http://dx.doi.org/10.14400/JDC.2015.13.10.377

최대 신호 대 잡음비를 이용한 방사선 방어용 앞치마의 융복합 성능평가

김대호*, 김상현**
한양대학교병원 영상의학과*, 을지대학교 방사선학과*, 서울대학교병원 영상의학과**, 을지대학교 방사선학과**

Convergence Performance Evaluation of Radiation Protection for Apron using the PSNR

Dae-Ho Kim*, Sang-Hyun Kim**
Dept. of Radiology, Han-Yang University Hospital*
Dept. of Radiological Science, Eulji University*
Dept. of Radiology, Seoul National University Hospital**
Dept. of Radiological Science, Eulji University**

요 약 본 연구는 방사선을 이용한 검사 시 방사선 방어용 앞치마(apron)의 성능이 좋지 못할 경우 방사선 작업종사자의 피폭이 상대적으로 높아질 수밖에 없음에 따라 영상평가 프로그램인 Image J의 최대 신호 대 잡음비 값을 측정하여 융복합 방어 성능평가와, 우수한 성능의 apron을 구비 할 수 있는 기초자료를 도출하고, 선량계 없이도 성능 평가 방법의 접근을 용이하게 하여 주기적이고 철저한 apron관리의 용이성을 확보하고자 하였다. 각각 32벌의 apron 9군데의 최대 신호 대 잡음비 값을 비교한 결과 상태가 양호한 apron의 경우 27 dB이상으로 나타났고 상태가 불량한 apron의 경우 24 dB미만으로 측정되어 각각의 성능이 뚜렷하게 구별 되는 것이 확인되었다. 통계분석결과 정규성 분포를 보여 t-test를 실시한 결과 $p<0.001$로 두 결과 값은 통계적으로 유의하였다. 이에 따라 방사선 작업종사자의 방사선피폭을 최대한 줄이기 위해 선량계 없이 최대 신호 대 잡음비 값 측정만으로 apron의 성능 평가가 용이하여 방사선 작업종사자 및 환자의 불필요한 피폭 관리가 용이하게 되었다.

주제어 : 최대 신호 대 잡음비 , 영상평가 프로그램, 방어용 앞치마, 융복합 방어성능, 방사선피폭

Abstract This study evaluates the convergence radiation protection performance by measuring the PSNR(peak signal -to-noise ratio) values of the image J in the image evaluation program based on increased relative to this exposure of radiation workers.The aim of this study was to evaluate radiation protection performance of apron for design of it's basic information. Method was used to PSNR of Image J program and good condition apron was more than 27dB, the PSNR value of poor condition apron appeared to be less than 24dB. The result is the normality were satisfied distribution and T-test values were statistically significant with $p<0.001$. Results of evaluation of the performance protective apron through the more easily accessible experimental conditions and methods in the clinical was confirmed distinctly different. in order to reduce the radiation exposure we need to evaluate convergence protection performance and to be having a good performance apron.

Key Words : PSNR, Image J, Apron, Convergence Protection Performance, Radiation Exposure

Received 15 July 2015, Revised 18 September 2015
Accepted 20 October 2015
Corresponding Author:Sang-Hyun Kim
(Dept. of Radiological Science, Eulji University)
Email: snuhkim1@naver.com

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

X-선을 발견한 후 방사선이 인체에 해롭다는 사실이 명백해지기 시작하였다[1]. 이후 의료기술의 발달과 함께 방사선의 사용이 세계적으로 큰 관심이 되는 만큼, 방사선량에 대한 연구 및 관련 규격의 변화가 이루어지고 있다[2]. 더불어 국민의 건강에 대한 관심이 높아지면서 방사선 장비의 사용이 증가함에 따라 방사선 작업종사자의 방사선 노출 시간과 피폭 확률 또한 증가하고 있다[3].

