

A Study on the Fabrication of bone Model X-ray Phantom Using CT Data and 3D Printing Technology

Myeong-Seong,¹ Dong-Kyoon Han,^{1,*} Yeon-Min Kim,² Joon Yoon³

¹Department of Radiological Science, Eulji University

²Department of Radiological Science, Wonkwang health science University

³Department of Radiological Science, Dongnam health University

Received: November 11, 2017. Revised: December 26, 2017. Accepted: December 31, 2017

ABSTRACT

A 3-dimensional (D) printer is a device capable of outputting a three-dimensional solid object based on data modeled in a computer. These features are utilized in the bone model X - ray phantom production etc using CT data by fusing with the radiation science field. A bone model phantom was made using data obtained by CT scan of an existing Pelvis phantom, using PLA, Wood, XT-CF20, Glow fill, Steel filaments which are materials of Fused Filament Fabrication (FFF) 3D printer. Measure Hounsfield Unit (HU) with images obtained by CT scan of the existing Pelvis phantom and five material phantoms made with 3D printer under the same conditions, SI and SNR were measured using a diagnostic X-ray generator, and each phantom was compared and analyzed. As a result, the X - ray phantom in the X - ray examination condition of the limb was found to be most suitable for the glow fill filament. The characteristics of the filament can be known to the base of this research and the practicality of X - ray phantom fabrication was confirmed.

Keywords: 3D printer, filament, X-ray phantom, SNR, CT number

I. INTRODUCTION

인체를 지탱해주는 역할을 하는 골격은 인체내에 크고 작은 뼈 약 200개의 뼈로 구성 되어 있으며, 몸무게의 약 15%를 차지하고 있으며,^[1] 뼈는 신체의 강한 버팀 역할을 하고, 뇌, 심장 같은 중요한 장기를 보호하고 몸의 형태를 결정하는데 큰 역할을 하는 중요한 부위이다.^[2] 뼈의 바깥쪽은 단단한 치밀 뼈로 구성 되어 있으며, 안쪽은 해면뼈로 구성된다.^[3] 이렇게 단단한 뼈는 가해진 외부의 힘을 견디지 못할 때 뼈가 부러지는 골절이 생길 수 있다.^[4] 또한 나이가 들면서 뼈의 주성분인 칼슘과 무기질이 빠져나가고 미세 구멍이 증가하면 골다공증이 일어나게 되어, 약한 충격에도 골절이 쉽게 일어날 수 있다.^[5] 특히 대퇴부의 골절은 사망에까지 이를 수

있어 매우 중요하다.^[6] 건강보험심사평가원의 통계에 따르면 대퇴골 경부의 골절로 인하여 진료를 본 환자의 수가 2010년 28,940명에서 2017년 34,324명으로 골절 환자의 수가 매년 증가하는 추세이다.^[7] 골절을 진단하기 위한 방법은 X선 검사와 CT검사가 많이 사용되고 있다. 그중 X선 검사는 가장 우선적으로 행하여지는 검사이며, X선관에서 조사된 X선이 인체를 투과한 감약 데이터에 의해 영상화할 수 있어, 인체를 개봉 없이 내부 구조를 알 수 있기 때문에 그 역할이 증대되고 있다.^[8] 이러한 X선 검사는 주치의 처방에 의해 방사선사가 시행하며, 기본적으로 전후방향촬영 (anterior-posterior projection)과 측면 촬영 (lateral projection)을 검사한다. 하지만 골절 환자의 경우 부종과 골절에 의한 신경 및 혈관손상에 의해 극심한 통증이 동반되어, 제대로 된 검사 자

