

# 유방조직등가 팬텀을 이용한 디지털유방촬영장치의 FFDM과 DBT의 선량과 영상품질에 대한 융합 연구

유영신<sup>1</sup>, 한동균<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>삼성서울병원 영상의학과 방사선학과, <sup>2</sup>울지대학교 방사선학과 교수

## A study of dose and image quality with Convergence FFDM and DBT using tissue-equivalent phantom in digital mammography

Young-Sin Yoo<sup>1</sup>, Dong-Kyoon Han<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>RT, Dep. Radiology, Samsung Seoul Hospital

<sup>2</sup>Professor, Dep. Radiological Science, Eulji University

요 약 본 연구는 디지털 유방촬영장치의 DBT(Digital Breast Tomosynthesis)와 FFDM(Full Field DigitalMammography)의 비교를 위해 유방조직등가팬텀을 이용하여 두께와 밀도를 변화시켜 선량 및 화질을 평가하여 DBT의 유용성을 평가하였다. 측정 결과 평균유선선량은 팬텀 두께 6 cm이상·밀도 70% 이상일 때, 두께 7 cm이상·밀도 50% 이상일 때 FFDM 보다 DBT가 낮은 것을 알 수 있었다. 영상 측정 결과, 섬유소는 DBT에서 우수하다고 측정 되었고, 작은 석회화 그룹과 종양에서는 FFDM 이 우수하였다. 유방의 복잡한 조직과 유사한 BR3D 팬텀에서는 모든 두께와 섬유소, 석회화 및 종양 그룹 모두 DBT 가 우수하다고 측정 되었다. DBT는 FFDM보다밀도가 높고 두께가 두꺼운 두께가 두껍고 밀도가 높은 유방에서 영상 품질 우수하고 낮은 선량을 제공함으로써, 한국 여성의 많은 분포를 차지하는 치밀유방에 더 유용할 수 있을 것이라 사료된다.

주제어 : 유방촬영, 평균유선선량, FFDM, 토모신테시스, DBT

**Abstract** In this study, we measure dose against various density and thickness using phantom to compare FFDM to DBT of Digital mammography equipment and evaluate usefulness of DBT through compare the image quality of FFDM and DBT. We use mammography equipment, Selenia Dimensions ; this is able to examine breast by both FFDM and DBT, The results are that when the thickness of phantom is 6cm or more and density is 70% or more and the thickness of phantom is 7cm or more and density is 50% or more, AGD of DBT is lower than that of FFDM. The evaluation results of image quality are that in the tumor and small calcification group that composed by mammary tissue and fat, FFDM is great and in fibrin, DBT is great. But in the all thicknesses of BR3D phantom that reflected overlapped tissue of breasts, DBT is great in calcification group, fibrin and tumor. DBT is greater image quality and lower dose more than FFDM in Thick and high density breast, Therefore, DBT is more useful in Korean women's breast that is characterized dense breast than FFDM.

**Key Words** : Mammography, Average Glandular Dose, FFDM, Tomosynthesis, DBT

\*Corresponding Author : Dong-Kyoon Han(handk@eulji.ac.kr)

