS측정을 위한 영상을 획득하였다. 촬영거리는 150 cm으로 하고 10×12(1430×1722) Imaging plate를 사용하였다^{1,2)}.

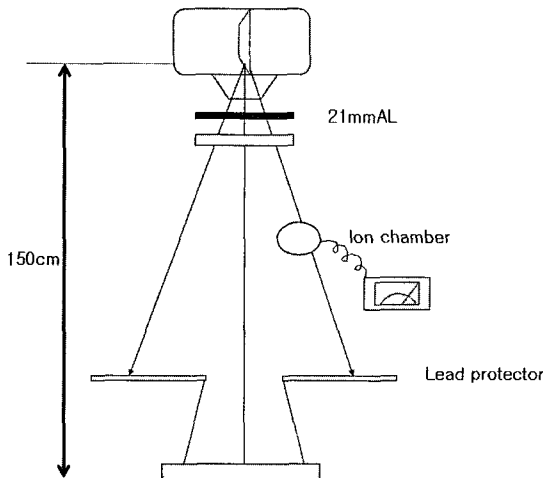
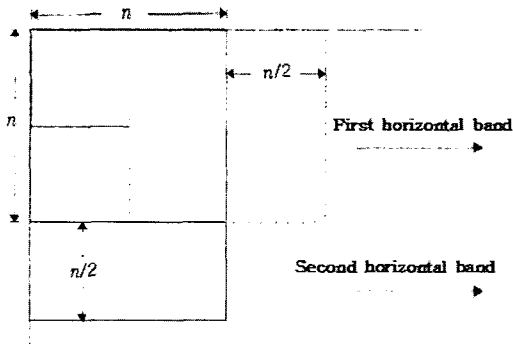


Fig. 1. Geometric set up for experiment



The size of the ROIs shall be n = 256

Fig. 2. Geometric arrangement of ROI

1. SNR 실험

RQA5 조건으로 X-선 조사선량을 0.1 mR에서 100 mR까지 변화시키면서 얻은 X-선 영상시스템에서 SNR을 다음과 같은 방법으로 구하였다.

$$SNR_{rose} = \frac{A(\overline{q_b} - \overline{q_0})}{\sqrt{A \overline{q_b}}} = C\sqrt{A \overline{q_b}}$$

2. NPS 실험

RQA5 조건으로 X-선 조사선량을 0.1 mR에서 100 mR까지 변화시키면서 얻은 X-선 영상시스템에서 획득된 white 영상의 ROI를 각각 256×256, 128×128로 하여 4개 구역에서 2차원 FFT(Fast Fourier Transform)을 실행하였다.

$$NPS(u_x, v_x) = \lim_{N_x, N_y, M \rightarrow \infty} \frac{\Delta x \Delta y}{M \times N_x \times N_y} \sum_{m=1}^M \left| \sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} [I(x_i, y_j) - S(x_i, y_j)] e^{-2\pi i(u_x x_i + v_x y_j)} \right|^2$$

N_x 와 N_y 는 이산 Fourier 변환의 요소 수, 그리고 Δx , Δy 는 각각 x, y 축의 픽셀의 크기를 나타낸다.

IV. 실험결과

1. SNR

Fig. 3은 RQA5 조건에서 X-선 조사선량을 0.1 mR에서 100 mR까지 변화시키면서 측정된 신호대 잡음비를 나타내었다. 그림에서 나타난 바와 같이 입사 X-선량이 많아질수록 영상신호에 대한 잡음의 영향이 감소하였으며, 조사선량에 대한 SNR 반응특성이 선형적($y = 3.7x + 18.2$)으로 증가하고 있다. 이는 조사선량이 많아질수록 노이즈는 감소한다는 일반적 이론과 부합하고 있다. 그리고 최저선량 0.1 mR의 SNR은 8.2이며 선량이 증가하는데 비례하여 약 30까지 증가하였다.