현재 의료기관에서 사용되는 X, γ 두 종류의 방사선 중, X선은 주로 일반촬영실에서 저에너지를 사용하고 있다[4,5]. 그 중에서 피폭되는 방사선은 주로 X선관의 콜리메이터를 통해 나오는 일차선이나 X선관의 누출선량과 피검체와 검사대 등 주변기기에서 방출되는 산란선으로 구분할 수 있다[6].

이러한 방사선이 인체에 직접 노출될 경우 낮은 에너지 성분의 X선들은 인체를 투과하지 못해 피폭선량을 증가시키는 역할을 한다[7]. 특히나 방사선 작업종사자의 경우 급성 방사선에 의한 영향 보다는 지속적인 저선량 방사선 피폭에 의한 신체적 장해로부터 보호 되어야한다. 그러나 최근 환자 피폭선량 경감에 대한 관심이 고조되는 것에 비해 방사선 작업종사자의 피폭에 대한 관심은 아직까지도 미흡한 실정이다[8].

방사선의 피폭을 방지하는 방법으로는 원자번호가 높은 납을 이용하는 것이 차폐효과가 가장 우수한 것으로 알려져 있다[9]. 그러나 방사선 검사 시에 직접 또는 2차 방사선의 노출로부터 방어하기 위하여 사용되고 있는 apron은 보건복지부 장관의 고시 또는 산업표준화 법에 의한 한국산업규격(K S)의 것에 적합한 제품을 갖추어야한다고만 규정하고 있을 뿐 방어 성능에 대한 구체적이고 정기적인 검사 및 관리가 이루어지지 않고 있는 것이 현실이다[10,11,12,13].

apron은 방사선을 직, 간접 피폭으로부터 보호하는 것이기에 착용함에 있어서 방사선으로부터 차폐능력을 확인해야 하고[14] 방어 성능이 좋지 못할 경우 방사선 관계종사자의 피폭이 상대적으로 높아질 수밖에 없으므로 피폭선량을 줄이기 위해 철저한 관리대책과 우수한 성능의 apron 구비가 필요하다[15].

이에 본 연구의 목적은 apron의 PSNR값을 측정하여 방어 성능을 평가하고, 우수한 성능의 apron을 구비 할 수 있도록 기초자료를 도출해내고, 선량계 없이도 성능평가 방법의 접근을 보다 용이하게 하여 주기적이고 철저한 apron 관리의 용이성을 확보하고자 한다.

2. 연구재료 및 방법

2.1 연구재료

본 연구에서 이용한 X선 발생장치는 Philips사의 Digital Diagnost VR (IR-1100-150) [Fig. 1], <Table1> 이며 성능 객관성을 위해 진단용 방사선 발생장치의 안전관리에 관한 규칙에 의한 성능 검사 후 적합판정을 받은 장치를 기준으로 실험하였다[16].

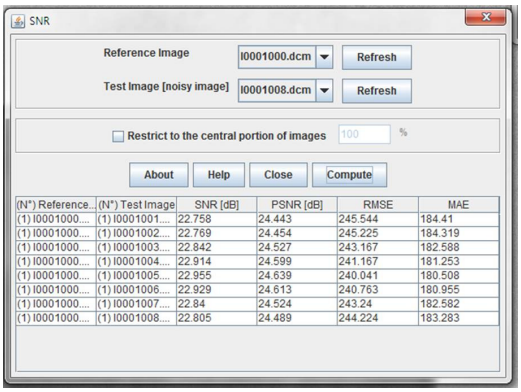
[Fig. 1] Photo of the Digital Diagnost VR X-ray system

〈Table 1〉 Specification of Philips Digital Diagnost VR

Classification	Unit	Value
Pixel pitch	μm	143
Total array	Pixels (mm)	3,121x3,121 (446x446)
Image readout time	Ms	1,270
X-ray generator voltage range	kVp	40~150
X-ray system dose	mR	0.15~3
X-ray maximum linear dose	mR	3.5
MTF at 1 lp/mm	%	52
DQE at 1 lp/mm	%	35
A/D conversion dynamic range	bits	14
Focal Spots	mm	0.6/1.2
Anode angle	degree	13
Normal Voltage	kV	150
Permanent filter(mmAl)	mm	2.5

2.1.1 Program

본 실험에서 PSNR을 이용하여 영상을 정량적으로 평가하기위하여, NIH(National Institutes of Health)사에서 개발한 Image J 프로그램을 사용하였다. Image J 프로그램은 수많은 연구자들이 digital image 분석하거나 이미지의 통계처리가 필요할 때 사용되는 프로그램이다[17],[Fig. 2].



