

<원저>

## 의료영상 검사를 위한 상지 보조기구의 3D 프린터 제작 연구

### - Study on 3D Printer Production of Auxiliary Device for Upper Limb for Medical Imaging Test -

극동대학교 방사선학과·<sup>1)주광정밀(주)·2)금오공과대학교 기계시스템공학과</sup>

김형균·윤재호<sup>1)</sup>·최성대<sup>2)</sup>

— 국문초록 —

의료영상 검사는 정보기술 및 의료장비의 발달로 인체의 해부학적 구조를 묘사하는 능력이 날로 발전하고 있다. 그러나 상지회전이 필요한 어깨관절 의료영상 검사에서는 인체구조의 복잡성으로 정확한 자세유지가 의료영상의 진단적 가치에 매우 중요하다. 자기공명검사의 경우 긴 검사시간과 고정된 자세가 필요해 검사자의 노력과 환자의 의지만으로 재현성 있는 검사가 불가능하다. 이에 상지회전과 정량적 각도가 가능한 보조기구를 개발하여 진단적 가치가 있는 의료영상 검사를 하고자하였다. 본 연구는 선행 연구의 결과를 바탕으로 보조기구를 제작하였으며, 공학용 프로그램인 CATIA 프로그램으로 3차원 모델링을 설계하여, 3D프린터로 최종 완성된 보조기구를 제작하였다. 사용된 3D 프린터는 Stratasys Objet350 Connex 모델이며, 재질은 광경화성 수지를 사용하였다. 완성된 보조기구의 크기는 120 X 150 X 190 mm 이며, 손잡이부의 내경은 125.9 mm 로 디자인되었다. 보조기구는 총 4개의 부품으로 바디부(외부), 손잡이부(내부), 고정단자, 연결부로 구성되었으며 바디부와 손잡이부는 원활한 회전이 가능하도록 2.1 mm의 유격이 유지되도록 하였다. 손잡이부에는 360° 눈금선을 표시하여 환자마다 관찰에 필요한 회전각도를 기록할 수 있도록 하여 추적검사나 양쪽검사에 적용할 수 있도록 하였다.

**중심 단어:** 의료영상, 보조기구, 3D모델링, 3D프린터

## I. 서 론

어깨관절 병변은 근골격계 질환을 주로 대하는 모든 의사들이 가장 흔히 접하는 병변들 중 하나라고 해도 과언이 아니다<sup>1)</sup>. 그 중에서 자기공명영상을 이용하여 정상 관절순의 모양 변화와 임상적 의의에 대한 연구가 많이 보고되었다<sup>2-4)</sup>. 그러나 어깨관절의 불안정성으로 관절순 병변의 민감도와 정확도는 보고자마다 차이가 많다<sup>5-7)</sup>. 이러한 관계로 어깨관절 자기공명영상 검사는 관절의 자세를 변화시켜 진단의 정확도를 높이고자 많은 노력을 기울이고 있으며<sup>8-9)</sup>, 검사에서 정확한 자세유지는 유용한 진단정보를 얻는데 매우 중요하다. 또한 자기공명영상

검사는 단순방사선(simple x-ray)검사, 초음파, 전산화단층촬영 검사에 비해 경제적 부담과 검사시간 때문에 환자에게 많은 불편을 주는 검사이기도 하다<sup>1)</sup>. 본 논문은 이러한 어깨관절 자기공명 영상검사, 단순 방사선검사에서 상지(upper limbs)의 고정과 변화된 자세유지를 위해서 정량적이고 회전이 가능한 보조기구를 개발하였다. 완성제작품은 단계적인 자세변화를 통해 회전량을 측정할 수 있고, 양쪽검사와 추적검사를 비교할 수 있도록 하여 진단에 유용성을 높이고자 하였다. 본 연구는 선행 연구논문<sup>10)</sup>에서 수행한 결과를 바탕으로 보조기구를 개발하였으며, CATIA프로그램으로 3D modeling을 설계하여 3D 프린터로 최종 완성품을 제작하였다.

