

인터벤션에서 자동노출제어장치 이용 시 내장형 면적 선량계와 이동형 면적 선량계의 면적선량 비교를 통한 선량계 오차분석과 교정지침 필요성 연구

Analysis of Dosimeter Error and Need for Calibration Guideline
by Comparing the Dose Area of the Built-in Dose Area Product and the Moving Dose Area Product when using Automatic Exposure Controller in Intervention

최지안*, 황준호**, 이경배*

경희대학교병원 영상의학과*, 경희대학교병원 영상의학과/고려대학교 의용과학대학원 의학물리과**

Ji-An Choi(chlwldks33@naver.com)*, Jun-Ho Hwang(kleenex0004@naver.com)**,
Kyung-Bae Lee(yilly7@hanmail.net)*

요약

본 연구는 인터벤션 장비의 자동노출제어장치(Automatic Exposure Controller, AEC) 이용 시 내장형 면적 선량계와 교정된 이동형 면적 선량계의 오차를 분석하여 선량계 교정의 중요성과 교정지침의 필요성을 알아보려고 하였다. 실험방법은 NEMA 팬텀의 매뉴얼에 따라 팬텀을 Thin, Normal, Heavy Adult로 조립하고 내장형 면적 선량계와 이동형 면적 선량계로 면적선량을 측정하였다. 그 결과 모든 두께에서 내장형 면적 선량계가 이동형 면적 선량계보다 나타내는 선량 값이 높았고 두께가 두꺼울수록 그 차이가 커졌다. 또한 각 항목에 대하여 paired t-test를 시행하였고, 그 결과 각 항목은 $p < 0.05$ 로 유의한 차이가 있었다. 결론적으로 피폭에 많이 노출되는 인터벤션 시술을 고려해 볼 때, 장비의 자동노출제어장치 사용 시 정확한 선량 파악 여부가 중요하고 현재 내장된 면적 선량계에 대한 교정지침이 없으므로 교정지침을 마련하는 것이 필요하다.

■ 중심어 : | 인터벤션 | 네마 팬텀 | 자동노출제어장치(Automatic Exposure Controller, AEC) | 면적선량(Dose Area Product, DAP) |

Abstract

The purpose of this study was to analyze the errors of the built-in dose area product and the calibrated moving dose area product when using automatic exposure controller of the interventional equipment. And then, the importance of the dosimeter calibration and the necessity of the calibration guideline were investigated. The experimental method was to assemble the phantom into Thin, Normal, and Heavy Adult according to the NEMA Phantom manual and to measure the dose area with the built-in dose area product and the moving dose area product. As a result, in all thicknesses, the built-in dose area product showed higher doses than the moving dose area product, and the thicker the thickness, the larger the difference. In addition, paired t-test was performed for each item and there was a significant difference in each item between $p < 0.05$. In conclusion, considering the intervention which is highly exposed to the radiation exposure, it is that we have to know the accurate dose when using the AEC of the equipment. And there is no calibration guide for the built-in dose area meter, thus calibration guidelines should be prepared.

■ keyword : | Intervention | NEMA Phantom | Automatic Exposure Controller (AEC) | Dose Area Product (DAP) |

1. 서론

전 세계적으로 의료용 방사선의 올바른 사용을 위해 세계보건기구, 국제 원자력기구 등 여러 기관이 가이드 라인을 제시하고 이를 지키도록 권고하고 있다[1-3]. 그 중 국제 방사선 방호위원회(International Commission on Radiological Protection, ICRP)는 방사선과 관련된 다양한 권고안을 발표하여 방사선 방호에 힘쓰고 있다[4-6].

ICRP Publication 85에서는 인터벤션과 관련된 내용을 집중적으로 다루며 중재적 시술 시 발생할 수 있는 위해 예방의 중요성과 권고사항을 제시하였다[7]. ICRP에서 인터벤션에 대해 권고사항을 제시하는 이유는 방사선을 이용하는 여러가지 의료장비들 중에서 인터벤션은 비교적 낮은 조건으로 실시간으로 영상을 확인하면서 검사가 진행되어 장시간 피폭이 발생하기 때문이다[8][9]. 또한 인터벤션은 방사선 방호의 관점에서 확률적 영향을 최소화하는데 초점을 둔다고 권고를 하면서 그 중요성을 언급하고 있다[5][6]. 확률적 영향으로 인하여 다른 영상의학검사에 비해 낮은 선량임에도 불구하고 병이 발생할 가능성이 있다는 것이다. 이러한 점을 고려해 볼 때, 인터벤션은 다른 의료장비보다 피폭에 더 신경 써야 한다는 것을 알 수 있다[7][10].

