

# Comparative study on the Shape between a Customized Finger Made by 3D Printing Technology, Real Small Finger, a plaster Small Finger, Based on CT Data

Hyeun-Woo Choi,<sup>1</sup> Do-Hyun An,<sup>1</sup> Do-byung Rhee,<sup>2</sup> Jong-Min Lee,<sup>3</sup> Anna Seo<sup>4,\*</sup>

<sup>1</sup>Department Biomedical Engineering, Kyungpook National University

<sup>2</sup>Department of Biomedical Engineering, Daegu Catholic University

<sup>3</sup>Department of Radiology, School of Medicine, Kyungpook National University

<sup>4</sup>Department of Molecular Medicine, School of Medicine, Gachon University

Received: February 12, 2019. Revised: April 26, 2019. Accepted: April 30, 2019

## ABSTRACT

The purpose of this study is to compare and analyse the differences between a customized small finger made by 3D printing technology, a real small finger, and the other made from plaster of an orthotic company. The areas and the volumes of each cross-section were measured by Computer tomography(CT) and a 3D scanner and analysis of variance was performed to find out the differences of each shape. The areas of the point of 15.69mm, Distal Interphalangeal Joints, were measured 30 times respectively using the caliper toll function of Picture Archiving Communication System(PASC) program. The volumes were measured by Configure Units of Meshmixer Program. There was no significant difference in the areas between three of them and there was 0.2 mm gap in the volume, which was more than the significance probability. Therefore, the result of this study shows the availability of finger orthoses made by 3D printing technology in the medical field.

Keyword: PASC, Diagnostic device(CT), 3D printing, 3D Scanner, Meshmixer Program.

## I. INTRODUCTION

최근 3D 프린팅 기반 기술 및 응용기술 연구가 활발히 이루어지고 있다. 생체·의공학 분야에서는 2000년도 경에 Fused Deposition Modeling(FDM)기술에 열가소성 생체적합 고분자를 적용한 조직 공학용 보조기 및 지지체를 직접 제작함으로써 3D 프린팅 기술이 바이오 조형 기술 및 의족, 치과보철, 인공혈관, 바이오 칩 제작 등에 이용되고 있다.<sup>[1]</sup>

3D 프린팅 기술이 디지털 데이터로부터 직접적인 생산이 가능하기 때문에 맞춤형 소량생산 제품 활용에 매우 효과적이다. 이러한 기술적 특성에 기

반하여 체외에 착용되는 신체 보조·재활기구 제작에 적용하려는 시도가 이루어지고 있다.<sup>[2]</sup>

3D 프린팅 기술은 의료 분야에서 널리 사용되고 있으며, 그 사용은 폭발적으로 증가하고 있다. 3D 프린터는 고정된 몰딩 없이 수정 가능한 개체를 쉽게 생성할 수 있어 개체를 고유하게 만든다. 3D 프린팅 생체의료분야 기술 동향<sup>[3]</sup>, 3D 스캐너와 3D 프린터를 활용한 손목 보호대 개발, 남성화 라스트 설계<sup>[4,5]</sup>, 3차원 그래픽 설계와 3D 프린팅에 의한 보조기 쾌속조형 제작 방법<sup>[6]</sup>, 3D 프린팅을 이용한 얼굴 몰드 및 실리콘 마스크 제작, 로봇 손 제작<sup>[7,8]</sup> 등이 스캐너를 이용하여 의학 분야에서 사용된다. Computer tomography(CT)영상과 3차원 프린팅 기술

이 환자 맞춤형 모델 제작에 수행되고 있다.<sup>[9-12]</sup>

3D 프린터는 3D Modeling 프로그램 또는 3D 스캐너 등을 활용하여 만든 3차원 Data를 바탕으로 다양한 재료로 특수 고분자 물질이나 금속 가루 등을 빛에 의해 굳히거나 재료를 쌓아서 입체적인 물체를 만들어 내는 과정이다.

