

Original Article

# 3D 프린팅 팬텀의 핵의학분야 적용 평가 - 감마카메라 중심으로

신구대학교 방사선과<sup>1</sup>, 송호대학교 방사선과<sup>2</sup>, 서울특별시 서울의료원 핵의학과<sup>3</sup>  
박훈희<sup>1</sup> · 이주영<sup>2</sup> · 김지현<sup>3</sup>

## Evaluation of Nuclear Medicine Applications of 3D Printing Phantom – Gamma Camera Centrally

Hoon-Hee Park<sup>3</sup>, Juyoung Lee<sup>2</sup> and Ji-Hyeon Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiological Technology, Shingu College

<sup>2</sup>Department of Radiological Technology, Songho College

<sup>3</sup>Department of Nuclear Medicine, Seoul Medical Center

**Purpose**

3D 프린팅 기술은 3D 스캔이나 모델링을 통하여 적층가공 방식으로 제작하는 기공기술로서 금형 없이 직접 생산이 가능하고 빠른 시간 내에 제작이 가능하여 최근 다양한 산업분야에서 본격적으로 적용되고 있다. 3D 프린팅 기술은 의료분야에 있어, 영상의학 및 방사선 치료분야에서 다양하게 활용되고 있지만 핵의학 분야에서는 관련 연구가 미비한 실정이다. 그러므로 본 연구는 기존에 적용되고 있는 핵의학분야 팬텀과 3D 프린팅 기술로 제작된 팬텀의 특성을 비교하고 적용 가능성을 평가하는데 목적을 두었다.

**Materials and Methods**

방사선 투과도 변화측정 국제기준 팬텀인 알루미늄(Aluminum) 계단 췌기(step wedge)를 기준(140mm × 62mm × 35mm)으로 PMMA(Poly Methyl Meta Acrylate)와 ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene)재질로 각각 동일한 크기의 팬텀을 제작하였다. PMMA 팬텀은 핵의학 분야에서 주로 적용되는 팬텀의 성분과 동일한 소재로 제작하였고, ABS 팬텀 제작은 3D 프린팅 기술의 액체 기반형의 SLA(Stereo Lithography Apparatus)기법을 사용하여 제작하였다. 본 연구는 SPECT/CT장비 BrightView XCT(Philips Health Care, Cleveland, USA)를 이용하여 영상 획득은 Rectangular Flood phantom(Biodex, New York, USA) <sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub> 3, 6 mCi와 <sup>57</sup>Co flood phantom(adqual, New Hampshire, USA) <sup>57</sup>Co 20 mCi를 이용하여 Aluminum, PMMA, ABS 팬텀에 대해 60 min 리스트모드(List mode)로 획득하였다. 획득한 영상의 분석을 위해 관심영역(ROI)을 설정하여 각 팬텀의 단계별로 평가하였다.

**Results**

방사선원의 종류 및 방사선량에 따라 ABS 팬텀의 계수치는 PMMA 팬텀의 계수치와 유사한 값을 나타내며, 두께의 증가에 따라 선형적으로 감소하였다. Aluminum, PMMA, ABS 팬텀의 선감약계수를 비교했을 때, Aluminum 팬텀의 선감약계수는 나머지 두 팬텀보다 수치가 높았고, PMMA, ABS 팬텀에서는 근사치의 선감약계수가 나타났다.

**Conclusion**

3D 프린팅 기술로 제작된 ABS 팬텀을 기준으로 PMMA 팬텀은 두께가 증가함에 따른 계수치의 변화가 유사하게 선형적으로 감소하였고, 선감약계수도 근사치로 나타내었다. ABS 팬텀의 핵의학 적용 가능성을 확인할 수 있었으며, 추후 연구를 통해 세부적인 교정치(correction value)를 적용한다면 활발한 적용이 가능하리라 사료된다.

**Key Words**

3D printing, PMMA(Poly Methyl Meta Acrylate), ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene), Gamma Camera

· Received: September 29, 2017 Accepted: October 20, 2017  
· Corresponding Author: **Hoon-Hee Park**  
· Address for correspondence : Department of Radiological Technology, Shingu College, 377 Gwangmyeong-ro, Seongnam, 462-743, Korea

Tel: +82-31-740-1638, Fax: +82-31-740-1589  
E-mail: hzpark@shingu.ac.kr

## 서 론

3D 프린팅 기술(3D Printing Technology)은 3차원 스캔이나 3차원 모델링을 통하여 획득된 디지털 데이터를 적층 가공 방식으로 제작하는 가공기술이며, 현재까지 많은 파생 기술이 개발되어 시제품 제작 수준에서의 활용을 넘어 각종 산업현장 및 의료분야에서 다양하게 활용되고 있다.<sup>1)</sup> 3D 프린팅 기술은 디지털 데이터로부터 금형(crack)없이 직접적인 생산이 가능하고 실물 형상의 제품을 빠른 시간 내에 제작할 수 있다는 점에서 맞춤형 소량생산 제품 활용에 매우 효과적이며, 의료 소재 및 팬텀 등으로 제작되어 의료분야에서 또한 다양한 용도로 활용되고 있다.<sup>2)</sup>

국내에서 대표적인 의료 분야 활용 사례로 코가 없는 어린이의 인공 콧구멍과 기도를 만드는 수술에 3D 프린팅 기술을 이용하여 실리콘으로 제작된 인공 기관의 이식을 성공한 사례가 있다.<sup>3)</sup> 또한 CT(Computed Tomography)나 MRI(Magnetic Resonance Imaging)같은 영상의학 기술을 기반으로 3D 프린팅 기술로 제작된 골절 모델을 이용하여 수술 전 시뮬레이션을 하고, 이를 통해 수술 계획을 세워 시간의 단축과 수술의 정확성을 높이는 등 폭넓게 활용 되고 있다.<sup>4)</sup> 이에 따라 3D 프린팅 기술과 영상의학 기술의 융합에 관련된 많은 연구가 진행되고 있는 실정이다.<sup>5)</sup>

