

디지털방사선시스템에서 IEC표준을 이용한 방사선 영상 품질의 평가

Evaluation of Image Quality for Radiographic Positioning using IEC Radiation Quality in the Digital Radiography System

안현*, 김창수**, 김정훈**

부산가톨릭대학교 대학원 방사선학과*, 부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과**

Hyeon An(sonoah@hanmail.net)*, Changsoo Kim(cszzim@cup.ac.kr)**,
Jung-Hoon Kim(donald@cup.ac.kr)**

요약

본 연구의 목적은 디지털방사선시스템의 영상 품질을 비교하고 평가함에 있다. 영상의 정량적인 분해능을 나타내는 변조전달함수, 노이즈 특성을 나타내는 잡음력 스펙트럼을 이용하여 영상 품질평가를 하였다. IEC61267 선질을 사용하여 IEC62220-1에서 제시하는 기하학적인 조건과 실제 임상에서 사용되어지는 기하학적인 조건을 사용하여 부가필터 및 그리드, 임상선량을 이용하여 edge 팬텀을 사용하여 MTF값을 측정하였다. Grid, Filter, SID, kVp, mAs에 따른 MTF 결과는 임상조건 100, 180cm 와 IEC62220-1 기하학적인 조건 150cm에서 MTF 공간주파수 측정값은 비슷하게 나타났으며, 오히려 임상조건 100, 180cm에서 공간주파수가 높은 경우도 있었다. NPS 결과는 선량이 증가함에 따라 감소함을 나타내었다. IEC61267 선질을 이용한 영상품질평가에서는 IEC62220-1기하학적인 조건을 이용한 품질평가보다 임상조건 기하학적인 조건을 사용한 영상의 품질이 좋았다. IEC 와 임상조건에서의 MTF와 NPS는 크게 차이가 나지 않았음을 알 수 있었다. 그러므로 향후 IEC 표준에서 제시하는 영상품질 평가보다는 임상 조건을 적용한 영상품질 평가방법을 적용하기 위해서 부가필터사용 유·무, 그리드사용 유·무, SID변화, 선질, 선량 등의 파라미터를 적절히 이용하여 가장 적은 선량으로 공간분해능이 좋고, NPS가 감소하는 방법들을 찾는다면 향후 실제 임상에서 사용되고 있는 디지털방사선시스템을 최적의 품질로 유지할 수 있는 참고 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

■ 중심어 : IEC 선질 | 변조전달함수 | 잡음력스펙트럼 |

Abstract

The purpose of this study is to evaluate and compare the quality of digital X-ray imaging system. The image quality evaluation was conducted By using Modulation transfer function indicating the quantitative resolution of the image and the noise power spectrum showing the noise characteristics. Using a IEC61267 radiation quality was applied to the geometry to be used in clinical and geometry presented in IEC62220-1 and Additional filter, grid, the clinical dose and the MTF value of edge phantom was measured. Result of the MTF corresponding to each item(Grid, Filter, SID, kVp, mAs), the clinical condition 100cm, 180cm, measurements of the spatial frequency of the MTF IEC62220-1Geometry 150cm became similarly apparent, rather spatial frequency was also the case high in clinical conditions 100cm. NPS results, as the dose (mAs) is increased, NPS showed that reduced. The image quality evaluation using IEC61267 the Radiation quality, Image quality of the video using the clinical conditions Geometry than image quality evaluation using IEC62220-1Geometry was better. It shows that MTF and NPC in IEC and clinical condition were not significantly different. In order to apply the evaluation method of image quality applied with clinical conditions rather than the future method, to be presented evaluation of IEC standard, based on the results of the image characterization studies in this paper, the methods that shows good quality of spatial resolution and decrease NPS value as the least dose, used suitable parameters for whether or not using added filter, grid, change SID and clinical quality(kVp), dose(mAs) etc should be found. then It is believed to be able to properly maintain the actual quality of the image of the digital radiographic imaging system in clinical.

■ keyword : IEC Radiation Quality | MTF | NPS |

I. 서론

X선이 발견된 이후 100년이 지나는 동안 X선 촬영방법은 필름-스크린이라는 아날로그 형태로 존재해 왔다. 이러한 필름-스크린 시스템을 대체하기 위해 개발된 것이 디지털방사선시스템(Digital Radiography system)이다. 30년 전에 X선 촬영기술은 CR(Computed Radiography)이라고 하는 Storage phosphor를 사용하는 시스템에 의해 디지털 세상에 첫걸음을 내딛게 되었다. 1990년도 후반부터 여러 가지 디지털 평판 검출기(FDP, Flat-Panel Detector)가 개발되면서 그 특성들을 측정하고 서로 비교하는 작업들이 진행되었다[1]. 디지털 X선 영상 검출기의 개발과 임상응용에 있어서 검출기의 성능을 확인하기 위한 정량적인 측정은 필수적이다. 디지털 방식에서 획득한 영상품질의 평가 인자는 공간분해능, 대조도, 잡음의 세 가지로 평가하며, 공학적인 측면에서는 위의 세 인자들이 상호 연관되어 공학적으로 표현 가능한 중간 단계(Intermediate concepts)의 변조전달함수(MTF, Modulation Transfer Function), 잡음력 스펙트럼(NPS, Noise Power Spectrum), 신호대 잡음비(SNR, Signal to Noise Ratio)를 다시 정의하여 영상 특성을 평가한다[2][3].

이와 같은 검출기의 특성평가에 있어서 평가결과는 평가방법에 따라 다른 값을 가질 수 있기 때문에 2003년에 국제전자기술위원회(IEC)에서 표준화된 측정규약을 제정한 바 있다[4].

본 논문에서는 디지털방사선영상시스템의 특성평가를 위해 국제표준 IEC선질 및 기하학적인 조건과 임상에서 사용하는 기하학적인 조건, 임상의 촬영조건을 이용하여 영상을 획득하였으며 정량적인 영상평가를 위하여 Matlab R2007a(The MathWorks, Natick, MA, USA)를 이용하여 MTF, NPS측정값을 분석하여 표준과 임상기준의 차이점을 알아보고 임상적인 유용성과 응용가치를 고찰하고자 한다.

