

Making Aids of Magnetic Resonance Image Using 3D Printing Technology

Woo jeon Choi,^{1,2} Soo young Ye,² Dong hyun Kim,^{2*}

¹Department of Radiology, Busan Bon Hospital

²Department of Radiological Science, Catholic University of Pusan

Received: August 04, 2016. Revised: October 17, 2016. Accepted: October 30, 2016

ABSTRACT

MRI scan is a useful method in the diagnosis of musculoskeletal excellent contrast of the organization. Depending on the patient's musculoskeletal examinations state the type of aids provided the aid is used there is also challenging as well as the costs do not vary. This study was produced by the use of 3D printing technology, an MRI aids.

Aids in the production process, then through 3D modeling and then convert stl files using (3D MAX.2014, Fusion360) slicing programs (Cubicreator 2.1ver., Cura 15.4ver) converted to G-code printed on the FDM scheme (Cubicon Style, output was MICRO MAKE). Output is, but in the FDM to evaluate the SNR on the MRI images were compared to the test is the case before use, and then to produce a Water Phantom case of a PLA, ABS, a TPU thickness 3mm, using aids before, It was evaluated in a clinical image after qualitatively.

Obtaining an image of SNR Water Phantom appeared to have been evaluated as T1 NON 123.778 ± 28.492 , PLA 123.522 ± 28.373 , ABS 124.461 ± 25.716 , TPU 124.843 ± 27.272 . T2 NON 127.421 ± 26.949 , was rated as PLA 124.501 ± 27.768 , ABS 128.663 ± 26.549 , TPU 130.171 ± 25.998 . The results did not show statistically significant differences. The use of assistive devices before and after images Clinical evaluation method palliative 3.20 ± 0.88 , 3.95 ± 0.76 after using the aids used to aid improved the quality of the image. Production of the auxiliary mechanism using a future 3D printing is expected are thought to be used clinically, it can be an aid making safe and comfortable than the inspection of the patient is an alternative to improve the problems of the aids used in the conventional do.

Keywords: 3D printing, SNR, Assist system, MRI

I. INTRODUCTION

자기공명 영상검사는 조직의 대조가 우수하여 근골격계 검사에 많이 사용되는 유용한 검사방법이다. 하지만 단순 방사선 검사, 초음파, 전산화단층촬영 검사에 비해 경제적 부담이 크고 검사 시간이 긴 단점이 있다.

오랜 검사 시간동안 환자의 정확한 자세유지는 진단적 가치가 높은 영상을 얻는데 매우 중요하다. 이를 보완하기 위해 현재 임상에서는 환자의 상태에 따라 제작사에서 제공되는 보조기구를 사용 하지만 종류가 다

양하지 않고 가격이 고가이며 환자 개인의 상태에 맞추어지지 않고 정형화 되어있다. 자기공명영상검사 에서 환자의 움직임을 개선시켜 인공물을 감소시키거나 환자의 편의를 증대시키기 위한 연구는 지속되어왔다. 경 추부 검사 시 움직임을 불수의적 운동을 완화시키기 위해 구강삽입 유도 기구를 제작하였고^[2], 자기공명영상 검사 시 팔 고정 보조기구를 제작하였다.^[3]

이러한 보조기구의 조건은 첫째 비자성의 물질이어야 하며 둘째 MRI 영상에 영향을 미치지 않는 물질로 구성되어야 하며 셋째 환자별 맞춤형 제작이 가능하여야 한다. 이러한 조건에 부합되는 제작방법으로는 3D

*Corresponding Author: Dong Hyun Kim

E-mail: dhkim@cup.ac.kr

Tel: +82-51-510-0586

403

Address: Catholic Univ. of Pusan, Bugok 3-dong, Geumjeong-gu, Busan, Korea

프린트를 이용한 방법이 있다.^[1]

3D 프린트란 각 재료들은 경화시키거나 녹여서 쌓아올리는 방식으로 가장 대중적인 방식이 FDM(Fused Deposition Modeling) 방식이다. FDM은 필라멘트를 일정한 온도의 열로 녹여 한 층 씩 적층하며 형상을 만들어 내는 기술이다. 대표적으로 쓰이는 재료는 PLA(Poly Lactic Acid), ABS(Acrylonitrile-Buta diene-Styrenesi n), TPU(Thermoplastic polyurethane)등이 있다.^[4]

