

방사선 투과 및 불투과성 물질에 따른 감약 차이의 분석 : DECT 검사 중심으로

장현철^{1,2}, 김윤신², 김현주^{3*}

¹수성대학교 방사선과, ²한양대학교 대학원 보건학과, ³순천향대학교 부천병원 영상의학과

Analysis of Attenuation Differences According to Radiolucent and Radiopaque Materials : Based on DECT (Dual Energy Computed Tomography)

Hyon-Chol Jang^{1,2}, Yoon-Shin Kim² and Hyeon-Ju Kim^{3*}

¹Department of Radiological Technology, Suseong College,

²Department of Health Science, Graduate School Hanyang University,

³Department of Radiology, Soonchunhyang University Bucheon Hospital

요 약 본 연구는 경기도 소재 S 대학병원에서 2013년 7월부터 8월까지 GE 사의 DECT(Dual Energy Computed Tomography)를 이용하여 방사선 투과 및 불투과성 물질을 임의로 선정, 에너지 영역 대별로 투과 및 불투과성 물질의 CT 값을 분석하였다. 또한, CT 값 분석 법을 이용하여 기존의 SECT(Single Energy Computed Tomography)에서 적용되는 120kVp CT 값과 가장 유사한 에너지 영역대를 도출하였으며 임상 적용 시 가시 영역 범위 내에서 대조도를 주었을 때 가장 유용하며 적절한 물질을 알아보았다. 결론으로 생리식염수, 메틸셀룰로스, 초음파용 젤과 같이 밀도가 낮고 수분 함유량이 많은 경우 90KeV 이후 CT 값의 감소가 거의 없었으며, 공기와 조영제처럼 밀도가 매우 낮거나 높은 물질의 경우 에너지의 영향을 적게 받는 것으로 분석되었으며 메틸셀룰로오스와 초음파 젤의 경우 임상 적용 시 가장 유용성이 있는 물질로 사료된다.

Abstract This study analyzed CT values of radiolucent and radiopaque materials by energy region after selecting radiolucent and radiopaque materials at random using GE's DECT((Dual Energy Computed Tomography) at S University Hospital located in Gyeonggi-province from July through August in 2013. Besides, it drew out the most analogous energy region to the value of 120kVp CT, which is applied to existing SECT(Single Energy Computed Tomography), by utilizing the analysis method of CT values and tried to find out the most useful and appropriate materials when contrast was applied within visible area in clinical application.

As a result, there was little decrease of CT value after 90KeV in the case of materials with low density and high moisture content such as normal saline, methyl-cellulose and gels used in ultra-sonic waves test; energy does not influence much on materials with extremely low or high density such as air and contrast medium; methyl-cellulose and gels used in ultra-sonic waves test are considered to be the most useful materials for clinical applications.

Key Words : Attenuation, CT values, Radiolucent, Radiopaque

*Corresponding Author : Hyeon-Ju Kim (Soonchunhyang Univ. Bucheon Hospital)

Tel: +82-10-3458-5029 email: gidoong75@naver.com

Received October 24, 2013

Revised (1st November 25, 2013 2nd December 17, 2013)

Accepted March 6, 2014

1. 서론

컴퓨터 단층 검사기기(Computed Tomography, CT)가 도입된 이래 진단 영역에서 CT의 사용은 빠르게 증가하고 있다. 최근 다중 검출 컴퓨터 단층 검사기기(Multi-detector Computed Tomography, MDCT)의 발전으로 인해 검사 속도와 화질이 향상되고 있다. 그 결과 연동운동이나 호흡에 의한 잡음이 없는 신뢰성이 매우 높은 영상 정보를 신체 부위에 관계없이 얻을 수 있게 되었다. 방사선 영상은 방사선이 물체를 통과시 감약 차에 의해 영상화 되는 것인데 여기서 방사선의 감약이란 X선이 물질을 투과하는 과정에서 흡수되거나 산란되어 X선 속의 강도가 낮아지는 것을 말한다. X선의 감약은 X선이 조직을 투과할 때 조직의 투과에 따른 광자의 변화를 지수 관계로 표시하는 Lambert Beer의 법칙에 따라 이루어진다. CT에서 감약에 영향을 미치는 요소로는 일반 X선과 마찬가지로 사용된 X선 광자 에너지, 조직의 밀도, 조직의 원자번호, 물질의 단위 중량당 전자수(electrons/gram) 등이 있다[1].

