

<원저>

삼차원 프린팅 기술을 이용한 전산화단층영상 품질 측정용 팬텀 제작 및 비교 연구

윤명성¹⁾·홍순민²⁾·허영철¹⁾·한동균¹⁾

¹⁾을지대학교 보건과학대학 방사선학과·²⁾녹십자MS 기기개발팀

A Study on the Fabrication and Comparison of the Phantom for Computed Tomography Image Quality Measurements Using Three-Dimensions Printing Technology

Myeong-Seong Yoon¹⁾·Soon-Min Hong²⁾·Yeong-Cheol Heo¹⁾·Dong-Kyoon Han¹⁾

¹⁾Department of Radiological Science, Health Sciences College, Eulji University

²⁾Device Development Team, GreenCross Medical Science

Abstract Quality control (QC) of Computed Tomography (CT) devices is based on image quality measurement on AAPM CT phantom which is a standard phantom. Although it is possible to control the accuracy of the CT apparatus, it is expensive and has a disadvantage of low penetration rate. Therefore, in this study, we make image quality measurement phantom at low cost using FFF (Fused Filament Fabrication) type three-dimensional printer and try to analyze the usefulness, compare it with existing standard phantom. To print a phantom, We used three-dimensional printer of the FFF system and PLA (Poly Lactic Acid, density: 1.24 g/cm³) filament, and the CT device of 64 MDCT (Aquilion CX, Toshiba, Japan). In addition, we printed a phantom using three-dimensional printer after design using various tool based on existing standard phantom. For image quality evaluation, AAPM CT phantom and self-generated phantom were measured 10 times for each block. The measured data were analyzed for significance using the Mannwhitney U-test of SPSS (Version 22.0, SPSS, Chicago, IL, USA). As a result of the analysis, phantom fabricated with three-dimensional printer and standard phantom showed no significant difference ($p>0.05$). Furthermore, we confirmed that image quality measurement performance of a phantom using three-dimensional printer is similar to the existing standard phantom. In conclusion, we confirmed the possibility of low cost phantom fabrication using three dimensional printer.

Key Words: Computed Tomography, Quality assurance, Image quality, AAPM CT phantom, 3D printer

중심 단어: 전산화단층촬영, 정도관리, 영상 품질측정, AAPM CT팬텀, 삼차원프린터

I. 서 론

현재 의료분야에서 방사선을 이용한 영상의학검사는 진단 및 치료에 매우 중요한 부분을 차지하고 있어, 그 역할이 증대되고 있다[1]. 특히 전산화단층촬영(Computed Tomography; CT)는 X선을 사용하여 환자를 스캔 하고 컴퓨터로 재구성

하여 인체 내 장기의 해부학적 구조를 정확하게 나타 낼 수 있으며, 분해능이 우수하고 신뢰성이 높은 장비이다[2,3]. 최근에는 CT기술의 지속적인 발전으로 임상적인 유용성이 크게 증가하여, 검사 건수도 증가하는 추세이며, 장비의 설치도 2007년 1,638대에서 2017년 1,964대로 10년 동안 약 19.9% 증가하였다[4,5]. 하지만 이러한 장점에도 CT검사로 인한 방사

Corresponding author: Dong-Kyoon Han, Department of Radiological Science, Health Sciences College, Eulji University, 553 Sanseongdae-ro, Sujeong-gu, Seongnam-si, Gyeonggido, 13135, Korea / Tel: +82-31-740-7276 / E-mail: handk@eulji.ac.kr

Received 30 October 2018; Revised 07 November 2018; Accepted 16 November 2018

Copyright ©2018 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

선 피폭이 전체 영상의학검사에 의한 피폭의 약67%에 차지한다고 보고가 되었듯이 방사선피폭이라는 위험요소가 잠재되어 있어, 우려의 목소리도 증가하고 있는 실정이다[6,7]. 그러므로 CT장비의 정도관리는 정확한 진단에 필수적이며, 특히 방사선 발생장치의 관리의 더욱 중요하다. 장비의 노후화, X선의 물리적 특성, S/W의 오류 등으로 인하여 병변을 놓치거나 인공물에 의해 거짓병변을 만들어 낼 수 있어, 판독 시 오진율이 증가할 수 있고, 재검사 및 중복검사로 인하여 환자의 방사선 피폭을 증가시킬 수 있다[8,9]. 이에 장비의 정도관리는 CT의 정확성을 높이고 인체의 미세한 구조를 명료하고 정확한 영상을 만들기 위해 우선적으로 행해져야 할 것이다. 우리나라에서 CT장비는 특수의료장비에 속하며 의료법 제38조에 따라 시·군·구청장에게 등록해야 하고, 보건복지부장관에게 정기적 품질검사를 받아야 하고, 부적합 시에는 장비를 사용할 수 없도록 제정되어 있다[10]. 품질검사는 팬텀 영상평가로 하며, 표준팬텀은 AAPM(American Association of Physicists in Medicine) CT Performance팬텀(76-410, Fluke, USA) 및 보건복지부장관이 정하는 바에 따라 이와 동등함이 검증된 팬텀으로 6개월에 한번 씩 시행해야 한다[11]. 표준팬텀인 AAPM CT팬텀은 하나의 팬텀으로 CT number의 균일도, 노이즈, 단면두께, 직선성, 영상에서의 측정치와 실측정치의 비교평가, 공간분해능, 대조도 분해능측정을 할 수 있어 CT장비의 정도관리가 가능하지만 팬텀 가격이 고가이고, 수입에 의존하기 때문에 각 병원마다 팬텀을 보유하고 있지 않으며, 대부분 위탁업체를 통해 정도관리를 하고 있다[12]. 그러므로 임상에서 CT장비의 고장 등으로 인하여 품질관리가 필요할 경우에도 자체적으로 수시 정도관리를 시행하기에는 어려운 실정이다. 이렇듯 낮은 보급률을 보완할 수 있는 방법으로 동등한 성능을 가진 저가형 대체 팬텀을 제작하고자 하였다. 최근 4차 산업혁명에 대표기술로 제시되는 삼차원프린터는 침착 가공하여 적층하는 방식으로서, 저렴한 비용으로 제작이 가능하다[13]. 또한 삼차원프린터 재료 중 표준팬텀의 재질인 아크릴과 밀도가 유사한 폴리락티산

