

A Study on the Effect of FFF 3D Printer Nozzle Size and Layer Height on Radiation Shield Fabrication

Joon Yoon,¹ Myeong-Seong Yoon^{1,2*}

¹Department of Radiological Science, Dongnam health University

²Department of Emergency medicine, Hanyang University

Received: December 16, 2020. Revised: December 30, 2020. Accepted: December 31, 2020

ABSTRACT

As the problem of shields made of lead has recently emerged, research on replacement shields is essential, and studies on the manufacture of diagnostic X-ray shields with 3D printers are also being actively conducted. Recently, with the development of metal mixed filaments, it has become possible to manufacture shielding materials easily, but studies on the nozzle size and output setting of 3D printers are insufficient. Therefore, this study aims to compare and analyze the results through a shielding rate experiment using a brass filament and a 3D printer, outputting the shield according to the nozzle size and layer height, and using a diagnostic radiation generator. The nozzle size was changed to 0.4, 0.8 mm, layer height 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 mm, and output. The shielding rate test was fixed at 40 mAs, and the shielding rate was analyzed by experimenting with 60, 80, and 100 kVp, respectively. As a result of the analysis, it was analyzed that the printing time could be reduced to 1/10 according to the nozzle size and the layer height, and the shielding rate could be increased by 1% or more.

Keywords: 3D printer, Brass filament, Nozzle size, Layer height, Printing time.

I. INTRODUCTION

1980년대 고안된 3D 프린팅 기술은 지속적인 발전을 거듭하여 출력 성능의 향상 및 사용되는 재료의 종류가 나날이 늘어나고 있는 추세이다^{1,2}. 기존 제조 산업에 사용되는 절삭가공과 반대인 적층 가공 방식의 3D프린터는 쾌속조형방식으로 빠른 출력이 가능하고, 사용자가 원하는 형상의 디지털 데이터를 이용하여 저비용으로 언제, 어디서나 쉽게 출력할 수 있어 1인 제조업이나 상품의 시제품 제작 등 다양한 분야에서 사용량이 증대되고 있다^{3,4}. 3D 프린팅 기술은 특히 기간이 만료됨에 따라 다양한 제품이 출시되었고, 보급화가 빠르게 시작되었다⁵. 그중 FFF(Fused Filament Fabrication) 방식은 고체의 재료를 녹여 한 층씩 쌓아가는 방식으로 상대적으로 저렴한 비용으로 장비의 유지와 출력이

가능하다⁶. FFF 방식의 3D 프린터 재료인 필라멘트는 출력이 쉬운 플라스틱 소재를 시작으로 현재 다양한 밀도를 가진 재료와 혼합되어 고무, 탄소섬유, 나무, 황동, 구리 등의 소재가 출시되어 FFF 방식의 3D 프린터로 다양한 소재를 출력할 수 있게 되었다⁷. 다양한 소재의 사용은 많은 산업분야에 응용이 되고 있으며, 방사선과학 분야에도 CT 영상을 이용한 수술 계획이나 시술 계획 등에 사용되는 메디컬 3D 프린팅, 환자 맞춤형 임플란트, 환자의 맞춤형 보조 기기, 방사선 검사 보조 기구, 교육용 팬텀 등 많은 연구가 진행되고 있다⁸⁻¹⁰. 특히 금속 물질과 혼합된 필라멘트나 필라멘트 제조기를 통해 특수 필라멘트를 제작하여 방사선 피폭을 차단하는 차폐체에 관한 연구는 현재 대부분의 병원에서 사용되고 있는 인체 유해 물질인 납으로 이루어진 차폐체를 대체할 수 있는 가능성을 나타내고 있

* Corresponding Author: Myeong-Seong Yoon E-mail: yoon5690@naver.com
Address: Hanyang University, wangsimmni-ro 222, Seoul, Rep. of Korea 04763