방사선량은 크게 방사선 기본량과 방사선 방호량으로 나뉘는데, 방사선 기본량에는 커마(Kinetic Energy Released in Matter, KERMA)와 흡수선량 등이 있고, 방사선 방호량에는 등가선량과 유효선량 등이 있다[11]. 커마는 단위 질량 당 방출된 운동에너지로 정의되는데 환자의 조직에서 전리 또는 여기를 고려하지 않은 모든 2차 전자의 초기에너지 값을 의미하기 때문에 후방 산란인자의 영향이 없어 인터벤션 선량 평가에는 적합하지 않다[11][12]. 흡수선량은 매질의 한 점에서 단위 질량 당 부여된 에너지의 양으로서 매우 작은 체적에 대해서 정의되며 흡수선량 평가 시 후방 산란 인자는 흡수선량에 30 ~ 40% 정도의 영향을 미친다[11][12]. 흡수선량의 정의를 고려해 볼 때 인터벤션은 검사 특성상 신체 전체를 대상으로 하기 때문에 흡수선량은 인터벤션 선량 평가에 적합하지 않다[13]. 즉, 방

사선 방호의 관점에서 볼 때 인터벤션은 커마와 흡수선량보다는 면적선량(Dose Area Product, DAP)을 이용하는 것이 바람직하다[11][13][14]. 면적선량은 초점으로부터 시작하여 동일한 거리에서 측정된 공기 중 흡수선량과 조사면적의 곱으로 정의되고 이 값은 엑스선 선원과 환자 사이 빔 축 상의 모든 위치에서 정의되기 때문이다[12].

나아가 방사선을 이용하는 경우에는 선량한도가 도입되면서 피폭에 대한 관리의 필요성이 부각되었다. 의료피폭의 경우에는 선량한도의 적용을 받지는 않지만 ICRP에서는 진단참조준위(Diagnostic Reference Level, DRL) 등을 제시하여 무분별한 의료피폭을 방지하기 위해 노력하고 있다[6]. 이러한 노력의 일환으로 피폭선량을 실시간으로 파악하고 확률적 영향을 예측하기 위하여 면적 선량계가 장착되어 피폭선량을 표시하는 것이 바람직하다[15]. 국제전기기술위원회(International Electrotechnical Commission, IEC)에서는 IEC 60601-1-3을 발간하여 진단용 엑스선 발생장치는 방사선량을 표시해야 한다고 규정하며[16], IEC 60601-2-54에서는 선량의 표시방법은 계측기를 부착하거나 계산하여 표시하여야 한다고 규정하였다[17]. 우리나라는 이러한 규격을 식품의약품안전처 고시 2015-115호로 발행하여, 진단용 엑스선 촬영 장치는 2015년 6월 1일부터, 진단용 엑스선 투시 촬영 장치는 2016년 6월 1일부터 법적효력이 발생하여 이때부터 제작되는 모든 엑스선 장비는 반드시 선량을 표시하게 되었다[18]. 이와 같이 피폭관리를 위하여 모든 엑스선 발생장치에 면적 선량계를 설치하는 것을 미루어 볼 때 국내에서도 방사선량을 관리하는 것은 중요하게 여겨진다[19].

선량표시를 하는 이유는 원하는 화질의 영상을 얻는데 과한 피폭을 방지하고 적절한 방사선량을 사용하고 자 하는데 목적이 있다[11][14]. 필요한 영상을 얻기 위해서는 피사체 밀도에 따른 적절한 관전압과 관전류 등의 다양한 파라미터의 조합이 필요하다[12]. 인터벤션 또한 X선을 이용하여 검사하는 의료장비로써 검사위치, 검사목적, 자동노출제어장치(Automatic Exposure Controller, AEC)의 사용유무, 감도, 관전압, 관전류 등을

다양하게 변화시켜야하기 때문에 여러 가지 조건을 고려하여 적절한 방사선량으로 영상을 최적화해야한다[20].