Received November 2, 2018  
Accepted February 20, 2019

Revised February 8, 2019  
Published February 28, 2019

## 1. 서론

유방암은 세계적으로 발생률이 빠르게 증가하는 질환이며, 유방암에 의한 사망률을 줄이기 위해 조기 발견 및 진단은 매우 중요한 요소이다[1,2]. 우리나라에서도 유방암은 여성암중 갑상선암 다음으로 많은 질환으로써 2011년 15,942명에서 2015년 19,142명으로 약 20% 증가하였다[3,4]. 유방암의 발생률이 빠르게 증가하는 추세이지만, 적극적으로 시행하는 유방암 검진 사업으로 인하여 조기 발견률이 높아 다른 암에 비해 높은 생존율을 띄고 있다. 유방암검사를 위한 영상의학검사는 유방X선 검사, 유방 초음파, MRI등이 있지만, 그 중 가장 기본적으로 시행하면서, 유방암의 주요 소견인 미세석회화에 대하여 해상력이 우수한 유방X선 검사를 많이 이용하고 있다[5-7]. 유방X선 검사는 최근 디지털 융복합 기술의 발달과 더불어 필름-스크린 시스템에서 디지털과 융합하여 영상의 후처리(post-processing)가 가능한 디지털유방촬영장치(Full Field Digital Mammography)로 빠르게 전환되고 있다[8]. 디지털 유방X선 검사는 유방질환에 대한 진단에 유용한 방법이지만, 우리나라 여성의 50%를 차지하는 치밀 유방에 대한 검사는 병변 식별력이 떨어진다는 단점과, 3차원적인 해부학적 구조를 2차원 영상으로 나타내 진단에 제한적이며, 유방의 복잡한 해부학적구조가 유방X선 검사에서 영상판독에 제한적이며, 잘못된 진단으로 인하여 재검사를 초래하기도 한다[9-11]. 이러한 단점을 해결하기 위해 CT장비의 단층촬영 원리를 응용한 디지털 유방단층촬영(Digital Breast Tomosynthesis)기술이 개발되어, 다양한 각도에서 얻은 영상을 재구성할 수 있게 되었다[12]. 하지만 방사선 감수성이 높은 유방의 유선조직에 X선 검사에 사용되는 피폭에 의한 암의 발생 가능성 때문에 피폭선량이 더욱 중요시 되고 있다[13]. 디지털 유방단층촬영은 디지털유방촬영장치보다 낮은 선량이 사용되지만 다양한 각도로 X선이 조사 되기 때문에 디지털유방단층촬영의 선량에 대한 관심이 높아지고 있다.

따라서 본 연구는 디지털 유방촬영장치의 FFDM(Full Field Digital Mammography)과 DBT(Digital Breast Tomosynthesis)의 선량과 영상품질의 비교를 위해 유방 조직등가팬텀을 이용하여 밀도와 두께를 변화시켜 얻어진 선량 및 영상 데이터를 이용하여 비교 분석을 통한 유용성을 평가하고자 한다.

## 2. 연구 대상 및 방법

### 2.1 연구대상

#### 2.1.1 유방촬영장치와 선량측정기

유방촬영장치는 표준 팬텀을 이용한 관전압 재현성 시험 및 정도관리 품질관리를 통과한 MR-200-49 형식의 FFDM 과 DBT 모두 가능한 디지털 유방촬영장치(Selenia Dimension, Hologic, USA)를 사용하였고, 평균 유선선량 측정을 위해 유방 전용 선량계(Unfos-Xi detector, Unfors Instruments Inc. New Milford)를 사용하였다(Fig.1).



Fig. 1. Used Device.

(A: Mammography, B: Dosimeter)

#### 2.1.2 유방전용팬텀

밀도와 두께에 따른 선량 비교를 위해 조직등가 물질의 유방전용팬텀 (012A, CIRS, USA) 중 유선조직과 지방조직의 비율이 3:7, 5:5, 7:3의 유방 내부구조의 실질과 유사한 양상을 갖는 평판형 조직등가 팬텀인 BR3070, BR5050, BR7030을 사용하였으며, FFDM 과 DBT의 영상 품질 비교를 위해 010A, 010B, 010C와 BR3D(020, CIRS, USA) 유방팬텀을 사용하였다. 팬텀 크기는 10 × 12.5 cm이며, 각 팬텀마다 두께 2 cm, 1 cm, 0.5 cm 각 2개씩으로 7 cm까지 평가가 가능한 팬텀을 사용하였다(Fig. 2).

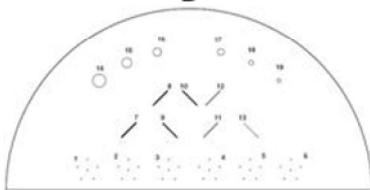
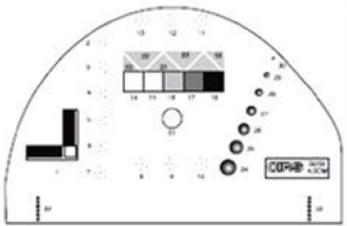
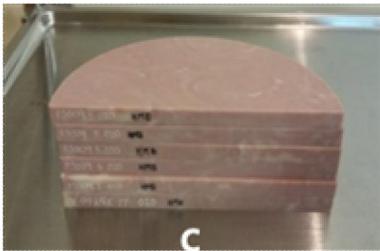
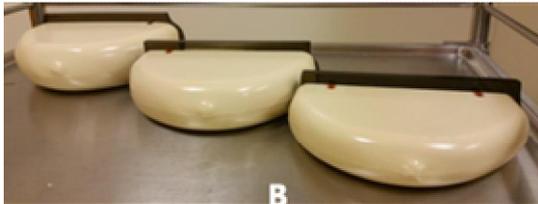
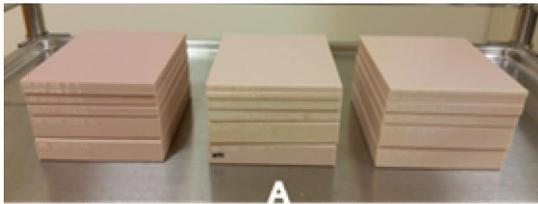