X선 영상의 형성은 환자를 투과한 X선 광자가 환자를 투과하는 도중에 감약된 광자에 관한 정보가 어우러져 나타나야 한다. 만약, 모든 X선 광자가 환자를 투과하였다면 영상은 검게 될 것이고, 모든 X선 광자가 감약되었다면 영상은 희게 묘사될 것이다. 따라서 영상의 대조도는 인체 조직 간의 감약 차에 따라 결정되는 것이다. CT에서는 이러한 감약치의 분포를 CT number로 표시하고 있다[1].

최근 G사에서 개발된 GSI(Gemstone Spectra Image)에 의하면 CT scan 후 균질한 선속을 갖는 단색 방사선(monochromatic radiation)을 이용하여 40keV에서 140keV의 다양한 에너지별로영상을 구현하여 물질 분석이 가능하게 되었다.

이로 인해, CT를 이용하여 소화기계에 속하는 장기들의 병변을 보다 더 쉽게 관찰할 수 있게 되었으며 또한, 정확한 평가가 가능하게 되었다. 많은 검사가 이루어지고 있는 복부 CT 검사 시 조영제의 사용은 필수적이다. 복부 검사 시 이용되는 조영제는 가스트로 그라핀 이나 희석된 바륨과 같은 양성조영제(Positive contrast media)와 물이나 공기와 같은 음성 조영제(Negative contrast media)가 사용되고 있다[2,3].

CT 검사 시 음성 조영제를 사용할 경우 양성 조영제보다 장관벽과 장관 내의 대조도가 우수하여 물 또는 공기를 주로 많이 이용하여 검사를 시행하고 있다[4,5].

기존의 SECT(Single Energy Computed Tomography)는 투과 및 불투과 물질을 투과한 모든 스펙트럼이 겹쳐

진 영상(Polychromatic image)을 만들었다. 이와는 다르게 최근에 도입된 DECT(Dual Energy Computed Tomography)는 물질을 투과한 스펙트럼의 에너지 분리가 가능하게 되어 파형에 따른 여러 형태의 영상(Monochromatic image)이 만들어지게 되었다[6].

이에 본 연구에서는 최근에 도입된 GE사의 DECT를 이용하여 방사선 투과 및 불투과성 물질을 임의로 선정하여 CT 값 분석과 기존의 SECT에서 적용되는 120kVp CT 값과 가장 유사한에너지도출 및 임상 적용 시 가시 영역 범위 내에서 대조도를 주었을 때 가장 유용하며 적절한 물질을 알아보려고 하였다.

2. 연구방법

2.1 연구대상 및 방법

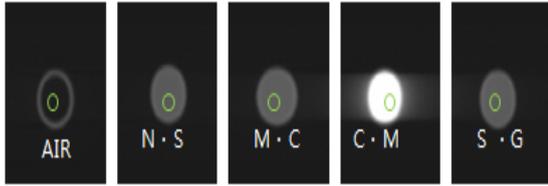
경기도 소재 S 대학병원에서 2013년 7월부터 8월까지 연구를 시행하였다.

연구를 하기 위한 CT 장비는 64-Dual Energy Computed Tomography(Discovery 750 HD, GE HEALTHCARE, Milwaukee, USA)를 이용하였고, 실험을 위해 자체 선정하여 준비한 방사선 투과 불투과성 물질은 공기(AIR), 생리식염수(Normal Saline, N.S), 메틸셀룰로스(Methyl-Cellulose, M.C), 조영제(Contrast Media, C.M), 초음파용 젤(ultra-Sonic waves Gels, S.G)을 이용하였다. 연구를 위해 적용된 조건은 CT 검사 시 많이 적용하는 스캔 조건으로 관전압은 120kVp, 관전류는 100-350(Smart mA, Noise index :22.1), Standard Reconstruction, 40mm Detector coverage, 0.625mm의 Helical thickness, Scan type은 Helical mode, Rotation time은 0.6sec로 설정하였다. coverage speed 경우는 65.62mm/sec, pitch/speed는 0.984:1(39.37mm/rot)이며, GSI(Gemstone Spectra Image) 모드스캔 시 관전압, 관전류는 장비 자체 modulation으로 스캔하였다. 연구와 관련된 통계는 SPSS 18.0을 이용하여 각 연구에 대한 기초통계분석을 하였다.

