

변형근치유방절제술 환자의 Ion chamber 변화에 따른 디지털 흉부 영상의 화질 평가

Evaluation of Image Quality for Diagnostic Digital Chest Image Using Ion Chamber in the Total Mastectomy

이진수*, 고성진**, 강세식**, 김정훈**, 박형후***, 김동현**, 김창수**

부산가톨릭대학교 대학원 방사선학과*, 부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과**, 김원목 기념 봉생병원***

Jin-Soo Lee(sonojinsoo@naver.com)*, Seong-Jin Ko(sjko@cup.ac.kr)**,

Se-Sik Kang(sskang@cup.ac.kr)**, Jung-Hoon Kim(donald@cup.ac.kr)**,

Hyong-Hu Park(hhpak7554@hanmail.net)***, Donghyun Kim(dhkim@cup.ac.kr)**,

Changsoo Kim(cszzim@cup.ac.kr)**

요약

변형근치유방절제술을 시행한 환자는 일반 여성에 비해 수술로 인한 양측 유방의 두께 차이가 나타나게 되고 이에 따른 감약 차가 생기게 된다. 이에 본 연구는 디지털 영상 특성평가의 객관적인 기준이 되는 MTF를 측정하여 변형근치유방절제술을 시행한 환자들의 흉부촬영에서 적합한 Ion chamber 조합의 기준을 제시하고자 하였다. 디텍터에 위치한 chamber에 좌측 1, 우측 2, 가운데 3으로 번호를 지정하고 엣지 팬텀을 부착하여 실험 영상을 획득하였다. 획득한 영상의 해상력 특성 평가는 Matlab(R2007a)를 이용하여 50% MTF 공간주파수의 해상력 평가와 흡수선량을 측정하였다. 실험결과에서 1+3과 2+3조합의 평균 노출조건, 공간주파수, 흡수선량은 각각 2.745 mAs, 1.925 lp/mm, 0.668 mGy로 다른 조합과 비교하여 적은 선량으로 높은 해상력 특성과 높은 DQE를 나타내었다. 따라서 변형근치유방절제술을 시행한 환자의 디지털 흉부영상의 촬영에서는 본 연구에서 제시하는 chamber 조합은 피폭선량 감소와 영상 화질의 향상에 대한 보상이 가능하여 향후 임상에서 적용 및 활용 가능한 chamber 기준이 될 것으로 사료된다.

■ **중심어** : | 변형근치유방절제술 | Ion Chamber | MTF | DQE | 디지털 흉부영상 |

Abstract

The patients who had been operated total mastectomy are different from general women in their breasts thickness due to breast surgery. As a result, digital chest image from total mastectomy patients will be different attenuation. The main objective for this study is to show that a proper Ion chamber standard combination measuring MTF which is objective basis for Digital image, when be x-ray for total mastectomy patient. We have designed the unique number that shown Left is 1, Right is 2, Center is 3 and have put the edge phantom on detector ion chamber. Lastly, we have obtained experiment images. The evaluations of all image quality have measured by 50% MTF of spatial resolution and absorption dose using Matlab(R2007a). The result showed that average exposure condition, MTF value, absorption dose for 1+3 and 2+3 combinations were 2.745 mAs, 1.925 lp/mm, 0.688 mGy. Consequently, that showed high MTF, DQE and low dose than other combinations. Therefore, a proper changes of ion chambers are able to improve image quality and to reduce radiation exposure when be X-ray for total mastectomy patients. Also, it will be possible to standard for application chamber combination and utilization on clinical detection.

■ **keyword** : | Total Mastectomy | Ion Chamber | MTF | DQE | Digital Chest Image |