Fig. 2. Used mammo graphy phantom.  
 (A: BR3070, BR5050, BR7030 phantom,  
 B: 010A, 010B, 010C phantom,  
 C: BR3D phantom,  
 D: 010A, 010B, 010C target map of phantom,  
 E: BR3D target map of phantom)

## 2.2 팬텀을 이용한 FFDM 과 DBT 의 선량측정

### 2.2.1 팬텀 두께에 따른 선량 측정

FFDM 과 DBT 의 유방의 두께에 따른 선량을 측정하기 위해 지방 및 유선조직의 비율이 3:7, 5:5, 7:3 인 유방의 조직등가 팬텀 BR3070, BR5050, BR7030을 사용하여 두께를 1 cm씩 증가시키면서 2~7 cm 까지 자동노출조건을 사용하여 각 팬텀마다 두께별로 10회씩 측정하였다. 유방용 선량계는 장치의 지지대에 유방조직등가팬텀과 같이 위치시키고 X선을 조사하여 입사선량을 측정하고, 평균유선선량은 측정된 선량값에 관전압과 반가층을 반영한 변동계수를 이용하여 변환하였다. 팬텀의 두께별로 FFDM 과 DBT 의 평균유선선량을 비교 분석하였다.



Fig. 3. Position of phantom and dosimeter for measurement of AGD

### 2.2.2 팬텀 밀도에 따른 선량 측정

유방의 밀도에 따른 선량 비교 위해 조직등가팬텀인 BR3070, BR5050, BR7030 의 평균유선선량과 입사선량을 측정하여 밀도에 따른 FFDM 과 DBT 의 평균유선선량을 비교 분석하였다.

## 2.3 영상품질평가

FFDM 과 DBT 의 영상품질평가를 위하여 모조병소간의 식별력을 비교위해 010A, 010B, 010C 와 BR3D 팬텀을 동시에 촬영하여 영상을 얻었으며, 영상의학과 전문의 2명과 임상경력 5년 이상의 방사선사 3명이 정성적으로 다른 크기의 작은 석회화 그룹(Specks), 섬유소 그룹(Fiber), 종양 그룹(Mass)을 평가하여 모조병소간 식별력을 비교하였다.

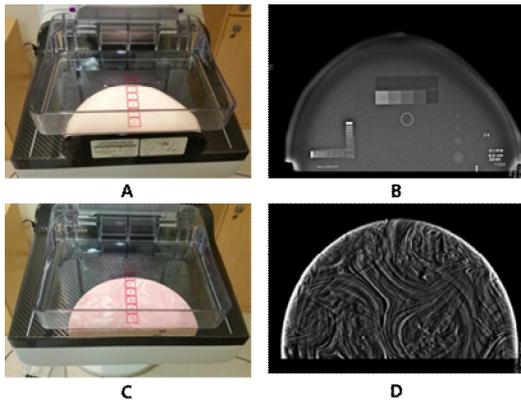


Fig. 4. Experimental process  
 (A: 010A, 010B, 010C, B: Mammography image of 010A, 010B, 010C C: BR3D D: Mammography image of BR3D)

### 2.3 데이터 분석

측정된 선량 및 영상 데이터를 통계적 검증을 위해 SPSS (v.22.0, SPSS, Chicago, IL, USA) 프로그램의 Mann-Whitney U test를 사용하였다. 이 때 p값은 0.05 이하일 경우 유의성이 있는 것으로 판단하였다 ( $p < 0.05$ ).