3D 프린터는 재료를 쌓아 나가는 적층 가공방식(Additive Manufacturing)으로 사용 가능한 재료의 제한이 없고, 어떠한 디자인이든 조형할 수 있다.

또한, 적층 방식과 재료에 따라 다양한 기술로 구분된다. 적층 방식은 압출(Fused Deposition Modeling(FDM)), 잉크젯 방식의 분사(Multi Jet Modeling(MJM), Photopolymer Jetting(Polyjet), Three Dimensional Printing(3DP)), 광경화(Stereo lithography (SLA), Digital Light Processing (DLP)), 파우더 소결 (Stereo lithography(SLA), Selective Laser Melting (SLM)) 등이 있고, 재료에 따라서는 폴리머, 세라믹, 광경화성 액상 수지, 금속 분말 등을 사용하는 방식으로 나뉜다.

보조기는 인체에 적용되어 신체적 기형을 예방, 교정하여 해당 부위의 움직임을 개선시키기 위한 기구로 착용 부위에 따라 상지 보조기, 하지 보조기, 척추 보조기로 분류된다. 또한, 적용되는 신체 부위에 따라 신체 관절 부위명칭을 포함하여 명명하며, 특히 손, 팔과 같은 상지에 주로 사용된다. 이러한 보조기는 현재 보장구 제작업체에서 수작업으로 제작을 하고 있다.

인체표면의 정보에 일치하도록 신속한 제작과 수작업에 의한 제작자의 능숙도와 제작방법의 특성에 따라 만족도에 차이가 있다.

제작 기간이 많이 걸리는 시간적인 문제 외에도 환자의 몸에 석고를 이용하여 신체 형상을 제작하는 과정에서 피부에 화상 위험과 칼로 석고 틀을 자를 때 신체 손상의 위험이 있다. 또한 피부질환, 과민성 감각 환자의 경우 만족도는 더 낮게 나타났다.

따라서 본 연구는 3D 프린팅 기술을 접목시켜 보조기(Orthosis)를 제작하고자 할 때 환자 치료를 위해 촬영된 진단장치 CT 정보인 DICOM 의료 영상을 사용하여 3D 프린팅을 기반으로 인체에 기대

되는 형상과 기존 보조기 업체의 수작업으로 제작된 보조기의 형상의 차이가 없어야 신체 맞춤형 보조기를 제작할 수 있을 것이다.

그래서 본인의 소지와 보조기 업체의 석고 양성 소지, 3D 프린터 PLA 약지의 형상차이를 비교 연구 하였다.

## II. MATERIAL AND METHODS

### 1. 연구대상

신체 맞춤형 보조기 제작 시 형상 유용성 실험을 위해 본인의 소지와 보조기 업체에서 제작한 석고 양성 소지, 3D 프린터로 Poly-Lactic Acid(PLA) 소지를 제작하였으며, Fig. 1은 사진을 나타낸다.

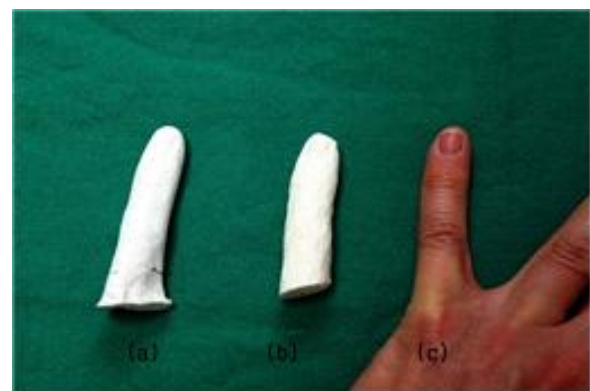


Fig. 1. Experimental shape (a) company gypsum-positivity small finger, (b) 3d printer PLA small finger, (c) real small finger.

### 2. 실험방법

석고 양성 소지(Company gypsum-positivity small finger)는 본인의 소지(Small Finger)로 보조기 업체에 의뢰하여 제작했다.