모든 엑스선 발생장치가 선량표시를 하게 한 것은 바람직하지만, 선량을 계산하고 표시해주는 인터벤션 장비에 장착된 면적 선량계에 대한 관리 규정이 없는 것은 문제이다[19]. 이것은 방사선 방호의 관점에서 볼 때 선량계가 오랜 기간 교정을 받지 못하여 정확한 선량표시를 하지 못한다면 확률적 영향에 기인하여 문제가 된다. 이러한 문제점을 인지하여 국내에서는 병원들의 인터벤션 장비를 대상으로 하여 장비에 내장된 면적 선량계의 교정여부와 교정 전과 후의 오차 비교에 대한 연구가 있었고[21], 그 외의 연구들은 주로 인터벤션 시술시 피폭선량과 피폭선량 감소 방안에 대한 것들이 대부분이다[13][14][22-24].

이에 착안하여 본 연구는 인터벤션 장비의 자동노출 제어장치 사용 시 내장형 면적 선량계와 교정된 이동형 면적 선량계에 대하여 두께에 따라 오차가 얼마나 발생하는지 알아보고 선량계 교정의 중요성과 교정지침의 필요성을 알아보고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 조사대상 및 실험기기

실험은 2018년 3월 2일부터 31일까지 약 30일에 걸쳐 진행하였다. 방사선 발생장치는 A병원에 2006년에 도입되어 사용 중인 Philips 의 ALLURA XPER FD 20/10 Biplane이고 검출기는 평판형 검출기(Flat Panel Detector, FPD) 형태이다[그림 1].



그림 1. ALLURA XPER FD 20/10 Biplane

내장형 면적 선량계는 인터벤션 장비에 설치되어 있는 것을 이용하였고 이동형 면적 선량계는 KermaX-plus로 2017년 12월에 교정 받은 것을 이용하였다[그림 2].



그림 2. 내장형 면적 선량계와 이동형 면적 선량계

팬텀은 인터벤션 장비의 여러 가지 정도관리에 이용되는 NEMA Standard XR-21 Phantom (National Electric Manufacturers Association, USA)을 사용하였다.

2. 실험방법

2.1 인터벤션 장비에 대한 정도관리

인터벤션 장비에 대한 정도관리 중 하나로써 선량에 대한 영상 화질을 분석하였다. 수동노출로 80 kVp, 20 mAs로 조건을 고정하고 SID는 100 cm, 팬텀표면과 검출기 간의 거리는 50 mm, Field Size는 48 × 48 cm으로 설정하였다. 인터벤션 장비의 우전방사방향(Right Anterior Oblique, RAO), 좌전방사방향(Left Anterior Oblique, LAO), CRA (Cranial), CAU (Caudal)을 0°로 고정하였다. 영상 화질 분석에는 NEMA 팬텀을 사용하였고 공간 분해능과 저 대조도 분해능을 측정하였다. 이와 같은 과정을 30회 반복하였다[그림 3].



그림 3. 분해능 측정을 위한 NEMA 팬텀의 설정

2.2 내장형 면적 선량계와 이동형 면적 선량계의 두께에 따른 선량 차이 비교

관전압을 80 kVp로 고정하고 자동노출제어장치를 이용하여 Thin Adult, Normal Adult, Heavy Adult에 따라 내장형 면적 선량계와 이동형 면적 선량계의 면적 선량을 2.5 cm 두께의 고유번호가 지정된 슬라이스 팬텀을 NEMA 팬텀의 메뉴얼의 지시대로 Thin Adult는 위에서부터 아래방향으로 4-2-1-3 순서로, Normal Adult는 5-5-4-2-1-3-5-6 순서로 Heavy Adult는 7-7-5-5-4-1-2-3-5-6-7-7 순서로 조합하여 실험하였다[그림 4].



(a) Thin adult (b) Normal adult (c) Heavy adult
그림 4. NEMA Phantom의 배열

산출한 데이터의 모든 평균값은 SPSS (Statistical Package for the Social Science, USA) program을 이용하여 paired t-test를 시행하였고 p<0.05로 통계적 유의성을 분석하였다.