(Polylactid Acid, PLA)을 이용하면 유사한 팬텀이 제작 될 것이라 사료된다[14]. 따라서 본 연구는 삼차원프린터와 폴리락티산을 이용하여 기존의 AAPM CT팬텀과 유사한 팬텀을 제작하고 측정된 데이터를 비교분석을 통해 삼차원프린터로 제작한 팬텀의 가능성을 확인하고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 실험기기 및 팬텀

1) 삼차원프린터

본 연구에서는 보급형 FFF (Fused Filament Fabrication) 방식의 삼차원프린터가 4대를 사용하였으며, 출력물의 형태 및 모형에 따라 프린터를 선택하여 팬텀을 제작하였다 [Fig. 1].

재료는 표준팬텀의 주 재질인 아크릴 (밀도: 1.19 g/cm³)과 밀도가 유사하며 친환경 소재인 폴리락티산 (밀도: 1.24 g/cm³)을 사용하였다. 폴리락티산의 출력 후 물성은 인장 탄성률은 2346.5 MPa이며, 산출 시 신장도는 3.3%로써 단단한 소재이며, 굴곡 강도 103.0 MPa, 굴곡 탄성률은 3150.0 MPa 인 재료이다.

2) 실험장비 및 팬텀

본 연구에서는 성능 객관성을 위해 의료법 제38조 특수 의료장비 설치 운용에 관한 규정에 적합관정을 받은 64 MDCT (Acuilion CX, Toshiba, JAPAN)와, 표준팬텀으로 고시된 AAPM (American Association of Physicists in Medicine) CT performance팬텀(76-410, Fluke, USA)을 사용하였다[Fig. 2].

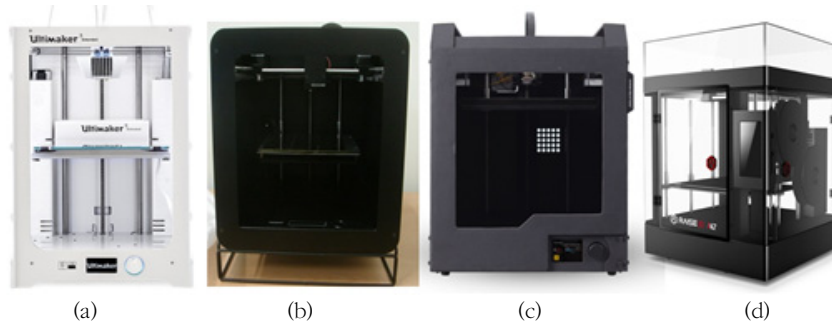


Fig. 1. Used FFF type 3D printer:

- (a) (Ultimaker3 Extended, Ultimaker Netherlands),
- (b) (almond, Opencreators, Korea),
- (c) (mannequin, Opencreators, Korea),
- (d) (N2, Raise 3D, USA).

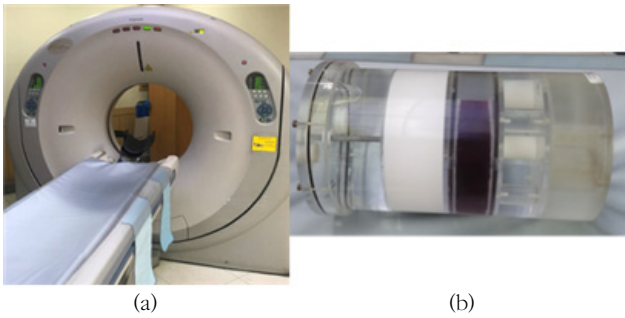


Fig. 2. Used Device:
(a) Computed Tomography, (b) AAPM CT Performance phantom

2. 팬텀제작

삼차원프린터로 영상 품질 측정용 팬텀 제작은 표준팬텀과 동등한 팬텀제작을 위하여 순 설계과 역 설계를 이용하였으며, Fig. 3과 같은 순서로 진행하였다.