II. 관련연구

1. 디지털방사선시스템

디지털방사선시스템(Digital Radiography System)은 투과된 X선을 방사선 영상 검출기들이 흡수하여 물리적 반응의 결과로 전기적 신호를 발생시켜 그것들의 위치정보와 함께 읽어 들여 디지털 과정을 통해 최종적으로 영상처리 알고리즘을 이용하여 하나의 방사선 영상을 구성하는 역할을 수행하는 것을 말한다. 영상 검출기는 X선을 검출하여 영상화하는 방법에 따라 크게 두 가지 방식으로 구분된다. 비정질 셀레늄(a-Se) 등의 광전도체를 이용하여 입사하는 X선을 직접 전기신호로 변환하는 직접변환방식이 있다[5]. 방사선 영상 검출기로 입사된 X선과 반응하여 가시광선 파장대의 빛을 발생시키는 섬광체 또는 형광스크린을 이용하는 방식으로 비정질 실리콘(a-Si)를 통해 빛을 전기신호로 변환하는 간접변환방식이 있다[6].

2. 영상평가

디지털방사선시스템의 방사선 영상 기초 평가 인자는 공간분해능(Spatial Resolution), 명암대조도(Contrast), 잡음(Noise)등이며 이를 정량적으로 판정하기 위하여 평가인자를 변조전달함수(MTF), 신호대 잡음비(SNR), 잡음력 스펙트럼(NPS)으로 나타낼 수 있다. 변조전달함수는 공간해상도에 따른 콘트라스트의 전달특성을 나타내며, 이는 다양한 크기의 대상체 또는 병변에 대한 콘트라스트를 얼마나 효율적으로 영상화하였는가를 나타내는 영상시스템의 전달함수이다[7][8]. 공간해상도는 영상에서의 잡음에도 영향을 미친다. 일반적으로 잡음은 픽셀값의 분산 혹은 표준편차 등 통계적인 양으로 기술될 수 있으며, 입력 영상에서의 신호 변화량이 시스템에 의해 어떻게 변화되었나를 나타내는 척도이다. 따라서 잡음 또한 공간해상도와 함께 결합된 지표를 이용하여 측정 및 평가가 되어야 하며, 이를 NPS라고 한다.

DQE는 일반적으로 입력 양자수에 대한 검출 양자수의 상대적 비율을 나타내지만 X선 영상에서는 SNR, NPS, MTF 세 가지 요소를 모두 고려하여 비교함으로써 총체적인 영상의 질을 평가하는 척도이다. DQE는 최종 영상 중에서 실제의 X선 데이터가 얼마나 포함되어 있는가, 또는 신호와 노이즈 양쪽의 변환율은 얼마

Table 1. Specification of Detector

Item	Value	Unit
X-ray Conversion Layer	Cesium Iodide (CsI) with a-Si Photodiode	
Active Area	430(H)×439(V), (16.9 x 17.3)	mm, inch
Matrix	3008(H)×3072(V)	Pixel
Pixel Pitch	143	μ m
Cycle Time	Shot to Shot 6	sec
Limiting Resolution	3.5	lp/mm
Energy Range	40 - 150	kVp

인가를 측정하는 것이다[9]. 즉, 검출기의 X선 광자 포획 능력과 영상을 구성하는 SNR을 평가하는 것이다 [10]. DQE 측정은 IEC 61267에서 명시된 네 가지 선질 중에서 사용되며, 표준 문서의 RQA 선질에는 실제 임상 방사선영상에서 사용되는 대부분을 커버할 수 있는 네 가지 부위 Extremity, skull, abdomen, thorax의 선질이 명시되어 있다[11].

변화에 따라 IEC 62220-1 규정의 Edge 방법을 사용하여 영상을 획득하였다. 모든 영상들의 특성 평가 방법은 Matlab(R2007a)으로 그래프를 작성하여 해상도는 50% MTF의 공간주파수 값으로 평가하였고, NPS는 공간주파수가 1.0 lp/mm일 때 결과 값으로 나타내었다. 디지털 방사선시스템의 품질성능 평가를 위한 영상 검출기까지 거리(SID)의 기하학적 배치구조는 다음과 같다[Fig. 1].

III. 재료 및 방법

1. 실험재료

실험장비는 DXG325R(Listem. Korea) 모델이며, X-ray tube는 E7876X(Toshiba. Japan)이다. 검출기(Detector)로는 FDX4343R((Toshiba. Japan))을 사용하였으며 검출기의 세부특성은 다음과 같다[Table 1].

IEC 62220-1의 규격에 기반한 순도 99% 이상, 두께 1.0 mm, 가로 100 mm, 세로 100 mm의 텅스텐(W) 엿지팬텀을 사용하였다. 정량적인 영상평가를 위하여 Matlab R2007a(The MathWorks, Natick, MA, USA)를 이용하였다.

2. 실험방법

실험방법은 IEC 62220-1에서 제시한 규격에 근거하여 제작한 엿지 팬텀을 사용하였으며, 디텍터 표면으로부터 1.5~3도의 각도로 실험하였다. 조건으로는 [Table 2]에서 제시된 IEC61267 RQA 선질과 임상 선질(kVp), 그리드(Grid) 및 부가필터사용 유·무, 선량(mAs)변화, SID(Source image receptor distance)조건

Table 2. Radiation quality of Clinical & IEC 61267

RQA	kVp	mAs	Added Filter	Grid 9:1	SID
RQA3	45,50, 55	5,8, 10,12	F(+), F(-)	G(+), G(-)	100/150
RQA5	60,70, 80	12,16, 20,25	F(+), F(-)	G(+), G(-)	100/150
RQA7	80,90, 100	20,24, 32,40	F(+), F(-)	G(+), G(-)	100/150
RQA9	110,115, 120	1,4,6,8	F(+), F(-)	G(+), G(-)	180/150

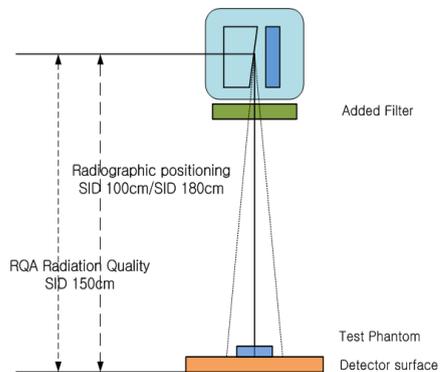


Fig. 1. Geometry of experiment

IV. 결과

1. MTF 결과

IEC 61267 RQA 3, 5, 7, 9 선질을 기준으로 그리드와 필터 미사용[G(-)F(-)], 그리드 미사용과 필터 사용[G(-)F(+)], 그리드 사용과 필터 미사용[G(+)(-)], 그리드와 필터사용[G(+)(+)], SID, kVp, mAs에 따른 50% MTF 결과 값을 나타내었다[Table 3][Table 4].