[Fig. 2] Measurement process of the PSNR

PSNR은 서로 다른 두 영상에 대한 차이를 정량적으로 느끼고 알 수 있도록 숫자로 나타낸 값이며, 이는 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$PSNR(dB) = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{MAX_I^2}{MSE}\right) = 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}}\right)$$

MAX_I는 해당 영상의 최댓값을 말하며, MSE란 Mean Squared Error의 약자로 오차 제곱의 평균을 말한다. MSE는 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$MSE = \frac{1}{mn}\sum_{i=0}^{m-1}\sum_{i=0}^{n-1}[I(i,j) - K(i,j)]^2$$

I(i,j) : 좌표(i,j)의 비교영상 픽셀값
K(i,j) : 좌표(i,j)의 원래영상 픽셀값

MSE는 두 영상을 읽어 서로의 차이를 누적시킨 후 영상의 크기만큼 나눈 값의 합으로 계산한다. MSE값이 작을수록 좋은 영상이라고 할 수 있다[19].

이상적으로 두 영상의 차이가 없다면 MSE값이 0이 되어 PSNR값은 무한대가 된다. PSNR은 일반적으로 11 dB이상이 되면 상당히 유사한 영상으로 보기는 하지만 사실상 30 dB을 기준으로 그 이상의 수치는 상대적으로 차이가 없는 것을 의미 한다[20].

작성된 자료의 통계적 분석은 SPSS(Statistical Package for the Social Science, ver18.0, Chicago, USA)를 이용하여 분석하였다.

2.1.2 Apron

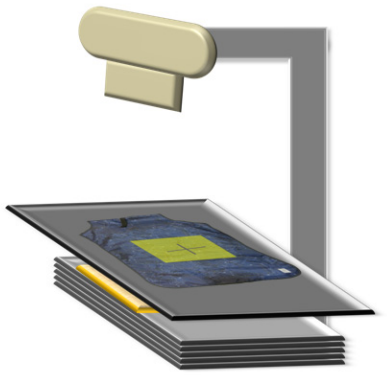
본 연구에 사용된 apron은 KS 규격과 전자의료기기 준규격에 적합한 제품 중 임상에 실제 판매되고 있는 0.5 mm 두께를 가진 Pb성분으로 구성된 INFAB사의 apron으로 상태가 양호한 제품 7벌과 상태가 불량한 제품 25벌을 가지고 사용하였다.

상태가 양호한 apron의 경우는 신규 제품으로 선정하고 상태가 불량한 apron의 경우는 구입한지 5년이 초과되고 투시영상에서 크랙이 3군데 이상 발견된 제품으로 선정하였다.

2.2 연구방법

2.2.1 PSNR을 이용한 apron의 성능측정방법

본 연구에서 조사조건 (kVp, mAs)은 자동 노출 제어장치 (Autonomic Exposer Control, AEC)를 사용하여 3회 시험 촬영 후 관전압 70 kVp에 12.5 mAs로 고정시켜 실험하였다. 본 연구에서 apron을 놓고 측정하는 방법을 나타낸 그림이다[Fig. 3].



[Fig. 3] Schematic diagram for the system geometry

선원과 검출기간의 거리 (Source-to-Detector Distance, SDD)는 110cm로 하고 조사야는 10 × 10 inch 상태로 고정하여 검사 테이블 위에 apron을 놓고 9등분하여 측정하였다[Fig. 4].

[Fig. 4] Photo of the apron for evaluation of the protection performance. Evaluation areas were divided with the nine sectors: upper left, upper, upper right, left, center, right, lower left, lower, and lower right.