Tel: +82-2-2290-9298

으며, 미국이나 유럽에서도 FFF 방식의 3D 프린터용 텅스텐, 비스무스 등을 이용한 필라멘트가 연구 개발되어 활발한 연구가 이루어지고 있다^{[11],[12]}. 좋은 차폐 효율을 가진 차폐체를 3D프린터로 제작하기 위해서는 밀도가 높고 차폐 능력을 가지고 있는 재료의 선택뿐 아니라 출력의 원리를 이해하고 3D프린터와 재료의 특성에 맞게 노즐 크기, 출력 속도, 베드 온도, 노즐 온도, 내부 채움, 층 높이 등의 설정을 해야 한다. 많은 설정 중 노즐 크기, 내부 채움, 층 높이는 출력 소요 시간, 출력물 퀄리티에 영향을 끼치기 때문에 매우 중요한 요소이다. 일반적인 3D 프린팅 출력물은 내부채움을 15~20% 정도 설정하고 출력하며, 내부보다 외부 표면의 퀄리티가 중요하지만 차폐체의 경우 내부 채움을 100%로 출력하며, 내부 구조가 매우 중요하다. 노즐 크기, 층 높이를 높게 변경할 경우 한 번에 더 많은 양을 압출할 수 있으며, 한층 씩 더 높게 쌓을 수 있으므로 출력 시간을 효율적으로 줄일 수 있어 내부 채움을 100%로 설정하는 차폐체 제작에 있어 매우 중요하지만, 이러한 기초 3D프린터 연구는 매우 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 차폐 물질로 가능성을 확인한 Brass filament와 FFF 방식 3D 프린터의 차폐페시트를 출력하고 실험을 통하여 노즐 크기와 층 높이가 차폐 능력에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

FFF 방식의 3D프린터를 이용하여 노즐 크기와 층 높이를 변화시키며 차폐 시트를 제작하기 위해 Fig. 1과 같은 순서로 실험을 진행하였다.

1. 차폐시트 설계

차폐시트 제작을 위해 3차원 CAD(Fusion 360, Autodesk, USA) 프로그램을 이용하여 Fig. 2와 같이 80 × 80 × 4 mm의 차폐 시트를 3차원 설계하고 3D 프린팅을 위하여 STL(Stereolitho Graphy)형태로 저장하였다.

2. 슬라이싱을 통하여 출력 설정

3D 설계된 차폐 시트 STL 파일을 슬라이싱 프로

그램 Cura(4.7.1, Ultimaker, Netherlands)를 이용하여 노즐 크기를 0.4, 0.8 mm, 층 높이를 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 mm 로 각각 설정하고 출력속도, 노즐 온도, 베드 온도, 내부 채움 등을 Table 1과 같이 설정하고, 슬라이싱을 진행하였다. 네트워크를 이용하여 출력을 위해 생성된 g-code를 장비로 전송하였다.

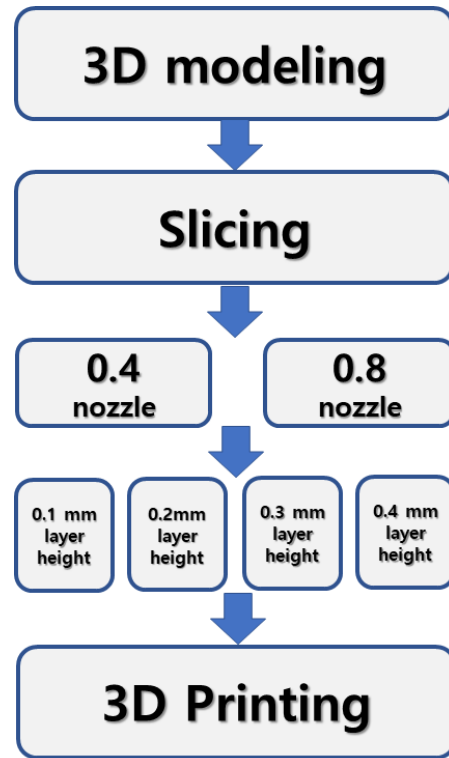


Fig. 1. Shield sheet production process using 3D printer.