I. 서론

우리나라의 유방암 발생률은 유럽국가 및 서구의 발생률과 비교하여 볼 때, 낮은 수준이지만 한국인 생활양식의 서구화와 함께 꾸준히 증가하고 있는 추세이다 [1]. 건강보험공단의 통계에 따르면 2005년에 발생한 전체 여성의 악성종양 중 유방암이 16.5%로 갑상선암(16.7%) 다음으로 발생빈도가 제 2위를 차지하고 있다 [2]. 이러한 유방암으로 인한 사망률은 2006년 사망원인 통계연보에 따르면 여성 암 환자에서 5위를 차지하였다 [3]. 국가암정보센터에서 발표한 암종별 연령표준화 발생률 추이를 살펴보면, 인구 10만명 당 유방암 발생률은 1999년도에 약 24.5%이었지만 2009년에는 43.8%로 약 2배의 발생률을 보이는 것으로 나타났으며, 매해 유방암 발생 환자수는 1만명을 넘어서고 있다. 뿐만 아니라 국외와 비교해 국내 유방암 환자의 발생연령 또한 점차 감소하는 양상을 보이고 있다. 유방암의 치료방법은 수술, 항암치료, 방사선치료 등이 있다. 수술 치료방법 중 하나인 유방전절제술은 유두와 피부를 포함하여 유방 조직 전부와 액와 림프절을 일괄 절제하는 방법으로 유두하 종양이나 종양의 크기가 큰 경우 변형근치유방절제술을 시행하게 되며, 침습성이 아닌 상피내암에서도 시행하는 경우도 있다. 이에 유방암으로 인한 유방 절제술을 시행한 환자들의 장기간 추적관찰이 요구되고 있다. 유방암 환자들의 추적관찰 방법으로는 골스캔, 혈액검사, 유방초음파, 유방촬영, 흉부촬영 등이 행해지고 있으며 이 중 흉부촬영은 암조직의 재발로 인한 폐전이의 유무와 유방절제술 이후 보조요법으로 시행되는 항암화학 방사선조사로 인한 폐렴 등을 평가하는데 유용하다. 한 쪽의 변형근치유방절제술을 시행한 환자는 일반 여성에 비해 수술로 인한 양측유방의 두께 차이에 따른 양측 흉부의 X선 감약 차가 생기게 된다. 흉부 영상정보 평가 기준에서 투과상태, 해상도, 대조도와 관련된 평가항목 중 폐야 전체에서 폐혈관의 관찰 정도 항목에서 높은 점수를 취득하기 위해서는 감약차로 인한 차이를 보상하는 방법이 필요하다. 또한 동일한 촬영 부위에 같은 두께라 하더라도 X선의 흡수 정도의 차이에 따라 항상 같은 농도의 영상을 형성하지 못

한다. 본 논문에서는 sensor로 작동되는 Ion Chamber의 변화에 따라 서로 다른 영상들 사이에서 질적인 변화를 감소시키고, 영상의 질을 일정하게 유지하여 노출의 적정화를 통해 선량을 감소시키고자 한다. 진단에 유용한 영상을 형성하고 방사선 피폭을 최소화하기 위해 변형근치유방절제술 환자의 디지털 흉부영상에 있어서 적정 chamber 조합의 기준을 제시하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 영상 화질 평가

디지털 방식에서 획득한 영상을 평가하는 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), 신호대잡음비(SNR, Signal to Noise Ratio)를 다시 정의하여 영상 특성을 평가한다[4][5]. 변조전달함수(MTF)는 시스템을 통하여 공간주파수 개념의 해상도가 얼마나 전달되는가를 측정하는 것이고[6-8], 영상의 선예도를 평가하는데 사용한다. 또한 MTF는 점확산함수(point spread function; PSF), 선확산함수(line spread function; LSF), 엣지확산함수(edge spread function; ESF)의 푸리에 변환(Fourier transform)으로 얻을 수 있다[9]. 영상의 화질평가를 위한 MTF는 수학공식을 거쳐 LSF를 측정한 후, Fourier변환과 R.E. Wayrynen이 복잡한 수식을 피하고 알기 쉽게 풀이한 것을 응용한 해상력 차트법이 있다[10][11]. MTF는 대조도와 공간분해능을 동시에 표현할 수 있는 공학적 인자이며, NPS는 방사선으로부터 영상검출기의 고유한 잡음들을 전반적으로 나타낼 수 있는 공학적 인자이다. SNR은 동적범위(dynamic range)와도 관련이 있지만 잡음과 최대 신호화의 관계로 디지털 영상을 얻는 시스템의 성능 평가 기준으로 자리 잡고 있다. 이 같은 평가 인자들을 통합적인 관점으로 다루기 위하여 공학적 계산 방법을 통해 통합한 공학적 평가인자가 양자검출효율(QE)

Detective Quantum Efficiency; DQE)이다. DQE는 입사되는 방사선의 양과 영상에서 얻어지는 분해능 및 대조도, 영상을 얻은 상태에서의 모든 잡음들을 일원화하여 X선 에너지의 종류에 따른 특성 및 디지털 영상 검출기의 특성에 따른 영상의 특징 등을 표현한다[12].