## 3. 결과

### 3.1 팬텀을 이용한 FFDM 과 DBT 에 따른 선량 결과

#### 3.1.1 팬텀 두께에 따른 평균유선선량

실험 결과 두께가 두꺼워질수록 FFDM 과 DBT 모두에서 평균유선선량이 점점 증가하였으며 유방 두께에 따라 통계적으로도 매우 강한 양의 선형관계가 있었다 (Pearson's correlation coefficient,  $r(\text{FFDM})=0.892$ ,  $r(\text{DBT})=0.936$ ,  $p < 0.001$ ). 2~5 cm에서는 DBT가 FFDM보다 평균유선선량이 높게 측정되었으며, 통계적으로 검증한 결과 유의한 차이가 있다고 검증되었다 ( $p < 0.05$ ).

하지만 6 cm에서의 평균유선선량이 DBT 3.6 mGy, FFDM 3.34 mGy로 측정되어 FFDM 보다 DBT가 약 5.3% 높게 측정되었지만, 통계적으로는 검증한 결과 유의한 차이를 나타내지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

그리고 7 cm에서의 평균유선선량은 DBT 5.5 mGy, FFDM 5.71 mGy로 측정되어 DBT가 3.7% 낮았으며 통계적으로 유의한 차이가 있다고 검증되었다 ( $p < 0.05$ ).

Table 1. AGD of phantom (mGy)

Thickness S (cm)	FFDM			DBT		
	30	50	70	30	50	70
2	0.29	0.32	0.35	0.61	0.68	0.77
3	0.51	0.58	0.68	0.87	1	1.1
4	0.83	0.96	1.16	1.35	1.43	1.72
5	1.39	1.61	2.11	2.14	2.32	2.53
6	2.57	3.29	4.17	3.18	3.52	4.11
7	4.36	5.71	7.13	4.75	5.35	6.4

Table 2. AGD of thickness as phantom (mGy)

Thickness (cm)	FFDM	DBT	p-value
2	0.32±0.03	0.69±0.06	<0.001
3	0.59±0.07	0.99±0.09	<0.001
4	0.98±0.14	1.49±0.16	<0.001
5	1.71±0.31	2.34±0.16	<0.001
6	3.34±0.66	3.6±0.39	0.074
7	5.71±1.13	5.5±0.69	0.387

#### 3.1.2 팬텀 밀도에 따른 평균유선선량

팬텀 밀도에 따른 평균 유선선량은 FFDM 과 DBT에서 측정된 결과, 팬텀 두께 2~5 cm 까지에서는 밀도와 상관없이 DBT의 평균유선선량이 높은 것으로 측정되었다.

하지만 6 cm에서는 밀도 70% 이상에서, 7 cm에서는 밀도 50% 이상에서 DBT의 평균유선선량이 FFDM 보다 낮게 측정되었으며, 통계적으로 검증한 결과 유의한 차이를 나타내지 않았다.

Table 3. ASD of FFDM and DBT as density of phantom (mGy)

Density (%)	FFDM	DBT	p value
30	1.65±1.42	2.15±1.45	0.062
50	2.09±1.92	2.38±1.63	0.361
70	2.58±2.38	2.77±1.97	0.648

### 3.2 영상품질평가

모조병소간 식별력 평가를 위해 010A, 010B, 010C 팬텀의 작은 석회화 그룹, 섬유소 그룹, 종괴그룹의 영상을 평가한 결과, 작은 석회화 그룹의 총 합계에서는 FFDM이 가장 높은 점수로 측정되었지만, 크기가 작은 석회화 그룹에서는 DBT가 가장 높은 점수를 얻었다. 섬유소 그룹은 팬텀 모두에서 DBT가 가장 높은 것으로 측정되었으며, 종괴그룹에서는 FFDM이 가장 높게 측정되었다. BR3D 팬텀의 평가 결과는 DBT가 모든 두께에서 높게 측정되었다.

Table 4. Assessment of image quality in 010A, 010B, 010Cv phantom

Phantom	Image method	SPECKS (vertical 2~7)	SPECKS (posterior 8~10)	SPECKS (anterior 11~13)	FIBERS	MASSES
010A	FFDM	5.71	3	3	4	6.79
	DBT	4.92	3.29	2.42	4.14	6.21
010B	FFDM	5.71	3	3	4	5.64
	DBT	5.14	3.14	3	4	5.35
010C	FFDM	5.71	2.92	3	3.92	5.93
	DBT	4.86	3.07	2.93	4.29	5.57