세를 취하는 것은 쉽지 않다.^[9] 현재 X선 검사의 기술은 전국 44개 대학 방사선(학)과에서 시행되고 있으며, 졸업 후 국가시험을 통과한 자만 의료기사 등에 관한 법률에 의거하여 방사선사의 면허를 취득할 수 있고, X선을 다룰 수 있다.^[10] 하지만 교육 기관은 원자력안전법에 적용되어, 학교에서 실습 교육 시 인체 조사를 하지 못하며, 인체 팬텀으로 대체하고 있는 실정이다. 기존의 인체 팬텀은 국내 제작이 어려워 수입에 의존해야 하며, 팬텀을 쉽게 움직일 수 없어 실제 검사와 교육의 질의 차이를 보이며, 고가의 가격에 형성되어 교육기관에서 각 부위별로 팬텀을 보유하기에는 쉽지 않은 현실이다. 이러한 부족한 점을 해결하기 위해 CT 데이터와 3D프린터를 이용하여 팬텀제작에 대한 연구를 진행하였다. 3D프린터는 원리가 단순하고, 디지털 데이터를 적층 가공 방식을 이용하여 저렴하게 3차원으로 출력할 수 있는 장비이다.^[11-13] 또한 기술의 발전으로 CT 데이터를 손쉽게 3D 프린팅을 할 수 있는 소프트웨어들이 늘어나고 있으며, 재료의 종류도 증가하는 추세이다.^[14] 이에 본 연구는 CT 데이터와 3D프린터를 이용하여 뼈 모형의 X선 팬텀을 제작하고, 3D프린터의 재료인 필라멘트를 측정 및 평가하여 제공하는 기초자료로 사용함과 더불어 제작방법을 제시하여 부족한 교육용 X-선 팬텀의 보급화 방안을 해결하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 실험재료

1.1 실험장비

뼈 모형 X선 팬텀 제작을 위해 pelvis팬텀과 64ch CT를 사용하여 CT 데이터를 획득하였다. 팬텀 출력은 FFF (Fused Filament Fabrication) 방식의 3D 프린터를 사용하였으며, 사용된 필라멘트는 5종류로, 나무 재질의 Wood와 탄소섬유가 포함된 XT-CF20, 옥수수가루로 제작하여 친환경 소재인 PLA (Poly Lactid Acid)와 PLA 원료에 강철 소재를 혼합한 Steel, PLA 원료와 야광 원료를 혼합한 Glow fill (Colorfabb, Netherlands)을 사용하였다. 3D 모델링은 OsiriX (Lite, Pixmeo SARL, Swiss)를 사용하였으며,

CURA (3.5, Ultimaker, Netherlands)를 사용하였다. Fig. 1과 같이 팬텀 제작 후 측정을 위해 64ch CT와 진단용 X-선발생장치를 사용하였다.



(a) CT (Brilliance, Philips, Netherlands)



(b) X-ray medical device (GC-95A, Samsung, Korea)



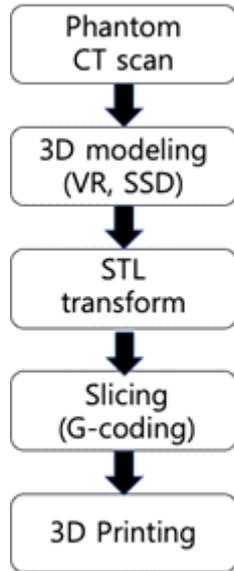
(c) 3D Printer (Ultimaker3 Extended, Ultimaker, Netherlands)

Fig. 1. Experimental equipment used for phantom production.

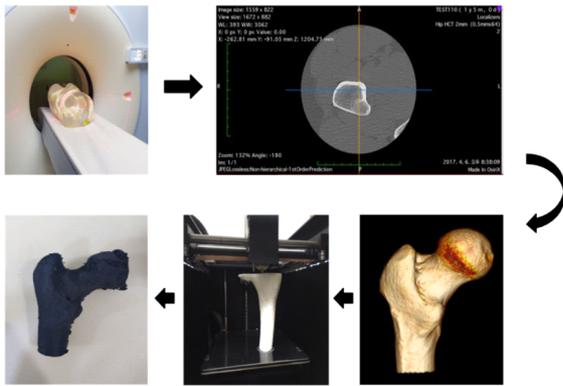
1.2 팬텀제작

팬텀 제작을 위해 Fig. 2(a)의 모식도와 같은 순서로 진행하였다. Fig. 2(b)와 같이 Pelvis 팬텀을 CT에 위치시키고 단면 두께 1 mm 로 설정하여 CT 스캔하였으며, 얻어진 DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) 영상을 OsiriX를 이용하여 VR (volume rendering)과 SSD (shaded surface display) 기법으로 영상을 재구성하고 불필요한 부위를 제거한 후 STL (stereolithography)로 변환하였다.

변환된 STL을 CURA를 이용하여 최적의 팬텀 제작을 위한 출력값을 설정하고 G-coding 하였으며, 프린터로 전송시켜 5개의 성질이 다른 필라멘트, Wood, Glow fill, Steel, PLA, XT-CF20을 사용하여 팬텀을 제작하였다.