본 연구는 FDM방식의 3D 프린트를 이용해 검사에 필요한 보조기구를 직접 제작함으로써 환자 자세의 안정성을 주어 진단적 가치가 높은 영상을 획득하고 추적검사가 필요한 환자에게 동일한 자세로 검사 재현성이 유지될 수 있고 환자 안전에 필요한 기구를 제작하고, FDM 방식에서 사용되고 있는 PLA, ABS, TPU에 대한 자기공명영상 화질을 평가하여 보조기구 사용 가능성 여부를 확인 하고, 직접 제작된 보조기구를 임상 적용을 통하여 영상의 질을 평가함으로써 보조기구의 임상적용가능 여부를 확인하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 연구 방향

Fig. 1 은 보조기구 제작 모식도를 나타낸다. 3D모델링 프로그램으로 자기공명영상검사 보조기구를 모델링한 후 STL파일로 변환시켜 이를 Slicer프로그램을 통하여 G-code로 변환시킨 후 3D 프린트로 출력한다.

2. 보조기구 및 팬텀 제작

Fig. 2, Fig. 3 은 3D 모델링 프로그램(3D Max,2014), (Fusion 360, Autodesk)를 이용하여 견관절 검사 시 사용되는 보조기구와 자기공명검사 Table과 Bore사이 이물질 끼임 방지 보조기구를 제작하였다.

FDM방식에서 대표적으로 사용되고 있는 필라멘트의 종류인 PLA, ABS, TPU에 대해 자기공명영상의 SNR(Signal to Noise Ratio)를 평가하기 위하여 높이 24cm, 지름 12cm의 크기의 Water Phantom을 둘러싸는 case를 모델링 하였다.



Fig. 1. 3D aids making mimetic diagram.

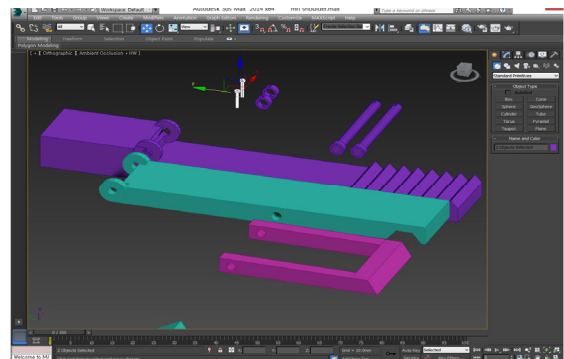


Fig. 2. Shoulder MRI aids modeling.

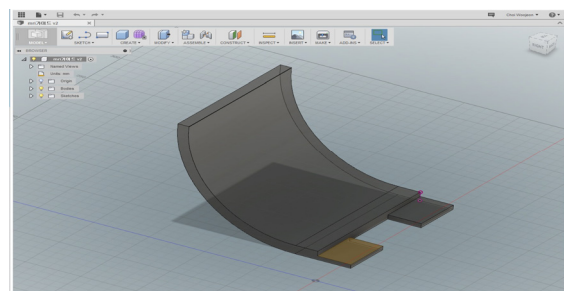


Fig. 3. Table guide modeling.

Fig. 4, Fig. 5 은 STL파일을 Slicing 프로그램(Cubicre ater 2.5ver, Cura 15.4 ver)을 사용하여 G-code로 변환시킨 후 3D 프린트(Kossel, Micro Make, China)와 (Cub icon Style, 하이비전, Shouth Korea)으로 출력하였다.

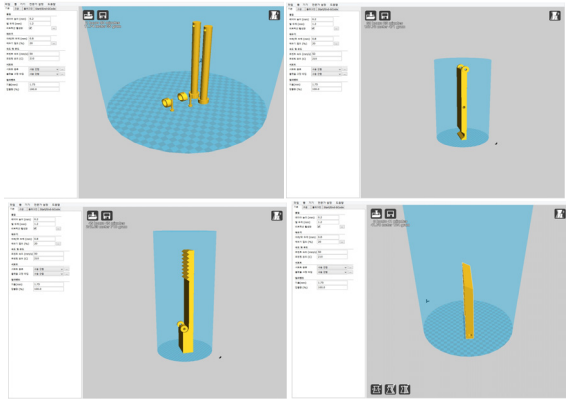


Fig. 4. Shoulder aids conversion G-code

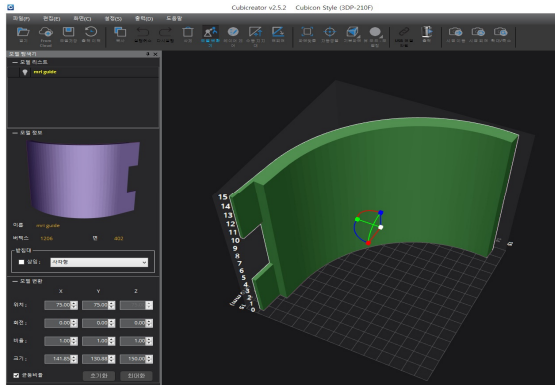


Fig. 5. Table guide conversion G-code.