2. 실험재료

실험재료의 방사선 발생장치는 Siemens사의 디지털 방사선 장비인 AXIOM Aristos MX/VX를 사용하였다 [Fig. 1][Table 1]. 검출기에서의 Ion chamber의 위치 및 단면은[Fig. 2]와 같다. 흡수선량 측정은 FJ-6000 Digital display radiation dosimeter를 사용하였다.

Table 1. Digital radiography of AXIOM Aristos

Detector	digital reception : amorphous silicon/CsI
	active area : 43 x 43 cm
	active matrix : 3000 x 3000
	data acquisition Matrix : 14 bit
Tube	pixel pitch : 143 micron
	time between exposure : 5 sec
	focal spot size : 0.6/1.25
	max. voltage : 150Kvp
	anode heat storage capacity : 783KHU

3. 실험방법

실험방법은 IEC 62220-1에서 제시한 규격에 근거하여 제작한 순도 99% 이상, 두께 1.0 mm, 가로 100 mm, 세로 100 mm의 텅스텐(W) 옛지팬텀을 사용하였으며, 디텍터표면으로부터 1.5~3도의 각도로 실험하였다. 조건은 RQA5의 70 kV, SSD 150 cm, 추가필터 21 mmAl을 설치하여 실험하였다. 개구 B2, B3는 측정결과에 변화를 주지 않는다면 제외할 수도 있어 개구 B2, B3는 제외하고 실험하였으며, 흉부전후촬영을 대상으로 실제적인 stand wall detector를 이용하였다. Wall Detector에 위치한 세 개의 Ion chamber 좌측을 1, 우측을 2, 가운데를 3이라는 고유 번호를 지정하고 이를 각각 좌측 유방, 우측 유방, 척추 영역으로 가정하고, 7가지 조합(1+2+3, 1+2, 1+3, 2+3, 1, 2, 3 ; Ion chamber에

지정된 번호 조합)으로 총 7장의 영상을 획득하였다. 획득한 모든 영상들의 특성 평가 방법은 Matlab(R2007a)으로 그래프를 작성하여 해상도는 50% MTF의 공간주파수 값으로 평가하였고[13], FJ-6000 Digital display radiation dosimeter를 사용하여 흡수선량을 측정하였다.



Fig. 1. Digital radiography of AXIOM Aristos

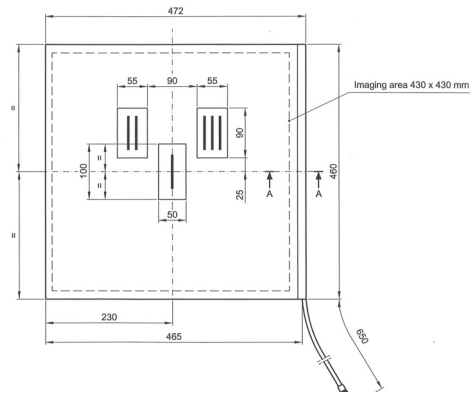


Fig. 2. Dimensions of Ion Chamber

III. 결과

양측 유방이 모두 있는 것으로 가정한 1+2+3조합과 1+2조합의 노출조건은 각각 3.79 mAs, 2.67 mAs이고, MTF공간주파수는 각각 1.40 lp/mm, 1.42 lp/mm 이며, 흡수선량은 0.913 mGy, 0.670 mGy로 나타났다. 나머지, 한쪽 유방이 없는 것으로 가정한 1+3, 2+3의 노출조건은 각각 2.72 mAs, 2.77 mAs 이고, 공간주파수는 각각

1.83 lp/mm, 2.04 lp/mm 였으며, 흡수선량은 0.660 mGy, 0.677 mGy로 나타났다.

1+3과 2+3조합의 평균 노출조건과 공간주파수, 흡수선량은 각각 2.745 mAs, 1.925 lp/mm로, 0.668 mGy로 1+2+3조합과 비교할 때 적은 선량으로 MTF의 공간주파수가 높게 나타났다. 또한 1조합과 2조합의 평균 노출조건과 공간주파수는 각각 1.65 mAs, 1.75 lp/mm, 0.436 mGy로 1+2조합의 2.67 mAs, 와 1.72 lp/mm, 0.670 mGy 보다 적은 선량으로 공간주파수가 높은 결과를 얻었다. 이 중에서 1조합과 2조합은 1+3조합과 2+3조합에 비해 흡수선량은 적게 나타났다.