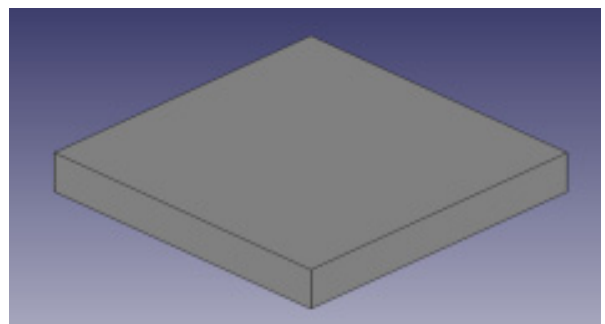
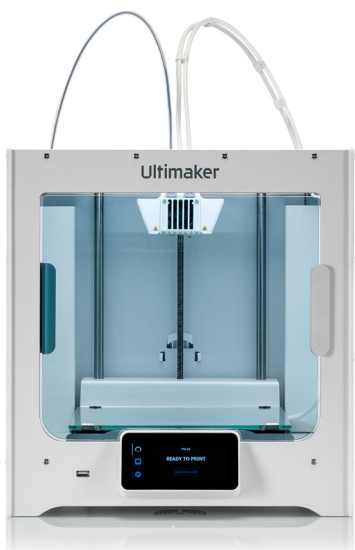


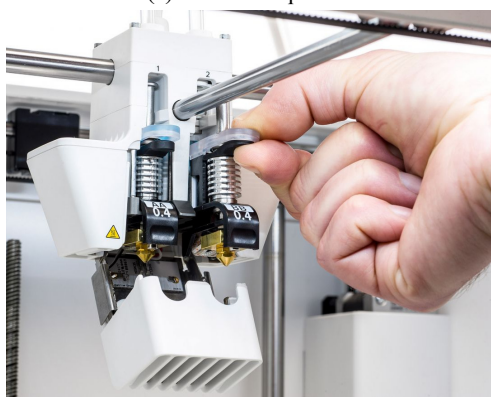
Fig. 2. Radiation shielding sheet 3D modeling.

Table 1. Setting value of 3D printer

	Radiation shield sheet
Nozzle size (mm)	0.4, 0.8
Layer Height (mm)	0.1, 0.2, 0.3, 0.4
Temperature of printing (°C)	213
bed temperature (°C)	65
Infill Density (%)	100
Printing speed (mm/s)	50
Filament density (g/cm ³)	3.9



(a) Used 3D printer



(b) Ultimaker S3 nozzle change

Fig. 3. 3D printer and nozzle replacement method used for manufacturing shielding sheet.

4. 차폐시트를 이용한 차폐율 실험

Brass filament와 3D프린터를 이용하여 제작한 차폐 시트에 노즐 크기와 층 높이가 미치는 영향을 확인하기 위해 한국산업표준 X선 방호용품류의 납당량 시험 방법과 같은 방법으로 실험을 실행 하였다^[13]. 실험장비는 경기소재 A 대학에 설치된 진단용방사선발생장치(Provision900, DK medical, Korea)와 조사선량계(Rad-check plus, Fluke, USA)를 사용하였다. 실험에 앞서 진단용방사선발생장치의 재현성을 확인하였고, 장비의 성능의 양호한 상태를 확인하였다. 실험은 Fig. 4와 같이 산란선의 영향을 적게 받기 위해 검출기와 차폐시트 사이를 5 cm 거리를 두고 실험 장비와 차폐 시트를 배치하고 진행하였다.

선량 측정을 위해 X선관에서 조사선량계까지 거리를 1500 mm로 하고, 조사야를 76 × 76 mm로 설정하였다. 관전류를 40 mAs로 고정하고 관전압을 60, 80, 100 kVp로 변경하며 실험을 진행하였다. 차폐율 측정을 위해 조사선량계 위에 아무것도 올려 두지 않고 각 관전압별 10회씩 X선을 조사 하였다. 그리고 출력된 노즐 크기와 층 높이가 다른 차폐시트를 차례대로 조사선량계 위에 위치시키고 각 10회씩 X선 조사 및 측정된 조사선량을 기록하였다. 자세한 조사조건은 Table 2에 기록하였다.

