

# 전산화단층영상을 이용한 그물형 손목 부목의 3D 프린팅

## 3-Dimensional Printing for Mesh Types of Short Arm Cast by Using Computed Tomography

성열훈

청주대학교 방사선학과

Youl-Hun Seoung(radimage@cju.ac.kr)

### 요약

본 연구는 3D 프린터를 이용하여 통풍이 원활하고 위생적이며 선명한 방사선영상을 구할 수 있는 그물형 손목 부목을 제작하고자 하였다. 스캐너는 의료용 다중단층영상장치(MDCT)를 이용했으며, 3D 프린터 기기는 용융 적층 조형술(fused deposition modeling, FDM)의 프린팅 방식을 이용했다. 소재는 분해성 플라 스틱 (poly lactic acid, PLA)을 사용하였다. 손목의 3 차원 볼륨렌더링은 MDCT에서 획득된 단층영상으로 구현하였다. 구현된 손목 3 차원 영상을 바탕으로 가상의 그물형 부목 모형을 디자인하고 출력하였다. 그 결과 3D 프린터로 출력된 부목이 기존 부목보다도 우수한 방사선 손목영상을 획득할 수 있었으며 가려움증 및 비위생적인 단점을 개선하고 부목 해체 작업이 용이하였다. 결론적으로 본 연구에서 모델링된 3D 부목 모형은 향후 3D 프린팅 부목 제작에 기초자료로 활용할 수 있으며 환자들의 실생활에 도움을 줄 것으로 기대한다.

■ 중심어 : | 컴퓨터단층영상 | 손목부목 | 3차원프린팅 | 용융적층조형술 |

### Abstract

The purpose of this study, using 3D printer, was tried to fabricate the short arm cast of mesh types that can be hygienic and adequate ventilation with a good radiography. We used the multi channel computed tomography (MDCT) with three dimension printer device of the fused deposition modeling (FDM) techniques. The material is used a degradable plastic (poly lactic acid, PLA). Three-dimensional images of the short arm were obtained in the MDCT and then make the three-dimensional volume rendering. Three dimension volume rendering of the short arm is implemented as a tomography obtained in MDCT. Virtual mesh type cast model was output as three-dimensional images is designed based on the three-dimensional images of the short arm. As a results, the cast output by 3D printers were able to obtain excellent radiograph images than the conventional cast, and then it can decreased itching with unsanitary, and can break down easily to the cast. In conclusion, the proposed virtual mesh type cast output by 3D printers could be used as a basis for future three-dimensional printing cast productions and offered help to patients in the real life.

■ keyword : | Computed Tomography | Short Arm Cast | 3D Printing | Fused Deposition Modeling |

## I. 서론

골(bone)에 관련된 대표적 질병 중 하나가 외상에 의한 골절이다. 골절은 골의 연속성이 파괴된 상태를 의미한다. 우리나라 심사평가원 자료에 의하면 골절환자가 2008년 약 187만 명에서 2012년 약 221만 명으로 약 34만 명이 증가(18.2%)했고 연평균 증가율은 4.3%에 달하고 있다[1]. 이러한 골절 치유의 원칙은 원래 형태의 정복(reduction)과 일정 기간 동안 정복된 상태의 유지(maintenance), 그리고 운동이 가능한 최소한의 치유가 되면 시행하는 조속한 재활(rehabilitation)이다 [2]. 정복과정은 골절 상태에 따라서 수술적 요법이나 비수술적 요법을 시행하는데 두 방법 모두 정복 후에는 외고정을 반드시 시행하고 있다. 왜냐하면 골절 치유에 1~3개월 정도의 충분한 시간이 필요하기 때문에 치유기간 동안 골절 부위를 고정하므로써 골절 주위의 연부 조직 손상을 피할 수 있고, 폐쇄성 골절이 개방성 골절로 변하는 것을 방지하고 동통을 감소시키며, 지압 색전증과 속(shock)의 빈도를 줄일 수 있기 때문이다 [3]. 이때 사용되는 외고정은 석고 붕대를 주로 사용했다. 석고붕대는 녹말가루를 흡수시킨 무명천 두루말이에 황산 칼슘 가루를 흡착시킨 것으로 물과 반응할 때 황산 칼슘이 완전히 수화되면서 열이 발생하고, 단단히 굳어진다. 그러나 피부나 연부 조직에 혈액 순환 장애를 일으킬 수 있고 무거우며 방사선 투과성이 떨어져 고정 후 방사선 검사 시 골의 구조물이 명확히 묘출되지 않는 단점을 가지고 있다[4]. 그래서 근래에는 석고 대신에 가볍고 강하며, 방사선에 투과가 상대적으로 용이한 섬유 유리 붕대를 사용했다. 그러나 나중에 굳으면서 줄어드는 단점이 있어 피부에 압력을 가해 욱창이 발생하는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 보완한 수분경화성 폴리우레탄수지를 이용하여 널리 사용하고 있다[5]. 그럼에도 불구하고 골절부위 주변을 둘러 감싸는 외고정 부목(일명 툰부목)은 장시간 착용으로 피부에 오물이 많이 생기며 또한 이를 제거하기가 어려워 피부가 오염되거나 가려움증을 동반하고 냄새가 발생하여 일상생활에 불편함을 초래하고 있다.