III. 결과

1. 인터벤션 장비에 대한 정도관리 여부 확인

장비에 대한 정도관리 확인을 위하여 공간 분해능, 저 대조도 분해능을 평가하였다. 수동노출을 이용했을 때 공간 분해능과 저 대조도 분해능의 평균과 표준편차는 1.71(±0.02) lp/mm, 127.50(±24.2) mg/cc 이었다[표 1][그림 5].

표 1. 공간 분해능과 저 대조도 분해능의 평균과 표준편차

장비	공간 분해능 (lp/mm)	저 대조도 분해능 (mg/cc)
ALLURA XPER FD 20/10 Biplane	1.71(±0.02)	127.50(±24.2)

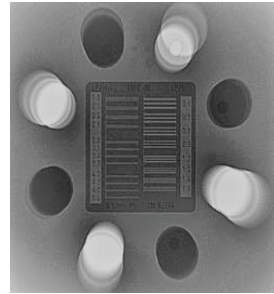


그림 5. 공간 분해능과 저 대조도 분해능 영상평가

2. 내장형 면적 선량계와 이동형 면적 선량계의 선량 오차 비교

관전압을 80 kVp로 고정하고 인터벤션 장비의 두께에 따른 면적선량을 내장형 면적 선량계와 이동형 면적 선량계로 각각 측정하였다. 자동노출제어장치 사용 시 Thin Adult는 4 mAs의 관전류량을 나타냈으며 이때 내장형 면적 선량계와 이동형 면적 선량계의 평균과 표준편차는 각각 477.28(±9.38) mGycm², 380.75(±3.76) mGycm² 였다. Normal Adult는 40 mAs의 관전류량을 나타냈으며 이때 내장형 면적 선량계와 이동형 면적 선량계의 평균과 표준편차는 각각 4160.75(±45.72) mGycm², 2466.39(±18.09) mGycm² 였다. Heavy Adult는 80 mAs의 관전류량을 나타냈으며 이때 내장형 면적 선량계와 이동형 면적 선량계의 평균과 표준편차는 7486.25(±292.21) mGycm², 5418.32(±15.01) mGycm² 였다[표 2].

표 2. 두께에 따른 내장형 면적 선량계와 이동형 면적 선량계의 선량 오차 비교

면적 선량계 형태	환자 두께	면적선량 (mGycm ²)	paired t-test
내장형	Thin Adult	477.28(±9.38)	p<0.05
	Normal Adult	4160.75(±45.72)	
	Heavy Adult	7486.25(±292.21)	
이동형	Thin Adult	380.75(±3.76)	
	Normal Adult	2466.39(±18.09)	
	Heavy Adult	5418.32(±15.01)	

3. 두께에 따른 공간 분해능과 저 대조도 분해능 평가

자동노출제어장치를 이용하여 공간 분해능과 저 대조도 분해능을 평가한 결과 Thin Adult는 공간 분해능과 저 대조도 분해능이 각각 $1.60(\pm 0.01)$ lp/mm, $97.8(\pm 21.8)$ mg/cc, Normal Adult는 $1.70(\pm 0.02)$ lp/mm, $100(\pm 14.4)$ mg/cc, Heavy Adult는 $1.72(\pm 0.02)$ lp/mm, $85(\pm 5.59)$ mg/cc 였다[표 3].

표 3. 공간 분해능과 저 대조도 분해능 측정값

환자 두께	공간 분해능 (lp/mm)	저 대조도 분해능 (mg/cc)	paired t-test
Thin Adult	$1.60(\pm 0.01)$	$97.80(\pm 21.8)$	
Normal Adult	$1.70(\pm 0.02)$	$100.00(\pm 14.4)$	$p < 0.05$
Heavy Adult	$1.72(\pm 0.02)$	$85.00(\pm 5.59)$	

