

Produced Body Customized 3D Print Finger Brace using Dicom File

Hyeun-Woo Choi,¹ Ji-Eun Park,¹ Jung-Hun Kim,² An-Na Seo,³ Jong-Min Lee^{1,4,*}

¹Department Biomedical Engineering, Kyungpook National University

²Department of Nonlinear Dynamics Laboratory, Kyungpook National University

³Department of Molecular Medicine, School of Medicine, Gachon University

⁴Department of Radiology, School of Medicine, Kyungpook National University

Received: July 02, 2019. Revised: August 08, 2019. Accepted: August 31, 2019

ABSTRACT

We obtained a Dicom file using a CT (Computed Tomography), a diagnostic test device used in clinical practice. Dicom files and 3D programs, and finger printers with 3D printers. Because the finger brace is intended for the human body, the accuracy of the shape is very important. 3D Print has the advantage of high precision, variety of materials, and short output time. In clinic, aluminum protector or medical device manufacturer's finger protector is limited. By creating a finger brace with a 3D printer, we expect to be able to apply a precise form of a custom finger brace to the patient that can be used to treat a patient's finger trauma, illness, or deformity.

Keywords: Computed tomography (CT), 3D printer, Finger brace

I. INTRODUCTION

1986년 처음 발명된 3D 프린터 기술은 신속한 제품 생산이 가능하다는 이점 때문에 최근에는 주얼리, 헬스 케어, 취미, 교육, 예술, 방위, 건축 및 산업 디자인들의 분야에도 적용되고 있다. 특히 의료, 패션 등의 분야에서 개인 맞춤에 대한 적용이 가능하기 때문에 시장성이 매우 우수하다.^[1]

3D 프린팅 기술은 의료 분야에서 널리 사용되고 있다.^[2,3] 3D 프린팅 생체의료분야 기술 동향^[4,5], 3D 스캐너와 3D 프린터를 활용한 인솔^[6], 해부학적으로 정확한 대동맥 판막의 3D 프린팅^[7], 3D 프린팅 된 생체 공학적 귀, 복잡한 모양의 복합조직을 3D 프린터로 인쇄하여 귀 재생 사용^[8,9], 3D 프린팅을 이용한 얼굴 몰드^[10,11] 등이 있다. 전산화단층촬영(CT; Computed Tomography) 영상을 이용하여 3차원 프린팅 기술을 사용하여 환자 맞춤형 모델 제작

이 수행되고 있다.^[12]

보조기(Brace)는 삼점압의 원리, 사점압의 원리, 압박의 원리, 신연의 원리, 전단력의 원리 등을 이용해 인체에 적용되어 신체적 기형을 예방, 교정하여 해당 부위의 움직임을 개선시키기 위한 기구이다. 특히 손, 팔과 같은 상지에 주로 사용되며 관절과 그 주변의 근육들에 기능적인 안정성을 기대할 수 있다.^[13] 또한, 신체 부위에 따라 신체 관절 부위의 명칭을 포함하여 명명하며 보조기 중 가장 많이 사용되는 것이 반 깁스이다.^[14]

임상에서 사용하는 손가락 보조기(Medical finger orthosis)와 3D 프린터 손가락 보조기(3D print finger orthosis)를 제작하여 착용하였다. 착용 후 만족도 평가(QUEST)^[15]를 하였다.

일상생활에서 손가락 보조기(Finger brace)는 알루미늄 보조기와 의료기 업체 보조기 등으로 대체 제품이 부족하다. 따라서 본 연구에서는 손가락 외상이나 질병 및 변형을 가진 환자에게 개인 맞춤형 손가락 보호대를 임상에서 즉시 3D 프린팅

으로 제작하면 환자에게 양질의 치료를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 연구대상

3D 프린터로 제작된 소지와 실제의 소지의 형상 차이를 비교한 연구를 바탕으로, 환자 진단장치 CT(Computed Tomography)에서 획득한 Dicom file과 재료를 쌓는 적층 가공방식(Additive Manufacturing)을 활용하여 3D 프린터로 손가락 보조기(Finger brace)를 제작하였다.

2. 실험방법

2.1 임상 Finger brace

임상에서 사용하는 알루미늄 손가락 보조기(Finger brace)와 업체에서 제작된 손가락 보조기(Finger brace)를 Fig. 1처럼 나타내었다.