부목은 개인별 또는 손상부위별로 맞추어야 하는 특

징이 있다. 최근 차세대 기술로 주목 받고 있는 3차원 (dimension, D) 프린터는 시제품의 제작비용 및 시간 절감, 다품종 소량생산 및 개인 맞춤형 제작용이, 인건비 및 조립 비용 절감의 장점을 가지고 있다. 3D 프린터는 설계도면에 따라 액체 또는 가루 형태의 폴리머 (수지), 금속 등의 재료를 가공 및 적층 방식으로 쌓아 입체물을 만드는 장비이다[6]. 3D 프린터 기술은 MIT에서 2013년 "10 Breakthrough Technologies"의 하나로 선정되었으며, 경영컨설팅 업체인 맥킨지는 2013년 5월 와해적 혁신을 유발할 것으로 예상되는 12개 기술 중 하나로 선정하고 있다[7]. 최근 국내에서도 3D 프린터 기술을 이용한 분야가 등장하고 있다. 예를 들면 3D 프린터를 이용한 관악기 제작, 정밀 스테이지의 제작, 마이크로 리액터 가공, 인공 뼈, 의족, 보청기 개발, 골반 골절의 맞춤형 모델 제작 등이 있다[8-11]. 그러나 3D 프린터 산업을 주도하고 있는 미국, 영국, 일본, 중국 등의 주요국에 비해서 국내의 3D 프린터 응용 분야가 제한적이다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 생산되는 저가의 범용 3D 프린터를 이용하여 통풍이 원활하고 피부에 생기는 오물을 간단히 제거할 수 있고 X-선 검사 시에도 골절 형태 및 골 구조가 명확히 보일 수 있는 그물형 손목 부목을 제작하고자 하였다.

## II. 실험장비 및 방법

### 1. 실험장비 및 원료

본 실험에서는 인체 손목 부위의 3차원 영상을 획득하기 위한 스캐너 장비로 4-channel multi-detector computed tomography (MDCT, MX-8000, PHILIPS, USA)를 이용하여 단층영상을 획득하였고, Rapidia 3D (Rapidia ver 2.8, INFINITT, Seoul, Korea) 프로그램을 사용하여 3차원 렌더링을 하였다. 획득된 손목의 3차원 영상은 CAD (CADian 3D ver 2.5, IntelliKorea, Korea) 프로그램을 사용하여 기본 부목의 프레임을 설계하였다. G-code로 변환 프로그램은 3D 프린터 제조사에서 제공한 Creator K 9.0 슬라이서(slicer) 프로그

램을 사용하였다. 3D 프린터 기기 (3Dison Multi Standard, Rokit, Korea)는 용융 적층 조형술(fused deposition modeling, FDM)의 프린팅 방식을 이용하였다. 최대 출력 조형크기는 270 mm × 148 mm × 180 mm이고 출력속도는 40 mm/sec ~ 300 mm/sec이다. Hot-end(노즐) 크기는 0.2 mm, 0.4 mm, 0.6 mm를 선택할 수 있으며, 적층 두께는 최소 25 μm에서 최대 600 μm까지의 정밀도를 가지고 있다. 원료로는 열을 가하면 용융이 일어나고 온도가 떨어지면 다시 굳는 열가소성 플라스틱 계열인 분해성 플라스틱 (poly lactic acid, PLA)을 이용하였다. PLA 소재는 수축이 적으며 옥수수에서 녹말을 분리하여 포도당을 발효하고 젖산을 응축 고분자 화하여 플라스틱 레진을 생산한다. PLA 소재로 생산된 제품은 매립 후 미생물에 의하여 100% 생분해되는 친환경적인 소재로 알려져 있다[12]. 외형은 노즐에 삽입이 용이하도록 낚시줄 형태로 릴에 감겨 필라멘트의 형태로 구성되어 있다. 마지막으로 비교평가를 위한 기존 부목은 수분 경화성 폴리우레탄수지 재질의 Tomato splint (Tomato M&C, Korea)를 사용하였다.