IV. 고찰 및 결론

방사선을 이용하는 경우에는 선량한도가 도입되면서 피폭에 대한 관리의 필요성이 부각되었다. 이에 피폭선량을 실시간으로 확인하고 이를 통하여 확률적 영향을 예측하고 방호하기 위하여 선량표시를 의무화하는 것이 식약처 고시로 2015년에 발행되었다[17-19]. 진단용 엑스선 촬영 장치는 입사표면선량으로, 진단용 엑스선 투시 촬영 장치는 면적선량으로 표시하는 것이 보편적이며 장비에 부착되는 선량계는 면적 선량계를 권고하고 있으나[17][18][25], 국내의 방사선 발생장치에 내장된 면적 선량계들에 대한 교정지침이 없는 실정이다[21]. 따라서 본 연구는 인터벤션 장비에 초점을 두어 내장형 면적 선량계가 교정된 이동형 면적 선량계와 얼마나 차이가 있는지 알아보고 선량계 교정의 중요성과 교정지침의 필요성에 대해 연구하였다.

본 연구는 선량에 관하여 실험하는 것이기 때문에 사전에 실험에 이용할 장비의 정도관리가 올바르게 되어 있는지 확인할 필요가 있었다. 인터벤션 장비 성능평가는 미세혈관의 구조를 명확히 구분하며 장시간 사용으로 인한 환자 선량의 평가를 목적으로 하는데, 이를 위

하여 NEMA 팬텀을 이용하여 공간 분해능과 저 대조도 분해능을 측정해야한다[24]. 본 연구에서도 이러한 단계를 거쳤으며 NEMA 팬텀의 메뉴얼에 따라 수동노출로 정도관리여부를 평가하였다. NEMA 팬텀 사용 시 방사선 발생장치의 공간 분해능 합격기준은 0.8 lp/mm 이상이고 저 대조도 분해능은 최소 200 mg/cc 이며, 이러한 합격기준은 본 연구에 적용된 실험조건들인 평판형 검출기와 필드사이즈가 45 cm 이상일 때에 해당된다[24][26]. 본 연구에서 공간 분해능과 저 대조도 분해능을 평가하였을 때 모두 합격기준에 부합하였다.

자동노출제어장치 사용 시 내장형 면적 선량계와 이동형 면적 선량계의 선량을 비교한 결과 면적 선량 값이 두께에 따라 증가하였다. 이는 자동노출제어장치의 원리 때문인데 두께가 두꺼울수록 검출기에 광자가 도달하기 위해서는 더 많은 관전류량이 필요하다. 관전류량이 높아지므로 선량도 두께가 두꺼워질수록 증가되는 것이다[8][12][14][27]. 내장형 면적 선량계와 이동형 면적 선량계의 측정값 차이가 Thin Adult는 90 mGy_{cm²}, Normal Adult는 1700 mGy_{cm²}, Heavy Adult는 2000 mGy_{cm²}으로 오차가 있었다. 이는 Thin Adult에서의 오차가 두께가 더 두꺼운 Heavy Adult로 갈수록 관전류량이 더 증가되어 오차 값이 더 커졌기 때문이며 면적 선량계가 전하량이 많아질수록 전자를 포집하고 카운팅하는 것에 문제가 있는 것이다[27].

자동노출제어장치 사용 시 두께별 화질을 평가한 결과 공간 분해능의 합격기준 0.8 lp/mm, 저 대조도 분해능의 합격 기준 200 mg/cc에 충족하였다. 자동노출제어장치는 엑스선이 검출기에 도달하여 적절한 화질의 영상을 얻는데 필요한 광자의 양을 자동으로 조정하는 원리상 본 연구에서는 영상 화질은 환자 두께에 따라서 큰 차이가 있지는 않았다[20][28]. 즉 두께별 화질은 선량계 교정여부와는 크게 연관이 없는 것을 알 수 있었다. 화질이 모든 두께에서 안정적으로 나온 반면, 두께가 커질수록 면적선량이 커진다는 것은 자동노출제어장치의 감도 변화를 검출기에서는 정확하게 인지하지 못, 선량계에서는 정확하게 인지하지 못하는 것이다[20, 29]. 즉 내장형 면적 선량계가 이동형 면적 선량계보다 더 높은 선량 값을 나타냈고, 장비에 내장된 면적 선량

계가 교정이 안 된 경우에는 자동노출제어장치의 두께에 따라 설정되는 감도와 변화되는 선량 값을 제대로 재현하지 못하는 것이다.

