

# 두경부 PET/CT검사 시 인공음영 감소에 관한 연구 (환자 피폭선량 경감)

김기진\* · 김가중\*\* · 유세종\*\*\* · 김정호\*\*\*\*

\*건양대학교병원 영상의학과 · \*\*극동대학교 방사선학과 · \*\*\*건양대학교병원 영상의학과  
\*\*\*\*건양대학교병원 방사선종양학과

## The Study of Decrease Artifact when Scanning Head and Neck PET/CT(Decrease Radiation Dose of Patient)

Ki-Jin Kim\* · Gha-Jung Kim\*\* · Se-Jong Yoo\*\*\* · Jeong-Ho Kim\*\*\*\*

\*Dept. of Diagnostic Radiology, Konyang University Hospital

\*\*Department of Radiological Science, Far East University

\*\*\*Dept. of Diagnostic Radiology, Konyang University Hospital

\*\*\*\*Dept. of Radiation Oncology, Konyang University Hospital

### Abstract

Beam hardening artifact can be caused by metal material when performing PET exam. Therefore, we studied a solution decreasing artifact caused by metallic dental implant. The higher voltage, the lesser artifact in CT exam. But Higher voltage dosen't affect PET exam. The thicker silicon the lesser artifact in CT and PET exam. Both methods make less artifact in CT and PET exam. But considering safety of patient, the way of using silicon is better.

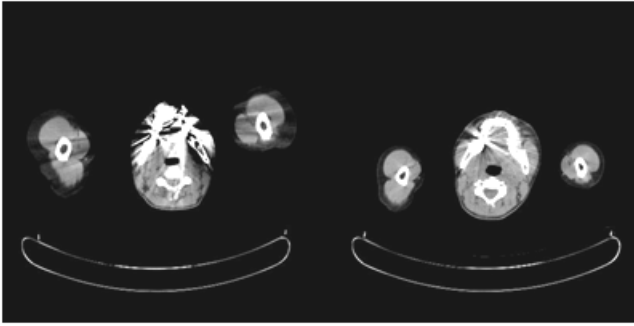
**Keywords :** Metallic Dental Implant, PET/CT, Silicon

### 1. 서론

양전자방출 전산화 단층촬영(Positron Emission Tomography/Computed Tomography, PET/CT)은 암의 진단 및 병기설정, 암의 재발, 치료효과 판정 등 암의 치료와 추적검사에 유용하게 사용되는 핵의학 영상기술이다. 과거 양전자방출 단층촬영(Positron Emission Tomography, PET)은  $^{137}\text{Cs}$ 나  $^{68}\text{Ge}$  선원을 이용하여 감쇠보정을 실시하였다. 현재 PET/CT에서는 이러한 선원 대신 컴퓨터 전산화 단층촬영(Computed Tomography, CT)영상을 이용하여 감쇠보정을 한다. 감쇠보정은 병변의 크기나 모양, 위치의 왜곡을 방지하며 인체 심부에 위치한 종양의 정확한

방사능 농도의 측정을 가능하게 하는 것이다[1]. CT를 기반으로 감쇠보정이 시행되는 PET/CT의 경우 인체 내에 금속성 물질이 있는 경우 금속 삽입물로 인한 X선의 강한 흡수차이로 인공물이 발생하게 된다. 치아 상실부위의 치료를 위해 임플란트, 틀니 등의 치과용 금속성 치아충전물(Metallic Dental Implant, MDI)이 있는 상태에서 두경부 PET/CT를 시행할 때 CT 촬영 시 그림 1과 같이 선속경화현상(Beam Hardening Artifact)이 발생하게 된다. 이런 금속성 삽입물로 인해 CT Hounsfield Unit(HU)이 높게 측정되는 Bright Streak(BS)영역과 HU가 낮게 측정되는 Dark Streak(DS)영역이 발생하게 된다[2].