1) RQA3과 임상 Radiographic Positioning

G(-)F(-), 45 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 공간주파수는 1.42~1.52, 1.51~1.55 lp/mm, 50 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 1.34~1.45, 1.45~1.51 lp/mm, 55 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 1.32~1.51, 1.42~1.52 lp/mm를 나타내었다.

G(-)F(+), 45 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 공간주파수는 1.85~2.02, 1.65~1.82 lp/mm, 50 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 1.86~2.31, 1.71~1.85 lp/mm, 55 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 2.15~2.35, 2.02~2.15 lp/mm를 나타내었다.

G(+)(-) 45 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 공간주파수는 1.51~1.52, 1.45~1.62 lp/mm, 50 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서는 1.35~1.52, 1.42~1.43 lp/mm, 55 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서는 1.54~1.61, 1.44~1.53 lp/mm를 나타내었다.

G(+)(+), 45 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 공간주파수는 1.92~2.05, 1.66~1.85 lp/mm, 50 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서는 1.94~2.02, 1.56~1.95 lp/mm, 55 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서는 2.01~2.21, 1.95~2.31 lp/mm를 나타내었다.

2) RQA5과 임상 Radiographic Positioning

G(-)F(-), 60 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 공간주파수는 1.35~1.42, 1.30~1.33 lp/mm, 70 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 1.28~1.34, 1.27~1.50 lp/mm, 80 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 1.18~1.24, 1.41~1.44 lp/mm를 나타내었다.

G(-)F(+), 60 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 공간주파수는 1.43~1.61, 1.48~1.71 lp/mm, 70 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 1.47~1.54, 1.48~1.82

Table 3. Values of MTF in the RQA3,5

RQA3	SID	kVp	mAs	MTF	RQA5	SID	kVp	mAs	MTF
G(-)F(-)	100	45	5,8,10,12	1.42 ~ 1.52	G(-)F(-)	100	60	12,16,20,25	1.35 ~ 1.42
		50	5,8,10,12	1.34 ~ 1.45			70	12,16,20,25	1.28 ~ 1.34
		55	5,8,10,12	1.32 ~ 1.51			80	12,16,20,25	1.18 ~ 1.24
	150	45	5,8,10,12	1.51 ~ 1.55		150	60	12,16,20,25	1.30 ~ 1.33
		50	5,8,10,12	1.51 ~ 1.62			70	12,16,20,25	1.27 ~ 1.50
		55	5,8,10,12	1.42 ~ 1.52			80	12,16,20,25	1.41 ~ 1.44
G(-)F(+)	100	45	5,8,10,12	1.85 ~ 2.02	G(-)F(+)	100	60	12,16,20,25	1.43 ~ 1.61
		50	5,8,10,12	1.86 ~ 2.31			70	12,16,20,25	1.47 ~ 1.54
		55	5,8,10,12	2.15 ~ 2.35			80	12,16,20,25	1.51 ~ 1.52
	150	45	5,8,10,12	1.65 ~ 1.82		150	60	12,16,20,25	1.48 ~ 1.71
		50	5,8,10,12	1.71 ~ 1.85			70	12,16,20,25	1.48 ~ 1.82
		55	5,8,10,12	2.02 ~ 2.15			80	12,16,20,25	1.42 ~ 1.53
G(+)(-)	100	45	5,8,10,12	1.51 ~ 1.52	G(+)(-)	100	60	12,16,20,25	1.09 ~ 1.12
		50	5,8,10,12	1.35 ~ 1.52			70	12,16,20,25	1.11 ~ 1.21
		55	5,8,10,12	1.54 ~ 1.61			80	12,16,20,25	1.15 ~ 1.12
	150	45	5,8,10,12	1.45 ~ 1.62		150	60	12,16,20,25	1.11 ~ 1.13
		50	5,8,10,12	1.42 ~ 1.43			70	12,16,20,25	1.12 ~ 1.15
		55	5,8,10,12	1.44 ~ 1.53			80	12,16,20,25	1.20 ~ 1.22
G(+)(+)	100	45	5,8,10,12	1.92 ~ 2.05	G(+)(+)	100	60	12,16,20,25	1.41 ~ 1.61
		50	5,8,10,12	1.94 ~ 2.02			70	12,16,20,25	1.43 ~ 1.62
		55	5,8,10,12	2.01 ~ 2.21			80	12,16,20,25	1.48 ~ 1.53
	150	45	5,8,10,12	1.66 ~ 1.95		150	60	12,16,20,25	1.45 ~ 1.53
		50	5,8,10,12	1.56 ~ 2.40			70	12,16,20,25	1.57 ~ 1.62
		55	5,8,10,12	1.95 ~ 2.31			80	12,16,20,25	1.07 ~ 1.31