1) 팬텀 분석

기존의 표준팬텀을 CT 스캔하고 얻어진 DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)영상을 OsiriX (Lite, Pixmeo SARL, Swiss)를 이용하여 Volume rendering (VR)기법을 통해 삼차원으로 재구성하고, 팬텀의 길이 및 두께 등 내부 형태를 분석하였다.

2) 팬텀 설계

분석한 데이터를 바탕으로 영상품질 측정용 팬텀 제작을 위하여 삼차원 설계 프로그램 SolidWorks (Premium 2017, Solidworks, USA)를 이용하여 설계하였다. 다양한 측정을 위해 복잡한 구조를 가진 표준팬텀과 유사하게 제작하기 위해 팬텀 케이스, 균일도, 노이즈, 인공물 유.무 측정을 위한 부위와 단면두께 측정부위, 직선성 측정부위, 공간분해능 측정부위, 대조도 분해능 측정 부위로 나누어 설계하였고, 출력 후 조립을 쉽게 할 수 있도록 설계하였다. 또한 케이스 뚜껑 부분에는 중심선 정렬 알루미늄 핀을 삽입할 수 있는 구멍과 증류수를 넣기 위한 작은 구멍 2개를 설계하였다. 설계한 파일을 삼차원프린터에 쓰이는 확장자인 STL (Stereolithography) 방식으로 변환하여 저장하였다[Fig. 4].

3) 팬텀 출력

STL파일을 슬라이서 프로그램 CURA (3.04, Ultimaker, Netherlands)를 이용하여, 각 측정부위별로 출력온도, 베드온도, 벽두께, 내부 채움 등 출력설정을 하였으며, 출력크기에 따라 알맞은 장비를 선정하였고, 재료와 출력시간 절

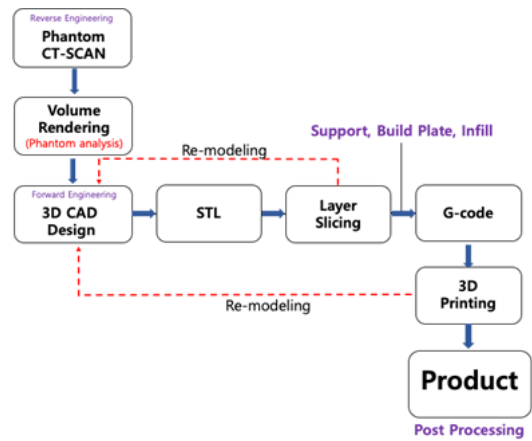


Fig. 3. 3D printing production process.

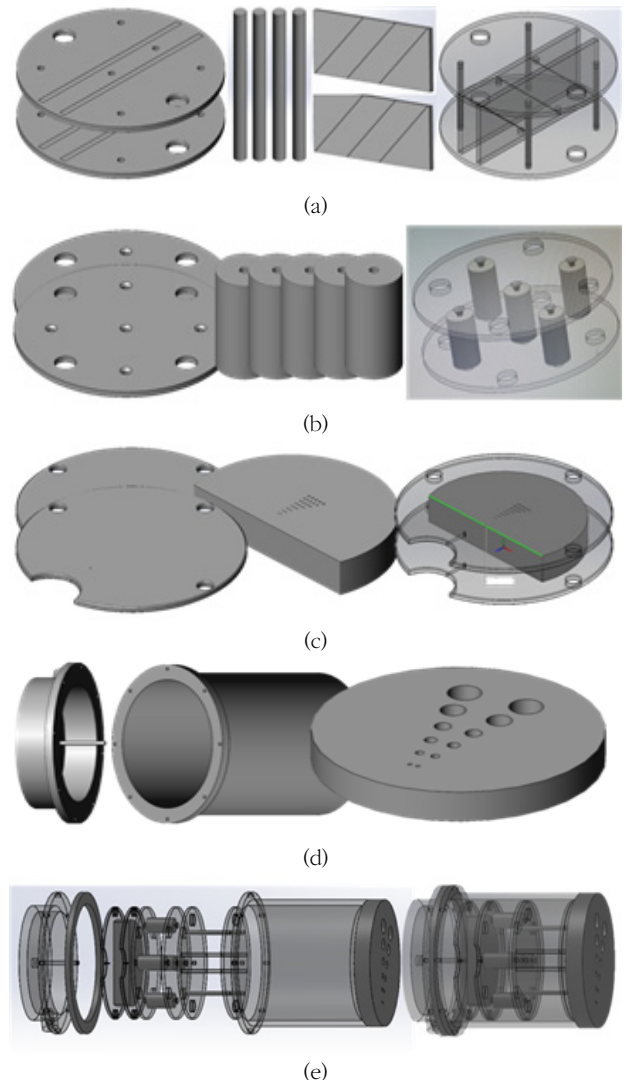


Fig. 4. 3D CAD design of the phantom for image quality evaluation:

(a) slice thickness phantom, (b) linearity phantom, (c) spatial resolution phantom, (d) case and cap design and contrast resolution phantom, (e) image quality phantom