교신저자: 최성대 (39177) 경상북도 구미시 대학로 61

금오공과대학교 기계시스템공학과 Tel: 054-478-7396 / E-mail: sdchoi@kumoh.ac.kr

접수일(2015년 10월 27일), 심사일(2015년 11월 10일), 확정일(2015년 12월 10일)

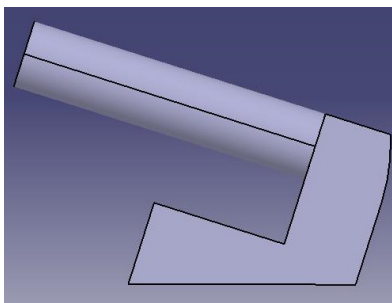
## II. 실험방법

### 1. 디자인 설계 구성

본 연구는 선행 연구논문<sup>10)</sup>의 결과를 바탕으로 디자인을 설계하였으며, Figure 1은 선행연구에 사용되었던 자기공명영상 장비와 보조기구를 나타내고 있다. 선행연구에서 어깨관절 보조기구의 유용성을 확인한 후 안정성과 개인별 차이에 의한 내외회전(internal external rotation), 추적검사(Follow up), 양쪽검사(both)에 동일하게 회전된 각도를 사용할 수 있는 보조기구의 필요성으로 연구하였다.



(a) MRI equipment



(b) 3D modeling



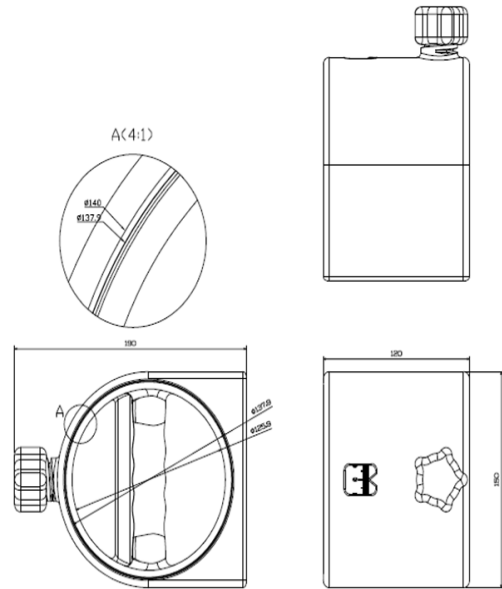
(c) device

**Figure 1** MRI equipment and existing auxiliary device

### 2. 3D Modeling 설계

공학용 CATIA 프로그램으로 3D modeling을 설계하였으

며(Figure 2), 자기공명영상 장비에 대한 비 자성체 물질, 안정성, 각도표시, 360° 회전, 검사편리성에 중점을 두고 모델링을 설계하였다. 전체크기는 120 X 150 X 190 mm 이며, 손잡이부의 내경은 125.9 mm 이다.



**Figure 2** Drawing of 3D model of auxiliary device

### 3. 3D 프린터 제작

공학용 프로그램에 의해 디자인 된 설계를 바탕으로 모델링을 완성하여 3D 프린터로 제품을 제작하였다. 제작에 사용된 3D 프린터는 Stratasys Objet350 Connex 모델을 사용하였으며(Figure 3), 액상의 광경화성 수지에 광선을 조사해서 굳혀가면서 만드는 광조사형 방법으로 출력하였다. 출력베드의 크기는 340 X 340 X 200 mm 이며, 노즐직경은 0.1 mm, 적층두께는 28  $\mu$ m(최소 16  $\mu$ m)까지의 정밀도를 가지고 있다. 원료로는 액체상태인 광경화성수지(photo sensitive liquid polymer)에 광을 조사시켜 한 층씩 적층시켜 3차원 형상의 구조물을 만드는 기술을 적용하였다<sup>11)</sup>. 원료로 사용된 광경화성(acrylonitrile-butadiene-styrene)수지의 비중, 인장강도, 굴곡강도, 충격강도, 열 변형온도는 다음과 같다(Table 1).