Table 4. Values of MTF in the RQA7,9

RQA7	SID	kVp	mAs	MTF	RQA9	SID	kVp	mAs	MTF
G(-)F(-)	100	80	20,24,32,40	1.03 ~ 1.52	G(-)F(-)	180	110	1,4,6,8	1.29 ~ 1.35
		90	20,24,32,40	1.42 ~ 1.62			115	1,4,6,8	1.39 ~ 1.45
		100	20,24,32,40	1.28 ~ 1.51			120	1,4,6,8	1.52 ~ 1.65
	150	80	20,24,32,40	1.08 ~ 1.52		150	110	1,4,6,8	1.56 ~ 1.70
		90	20,24,32,40	1.45 ~ 1.70			115	1,4,6,8	1.35 ~ 1.50
		100	20,24,32,40	1.25 ~ 1.51			120	1,4,6,8	1.49 ~ 1.60
G(-)F(+)	100	80	20,24,32,40	1.34 ~ 1.41	G(-)F(+)	180	110	1,4,6,8	1.28 ~ 1.45
		90	20,24,32,40	1.43 ~ 1.50			115	1,4,6,8	1.19 ~ 1.49
		100	20,24,32,40	1.49 ~ 1.85			120	1,4,6,8	1.18 ~ 1.69
	150	80	20,24,32,40	1.41 ~ 1.51		150	110	1,4,6,8	1.34 ~ 1.55
		90	20,24,32,40	1.45 ~ 1.55			115	1,4,6,8	1.28 ~ 1.50
		100	20,24,32,40	1.45 ~ 1.71			120	1,4,6,8	1.78 ~ 1.90
G(+)F(-)	100	80	20,24,32,40	0.87 ~ 1.02	G(+)F(-)	180	110	1,4,6,8	1.24 ~ 1.50
		90	20,24,32,40	1.16 ~ 1.25			115	1,4,6,8	1.25 ~ 1.35
		100	20,24,32,40	1.22 ~ 1.55			120	1,4,6,8	1.38 ~ 1.50
	150	80	20,24,32,40	1.06 ~ 1.12		150	110	1,4,6,8	1.19 ~ 1.32
		90	20,24,32,40	1.16 ~ 1.20			115	1,4,6,8	1.25 ~ 1.39
		100	20,24,32,40	1.20 ~ 1.25			120	1,4,6,8	1.35 ~ 1.51
G(+)F(+)	100	80	20,24,32,40	1.25 ~ 1.41	G(+)F(+)	180	110	1,4,6,8	1.33 ~ 1.43
		90	20,24,32,40	1.36 ~ 1.60			115	1,4,6,8	1.45 ~ 1.50
		100	20,24,32,40	1.49 ~ 1.81			120	1,4,6,8	1.44 ~ 1.52
	150	80	20,24,32,40	1.29 ~ 1.50		150	110	1,4,6,8	1.37 ~ 1.55
		90	20,24,32,40	1.39 ~ 1.55			115	1,4,6,8	1.25 ~ 1.50
		100	20,24,32,40	1.45 ~ 1.71			120	1,4,6,8	1.77 ~ 1.80

lp/mm, 80 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 1.51 ~ 1.52, 1.42~1.53 lp/mm를 나타내었다.

G(+)F(-), 60 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 공간주파수는 1.09~1.12, 1.11~1.13 lp/mm, 70 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 1.11~1.21, 1.12~1.15 lp/mm, 80 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 1.15~1.21, 1.20~1.22 lp/mm를 나타내었다.

G(+)F(+), 60 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 공간주파수는 1.41~1.61, 1.45~1.53 lp/mm, 70 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 1.43~1.62, 1.57~1.62 lp/mm, 80 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 1.48~1.55, 1.07~1.31 lp/mm를 나타내었다.

3) RQA7과 임상 Radiographic Positioning

G(-)F(-), 80 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 공간주파수는 1.03~1.52, 1.08~1.52 lp/mm, 90 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 1.42~1.62, 1.45~1.70 lp/mm, 100 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 1.28~1.51, 1.25~1.50 lp/mm를 나타내었다.

G(-)F(+), 80 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서

공간주파수는 1.37~1.41, 1.41~1.51 lp/mm, 90 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 1.43~1.50, 1.45~1.55 lp/mm, 100 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 1.49~1.85, 1.45~1.71 lp/mm를 나타내었다.

G(+)F(-), 80 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 공간주파수는 0.87~1.02, 1.06~1.12 lp/mm, 90 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 1.16~1.25, 1.16~1.20 lp/mm, 100 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 1.22~1.55, 1.20~1.25 lp/mm,를 나타내었다.

G(+)F(+), 80 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 공간주파수는 1.25~1.41, 1.29~1.50 lp/mm, 90 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 1.36~1.60, 1.39~1.55 lp/mm, 100 kVp, 임상 100 cm과 IEC 150 cm에서 1.49~1.81, 1.45~1.71 lp/mm를 나타내었다.

4) RQA9과 임상 Radiographic Positioning

G(-)F(-), 110 kVp, 임상 180 cm과 IEC 150 cm에서 공간주파수는 1.29~1.35, 1.56~1.70 lp/mm, 115 kVp, 임상 180 cm과 IEC 150 cm에서 1.39~1.45, 1.35~1.50 lp/mm, 120 kVp, 임상 180 cm과 IEC 150 cm에서 1.52

~1.652, 1.49~1.60 lp/mm를 나타내었다.

G(-)F(+), 110 kVp, 임상 180 cm과 IEC 150 cm에서 공간주파수는 1.28~1.45, 1.34~1.55 lp/mm, 115 kVp, 임상 180 cm과 IEC 150 cm에서 1.19~1.49, 1.28~1.50 lp/mm, 120 kVp, 임상 180 cm과 IEC 150 cm에서 1.18~1.69, 1.78~1.90 lp/mm를 나타내었다.

G(+F(-), 100 kVp, 임상 180 cm과 IEC 150 cm에서 공간주파수는 1.24~1.50, 1.19~1.32 lp/mm, 115 kVp, 임상 180 cm과 IEC 150 cm에서 1.25~1.35, 1.2~1.39 lp/mm, 120 kVp, 임상 180 cm과 IEC 150 cm에서 1.38~1.50, 1.35~1.51 lp/mm를 나타내었다.

G(+F(+), 110 kVp, 임상 180 cm과 IEC 150 cm에서 공간주파수는 1.33~1.43, 1.37~1.55 lp/mm, 115 kVp, 임상 180 cm과 IEC 150 cm에서 1.45~1.50, 1.25~1.50 lp/mm, 120 kVp, 임상 180 cm과 IEC 150 cm에서 1.44~1.52, 1.77~1.80 lp/mm를 나타내었다.

2. NPS 결과

IEC 61267 RQA3, 5, 7, 9 선질을 기준으로 그리드와 필터 미사용[G(-), F(-)] 그리드 미사용과 필터 사용

[G(-), F(+)], 그리드 사용과 필터 미사용[G(+), F(-)], 그리드와 필터사용[G(+), F(+)], SID, kVp, mAs에 따른 공간주파수 1.0 lp/mm에서 NPS 결과 값을 나타내었다 [Fig. 2][Fig. 3].

1) RQA3과 임상 Radiographic Positioning

G(-)F(-) 임상 100 cm, 45 kVp/5 mAs 일 때, 1.50E-07 최대값, 12 mAs에서 1.00E-07 최소값을 나타내었다. 50 kVp/5 mAs 일 때, 6.90E-07 최대값, 12 mAs에서 3.50E-07 최소값을 나타내었다. 55 kVp/5 mAs 일 때, 6.00E-07 최대값, 12 mAs에서 2.70E-07 최소값을 나타내었다.

G(-)F(+) 임상 100 cm, 45 kVp/5 mAs 일 때, 2.40E-07 최대값, 12 mAs에서 5.80E-08 최소값을 나타내었다. 50 kVp/5 mAs 일 때, 5.60E-07 최대값, 12 mAs에서 2.20E-07 최소값을 나타내었다. 55 kVp/5 mAs 일 때, 4.50E-07 최대값, 12 mAs에서 2.10E-07 최소값을 나타내었다.