## 2. 실험방법

맞춤형 손목 부목의 3D 프린팅 제조과정은 총 4 단계로 실시하였으며 기존 부목과 비교 평가하였다.

### 2.1 프린팅의 1 단계

1 단계는 [그림 1](a)과 같이 MDCT를 이용하여 피검자 손목의 영상 해부학적 정보를 획득하고 3 차원 렌더링으로 재구성하는 단계이다.

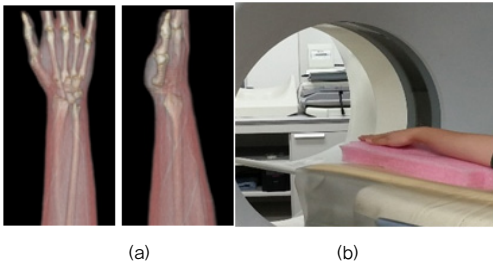


그림 1. (a) MDCT를 이용하여 아래 팔 스캔하는 모습 (b) 획득된 아래 팔 단면 영상을 이용하여 볼륨렌더링한 모습

X-선 스캔 범위는 손목부위를 중심으로 손가락뼈 (phalanges bone)의 중간 부위에서부터 아래팔 (forearm)의 중간 부위까지 X-선을 조사하였다. X-선 조사조건은 90 kVp, 50 mAs이었으며, 3.2 mm 단면두께로 연속회전 스캔하였다. 획득한 영상은 디지털표준 의료영상(digital imaging and communications in medicine, DICOM) 파일로 획득한 후 [그림 1](b)과 같이 의료영상 전용 3 차원 프로그램에서 볼륨렌더링 기법으로 3 차원 영상을 만들었다.

### 2.2 프린팅의 2 단계

2 단계는 CAD 프로그램에서 재구성된 3 차원 렌더링을 기반으로 기본 프레임을 구성하고 본 연구 목적에 맞게 부목을 디자인하는 단계이다.

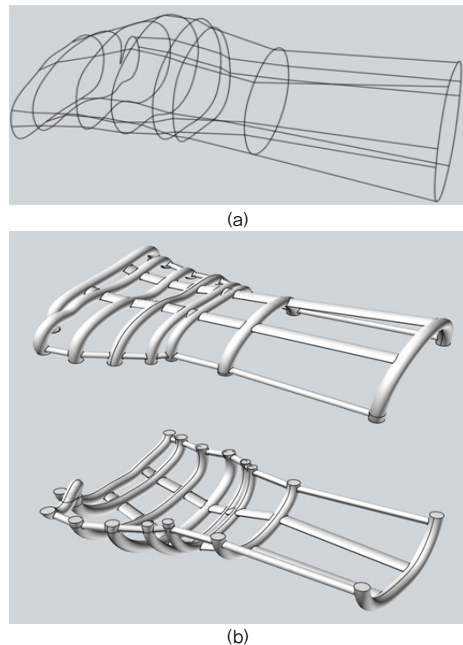


그림 2. (a) 3 차원 볼륨렌더링한 아래 팔을 바탕으로 그린 기본 프레임 (b) 기본 프레임을 원통 solid 형태로 변형한 가상의 부목 모형

1 단계에서 재구성된 3 차원 영상을 이용하여 기본 프레임을 디자인할 수 있도록 정면상, 측면상, 단면상을 JPEG 파일로 변환한 후 [그림 2](a)와 같이 CAD 프로그램에서 실제 팔의 모양과 일치하도록 굴곡의 변위가

있는 부위에 맞추어 기본 프레임을 만들었다. 또한 [그림 2](b)와 같이 곡면의 기본 프레임에 sweep tool를 이용하여 내부가 채워진 원통이 될 수 있도록 solid 형태로 변형하였고 이때 두께는 반복적인 선행 실험을 통해 0.6 mm가 되도록 하였다.

외형은 통풍이 원활하고 위생적이며 방사선 투과성이 용이하도록 그물망 형태로 디자인하였다. 그리고 부목의 손쉬운 착용과 해체를 위해 손목바닥면과 손등면을 분할하고 STL(stereolithography) 파일로 저장하였다. STL 파일은 3D 모형의 표면을 무수히 많은 삼각형들의 집합으로 쪼개어 각 꼭짓점들의 위치 데이터를 저장하고 있는 파일 형식이다.