Table 1. Main site setting value of 3D-printer

	case			spital resolution			costrast resolution
	cap and body	support fixture	cylinder	body	case	measuring part	body
Layer Height	0.2 mm	0.2 mm	0.2 mm	0.4 mm	0.2 mm	0.06 mm	0.1 mm
Shell thickness	2 mm	1.2 mm	0.8 mm	2 mm	0.8 mm	1.2 mm	2 mm
Temperature of printing	220℃	210℃	205℃	210℃	211℃	210℃	210℃
bed temperature	70℃	50℃	60℃	50℃	70℃	60℃	60℃
Infill Density	15 %	100 %	100 %	20 %	20 %	100 %	100 %
used 3Dprinter	N2	ultimaker3	manequin	ultimaker3	almond	ultimaker3	ultimaker3

감을 위해 팬텀을 지지하는 부위와 측정부위의 설정 값을 다르게 하여 G-coding을 하고 프린터로 전송시켜 팬텀을 출력하였다<Table 1>.

4) 후처리

출력물을 삼차원 설계에 따라 접착제를 이용하여 하나의 팬텀으로 조립하였으며, 실험 시 증류수의 누수를 방지하기 위해 방수제를 도포하고 건조하였다. 뚜껑과 팬텀 사이도 누수방지를 위해 실리콘 7 T를 팬텀 크기에 맞춰 제단 하여, 뚜껑과 케이스결합 부위에 위치시킨 후 증류수를 채우고 뚜껑을 결합하였다. 뚜껑에 있는 구멍은 중심선 정렬을 위한 알루미늄 핀과 실리콘마개와 결합하여 삽입하였다. 대조도 분해능 측정 부위는 각 구멍에 조영제와 증류수를 혼합한 용액을 채우고 구멍안과 주변부의 CT number가 10 HU (Hounsfield Unit) 이내로 조정된 후 구멍 사이즈에 맞는 실리콘 마개로 막아 누수를 방지하였다[Fig. 5].

3. 실험방법

삼차원프린터로 제작된 영상품질 측정용 팬텀과 표준팬텀과의 비교를 위해 의료법 제38조에 고시된 팬텀 검사조건 기준에 따라 동일한 조건으로 CT 스캔하였다. 팬텀 검사조건은 250 mAs의 관전류, 120 kVp의 관전압을 적용하고 25 cm 이상의 SFOV (Scan Field of View)와 25 cm의 DFOV (Display Field of View)를 사용하였다. 그리고 single slice scan을 시행하며, 영상재구성은 standard reconstruction algorithm을 이용하고, 장비의 구비 조건상 기본 검사 조건을 정확히 준수할 수 없는 경우 가장 근접한 조건으로 검사하였다. 부위 별로 10회씩 스캔하고, 측정된 데이터를 이용하여 균일도와 노이즈, 단면두께 측정, 영상에서의 측정치와 실측정치, 직선성을 비교 분석하였으며, 공간분해능과 대조도 분

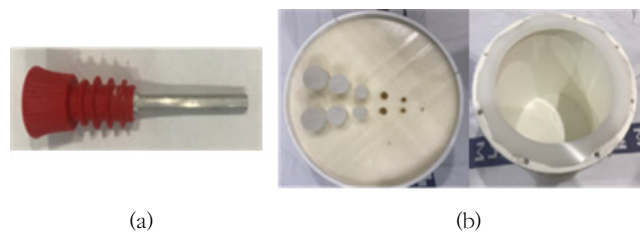


Fig. 5. Image quality phantom assembly and post-processing: (a) Aluminum pin, (b) silicon 7T and silicone plug

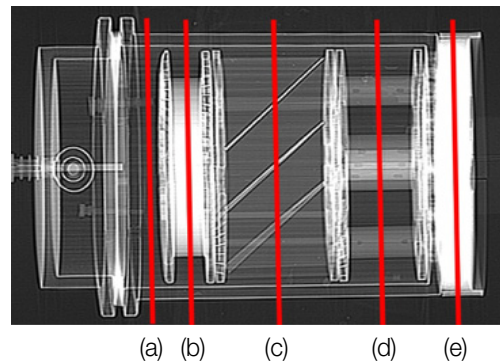


Fig. 6. Phantom scan position: (a) CT number calibration block, (b) spatial resolution block, (c) slice thickness block, (d) linearity block, (e) contrast resolution block.

해능은 임상경력 5년 이상의 방사선사 10명에게 정성적 평가를 시행하여 유의성을 검증하였다[Fig. 6].

4. 데이터 처리

측정된 데이터에서 기존의 AAPM CT팬텀과 삼차원프린터를 이용하여 제작된 영상 품질측정 팬텀의 데이터중 균일도와 노이즈, 단면두께 측정, 직선성, 영상에서의 측정치와 실측정치를 SPSS (V.22.0, SPSS, IL, USA)프로그램의 Mann-Whitney U test를 이용하여 분석하였으며, p값은 0.05 이하일 경우 유의성이 있는 것으로 판단하였다(p<0.05).