G(+F(-)임상 100cm 일 때, 45 kVp/5 mAs 일 때, 1.30E-05 최대값, 12 mAs에서 4.50E-07 최소값을 나타

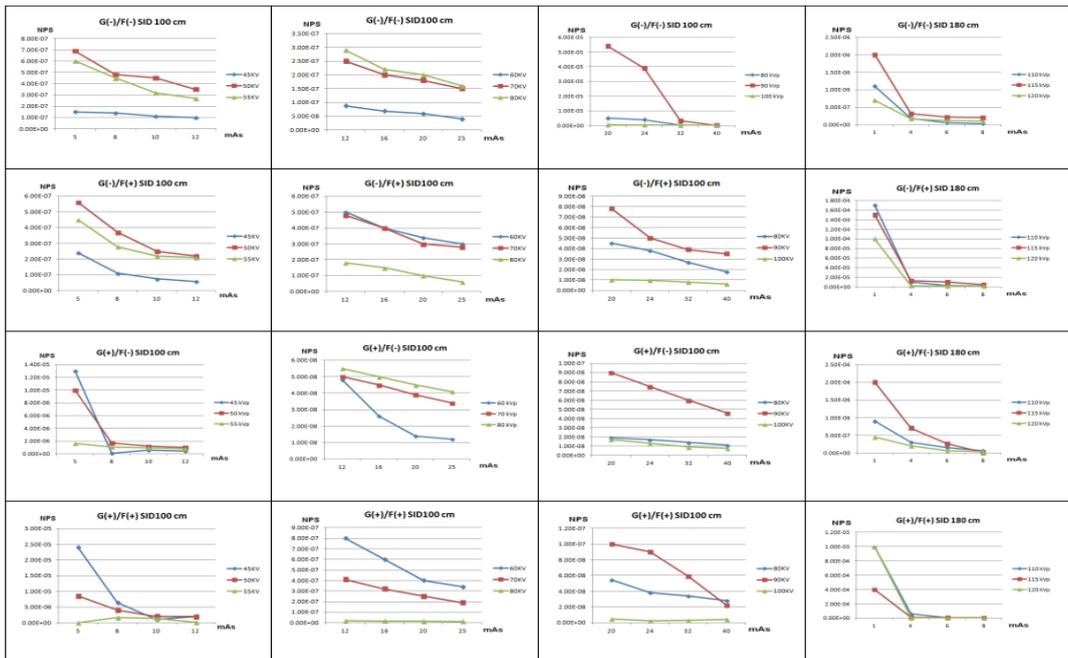


Fig. 2. Result of NPS values in the clinical condition

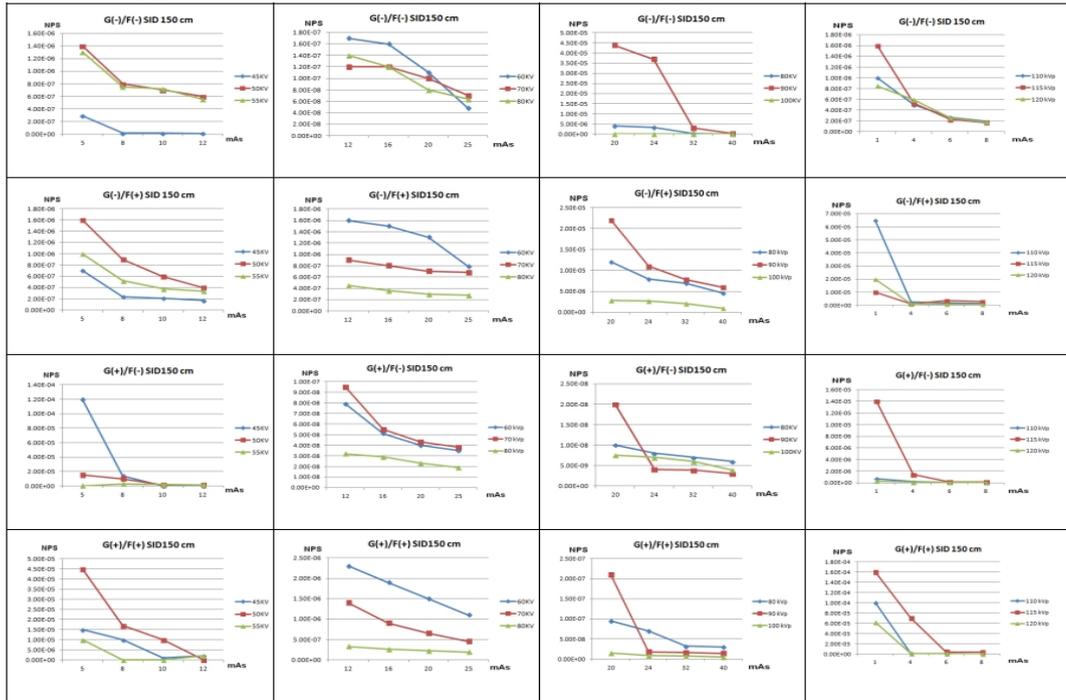


Fig. 3. Result of NPS values in the IEC radiation quality

내었다. 50 kVp/5 mAs 일 때, 1.00E-05 최대값, 12 mAs에서 1.20E-06 최소값을 나타내었다. 55 kVp/5 mAs 일 때, 1.60E-06 최대값, 12 mAs 에서 7.80E-07 최소값을 나타내었다.

G(+)/F(+) 임상 100 cm, 45 kVp/5 mAs 일 때, 2.40E-05 최대값, 12 mAs 에서 1.90E-06 최소값을 나타내었다. 50 kVp/5 mAs 일 때, 8.50E-06 최대값, 12 mAs에서 1.90E-06 최소값을 나타내었다. 55 kVp/5 mAs 일 때, 1.0E-5.6 최대값, 12 mAs 에서 1.00E-07 최소값을 나타내었다.

2) RQA5과 임상 Radiographic Positioning

G(-)/F(-) 임상 100 cm, 60 kVp/12 mAs 일 때, 8.80E- 08 최대값, 25 mAs에서 4.00E-08 최소값을 나타내었다. 70 kVp/12 mAs 일 때, 2.50E-07 최대값, 25 mAs에서 1.50E-07 최소값을 나타내었다. 80 kVp/12 mAs 일 때, 2.90E-07 최대값, 25 mAs에서 1.60E-07 최소값을 나타내었다.