†Corresponding Author : Gha Jung Kim, Department of Radiological Science, Far East University, E-mail: gjms1225@hanmail.net



[Figure 1] Bright streak(A) and dark streak(B) in CT image

이런 선속 경화현상으로 인해 발생한 인공물은 주변 부위에 과대 혹은 과소평가를 유발하는 감쇠보정으로 18F-FDG의 섭취변화를 일으킨다[3]. 따라서 제거할 수 없는 치아 충전물이 있는 상태에서 PET/CT를 촬영할 경우 CT 촬영 시 발생하는 인공음영으로 인해 HU의 변화가 발생한다. 결국 CT촬영 시 발생된 선속 경화 현상으로 인해 PET영상에서 인공음영이 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 금속성 치아충전물에 의해서 발생하는 인공음영을 Phantom을 이용하여 재현한 뒤 인공음영을 감소시킬 수 있는 방법을 연구하여 두경부 PET/CT검사 시 영상의 질 향상과 진단적 오류를 감소하기 위한 방법을 제시하고자 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 사용 장비

CT영상에서 선속경화에 의한 인공음영을 발생시키기 위해 실제 환자가 사용하였던 치아충전물과 인체의 하악을 대신하기 위해 돼지 다리 뼈를 이용하여 금속성 치아 충전물이 있는 하악구조를 그림 2와 같이 제작하였다. PET scan을 위해 미국 Biodex사의 PET PERFORMANCE Phantom을 사용하였다. Phantom안에 멸균 증류수를 채워 넣었고 18F-FDG를 74MBq을 멸균증류수와 희석하여 사용하였다. 사용한 PET/CT장비는 Philips사의 GEMINI TF 16을 사용하여 영상을 획득하였다.



[Figure 2] Making teeth model

## 2.2 방법

### 2.2.1 Silicon두께에 따른 왜곡 분석

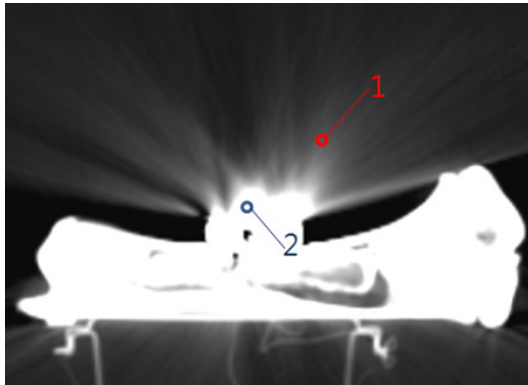
Silicon 두께에 따른 영상의 왜곡분석을 확인하기 위해 0.5cm두께의 사각형 형태의 실리콘을 겹쳐서 두께를 증가시키면서 5회 촬영을 실시하였다. Silicon의 두께를 0.5cm, 1cm, 1.5cm로 조절 하여 금속성 충전물이 있는 치아모형을 감싸 사용하였다. 먼저 CT영상을 획득한 뒤 바로 PET영상을 획득하였다. CT영상을 획득하기 위해 140kVp, 50mA의 노출조건과 4mm의 절편두께로 CT영상을 획득하였고 PET영상은 1min/bed의 조건으로 총 2분 획득하였다.

### 2.2.1 관전압 변화에 따른 왜곡 분석

관전압 변화에 따른 영상의 왜곡분석을 확인하기 위해 관전압을 90kVp, 120kVp, 140kVp까지 변화를 주며 각각 5회 영상을 획득하였다. 각 관전압별로 CT영상을 획득한 뒤 바로 PET영상을 획득하였다. CT영상을 획득하기 위해 140kVp, 70mA의 노출조건과 4mm의 절편두께로 CT영상을 획득하였고 PET영상은 1min/bed의 조건으로 총 2분 획득하였다.

## 2.3 영상분석

영상분석은 EBW 3.5version을 이용하여 영상을 분석하였다. 첫째 Silicon의 두께를 달리한 CT영상에서 Bright Streak(BS)영역과 Dental Implant(DI)영역의 동일한 위치에 ROI(Region Of Interest)를 설정하여 HU를 측정 후 PET영상에서 동일한 위치에 ROI를 설정하여 SUV를 측정하였다. 둘째 관전압을 달리한 CT영상에서 Bright Streak(BS)영역과 Dental Implant(DI)영역의 동일한 위치에 ROI(Region Of Interest)를 설정하여 HU를 측정 후 PET영상에서 동일한 위치에 ROI를 설정하여 SUV를 측정하였다.