2.2 투과물질의 CT값 측정 및 분석

연구를 위하여 선정한 방사선 투과 및 불투과성 물질의 CT 값 측정을 위해 시험관에 좌측부터 공기(AIR), 생리식염수(N.S), 메틸셀룰로스(M.C), 조영제(C.M), 초음파용 젤(S.G)를 각각 가득 채우고 위의 검사 조건으로 스캔하였다.

CT 값 측정을 위해 3D Work Station(GE AW4.6, GE, USA)에서 동일한 크기의 ROI를 그려 총 5회에 걸쳐 CT 값을 구한 후 평균값을 기록하였다[Fig. 1].



[Fig. 1] CT image of test tube

2.3 투과물질의 에너지별 CT값 분석

동일한 검사 조건으로 GSI(Gemstone Spectra Image) 모드를 적용하여 40KeV에서 140KeV 균일한 선속을 갖는 monochromatic radiation을 적용하여 CT scan 후 40KeV에서 140KeV의 에너지별로 출력된 영상을 이용하여 CT 값을 에너지별로 측정하였다.

분석값을 이용하여 각 물질에 대한 CT 값 변화 추이를 비교 분석하였고, SECT 120kVp 영상과 가장 근접한 CT 값을 갖는 에너지 영역대를 알아보고자 하였다.

2.4 투과물질의 영상평가

영상 평가는 물질에 따른 감약 차이 변화에 대한 경향성 파악으로, 물질들의 CT 값 변화에 따른 영상을 평가하고자 하여 임상 적용 시 유용한 물질을 알아보고자 평가하였다.

방사선 투과 및 불투과성 물질인 공기(AIR), 생리식염수(N.S), 메틸셀룰로스(M.C), 조영제(C.M), 초음파용 젤(S.G)을 이용하였다.

각 물질을 Enema tip에 가득 채운 후 횡단면(Axial plane)과 시상면(Sagittal plane) 영상으로 재구성하였으며, 재구성 한 데이터를 가지고 영상의 화질, 영상의 가시성으로 평가 기준을 정하여 관찰자 3명이 Unacceptable(1점), Suboptimal(2점), Adequate(3점), Good(4점), Excellent diagnostic quality(5점)의 5단계로 CT 영상의 질을 평가하였다[Fig. 2, 3][Table 1].



[Fig. 2] Image of Enema tip



[Fig. 3] Image of Reformation

[Table 1] Evaluation particle of clinical image

1. Image Quality	
1.	Reconstructed images maintain consistent quality
2.	Adequate change is given to the setting of image windows.
3.	There is no artifact. The thickness and intervals are consistent.
2. Visualization	
1.	Image outlines by material are indistinct.
2.	Image outlines by material are partially clear.

3. 연구결과

3.1 투과물질의 CT값 분석 결과

시험관에 공기(AIR), 생리식염수(N.S), 메틸셀룰로스(M.C), 조영제(C.M), 초음파용 젤(S.G)을 각각 가득 채우고 스캔 후 스캔된 영상의 일한 크기의 ROI를 그려 총 5회에 걸쳐 CT 값을 측정 한 평균값의 결과는 공기는 -971 ± 7.2 HU, 생리식염수 23.3 ± 3.1 HU, 메틸셀룰로스 70.8 ± 4.8 HU, 조영제 2994 ± 0.1 HU, 초음파용 젤 72.3 ± 7.8 HU 로 측정되었다[Table 2].

[Table 2] Measurement of CT value

(unit: HU)

	AIR	N.S	M.C	C.M	S.G
CT value	-971 ± 7.2	23.3 ± 3.1	70.8 ± 4.8	2994 ± 0.1	72.3 ± 7.8

3.2 투과물질의 에너지별 CT값 분석 결과

GSI(Gemstone Spectra Image) 모드를 적용하여 스캔 후 균질한 선속을 갖는 monochromatic radiation을 이용

하여 40KeV에서 140KeV의 에너지별로 출력된 영상을 이용하여 투과 물질의 에너지별 CT 값을 분석하였다.

각 물질에 대한 CT 값 변화 추이를 비교 분석한 결과 공기(AIR)의 경우 40KeV에서-637 HU, 140KeV에서 -853.3 HU로 측정되어 CT값의 변화가 거의 없어 공기는 에너지 변화에 영향을 적게 받는 것을 알 수 있었다.

생리식염수(NS)의 경우 40KeV에서 142.3 HU, 140KeV에서 1.3 HU로 측정되어 에너지가 커짐에 따라 CT 값이 일정하게 감소하였으며, 메틸셀룰로스(MC)의 경우 40KeV에서 523.3 HU, 140KeV에서-3.8 HU로 측정되어 에너지가 커짐에 따라 일정하게 감소하였다.