**Table 1** Characteristics of acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) material

	비중	인장 강도	굴곡 강도	충격 강도	열변형 온도
단위	1.04	420	630	22	85

Unit : Tensile strength = kgf/cm<sup>2</sup>, Flexural rigidity = kgf/cm<sup>2</sup>, Impact strength = kgf.cm/cm, Heat deflection temperature = °C



Figure 3 Stratasys Objet350 Connex model

#### 4. 전체 제작과정

Figure 4는 전체 제작과정을 도식화로 나타내었다. 본 연구에서 완성품이 제작되기까지 반복적인 검토와 보완으로 Feedback 하였으며, 보조기구 완성품의 임상적용은 기존 동일한 검사자세와 비교하여 일반적인 기능성 여부로 판단하였다.

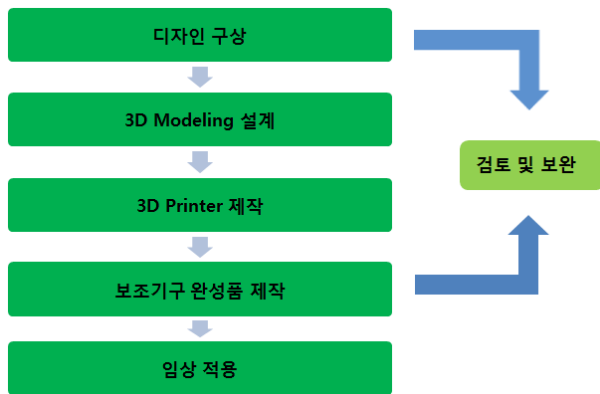


Figure 4 Schematization of whole production process

### Ⅲ. 실험 결과

#### 1. 보조기구 제작

Figure 5는 각 부분을 분리해서 나타낸 모델링이다. 손잡이부(내부), 바디부(외부), 고정단자, 연결부로 구성되었다. 손잡이부에는 손의 회전이 원활하게 손잡이와 지지대가 있으며, 표면에는 각도표시를 1° 간격으로 360° 나타낼 수 있

도록 Scale을 표시하였다. 바디부에는 각도를 인지할 수 있는 창(window)을 만들어 사용자가 쉽게 인지 할 수 있도록 하였으며, 바닥은 편평한 구조로, 내외부 표면은 연결부와 고정단자가 서로 연결될 수 있도록 하여 전체적으로 안정성을 유지하도록 하였다. 특히 바디부의 내면과 손잡이부의 표면은 상호 요철을 만들어 분리되지 않도록 제작하였다. 고정단자는 나사형태로 상황에 따라 회전을 달리하여 풀고 조일 수 있는 구조로 하였으며 손잡이부와 바디부를 연결하는 연결부를 고정하는 역할을 하도록 하였다. 연결부는 손잡이부의 접촉면을 넓게 하여 압력에 의한 파손위험을 낮추고 재질은 고무로 제작하여 손잡이부가 안정적으로 고정되는 역할을 하도록 하였다.