[Figure 3] ROI of bright streak(1), dental implant(2)

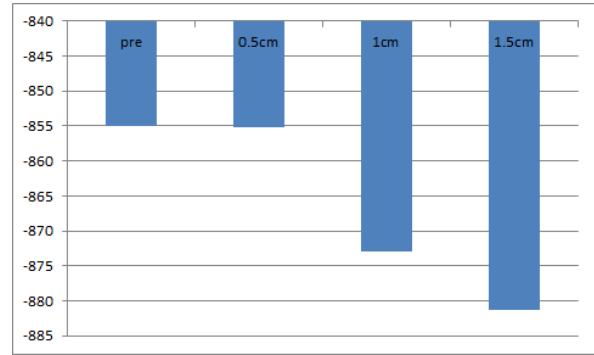
### 3. 결과

#### 3.1 Silicon 두께에 따른 분석

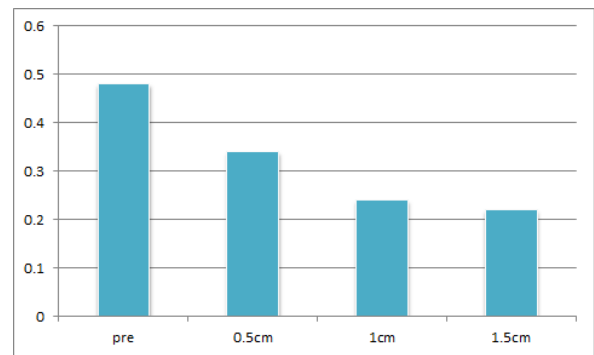
Silicon의 두께를 다르게 하였을 때의 CT영상에서 HU의 변화를 확인한 결과 Bright Streak 영역에서는  $-855 \pm 28.8$ 에서  $-881.3 \pm 61.1$ 로 3% 감소되었다. Dental Implant부위의 HU는 2976에서 변화가 없었다. PET영상에서 SUV의 변화는  $0.48 \pm 0.04$ 에서  $0.22 \pm 0.04$ 로 57.1% 감소가 되었다. 그러나 Silicon의 두께가 1cm이상 부터는 SUV의 변화는 거의 없었다.

<Table 1> Chnage of HU and SUV when increase silicon thickness

	HU		SUV
	BS	DI	
pre	$-855 \pm 28.8$	2976	$0.48 \pm 0.04$
0.5cm	$-855.2 \pm 26.4$	2976	$0.34 \pm 0.04$
1.cm	$-873 \pm 29.2$	2976	$0.24 \pm 0.04$
1.5cm	$-881.3 \pm 61.1$	2976	$0.22 \pm 0.04$



A



B

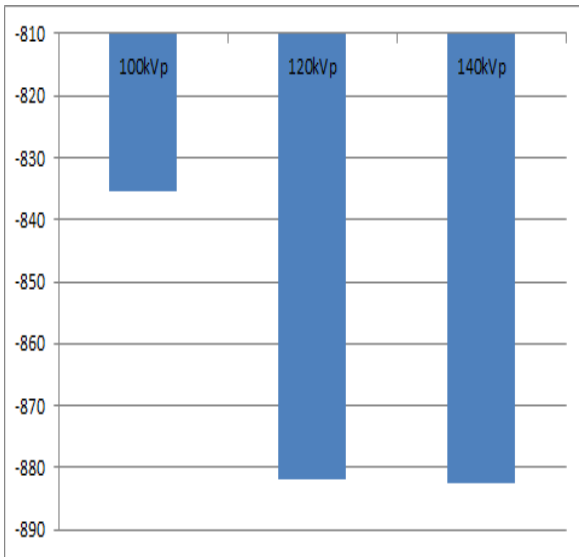
[Figure 4] Change of HU(A) and SUV(B) of when increase silicon thickness

#### 3.2 관전압 변화에 따른 분석

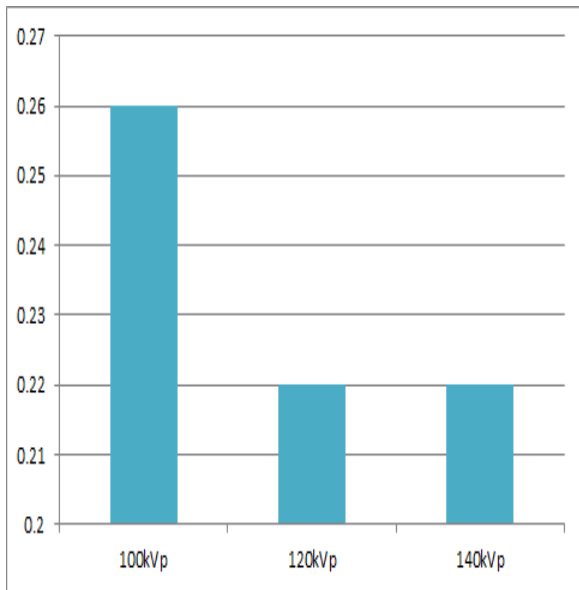
관전압을 증가하였을 때 CT 영상에서 HU의 변화를 확인한 결과 Bright Streak영역에서는  $-835.6 \pm 20.4$ 에서  $-882.4 \pm 21.6$ 로 5.4%감소 되었다. Dental Implant부위의 HU는 2976에서 변화가 없었다. PET 영상에서 SUV의 변화는  $0.26 \pm 0.04$ 에서  $0.22 \pm 0.04$ 로 거의의 변화가 없어 관전압은 SUV에 영향을 미치지 않았다.