III. 결 과

1. 팬텀제작물

제작된 팬텀은 총 길이가 315.3 mm이며, 폭은 216 mm으로 제작되었다. 케이스 내부에 각 측정 부위들이 삽입 되도록 제작되었으며, 대조도 분해능은 케이스 바닥 부에 접착제를 사용하여 결합하였고, 또한 누수방지를 위해 삼차원프린터로 제작한 너트를 볼트와 결합하여 조립하였다[Fig. 7].

2. 품질측정 결과

1) 균일도 평가

CT number calibration 부위를 스캔한 영상에서, 4 cm × 4 cm의 ROI를 6시 방향, 12시 방향, 3시 방향, 9시 방향에서 CT number를 측정하고, 균일도를 측정한 결과, 표준 팬텀에서 평균 1.96±1.72 HU (Hounsfield Unit)이 측정되었으며, 자체제작 팬텀에서는 평균 1.98±0.69 HU이 측정되었고, 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p=0.595$).

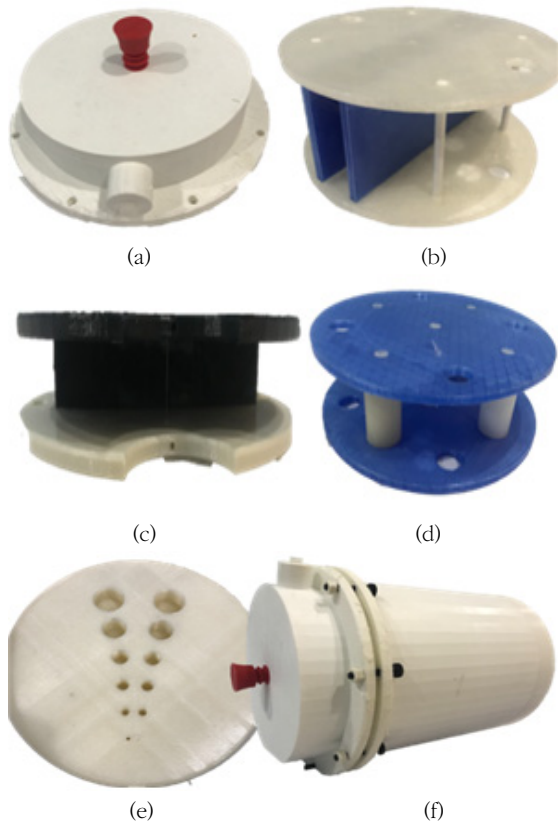


Fig. 7. Completed Phantom using 3D printer:
 (a) cap, (b) slice thickness phantom, (c) spatial resolution phantom (d) linearity phantom, (e) contrast phantom, (f) self production image quality phantom.

2) 노이즈 평가

같은 영상에서, 4 cm × 4 cm의 ROI를 중심선정렬 핀 아래에 설정하여 측정한 결과, 표준팬텀에서는 평균 5.69±0.06 HU로 나타냈으며 자체제작 팬텀에서는 평균 5.75±0.05 HU이 측정되었으며 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

3) 단면두께 측정 평가

단면두께 측정부위에서 12 mm 측정된 결과 표준팬텀에서는 11.97±0.14 mm으로 측정되었고, 자체제작 팬텀에서는 11.98±0.08 mm로 측정되었다. 6 mm 측정에서는 표준 팬텀과 자체제작 팬텀 모두 6 mm로 측정되었으며, 12 mm ($p=0.623$)와 6 mm 부위 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

4) 직선성 평가

직선성 부위의 측정값은 다음과 같다. 표준팬텀에서 Acrylic은 123.78±0.82, Nylon은 92.93±0.38 HU, Polycarbonate

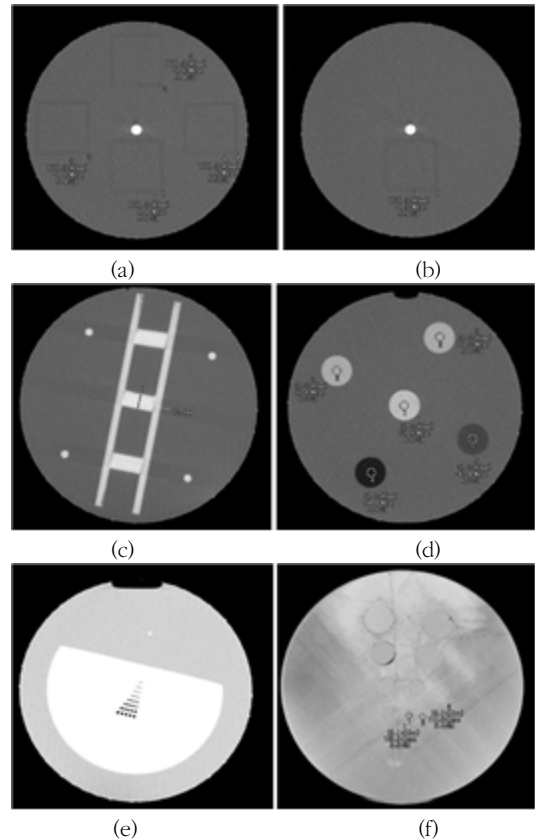


Fig. 8. Image quality phantom CT scan image.
 (a) uniformity measurement image, (b) noise measurement image, (c) slice thickness measurement image, (d) linearity measurement image, (e) spatial resolution and angle, diameter measurement image. (f) contrast resolution measurement image.