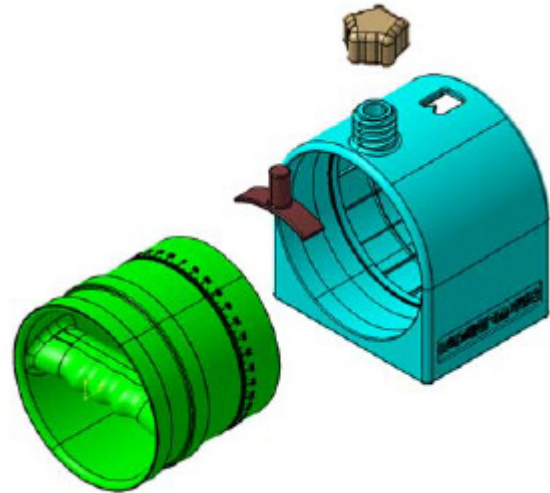


Figure 5 3D modeling of parts of auxiliary device

Figure 6은 완성품의 종축방향 중심단면을 모델링으로 나타내고 있다. 바디부의 아래 부분은 수평으로 만들어 검사 시 각도의 기준점 과 고정을 원활하게 할 수 있도록 편평한 구조로 하였다. 손잡이 부 측벽에 보이는 반달모양은 손목이 굽어지는 것을 방지하기 위한 지지대로 보조기구 종축에 수직방향으로 손잡이와 같이 양쪽측벽으로 연결되었다. 손잡이부 와 바디부는 전체적으로 일정하게 2.1 mm 간격으로 유지하여 회전이 원활하게 하였으며, 바디부에 요철형태의 홈을 만들어 분리되지 않도록 하였다. 또한 연결부는 바디부와 연결되도록 하여 고정단자에 의해서 움직이도록 하였고 사용 중 분리되지 않게 하였다. Figure 7 (a), (b)는 모델링으로 완성된 3D형상과 3D프린터에서 Stereo lithography(STL) 축척방식으로 출력된 완성 제작품을 나타내고 있다. 완성품 보조기구의 색깔은 의료장비와 잘 조화될 수 있도록 흰색과 회색의 광경화성 수지를 사용하였다.

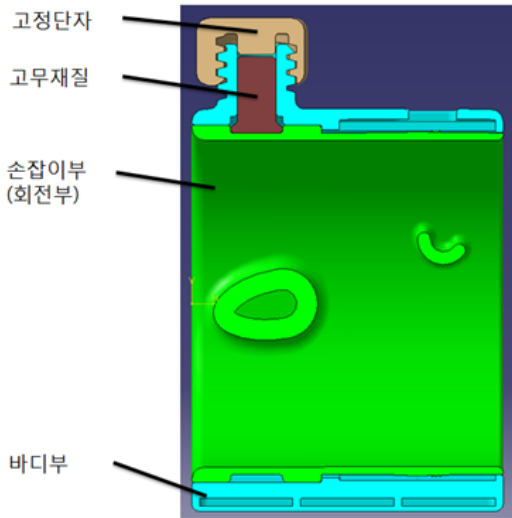


Figure 6 Modeling of vertical axis cross sectional view

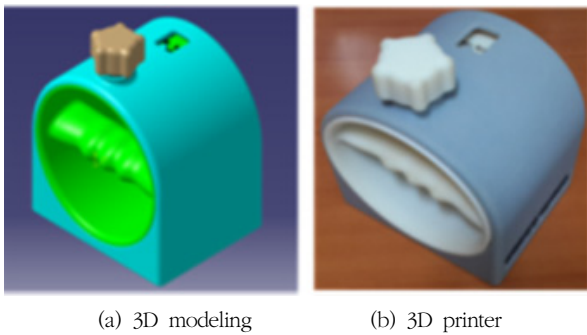


Figure 7 Completed model and output of 3D printer

## 2. 보조기구 임상적용

Figure 8은 임상적용의 방법을 나타내고 있으며 (a)는 Shoulder MR arthrography 검사 시 연구에 사용된 보조기구를 자기공명영상 장비의 bore 내에 정착하여 검사를 진행하는 상태를 나타내고 있다. (b)는 fisk modification method 에 의한 어깨의 일반촬영으로 결절간구 접선방향(intertubercular groove tangential projection) 검사의 자세를 나타내고 있다<sup>2)</sup>. 이와 같이 의료영상 검사 시, 본 연구에 의해 완성된 보조기구로 상회회전에 의한 해부학적 변화가 추적 가능하고, 양쪽 비교할 수 있으며, 검사하는 동안 지속적으로 고정, 안정된 상태를 유지하였다. 그러나 본 연구에서는 기존 검사자세와 비교한 진단적 유용성 평가는 진행하지 않았다.