3D 프린터 소지는 PLA재료를 사용하였고, Multi Detector Computed Tomography(MDCT)로 양손(Both Hands)을 촬영해서 DICOM File의 정보를 얻었다. 또한 Slicer 4.8.1 Program을 이용하여 양손(Both Hand) STL File을 Meshmixer Program을 이용하여 소지를 디자인하여 G-code로 변환하고 3D 프린터로 출력하였다.

본인의 소지와 보조기 업체의 석고 양성 소지,

3D 프린터 PLA 소지를 MDCT를 촬영하였고, Scout View에서 X-선 감약이 자동으로 이루어졌으며 Fig. 2 같이 나타낸다.

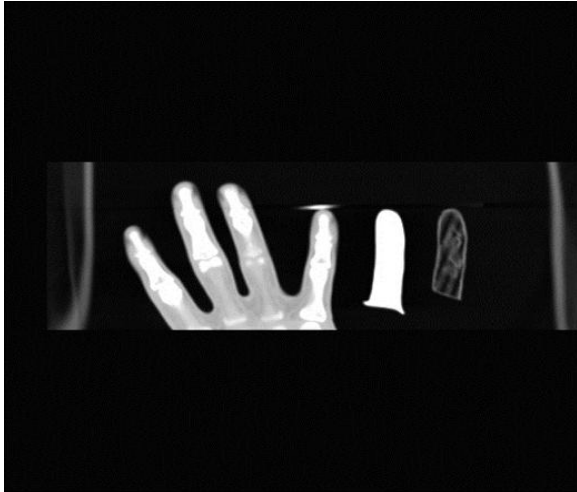


Fig. 2. Experimental CT.

### 3. 측정 방법

PASC 프로그램으로 실제 거리를 측정하는 (Caliper Toll) 기능을 이용하여 15.69 mm지점(Distal Interphalangel Joints(DIP))의 횡단면 넓이를 각각 30회씩 측정하여 횡단면 넓이에 대한 값을 Fig. 3 같이 나타낸다.

SENSE 3D 스캐너로 보조기 업체 석고 양성 소지와 3D 프린터 PLA 소지를 스캐닝하여 Meshmixer Program의 Configure units을 이용하여 동일한 부분을 시작점으로 하여 부피(Volume)를 측정하였고 Fig. 4와 Fig. 5 같이 나타낸다.



Fig. 3. PASC width measurement.

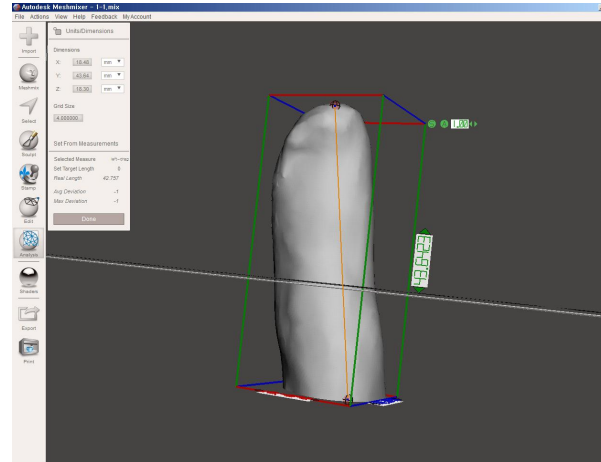


Fig. 4. Meshmixer-assisted company gypsum-positivity small finger volume measurement.

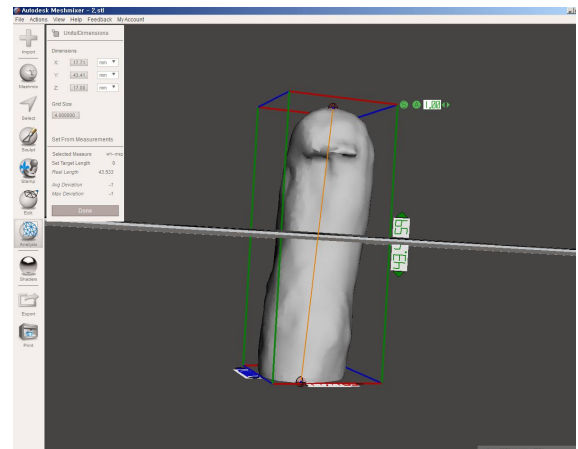


Fig. 5. Meshmixer-assisted 3d printer PLA(Poly-Lactic Acid) small finger volume measurement.