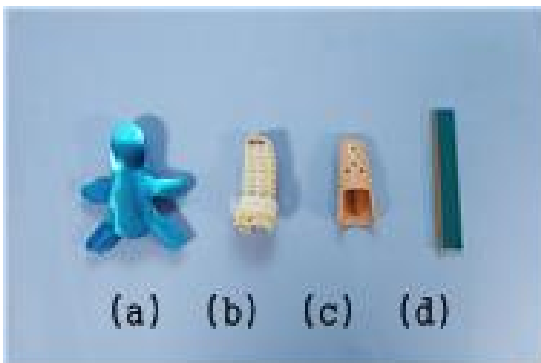


Fig. 1. Clinical use finger brace (a), (d) aluminum brace, (b), (c) company brace.

2.2 3D finger brace제작

2.2.1 CT 스캐닝

다중 채널 컴퓨터 단층촬영기(Multi-Detector Computed Tomography, 이하 MDCT) Revolution Evo(GE) 이용하여 Fig. 2와 같이 Axial 2.5mm, Kv 120, Reconstruction 1.25mm로 본인의 양손(Both hand)을 촬영하고, Fig. 3과 같이 영상 Dicom File 획득하였다.

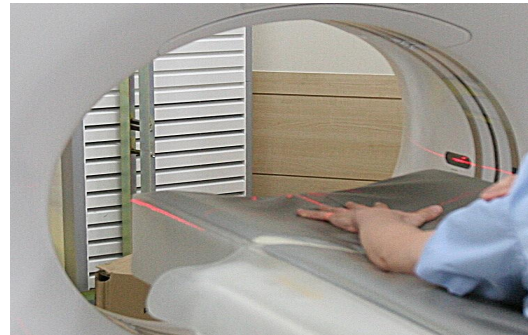


Fig. 2. Multi-Detector Computed Tomography Revolution Evo(GE)

이름	수정된 날짜	유형	크기
<input type="checkbox"/> FILE0000.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	604KB
<input type="checkbox"/> FILE0001.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	604KB
<input type="checkbox"/> FILE0002.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0003.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0004.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0005.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0006.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0007.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0008.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0009.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0010.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0011.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0012.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0013.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0014.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0015.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0016.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0017.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0018.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0019.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0020.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0021.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0022.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0023.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB
<input type="checkbox"/> FILE0024.dcm	2018-09-07 오후 ...	DCM 파일	516KB

Fig. 3. Medical imaging CT Dicom file.

2.2.2 모델링

MDCT를 이용하여 얻은 양손의 영상의 Dicom file을 3D Slice Program을 이용하여 등록하였다. 양손의 영상을 횡단면(axial plane), 시상면(sagittal plane), 관상면(coronal plane) Loading 한 후 피부까지 양손을 추출하여 재구성하고, 3D 프린팅을 위해 Fig. 3과 같이 STL형식 Fig. 4처럼 저장하여 나타내었다.

본인의 손가락에 맞춤형 손가락 보조기(Finger brace)를 디자인하기 위해 Meshmixer Program을 사용 Fig. 5와 같이 나타내었다.

Meshmixer Program을 사용하여 손가락 보조기(Finger brace)를 디자인하고, Fig. 6에 나타내었다.

2.2.3 출력

획득한 Hand Stl File을 Meshmixer program을 사용하여 손가락을 Design하고 G-code로 변환하여 PLA(Polylactide) 수지 재료로 3D 에디슨 Print로 출력하였다.

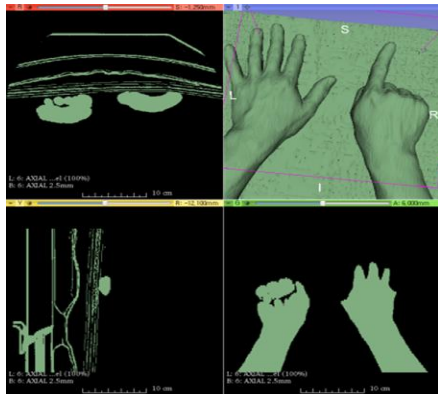


Fig. 4. 3D Hand reconstruction and STL conversion using 3D Slice program.