3. SNR 비교 및 영상평가 방법

3.1 필라멘트 종류에 따른 SNR값 비교

실험재료

- MRI : Siemen Avanto (Siemens, Germany)
- Coil : 8ch Shoulder coil
- Water Phantom (Siemens, Germany)
- Filament : PLA, ABS, TPU

Table 1, Fig.6 은 3D 프린터로 제작한 보조기구를 사용하였을 때 영상에 영향을 미치지 않는지를 알아보기 위해 Water Phantom에 PLA, ABS, TPU의 case를 제작하여 사용 전후 영상의 SNR을 평가하였다.

Table 1. Sequence Parameter.

	T1	T2
TR	344 ms	4000 ms
TE	9.1 ms	27 ms
Voxel size	0.7*0.7*3mm	0.7*0.7*3mm
Slice No.	20	20
Average	2	2
Plane	Axial	Axial

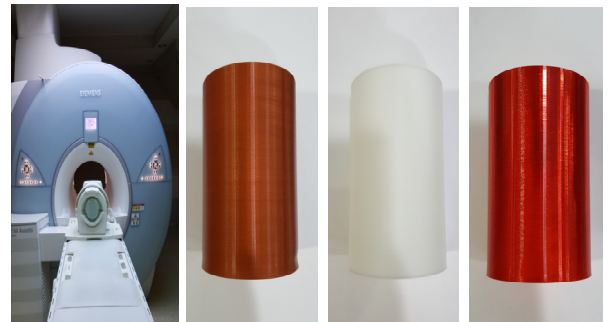


Fig. 6. Measure for SNR Water Phantom Case.

획득된 영상에서 ROI를 Phantom내 Background에 각각 1개로 지정한 후 SNR 식 (1) 에 대입해 계산 하였다.

$$SNR = \frac{Signal\ mean}{Background\ Noise\ mean\ SD} \quad (1)$$

3.2 고식적방법과 보조기구 사용에 대한 영상평가

2015.06~2015.11까지 부산 B병원에 내원하여 견관절 검사한 환자를 대상으로 Fig. 7 와 같은 고식적 환자고정 방법으로 실시한 시험 군과 보조기구를 사용하여 검사한 대조군 각 50건의 영상을 정성적으로 평가하였다. Table 2와 같은 평가 기준으로 한국의료영상품질관리원에서 실시하는 임상영상평가 항목을 기준으로 각 항목의 점수를 계산하였다.

평가는 우수(5점), 아주 좋음(4점), 좋음(3점) 보통(2점), 나쁨(1점)의 5점 적도로 점수화하여 평가하였다. 영상 분석은 정형외과 전문의 1명, 영상의학과 전문의 1명, 10년 이상 근무한 MRI방사선사 1명이 평가하였다.

Table 2.. Image evaluation list.

항 목	평 가 내 용
인 공 물	1. 환자의 움직임에 의한 인공물이 없다.
영상 대조도	2. Labrum의 윤곽이 보인다.
영상 대조도	3. 관상 및 시상영상에서 supraspinatus tendon의 전장이 보인다.
영상 대조도	4. 축상 및 시상 영상에서 infraspinatus tendon의 전장이 보인다.
영상 대조도	5. 축상 및 시상영상에서 subscapularis tendon의 전장이 보인다.
영상 대조도	6. Biceps long head의 관절 내 인대와 bicipital groove내의 인대가 보인다.



Fig. 7. Conventional methods vs 3D printing methods.

3.3 통계적 분석 방법

통계적 분석은 SPSS for windows Ver.21 (SPSS Inc. Chicago, and IL, USA)을 사용하여 설계 내용을 바탕으로 한 대응 표본 t-검정을 통해 통계적 분석을 검증 하였다.

III. RESULT

1. 3D print 필라멘트 종류에 따른 SNR비교

NON과 PLA, ABS, TPU 사이에 평균값에 대한 차이가 있는지를 대응표본 t검정을 통해서 알아보았다.

Table 3 은 T1의 결과값은 NON 123.778 ± 28.492 , PLA 123.522 ± 28.373 , ABS 124.461 ± 25.716 , TPU 124.843 ± 27.272 로 평가되었다. Table 4s는 T2의 결과

값은 NON 127.421 ± 26.949 , PLA 124.501 ± 27.768 , ABS 128.663 ± 26.549 , TPU 130.171 ± 25.998 로 평가 되었다. 그 결과 통계 적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다.