2.3 프린팅의 3 단계

3 단계는 디자인된 가상의 부목 조형물을 Creator K 9.0 슬라이서를 이용하여 G-code로 변환한 후 출력하는 단계이다. G-code 생성을 위한 설정 값은 [표 1]과 같다. 3D 프린터 소재는 PLA 재료를 사용하여 100 mm/s의 속도와 215℃의 노즐 온도, 80℃의 베드온도로 손등 면은 7 시간, 손목바닥면은 8 시간에 걸쳐 출력하였다.

표 1. 부목 출력을 위한 Creator K 9.0 설정 값

Basic Setting		Temperature & Cool	
채우기(%)	100	출력온도 (°C)	215
레이어 높이 (mm)	0.2	HeatBed 온도 (°C)	80
셸 굵기 (mm)	0.6	HeatBed 최종 온도 (°C)	0
노즐 직경 (mm)	0.4	HeatBed 온도 변화 시작 레이어 (°C)	0
Bottom/Top 두께 (mm)	0.6		
공급량 (%)	97.0	최소 레이어 시간 (sec)	5
Speed & Retraction		Support & Bottom	
출력 속도 (mm/s)	100	서포터	부분
여유시간 속도 (mm/s)	30	베이스 형식	Raft
바닥 레이어 속도 (mm/s)	30	첫 번째 레이어 두께 (mm)	0.3
셸 속도 (mm/s)	30		
리트랙션 속도 (mm/s)	20		
리트랙션 길이 (mm)	1.5		
노즐 전환 시 리트랙션 길이 (mm)	16.5		

2.3 프린팅의 4 단계

4 단계는 [그림 3]과 같이 출력된 부목의 지지대를 제거하고 표면을 매끄럽게 처리하는 후가공 단계이다.

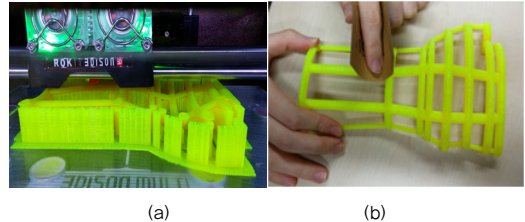


그림 3. (a) 조영물과 지지대 출력 모습 (b) 지지대 제거 및 표면처리 후가공 모습

3. 평가방법

최종 출력된 3D 손목 부목의 평가는 외형과 강도에 대한 평가 그리고 방사선영상에 대한 육안적 평가와 방사선 투과 선량에 대해 평가하였다. 외형에 대한 평가는 가상으로 3 차원적으로 디자인한 형태에 대한 출력 충실도를 평가하였으며 강도평가는 [그림 4]와 같이 의료용 디지털 텔로메터(DST-1000, Daiseung medical co. Korea)를 이용하여 daN 단위로 평가하였다[13].

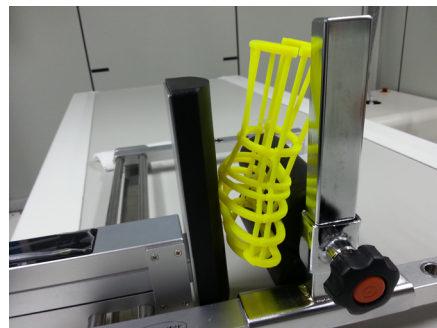


그림 4. 디지털 텔로메터를 이용한 부목 강도 평가

방사선영상 평가는 기존의 부목과 함께 동일한 X-선을 조사하여 획득된 방사선영상에서 손목뼈(carpals bone)들의 경계면과 관절공간(joint space)의 공간분해능 정도 그리고 주변 조직의 농도 차이에 따른 대조도에 따라 리커트 5 점 척도(매우 불량 : 1 점, 불량 : 2 점, 보통 3 점, 우수 4 점, 매우 우수 5 점)를 3 명이 육안적으로 교차 평가하였다. 이때 X-선 조사조건은 45 kVp, 0.9 mAs, 초점과 검출기까지의 거리는 100 cm로

두 종류의 부목에 동일하게 조사하였다. 방사선영상은 컴퓨터방사선(computed radiography, CR) 시스템의 8"×10" 영상판(image plate, IP)을 이용하여 획득하였다.