촬영된 모든 영상은 Image processing 없는 row data를 획득하여 DICOM(digital imaging and communication in medicine) 형식으로 추출하였다. 획득한 영상은 시스템 에러를 최소화하기 위해 게인 보정 (gain correction)과 오프셋 보정 (offset correction)을 시행하였다.

본 연구에서 영상의 품질평가는 객관적이고 정량적인 방법으로 측정할 수 있고 신호처리분야에서 공학적 Tool로 사용되고 있는 최대 신호 대 잡음비 (Peak Signal-to-Noise Ratio, PSNR)를 이용하여 평가하였다[18].

2.2.2 AEC를 이용한 Apron의 성능측정방법

선원과 검출기간의 거리 (Source-to-Detector Distance, SDD)는 110cm로 하고 조사야는 14 × 14 inch 상태로 고정하여 검사 테이블 위에 apron을 놓고 자동 노출 제어장치 (Autonomic Exposer Control, AEC)를 이용하여 mAs값을 측정하였다.

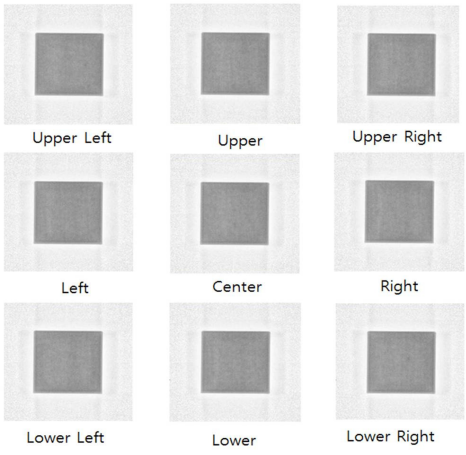
2.3 통계방법

모든 통계적 수치의 분석은 SPSS Win 18.0 통계프로그램을 사용하여 실험결과를 실증 분석하였는데 분석기법은 정규분포를 따르는지를 알아보기 위하여 모든 변수에 대해 Kolmogorov - Smirnov 검정을 실시하였다. 그 결과 정규분포를 이루어 T-student (t-test)를 통하여 검증하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 상태가 양호한 apron 그룹

상태가 양호한 apron의 PSNR값을 측정하기 위하여 DICOM 형식으로 추출하여 영상을 획득하였다[Fig. 4]. 상태가 양호한 apron 7벌로 영상을 획득한 후 Image J프로그램을 사용하여 PSNR값을 구한 결과 모든 위치에서 27 dB 이상으로 나타났다<Table 2>. 이 중 Upper부분은 PSNR값이 27.27 dB로 가장 낮게 측정되었고 Lower부분은 27.31 dB로 가장 높게 측정되었다. 그리고 AEC를 이용하여 상태가 양호한 apron의 mAs값을 측정한 결과 23 ± 0.1 mAs로 측정 되었다.



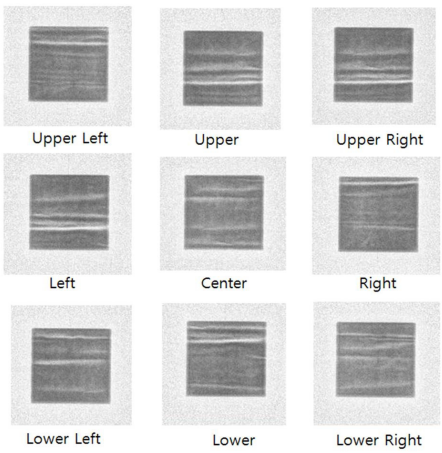
[Fig. 5] Acquired DICOM image using good condition apron

〈Table 2〉 Measured MSE and PSNR results of good condition apron

Position	N	MSE	PSNR (SD)
Upper Left	7	183.33	27.3 (0.3)
Upper	7	186.19	27.3 (0.2)
Upper Right	7	186.4	27.3 (0.2)
Right	7	185.23	27.4 (0.1)
Lower Right	7	185.93	27.4 (0.2)
Lower	7	185.28	27.4 (0.2)
Lower Left	7	186.05	27.3 (0.2)
Left	7	187.31	27.5 (0.2)