는 100.24 ± 0.60 HU, Polystyrene은 -99.73 ± 0.34 HU, Polyethylene은 -93.90 ± 1.20 HU이 측정되었으며, 자체제작 팬텀에서는 Acrylic은 123.58 ± 0.41 HU, Nylon은 93.00 ± 0.31 HU, Polycarbonate는 99.98 ± 0.82 HU, Polystyrene은 -99.75 ± 0.23 HU, Polyethylene은 -94.06 ± 0.85 HU이 측정되었으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$).

5) 영상에서의 측정치와 실측정치의 비교 평가

평균 각도는 표준팬텀에서 $138.2 \pm 0.73^\circ$, 자체제작 팬텀에

서는 $138.6 \pm 0.86^\circ$ 가 측정되었으며, 평균거리는 139.6 ± 0.49 mm으로 측정되었고, 자체제작 팬텀에서는 139.7 ± 0.32 mm로 측정되었다. 두 팬텀은 영상에서의 측정치와 실측정치의 비교 평가에 있어 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$).

6) 공간분해능 평가

공간분해능 판독 결과, 표준팬텀은 1.00 mm까지 보인다고 한 응답자는 1명, 0.7 mm 8명, 0.5 mm 1명으로 나타났다.

Table 2. Measurement result

*Qualitative evaluation of 10 radiological Technologists

Index	The acceptance criteria	AAPM CT phantom	Image quality phantom	P-value
Uniformity	6 HU within	2.03 ± 0.75 HU	1.98 ± 0.69 HU	0.595
Noise	5 HU within	5.69 ± 0.26	5.75 ± 0.15	0.190
Slice thickness 6 mm	$\leq \pm 1$ mm	11.97 ± 0.14 mm	11.98 ± 0.08 mm	0.623
Slice thickness 12 mm	$\leq \pm 1$ mm	6.00 ± 0 mm	6.00 ± 0 mm	1.00
linearity - acrylic	110 ~ 130 HU	123.78 ± 0.82 HU	123.58 ± 0.47 HU	0.520
linearity - nylon	82 ~ 102 HU	92.93 ± 0.38 HU	93.0 ± 0.31 HU	0.761
linearity - Polycarbonate	92 ~ 112 HU	100.24 ± 0.60 HU	99.98 ± 0.82 HU	0.649
linearity - Polystyrene	-34 ~ -14 HU	-99.73 ± 0.34 HU	-99.75 ± 0.23 HU	0.426
linearity - Polyethylene	-102 ~ -82 HU	-93.90 ± 1.20 HU	-94.06 ± 0.85 HU	0.495
Angle	$140 \pm 10^\circ$	$138.2 \pm 0.73^\circ$	$138.6 \pm 0.86^\circ$	0.463
Diameter	140 ± 10 mm	139.6 ± 0.49 mm	139.7 ± 0.32 mm	0.565
Spatial resolution*	1.0 mm Identifiable	1 mm - 1 0.75 mm - 8 0.5 mm - 1	1mm - 1 0.75 mm - 7 0.5 mm - 2	
Contrast resolution*	6.4 mm Identifiable	6.4 mm - 2 3.2 mm - 8	6.4 mm - 1 3.2 mm - 9	

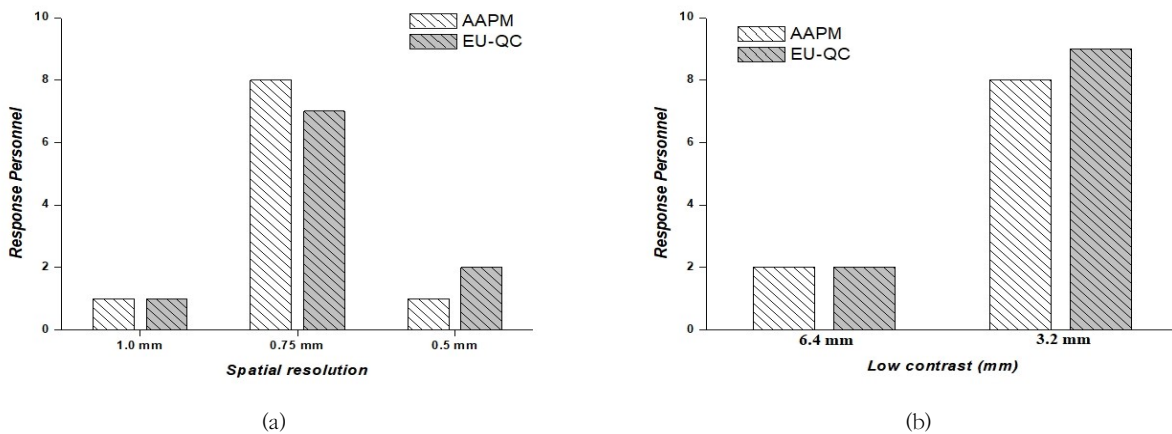


Fig. 9. Measurement result :

(a) Spatial resolution qualitative assessment results, (b) Contrast resolution qualitative assessment results.