각 Ion chamber의 조합에 따른 50% MTF의 공간주파수 및 흡수선량 값은 [Table 2]와 같이 나타났다. 결과적으로 1+3 과 2+3 의 Ion chamber 조합이 피폭선량의 저감과 함께 공간주파수가 가장 높은 우수한 화질의 영상 획득을 가능케 하였다[Fig. 3][Fig. 4]. DQE 결과는 공간주파수 2.0 lp/mm에서 1+3과 2+3 Ion chamber 조합에서 각각 0.0575(5.7%), 0.0842(8.4%)를 나타내었으며, 1 Ion chamber에서는 0.2560(25.6%)으로 다른 조합보다 높게 나타났다[Fig. 5][Fig. 6]. NPS 결과는 공간주파수 1.0 lp/mm에서 1+3 Ion chamber 조합의 $3.222\text{E-}05 \text{ mm}^2(0.003222\%)$ 로 나타났으며, 2+3 Ion chamber 조합은 $3.145\text{E-}05 \text{ mm}^2(0.003145\%)$ [Fig. 7], 1 과 1+2 Ion chamber 조합은 $8.733\text{E-}06 \text{ mm}^2(0.00087\%)$, $2.253\text{E-}04 \text{ mm}^2(0.0253\%)$ 로 나타났다. NPS는 양자 잡음의 노이즈 레벨(noise level)을 나타내는 것으로 NPS가 작은 Ion chamber1 에서 잡음의 영향을 적게 받는 것으로 나타났다. Ion chamber 조합의 해상력 특성 실험으로 팬텀을 이용한 영상 평가는 [Fig. 8]과 같다.

Table 2. Spatial resolution and absorbed dose

Chamber	mAs	50% MTF (lp/mm)	Dose(mGy)
1+2+3	3.79	1.4	0.913
1+2	2.67	1.42	0.670
1+3	2.72	1.83	0.660
2+3	2.77	2.04	0.677
1	1.65	1.98	0.420
2	1.65	1.5	0.453
3	1.76	1.54	0.518

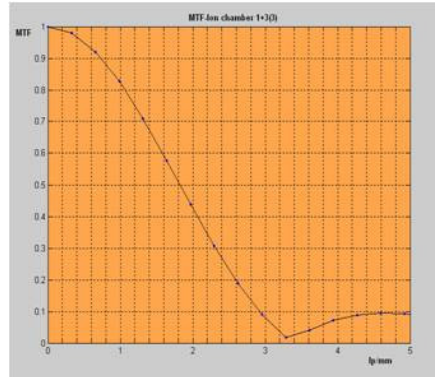


Fig. 3. Result of MTF (1+3 Ion chamber)

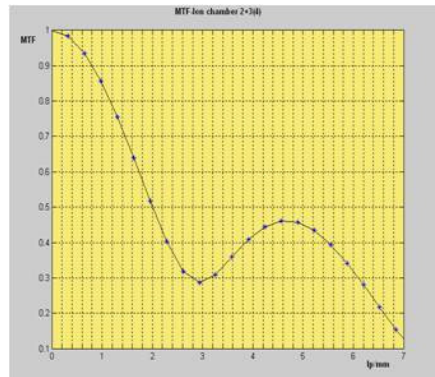


Fig. 4. Result of MTF (2+3 Ion chamber)

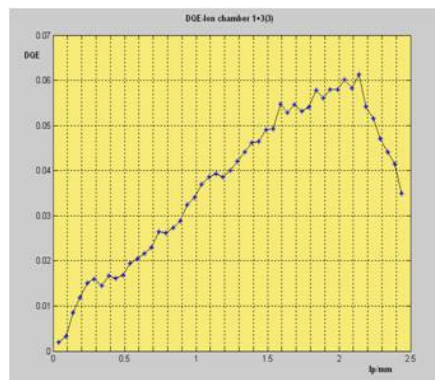


Fig. 5. Result of DQE (1+3 Ion chamber)



Fig. 6. Result of DQE (2+3 Ion chamber)