### III. RESULT

실제 약지(R. f), 보조기 업체 석고 양성 약지, 3D 프린터 PLA 약지 손가락(3D. S. F) 형상을 PASC Program으로 실제 거리를 측정하는 (Caliper Toll) 기능을 이용하여 15.69 mm지점(Distal Interphalangel Joints(DIP))의 넓이를 각각 30회씩 측정하여 횡단면 넓이의 대한 값을 Table 1과 같이 분산 분석하였다.

세 종류의 약지 신뢰도는 ICC(Intraclass Correlation Coefficient) 상관계수를 사용하였다. 결과로 실제 약지와 석고 양성 약지의 표준편차 0.13624와 실제

약지와 3D PLA 프린터 약지의 표준편차 0.16292로 거의 차이가 없이 나왔으며, 분산 분석에서도 P-값이 0.798로 유의 수준 0.05보다 크기 때문에 귀무가설이 성립되었고, 세 종류의 약지의 횡단면의 넓이에서는 유의한 차이를 볼 수 없었다.

Meshmixer Program의 Configure Units을 이용하여 석고 양성 약지와 3D 프린터 PLA 약지 부피의 차이는 Fig. 6과 같은 결과로 0.2 mm 부피(Volume)의 차이가 있었다.

Table 1. Analysis of variance.

	Number of observatios	sum	Average	Dispersion
R. S. F (mm)	30	469.93	15.66433	0.017363
G. S. F (mm)	30	469.73	15.65767	0.001674
3D. R. F (mm)	30	470.19	15.673	0.00458

Table 2. Analysis of p - value.

Variable factor	Sum of squars	Degree of freedm	Square mean	F- value	p- value
process	0.003547	2	0.001773	0.225258	0.798774
Residual	0.684903	87	0.007872		
total	0.68845	89			

(R. S. F: Real small finger, G. R. F: Gypsum-positivity small finger, 3D. R. F: 3d printer poly-lactic acid small finger)

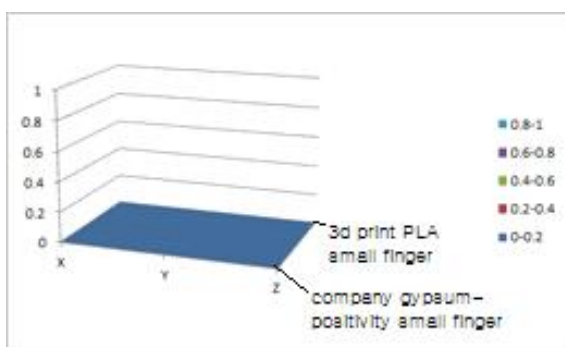


Fig. 6. 3d print PLA small finger and company gypsum-positivity small finger volume comparison using meshmixer(mm).

시각적인 결과로는 석고 양성 약지는 실제 손가락을 이용하여 석고본을 떠서 제작을 하였기 때문에 형태는 실제 약지와 유사하며 부드럽고 석고의

특성상 단단하고 내구성은 좋으나 무게감이 있었다. 실제 약지가 가지고 있는 탄력성 또한 없었다.

#### IV. DISCUSSION

최근 들어 3D 프린팅에 대한 관심이 매우 높아지고 있다. 2012년 이전에는 주로 연구자들에 의해서 주목을 받아 왔고, 지금은 일반 대중에게도 알려지고 있다. 항공, 조선, 의료, 교육 분야 등 다양한 산업분야에 첨단 제조 기술로 떠오르는 3D 프린팅 기술을 개인 맞춤형 필수적인 의료분야에 많은 응용 연구 및 적용 사례가 증가하고 있는 추세이다.