G(-)/F(+) 임상 100 cm, 60 kVp/12 mAs 일 때, 5.00E -07 최대값, 25 mAs에서 3.00E-07 최소값을 나타내었다. 70 kVp/12 mAs 일 때, 4.80E-07, 25 mAs에서 2.80E-07 최소값을 나타내었다. 80 kVp/12 mAs 일 때, 1.80E-07 최대값, 25 mAs에서 6.00E-08 최소값을 나타내었다.

G(+)/F(-)임상 100cm, 60 kVp/12 mAs 일 때, 4.80E-08 최대값, 25 mAs에서 1.20E-08 최소값을 나타내었다. 70 kVp/12 mAs 일 때, 5.00E-08 최대값, 25 mAs에서 3.40E-08 최소값을 나타내었다. 80 kVp/12 mAs 일 때, 5.50E-08 최대값, 25 mAs에서 3.10E-08 최소값을 나타내었다.

G(+)/F(+) 임상 100cm, 60 kVp/12 mAs 일 때, 8.00E- 07 최대값, 25 mAs에서 3.40E-07 최소값을 나타내었다. 70 kVp/12 mAs 일 때, 4.10E-07 최대값, 25 mAs 에서 1.90E-07 최소값을 나타내었다. 80 kVp/12 mAs 일 때, 1.70E-08 최대값, 25 mAs에서 1.10E-08 최소값을 나타내었다.

3) RQA7과 임상 Radiographic Positioning

G(-)F(-)임상 100 cm, 80 kVp/20 mAs 일 때, 5.00E-06 최대값, 40 mAs에서 1.30E-08 최소값을 나타내었다. 90 kVp/20 mAs 일 때, 5.39E-05 최대값, 40 mAs 에서 1.40E-07 최소값을 나타내었다. 100 kVp/20 mAs 일 때, 4.80E-07 최대값, 40 mAs에서 1.20E-07 최소값을 나타내었다.

G(-)F(+) 임상 100 cm, 80 kVp/20 mAs 일 때, 4.50E-08 최대값, 40 mAs에서 1.80E-08 최소값을 나타내었다. 90 kVp/20 mAs 일 때, 7.80E-08 최대값, 40 mAs에서 3.50E-08 최소값을 나타내었다. 100 kVp/20 mAs 일 때, 1.00E-08 최대값, 40 mAs에서 6.00E-09 최소값을 나타내었다.

G(+)F(-) 임상 100 cm, 80 kVp/20 mAs 일 때, 1.90E-08 최대값, 40 mAs에서 1.10E-08 최소값을 나타내었다. 90 kVp/20 mAs 일 때, 9.00E-08 최대값, 40 mAs에서 4.60E-08 최소값을 나타내었다. 100 kVp/20 mAs 일 때, 1.70E-08 최대값, 40 mAs에서 7.50E-09 최소값을 나타내었다.

G(+)F(+)임상 100 cm, 80 kVp/20 mAs 일 때, 5.40E-08 최대값, 40 mAs에서 2.80E-08 최소값을 나타내었다. 90 kVp/20 mAs 일 때, 1.00E-07 최대값, 40 mAs 에서 2.20E-08 최소값을 나타내었다. 100 kVp/20 mAs 일 때, 4.40E-09 최대값, 40 mAs에서 1.20E-09 최소값을 나타내었다.

4) RQA9과 임상 Radiographic Positioning

G(-)F(-) IEC 180 cm, 110 kVp/1 mAs 일 때, 1.10E-06 최대값, 8 mAs에서 3.20E-08 최소값을 나타내었다. 115 kVp/1 mAs 일 때, 2.00E-06 최대값, 8 mAs에서 2.60E-07 최소값을 나타내었다. 120 kVp/1 mAs 일 때, 7.00E-07 최대값, 8 mAs에서 1.00E-07 최소값을 나타내었다.

G(-)F(+) IEC 180 cm, 110 kVp/1 mAs 일 때, 1.70E-04 최대값, 8 mAs에서 2.00E-06 최소값을 나타내었다. 115 kVp/1 mAs 일 때, 1.50E-04 최대값, 8 mAs에서 4.50E-06 최소값을 나타내었다. 120kVp/1 kVp/1 mAs 일 때, 1.00E-04 최대값, 8 mAs에서

1.20E-06 최소값을 나타내었다.

G(+)F(-) IEC 180 cm, 110 kVp/1 mAs 일 때, 9.00E-07 최대값, 8 mAs에서 6.00E-08 최소값을 나타내었다. 115 kVp/1 mAs 일 때, 2.00E-06 최대값, 8 mAs에서 1.40E-08 최소값을 나타내었다. 120 kVp/1 mAs 일 때, 4.50E-07 최대값, 8 mAs에서 4.50E-08 최소값을 나타내었다.

G(+)F(+) IEC 180 cm, 110 kVp/1 mAs 일 때, 1.00E-03 최대값, 8 mAs에서 2.00E-06 최소값을 나타내었다. 115 kVp/1 mAs 일 때, 4.00E-04 최대값, 8 mAs에서 4.10E-06 최소값을 나타내었다. 120 kVp/1 mAs 일 때, 1.00E-03 최대값, 8 mAs에서 6.10E-07 최소값을 나타내었다.

5) RQA3과 IEC Radiographic Positioning

G(-)F(-) IEC 150 cm, 45 kVp/5 mAs 일 때, 2.90E-07 최대값, 12 mAs에서 1.20E-08 최소값을 나타내었다. 50 kVp/5 mAs 일 때, 2.80E-07 최대값, 12 mAs 에서 6.00E-07 최소값을 나타내었다. 55 kVp/5 mAs 일 때, 1.30E-06 최대값, 12 mAs에서 5.50E-07 최소값을 나타내었다.

G(-)F(+) IEC 150cm, 45 kVp/5 mAs 일 때, 7.00E-07 최대값, 12 mAs에서 1.70E-07 최소값을 나타내었다. 50 kVp/5 mAs 일 때, 1.60E-06 최대값, 12 mAs에서 1.00E-08.45 최소값을 나타내었다. 55 kVp/5 mAs 일 때 1.00E-06 최대값, 12 mAs에서 3.20E-07 최소값을 나타내었다.