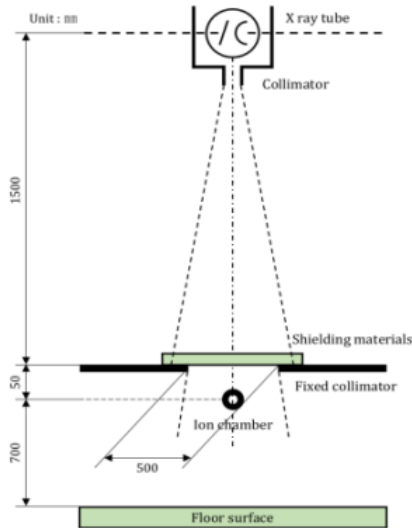
Table 2. Parameter for dose measurement

parameter	value
Tube voltage [kVp]	60, 80, 100
Tube current [mAs]	40
Collimation [inch]	3 × 3
filter [mmAl]	1.2

측정된 조사선량[단위: mR]을 Eq.(1)을 적용하여 차폐율을 구하였다.

$$\text{Shielding Rate (\%)} = \frac{(W_0 - W)}{W_0} * 100 \quad (1)$$

이때 W는 차폐 시트가 있을 경우의 조사선량이며 W0는 차폐 시트가 없을 경우의 조사선량이다.



(a) diagram of experiment



(b) Setup shielding test

Fig. 4. Measuring arrangement for radiation shielding sheet.

III. RESULT

1. 차폐 시트 출력 시간

3D프린터 제작한 차폐 시트의 출력시간을 측정 한 결과는 Table 3과 같다. 0.4 mm 노즐에서 층 높이가 0.1 mm에서 7시간 8분, 0.2 mm에서 3시간 45분, 0.3 mm에서 2시간 30분, 0.4 mm에서 1시간 58분으로 측정되었다. 0.8 mm 노즐에서는 층 높이가 0.1mm에서 2시간 32분, 0.2 mm에서 1시간 20분, 0.3 mm에서 54분, 0.4 mm에서 42분이 소요되는 것으로 측정되었다.

Table 3. Shielding sheet manufacturing time using 3D printer

Layer height	Nozzle size	
	0.4	0.8
0.1 mm	428 min.	152 min.
0.2 mm	225 min.	80 min.
0.3 mm	150 min.	54 min.
0.4 mm	118 min.	42 min.

2. 측정된 선량 및 차폐율 평가

3D프린터의 노즐 크기와 층 높이를 변화하여 Brass filament로 제작한 차폐시트를 이용한 선량 측정 및 차폐율 결과는 Table 4와 같다.

60 kVp 40 mAs에서 차폐 시트 없이 X선을 조사했을 때 선량은 123.8 mR로 측정되었다. 노즐 크기 0.4 mm 일 때, 층 높이가 0.1 mm에서 3 mR으로 측정되어 차폐율은 97.58%로 분석되었다. 0.2 mm에서 1.6 mR이 측정되어 차폐율은 98.71%로 분석되었다. 0.3 mm에서도 1.6 mR이 측정되어 차폐율은 98.71%로 분석되었다. 0.4 mm에서도 마찬가지로 1.6 mR이 측정되어 차폐율은 98.71%로 분석되었다.

노즐 크기 0.8 mm 일 때, 층 높이가 0.1에서 0.4 mm 모두 1.5 mR으로 측정되었으며 차폐율은 98.79%로 분석되었다.