3D 프린팅 기술은 방사선 치료 분야에서도 활발히 활용되고 있다. 최근 3D 프린팅 기술을 이용하여 제작된 전립샘팬텀으로 생체 내 선량측정을 진행하였으며, 다양한 연구를 통해 확인되고 있다.<sup>6)</sup>

하지만 핵의학 분야에서의 3D 프린팅 기술 활용은 미비하여 관련 연구가 부족하고 최근 감마카메라나 SPECT/CT와 같은 의료영상장치의 정도관리 시행여부 및 적정한 관리가 의료기관 평가 및 여러 의료관련 인증에서 평가항목 요소가 되어 중요성이 높아지고 있다. 주변 선진국에서도 핵의학 영상기기의 정도관리를 위한 자체적 표준구축을 위한 연구가 활발히 진행 중이며 일본, 유럽 등에서도 지침서를 서둘러 마련 중에 있다.<sup>7)</sup>

그러나 현재의 국내 사정은 이를 뒷받침하기 위한 전문가가 절대적으로 부족할 뿐만 아니라 시간상의 제약과 정도관리에 대한 인식 부족 등으로 정도관리가 활발히 시행되고 있지 못한 것이 현실이다.<sup>8)</sup>

이에 따라 핵의학 장비의 정도관리 측면에서 기존 핵의학 팬텀과 비교하여 3D 프린팅 기술로 제작된 팬텀(Phantom)의 물질특성을 비교 연구한다면, 핵의학 분야에서 3D 프린팅 기술을 유용하게 활용할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 본 연

구에서는 기존 핵의학 팬텀과 3D 프린팅 기술로 제작된 팬텀의 물질 특성을 비교하고 유용성을 평가하는데 목적을 두었다. 더 나아가 향후 핵의학 분야에서의 3D 프린팅 기술 활용에 기초 연구 자료로 활용하고자 한다.

## 대상 및 방법

### 1. 팬텀제작

재질에 따른 방사선의 투과도 변화를 측정하기 위해 알루미늄(Aluminum) 계단췌기(Step Wedge)를 기준으로 실측(140 mm × 62 mm × 35 mm)하여 다음 도면을 제작하였다(Fig. 1).

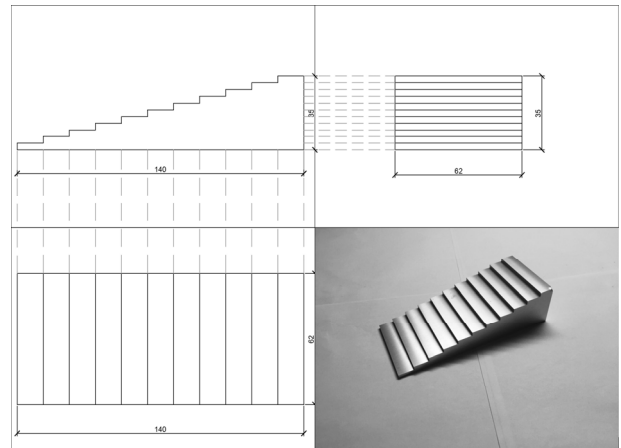


Fig. 1. Aluminum Step Wedge model(140 mm × 62 mm × 35 mm)

설계 도면을 바탕으로 PMMA(Poly Methyl Meta Acrylate)와 ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene)재질로 각각 동일한 크기의 팬텀을 제작하였다. PMMA 팬텀은 핵의학 분야에서 정도관리를 위해 사용되는 팬텀 성분과 동일한 소재를 적용하였으며, ABS 팬텀 제작은 3D 프린팅 기술의 액체 기반형의 SLA(stereo Lithography Apparatus) 기법을 사용하여 제작하였다(Fig. 2).

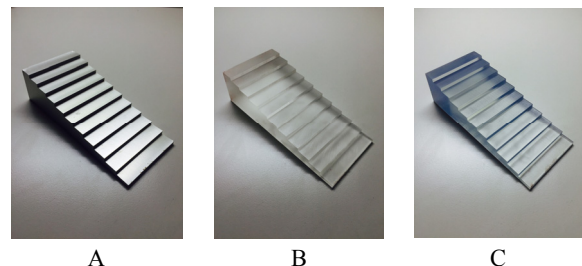


Fig. 2. PMMA phantom(B) and ABS phantom(C) are made in the same size and shape according to the Aluminum phantom(A).

## 2. 영상획득

본 연구는 SPECT/CT장비 BrightView XCT (Philips Health Care, Cleveland, USA)를 이용하였다. 영상의 획득은 장선원 Rectangular Flood Phantom(Biodex, New York, USA)  $^{99m}\text{TcO}_4$  3, 6 mCi와  $^{57}\text{Co}$  Flood Phantom(Radqual, New Hampshire, USA) 20 mCi을 사용하였으며, 각 장선원 위에 Aluminum, PMMA, ABS 팬텀을 각각 위치시킨 후 60 분간 영상을 획득하였다(Fig. 3).

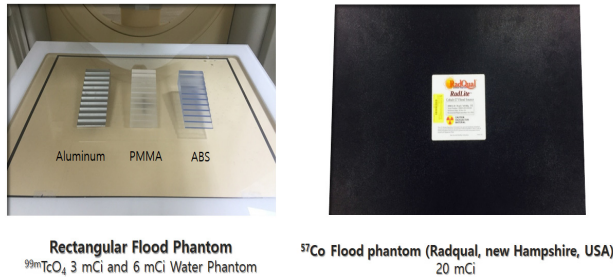


Fig. 3. Rectangular Flood Phantom and  $^{57}\text{Co}$  Flood Phantom.