<Table 2> Change of HU and SUV according when increase kVp

	HU		SUV
	BS	DI	
100kVp	$-835.6 \pm 20.4$	2976	$0.26 \pm 0.04$
120kVp	$-881.8 \pm 61.1$	2976	$0.22 \pm 0.04$
140kVp	$-882.4 \pm 21.6$	2976	$0.22 \pm 0.04$



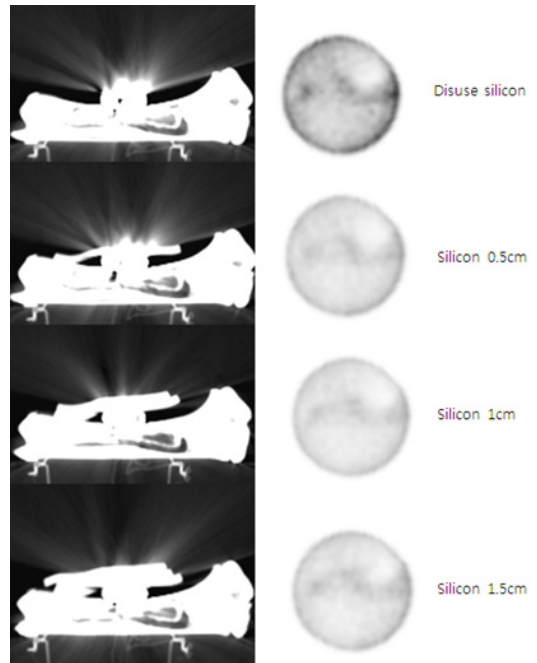
A



B

[Figure 5] Change of HU(A) and SUV(B) when increase kVp

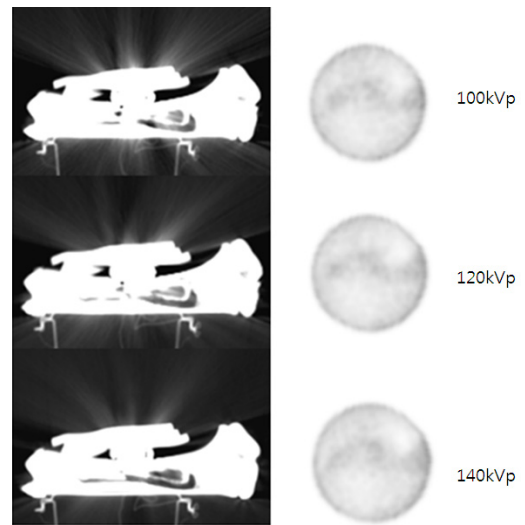
영상을 통한 변화를 확인하였을 때 Silicon의 두께를 증가시켰을 때 CT에서 발생하는 Bright Streak 및 Dark Streak이 줄어들었다. 또한 PET영상에서 Silicon을 사용하지 않았을 때 발생된 인공음영은 두께 0.5cm Silicon을 사용하였을 때 인공음영이 감소되었으나 그 이후로는 육안으로 확인하였을 때 큰 변화가 없었다. 관전압을 증가시켰을 때 CT에서 발생하는 Bright Streak 및 Dark Streak이 감소가 되었으나 PET영상에서는 kVp변화와 관계 없이 큰 변화는 없었다.



A

B

[Figure 3] Change of CT(A) & PET(B) image of the silicon thickness



A

B

[Figure 3] Change of CT(A) & PET(B) image of the kVp

#### 4. 결론 및 고찰

PET/CT가 상용화되면서 PET의 감쇠보정을 위해서 CT영상이 주요하게 이용이 되고 있다[4]. 두경부 PET/CT를 시행할 경우 환자에게서 제거할 수 없는 금속성 치아충전물이 있을 경우 CT영상에서는 인공음영이 발생할 것이다. PET영상에서 발생하는 여러 인