(a) 3D modeling process



(b) production process

Fig. 2. 3D Printing production process.

Table 1. Set-up of 3D printer

	Infill Density (%)	Temperature of printing (°C)	bed temperature (°C)	Intensity (g/cm ³)
Wood	100	250	100	0.4
XT-CF20	100	180	0	1.35
PLA	100	210	50	1.21
Glow fill	100	230	60	1.40
Steel	100	210	100	3.13

2. 실험방법

2.1 CT number (Hounsfield Unit, HU) 측정

CT number 측정을 위하여 기존 Pelvis 팬텀과 제작된 팬텀을 CT 장비를 이용하여 120 kVp, 250 mAs, standard algorithm으로 각 30회씩 스캔하였다.

얻어진 영상에서 Fig. 3과 같이 ROI 3부위를 지정하여 Eq. (1)을 이용하여 CT number(HU)를 측정하였다.^[15]

$$CTnumber = \frac{\mu_t - \mu_w}{\mu_w} \cdot K \quad (1)$$

μ_w : Linear attenuation coefficients of water

μ_t : Linear attenuation coefficients of measured tissue

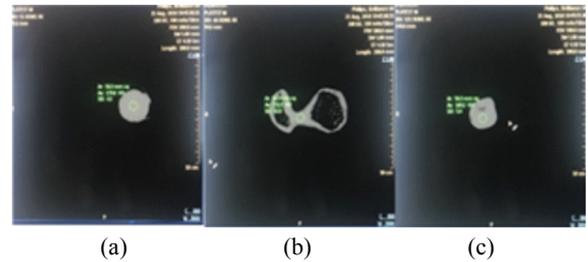


Fig. 3. CT number ROI setup
(a) femur head, (b) femur neck, (c) Femur body

2.2 X선을 이용한 실험

팬텀 비교를 위해 진단용 X선 발생장치를 이용하여 Fig.4처럼 위치시키고 FFD 100 cm, 60kVp, 15 mAs를 이용하여 각 30회씩 조사하였다.

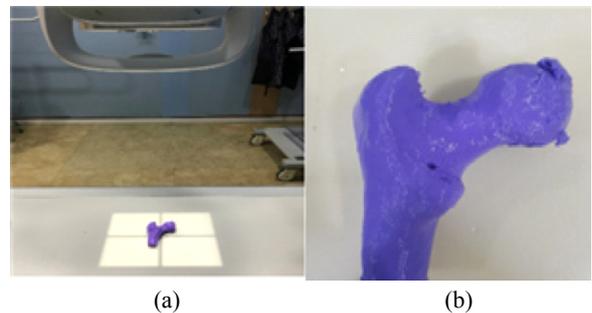


Fig. 4. X-ray imaging system and phantom

2.3 SI(Signal Intensity), SNR(signal to noise ratio) 측정

X-선 조사 후 얻어진 DICOM 영상을 Matlab (Ver.7.10, Mathworks, USA)을 이용하여 Fig. 5와 같이 ROI1과 ROI2를 설정하고 Eq. (2,3)을 이용하여 SI와 SNR를 측정하였다.^[16]

$$SI = \frac{S_I}{N} \tag{2}$$

SI: The sum of all pixel values in the ROI area
N: Number of pixels in the ROI area

$$SNR = \frac{S_A}{\sigma_A} \tag{3}$$

SA: Mean of the signal in the ROI area
σA: Standard deviation of signal in ROI area

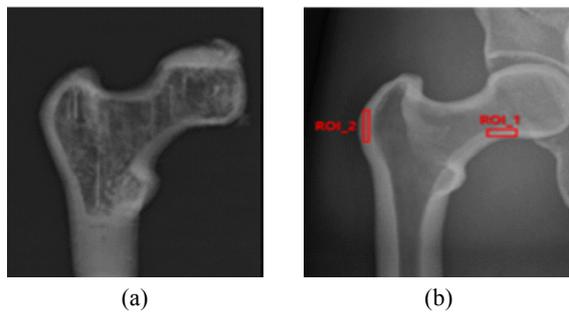


Fig. 5. X-ray imaging SI and SNR setup

3. 통계분석

측정된 데이터를 SPSS Version 22.0을 이용하여 정규성 분포를 확인하기 위해 동질성 검사를 실행하고 일원배치분산분석(ANOVA)으로 분석을 실행하였고, p-value가 0.05 이하일 때 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 분석하였다.