자체제작 팬텀은 1.00 mm 1명, 0.75 mm 7명, 0.5 mm 2명으로 나타났다.

7) 대조도 분해능 평가

대조도 분해능 판독결과, 표준팬텀은 6.4 mm까지 보인다고 한 응답자는 2명, 3.2 mm 8명으로 나타났다. 자체제작 팬텀은 6.4 mm까지 보인다고 한 응답자는 1명, 6.4 mm 9명으로 나타났다.

IV. 고 찰

CT검사는 인체의 내부를 자세히 들여다볼 수 있고, 한 번의 스캔으로 영상을 재구성할 수 있으며, 삼차원으로 변환이 가능하기 때문에 병소의 정확한 위치를 파악할 수 있어, 방사선 피폭이라는 단점에도 불구하고 검사 건수 또한 크게 증가하는 추세이다[15]. 따라서 CT장비의 성능을 항상 일정하게 유지하기 위해서는 장비의 정도관리가 매우 중요하다[16]. 우리나라의 정도관리는 현재 의료법 제38조 특수의료장비 설치 및 운영에 관한 법률로 법제화가 되어 있으며, CT장비는 AAPM CT팬텀으로 영상 품질관리를 시행하여 관리하고 있다[10]. 하지만 팬텀의 가격이 고가이기 때문에 수입에 의존하여 보급률이 낮아, 많은 병원에서는 검사 위탁 업체를 통해 정도관리를 하고 있다. 이러한 문제점을 개선시키기 위해 기존 표준팬텀과 동등한 팬텀을 저 비용으로 제작하는 것이 필수적으로 요구된다. 삼차원프린터를 이용한 기존의 연구에서는 해부학적 모형 팬텀이나 영상 품질측정 팬텀 등의 연구가 꾸준히 진행되어 왔다. 하지만 AAPM CT팬텀처럼 정도관리를 위한 팬텀의 연구는 미미한 실정이다[17,18]. 따라서, 본 연구에서 삼차원프린터를 이용하여 저렴한 비용으로 AAPM CT팬텀과 유사한 팬텀을 제작하여 비교 분석하고 유용성을 평가하였다. 삼차원프린터로 제작한 품질관리 팬텀은 기존 표준팬텀을 구성하고 있는 아크릴과 밀도가 유사한 폴리락티산을 사용하였고, 기하학적 구조인 팬텀의 지름을 216 mm로 동일하게 설정하였다. 가장 보편화 된 FFF방식의 삼차원프린터를 사용하였고, 표준팬텀을 CT 스캔하고 얻어진 DICOM 데이터를 분석하여, CAD로 역 설계하고 제작하였다. 모든 부위는 출력 후 설계도에 따라 조립하여 팬텀제작을 완성하였다. 이후 제작된 팬텀에 증류수를 채워 팬텀영상검사기준에 따라 CT 스캔을 하고 균일도, 노이즈, 단면두께, 영상에서의 측정치와 실측정치, 공간분해능, 대조도 분해능을 측정하였다. 측정결과, 균일

도는 중심부와 주변부간 5HU 이내 측정이 되어야 하며 표준팬텀과 자체 제작팬텀 모두기준에 적합 하였으며, 또한 6 HU 이내로 측정되어야 하는 노이즈 역시 기준에 적합하였다. CT number calibration 부위에서 물의 CT number는 0 ± 6 HU 이내로 측정되었다. 1 mm 이하까지 식별할 수 있어야 하는 공간분해능 측정 부위와 6.4 mm 이하까지 식별 가능해야 하는 대조도 분해능 측정 부위의 정성적 평가결과, 합격기준인 1 mm 이하와 6.4 mm 이하까지 측정된다고 평가되었으며, 영상에서의 측정치와 실측정치 비교에서는 합격수치인 각도 $\pm 3^\circ$ 와 거리 ± 3 cm안에 측정되어 표준팬텀과의 차이가 미비한 정도였다. 단면두께 측정부위에서도 검사 기준인 ± 1 mm 미만으로 측정되었으며, 직선성 측정 부위에서도 5개의 각기 다른 물질의 핀들의 측정치가 표준팬텀과 자체 제작한 영상 품질측정팬텀을 비교한 결과, 통계적으로 유의한 차이가 없다고 검증되었다($p>0.05$). 이러한 점을 미루어 보았을 때 보급형 삼차원프린터로 표준팬텀 가격의 약 1/100 비용으로 제작한 품질측정 팬텀이 기존의 표준팬텀을 대신하여 정도관리를 할 수 있을 것이라 사료된다.