## 3. 영상분석

### 1) 관심영역(ROI ; region of interest)의 설정

획득한 영상의 정확한 비교와 분석을 위해 각각의 물질별로 1 단계에서 11 단계까지 동일하게 관심영역을 설정하여 각 단계의 두께에 따른 투과 계수를 측정하였고, 동일한 크기의 관심영역을 백그라운드(Background)영역에 설정하여 투과 전 실제계수를 측정하여 각 결과값에 반영하였다(Fig. 4).

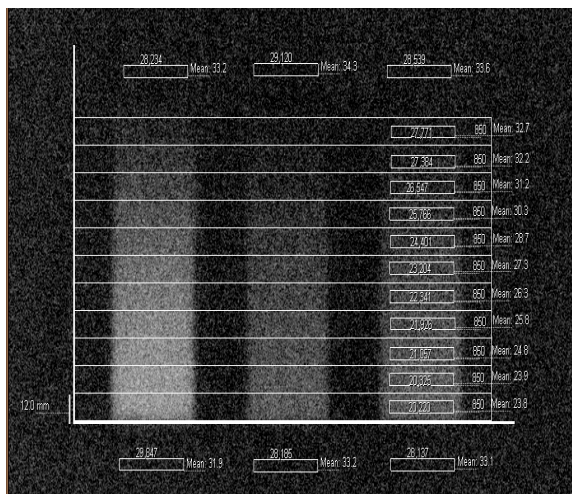


Fig. 4. Setting ROI and analysis for acquired image.

### 2) 방사성동위원소에 따른 물질별 계수 변화 비교

사용된 방사성동위원소는 Rectangular Flood Phantom  $^{99m}\text{TcO}_4$  3, 6 mCi와  $^{57}\text{Co}$  Flood phantom 20 mCi로 각각 다른 방사성동위원소를 사용함으로써 획득된 영상을 바탕으로 계수변화 차이와 그 추이를 비교 평가하였다.

### 3) 물질간 계수 차이 비교

Aluminum 팬텀을 기준으로 한 물질별 계수치 차이 비교를 위하여 계수변화 차이와 그 추이를 비교 평가하였다.

### 4) 물질별 선감약계수( $\mu$ ) 비교

공식[1]을 이용하여 팬텀의 계단째기별 재질의 두께( $x$ )에 따라 11 단계까지 선감약계수를 비교 평가하기 위하여 각 단계별 측정계수( $I$ )와 백그라운드( $I_0$ )를 바탕으로 선감약계수를 산출하였고, Aluminum, PMMA, ABS 팬텀의 물질별 선감약계수를 비교 평가하였다.

$$\mu = \frac{1}{x} \ln \frac{I_0}{I} \dots\dots\dots [1]$$

## 결 과

### 1. 방사성동위원소에 따른 물질별 계수 변화

#### 1) Rectangular Flood Phantom $^{99m}\text{TcO}_4$ 3 mCi에 대한 물질별 계수치 비교

계단째기 1 단계에서의 계수치는 Aluminum, PMMA, ABS 팬텀 순으로 26347, 28469, 27747의 값이 계수되었다. 단계가 증가함에 따라 계수치는 선형적으로 감소하였으며 11 단계에서의 계수치는 1 단계에서의 계수치에 비해 Aluminum, PMMA, ABS 순으로 50.4%, 28.5%, 27.2%가 감소하였다(Fig. 5).

#### 2) Rectangular Flood Phantom $^{99m}\text{TcO}_4$ 6 mCi에 대한 물질별 계수치 비교

계단째기 1 단계에서의 계수치는 Aluminum, PMMA, ABS 팬텀 순으로 52876, 57668, 56759의 값이 계수되었다. 단계가 증가함에 따라 계수치는 선형적으로 감소하였으며 11 단계에서의 계수치는 1 단계에서의 계수치에 비해 Aluminum, PMMA, ABS 팬텀 순으로 50.1%, 27.3%, 28.6%가 감소하였다(Fig. 6).

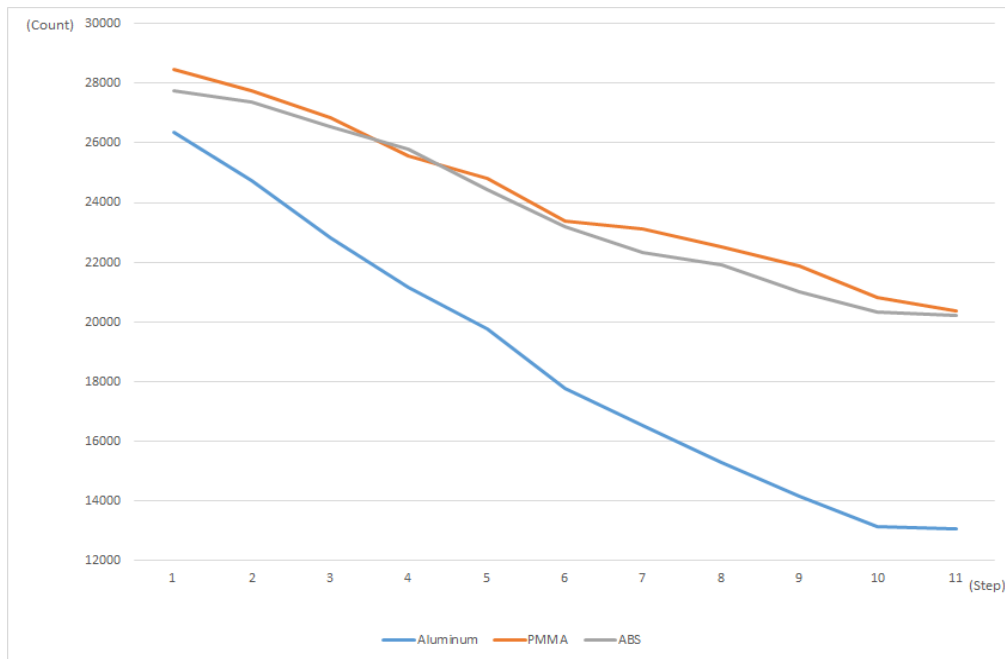


Fig. 5. Comparison graph of counts in each thickness for Rectangular Flood Phantom <sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub> 3 mCi.