Table 3. T1 SNR.

Filament	N	M	SD	t	p
NON-PLA	20	127.421	26.949	.176	.862
		123.522	28.373		
NON-ABS	20	127.421	26.949	-.515	.613
		124.461	25.713		
NON-TPU	20	127.421	26.949	-.653	.522
		124.843	27.272		

Table 4. T2 SNR.

Filament	N	M	SD	t	p
NON-PLA	20	123.777	28.491	.176	.862
		123.522	28.373		
NON-ABS	20	123.777	28.491	-.515	.613
		124.461	25.713		
NON-TPU	20	123.777	28.491	-.653	.522
		124.843	27.2		

2. 고식적방법과 보조기구 사용에 따른 결과

어깨 보조기구 사용 시 고식적방법으로 환자를 고정 시킨 환자와 보조기로 환자를 고정시킨 환자의 영상의 평가 값이다. 움직임에 대한 인공물평가는 고식적방법 이 3.20 ± 0.88 , 보조기구 사용 3.95 ± 0.76 , Labrum의 윤곽평가는 3.20 ± 0.96 , 3.94 ± 0.76 , supraspinatus tendon 전장 관찰은 3.22 ± 0.94 , 3.96 ± 0.99 , infraspinatus tendon 전장 관찰은 3.72 ± 0.99 , 4.06 ± 0.85 , subscapularis tendon 전장 관찰은 3.78 ± 0.99 , 3.83 ± 1.00 , Biceps인대 평가는 3.83 ± 1.00 , 3.94 ± 0.97 로 평가 되었다. 이결과 고식적 방법으로 환자를 고정하여 검사하는 방법보다 보조기구를 사용하여 환자를 고정하여 검사 하였을 때 환자의 움직임이 개선되며 영상의 질이 개선되었다.

Table 5. Aids using result.

	고식적방법	보조기구사용
평가항목 1	3.20±0.88	3.95±0.76
평가항목 2	3.20±0.96	3.94±0.87
평가항목 3	3.22±0.94	3.96±0.99
평가항목 4	3.72±0.99	4.06±0.85
평가항목 5	3.78±0.99	3.83±1.00
평가항목 6	3.83±1.00	3.945±0.97

IV. DISCUSSION

자기 공명 검사 시 환자의 움직임은 감소시키기 위하여 많은 연구들이 진행되고 있다. 경추부의 움직임을 제한하기 위하여 보조기구를 제작하였고, 견관절 자기 공명 조영 술을 하기 위한 보조기구가 제작되었다. 하지만 기존 연구들은 제작비용이 비싸며 설계변경이 힘들다는 단점들이 있다. 3D 프린트는 기존의 획일화되고 정형적인 형태를 대신하여 사용자의 편의대로 모양을 만들 수 있으며 설계 변경이 가능한 장점이 있다.^[6] 또한 FDM 방식은 타 방식에 비해 유지비와 재료비가 저렴하다는 장점이 있다.^[7] 다만 다양하지 못한 재료의 한계 때문에 제한점이 있지만 의료분야에서의 3D 프린트를 활용한 융합기술은 꾸준히 시도되고 있으며 영상 의학 분야 에서도 활용되고 있다. ^[8-10]

선행연구들을 바탕으로 본 연구는 직접 출력한 보조기구를 사용해 본 결과 영상의 SNR은 변하지 않으면서 보조기구를 사용한 영상의 정성적 평가가 고식적인 방법에 비해 더 높은 점수로 나타나 임상적으로 환자의 움직임에 대한 인공물이 줄어들고, 환자의 영상의 질이 향상되었다는 것을 알 수 있다. 또한 검사 준비시간도 줄어드는 효과도 있었다. 체형별로 효율적인 검사가 가능하도록 보조기구 사이즈를 다양화 시킬 필요가 있다고 사료 된다.

V. CONCLUSION

본 연구는 MRI영상에 미치는 영향을 객관적으로 평가하고 이를 임상적으로 적용하여 영상의 질을 개선하였다는데 의미를 둘 수 있다. 또한 다양한 임상적용 연구와 다른 부위에 적용, 보조기구의 성능 개선과 임상

적용 사례의 지속적인 FDM 방식의 보조기구 개발 연구에 기초 자료로 활용 할 수 있다고 판단된다.

Acknowledgment

본 연구는 부산 가톨릭 대학교 교내연구비의 지원에 의해 수행되었다.