조영제(CM)의 경우 40KeV에서 3125.1 HU, 140KeV에서 2013.1 HU로 측정되어 에너지 변화에 영향을 적게 받는 것을 알 수 있었다. 초음파용 젤(SG)의 경우는 40KeV에서 388.2 HU, 140KeV에서 -8.1 HU로 측정되어 에너지가 커짐에 따라 일정하게 감소하였다.

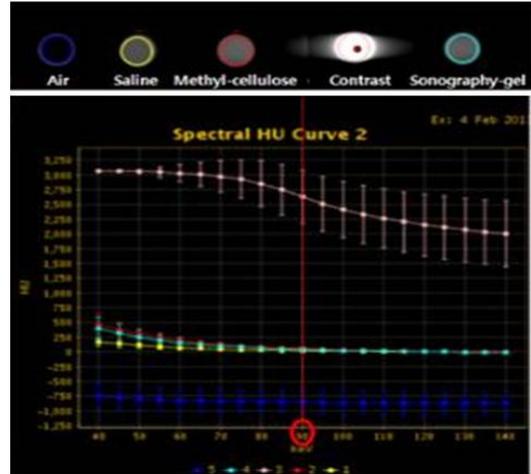
공기와 조영제처럼 밀도가 매우 낮고 높은 물질의 경우 에너지에 영향을 적게 받는 것을 알 수 있었으며 생리식염수, 메틸셀룰로스, 초음파용 젤과 같이 수분 함유량이 많은 경우 90KeV이후 CT 값의 감소가 거의 없는 것을 알 수 있었다[Table 3].

[Table 3] Measurement of CT number by energy level of each material

(unit: HU)
Based on the reduction of 40 keV (unit: %)

	AIR	NS	MC	CM	SG
40KeV	-637	142.3	523.3	3125.1	388.2
50KeV	-683.4 (7.3%)	102.8 (27.8%)	416.1 (20.5%)	3021.2 (3.3%)	301.3 (22.4%)
60KeV	-748.3 (17.5%)	83.1 (41.6%)	312.3 (40.3%)	2986.2 (4.4%)	198.3 (48.9%)
70KeV	-774.8 (21.6%)	58.3 (59%)	198.2 (62.1%)	2875.2 (8%)	120.1 (69.1%)
80KeV	-791.8 (24.3%)	46.2 (67.5%)	95.3 (81.8%)	2718.1 (13%)	70.3 (81.9%)
90KeV	-803.5 (26.1%)	30.4 (78.6%)	62.3 (88.1%)	2385.2 (24%)	48.3 (87.6%)
100KeV	-813.4 (27.7%)	19.4 (86.4%)	41.3 (92.1%)	2195.3 (30%)	30.1 (92.2%)
110KeV	-820.1 (28.7%)	10.3 (92.8%)	20.1 (96.2%)	2135.1 (32%)	15.1 (96.1%)
120KeV	-825.3 (29.6%)	6.3 (95.6%)	10.1 (98.1%)	2120.7 (32%)	3.1 (99.2%)
130KeV	-830 (30.3%)	3.5 (97.5%)	2.1 (99.6%)	2075.3 (34%)	-3.3 (101%)
140KeV	-835.3 (31.1%)	1.3 (99.1%)	-3.8 (101%)	2013.1 (36%)	-8.1 (102%)

Spectral HU Curve에 의한 분석 결과 각각의 물질들이 고유의 CT 값에 인접하게 잘 분석되었으며, 생리 식염수, 메틸셀룰로스, 초음파용 젤의 경우 90KeV이후 CT 값이 일정해지는 것을 알 수 있었다[Fig. 4].



[Fig. 4] Analysis of material and CT number with GSI

3.3 투과물질의 영상평가

판독의를 포함한 관찰자 3명이 각 물질을 Enema tip에 채운 후 스캔한 스캔 데이터의 횡단면(Axial)과 시상면(Sagittal)영상을 보고 영상의 화질과 가시성 등의 평가항목을 평가한 결과 Excellent diagnostic quality 1명, Good 2명으로 초음파용 젤의 경우 적절한 대조도 차를 보이는 물질로 평가되었다. 그 다음순으로 메틸셀룰로스 생리식염수, 공기, 조영제 순으로 평가되었으며, 조영제의 경우 CT 값이 매우 높게 측정되어 병변을 판독하는데 어려움이 있다고 평가하였다[Table 4].