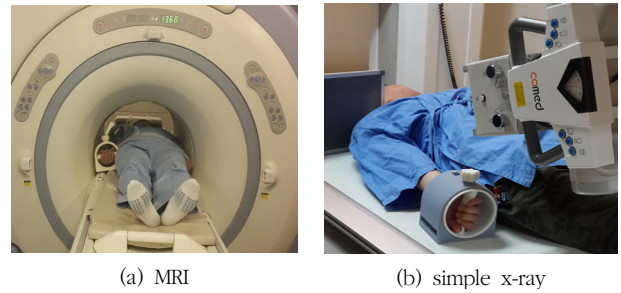


Figure 8 Completed device in use for clinical examination

## IV. 고 찰

기존검사서 환자의 자세유지를 위해 사용한 방법들은 피검사자의 의지와 움직임 줄여주기 위한 약간의 고정기구에 불과했다. 그러나 본 연구에 의해 완성된 보조기구로 기존 검사자세를 유지하였을 때 Figure 8 과 같이 매우 안정된 상태와 정확한 자세를 지속할 수 있었다. 특히 비교를 위한 추적검사와 양측검사 시 동일한 비교가 가능할 수 있게 하는 장점이 있었다. 그러나 본 연구에 의해 완성된 보조기구 역시, 손잡이부 회전을 위해서는 피검사자의 의지가 필요하기 때문에 무의식적인 사람에게 적용하기에는 한계가 있다. 또한 완성된 보조기구는 금속성분을 배제하기 위해 광경화성 수지와 Stereo lithography(STL) 축척방식으로 출력하다보니 제작물의 완성시간이 많이 소요되었다. 또한 보조기구의 외관은 의료장비와 조화를 위해 흰색과 회색의 재료를 선택하였으며 모서리 부분은 안전과 파손을 우려하여 구배를 주어 완성하였다. 완성된 보조기구의 임상적용은 어깨관절 자기공명검사와 일반 방사선촬영의 손목 위 상지(upper limbs) 검사에서 충분히 활용할 수 있었다. 특히 내회전 과 외회전에 의한 전. 후(anterior, posterior) 및 사(oblique)방향 검사 시 양쪽비교 와 추적검사를 위한 정량적 값으로 고정 및 기록이 가능하였다. 일례로 급성석회화 건염(acute calcareous tendinitis)에 의한 어깨 일반촬영 검사 시 대부분 극상건의 외측부에 석회화 물질이 보이는데 이러한 위치를 알기 위한 전. 후방 촬영에 유용하리라 판단된다<sup>13)</sup>. 또한 어깨 초음파 검사 시 내회전 및 외회전을 시키면서 검사하는 극상건의 동적검사는 유착성의 관절 낭 검사뿐만 아니라 극상건의 파열을 좀 더 정확하게 파악하는데도 도움이 될 수 있다<sup>13)</sup>. 이와 같이 선행 연구논문에서 “다양한 회전 각도를 만들 수 있는 정밀한 보조기구가 개발된다면 그 유용성을 매우 높다”라고<sup>10)</sup> 제시한 것에 대해 연구를 지속적으로 하여 회전이 가능한 보조기구를 3D 프린터로 제작하는 성과를 얻었다. 향후 다양한 임상적용 연구로 보조기

구의 성능개선과 임상적용 사례를 계속적으로 진행할 예정이다.

## V. 결 론

어깨관절 및 상지의 방사선학적 진단을 위해 회전이 가능한 보조기구를 3D프린터로 제작하고 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, 검사시간이 오래 걸리는 어깨 자기공명영상검사에서 검사시간동안 환자에게 안정성과 움직임 줄일수 있는 보조기구를 3D 프린터로 제작하였다. 둘째, 동일한 환자의 상지 검사 시 보조기구를 적용하여 양쪽에 동일한 회전검사가 가능하도록 하였다. 셋째, 계속적으로 추적검사(follow up)가 필요한 환자에게 동일한 회전각도로 검사재현성을 유지될 수 있도록 하였다. 넷째, 공학적인 modeling으로 디자인하고 3D프린터로 출력 제작하여 수정과 재생산이 언제든 가능하도록 하였다.