공음영은 CT영상에서 발생하는 여러 감쇠보정인자에 의해 기인한다. 구강 내에 존재하는 금속성 충전물도 인해 CT영상에서는 왜곡이 발생하고 PET영상에서는 과 보정으로 인하여 인공음영이 발생한다. 김등은 두경부 PET/CT를 시행할 경우 금속성 치아충전물이 있는 경우 CT 영상에서 HU의 상승으로 인해 PET영상에서의 왜곡 발생 및 SUV의 상승을 초래한다고 하였다 [5]. 틀니와 같은 구강 내 충전물의 경우 검사 전 제거가 가능하나 금속성 임플란트와 같은 고정식 충전물은 제거할 수 가 없다. 이런 금속성 치아 충전물도 인해 CT영상에서는 선속경화현상으로 인한 Bright Streak영역과 HU가 낮게 측정되는 Dark Streak영역이 발생하게 된다. 이런 Bright Streak 영역 및 Dark Streak 영역에 의해서 PET영상의 왜곡이 발생하게 되어 두경부 PET/CT 촬영 시 영상의 질 저하와 두경부 질환의 진단능력의 저하로 이어질 수 있다. 따라서 본 연구에서는 CT영상의 선속경화현상을 저감시키는 동시에 PET영상에서의 왜곡감소의 방법을 제시하기 위해 연구를 실시했다. 첫째로 Silicon을 이용한 방법을 제시하였다. Kim은 두경부 CT검사 시 금속물질에 의해 발생하는 인공물을 감소시키기 위해 실리콘을 이용하여 실험한 결과 Silicon으로 금속물질을 shield한 결과 HU가 낮아 졌고 영상의 화질평가에서도 좋은 평가를 받았다[6]. 연구 결과 금속성 치아충전물 주위를 감싼 실리콘의 두께가 두꺼워 질수록 CT영상에서의 왜곡이 감소되었고 HU는 Bright Streak영역에서는 3% 감소되었다. PET영상에서 SUV는 57.1% 감소가 확인이 되어 치아충전물 주위에 Silicon을 채워 넣을 경우 선속경화현상을 감소시키는데 유용함을 확인할 수 있었다. Silicon의 경우 여러 형태로 가공하기가 수월하기 때문에 두경부 뿐만 아니라 다른 부위에서 발생하는 선속경화현상을 감소시킬 수 있을 것으로 생각이 된다. 대부분의 CT 장비에서는 120kVp 이상의 고관전압이 사용되는데 이는 피사체를 투과하여 검출기에 도달되는 X-선량을 증가시켜 검출기의 반응성을 최대화시키기 위함으로 연부조직에 대한 뼈의 대조도를 감소시키고 피사체 내의 심한 감약 차이로 인해 발생하는 선속경화 효과 등에 의한 아티팩트의 발생을 억제하고, 연부조직 내의 근소한 감약계수 차이를 감지하기 위함이다 [7]. 따라서 본 연구에서도 관전압의 변화에 따른 CT와 PET영상의 변화를 확인하였다. 관전압을 100kVp에서 140kVp로 증가시켜 촬영을 하였을 경우 HU는 Bright Streak영역에서는 4.6% 감소되었으나 PET에서 SUV는 거의 변화가 없었다. 영상을 통해서 육안으로 확인하였을 때 CT영상에서 인공음영은 관전압이 높아질수록 줄어드는 것을 확인 할 수 있었다. CT의

관전압이 낮으면 전자밀도가 낮은 골조직에 가까운 물질일수록 HU가 커지므로 [8] 관전압을 상승시켜 HU를 낮게 할 수가 있다. Sigel은 소아검사시 kVp를 140에서 80으로 감소할 경우 선량은 78%가 감소한다 하였고 [9] 심질환 환자 검사시 관전압을 120kVp에서 100kVp로 감소시 선량이 53% 감소한다고 보고하였다 [10]. 관전압을 증가시켜 영상을 획득 할 경우 CT영상에서 인공음영은 감소가 되었으나 PET영상에서의 변화는 없음을 실험을 통하여 확인하였다. 결국 CT영상에서의 인공음영을 감소시키기 위해 관전압을 증가시키면 환자의 피폭선량을 증가되는 문제점이 발생하게 된다. 따라서 방사선을 이용한 영상 획득 시 ALARA(As Low As Reasonably Achievable)의 원칙을 고려하여 최대한 방사선피폭이 낮게 유지해야 하는 원칙에 따라 적절한 판단이 요구될 것으로 생각이 된다. 본 연구에서는 금속성 치아 충전물에 의한 인공음영을 감소시키기 위해 Silicon형태의 충전물을 사용하는 방법과 관전압을 상승시키는 두 가지 방법에 대하여 실험을 하였다. 두 방법 모두 CT영상 및 PET영상에서의 인공음영감소에 효과가 있었으나 환자의 안전을 고려한다면 방사선 피폭이 적게 발생하는 Silicon 충전물을 사용하는 방법이 적절할 것으로 사료가 된다.