Table 1. Radiation Quality(IEC 61267 & IEC 62220-1)

Radiation Quality No.	Approximate X-ray Tube Voltage(kVp)	Half Value Layer(HVL) mmAl	Additional filtration mmAl	SNRin ² 1/(mm ² μGy)
RQA5	70	7.1	21.0	30174

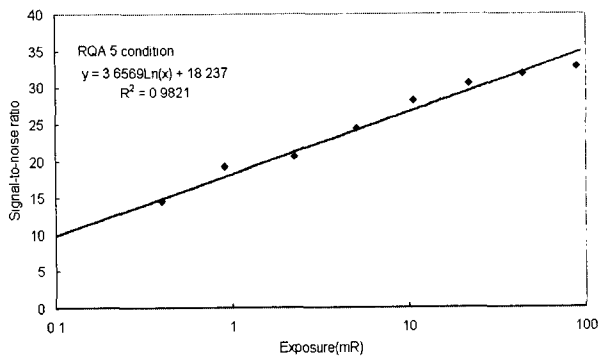


Fig. 3. SNR of Regius 150

2. NPS

Fig. 4는 각 조사선량 0.1, 1.0, 10, 100 mR에 대한 이산 2차원 NPS를 나타낸다. 그림에서 나타난 바와 같이 공간 주파수가 증가할수록 NPS는 점진적으로 감소하여 조사선량이 증가할수록 영상신호에 대한 잡음의 영향이 감소됨을 알 수 있다.

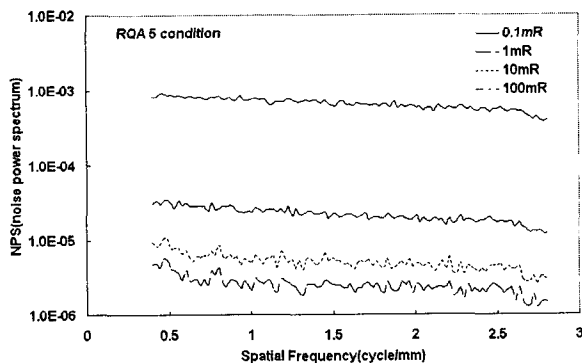


Fig. 4. NPS of Regius 150

V. 고 찰

영상의 잡음은 영상신호에서의 불확정성 또는 부정확성을 의미하며 크게 영상정보를 구성하는 광자수에 기인한 잡음과 영상신호처리 회로에 의한 잡음으로 구분된다. 전자는 영상정보를 구성하는 광자수가 적을 때 그 불확정성의 정도가 증가하는 반면 광자수가 증가하면 영상신호로서의 검출될 확률이 높아져 영상신호에 대한 잡음의 영향이 감소한다.

CR 시스템의 노이즈의 주요한 원인은 X-선 양자모틀이며 그 외에 Imaging plate의 구조 노이즈, 휘전발광체

의 광양자 노이즈, 전기계의 노이즈, 양자화 노이즈 등이 있다. 물론 시스템 전체의 노이즈에는 화상표시부(monitor)의 노이즈가 부가된다. 이외에도 화상처리법에 의해서도 노이즈특성이 개선되기도 하고 반대로 노이즈가 증가되기도 한다³⁾.

영상형성에 있어서 광자량의 통계적 분포의 중요성을 처음으로 인식한 학자는 Rose(1948)로서 “Rose Model”로 알려진 SNR을 설정하였다. 즉, SNR은 면적을 같다고 할 때 Back ground의 평균 Quanta에 Signal의 Quanta를 빼서 표준편차로 보정한 것이다. Rose는 또는 대략 SNR이 3~5보다 커야 실질적으로 화상의 세부를 충분한 신뢰성을 가지고 육안으로 검출할 수 있다고 하였다^{4,5)}.

SNR 측정결과와 같이 Regius 150시스템의 0.1mR~100mR까지의 SNR 변화는 0.1mR에서 8.2부터 선형성($y = 3.7x + 18.2$)을 가지고 증가한다. 따라서 Rose의 이론대로 5 이상되므로 충분한 신뢰성을 확보했다고 말할 수 있다.