본 연구는 다양한 장비로 실험을 하지 못했다는 점에서 제한점이 있다. 그럼에도 불구하고 인터벤션 시술 시 면적선량의 정확성 여부와 자동노출제어장치 설정하에 면적선량을 평가함으로써 장비에 내장된 면적 선량계의 교정지침이 필요함이 시급하다는 점을 언급하였다는 점에서 큰 의의가 있다.

참 고 문 헌

[1] IAEA, *IAEA Safety Series No.115*, 1996.
 [2] ICRP, *ICRP Committee 3*, 2002.
 [3] IAEA, *IAEA Safety Series No.115-I*, 1994.
 [4] <http://www.icrp.org/>
 [5] ICRP, *ICRP Publication 60*, 1990.
 [6] ICRP, *ICRP Publication 103*, 2007.
 [7] ICRP, *ICRP Publication 85*, 2000.
 [8] J. Crowhurst, M. Whitby, D. Thiele, T. Halligan, A. Westerink, S. Crown, and J. Milne, "Radiation Dose in Coronary Angiography and Intervention : Initial Result from the Establishment of a Multi Center Diagnostic Reference Level in Queensland Public Hospital," *J. of Medical Radiation Sciences*, Vol.61, No.3, pp.135-141, 2014.
 [9] M. Morris, Z. Salih, J. Wynn, Z. Ahmed, B. Brown, and J. Wright, "Patient Radiation Dose during Fluoroscopically Guided Biventricular Device Implantation," *Acta Cardiology*, Vol.69, No.5, pp.491-495, 2014.
 [10] ICRP, *ICRP Publication 135*, 2017.
 [11] J. H. Hwang and K. B. Lee, "A Study on the Usefulness of Glass Dosimeter in the Evaluation of Absorbed Dose by Comparing the Doses of Multi-purpose Dosimeter and Glass Dosimeter

Using Kerma with PCXMC 2.0 in DR(Digital Radiography)," *J. of the Korea Contents Association*, Vol.17, No.9, pp.292-299, 2017.
 [12] ICRP, *ICRP Publication 93*, 2004.
 [13] J. H. Hwang, K. M. Jeong, H. S. Kim, B. S. Kang, and K. B. Lee, "Dose Reduction According to the Exposure Condition in Intervention Procedure: Focus on the Change of Dose Area and Image Quality," *J. of Radiological Science and Technology*, Vol.40, No.3, pp.393-400, 2017.
 [14] J. H. Hwang, K. M. Jeong, J. A. Choi, H. S. Kim, and K. B. Lee, "A Study on Dose Reduction Method according to Slice Thickness Change using Automatic Exposure Controller and Manual Exposure in Intervention," *J. of Radiological Science and Technology*, Vol.41, No.2, pp.115-122, 2018.
 [15] J. H. Choi, G. J. Kang, and S. G. Chang, "Comparison on the Dosimetry of TLD and PLD by Dose Area Product," *J. of the Korea Contents Association*, Vol.12, No.3, pp.244-250, 2012.
 [16] IEC, *IEC 60601-1 : Medical Electrical Equipment-Part 1 : General Requirements for Basic Safety and Essential Performance*, 2012.
 [17] IEC, *IEC 60601-1-3 : Medical Electrical Equipment-Part 1 : General Requirements for Safety-3. Collateral Standard : General Requirements for Radiation Protection in Diagnostic X-ray Equipment*, 2008.
 [18] IEC, *IEC 60601-2-54 : Medical Electrical Equipment-Part 2-54 : Particular Requirements for the Basic Safety and Essential Performance of X-ray Equipment for Radiography and Radioscopy*, 2009.
 [19] Y. H. Roh and J. M. Kim, "The Tendency of Medical Electrical Equipment - IEC 60601-2-54:Particular Requirements for the