80 kVp 40 mAs에서 차폐 시트 없이 X선을 조사했을 때 선량은 212.4 mR으로 측정되었다. 노즐 크기 0.4 mm 일 때, 층 높이가 0.1 mm에서 8.6 mR으로 측정되어 차폐율은 95.95%로 분석되었다. 0.2 mm에서 8.8 mR으로 측정되어 차폐율은 95.86%로 분석되었다. 0.3 mm에서 9.4 mR 측정되어 차폐율은 95.57%로 분석되었다. 0.4 mm에서 9.8 mR으로 측정되어 차폐율은 95.39%로 분석되었다.

노즐 크기 0.8 mm 일 때, 층 높이가 0.1 mm에서 8.75 mR으로 측정되어 차폐율은 95.88%로 측정되었다. 0.2, 0.3 mm에서는 8.25 mR으로 측정되어 차폐율은 96.12%로 분석되었다. 0.4 mm에서는 7.5 mR으로 측정되어 차폐율 96.47%로 분석되었다.

100 kVp 40 mAs에서 차폐 시트 없이 X선을 조사했을 때 선량은 326.6 mR으로 측정되었다. 노즐 크기 0.4 mm 일 때, 층 높이 0.1 mm에서 92.93 mR으로 측정되어 차폐율은 92.93%로 분석되었다. 0.2 mm에서 23.8 mR으로 측정되어 차폐율은 92.71%로 분석되었다. 0.3 mm에서 24.6 mR으로 측정되어 차폐율 92.47%로 분석되었다. 0.4 mm에서 25.1 mR

으로 측정되어 차폐율은 92.31%로 분석되었다.

노즐 크기 0.8 mm 일 때, 층 높이 0.1 mm에서 22 mR으로 측정되어 차폐율 93.26%로 분석되었다. 0.2 mm에서 21.5 mR으로 측정되어 차폐율 93.42%로 분석되었다. 0.3, 0.4 mm에서는 21.25 mR으로 측정되어 차폐율은 93.49%로 분석되었다.

Table 4. The results of the radiation shielding sheet tests

Nozzle size	Layer Height	60 kVp, 40 mAs		80 kVp, 40 mAs		100 kVp, 40 mAs	
		Dose [mR]	Shielding rate [%]	Dose [mR]	Shielding rate [%]	Dose [mR]	Shielding rate [%]
	non	123.8	-	212.4	-	326.6	-
0.4 mm nozzle	0.1 mm	3.0	97.58	8.6	95.95	23.1	92.93
	0.2 mm	1.6	98.71	8.8	95.86	23.8	92.71
	0.3 mm	1.6	98.71	9.4	95.57	24.6	92.47
	0.4 mm	1.6	98.71	9.8	95.39	25.1	92.31
0.8 mm nozzle	0.1 mm	1.5	98.79	8.75	95.88	22	93.26
	0.2 mm	1.5	98.79	8.25	96.12	21.5	93.42
	0.3 mm	1.5	98.79	8.25	96.12	21.25	93.49
	0.4 mm	1.5	98.79	7.5	96.47	21.25	93.49

IV. DISCUSSION

최근 3D프린터는 산업 전 분야에 사용되는 빈도가 증가되고 있으며, 의료 및 방사선과학 분야에도 시물레이션, 교육용팬텀, 맞춤형 차폐체 등 다양한 방식으로 적용되고 있다^[8-10]. 의료 현장에서 불필요한 진단용 X선을 차단하는 차폐체는 필수적으로 요구되며, 현재 의료 현장에서는 대부분 차폐력이 우수하고 가공이 쉬운 납 차폐체를 사용하고 있다^[4]. 하지만 납은 인체 유해물질로 분류되며 최근 납중독을 유발한다고 밝혀져 납을 대체할 차폐체 연구는 다양하게 이루어지고 있으며, 최근에는 3D프린팅 기술을 이용한 차폐체 연구는 매우 활발하게 이루어지고 있다^[15,16]. 3D프린팅 기술을 이용한 차폐체 연구가 가능해진 이유는 첫 번째로 FFF방식의 3D프린터 재료를 만드는 장비가 개발되었다는 점이다^[17-20]. Kang의 연구에 따르면 필라멘트 압출기에 PLA 펠렛과 황산바륨(BaSO4)을 혼합하여