III. RESULT

1. CT number 측정결과

Pelvis 팬텀과 3D프린터로 제작한 팬텀을 사용하여 3곳(Femur head, neck, body)의 ROI를 지정하여 HU 값을 측정한 결과는 Table 2와 같다. ROI 1에서 Pelvis 팬텀의 CT number 값은 875.22±14.64 HU,

ROI 2에서 983.53±9.36 HU, ROI 3에서는 852.94±8.97 HU로 측정되었다. Wood fill에서의 HU 값은 ROI 1에서 -14.75±1.17 HU, ROI 2에서 -15.12±1.34 HU, ROI 3에서 -60.91±1.66 HU로 측정되었다. XT-CF20에서의 HU값은 ROI 1에서 -109.75 HU, ROI 2에서 -91.97±2.15 HU, ROI 3에서 -71.8±2.49 HU로 측정되었다. PLA에서의 ROI 1에서 172±6.21 HU, ROI 2에서 154.03±4.49 HU, ROI 3에서 164.67±5.75 HU로 측정되었다. Glow fill에서의 HU 값은 ROI 1에서 395.61±3.91 HU, ROI 2에서 350.55±7.13 HU, ROI 3에서 403.40±4.32 HU로 측정되었다. Steel은 ROI 1,2,3 모두 3071 HU값으로 측정되었다.

Table 2. The result of CT number measurement for Pelvis Phantom and 3D Printing Phantom

	ROI 1		ROI 2		ROI 3	
	HU	SD	HU	SD	HU	SD
pelvis phantom	875.22	14.64	983.53	9.36	852.94	8.97
wood	-14.75	1.17	-15.12	1.34	-60.91	1.66
XT-CF20	-109.75	2.48	-91.27	2.15	-71.80	2.49
PLA	172.00	6.21	154.03	4.49	164.67	5.75
glow fill	395.61	3.91	350.55	7.13	403.40	4.32
steel	3071	0	3071	0	3071	0

2. 진단용X-선발생장치에서의 SI값 측정

두 종류의 팬텀을 사용하여 2곳의 ROI에서 SI 값을 측정한 결과, Table3과 같이 ROI 1에서 Pelvis 팬텀의 SI는 2405.33±18.08로 측정되었고 ROI 2에서 1655.68±11.34로 측정되었다.

Wood fill ROI 1에서 1529.92±12.08로 측정되었고, ROI 2에서 1655.68±11.34로 측정되어 Pelvis 팬텀과 분석결과 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05).

XT-CF20 ROI 1에서 2386.08±11.78로 측정되었고, ROI 2에서 1736.02±13.69로 측정되었으며 Pelvis 팬텀과 분석결과 유의한 차이를 나타내었다(p<0.05).

PLA 측정결과 ROI 1에서 2329.04±9.98로 측정되었고, ROI 2에서 1720.52±12.01이 측정되어 Pelvis

팬텀과 분석결과 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$).

Glow fill ROI 1에서 2395.52 ± 29.37 로 측정되었고, ROI 2에서 1664.08 ± 25.73 로 측정되어 Pelvis 팬텀과 분석결과 유의한 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$).

Steel은 ROI 1에서 23811.4 ± 6.19 , ROI 2에서는 17744.6 ± 8.52 로 측정 되었고 검증한 결과 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$).

Table 3. The result of SI measurement for Pelvis Phantom and 3D Printing Phantom.

	ROI 1			ROI 2		
	SI	SD	P-value	SI	SD	p-value
pelvis phantom	2405.33	18.08		1655.68	11.34	
wood	1529.92	12.08	0.000	1455.97	13.38	0.000
XT-CF20	2386.08	11.78	0.000	1736.02	13.69	0.000
PLA	2329.04	9.98	0.000	1720.52	12.01	0.000
glow fill	2395.52	29.37	0.194	1664.08	25.73	0.837
steel	23811.4	6.19	0.000	17744.6	8.52	0.000

3. 진단용 X-선 발생장치에서의 SNR값 측정

SNR값을 측정한 결과, Table 4와 같이 ROI 1에서 기존 Pelvis 팬텀의 SNR이 23.94 ± 3.47 로 측정되었고, ROI 2에서는 14.56 ± 2.37 로 측정되었다.