3D 프린터 PLA소지는 FDM 출력방식을 이용하여 한층 한층 재료를 열로 녹여서 쌓아 올려 만든 형상 표면에 레이어가 형성되어 3D 프린터 PLA 소지 역시 실제 소지가 가지고 있는 탄력성은 없었지만 석고 양성 소지보다 무게는 가벼웠다.

이에 본 연구는 본인의 소지와 보조기 업체의 석고 양성 소지와 CT DICOM file을 이용한 3D 프린터 PLA 소지의 형상 정밀도가 어느 정도인지를 알고자 하였다.

손가락 중 소지를 선택한 것은 신체부위 중 제일 작으면서 사용도가 많고 또한, 관절이 있어 세밀함을 요구하기 때문이다. 소지 보조기를 만들 수 있다면 다른 손가락 및 신체부위에 맞는 맞춤형 보조기를 쉽게 제작할 수 있을 것이다.

보조기의 형상 비교는 인체를 대상으로 하는 것이기에 사용재료의 선택과 더불어 외형의 정밀성은 매우 중요하리라 판단된다.<sup>[13]</sup>

CT, MRI와 같은 의료영상 이미지를 기반으로 인체조직의 형상에 맞는 외형 구조를 제조 가능함과 동시에 그 수요는 많아지리라 본다.<sup>[14]</sup>

사용 장비의 성능이나 3D 프로그램의 차이에 따라 결과가 달라질 수 있기 때문에 앞으로 더 많은 연구와 실험으로 보완하여 차후 다양한 연구가 필요할 것이다.

#### V. CONCLUSION

실험 연구에서는 Table 1과 Table 2 같은 분산분석을 하였다. 세 종류의 소지의 신뢰도는 ICC (Intra

class Correlation Coefficient) 상관계수를 사용하였고, 세 종류의 소지 횡단면 넓이에서는 유의한 차이를 볼 수 없었다. Meshmixer Program의 Configure Units 을 이용하여 석고 양성 약지와 3D 프린터 PLA약지는 Fig. 6과 같이 결과로 0.2 mm 부피(Volume)의 차이가 있었다.

본 연구의 결과는 유의 확률 이상의 결과로 세 형상의 횡단면 넓이와 부피의 차이는 없었다. 인체에 활용할 때 3D 프린팅을 사용하여 실제 기대되는 형상과 기존 보조기 업체의 수작업으로 제작된 보조기의 형상의 차이가 없었으므로, CT와 3D 프린팅 기술을 활용한 맞춤형 보조기 제작 및 치료에 활성화될 것으로 기대된다.