형태학적인 차폐체를 만들었다고 보고하였다^[15]. 두 번째로, PLA나 ABS 같은 플라스틱 재료에서 시작된 FFF 방식의 3D프린터에 최근 플라스틱 재료에 금속 분말을 혼합한 재료가 개발되었다는 점이다. 금속 혼합 필라멘트는 차폐체를 고려하여 개발된 것은 아니지만 의도치 않게 진단용 X선을 우수하게 차폐할 수 있는 재료가 개발되었다. 이러한 점은 선행연구에서 확인이 가능하였다. Jang의 연구에 의하면 Brass filament 4~6 mm 정도의 두께에서 진단용 X선의 90% 이상 차폐할 수 있다고 보고되었다^[13]. 이렇게 기술의 발전과 재료의 다양성으로 3D프린터로 제작한 차폐체 연구가 가능해졌지만, 3D프린터는 아직 출력 시간이 오래 걸린다는 단점이 존재하며, 3D프린터의 출력 설정에 대한 연구는 미미하였다. 이에 본 연구에서 재료 압출 양을 결정 짓는 노즐 크기와 한 층씩 쌓을 때 높이를 변화시키며 차폐체를 출력하고, 차폐 실험을 통하여 결과 차이를 비교 분석하였다. 같은 장비와 같은 재

료를 이용하여 같은 크기를 갖는 형태를 출력 할 때 소요되는 시간은 설정값에 따라 최대 428분, 최소 42분이 소요된 것으로 측정되었다. 또한 노즐 크기에 따라 한 번에 더 큰 폭을 압출시킬 수 있는 0.8 mm 노즐에서 60 kVp 일 때, 1.21%, 80kVp 일 때 1.08%, 100kVp 일 때 1.23% 0.4 mm 노즐일 때 보다 선량 차폐율이 우수하다고 분석되었다. 층 높이가 결과를 분석하면, 0.4 mm 노즐에서는 층 높이가 낮을수록, 0.8 mm에서는 층높이가 클수록 선량 차폐율이 미세하게 좋은 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 일반적인 3D 프린팅과는 다른 부분을 발견할 수 있었다. 일반적인 3D 프린팅의 경우 표면의 형태가 중요하다. 노즐 크기가 작을수록, 층 높이가 낮을수록 출력물의 해상도가 우수하다고 알려져 있지만 방사선 차폐체 제작의 경우에는 표면의 해상도보다 내부 구조가 중요하며, 노즐크기가 클수록, 층 높이가 높을수록 좋은 결과를 나타내는 것으로 확인하였다. 또한 금속 물질과 혼합된 필라멘트는 노즐 크기가 작을수록 필라멘트의 금속 불순물에 의해 노즐 구멍을 막거나, 노즐 구멍을 마모시킬 수 있어, 금속 재료를 사용할 경우 노즐 크기를 고려해야 할 것이다. 같은 장비, 재료를 이용하더라도 노즐 크기와 층 높이에 따라 출력시간과 차폐율이 다를 수 있으므로 장비의 성능과 출력시간 고려하여 차폐체를 출력하면 효율적으로 시간을 절약할 수 있으며, 더 우수한 차폐율을 갖는 차폐체 제작이 가능할 것으로 사료된다.

이러한 발견에도 불구하고 이 연구의 몇 가지 제한점이 있다. 첫 번째로 한 대의 3D프린터만 사용했다는 점이다. 다른 프린터를 사용할 경우 다른 결과를 나타낼 수 있으므로 차폐체 연구를 진행한다면, 먼저 출력설정 등에 따른 기초연구를 먼저 실행해야 할 것이다. 두 번째로 산란선에 대한 변수를 배제하지 못하였고, 세 번째로 관전류를 40 mAs로 고정한 부분이 있다. 이러한 제한점은 추가 연구를 통하여 진행하고자 한다.