3.2 상태가 불량한 apron 그룹

상태가 불량한 apron의 PSNR값을 측정하기 위하여 DICOM 형식으로 추출하여 영상을 획득하였다[Fig. 6]. 상태가 불량한 apron 25벌로 영상을 획득한 후 Image J 프로그램을 사용하여 PSNR값을 구한 결과 모든 위치에서 24 dB 미만으로 측정되었다<Table 3>. 이 중 Right 부분은 PSNR값이 21.93 dB로 가장 낮게 측정되었고 Upper left부분은 PSNR값이 23.57 dB로 가장 높게 측정되었다. 또한 8곳의 모든 부분에서 양호한 apron에 비해 불량한 apron의 편차가 크게 측정되었다. 그리고 AEC를 이용하여 상태가 불량한 apron의 mAs값을 측정한 결과 21 ± 1.2 mAs로 측정 되었다.



[Fig. 6] Acquired DICOM image using poor condition apron

〈Table 3〉 Measured MSE and PSNR results of poor condition apron

Position	N	MSE (SD)	PSNR (SD)
Upper Left	25	292.84	24.2 (1.2)
Upper	25	303.05	23.9 (1.3)
Upper Right	25	295.28	24.0 (1.5)
Right	25	353.88	24.0 (1.3)
Lower Right	25	340.44	23.9 (1.5)
Lower	25	340.98	24.5 (1.0)
Lower Left	25	338.81	24.0 (1.4)
Left	25	293.82	24.2 (1.3)

실험결과를 SPSS Win 18.0 통계프로그램을 이용하여 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시한 결과 P value > 0.05로 정규성 분포를 만족하여 모수적 검사 T-student (t-test)를 실시하였다. T-student (t-test)결과 P value < 0.001 로 두 그룹의 결과값은 통계적으로 유의하였다. <Table 4, 5>.

〈Table 4〉 Result of Kolmogorov-Smirnov test

Position	Z value	P value
Upper Left	0.716	>0.05
Upper	0.914	>0.05
Upper Right	0.628	>0.05
Right	0.813	>0.05
Lower Right	0.711	>0.05
Lower	0.831	>0.05
Lower Left	0.633	>0.05
Left	0.728	>0.05

〈Table 5〉 Result of T-student (t-test)

Position	N	Mean(SD)	Z value	P value
Upper Left	7	27.3(0.3)	10.529	<0.001
	25	24.2(1.2)		
Upper	7	27.3(0.2)	12.216	<0.001
	25	23.9(1.3)		
Upper Right	7	27.3(0.2)	10.283	<0.001
	25	24.0(1.5)		
Right	7	27.4(0.1)	11.624	<0.001
	25	24.0(1.3)		
Lower Right	7	27.4(0.2)	10.373	<0.001
	25	23.9(1.5)		
Lower	7	27.4(0.2)	13.516	<0.001
	25	24.5(1.0)		
Lower Left	7	27.3(0.2)	10.566	<0.001
	25	24.0(1.4)		
Left	7	27.5(0.2)	11.342	<0.001
	25	24.2(1.3)		