G(+)F(-) IEC 150 cm, 45 kVp/5 mAs 일 때, 1.20E-04 최대값, 12 mAs에서 1.0E-5.59 최소값을 나타내었다. 50 kVp/5 mAs 일 때, 1.50E-05 최대값, 12 mAs에서 1.00E-06 최소값을 나타내었다. 55 kVp/5 mAs 일 때, 1.0E-5.36 최대값, 12 mAs에서 1.60E-06 최소값을 나타내었다.

G(+)F(+) IEC 150 cm, 45 kVp/5 mAs 일 때, 1.50E-05 최대값, 12 mAs에서 1.0E-06 최소값을 나타내었다. 50 kVp/5 mAs 일 때, 4.50E-05 최대값, 12 mAs에서 1.0E -5.36 최소값을 나타내었다. 55 kVp/5 mAs 일 때, 1.00E -05 최대값, 12 mAs에서 2.20E-06

최소값을 나타내었다.

6) RQA5과 IEC Radiographic Positioning

G(-)F(-) IEC 150 cm, 60 kVp/12 mAs 일 때, 1.70E-07 최대값, 25 mAs에서 4.80E-08 최소값을 나타내었다. 70 kVp/12 mAs 일 때, 1.20E-07 최대값, 25 mAs에서 7.00E-08 최소값을 나타내었다. 80 kVp/ 12 mAs 일 때, 1.40E-07 최대값, 25 mAs에서 6.40E-08 최소값을 나타내었다.

G(-)F(+) IEC 150 cm, 60 kVp/12 mAs 일 때, 1.60E-06 최대값, 25 mAs에서 7.80E-07 최소값을 나타내었다. 70 kVp/12 mAs 일 때, 9.00E-07 최대값, 25 mAs에서 6.80E-07 최소값을 나타내었다. 80 kVp/12 mAs 일 때, 4.50E-07 최대값, 25 mAs에서 2.80E-07 최소값을 나타내었다.

G(+)F(-) IEC 150 cm, 60 kVp/12 mAs 일 때, 7.90E-08 최대값, 25 mAs에서 3.50E-08 최소값을 나타내었다. 70 kVp/12 mAs 일 때, 9.50E-08 최대값, 25 mAs에서 3.50E-08 최소값을 나타내었다. 80 kVp/12 mAs 일 때, 3.20E-08 최대값, 25 mAs에서 1.90E-08 최소값을 나타내었다.

G(+)F(+) IEC 150 cm, 60 kVp/12 mAs 일 때, 2.30E-06 최대값, 25 mAs에서 1.10E-06 최소값을 나타내었다. 70 kVp/ 12 mAs 일 때, 1.40E-06 최대값, 25 mAs에서 4.50E-07 최소값을 나타내었다. 80 kVp/12 mAs 일 때, 3.30E-07 최대값, 25 mAs에서 1.90E-07 최소값을 나타내었다.

7) RQA7과 IEC Radiographic Positioning

G(-)F(-) IEC 150 cm 80 kVp/20 mAs 일 때, 4.00E-06 최대값, 40 mAs에서 1.50E-08 최소값을 나타내었다. 90 kVp/20 mAs 일 때, 4.40E-05 최대값, 40 mAs에서 2.00E-07 최소값을 나타내었다. 100 kVp/20 mAs 일 때, 1.30E-08 최대값, 40 mAs에서 5.60E-08 최소값을 나타내었다.

G(-)F(+) IEC 150 cm, 80 kVp/20 mAs 일 때, 1.20E-05 최대값, 40 mAs에서 4.60E-06 최소값을 나타내었다. 90 kVp/20 mAs 일 때, 2.20E-05 최대값, 40

mAs 에서 6.00E-06 최소값을 나타내었다. 100 kVp/20 mAs 일 때, 2.10E-06 최대값, 40 mAs에서 1.00E-06 최소값을 나타내었다.

G(+)F(-) IEC 150 cm, 80 kVp/20 mAs 일 때, 1.00E-08 최대값, 40 mAs에서 6.00E-09 최소값을 나타내었다. 90 kVp/20 mAs 일 때, 2.00E-08 최대값, 40 mAs 에서 3.00E-09 최소값을 나타내었다. 100 kVp/20 mAs 일 때, 7.50E-09 최대값, 40 mAs 에서 3.90E-09 최소값을 나타내었다.

G(+)F(+) IEC 150 cm, 80 kVp/20 mAs 일 때, 9.50E-08 최대값, 40 mAs에서 3.00E-08 최소값을 나타내었다. 90 kVp/20 mAs 일 때, 2.10E-07 최대값, 40 mAs에서 1.40E-08 최소값을 나타내었다. 100 kVp/20 mAs 일 때, 1.50E-07 최대값, 40 mAs에서 5.50E-09 최소값을 나타내었다.

8) RQA9과 IEC Radiographic Positioning

G(-)F(-) IEC 150 cm, 110 kVp/1 mAs 일 때, 1.00E-06 최대값, 8 mAs에서 2.70E-07 최소값을 나타내었다. 115 kVp/1 mAs 일 때, 1.60E-06 최대값, 8 mAs에서 1.70E-07 최소값을 나타내었다. 120 kVp/1 mAs 일 때, 8.50E-07 최대값, 8 mAs에서 1.80E-07 최소값을 나타내었다.

G(-)F(+) IEC 150 cm, 110 kVp/1 mAs 일 때, 6.50E-05 최대값, 8 mAs 에서 1.80E-06 최소값을 나타내었다. 115 kVp/1 mAs 일 때, 1.00E-05 최대값, 8 mAs에서 2.90E-06 최소값을 나타내었다. 120 kVp/1 mAs 일 때, 2.00E-05 최대값, 8 mAs에서 7.40E-07 최소값을 나타내었다.

G(+)F(-) IEC 150 cm, 110 kVp/1 mAs 일 때, 6.90E-07 최대값, 8 mAs에서 4.00E-08 최소값을 나타내었다. 115 kVp/1 mAs 일 때, 1.40E-05 최대값, 8 mAs에서 1.30E-07 최소값을 나타내었다. 120 kVp/1 mAs 일 때, 3.00E-07 최대값, 8 mAs에서 4.80E-08 최소값을 나타내었다.

G(+)F(+) IEC 150 cm, 110 kVp/1 mAs 일 때, 1.00E-04 최대값, 8 mAs에서 1.30E-07 최소값을 나타내었다. 115 kVp/1 mAs 일 때, 1.60E-04 최대값, 8

mAs에서 $3.20E-06$ 최소값을 나타내었다. 120 kVp/1 mAs 일 때, $6.20E-05$ 최대값, 8 mAs에서 $4.30E-07$ 최소값을 나타내었다.