V. CONCLUSION

본 연구를 통해 Brass filament와 3D프린터로 차폐체 제작 시 노즐크기와 층 높이가 미치는 영향을

확인 한 결과, 결론적으로 노즐 크기와 층 높이에 따라 출력 시간을 1/10로 줄이면서 차폐율은 최대 1.23% 높일 수 있다는 것으로 검증되었다. 이러한 점은 3D 프린팅 기술로 차폐체 제작을 위한 기초 자료로 제공할 수 있을 것으로 사료 된다.

Acknowledgement

본 연구는 동남보건대학교 교내연구비의 지원에 의해 수행되었다.

Reference

- [1] G. W. Kang, "3D printing technology and industry trends", Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Vol. 35, No. 11, pp. 24-31, 2017.
- [2] W. Choi, J. H. Woo, "Measurement of Structural Properties of PLA Filament as a Supplier of 3D Printer", Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers, Vol. 57, No. 6, pp. 141-152, 2015. <http://dx.doi.org/0.5389/KSAE.2015.57.6.141>
- [3] M. S. Yoon, "A Study on the Fabrication of bone Model X-ray Phantom Using CT Data and 3D Printing Technology", The Korean Society of Radiology, Vol. 12, No. 7, pp. 879-886, 2018. <http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2018.12.7.879>
- [4] M. S. Yoon, "A Study on CT image wuality and dose measurement Phantom using 3D printer", Graduate school of Eulji University, Republic of Korea, Master's thesis, 2018.
- [5] W. G. Oh, *Development of 3D Printer System for Making Customized Bone Models of Orthopedic Surgery Patient dissertation*, Cheongjoo: University of Choong Book, 2014.
- [6] J. H. Lee, S. A. Lee, W. D. Kim. "3D Printing Technology and Its Application on Tissue Engineering and Regenerative Medicine", Transactions of the KSME C: Technology and Education, Vol. 1, No. 1, pp. 21-26, 2013. <https://doi.org/10.3795/KSME-C.2013.1.1.021>
- [7] Y. G. Kang, T. W. Lee, G. S. Lee. "The Influence of Experiment Variables on 3D Printing using ABS Resin", Journal of the Korean Society of