Reference

- [1] Herrmann, Karl-Heinz, et al. "3D printing of MRI compatible components: Why every MRI research group should have a low-budget 3D printer." *Medical engineering & physics* 36.10 pp 1373-1380, 2014.
- [2] J.H Lee, Y.S Yoo, J.S Lee, I.C Lim. "Application of the Orally Inserted Guiding Device for the Improved Motion Artifacts of the Cervical Spine MRI" *Journal of the Korean Society of Radiology* Vol. 8, No. 6, pp.317-323, 2014.
- [3] Y.J Heo, S.D Choi, K.M Kim, S.H Lee. "Study on the arm fixing aids for MRI" *Proceedings of the KS MPE Congerence*, pp168. 2016.
- [4] <http://kitech.re.kr/bbs/page1-2.phe?idx=5645>
- [5] S,J Lee, *Korea Health Industry Brief* Vol. 111 Korea Health Industry Development Institute, 2014.
- [6] W,K Oh, "Customized Model Manufacturing for Patients with Pelvic Fracture using FDM 3D Printer" *The Journal of the Korea Contents Association* Vol. 14, No. 11, pp370-377, 2014.
- [7] W.K Oh, "Evaluation of Usefulness and Availability for Orthopedic Surgery using Clavicle Fracture Model Manufactured by Desktop 3D Printer" *Journal of radiological science and technology* Vol. 37, No. 3, pp 203-209, 2014.
- [8] Y.H Seong, "3-Dimensional Printing for Mesh Types of Short Arm Cast by Using Computed Tomography" *The Korea Contents Society*, Vol. 15, No. 1, pp308-315, 2015.
- [9] S.Y Heo, " A study on the Case of Developing Manufacturing Techniques for Orthosisusing 3D Printing Technology : Focusing on Comparative Study with using the Splint Pan" *Disability & Employment*, Vol. 25, No. 1, pp79-104, 2015.

- [10] H.K Kim, J.E Jeong, H.M Jeong, " Evaluation of Effectiveness of Anatomical Rotation Change Image by Aid Tool in Shoulder MRArthrography" Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 15, No. 3, pp 482-484, 2006.

3D 프린트를 활용한 자기공명영상검사 보조기구 제작

최우진,^{1,2} 예수영,² 김동현^{2,*}

¹부산 본 병원 영상의학과

²부산가톨릭대학교 방사선학과

요 약

MRI검사는 조직의 대조도가 우수하여 근골격계 진단에 유용한 검사방법이다. 근골격계 검사 시 환자상태에 따라 보조기구가 이용되는 보조기구의 종류가 다양하지 않을 뿐 아니라 비용도 비싸다. 이에 본 연구는 3D 프린팅 기술의 활용하여 MRI 검사 보조기구를 제작하였다. 보조기구 제작과정으로는 3D 모델링(3D MAX.2014, Fusion360)을 사용해 STL파일로 변환 후 슬라이싱 프로그램(Cubicreator 2.1ver., Cura 15.4ver)을 통해 G-code로 변환시킨 후 FDM방식의 프린트(Cubicon Style, MICRO MAKE)로 출력하였다. 출력물이 MRI영상에 미치는 SNR을 평가하기 위해 FDM에서 사용하되는 PLA, ABS, TPU를 두께 3mm로 된 Water Phantom 케이스를 제작하여 case 사용 전, 후를 시험을 실시하여 비교하였으며, 보조기구 사용 전, 후의 임상영상을 정성적으로 평가 하였다.

영상을 획득하여 나타난 Water Phantom의 SNR은 T1 NON 123.778 ± 28.492 , PLA 123.522 ± 28.373 , ABS 124.461 ± 25.716 , TPU 124.843 ± 27.272 로 평가되었다. T2 NON 127.421 ± 26.949 , PLA 124.501 ± 27.768 , ABS 128.663 ± 26.549 , TPU 130.171 ± 25.998 로 평가되었다. 그 결과 통계 적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 보조기구의 사용 전, 후의 임상영상 평가 결과 고식적 방법 3.20 ± 0.88 , 보조기구 사용 3.95 ± 0.76 으로 보조기구 사용 후 영상의 질이 향상되었다. 향후 3D프린팅을 이용한 보조기구의 제작은 임상적으로 사용이 가능할 것으로 생각되고, 환자들의 검사 시 보다 안전하고 편안한 보조기구제작을 할 수 있어 기존에 쓰이는 보조기구의 문제점들을 개선하는 대안이 될 것으로 전망된다.

중심단어: 3D 프린팅, 신호 대 잡음비, 보조기구, 자기공명영상검사