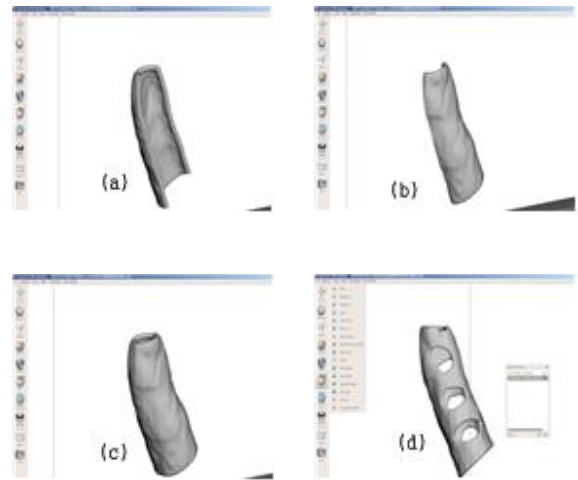


Fig. 7. Meshmix finger brace design (a) splint under (b) splint on (c) stright design (d) holl design.

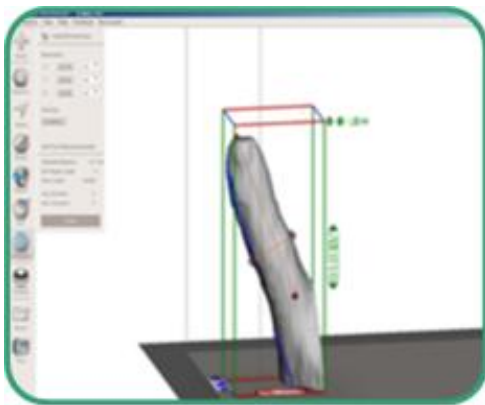


Fig. 5. Acquisition STL file meshmix representation.

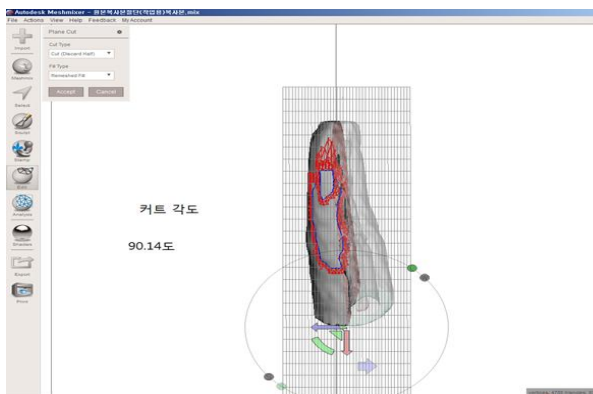


Fig. 6. Use Meshmix finger brace design.

3. 측정방법

2.2.4 착용 만족도 평가(QUEST)

본인의 소지를 이용하여 제작된 3D 프린터 손가락 보조기(3D print finger orthosis)와 임상용 손가락 보조기(Medical finger orthosis)를 종류별로 착용하여 만족도 (QUEST) 평가를 하였다. 평가기준은 리커트 척도(Likert scale)를 사용하였다. 5점 ‘매우 좋다’부터 1점 ‘매우 불편하다’ 평가를 하였다.

III.RESULT

3D Print로 제작된 손가락 보조기(3D print finger brace) 착용을 Fig. 7과 같이 나타내었다. 3D 프린터 손가락 보조기(3D print finger brace)를 Fig. 8과 같이 나타내었다.

3D Print 손가락 보조기(3D print finger brace)는 실제 손가락을 이용하여 제작하였기 때문에 그 형태가 매우 유사하였다. 무게 또한 가볍고 아래만 고정하는 보조기보다 안정감을 느낄 수 있고 임의로 두께를 주어 강도를 조절할 수 있었다.

CT로 촬영하여 획득한 Hand STL File을 Meshmixer program을 사용하여 소지(little finger)를 Design하고 G-code로 변환하여 3D 에디슨 Print로 출력하는 모든 과정에서 숙련의 시간과 노력이 필요하다. 또한, 탄성 부족으로 손가락에서 빠질 수가 있어 테이핑으로 잡아줘야 하는 문제점을 보완하여야 할 것이다.

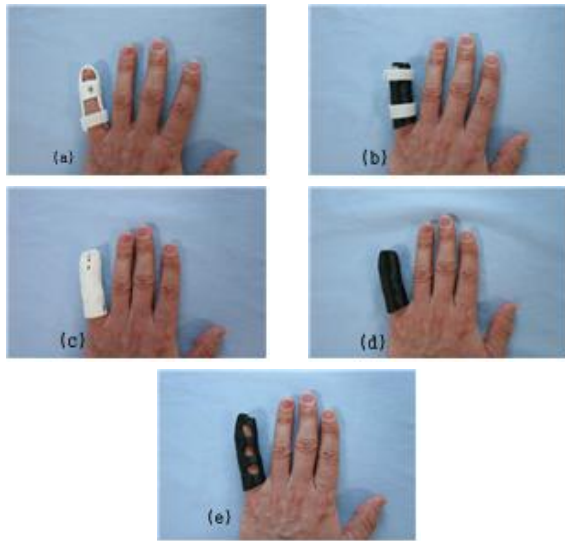


Fig. 8. 3D print finger brace wear (a) stack splint (b), (d) stright design (c) splint on, under (e) holl design.