- Manufacturing Process Engineers. Vol. 16, No. 2, pp. 94-101, 2017.
<https://doi.org/10.14775/ksmpe.2017.16.2.094>
- [8] W. J. Choi, J. H. Woo, J. B. Jeon, S. S. Yoon, "Measurement of Structural Properties of PLA Filament as a Supplier of 3D Printer", Korean Society of Agricultural Engineers, Vol. 57, No. 6, pp. 141-152, 2015.
<https://doi.org/10.5389/KSAE.2015.57.6.141>
- [9] W. G. Oh, "Evaluation of Usefulness and Availability for Orthopedic Surgery using Clavicle Fracture Model Manufactured by Desktop 3D Printer", Korean Journal of Radiological Science and Technology, Vol. 37, No. 3, pp. 203-209, 2014.
- [10] W. J. Choi, J. B. Jeon, J. H. Woo, "Making Human Phantom for X-ray Practice with 3D Printing", The Korean Journal Society of Radiology, Vol. 11, No. 5, pp. 371-377, 2017.
<http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2017.11.5.371>
- [11] S. W. Yoon, C. K. Cramer, D. Miles, "A precision 3D conformal treatment technique in rats: Application to whole-brain radiotherapy with hippocampal avoidance", Medical Physics, Vol. 44, No. 11, 2017. <http://dx.doi.org/10.1002/mp.12533>
- [12] J. Ceh, R. Youd, Z. Peterson, "Bismuth Infusion of ABS Enables Additive Manufacturing of Complex Radiological Phantoms and Shielding Equipment", Sensors (Basel), Vol. 17, No. 3, 2017.
<http://dx.doi.org/10.3390/s17030459>
- [13] H. M. Jang, J. Yoon. "Usefulness Evaluation and Fabrication of the Radiation Shield Using 3D Printing Technology", The Korean Journal Society of Radiology, Vol. 13, No. 7, pp. 1015-1024, 2019.
<http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2019.13.7.1015>
- [14] C. H. Lim, J. K. Cho, M. K. Lee. "A Study on Radiation Dose in Computed Tomographic Examinations", Journal of radiological science and technology, Vol. 30, No. 4, pp. 381-9, 2007.
- [15] H. H. Kang, D. H. Kim. "A Study on Barium Mixed Radiation Shield using 3D Printer", The Korean Journal Society of Radiology, Vol. 14, No. 5, pp. 627-634, 2020.
<https://doi.org/10.7742/jksr.2020.14.5.627>
- [16] I. K. Moon, S. H. Shin, "Study on the Development of an Outdoor Radiographic Test Shield Using 3D Printer Filament Materials", The Korean Journal Society of Radiology, Vol. 13, No. 4, pp. 565-572, 2020. <https://doi.org/10.7742/jksr.2019.13.4.565>
- [17] B. W. Miller, Moore JW, Barrett HH, Fryé T, Adler S, Sery J, Furenid LR. 3D printing in X-ray and Gamma-Ray Imaging: A novel method for fabricating high-density imaging apertures. Nucl Instrum Methods Phys Res A. Vol. 659, No. 1, pp. 262-268. 2011
<http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2011.08.051>.
- [18] Bibbo G. Shielding of medical imaging X-ray facilities: a simple and practical method. Australas Phys Eng Sci Med. Vol. 40, No. 4, pp. 925-930. 2017 <http://dx.doi.org/10.1007/s13246-017-0586-7>.
- [19] Behroozi H, Tahmasebi M, Mohebifar B. "Evaluation of the Prevalence of Shielding in Patients Undergoing Conventional Radiological Procedures (1 Work Shift-1 X-ray Room)", J Patient Saf. Vol. 14, No. 3, pp. 133-137. 2018.
<http://dx.doi.org/10.1097/PTS.0000000000000180>.
- [20] Fauber T. L. "Gonadal Shielding in Radiography: A Best Practice?", Radiol Technol. Vol. 88, No. 2, pp. 127-134. 2016

FFF방식의 3D프린터 노즐 크기와 층 높이가 방사선 차폐체 제작에 미치는 영향에 관한 연구

윤준,¹ 윤명성^{1,2,*}

¹동남보건대학교 방사선과

²한양대학교 의과대학 응급의학교실

요 약

최근 납으로 제작된 차폐체의 문제점이 대두되면서 대체 할 수 있는 차폐체 연구는 필수적이며 3D프린터로 진단용 X선 차폐체 제작에 관한 연구도 활발히 이루어지고 있다. 최근 금속 혼합 필라멘트의 개발로 쉽게 차폐체 제작이 가능해졌지만 3D 프린터의 노즐 크기나 출력설정에 관한 연구는 미비하다. 이에 본 연구는 Brass filament와 3D프린터로 노즐 크기와 층 높이에 따라 차폐체를 출력하고 진단용 방사선 발생장치를 이용하여 차폐율 실험을 통해 결과를 비교분석 하고자 한다. 노즐 크기는 0.4, 0.8 mm, 층 높이 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 mm로 변화하여 출력하였고, 차폐율 시험은 40 mAs로 고정하고, 60, 80, 100 kVp로 각각 실험하여 차폐율을 분석하였다. 분석결과 노즐 크기와 층 높이에 따라 출력시간을 1/10로 줄일 수 있었으며, 1% 이상 차폐율도 높일 수 있는 것으로 분석되었다.

중심단어: 3D 프린터, 황동 필라멘트, 노즐 크기, 층 높이, 출력시간

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	윤준	동남보건대학교 방사선과	교수
(교신저자)	윤명성	동남보건대학교 방사선과 한양대학교 의과대학 응급의학교실	겸임교수 연구원