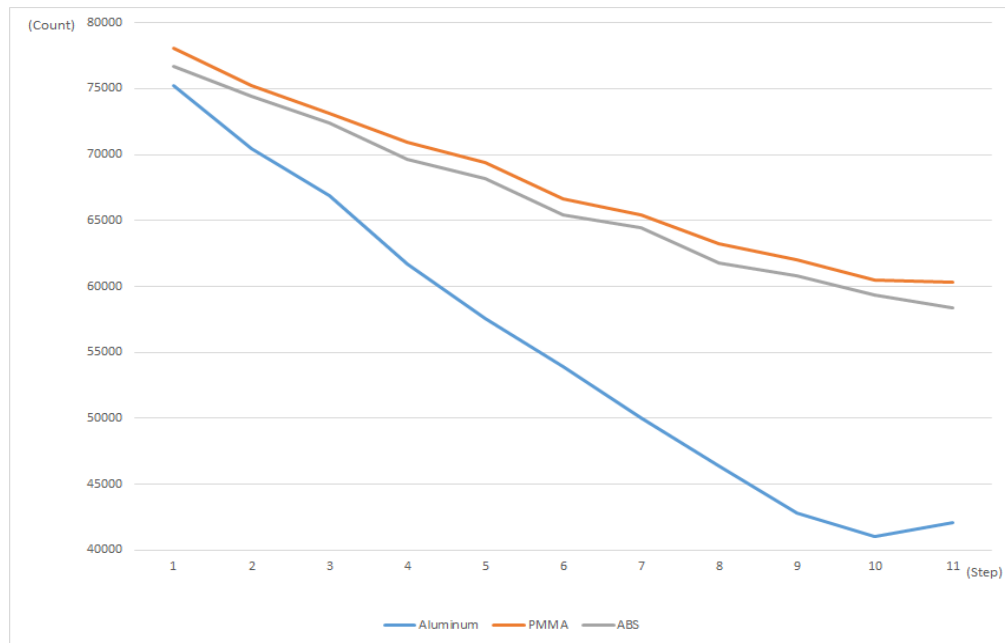


Fig. 6. Comparison graph of counts in each thickness for Rectangular Flood Phantom <sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub> 6 mCi.

3) <sup>57</sup>Co Flood Phantom 20 mCi에 대한 물질별 계수치 비교

계단째기 1 단계에서의 계수치는 Aluminum, PMMA, ABS 팬텀 순으로 75266, 78305, 76683의 값이 계수되었다. 단계가

증가함에 따라 계수치는 선형적으로 감소하였으며 11 단계에서의 계수치는 1 단계에서의 계수치에 비해 Aluminum, PMMA, ABS 팬텀 순으로 44.2%, 22.8%, 24%가 감소하였다 (Fig. 7).

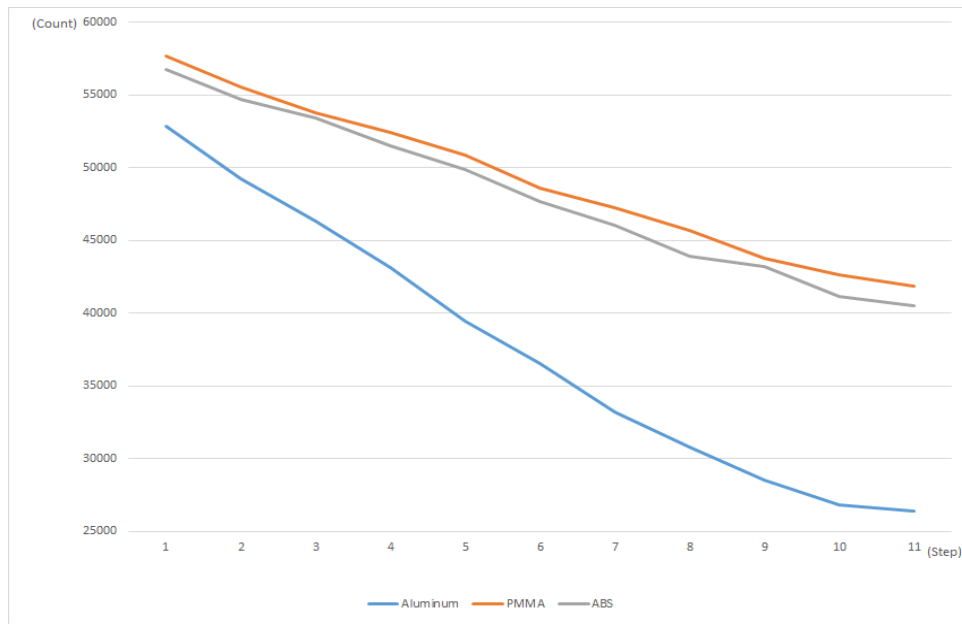


Fig. 7. Comparison graph of counts in each thickness for  $^{57}\text{Co}$  Flood Phantom 20 mCi.