[Table 4] Evaluation of clinical image by observer

	AIR	NS	MC	CM	SG
A	3	3	3	1	5
B	3	3	3	1	4
C	2	3	4	0	4

*Unacceptable=1 points, Suboptimal=2 points, Adequate=3 points, Good=4 points, Excellent diagnostic quality=5 points

4. 고 찰

CT에서의 영상 형성은 물질을 투과한 X선의 감약 차이에 따라서 영상을 만든다.

영상의 화질을 결정하는 요소로 물질의 감약 차이 정도를 나타내는 CT 감약계수, 노이즈, 균일도 등이 있으며 객관적으로 평가되어야 한다[7,8].

영상을 구현해 내는데 있어 필요한 부가적 역할을 하는 물질과 기술 등이 도움을 주지 못한다면 우리가 바라는 영상을 표현해 내지 못할 것이다. 검사 방법에 있어서 기존에 이용했던 방법은 우리가 적절한 영상을 제공하는 데 있어 매우 많은 도움을 주고 있다. 하지만, 현실은 질병을 판독함에 있어 보다 획기적이며, 효과적인 영상을 제공해 주기를 바라고 있는 것이 현실이다.

본 연구에 적용된 GE 사의 DECT 검사 기기의 경우 80kVp와 140kVp 두 개의 X선 선원을 사용하여 기존의 SECT에서는 물질의 감약 정도만을 통해 영상을 만들었다면, DECT에서는 물질의 감약뿐만 아니라, 에너지에 따른 물질의 투과에 대한 정보를 알 수가 있게 되었다 [9,10].

GE 사에서 개발된 GSI(Gemstone Spectra Image) 적용을 통하여 에너지별 물질분석이 가능했으며, 또한 물질들의 에너지 의존성 정도를 파악할 수 있었다. 또한, KeV의 에너지에 따른 HU의 변화를 그래프로 나타낼 수 있기 때문에 더욱더 정량적으로 비교 분석이 가능하게 되었다 [11,12].

본 연구를 통하여 DECT 영상에서 질병 발견을 위해 기존에 이용되었던 방사선 투과 및 불투과 물질들의 성분들이 다양하여 각각 물질의 CT 값은 동일하더라도 에너지 변화에 따라 다양하게 CT 값이 측정되어 영상을 형성하는데 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

DECT 검사에서 GSI(Gemstone Spectra Image) 모드로 CT 검사 시 적용한 결과에 의하면 생리식염수, 메틸셀룰로스, 초음파용 젤과 같이 수분 함유량이 많은 경우 90KeV 이후 CT 값의 감소가 거의 없었으며, 공기와 조영제처럼 밀도가 매우 낮거나 높은 물질의 경우 에너지의 영향을 적게 받는 것을 알 수 있었다.

CT 장비 제조사의 물리학자에 의하면 70KeV에서 획득된 영상이 분해능 해상력, 대조도, 농도 등 영상의 화질이 일반적으로 CT 검사 시 대부분 적용하는 120kVp 영상과 가장 근접한 영상이라고 하였다[13].

본 연구의 결과에서는 90KeV에서 기존의 SECT와 가장 인접한 CT 값이 측정되었다.

이는 CT 장비 제조사별로 차이가 있을 것으로 사료되며, 향후 제조사별 DECT를 비교, 분석을 해볼 필요가 있

을 것으로 사료된다.

물질들의 CT 값 변화에 따른 영상을 평가하여 임상 적용 시 유용한 물질을 알아 본 결과 초음파용 젤, 메틸셀룰로스, 생리식염수, 공기, 조영제 순으로 나타났다.

본 연구의 제한점으로 GE 사의 기기만으로 SECT와 DECT를 비교하여 유용한 에너지 영역대 및 임상 적용 시 유용한 물질을 알아보고자 하였으며, 또한 물질들의 감약 차이 변화에 대한 경향성만 파악하고자 하였다. 향후 임상에 적용된 연구가 필요할 것으로 사료된다.

5. 결 론

공기와 조영제처럼 밀도가 매우 낮고 높은 물질의 경우 에너지에 영향을 적게 받는 것을 알 수 있었으며 생리식염수, 메틸셀룰로스, 초음파용 젤과 같이 수분 함유량이 많은 경우 90KeV이후 CT 값의 감소가 거의 없는 것을 알 수 있었다. 물질들의 CT 값 변화에 따른 영상을 평가 하여 임상 적용 시 유용한 물질을 알아본 결과 초음파 젤이 유용성이 있는 물질로 평가되었다.