## 5. Reference

- [1] Wahl, R.L. (1999), "To AC or not to AC : that is the question", J Nucl Med, 40:2046-2053.
- [2] Park, S.Y. Bae, J.M. Kim S.W. et al., (2009), "Effectiveness of Positron Emission Tomography in the Pre-operative Staging of Gastric Cancer, J Korean Gastric Cancer Assoc, 9(3):110-116.
- [3] Goerres, G.W. Ziegler, S.I. Gurger C. et al., (2003), "Artifacts at PET and PET/CT acused by metallic hip prosthetic material", Radiology, 226:577-584.
- [4] Claude Nahmias, Catherine Lemmens, David Faul et al., (2008), "Dose Reducing CT Artifacts from Dental Implants Influence the PET Interpretation in PET/CT Studies of Oral Cancer and Head and Neck Cancer?." 49:1047-1052.
- [5] Kim, K.J. Bea, S.B. Han, S.H. et al., (2012), "The Effect of Metal Dental Implant on

Positron Emission Tomography Comuted Tomography Image." SDPM, 10(2):243-247.

[6] Kim, H.J.(2010), "Study for Improving Image Quality by Reducing High Contrast(Metallic) Artifact in Head & Neck CT Scan." Graduate School of Soonchunhyang University

[7] Textbook of Computed Tomography, CHUNGU, 13-16, 26-36, 64, 76.

[8] Kang, S.K. Cho, B.C. Park, H.C. et al.,(2004), "The Effects of the CT Voltages on the Dose Calculated by Commercial RTP System." Korean Journal of Medical Physics,

15(1):23-29.

[9] Sigal-Cinqualbre A.B. (2004), "Low Kilovoltage Multi-Detector Row Chest CT in Adults:Fesibility and Effect on Image Quality and Iodine Dose", Radiology, 231(1):169-174.

[10] Dischoff B,(2009), "Impact of a Reduced Tube Voltage on CT Angiography and Radiation Dose:Results of the PROTECTION I Study", JACC Cardiovasc Imaging, 2(8):940-946.

저 자 소 개

김 기 진



2009.2 전북대학교 방사선 과학기술학과 (이학석사)  
 2000.2 - 2014.2 건양대학교 병원 핵의학과  
 2014.3 - 현재 건양대학교병원 영상의학과  
 2013.3 - 현재 건양대학교 방사선학과 겸임교수

관심분야 : 핵의학, 방사선물리학, 방사선계측학, 방사선관리학, 방사선생물학

주소 : 대전광역시 서구 가수원동 건양대학교병원 본관 1층 영상의학과

유 세 중



2008.3-2010.2 건양대학교 보건학석사  
 2010.3-2013.8 건양대학교 보건학박사  
 2002.3-현재 건양대학병원 영상의학과  
 (현) 건양대학병원 영상의학과 팀장  
 (현) 건양대학교 방사선학과 겸임교수

관심분야 : 방사선학, 보건의료, 보건의료정책, PACS, 의료사진학, 디지털영상학

주소 : 대전광역시 서구 가수원동 건양대학교병원 본관 1층 영상의학과

김 가 중



2006년 8월 : 고려대학교 의학 물리학과(이학석사)  
 2010년 8월 : 전북대학교 방사선 과학기술학과(이학박사)  
 2000년 2월 ~ 2010년 2월 : 건양대학교병원 방사선종양학과  
 2010년 3월 ~ 현재 : 극동대학교 방사선학과 학과장

관심분야 : 방사선 물리, 방사선종양학, 방사선 계측

주소 : 충북 음성군 감곡면 대학길 76-32 극동대학교 방사선학과

김 정 호



2005.9-2009.2 건양대병원 방사선종양학과  
 2008.3-2013.8 전북대학교 이학석사  
 2009.2-2010.8 부산대병원 영상의학과  
 2011.9-현재 건양대병원 방사선종양학과

(현) 건양대학병원 방사선종양학과 파트장

관심분야 : 방사선학, 물리학, 계측학, 방사선방호, 방사선생물학

주소 : 대전광역시 서구 가수원동 건양대학교병원 암센터 지하1층 사이버나이프