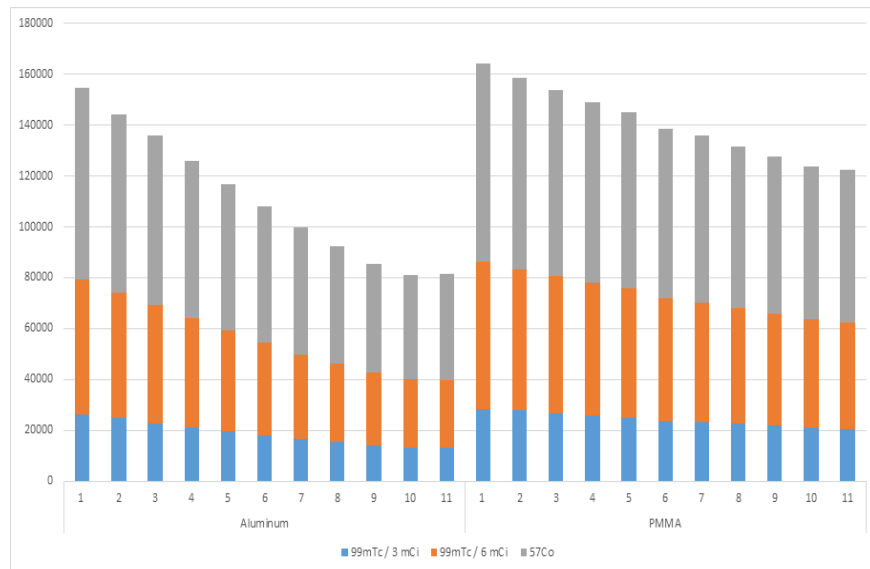


Fig. 8. Comparison diagram of counts in PMMA phantom and Aluminum phantom

## 2. Aluminum 팬텀을 기준으로 한 물질별 계수치 차이 비교

### 1) Aluminum 팬텀과 PMMA 팬텀의 계수치 차이 비교

Aluminum 팬텀의 계단째기 1 단계 계수치는  $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$  3 mCi,  $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$  6 mCi,  $^{57}\text{Co}$  20 mCi 순으로 26347, 52876, 75266의 값이 계수되었으며, PMMA 팬텀의 1단계 계수치는

$^{99\text{m}}\text{TcO}_4$  3 mCi,  $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$  6 mCi,  $^{57}\text{Co}$  20 mCi 순으로 20382, 41879, 60321의 값이 계수되었다.

Aluminum 팬텀의 계단째기 11 단계 계수치는  $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$  3 mCi,  $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$  6 mCi,  $^{57}\text{Co}$  20 mCi 순으로 13084, 26426, 42064의 값이 계수되었으며, PMMA 팬텀의 11 단계 계수치는  $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$  3 mCi,  $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$  6 mCi,  $^{57}\text{Co}$  20 mCi 순으로 20382, 41879, 60321의 값이 계수되었다(Fig. 8).

Aluminum 팬텀과 PMMA 팬텀의 계단째기 1 단계 계수치 차이는  $^{99m}\text{TcO}_4$  3 mCi,  $^{99m}\text{TcO}_4$  6 mCi,  $^{57}\text{Co}$  20 mCi 순으로 2122, 4792, 2769이었으며, 계단째기 11 단계 계수치의 차이는  $^{99m}\text{TcO}_4$  3 mCi,  $^{99m}\text{TcO}_4$  6 mCi,  $^{57}\text{Co}$  20 mCi 순으로 7298, 15453, 18257이었다(Table 1).

**Table 1.** The subtraction counts of PMMA phantom counts with Aluminum phantom counts

	PMMA counts - Aluminum counts		
	$^{99m}\text{TcO}_4$ 3 mCi	$^{99m}\text{TcO}_4$ 6 mCi	$^{57}\text{Co}$ 20 mCi
Step 1	2122	4792	2769
Step 2	3022	6341	4787
Step 3	4005	7426	6273
Step 4	4412	9325	9188
Step 5	5035	11422	11823
Step 6	5581	12062	12734
Step 7	6583	14007	15378
Step 8	7219	14884	16848
Step 9	7714	15299	19145
Step 10	7668	15819	19519
Step 11	7298	15453	18257

2) Aluminum 팬텀과 ABS 팬텀의 계수치 차이 비교

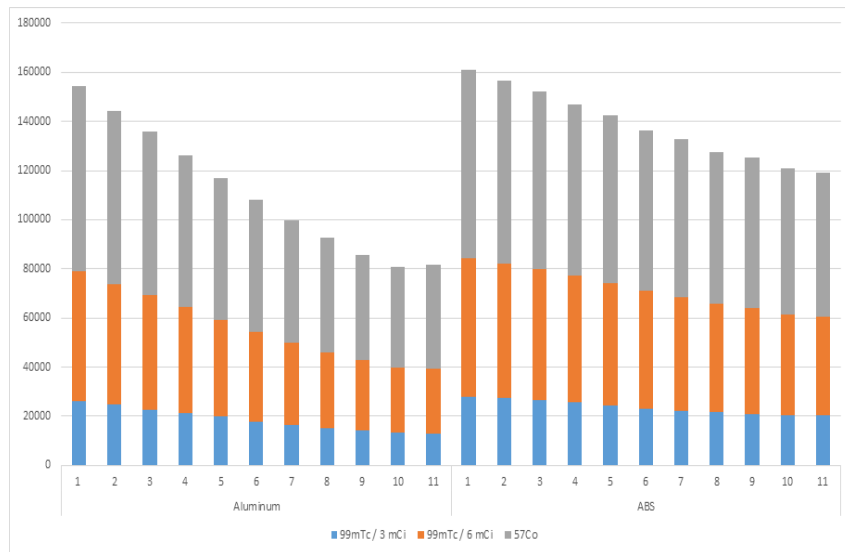
Aluminum 팬텀의 계단째기 1 단계 계수치는  $^{99m}\text{TcO}_4$  3 mCi,  $^{99m}\text{TcO}_4$  6 mCi,  $^{57}\text{Co}$  20 mCi 순으로 26347, 52876, 75266의 값이 계수되었으며, ABS 팬텀의 계단째기 1 단계 계수치는  $^{99m}\text{TcO}_4$  3 mCi,  $^{99m}\text{TcO}_4$  6 mCi,  $^{57}\text{Co}$  20 mCi 순으로 27747, 56759, 76683의 값이 계수되었다.