현재 임상에서는 대장 및 직장 CT 검사 시 대장 및 직장부위를 잘 보기 위하여 공기를 주입하여 검사를 하고 있다. 향후 직장 및 대장 CT 검사 적용 시 유용한 물질로 판단 된 초음파용 젤을 활용하여 연구가 이루어 진다면, 병변을 발견함에 있어 효과적일 것으로 사료된다.

References

- [1] Y. H. Ko, D. C. Kwon, K. K. Kim, "Textbook of Computed Tomography", pp. 44-53, Chung-ku Publishing co, 2009.
- [2] Balthazar EJ, Megibow AJ, Hulnick D, Naidich DP. " Carcinoma of colon: detection and preoperative staging by CT", AJR Am J Roentgenol, 150, pp. 301-306, 1998.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2214/ajr.150.2.301>
- [3] Angelelli G, Macarini L, Lupo L, Caputi-Jambr enghi O, Pannarale O, Memeo V, " Rectal carcinoma: CT staging with water as contrast medium", Radiology, 177, pp. 511-514, 1990.
- [4] Angelli G, Macarni L, "CT of the bowel: use of water to enhance depiction", Radiology, 169, pp. 848-849, 1988.
- [5] Baert AL, Roex L, Wilms G, Marchal G, Desch epper C, "Computed tomography of the rectum with water as contrast agent", Gastrointest Rad iol 14, pp. :345-348,

1989.

- [6] Dilmanian FA, Wu XY, Parsons EC, "Single and dual-energy CT with monochromatic synchrotron X-ray", Phys Med Biol, 42, pp. 371-387, 1997.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9155/42/2/009>
- [7] Ogden K, Huda W, Scalzetti EM, Roskopf ML, "Patient size and X-ray transmission in body CT", Health Phys, 86, 4, pp. 397-405, 2004.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00004032-200404000-00009>
- [8] F. Kelcz, P. M. Joseph, S. K. Hilal, "Noise considerations in dual energy CT scanning", Med Phys, 6, pp. 418-425, 1979.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1118/1.594520>
- [9] Naveen Chandra, David A, Langan, "Gemstone Detector: Dual Energy Imaging via Fast kVp Switching", Medical Radiology, pp. 35-41, 2011.
- [10] Karacaaltincaba M, Aktas A, "Dual-energy CT revisited with multidetector CT: review of principles and clinical applications", Diagn Interv Radiol, pp. 1305-3825, 2010.
- [11] Fletcher JG, Takahashi N, Hartman R, "Dual-energy and dual-source CT is there a role in the abdomen and pelvis", Radiol clin North Am, 47, pp. 41-57, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rcl.2008.10.003>
- [12] Wu X, Langan DA, Xu D, "Monochromatic CT image representation via fast switching dual kVp, Proc SPIE, 7258, pp. 725-845, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1117/12.811698>
- [13] Kazuhiro M, Masahiro J, Yutaka T, "Virtual monochromatic spectral imaging with Fast kilovolt age switching: Improved image quality as compared with obtained with conventional 120kVp CT", Invest Radiol, 259, 1, pp. 257-262, 2011.

김 윤 신(Yoon-Shin Kim)

[정회원]



- 1978년 2월 : 일본 동경대학교 보건학과 (보건학 박사)
- 1985년 2월 : 미국 텍사스 주립 대학교 (환경학박사)
- 1986년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 대학원 보건학과 교수, 한양대학교 의과대학 직업환경의학과 교수
- 2012년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 고령사회연구원장

<관심분야>

환경학(실내공기), 산업의학, 보건학

김 현 주(Hyeon-Ju Kim)

[정회원]



- 2010년 8월 : 순천향대학교 대학원 의료공학과 (공학석사)
- 2001년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 부천병원 영상의학과
- 2010년 3월 ~ 현재 : 동남보건대학교 방사선학과 겸임교수

<관심분야>

의료영상처리, 의료공학

장 현 철(Hyon-Chol Jang)

[정회원]



- 2003년 6월 ~ 2012년 2월 : 순천향대학교 부천병원 영상의학과
- 2010년 8월 : 순천향대학교 대학원 의료공학과 (공학석사)
- 2013년 8월 : 한양대학교 대학원 보건학과 박사과정 수료
- 2012년 3월 ~ 현재 : 수성대학교 방사선과 교수

<관심분야>

방사선영상학, 의료정보학, 보건학