V. 고찰 및 결론

본 논문의 영상품질 평가결과는 IEC 문서에서 제시하는 영상특성평가방법이 아닌 임상조건을 적용한 방법을 이용하여 영상평가방법을 제시하는데 목적이 있다.

첫째, IEC 표준에서 제시하는 국제규격에 따라 영상의 NPS와 MTF 결과 값을 측정하였으며, 둘째, 방사선 영상의 임상조건을 사용하여 NPS 와 MTF 측정 하였고, 셋째 국제규격과 임상조건의 NPS, MTF 측정값을 비교 분석하였다.

전체 영상 시스템의 성능을 정확한 방법으로 공간주파수의 영역에서 신호에 대한 전달능력과 정량적인 MTF 측정방법을 이용하는 것이 화질 평가를 물리적 평가방법으로 적당하다[13]. NPS는 다양한 공간 주파수에 대한 잡음의 분산을 표현하며, NPS가 낮을수록 잡음이 낮은 것이며 더 좋은 영상임을 뜻한다[14].

논문 실험결과에서 선질(kVp)은 MTF평가에는 별 영향이 없음을 알 수 있었으며, 노이즈는 선량(mAs)이 증가함에 따라 감소함을 알 수 있었다[15].

IEC 표준과 방사선영상의 임상조건에서의 MTF와 NPS는 크게 차이가 나지 않았음을 알 수 있었다. 그러므로 연구 결과를 바탕으로 향후 IEC 표준에서 제시하는 영상품질 평가보다는 임상 조건을 적용한 방사선영상품질 평가방법을 적용하기 위해서 부가필터사용 유·무, 그리드사용 유·무, SID변화, 선질(kVp), 선량(mAs) 등의 파라미터를 적절히 이용하여 가장 적은 선량으로 공간분해능이 좋고, NPS가 감소하는 방법들을 찾는다면 향후 실제 임상에서 사용되고 있는 디지털방사선시스템을 최적의 품질로 유지할 수 있는 참고 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] M. Strotzer, J. Gmeinwieser, M. Spahn, M. Völk, R. Fründ, J. Seitz, V. Spies, J. Alexander, and S. Feuerbach, "Amorphous silicon flat-panel X-ray Detector versus screen-film Radiography Effect of dose reduction on the Detectability of cortical bone defects and Fractures," *Invest in Radiology's Future*, Vol.33, No.1, pp.33-38, 1998.
- [2] 김창수, 고성진, 강세식, "디지털 방사선시스템에서 영상증강 파라미터의 영상특성 평가", 한국콘텐츠학회논문지, 제10권, 제6호, pp.329-335, 2010.
- [3] 이대형, DR Detector 의 Raw Data 분석을 통한 NPS, MTF, DQE 측정과 성능평가연구, 고려대학교 의용과학대학원, 석사논문, pp.15-29, 2008.
- [4] IEC62220-1: Medical Electrical Equipment Characteristics of Digital X-Ray Imaging Devices - Part 1, Determination of the Detective Quantum Efficiency, 2003.
- [5] J. Rowlands and S. Kasap, "Amorphous semiconductors Usher in digital x-ray imaging," *Physics Today*, Vol.50, No.11, pp.24-30, 1997.
- [6] R. A. Street, S. Nelson, L. Antonuk, and V. Perez Mendez, "Amorphous silicon sensor arrays for radiation imaging," *Proceeding Materials Reserch Socitey*, Vol.192, pp.441-452, 1990.
- [7] E. Samei, N. T. Ranger, J. T. Dobbins III, and Y. Chen, "Intercomparison of methods for image quality characterization: I. modulation transfer function," *Medical Physics*, Vol.33, No.5, pp.1454-1465, 2006.
- [8] J. T. Dobbins III, E. Samei, N. T. Ranger, and Y. Chen, "Intercomparison of methods for image quality characterization. II. noise power spectrum," *Medical Physics*, Vol.33, No.5, pp.1466-1475, 2006.

[9] J. T. Dobbins III, D. L. Ergun, L. Rutz, D. A. Hinshaw, H. Blume, and D. C. Clark, "DQE (f) of four generations of computed radiography acquisition devices," *Medical Physics*, Vol.22, No.10, pp.1581-1593, 1995.

[10] 양한준, CMOS 영상센서를 이용한 디지털 엑스선 영상의 특성평가에 관한 연구, 명지대학교 대학원, 박사학위논문, 2008.

[11] IEC 61267 "Medical diagnostic X-ray Equipment Radiation Conditions for use in the Determination of Characteristics," 2005.

[12] Jerold T. Bushberg, *The Essential physics of Medical imaging* 3rd Ed., pp.70-95, LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS, 2012.

[13] 김창복, "CR을 이용한 일반촬영장치의 MTF 측정", 한국방사선기술연구회지, 제28권, 제1호, pp.111-115, 2005

[14] 신동규, *평판 X선 영상 시스템 개발에 관한 연구*, 연세대학교 대학원, 박사학위논문, 2005.

[15] 정희원, 민정환, 김정민, 박민석, 이광용, "CsI(Tl) Indirect Flat Panel Detector의 선질에 따른 물리적 영상 평가", *방사선 기술과학*, Vol.35, No.2, pp.108-116, 2012.

김 창 수(Changsoo Kim)

정희원



- 2003년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학과(공학석사)
- 2006년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학과(공학박사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 방사선학과 부교수

<관심분야> : 영상 평가, U-Healthcare, Computer Aided Detection(CAD)

김 정 훈(Jung-Hoon Kim)

정희원



- 2003년 2월 : 경희대학교 원자력공학과(공학석사)
- 2007년 2월 : 경희대학교 원자력공학과(공학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 방사선학과 부교수

<관심분야> : 방사선량 평가, 문항개발 및 분석

저 자 소 개

안 현(Hyeon An)

정희원



- 2012년 2월 : 부산가톨릭대학교 대학원 방사선학과(이학석사)
- 2013년 3월 ~ 2015년 2월 : 부산가톨릭대학교 대학원 방사선학과 박사 수료
- 2002년 3월 ~ 현재 : 인제대학교 부산백병원 영상의학과

교 부산백병원 영상의학과

<관심분야> : 초음파 의료영상, 의료영상평가