- Basic Safety and Essential Performance of X-ray Equipment for Radiography and Radioscopy,” *J. of Radiological Science and Technology*, Vol.38, No.4, pp.331-336, 2015.
- [20] J. H. Hwang and K. B. Lee, “A Study on the Quantitative Analysis Method through the Absorbed Dose and the Histogram in the Performance Evaluation of the Detector according to the Sensitivity Change of Auto Exposure Control(AEC) in DR(Digital Radiography),” *J. of the Korea Contents Association*, Vol.18, No.1, pp.232-240, 2018.
- [21] K. M. Lee, B. S. Kang, H. H. Park, and G. Y. Lee, “Analyzed of Dose Area Product in Error Rate,” *The Korean Society of Cardio-Vascular Interventional Technology*, Vol.15, No.1, pp.128-134, 2012.
- [22] H. Bak, J. S. Jeon, Y. W. Kim, and S. J. Jang, “Dose Assessment according to Differences in the Content of Iodine in Contrast Media used in Interventional Procedure,” *J. of the Korea Contents Association*, Vol.14, No.3, pp.337-345, 2014.
- [23] H. S. Park, C. H. Lim, B. S. Kang, I. G. You, and H. R. Jung, “A Study on the Evaluation of Patient Dose in Interventional Radiology,” *J. of Radiological Science and Technology*, Vol.35, No.4, pp.299-308, 2012.
- [24] B. S. Kang, J. H. Son, and S. C. Kim, “Establishment of Quality Control System for Angiographic Unit,” *J. of the Korea Contents Association*, Vol.11, No.1, pp.236-244, 2011.
- [25] H. S. Lee, S. G. Han, Y. H. Roh, H. J. Lim, J. M. Kim, J. U. Kim, H. S. Chae, and Y. S. Yoon, “Performance Evaluation of Domestic Prototype Dose Area Product Meter SFT-1,” *J. of Radiological Science and Technology*, Vol.39, No.3, pp.435-441, 2016.
- [26] C. N. Ionita, A. Dohatcu, A. Jain, C. Keleshis, K. R. Hoffmann, D. R. Bednarek, and S. Rudin, “Modification of the NEMA XR21-2000 Cardiac Phantom for Testing of Imaging Systems used in Endovascular Image Guided Interventions,” *Physics of Medical Imaging*, Vol.7258, p.72584R, 2009.
- [27] B. Wiesinger, S. Kirchner, G. Blumenstock, K. Herz, J. Schmehl, C. D. Claussen, and J. Wiskirchen, “Difference in Dose Area Product between Analog Image Intensifier and Digital Flat Panel Detector in Peripheral Angiography and the Effect of BMI,” *RöFo : Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin*, Vol.185, No.2, pp.153-159, 2013.
- [28] C. S. Moore, T. J. Wood, G. Avery, S. Balcam, L. Needler, H. Joshi, J. R. Saunderson, and A. W. Beavis, “Automatic Exposure Control Calibration and Optimization for Abdomen, Pelvis and Lumbar Spine Imaging with an Agfa Computed Radiography System,” *Physics in Medicine and Biology*, Vol.61, No.21, pp.N551-N564, 2016.
- [29] J. S. Lee, S. J. Ko, S. S. Kang, J. H. Kim, D. H. Kim, and C. S. Kim, “Quantitative Evaluation of Image Quality using Automatic Exposure Control & Sensitivity in the Digital Chest Image,” *J. of the Korea Contents Association*, Vol.13, No.8, pp.275-283, 2013.

저 자 소 개

최 지 안(Ji-An Choi)

준회원



- 2016년 2월 : 을지대학교 방사선학과(방사선학사)
- 2017년 7월 ~ 현재 : 경희대학교 병원 영상의학과

<관심분야> : PACS, 방사선학, 영상정보학

황 준 호(Jun-Ho Hwang)

준회원



- 2016년 2월 : 신구대학교 방사선학과(방사선학사)
- 2017년 9월 ~ 현재 : 고려대학교 의용과학대학원 의학물리과(석사과정 중)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 경희대학교

병원 영상의학과

<관심분야> : 방사선학, 의료기기, 영상정보학

이 경 배(Kyung-Bae Lee)

정회원



- 2011년 8월 : 가톨릭대학교 생명 의과학과(이학석사)
- 2014년 8월 : 가톨릭대학교 생명 의과학과(이학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 경희대학교병원 영상의학과

<관심분야> : 자기공명영상학, 방사선학, 영상정보학