Wood fill은 ROI 1에서 3.81 ± 0.68 로 측정되었고, ROI 2에서 25.14 ± 3.68 로 측정되어 Pelvis 팬텀과 분석결과 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$).

XT-CF20은 ROI 1에서는 12.71 ± 2.18 로 측정되어 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$).

하지만 ROI 2에서 12.79 ± 1.93 로 측정되어 Pelvis 팬텀과 분석결과 유의한 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$).

PLA도 ROI 1에서 11.16 ± 1.8 로 측정되어 통계적으로 유의한 차이가 있다고 검증되었다($p > 0.05$).

하지만 ROI 2에서 12.07 ± 2.04 로 측정되어 Pelvis 팬텀과 분석결과 유의한 차이가 없다고 판단되었다($p > 0.05$).

Glow fill은 ROI 1에서는 23.02 ± 3.95 , ROI 2에서는 14.61 ± 1.79 가 측정되었고, Pelvis 팬텀과 분석결과 유의한 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$).

Steel은 ROI 1에서 107.11 ± 2.67 , ROI 2에서는 118.64 ± 1.83 이 측정되었으며 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$).

Table 4. The result of SNR measurement for Pelvis Phantom and 3D Printing Phantom.

	ROI 1			ROI 2		
	SNR	SD	P-value	SNR	SD	p-value
pelvis phantom	23.94	3.47		14.56	2.37	
Wood	3.81	0.68	0.000	25.14	3.68	0.000
XT-CF20	12.71	2.18	0.000	12.79	1.93	0.588
PLA	11.16	1.8	0.000	12.07	2.04	0.209
Glow	23.02	3.95	0.990	14.61	1.79	1.000
Steel	107.11	2.67	0.000	118.64	1.83	0.000

IV. DISCUSSION

3D 프린터는 CT나 MRI 영상 데이터를 이용하여 소량의 맞춤형 생산이 가능한 장점이 있고, 개별성

이 강하고 고도의 정밀성을 요구되는 의료분야에서 나날이 발전하고 있다.^[17,18] 특히 방사선과학과 응용된 3D 프린팅 사례도 꽤 모형을 제작하여 사전 수술계획을 하거나 선량 및 화질 팬텀을 제작하는

등 지속적으로 발전하고 있는 추세이다.^[19,20] 따라서 본 연구에서는 기존의 PLA 뿐만 아니라 다양한 물질과 X-선과의 반응에 대한 실험을 하였으며 이를 처음으로 시도했다는 데 의미가 있다. 현재 임상에서 의료영상을 다루는 방사선사를 양성하는 전국 방사선(학)과에서는 방사선검사의 교육이 이루어지고 있지만 인체조사가 아닌 해부학적으로 고정된 인체 팬텀을 이용하므로 한정된 자세의 교육만이 제한적으로 이루어지고 있다. 그리고 비싼 가격에 수입에 의존하고 팬텀은 해부학적 구조를 변경할 수 없어 축 방향 검사(axial projection) 및 접선방향 검사(tangential projection)에 대한 실습은 이루어지기 힘든 실정이다. 이에 대한 선행연구로 PLA를 사용하여 X-선 팬텀 제작에 관한 연구가 있었지만,^[21] 한계점을 개선하고자 5가지의 서로 다른 밀도를 가진 필라멘트로 제작한 팬텀과 pelvis 팬텀을 비교분석하였다. 그 결과 Wood fill은 CT Number -10 ~ -60 HU가 측정되어 백질과 유사한 값을 나타내는 걸 알 수 있었으며, XT-CF20은 -71 ~ -109 HU가 측정되어 인체의 지방과 비슷하다는 점을 알게 되었다. 또한 PLA는 154 ~ 172 HU 값을 나타내어 간과 유사한 값을 나타낸다는 걸 알 수 있었고, Steel은 3071 HU가 측정되어 뼈의 CT Number인 1000 HU보다 매우 높게 측정되어 인체조직 팬텀으로는 사용할 수 없다는 걸 알 수 있었다. PLA에 야광원료를 섞어 만든 Glow fill의 CT Number는 350 ~ 403 HU로 뼈보다는 밀도가 낮지만 CT 검사 시 사용하는 X선 보다 낮은 에너지를 사용하는 일반 X-선 영상에서는 SNR 및 SI 측정결과 뼈와 유사하게 측정되었고, 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않아 X-선 팬텀으로 활용이 가능할 것이라 사료된다. 본 연구의 제한점은 PLA와 XT-CF20 재질로 만든 팬텀의 원활한 출력을 위하여 팬텀 내부에 지지대를 출력하였지만, 내부의 지지대를 없애지 못하여 ROI2 에서 SNR에 영향을 주어 p-value가 0.05크게 측정 되었다는 점이다. 팬텀 제작 시 지지대의 재질을 물에 녹는 PVA(Polyvinyl Alcohol) 필라멘트를 사용하여 제작 후 물에 담가두어 지지대를 녹여 없애면 SNR에 영향을 미치지 않을 것이라 사료된다. 비록 뼈와 동일한 밀도 값을 가진 필라멘트는 확인할 수 없었지만, 필라멘트 제작 시 PLA에 혼합된 물질에 따라 밀도의 차이를 보인다는 것을