## Reference

- [1] S. H. Park, J. H. Park, H. j. Lee, et al., "Trends in Biomedical Technology using 3D Printing," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 31, No. 12, pp. 1067-1076, 2014.
- [2] S. H. Park, J. H. Park, H. J. Lee, N. K. Lee, "Current Status of Biomedical Applications using 3D Printing Technology," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 31, No. 12, pp. 1067-1076 2014.
- [3] J. W. Choi, H. C. Kim, "3D Printing Technologies," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 3, pp. 1-8, 2015.
- [4] D. S. Koo, J. R. Lee, "The Development of a Wrist Brace using 3D Scanner and 3D Printer," Korea Journal of Clothing Industry, Vol. 19, No. 3, pp. 312-319, 2017.
- [5] S. Y. Oh, D. A. Seo, H. G. Kim, "The Last Design for Men's Shoes Using 3D Foot Scanner and 3D Printer," Journal of the Korea Contents Association, Vol. 16 No. 2, pp. 186-199, 2016.
- [6] B. K. Choi, Y. H. Seo, K. T. Son, S. Y. Lee, D. Y. Na, "3D printing-based Fabrication of Orthotic Devices Using 3D Computer-Aided Design and Rapid Prototyping," Journal of the Korean Association for Research in Infectious Disease, Vol. 9, No. 2, pp. 145-151, 2015.
- [7] Y. J. Choi, I. K. Shin, K. H. Choi, S. M. Choi, "Fabrication of Face Molds and Silicone Masks using 3D Printing," Journal of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Vol. 43, No. 5, pp. 516-523, 2016.
- [8] I. B. Abdallah, Y. Bouteraa, C. Rekik, "Design and Development of 3D Printed Myoelectric Robotic Exoskeleton for Hand Rehabilitation," International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems, Vol. 10, No. 2, pp. 341-366, 2017.
- [9] W. G. Oh, "Customized Model Manufacturing for Patients with Pelvic Fracture using FDM 3D Printer," The Korea Contents Institute, Vol. 14, No. 11, pp. 370-377, 2014.
- [10] Y. H. Seoung, "3-Dimensional Printing for Mesh Types of Short Arm Cast by Using Computed Tomography," JKCA, Vol. 15, No. 1, pp. 308-318, 2015.
- [11] H. K. Kim, J. G. Choi, G. J. Kim, "A Study on the Shape Comparison of 3-Dimensional Printing Output Using Radiation DICOM Image," Journal of the Korea Contents Association, Vol. 16, No. 2, pp. 558-565. 2016.
- [12] H. G. Kim, G. J. Kim, J. G. Choi, D. H. Hong, J. E. Jung, "3D Printer Figuration studies using CT Volume data," Proceedings of the Korean Radiological Society Conference, Vol. 9, No. 2, pp. 63-65. 2015.
- [13] H. G. kim, J. G Kim, G. J. kim "A Research regarding the Figuration comparison of 3D Printing using the radiation DICOM images," The Journal of the Korea Contents Association, Vol. 16, No 2, pp 558-565, 2016.
- [14] S. H Park, S. A Kim, J. Y. Bae, "Trends in Biomedical Medical Technology Using 3D Printing," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 31, No. 12, pp.1067-1076, 2014.

## CT data 기반 3D 프린팅으로 제작된 Small Finger, 실제 Small Finger 그리고 석고 Small Finger 형상 비교 연구

최현우,<sup>1</sup> 안도현,<sup>1</sup> 이도병,<sup>2</sup> 이종민,<sup>3</sup> 서안나<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 의용생체공학과

<sup>2</sup>대구가톨릭대학교 생체의료공학과

<sup>3</sup>경북대학교 의학전문대학원 영상의학교실

<sup>4</sup>가천대학교 의예과

### 요 약

이 연구의 목적은 3D 프린팅 기술로 만든 맞춤형 소지, 본인의 실제 소지 및 보조기 업체 석고 양성 소지를 이용하여 세 종류의 소지의 형상 차이를 CT와 3D 스캐너로 횡단면 넓이와 부피를 분산 분석하였다. PASC Program으로 실제 거리를 측정하는 (Caliper Toll) 기능을 이용하여 15.69 mm지점(Distal Interphalangeal Joints(DIP))의 넓이를 각각 30회씩 측정하였고, 부피(Volume)에서 Meshmixer Program의 Configure Units을 이용하였다. 세 종류의 소지 횡단면 넓이에서는 유의한 차이를 볼 수가 없었고, 부피(Volume)에서 0.2 mm의 차이가 있었지만, 유의 수준보다 크게 나타났다. 따라서 본 연구의 결과는 의료분야에서 3D 프린팅 기술을 활용한 맞춤형 보조기 제작에 활성화될 것으로 보여준다.

중심단어: 영상저장전송장치(PASC), 전산화단층촬영기(CT), 3D 프린팅, 3D 스캐너, Meshmixer Program.

### 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	최현우	경북대학교 의용생체공학과	대학원생
(공동저자)	안도현	경북대학교 의용생체공학과	대학원생
	이도병	대구가톨릭대학교 생체의료공학과	대학원생
	이종민	경북대학교 의용생체공학과	교수
(교신저자)	서안나	가천대학교 의예과	교수