## 4. 고찰

현재 유방X선 검사는 유방암 진단에 있어 필수 검사로써 가장 먼저 시행되고 있다. 기술의 발전과 더불어 기존의 유방 X 선 검사 기술의 한계점을 개선하기 위하여 3차원 breast Tomosynthesis 장치가 개발되었고, 디지털과 융합한 Digital Breast Tomosynthesis(DBT)는 2011년 미국 FDA에서 승인되었다. DBT는 초기 진단의 정확성을 높일 수 있으며, 재검사율을 낮춰 환자의 비용과 피폭선량을 줄일 수 있고, 검사시 유방의 압박에 가하는 압력을 낮춰도 유방의 내부 조직을 1mm단위로 세밀하게 진단이 가능하여 우리나라의 한국보건산업진흥원에서도 기술개발의 필요성을 강조하고 있다[14]. 하지만 장비를 회전시키며 다양한 각도에서 영상을 획득함으로써 환자의 유선선량 문제가 대두되었다[13]. 이에 디지털 유방촬영장치의 FFDM과 DBT 비교 위해 조직등가팬텀을 이용하여 두께와 밀도를 변경하여 평균유선선량 및 영상 품질을 비교 분석하여 유용성을 평가했다. 본 연구에서

팬텀을 이용하여 측정된 평균유선선량의 총 합은 DBT가 FFDM보다 약 15%가 높게 측정되었다. 하지만 팬텀 두께 6cm 이상, 밀도가 70% 이상일 때, 두께 7cm 이상 밀도가 50% 이상일 때 DBT가 FFDM에 비해 평균유선선량(AGD)이 낮게 측정되었다. 또한 BI-RADS 범주에 비교한 결과 한국여성의 40~59세에서의 3, 4의 비율이 제일 높아 한국여성의 유방은 밀도가 높은 치밀 유방의 특성을 띤다고 볼 수 있다[9]. 미국에서 선행된 연구에 따르면 641명 대상으로 한 평균 두께와 밀도를 계산한 평균유선선량에서 DBT가 FFDM보다 약 34% 높다고 보고되었지만, 대상자가 치밀 유방의 특성이 적은 서양인 기준으로서, 조직등가 팬텀 두께와 밀도의 차이가 있는 본 연구의 선량측정 결과와 선행연구와의 차이가 있다고 사료된다[15].

영상품질평가에서는 지방의 비율로 제작된 010A, 010B, 010C 팬텀에서 작은 석회화 그룹과 종괴그룹에서 FFDM이 우수하다고 측정되었고, 섬유소에서는 DBT가 우수하다고 측정되었다. 하지만 유방의 중첩된 조직과 유사한 BR3D 팬텀에서는 작은 석회화 그룹, 섬유소 그룹, 종괴그룹 모두 DBT가 우수하다고 측정되었다.

본 연구를 진행하는데 있어 유방촬영장치의 X선관에 텅스텐(W)으로만 이루어진 단일 타겟에 대한 분석결과라는 점과 ±7.5°의 각도를 사용하는 장비만 사용했다는 제한점이 있어 추후 복합물질로 이루어진 타겟과 다른 각도를 이용하는 장치에서 추가 연구가 필요하다고 사료된다. 또한 영상품질평가에서는 현재 임상에서 사용하는 모조병소를 주관적으로 점수화하는 정성적 평가를 사용했다는 제한점이 있었다. 지속적인 연구를 진행하여 정량적 평가가 행해져야 할 것이라 사료된다. 이러한 제한점에도 본 연구는 두께와 밀도를 분리하여 FFDM과 DBT의 평균유선선량을 비교하고, 영상 품질을 평가함으로써 유방의 특성에 따른 DBT의 유용성을 평가할 수 있는데 큰 의미가 있다.

## 5. 결론

DBT(Digital Breast Tomosynthesis)는 한국여성유방의 특징인 두께가 두껍고 밀도가 높은 치밀 유방에서 FFDM(Full Field Digital Mammography)보다 선량을 낮추면서 진단 가치가 우수한 영상을 제공하여 한국 여성 유방X선 검사시 더 유용하게 사용될 것이라 사료된다.