알 수 있었다.

V. CONCLUSION

본 연구에서 CT 데이터를 활용하여 3D프린터로 제작한 팬텀을 CT와 진단용 X선발생장치를 이용하여 비교분석한 결과 Glow fill로 제작한 팬텀이 X선 촬영 영상에서는 통계적으로 유의한 차이가 없다고 검증되었다($p>0.05$). 그러므로 3D프린터를 이용하여 저렴한 비용으로 X-선 팬텀 제작이 가능하다고 사료되며, 학생들에게 수준 높은 교육을 할 수 있는 도구로 활용되고, 교육용 팬텀의 보급율도 높아질 수 있을 것이라 사료된다. 하지만 이제 기초적인 연구 개발 단계로 추가 연구를 통해 개선해야 할 한계점도 확인 하였다. 본 연구가 3D 프린팅 기술을 이용한 X-선 팬텀 제작의 기초자료로 활용되어 영상의학 분야와 3D 프린팅분야의 융합연구에 크게 기여를 할 수 있을 것으로 기대한다.

Reference

- [1] J. C. Yang, G. H. Park, T. W. Kim, J. I. Ryoo, M. P. Ji, J. O. Kim, "Clinical Features of Percutaneous Hemivertebroplasty in Patients with Osteoporotic Vertebral Compression Fractures," Korean journal of neurotrauma, Vol. 9, No. 1, pp.17-22, 2013.
- [2] T. S. Kim, "Cadaver Fitting Test of Mechanical Circulatory Assist Device Including Korean Artificial Heart (AnyHeart) in Korea," Anatomy & Cell Biology, Vol. 36, No. 4, pp.301-307, 2003.
- [3] M. H. Baek, G. K. Kim, S. Y. Han, C. M. Hwang, "Analysis of Trabecular Bone Strength using Finite Element Analysis," Korean journal of Osteoporosis, Vol. 9, No. 2, pp.180-185, 2011.
- [4] S.H. Kim, D. W. Kim, N. G. Kim, "Fall Simulation and Impact Absorption system for Development of Fracture Prevention System," Korean journal of Biomedical Engineering Letters, Vol. 31, No. 6, pp.438-448, 2010.
- [5] H. Y. Jeong, "Osteoporosis Diagnosis and Treatment 2007," Korean journal of Endocrinology, Vol. 23, No. 2, pp. 76-108, 2008.
- [6] H. G. Yoon, Y. B. Kim, G. W. Seo, "Postoperative