또한 동일한 X-선 조사조건으로 방사선의 감약 정도를 측정하기 위하여 교정이 완료된 디지털 조사선량 측정기(model 330, Gammex, USA)를 이용하여 [그림 5]와 같이 선량계 위에 기존부목과 제안한 부목을 각각 올려놓고 투과 선량을 이용하여 감약 정도를 평가 하였다.

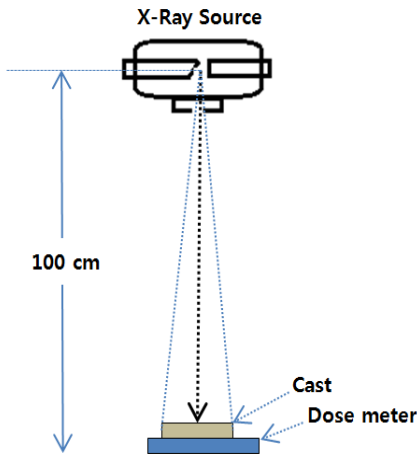


그림 5. 부목을 투과하는 방사선량 측정 모습

#### 4. 통계적 분석

3 명이 육안적으로 평가한 데이터는 SPSS software (SPSS 15.0 for Windows, SPSS, USA)를 이용하였다. 평가자들 간의 평가 일치도는 급내 상관계수(intra-class correlation, ICC)를 이용하여 단일 측도가 최소 0.8 이상의 값과  $p$  값이 0.05 보다 작을 때 일치한다고 분석하였다.

### III. 결과

#### 1. 외형 및 강도 평가

[그림 6]은 최종 3D 프린터로 출력된 부목을 착용한 모습이다. 피검자의 손목의 윤곽에 맞춘 기본 프레임을 바탕으로 그물형태로 충실히 출력되어 상의를 작의하

여도 불편함이 없었으며 통풍이 원활하여 기존 부목에서 문제가 되었던 피부의 가려움증이나 악취 등이 감소될 것이라고 판단된다.

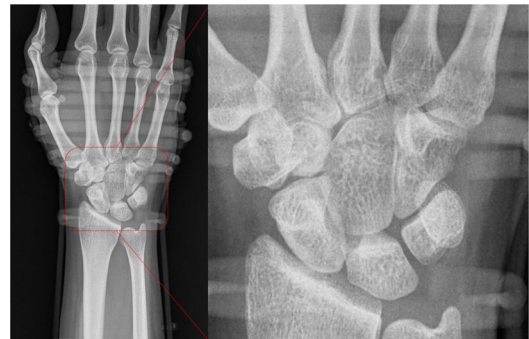


그림 6. 3차원 프린터를 이용한 맞춤형 손목 부목

기존 부목의 강도는 8 daN까지는 힘 없이 견고하였고 3D 프린터로 출력된 부목은 10 daN까지 형태 변화 없이 견고하여 기존 부목보다 다소 높은 강도를 가지고 있었다.

#### 2. 방사선영상 평가

방사선영상에 대한 평가자간 일치도의 급내 상관관계 수 결과, 기존 부목 방사선영상과 3D 프린터로 출력된 부목 방사선영상 모두 단일 측도가 각각 0.935, 0.929로 분석되었고  $p$  값도 0.05 보다 작게 측정되어 평가자 사이에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 이를 바탕으로 실시한 리커트 5 점 척도 평가 결과, 기존 부목 방사선영상은 평균 2.3 점, 3D 프린터로 출력된 부목 방사선영상은 평균 4.6 점으로 3D 프린터로 출력된 부목의 방사선영상이 우수한 것으로 판정되었다[그림 7].



(a)

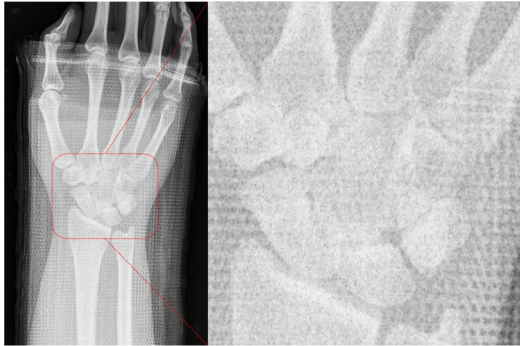


그림 7. (a) 기존 부목 손목 방사선영상 (b) 3D 프린터로 출력된 부목 방사선영상

### 3. 방사선 투과 선량 평가

[그림 8]은 부목에 대한 방사선 투과 선량을 평가한 결과이다. 기존 부목은  $0.5 \pm 0.1$  mR이 투과되었으며 3D 프린터로 출력된 부목은 평균  $2.1 \pm 0.1$  mR이 투과되어 약 4 배 정도의 높은 투과율을 보였다. 이는 방사선영상 품질에 직접적으로 영향을 준 주요 원인이라고 판단된다.