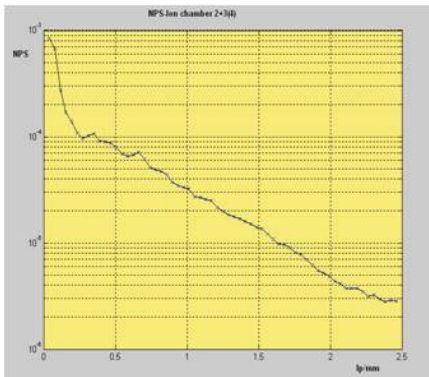


Fig. 7. Result of NPS (2+3 Ion chamber)



Fig. 8. Image of Evaluation using edge phantom

IV. 고찰

의료영상 시스템의 특성을 비교하기 위한 선례의 연구들은 모든 영상의 검출작용의 특성을 평가하기에는 많은 문제가 있었다. 그러나 전체 영상 시스템의 성능을 정확한 방법으로 공간주파수의 영역에서 신호에 대

한 전달능력과 정량적으로 측정하는 MTF 측정방법을 이용하는 것이 화질 평가의 물리적 평가에 적당하다 [14].

디지털 방사선 시스템의 자동노출제어(Automatic Exposure Control; AEC)장치는 영상형성에 충분한 X선량이 검출기에 도달하게 되면 X선 발생기(generator)에서 자동적으로 스위치가 차단되도록 되어있다. 그 다음 Ion chamber의 센서는 각각의 분리된 영역에서 X선량을 측정하여 전기적인 신호로 증폭되어 작동된다. AEC에서 chamber의 역할은 임의의 부위에서 항상 동일 농도의 영상을 얻을 수 있도록 X선량 및 선량률을 영상 구성의 목적에 가장 적합한 값이 되도록 제어하는 장치이다[15].

변형근치유방절제술을 시행한 환자의 추적검사 시행해지고 있는 흉부 후전방향 검사에 있어서 기존 흉부 후전방향 검사는 업체에서 제시하는 기본적인 Ion chamber의 파라미터로서 chamber 위치 변화에 따라 검사가 시행되고 있다. 실험 결과에서 1 Ion chamber를 단독으로 사용했을 때 MTF, DQE, NPS 결과가 좋게 나타났지만 영상 형성에서의 적절한 선량을 얻지 못하여 질 저하로 나타날 수 있다. 1+3과 2+3 Ion chamber 조합의 경우 적은 선량으로 높은 공간주파수를 얻을 수 있었다. 그리고 X선관에서 발생된 X선이 영상시스템에서 SNR을 어느 정도로 유지하는지를 정량적인 수치로 측정하는 DQE도 1+3, 2+3 조합이 다른 조합에 비해 높게 나타났다. 따라서 동일한 선량에서도 SNR이 높은 화질이 우수한 영상을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결론

결론적으로 본 연구에서는 적절한 Ion chamber 조합의 파라미터 변화를 통해 변형근치유방절제술을 시행한 환자의 X선 감약에 대한 보상과 우수한 화질의 영상 형성이 가능함을 알 수 있었다. 그리고 본 연구의 실험결과는 Ion chamber의 변화에 따른 디지털 흉부 후전방향 영상 특성을 평가로서, 향후 임상에서 적용이 가능한 chamber 조합 기준을 제시하고, 선량을 감소시

킬 수 있는 결과를 나타내었다. 그러나 영상을 진단하는 주관적인 부분과 병원 특성에 따라 요구하는 영상화질이 각각 차이가 있으므로, 단지 영상 특성평가에서 우수한 해상력 특성의 결과가 임상의 시각적 평가 적용에도 같은 특성이 나오지 않을 수도 있다.