## 참고문헌

- Seongjun Kim: "MRI of the Shoulder and Elbow", Journal of the Korean Shoulder and Elbow Society, 5, 50-58, 2007
- Bonutti PM, Norfray JF, Friedman RJ, Genez BM: Kinematic MRI of the shoulder, J Comput Assist Tomogr, 17, 666-669, 1993
- Cardinal E, Buckwalter KA, Braunstein EM: Kinematic magnetic resonance imaging of the normal shoulder, Assessment of the labrum and capsule, Can Assoc Radiol, 47, 44-50, 1996
- Sans N, Richardi G, Railhac JJ, et al.: Kinematic MR imaging of the shoulder, Normal Patterns, AJR Am J Roentgenol, 167, 1517-1522, 1996
- Legan JM, Burkhard TK, Goff WB II, et al.: Tears of the glenoid labrum, MR imaging of 88 arthroscopically confirmed cases, Radiology, 179, 241-246, 1991
- Hodler J, Kursunoglu-Brahme S, Flannigan B, Snyder SJ, Karzel RP, Resnick D: Injuries of the superior portion of the glenoid labrum involving the insertion of the biceps tendon, MR imaging findings in nine cases, AJR Am J Roentgenol, 159, 565-568, 1992
- Cartland JP, Crues JV III, Stauffer A, Nottage W, Ryu RK. MR imaging in the evaluation of SLAP injuries of the shoulder: Findings in 10 patients. AJR Am J Roentgenol, 159, 787-792, 1992
- Cvitanic O, Tirman PFJ, Feller JF, Bost FW, Minter J, Carroll KW: Using abduction and external rotation of the shoulder to increase the sensitivity of MR arthrography in revealing tears of the anterior glenoid labrum, AJR Am J Roentgenol, 169, 837-844, 1997
- Kwak SM Brown PR, Trudell D: Glenohumeral joint, comparison of shoulder positions at MR arthrography, Radiology, 208, 375-380, 1998
- Hyeonggyun Kim, Jaeun Jung, Hongmoon Jung: "Evaluation of Effectiveness of Anatomical Rotation Change Image by Aid Tool in Shoulder MR Arthrography", Journal of the Korean Society of Radiology, 6(4), 299-303, 2012
- Byeonghun Kang, Seongryeol Sin, Shengeun Jin: "Experiment of Solidifying Photo Sensitive Polymer by using UV LED", Journal of the Korean Society for Precision Engineering, spring symposium a collection of learned paper, 811-812, 2008
- Fisk C: Adaptation of the technique for radiography of the bicipital groove, Radiol Technol, 34-47, 1965
- Suntae Kweon: "The shoulder of the radiological findings" Journal of the Korean Shoulder and Elbow Society, 6, 24-28, 2006

•Abstract

## Study on 3D Printer Production of Auxiliary Device for Upper Limb for Medical Imaging Test

Hyeong-Gyun Kim·Jae-Ho Yoon<sup>1)</sup>·Seong-Dae Choi<sup>2)</sup>

*Dept of Radiological Science, Far East University*

<sup>1)</sup>*Jukwang Precision CO. LTD*

<sup>2)</sup>*Dept of Mechanical system engineering Kumoh institute of Technology*

There is a progressive development in the medical imaging technology, especially of descriptive capability for anatomical structure of human body thanks to advancement of information technology and medical devices. But however maintenance of correct posture is essential for the medical imaging checkup on the shoulder joint requiring rotation of the upper limb due to the complexity of human body. In the cases of MRI examination, long duration and fixed posture are critical, as failure to comply with them leads to minimal possibility of reproducibility only with the efforts of the examiner and will of the patient. Thus, this study aimed to develop an auxiliary device that enables rotation of the upper limb as well as fixing it at quantitative angles for medical imaging examination capable of providing diagnostic values. An auxiliary device has been developed based on the results of precedent studies, by designing a 3D model with the CATIA software, an engineering application, and producing it with the 3D printer. The printer is Objet350 Connex from Stratasys, and acrylonitrile-butadiene-styrene(ABS) is used as the material of the device. Dimensions are 120 X 150 X 190 mm, with the inner diameter of the handle being 125.9 mm. The auxiliary device has 4 components including the body (outside), handle (inside), fixture terminal and the connection part. The body and handle have the gap of 2.1 mm for smooth rotation, while the 360 degree of scales have been etched on the handle so that the angle required for observation may be recorded per patient for traceability and dual examination.

**Key Words :** Medical imaging, Auxiliary device, 3D modeling, 3D printer