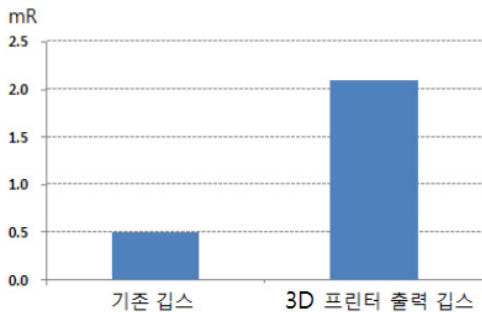


그림 8. 기존 부목과 3D 프린터 출력 부목간의 방사선 투과 선량 비교

## IV. 고찰

1984년 미국의 Charles(Chuck) W. Hull이 3D 프린터 기술을 최초로 개발하였다. 3D 프린터는 재료를 자르거나 깎는 절삭가공(subtractive manufacturing, SM) 방식과 달리 캐속조형(rapid prototyping, RP)방식으로 3

차원 설계 도면에 아주 얇은 단면으로 잘라 분석한 후, 액체, 파우더 형태의 폴리머(수지), 금속, 목재, 식재료 등을 한 단면씩 쌓아 올리는 형태로 완성하는 적층가공(additive manufacturing, AM)방식을 사용한다. 이러한 적층 방식은 압출, 잉크젯 방식의 분사, 광경화, 파우더 소결, 인발, 시트 접합 등으로 구분할 수 있다[14]. 이와 같이 3D 프린터를 이용하여 조형물을 만들어내는 일련의 과정들을 3D 프린팅(printing)이라고 한다. 3D 프린팅 기술을 가장 많이 이용하는 분야는 제품의 형태를 사출하는 금형용 제품이 약 50%를 차지하고 있다. 이유는 고가의 금형 생산 비용에 비하여 상대적으로 가격 측면이나 제작시간측면에서 유용성이 크기 때문이다 [7][15]. 이외 3D 프린팅 기술은 의료, 산업, 교육, 디자인 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 특히 개별성이 강하고 고도의 정밀성을 요구되는 의료분야에서의 활용은 새로운 의료산업의 블루오션으로 기대되고 있다. 손흥문 외[16]는 수술 시간, 방사선 조사시간, 수술 정확성 등의 개선과 환자에 대한 위험성과 고통 감소 및 수술오류에 의한 재수술 최소화를 목적으로 3D 프린팅 기술을 이용하였다. 또한 Goto 외[17]는 CT 데이터를 이용하여 실물형상의 골 모형을 수술 계획 수립, 보철 기법 연구 및 사전 수술 교육에 적용하는 연구를 진행하기도 했다. 오왕균 [18]은 오픈 소스(open source) 기반으로 정형외과 수술환자의 맞춤형 골 모형 제작을 위한 3D 프린터 시스템을 개발하였다. 이처럼 인체 골 모형을 제작하여 수술에 활용하는 유용성은 증명되어 있다. 그러나 수술이라는 특수한 분야에만 집중되어 있는 문제점이 있다. 3D 프린팅 기술이 창조 경제의 신 동력이 되기 위해서는 다양한 콘텐츠 개발이 시급하다. 따라서 본 연구에서는 기존의 CT 데이터를 이용하여 골 모형을 출력하는 범위를 벗어나 CAD와 접목하여 손목 부목을 3D 프린팅 하였다. 특히, CT는 병원에서 흔히 사용하는 장비로 손쉽게 접근할 수 있는 장점이 있다. 또한 기존의 부목은 통풍이 잘 안되고 샤워나 목욕 시 불편감이 있었고 오랫동안 착용 시 악취 등의 비위생적인 단점이 있었으나 3D 프린터로 출력된 부목은 그물 형태로 디자인되어 기존의 부목의 단점을 개선할 수 있었다. 그리고 부목의 기능적 목적인 외고정을 충실히