3.3 고찰

방사선 작업종사자의 방사선피폭을 최대한 줄이기 위해 KS 규격에서 규정하는 X선 방어용 품류의 납당량 시험 방법의 선량계를 이용한 X선의 직접조사를 통해 apron의 방어 성능을 평가 할 수 있다. 하지만 선량계가 없는 중소병원에서는 apron의 정확한 성능을 평가하기가 제한적이다. 따라서 본 연구에서는 선량계를 사용하지 않는 범위 내에서 PSNR값을 사용하여 상태가 양호한 apron과 상태가 불량한 apron의 성능을 정량적으로 평가하였다. 결과적으로 상태가 양호한 apron의 결과 값이 상태가 불량한 apron보다 높은 PSNR결과 값을 얻을 수 있었다. 그리고 양호한 apron의 경우 AEC를 이용하여 mAs값을 측정한 결과 적정한 농도를 나타내기 위해 불량한 apron보다 더 많은 선량이 필요하였고 이는 차폐율이 불량한 apron보다 우수하다는 것을 의미하였다. 본 연구는 상태가 양호한 apron을 대상으로 실험함에 따라 상태가 불량한 apron이 갖고 있는 성능의 비교평가가 가능하였다. 또한 정량적인 분석을 이용한 위치별 균일도를 PSNR 값을 비교하여 수행하여 신뢰도가 높은 결과를 도출하였다.

실험결과에서 상태가 양호한 apron보다 상태가 불량한 apron에서 위치에 따라 PSNR값의 차이가 상대적으로 크게 나타났는데, 이는 apron은 오랜 기간 사용과 관리가 소홀한 경우에 노화 (aging), 손상 (damage), 약화 (embrittlement), 그리고 균열 (crack) 등이 발생하여 영상에 차이가 난 것으로 사료된다. 방사선 방어용 앞치마의 사용빈도가 많을수록 함연시트 부분의 균열과 납 성분의 분산이 쉽게 생겨 꺾이거나 접혀 보관 및 관리는 매우 중요한 사항이다[21].

Apron은 산란 방사선의 유해한 영향으로부터 사용자를 보호 할 목적으로 제작되어 방사선 위험이 존재하는 한 항상 착용하여야 하며 모든 방사선 방어용 의료가 적절하게 맞는지를 확인하는 것은 착용자의 책임이다[22]. 미량의 방사선 피폭이라도 장기적으로 여러 번 노출되면 유전적인 영향이나 백혈병 등의 발생확률이 높아지므로 장기간 방사선을 취급하는 방사선 관계 종사자는 방사선 피폭의 최저준위가 되는 작업환경에서 업무를 수행하고 국제 방사선방호위원회(ICRP)에서 권장하는 방사선 관계 종사자의 허용선량을 초과 하지 않도록 해야 할 것이다[23].

향후에는 apron의 성능 평가를 제조사별, 납당량별, 납성분과 무납성분별, 조사조건별, 그리고 PSNR 이외에 다양한 영상평가 항목을 적용하여 연구한다면 조금 더 의미 있는 결과를 도출할 수 있을 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 선량계를 사용하지 않는 범위 내에서 PSNR을 사용하여 apron의 성능을 정량적으로 평가하였는데 상태가 양호한 apron으로 영상을 획득한 후 Image J으로 PSNR값을 구한 결과 모든 위치에서 27 dB 이상으로 나타났고 상태가 불량한 apron으로 PSNR값을 구한 결과 모든 위치에서 24 dB 미만으로 측정되었다. 두 그룹에서의 성능이 오랜 기간 사용과 관리소홀로 인해 성능이 떨어져 차이를 보인 것으로 보인다.

위 결과를 종합해 보면 선량계 없이도 Image J의 PSNR값을 이용한 방법을 통하여 apron의 방어 성능을 평가할 수 있다면 성능을 보다 쉽게 주기적이고 철저하게 평가 할 수 있고 관리적인 면에서 더욱 용이 할 것이라 사료된다.

REFERENCES

[1] B. H. Cho, Radiation protection, Journal of the korean dental association, Vol. 35, No. 11, pp. 852-856, 1997.

[2] B. H. Han, H. L. Jung, C. H. Lim, Evaluation of the Reproducibility of Radiation Output from Diagnostic X-ray Equipment(Standards Based on IEC 60601-2-54), Journal of Digital Convergence, Vol 12, No. 2, pp. 555-561, 2014.

[3] Y. H. Kim, J. H. Choi, S. S. Kim, Study on Patient exposure dose in the Diagnostic radiology, Radiation Technology Science, Vol. 28, No. 3, pp. 241-248, 2005.