또한 Aluminum 팬텀의 계단째기 11 단계 계수치는  $^{99m}\text{TcO}_4$  3 mCi,  $^{99m}\text{TcO}_4$  6 mCi,  $^{57}\text{Co}$  20 mCi 순으로 13084, 26426, 42064의 값이 계수되었으며, ABS 팬텀의 계단째기 11 단계 계수치는  $^{99m}\text{TcO}_4$  3 mCi,  $^{99m}\text{TcO}_4$  6 mCi,  $^{57}\text{Co}$  20 mCi 순으로 20211, 40482, 58345의 값이 계수되었다(Fig. 9).

Aluminum 팬텀과 ABS 팬텀의 계단째기 1 단계 계수치 차이는  $^{99m}\text{TcO}_4$  3 mCi,  $^{99m}\text{TcO}_4$  6 mCi,  $^{57}\text{Co}$  20 mCi 순으로 1400, 3883, 1417이었으며, 계단째기 11 단계 계수치 차이는  $^{99m}\text{TcO}_4$  3 mCi,  $^{99m}\text{TcO}_4$  6 mCi,  $^{57}\text{Co}$  20 mCi 순으로 7127, 14056, 16281이었다(Table 2).

**Table 2.** The subtraction counts of ABS phantom counts with Aluminum phantom counts

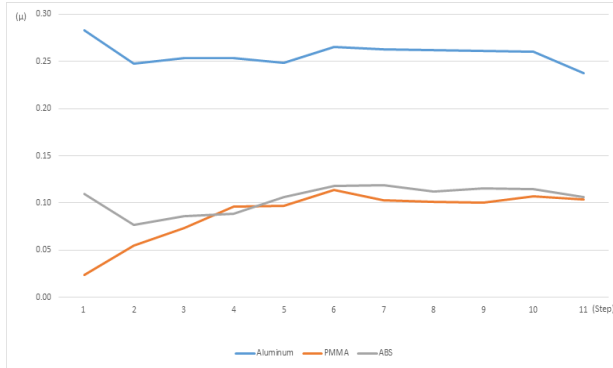
	ABS counts - Aluminum counts		
	$^{99m}\text{TcO}_4$ 3 mCi	$^{99m}\text{TcO}_4$ 6 mCi	$^{57}\text{Co}$ 20 mCi
Step 1	1400	3882	1416
Step 2	2657	5492	3963
Step 3	3708	7103	5503
Step 4	4648	8358	7941
Step 5	4669	10394	10587
Step 6	5420	11111	11531
Step 7	5810	12791	14381
Step 8	6634	13137	15407
Step 9	6845	14728	17989
Step 10	7175	14338	18328
Step 11	7127	14056	16281



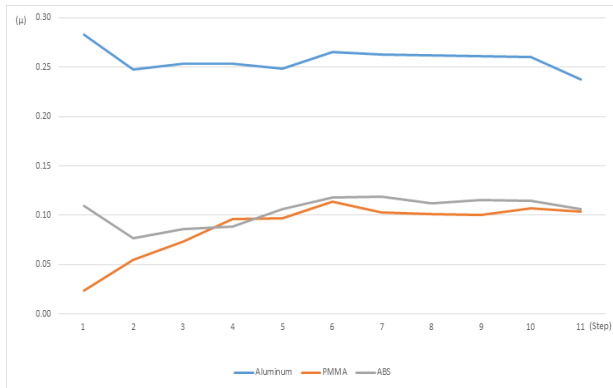
**Fig. 9.** Comparison diagram of counts in ABS phantom and Aluminum phantom

### 3. 물질별 선감약계수( $\mu$ ) 비교

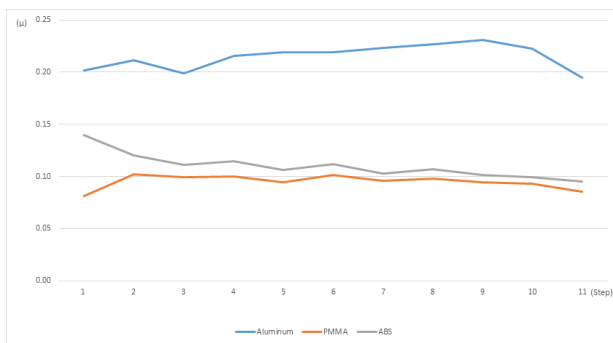
$^{99m}\text{TcO}_4$  3 mCi에서의 선감약계수 평균값은 Aluminum 0.26, PMMA 0.09, ABS 0.10으로 측정되었다.  $^{99m}\text{TcO}_4$  6 mCi에서의 선감약계수 평균값은 Aluminum 0.33, PMMA 0.16, ABS 0.17로 측정되었다.  $^{57}\text{Co}$ 의 20 mCi에서의 선감약계수 평균값은 Aluminum 0.21, PMMA 0.09, ABS 0.11로 측정되었다 (Fig. 10).