수행할 수 있도록 대상자의 CT 데이터를 이용하여 손목 외형과 일치하여 중수지관절과 주관절의 운동에 지장을 주지 않도록 하였고 엄지손가락은 움직일 수 있도록 하였다. 부목의 강도면에서도 기존 부목보다 강하여 골절부위 보호기능도 충분히 있었다. 방사선영상평가에서도 3D 프린터로 출력된 부목은 기존 부목보다도 방사선 투과 선량이 약 4 배 정도 많아 방사선영상의 품질이 상대적으로 우수하여 손목뼈와 주변의 뼈 구조물 그리고 관절사이공간이 잘 관찰할 수 있어 방사선영상 추적 검사 시 매우 유용할 것으로 판단된다. 또 기존 부목은 장시간 착용 후 해체 시 왕복 톱(oscillating saw)을 이용해야하는데 환자가 톱날에 의해 피부손상을 일으킬 수 있고 심리적으로 불안감을 줄 수 있지만 3D 프린터로 출력된 부목은 해체가 용이하고 안전한 장점이 있었다. 그러나 실제 임상에서 적용하기에는 출력시간이 길며 CT로 선행 검사를 실시해야 하고 CAD 전용 프로그램을 이용하여 모델링해야 하는 단점이 있다. 또한 FDM 방식의 프린터에서는 소재를 녹여서 쌓아가는 방식으로 첫 번째 층이 베드(bed)라는 사각판 모형의 출력판에 잘 안착이 되어야 한다. 따라서 이 베드의 수평이 정확히 이루어져야 하며 베드의 온도가 소재와 크기에 맞게 온도를 조절해야 한다. 이를 잘못 조절하면 적층이 왜곡되거나 모형물의 수축이 발생하여 출력 실패로 이어질 수 있으므로 주의를 해야 한다. 따라서 출력 시간을 단축할 수 있는 방법에 대한 추가 연구가 필요하며 소재별 적층두께와 적층방식에 따른 강도와 상관관계도 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

해외에서는 3D 프린터를 이용하여 부목을 제작한 사례가 있었으나 국내에서는 처음 시도된 사례이다. 이는 우리나라가 현재 3D 프린팅 산업이 초기이고 3D 프린팅산업을 주도하고 있는 주요 나라보다 3D 프린터 기술과 관련 인프라가 상대적으로 적기 때문이다. 따라서 고가의 3D 프린터를 사용하여 제작한 외국 사례는 국내 실정에는 적합하지 못한 한계점이 있다. 그러나 본 연구에서는 한국산의 저가 범용 3D 프린터를 이용한 점과 한국산의 CAD 프로그램을 사용한 점은 적은 비용으로 손쉽게 3D 프린팅 부목을 제작할 수 있는 사례를 보여주었다. 이러한 결과는 진보된 IT 기술과 고급

인력이 충분히 있는 한국에서 더 나은 3D 프린팅 기술을 향상시키는데 도움을 줄 수 있다고 판단된다.

2014년 4월 미래창조과학부와 산업통상자원부가 3D 프린팅 산업 발전전략을 공동으로 수립 발표하였다. 내용은 국내 3D 프린팅 산업을 2020년까지 전 세계 3D 프린팅 산업의 선두로 올라선다는 최종 목표로 “수요 연계형 3D 프린팅 성장기반 조성”, “비즈니스 활성화 지원”, “기술경쟁력 확보”, “법제도 개선” 등의 4 가지 핵심 사항을 수행할 예정이다[19]. 본 연구의 결과는 이중 비즈니스 활성화 지원에 부합한 내용이라고 할 수 있다. 특히, 의료분야에서의 3D 프린터 활용은 치료를 위한 부목 제작뿐만 아니라 다품종 소량생산 및 개인 맞춤형을 많이 요구되는 정형외과 및 재활의학분야에서 유용성을 기대할 수 있다.

본 연구의 한계점은 실제 골절 환자 대상이 아닌 정상인을 대상으로 부목을 출력하였기 때문에 임상적인 추가 실험이 필요하며 본 연구 결과를 바탕으로 임상적인 유용성 평가가 진행되어야 할 것이다. 그리고 손목 부위에 한정된 제한점이 있다. 팔 또는 다리 전체 부목의 출력을 위해서는 3D 프린터 장비가 더 커야 하기 때문에 부목 전용 3D 프린터기기 개발도 향후 진행되어야 할 것으로 보인다.

## V. 결론

본 연구에서는 3D 프린터를 이용하여 통풍이 원활하고 위생적이며 X-선 검사 시에도 골절 형태 및 골 구조가 명확히 보일 수 있는 그물형 손목 부목을 제작하고자 하였다. 그 결과 3D 프린팅 부목 출력에 대한 사례를 국내에서 처음 보고할 수 있었으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 기존 부목보다도 우수한 강도와 선명한 방사선 손목영상을 획득할 수 있어 보호기능 강화와 추적 검사 시 유용할 것으로 판단된다.
2. 기존 부목에서 발생된 가려움증 및 비위생적인 단점을 개선할 수 있다.
3. 대상자의 CT영상을 이용하여 부목이 출력되었기

때문에 외고정이 효율적이며 착용이 간편하고 해체가 용이하였다.