향후 연구과제는 본 연구의 실험 결과를 바탕으로 최종 임상 영상처리 파라미터를 고려하여 여러 업체에 따른 장비 및 chamber 조합으로 영상 특성 평가를 확대하여 실험을 실시하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Korean Breast Cancer Society, "Clinical characteristics of breast cancer patient in Korea in 2000," Arch Surg, Vol.139, pp.27-30, 2004.
- [2] A. Goldhirsch, R. D. Gelber, and M. Castiglioni, "Relapse of breast cancer after adjuvant treatment in premenopausal and perimenopausal women: patterns and prognoses," Journal of Clinical Oncology, Vol.6, No.1, pp.89-97, 1988.
- [3] Korea National Statistic Office, Annual report on the causes of death statistics(2006), Seoul, 2008.
- [4] 이대형, *DR Detector 의 Raw Data 분석을 통한 NPS, MTF, DQE 측정과 성능평가연구*, 고려대학교 의용과학대학원 석사논문, pp.15-29, 2008.
- [5] 김창수, 고성진, 강세식, "디지털 방사선시스템에서 영상증강 파라미터의 영상특성 평가", 한국콘텐츠학회논문지, 제10권, 제6호, pp.329-335, 2010.
- [6] Rovamo. M. Jyrki, Kankaapaa, and I. Mia, "Spatial Neural Modulation Transfer Function Visual System for Equiluminous Chromatic Gratings," Jarmo hallikainen vision research, Vol.4, pp.1659-1667, 2001.
- [7] M. L. Giger and K. Doi, "Investigation of basic imaging properties of digital radiography, 1. Modulation transfer function," Medical Physics, Vol.11, pp.287-295, 1984.
- [8] M. S. Passmore, R. Bates, K. Mathieson, V. O'Shea, M. Rahman, P. Seller, and K. M. Smith, "Characterization of a Signal Photon Counting Pixel Detector," Nuclear Instruments and Method in Physics Research A, Vol.466, pp.202-220, 2001.
- [9] 박철구, *디지털의료영상에서 영상개선 파라미터 및 영상특성 평가*, 부산가톨릭대학교 생명과학대학원 석사논문, pp.5-23, 2011.
- [10] Samei Ehsan, J. Micheal, and Flynn, "A Method for Measuring the Presampled MTF of Digital Radiographic Systems Using an Edge Test Device," American Association of physicists in medicine, S0094, pp.601-604, 1998.
- [11] Junji Morishita and K. Doi, "Comparison of Two Method for Accurate Measurement of Modulation Transfer of Screen-film Systems Vol.21, pp.193-200, 1994.
- [12] 강태욱, *간접변환방식(a-Si)의 디지털 X선 촬영 장치 성능평가*, 고려대학교 의용과학대학원, 석사논문, pp.12-32, 2010.
- [13] 구분승, 성연훈, "256 다중검출기 전산화단층촬영에서 두 개부 팬텀을 이용한 분해능 파라미터와 재구성필터의 영상평가", 한국콘텐츠학회논문지, 제11권, 제11호, pp.814-821, 2011.
- [14] 김창복, "CR을 이용한 일반촬영장치의 MTF 측정", 한국방사선기술연구회지, 제28권, 제1호, pp.111-115, 2005.
- [15] 우완희, "유방촬영에 있어서 자동노출조절장치(AEC)의 바른 이용법", 대한방사선기술학회지, 제27권, 제1호, pp.23-27, 2004.

저 자 소 개

이진수(Jin-Soo Lee)

정회원



- 2011년 2월 : 부산가톨릭대학교 방사선학과(이학석사)
- 2011년 2월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 방사선학과(박사과정)
- 1998년 9월 ~ 현재 : 인제대학교 해운대백병원 영상의학과 재직

<관심분야> : 의료영상신호처리, CAD, 영상평가

고성진(Seong-Jin Ko)

정회원



- 1997년 8월 : 경성대학교 생물학과(이학박사)
- 1982년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과 교수

<관심분야> : 방사선생물학, 방사선계측학

강세식(Se-Sik Kang)

정회원



- 1991년 2월 : 원광대학교 농화학과(농학박사)
- 1997년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과 교수

<관심분야> : 방사선치료학, 방사선기기학

김정훈(Jung-Hoon Kim)

정회원



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

<관심분야> : 방사선량 평가, 문항개발 및 분석

박형후(Hyong-Hu Park)

정회원



- 2009년 2월 : 부산가톨릭대학교 방사선학과(이학석사)
- 2012년 2월 : 고신대학교 보건과학과(박사수료)
- 1997년 7월 ~ 현재 : 김원목기념 병생병원 영상의학과 재직

<관심분야> : 의료영상신호처리, CAD, 영상평가

김동현(Dong Hyun Kim)

정회원



- 2009년 2월 : 부산대학교 대학원 의공학과 졸업(공학박사)
- 1994년 ~ 2011 2월 : 부산대학교 병원 영상의학과
- 2011년 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 방사선학과 조교수

<관심분야> : 자기공명영상학, 방사선관리학

김창수(Changsoo Kim)

정회원



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

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