A



B



C

**Fig. 10.** Comparison graph of linear attenuation according to the quality and radiation sources. (A :  $^{99m}\text{TcO}_4$  3 mCi, B :  $^{99m}\text{TcO}_4$  6 mCi, C :  $^{57}\text{Co}$  20 mCi)

각 선원에서 Aluminum의 선감약계수 평균값은 다른 두 물질에 비해 확연히 큰 값을 나타내었고, PMMA와 ABS팬텀의 경우 0.01~0.02의 오차를 확인하였다(Table 3).

**Table 3.** Comparison of Linear Attenuation Coefficient according to the quality of materials and radiation source.

	$\mu$ =(Attenuation Coefficiency, AC)		
	$^{99m}\text{TcO}_4$ 3 mCi	$^{99m}\text{TcO}_4$ 6 mCi	$^{57}\text{Co}$ 20 mCi
Aluminum	0.26	0.33	0.21
PMMA	0.09	0.16	0.09
ABS	0.10	0.17	0.11

## 고찰

1987년부터 2012년까지 3D프린팅 기술은 연평균 25.4%의 성장세를 보이며, 의료 분야, 특히 외과 수술의 사전 계획 수립 및 실제 연습 도구로써 효율적으로 활용되고 있다.<sup>9)</sup> 실제로 2002년 미국 UCLA 병원에서 시행되었던 삼쌍둥이 분리수술은 3D프린팅 기술과 CT, MRI 등의 의료영상 기술을 활용하여 수술시간을 대폭 줄이고 수술을 성공적으로 완료한 사례이다.<sup>10)</sup> 이러한 3D프린팅 기술과 의료영상 기술의 융합은 현재 까지도 복잡한 외과 수술에 있어, 실수로 인한 의료 사고 등을 예방하고 수술 효율을 증대시키는 데에 유용하게 활용되고 있으며,<sup>11)</sup> 3D프린팅 기술과 영상의학 장비와의 기술 융합에 대한 선행 연구 또한 활발히 진행되고 있다.<sup>5,12)</sup>

1990년대부터 미국 및 유럽에서는 방사선학회 및 핵의학회를 중심으로 의료영상 기기의 품질에 대한 관심이 높아져 각종 규약의 제정이 이루어졌고, 현재 학회 산하에는 의료영상 품질인증기관이 설립되어 활동하고 있다.<sup>13)</sup> 의료 영상 검사 건수의 증가와 건강검진 등의 활성화로 의료영상비 지출이 전체 의료예산에서 비중이 커져 정부에서도 의료영상에 대한 품질관리를 중요한 의료정책으로 다루고 있다. 이는 국민에 대한 양질의 의료를 제공하기 위한 중요한 일이기도 하다.<sup>14,15)</sup>

하지만 의료영상 정도관리를 위한 기존 핵의학 팬텀은 제작 시 많은 시간이 소요될 뿐 아니라 제한적인 형태만 가능하다는 한계를 가졌고, 이에 따라 3D 프린팅 기술을 팬텀 제작에 활용한다면 언급한 문제점을 해결할 수 있을 것이라 사료하였다. 또한 비용적 측면에서 매우 고가의 해외 제작 팬텀이 국내에서 적용되고 있어 각 병원 및 기관에서는 비용에 대한 부담이 크기에 다양한 측면의 활용에 한계를 가져왔다. 이에 따라 기존 핵의학 팬텀과 비교하여 3D 프린터로 제작된 팬텀의 물질특성에 대한 연구가 이루어진다면, 핵의학 분야에서 3D 프

린팅 기술이 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단하였다.

따라서 본 연구에서는 기존 핵의학 분야에서 사용되는 PMMA 팬텀과 3D프린터로 제작된 ABS 팬텀의 방사선 투과도 및 선감약계수의 비교평가에 목적을 두었다. 본 연구의 결과에서는 두께, 선원 및 선량 등의 변화에서 ABS 팬텀의 계수치는 PMMA 팬텀의 계수치와 유사한 값을 가지며 동시에 선형적으로 감소하였고, Aluminum 팬텀의 계수치를 기준으로 PMMA, ABS 팬텀의 계수 차이정도가 유사한 값을 가짐을 확인하였다. 또한 Aluminum, PMMA, ABS 팬텀의 선감약계수를 비교했을 때, Aluminum 팬텀의 선감약계수는 나머지 두 팬텀보다 확연히 큰 값을 가졌고, 나머지 두 팬텀에서 근사치의 선감약계수(약 0.01~0.02의 차이)를 확인하였다.

하지만 본 연구에서는 3D 프린팅 기술의 비용적인 문제점과 기술적인 한계 때문에 ABS 팬텀만을 비교대상으로 하여 연구를 진행하였고, 현재 3D 프린터의 소재로 많이 사용되고 있는 PVA와 PLA 소재에 대한 연구를 진행하는데 한계를 가졌다.<sup>9)</sup> 추후 3D 프린팅 기술의 비용적, 기술적인 문제점이 해결된다면 더 다양한 소재에 대한 후행 연구가 진행될 수 있을 것이라 사료 된다.

이에 따라 근사치에 대한 교정치를 산출하여 적용한다면 제작의 편의성과 다양성 등의 측면을 고려하였을 때, 3D 프린터로 제작된 정도관리 팬텀은 기존 핵의학 분야에서 사용됐던 팬텀의 보완용 또는 더 나아가 대체용으로 사용될 수 있을 것이라 사료된다.

## 결 론

본 연구의 결과에 따르면 3D 프린팅 기술로 제작된 ABS 팬텀의 두께가 증가함에 따라 계수치는 선형적으로 감소하였고 선감약계수 또한 기존 핵의학 분야에서 사용되는 PMMA 팬텀의 선감약계수와 근사치를 나타내었다. 이에 따라 3D 프린팅 기술이 핵의학 분야 정도관리 측면에서 유용하게 사용될 수 있음을 확인하였다. 본 연구를 바탕으로 3D 프린팅 기술의 발전과 다양한 소재에 대한 유사 연구가 진행된다면 국내 의료용 팬텀 시장이 해외에만 의존하는 상황에서 긍정적인 접근이 가능할 것으로 사료된다.