4. 본 연구에서 모델링된 3D 부목 모형은 향후 3D 프린팅 부목 제작에 기초자료로 활용할 수 있으리라 기대된다.

**참 고 문 헌**

[1] <http://www.hira.or.kr>  
 [2] A. Barenholtz and A. Wolff, "Elbow Fractures and Rehabilitation," Orthop Phys Ther Clin North Am, Vol.10, No.4, pp.525-539, 2001.  
 [3] 대한정형외과학회, 정형외과학 제4권, 최신의학사, 1993.  
 [4] 이봉순, 윤여현, 석고붕대법 이론과 실제, 대한석고치료사협회, 1992.  
 [5] 이종현, 수분 경화성 폴리우레탄 수지 조성물 및 그로부터 제조되는 정형외과용 캐스트, 한국특허청, 등록번호 100448098, 2004.  
 [6] 최은지, 김상아, 배지윤, "3D 프린터의 활용 및 현황 고찰", 한국컴퓨터정보학회, 제21권, 제2호, pp.385-388, 2013.  
 [7] 광기호, 박성우, "글로벌 3D 프린터산업 기술 동향 분석", 대한기계학회지, 제53권, 제10호, pp.58-64, 2013.  
 [8] 김정현, 정호제, "3D 프린터를 사용한 정밀 스테이지의 제작", 한국정밀공학회지, 제31권, 제3호, pp.277-283, 2014.  
 [9] 문호진, "3D 프린터를 이용한 관악기 출력 연구", 음악교육공학, 제18권, pp.105-118, 2014.  
 [10] 최혜운, 윤성철, 마재권, 방대욱, "3D 프린터를 이용한 마이크로 리액터 가공에 관한 연구", 한국생산제조시스템학회지, 제23권, 제3호, pp.218-222, 2014.  
 [11] 오왕균, "FDM 방식의 3D 프린터를 이용한 골반 골절 환자의 맞춤형 모델제작", 한국콘텐츠학회 논문지, 제14권, 제11호, pp.370-377, 2014.

[12] 김용환, "PLA (Poly Lactic Acid) 생산 기술 동향", 한국생물공학회, 제18권, 제2호, pp.13-15, 2011.  
 [13] 성열훈, "디지털 텔로메터를 이용한 무릎 외측측부인대의 안정성 평가", 한국디지털정책학회, 제11권, 제5호, pp.319-324, 2013.  
 [14] 안동규, 양동열, "쾌속제품개발(RPD)을 위한 쾌속조형기술의 최근 동향", 한국정밀공학회지, 제17권, 제10호, pp.5-10, 2000.  
 [15] 안동규, "3D Printing 기술의 금형산업분야 응용", 대한기계학회, 제54권, 제4호, pp.46-51, 2014.  
 [16] 손홍문, 이준영, 하상호, 유재원, 이상홍, 안동규, "쾌속조형공정 지원 정형외과 골절 수술 - 증례 보고", 대한정형외과학회지, 제39권, 제7호, pp.845-848, 2004.  
 [17] M. Goto, T. Katsuki, H. Noguchi, and N. Hino, "Surgical simulation for reconstruction of mandibular bone defects using photocurable plastic skull models: Report of three cases," Vol.55, No.7, pp.772-780, 1997.  
 [18] 오왕균, 임기선, 이태수, "CT 영상을 이용한 3D 프린팅으로 환자 맞춤형 대퇴골 침삭가공", 한국방사선학회, 제7권, 제5호, pp.359-364, 2013.  
 [19] 미래창조과학부, 산업통상자원부, "3D 프린팅 산업 발전전략", 광학세계, 제152권, pp.48-65, 2014.

**저 자 소 개**

**성 열 훈(Youl-Hun Seoung)**

**정희원**



- 2002년 2월 : 가톨릭대학교 공과대학 정보통신공학(공학사)
- 2005년 8월 : 가톨릭대학교 일반대학원 컴퓨터공학(공학석사)
- 2010년 8월 : 가톨릭대학교 일반대학원 의물리공학(이학박사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 청주대학교 방사선학과 교수 <관심분야> : 의료영상 콘텐츠, 방사선영상학