## REFERENCES

- [1] B. Y. Sim. (2016). Cancer Screening Guidelines in Korea. *The Korean Journal of Medicine*, 90(3), 224-230.  
DOI : 10.3904/kjm.2016.90.3.224
- [2] M. M. Jang. & H. S. Kim. (2017). Analysis of Factors Related to Pain Relief on Modified Mammography. *Journal of the Korean Society of Radiology*, 11(5), 413-421  
DOI : 10.7742/jksr.2017.11.5.413
- [3] The Korea Central Cancer Registry. (2013). Annual report of cancer statistics in Korea in 2011. *Ministry of Health and Welfare*.  
[http://ncc.re.kr/manage/manage03\\_033\\_list.jsp](http://ncc.re.kr/manage/manage03_033_list.jsp)
- [4] M. H. Kim. & G. S. Cheon. (2016). Changes in Spatial Resolution at Position of the Detector in Digital Mammography System. *Journal of the Korean Society of Radiology*, 10(3), 215-222  
DOI : 10.7742/jksr.2016.10.3.215
- [5] The Korea Central Cancer Registry. (2017). Annual report of cancer statistics in Korea in 2015. *Ministry of Health and Welfare*.  
<http://ncc.re.kr/cancerStatsList.ncc?searchKey=total&searchValue=&pageNum=1>
- [6] T. W. Won. (2017). Ductal carcinoma in situ arising within a fibroadenoma of breasts. *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 18(11), 454-458  
DOI : 10.5762/KAIS.2017.18.11.454
- [7] H. O. Y. Jeong. & P. G. JO. (2018). Quality Management for Mammography Equipment and Mammography. *Journal of the Korean Society of Radiology*, 12(5), 683-692  
DOI : 10.7742/jksr.2018.12.5.683
- [8] H. J. Shin. & A. Lee. (2015). Breast Cancer Screening in Korean Woman with Dense Breast Tissue. *The Korean Society of Radiology*, 73(5), 279-286.  
DOI : 10.3348/jksr.2015.73.5.279
- [9] S. H. Lee. & B. J. Kang (2018). Breast Cancer in Women Younger than 35-Years-Old: Correlation of MRI Findings with Clinicopathological Features and Immunohistochemical Subtypes *Journal of the Korean Society of Radiology*, 79(4), 196-203  
DOI : 10.3348/jksr.2018.79.4.196
- [10] Etta D. Pisano. & Constantine Gatsonis. (2005). Diagnostic Performance of Digital versus Film Mammography for Breast-Cancer Screening. *The New England Journal of Medicine*, 353(17), 1773-1783.  
DOI : 10.1056/NEJMoa052911
- [11] Skaane. P. & Bandos. Al. (2013). Comparison of digital mammography alone and digital mammography plus tomosynthesis in a population-based screening program. *Radiology*, 267(1), 47-56.  
DOI : 10.1148/radiol.12121373
- [12] Friedewald. SM. & Rafferty. EA. (2014). Breast cancer screening using tomosynthesis in combination with digital mammography. *The journal of the American Medical Association*, 311(24), 2499-2507.  
DOI : 10.1001/jama.2014.6095
- [13] Randell L. K. & Beth A. S. (2001). A survey of clinical factors and patient dose in mammography. *The International journal of Medical Physics Research and Practice*, 28(7), 1449-1454.  
DOI : 10.1118/1.1382606
- [14] Ioannis. S.& Sankararaman. S. (2007). Computation of the glandular radiation dose in digital tomosynthesis of the breast. *NIH Public Access*, 34(1), 221-232  
DOI : 10.1118/1.2400836
- [15] Olgar. T. & Kahn. T. (2012). Average Glandular Dose in Digital Mammography and Breast Tomosynthesis. *The journal of Thieme*, 184(10), 911-918  
DOI : 10.1055/s-0032-1312877

유영신(Yoo, Young Shin)

[정회원]



- 2006년 8월 : 방송통신대 교육학과 (교육학사)
- 2016년 2월 : 을지대학교 방사선학과(보건학석사)
- 2003년 3월 ~ 현재 : 삼성서울병원 영상의학과

• 관심분야 : 의료영상처리, 선량관리.

• E-Mail : blueyys7@gmail.com

한동균(Han, Dong Kyoon)

[정회원]



- 2000년 2월 : 광운대학교 전자물리학과 (이학사)
- 2003년 8월 : 고려대학교 의료정보기기학과 (의공학석사)
- 2003년 2월 : 충북대학교 의학과 (의학박사)

• 2004년 3월 ~ 현재 : 을지대학교 방사선학과 교수

• 관심분야 : CT, 선량관리, 의료영상처리

• E-Mail : handk@eulji.ac.kr