본 연구를 진행하는데 있어서 몇 가지 제한점은 STL 확장자의 구조상 원통형의 출력물에 미세한 각이 생기는 현상과, 팬텀 내에 공기 없이 증류수를 채우는 작업등이 제작 시 제한되었다. 또한 현재 보급형 삼차원프린터는 출력크기가 대체적으로 200 mm × 200 mm × 200 mm을 넘지 않아, 216 mm의 직경을 갖춘 팬텀의 케이스를 한 번에 출력하기가 어려웠다. 마지막으로 표준팬텀에서는 대조도 분해능 측정 부위는 아크릴로 가득 채워져 있지만 삼차원프린터에서는 격자형태로 적층하기 때문에 내부구성에 한계가 있었다. 이러한 제한 점들에 대해서는 추가 연구가 필요할 것이라 사료된다.

V. 결 론

본 연구에서 삼차원프린터로 자체 제작한 CT영상 품질측정팬텀과 표준팬텀인 AAPM CT팬텀을 CT장비를 이용하여 영상 품질측정을 하고, 비교 분석한 결과, 모든 측정 부위에서 통계적으로 유의한 차이가 없다고 검증되었다($p>0.05$). 결과적으로 표준팬텀 대신, 영상의 질을 저하시킬 수 있는 요인을 평가하여 양질의 영상정보 획득 및 피폭선량 감소를 위해 장비를 관리 및 유지할 수 있는 새로운 방안이 될 수 있음을 확인하였다. 또한 삼차원프린터를 이용하여 저렴한 비용으로 팬텀을 제작이 가능하여 정도관리 팬텀의 보급률

도 높아져 임상에서 필요 시 수시로 정도관리가 가능할 것이라 사료된다. 하지만 이제 기초적인 연구 개발 단계로 추가 연구를 통해 개선해야 할 한계점도 확인 하였다. 따라서 본 연구가 삼차원 프린팅 기술과 영상의학 분야의 기초자료로 활용되어 CT장비를 비롯한 의료삼차원프린팅 융합연구에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대한다.

REFERENCES

- [1] Jang W, Han SJ. Current status and main issues of Korean medical resources in OECD statistics. HIRA. 2018;4:7-16.
- [2] Mitsumori LM, Shuman WP, Busey JM, Kolokythas O, Koprowicz KM. Adaptive statistical iterative reconstruction versus filtered back projection in the same patient: 64 channel liver CT image quality and patient radiation dose. European radiology. 2012; 22(1):138-43.
- [3] Lim CH, Cho JK, Lee MK. A Study on Radiation Dose in Computed Tomographic Examinations. J Radiological Science and Technology. 2007;30(4):381-9.
- [4] Kwon OT. Selection criteria of medical equipment requiring quality control and selection of priority medical equipment. HIRA. 2018;3:33-48.
- [5] Yoo MS. The study of rationalization between dose and image quality using ACR phantom with abdominal computed tomography(CT). [master's thesis]. Daejeon: University of Eulji; 2018.
- [6] Mettler Jr FA, Wiest PW, Locken JA, Kelsey CA. CT scanning: patterns of use and dose. J Radiol Prot. 2000;20(4):353-9.
- [7] Lee JH. OECD Statistics on Primary Health Care in Korea and Major Issues. HIRA. 2018;4:17-32.
- [8] Payne JT. CT radiation dose and image quality. Radiol Clin N Am. 2005;43:953-62.
- [9] Kim KK. Study on Measuring scan parameter of CTDI(Computed Tomography Dose Index [master's thesis]. Seoul: University of Korea; 2011.
- [10] Yoon MS. A Study on CT image quality and dose measurement Phantom using 3D printer [master's thesis]. Daejeon: University of Eulji; 2018.
- [11] Lee GB. The Study on Automatized Quantitative Assessment Method in CT Phantom Image Evaluation: Focusing on Spatial and Low Contrast Resolution [master's thesis]. Seoul: University of Korea; 2016.
- [12] Han DK, Ko SK, Yang HJ, Kim MC. The Evaluation of Image Quality and Radiation Dose in Multi-Detector CT. J Radiological Science and Technology. 2007; 30(2):129-38.
- [13] Oh WG. Development of 3D Printer System for Making Customized Bone Models of Orthopedic Surgery Patient [dissertation]. Cheongjoo: University of Choong Book; 2014.
- [14] Todd L, Megan W. Material Property Testing of 3D-Printed Specimen in PLA on an Entry-Level 3D Printer. J ASME. 2014;14(20):3-8.
- [15] Becker HC, Augart D, Karpitschka M, Ulzheimer S, Bamberg F, Morhard D, et al. Radiation exposure and image quality of normal computed tomography brain images acquired with automated and organ-based tube current modulation multiband filtering and iterative reconstruction. Investigative radiology. 2012;47(3):202-7.
- [16] Stein KM. Quality assurance in CT. Radiol Technol. 2000;72(1):67-75.
- [17] Seong YH. Comparison of Hounsfield Units by Changing in Size of Physical Area and Setting Size of Region of Interest by Using the CT Phantom Made with a 3D Printer. J Radiological Science and Technology. 2015;38(4):421-7.
- [18] Choi WJ, Kim DH. Making Human Phantom for X-ray Practice with 3D Printing. Korean Soc. Radiol. 2017;11(5):371-7.