- Mortality and the Associated Factors in Elderly Patients with Hip Fracture," Korean Journal of Orthopaedic, Vol. 47, No. 6, pp. 445-451, 2012.
- [7] <http://opendata.hira.or.kr/op/opc/olap4thDsInfo.do>
- [8] S.W. Chae, G.D. Kim, "Radiographic Diagnosis of the Osteoporotic Vertebral Fractures," Korean Journal of Osteoporosis, Vol. 11, No. 1, pp. 59-65, 2013.
- [9] B.J. Ahn, J.H. Lee, S.B. Lee, "A Study on Exposure to radiation of the patient who visited an emergency room at a University Hospital," Korean Journal Society of Radiology, Vol. 2, No. 3, pp. 23-34, 2007.
- [10] <http://www.law.go.kr/LSW//lsInfoP.do?lsiSeq=7984&chrClsCd=010202&urlMode=lsInfoP&efYd=19891230#0000>
- [11] W. G. Oh, "valuation 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.
- [12] S. J. Kang, M. H. Woo, "A Study on the Qualification Development of 3D Printing Operation Expert and 3D Printing Development Specialist," Korean Journal Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 17, No. 10, pp. 37-38, 2016.
- [13] W. 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.
- [14] W. G. Oh, H. G. Kim, "Comparison of the Quality of Clavicle Fracture Three-dimensional Model Printing by Open Source and Commercial use Digital Imaging and Communications in Medicine Stereolithography File Conversion Program," Korean Journal of Radiological Science and Technology, Vol. 41, No. 1, pp. 1-6, 2018.
- [15] G. Hilgers, T. Nuver, A. Mincken, "The CT number accuracy of a novel commercial metal artifact reduction algorithm for large orthopedic implants," Journal of Applied Clinical Medical Physics, Vol. 15, No. 1, pp. 274-278, 2014.
- [16] S. H. Kang, Y. G. Lee, Y. J. Lee, "Feasibility of Application for Fast Non Local-Means (FNLM) Algorithm with Medical Imaging System: a Simulation Study," Korean journal of The Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 55, No. 3, pp. 141-145, 2018.
- [17] J. Y. Bae, E. J. Choi, S. A. Kim, "A Study on the State-of-the-Art of 3D Printers," The Korean Society of Computer and Information, Vol. 21, No. 32, pp. 385-388, 2013.
- [18] Y. Altintas, D. Ertay, A. Yuen, "Synchronized material deposition rate control with path velocity on fused filament fabrication machines," Additive Manufacturing, Vol. 19, No. 1, pp. 205-213, 2018.
- [19] M. S. Yoon, "A Study on CT image quality and dose measurement Phantom using 3D printer," Graduate school of Eulji University, Republic of Korea, Master's thesis, 2018.
- [20] W. G. Oh, "Development of 3D Printer System for Making Customized Bone Models of Orthopedic Surgery Patient," Graduate school of Choongbook University, Republic of Korea, Doctoral dissertation, 2013.
- [21] W. J. Choi, J. B. Jeon, J. H. Woo, "Making Human Phantom for X-ray Practice with 3DPrinting," The Korean Journal Society of Radiology, Vol. 11, No. 5, pp. 371-377, 2017.

CT 데이터와 3D 프린팅 기술을 이용한 뼈 모형 X선 팬텀 제작에 관한 연구

윤명성,¹ 한동균,^{1,*} 김연민,² 윤준³

¹을지대학교 방사선학과

²원광보건대학교 방사선과

³동남보건대학교 방사선과

요약

3-dimensional(D) 프린터는 컴퓨터로 모델링 한 데이터를 바탕으로 3차원의 입체 물체를 출력할 수 있는 장비이다. 이러한 특징을 방사선과학 분야와 융합하여, CT 데이터를 이용한 뼈 모형 X선 팬텀 제작 등에 활용되고 있다. 본 연구는 기존의 Pelvis 팬텀을 CT 스캔하고 얻어진 데이터로 Fused Filament Fabrication(FFF) 3D 프린터의 소재인 PLA, Wood, XT-CF20, Glow fill, Steel 필라멘트를 이용하여, 뼈 모형 팬텀을 제작하였다. 기존의 Pelvis 팬텀과 3D 프린터로 제작된 5가지 재질의 팬텀을 동일한 조건으로 CT 스캔 하고 얻어진 영상에서 Hounsfield Unit(HU)을 측정하였으며, 진단용 X선 발생장치를 이용하여 SI, SNR을 측정하여 각 팬텀을 비교 분석하였다. 그 결과 사지 X선 검사 조건 내에서 X선 팬텀은 glow fill 필라멘트가 가장 적합하다는 것을 알 수 있었다. 본 연구의 기반으로 필라멘트의 특성들을 알 수 있었으며, X선 팬텀 제작에 대한 실용성을 확인하였다.

중심단어: 3D프린터, 필라멘트, X선 팬텀, SNR, CT number

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	윤명성	을지대학교 방사선학과	대학원생(박사)
(공동)	김연민	원광보건대학교 방사선과	교수
	윤준	동남보건대학교 방사선과	교수
(교신)	한동균	을지대학교 방사선학과	교수