불규칙 통계적 해석법으로서 NPS가 있다. 화상의 세계에서는 이것을 위너스펙트럼이라 부른다. NPS는 잡음의 분산 값의 분포를 공간주파수 상에 표현한 것으로 영상에서 픽셀간의 변동요인인 잡음이 공간주파수에 대한 의존도를 나타낸다. 영상신호에서의 변동은 입사된 X-선 양에 의한 양자화잡음이나 신호변환 단계에서의 이득변화, 그리고 외부잡음에 의해 발생할 수 있다. 일반적으로 어떤 연속된 파형 $f(x)$ 의 NPS를 구하는 데에는 $f(x)$ 를 직접 푸리에 변환 하여 파워를 구하는 방법과 $f(x)$ 의 자기상관 함수를 푸리에 변환해서 구하는 방법이 있다. 여기서는 이산적 화상데이터로부터 얻어진 Pixel값의 요동을 직접 푸리에 변환하여 NPS를 구하였다.

RQA5 조건에서 주파수 0.5lp/mm~2.5lp/mm 구간의 NPS는 선량이 많아질수록 개선되고 있으며 1mR 조사시 10^{-4} ~ 10^{-5} 사이에 분포하는 것으로 나타나 Carla⁶⁾가 실험한 Kodak CR의 노이즈와 Dobbins⁷⁾가 실험한 HR-CR의 노이즈와 유사한 특성임을 알 수가 있다.

VI. 결 론

Konica Minolta사의 CR-Regius 150 시스템의 노이즈 평가를 위하여 SNR, NPS에 대하여 검토한 결과 다음과 같은 결론에 도달하였다.

1. X선량 0.1mR~100mR 범위에서 SNR값은 8.2부터 직선적으로 증가하고 있으며 최소값이 5 이상이므로 충분한 신뢰성을 확보했다고 할 수 있다.

2. 주파수 0.5 lp/mm~2.5 lp/mm 구간의 NPS은 선량이 많아질수록 노이즈는 개선되며 1mR 조사 시 10^{-4} ~ 10^{-5} 사이에 분포하여 시판되고 있는 타 회사의 CR 시스템과 유사한 노이즈특성을 가지고 있다.

참 고 문 헌

1. International Electrotechnical Commission, Medical electrical equipment - Characteristics of digital X-ray imaging devices-Part 1: determination of the detective quantum efficiency, IEC 62220-1 (Geneva: IEC), 2003
2. International Electrotechnical Commission, Medical diagnostic X-ray equipment - radiation conditions for use in the determination of characteristics, IEC 61267(Geneva: IEC), 1994
3. 桂川茂彦: 醫用畫像情報學, 南山堂, 103-107, 2006
4. Jacob Beutel: Handbook of Medical Imaging Vol, Physics and Psychophysics, 115-116, SPIE, 2000
5. Horst Aichinger: Radiation Exposure and Image Quality in X-ray Diagnostic Radiology, Springer-Verlag
6. Carla D: Performance characteristics of a Kodak computed radiography system, Med. Phys. 26, 27-36, 1999
7. James T. Dobbins III: DQE(f) of four generations of computed radiography acquisition devices, Med. Phys. 22, 1581-1593, 1995

• Abstract

The Noise Evaluation for Ragius 150 CR System

Jung-Min Kim · ¹⁾Jung-Whan Min · Hea-Won Jeong · ²⁾Eun-Kyung Im · ³⁾Han-Joon Yang

Health Science Korea university · ¹⁾Paik Hospital Inje University

²⁾Korea Institute Radiological & Medical Sciences · ³⁾Seoul Health College

The Noise of CR Systems is made up of X-ray quantum mottle and additional Imaging plate's structure noise, photon noise of lumine cence, noise of electrometer, quantization noise etc.

In this Regius 150 system, SNR was increased from 8.2 to 30 with linearly according to radiation dose from 0.1mR to 100mR. It means that the Regius 150 system has enough trustability because of SNR is over 5 by Rose Model.

NPS was calculated two dementional Fourier Tranform with shake of pixel value in the white Image.

In the spatial frequency range of 0.5 lp/mm~2.5 lp/mm, the NPS was distributed 10^{-4} ~ 10^{-5} at 1mR X-ray dose.

That is similar result compare other systems to that of Kodak CR system reported by Carlu⁶⁾, HR-CR system reported by Dobbins⁷⁾.

Key Words: CR, Noise, SNR, NPS