## 요 약

3D 프린팅 기술은 3D 스캔이나 모델링을 통하여 적층가공 방식으로 제작하는 기공기술로서 금형 없이 직접 생산이 가능하고 빠른 시간 내에 제작이 가능하여 최근 다양한 산

업분야에서 본격적으로 적용되고 있다. 3D 프린팅 기술은 의료분야에 있어, 영상의학 및 방사선 치료분야에서 다양하게 활용되고 있지만 핵의학 분야에서는 관련 연구가 미비한 실정이다. 그러므로 본 연구는 기존에 적용되고 있는 핵의학분야 팬텀과 3D 프린팅 기술로 제작된 팬텀의 특성을 비교하고 적용 가능성을 평가하는데 목적을 두었다.

방사선 투과도 변화측정 국제기준 팬텀인 알루미늄(Aluminum) 계단쐐기(step wedge)를 기준(140mm × 62mm × 35mm)으로 PMMA(Poly Methyl Meta Acrylate)와 ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene)재질로 각각 동일한 크기의 팬텀을 제작하였다. PMMA 팬텀은 핵의학 분야에서 주로 적용되는 팬텀의 성분과 동일한 소재로 제작하였고, ABS 팬텀 제작은 3D 프린팅 기술의 액체 기반형의 SLA(Stereo Lithography Apparatus)기법을 사용하여 제작하였다. 본 연구는 SPECT/CT장비 BrightView XCT(Philips Health Care, Cleveland, USA)를 이용하였다. 영상 획득은 Rectangular Flood phantom(Biodex, New York, USA) <sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub> 3, 6 mCi와 <sup>57</sup>Co Flood phantom(adqual, New Hampshire, USA) <sup>57</sup>Co 20 mCi를 이용하여 Aluminum, PMMA, ABS 팬텀에 대해 60min 리스트모드(List mode)로 획득하였다. 획득한 영상의 분석을 위해 관심영역(ROI)을 설정하여 각 팬텀의 단계별로 평가하였다.

방사선원의 종류 및 방사선량에 따라 ABS 팬텀의 계수치는 PMMA 팬텀의 계수치와 유사한 값을 나타내며, 두께의 증가에 따라 선형적으로 감소하였다. Aluminum, PMMA, ABS 팬텀의 선감약계수를 비교했을 때, Aluminum 팬텀의 선감약계수는 나머지 두 팬텀보다 수치가 높았고, PMMA, ABS 팬텀에서는 근사치의 선감약계수가 나타났다.

3D 프린팅 기술로 제작된 ABS 팬텀을 기준으로 PMMA 팬텀은 두께가 증가함에 따른 계수치의 변화가 유사하게 선형적으로 감소하였고, 선감약계수도 근사치로 나타내었다. ABS 팬텀의 핵의학적 적용 가능성을 확인할 수 있었으며, 추후 연구를 통해 세부적인 교정치(correction value)를 적용한다면 활발한 적용이 가능하리라 사료된다.

## Reference

1. Ahn DG., Yang DY, Principle of Rapid Prototyping and its Trends, *J Korean Soc Precis Eng*, 2005; 22(10):7-16.
2. Wohler, T. Wohlers Report 2013, Wohler's Associates Inc, 2013. p. 23-25
3. Park SH., Yim SG., Yang SY, Kim Sh, 3D Printing



- Technology for Biomedical Applications, *Korean Industrial Chemistry News*, 2015; 18(1):67-78.
4. Lee JP, 3D printing technology in medicine, CHA phantom production by using 3-dimentional printer and In-vivo dosimetry for a prostate cancer patient, *UNGBUK MEDICAL JOURNAL*, 2014; 24(2)
  5. Spottieswoode BS, Preoperative Three-Dimensional Model Creation of Magnetic Resonance Brain Images as a Tool to Assist neurosurgical Planning, *Stereotact Funct Neurosrg*, 2013. p. 162-169
  6. Seo JN, Na JE, Bae SM, et al, A Phantom production by using 3-Dimentional printer and In-vivo dosimetry for a prostate cancer patient, *The journal of the korean society for radiotherapeutic technology*, 2015; 27(1): 53-60.
  7. Choi JG, Research for establishment and implementation of standardized system for quality control of nuclear medicine imaging equipments, National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, 2009
  8. Son HK, KIM HJ, Jung HJ, et al, A Study of Quality of Nuclear Medicine Counting System and Gamma Camera, *Korean Journal of Medical Physics*, 2001; 12(2):103-112.
  9. 창조경제를 여는 3D 프린팅(프린터, 소재) 신사업 전략 모색을 위한 종합 분석, IRS Global, 2015
  10. Turcadcam, Medical Case Studies, Stratasys, Accessed 12 NOV. 2014
  11. LIM SY, 의료분야에서 3D 프린팅 기술의 융합, 과학기술정책, 2015; 204:10-13.
  12. Gear JI, Development of patient-specific molecular imaging phantoms using a 3D printer, *Medical Physics*, 2014; 41, 082502
  13. Lee BI, Quality Assurance and Performance Evaluation of PET/CT, *Nuclear Medicine Molecular Imaging*, 2008; 42(2)
  14. Choi Y, Chung JK, Report of research service project (Development of standard of evaluation of PET), Korean Food and Drug Administration, 2003
  15. Choi JG., Choi CW, Lee BI, Report of research service protect(Research for actual conditions of quality assurance of imaging system in nuclear medicine, Korea Food and Drug Administration, 2007