[4] M. H. Park, D. M. Kwon, Measurement of Apron Shielding Rate for X-ray and Gammaray, Korean Society of Radiological Science, Vol. 30, No. 3, pp. 245-250, 2007.

[5] Andrew J Reilly, Report 78 Spectrum Processor, IPEM, 1997.

[6] T. J. Choi, Y. K. Oh, J. H. Kim, Development of Lead Free Shielding Material for Diagnostic Radiation Beams, Medical physics, Vol. 18 No. 2, 2010.

[7] S. H. Kim, Study on Evalution of Usefulness of Nikel Additional Filter in the Medical Digital X-ray Equipment 2015.

[8] B. S. Lim, Study on exposure dose for the Radiologist, Radiation Technology Science, Vol. 29, No. 3, pp. 185-195, 2006.

[9] The theory and practice of Radiation, Korea Radioisotope Association, pp. 72-79, 2008.

[10] J. L. Yoo, J. W. Koo, Musculoskeletal Symptoms and Related Factors for Nurses and Radiological Technologists Wearing a Lead Apron for Radiation Protection, Korean J Occup Environ Med, Vol. 16, No. 2, pp. 166-177, 2004.

[11] J. P. McCaffrey, H. Shen, B. Downton, Radiation attenuation by lead and nonlead materials used inradiation shielding garments, Medical Physics, Vol. 34, No. 2, pp. 530-537, 2007.

[12] Electrical medical devices standard, Korea Food & Drug Administration, No. 83, 2007.

[13] Protective devices against diagnostic medical X-radiation - Part 3: Protective clothing and protective devices for gonads, Korean Industrial Standards, KS C IEC61331-3, 2013.

[14] Y. K. Kim, Y. I. Jang, J. M. Kim, Light weight and improving protection for Radiation protective apron, Radiation Technology Science, No. 26, pp. 45-50, 2003.

[15] Y. H. Seoung, S. S. Kim, Structural Relationship for Recognition of Radiation Risks on Management and Benefits of the University Students, Journal of Digital Convergence, Vol 12, No. 2, pp. 431-437, 2014.

[16] The rules of diagnosis radiation equipment safety management, Ministry of Health and Welfare No. 291, 2015.

[17] H. M. Jung, D. Y. Won, J. E. Jung, Quantitative Analysis Methods for Adapting Image J programs on Mouse Calvarial defected Model, Journal of Digital Convergence,Vol 11, No. 9, pp. 365-370, 2013.

[18] K. S. Kang : PSNR Appraisal of PACS Image : Nambu university 2011.

[19] J.W. Min, J.M. Kim, H.W. Jeong, Research About Filter Association and Clinical Effect Noise Reduction of Digital Medical Imaging System, Journal of radiological science and technology, Vol. 30, No. 4, pp. 329-334, 2007.

[20] H. K. Jung, Fundamentals of multimedia chapter 8, Lossy compression Algorithms, Hallym University, 2008.

[21] H. J. Yang, Y. S. Jun, K. C. Lee, Performance Evaluation of Protection for Apron, Journal of radiological science and technoligy, Vol. 16, No 2, 1993.

[22] Standard criteria development research for Apron, National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, 2009.

[23] H. H. Lee, Awareness on radiation exposure management in the medical facilities, 1991.

김 대 호(Kim, Dae Ho)

- 2015년 3월 ~ 현재 : 을지대학교 대학원 방사선학과 (석사과정)
- 2011년 1월 ~ 현재 : 한양대학교병원 영상의학과
- 관심분야 : 방사선학, 의료영상
- E-Mail : luck77777@hanmail.net

김 상 현(Kim, Sang Hyun)

- 2009년 2월 : 경기대학교 대체의학대학원 식품치료전공(대체의학석사)
- 2015년 2월 : 을지대학교 대학원 방사선학과 (보건학 박사)
- 2001년 4월 ~ 현재 : 서울대병원 영상의학과
- 관심분야 : 방사선학, 보건정책
- E-Mail : snuhkim1@naver.com