Fig. 9. 3D printer finger brace (a) stack splint (b) splint under (c) splint on (d) hole design (e)(f) stright design.

Table 1. User 3D Printing Satisfaction Assessment(QUEST). 3D P.F.B: 3D print Finger Brace, M.F.B :Medical Finger Brace.

Item	3D P.F.B	M.F.B
1. Dimensions	4	3
2. Weight	4	4
3. Adjustment	4	3
4. Safety	4	3
5. Durability	5	3
6. Easy to use	5	5
7. Comfort	4	3
8. Effectiveness	4	4
Total satisfaction	4.25	3.5
Most important 3 items	(1)Weight (2)Dimension (3)Safety	

실험 결과로 보조기 착용 만족도 평가(QUEST)의 8문항에서 3D 프린터 손가락 보조기(3D print finger orthosis)는 내구성, 사용 용이성에 관련하여 상당히 만족 시켰으며, 평균 4.25와 기존의 임상 손가락 보조기(Medical finger orthosis)에서 3.5보다

더 높은 점수를 나타 내었다. 평가 결과는 Table 1과 같이 표시 하였다.

IV. DISCUSSION

3D 프린팅 기술을 개인 맞춤형 필수적인 의료분야에 많은 응용연구 및 적용 사례가 증가하고 있는 추세이다.

선행된 CT data 기반 3D 프린팅으로 제작된 Small Finger, 실제 Small Finger 그리고 석고 Small Finger 형상 비교한 연구를 바탕으로 환자 치료를 위해 촬영된 진단 CT(Computed tomography) 정보인 Dicom 의료영상과, 재료를 쌓아 나가는 적층 가공 방식(Additive Manufacturing)을 사용한 3D 프린터를 활용하였다.^[16]

이에 본 연구는 본인의 소지를 사용하여 임상 손가락 보조기(Medical Finger Brace)를 견본으로 하여 손가락 Dicom 영상을 Stl File로 변환시킨 후 이 File을 Meshmixer Program을 사용하여 5가지 보조기를 디자인하고 3D 프린터를 사용하여 3D 프린터 손가락 보조기(3D print finger brace)를 제작하였다.

제작한 3D 프린터 손가락 보호대(3D print finger brace)와 임상에서 사용하는 손가락 보호대(Medical Finger Brace)의 착용 및 비교 등 만족도 평가(QUEST)를 하였고, 3D 프린터 손가락 보조기(3D print finger brace)의 장점과 문제점을 파악하여 개선하고자 하였다.

손가락 보조기(Finger brace)는 인체를 대상으로 하기 때문에 외형의 크기(Dimension)와 재료가 중요하다. 그렇기 때문에 3D Print로 손가락 보조기(Finger brace) 제작이 가능하다고 판단된다. 3D 프린터로 출력하데 있어 크기가 매우 적당하고 재료가 적게 들어가며 출력 시간이 오래 걸리지 않는 등의 장점이 있다.

임상에서 사용되는 손가락 보호대(Medical finger orthosis)는 알루미늄으로 만든 보호대와 의료기 업체 보호대 등으로 대체 제품이 부족하다. 손가락 외상이나 질병과 변형을 가진 환자들에게 개인 맞춤형 손가락 보호대를 임상에서 진단장치를 사용하여 3D 프린터로 제작한다면 환자에게 양질의 치

료를 제공할 수 있어 맞춤형 손가락 보호대 개발 및 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. CONCLUSION

실험 연구에서는 임상 진단 장치인 CT를 사용하고, 3D 프로그램과 3D 프린터를 이용하여 손가락 보호대(3D print finger orthosis)를 제작하였다. 제작된 보조기를 Table 1과 같은 보조기 착용 만족도 평가(QUEST)의 8문항에서 3D 프린터 손가락 보조기(3D print finger orthosis)는 평균 4.25와 기존의 임상 손가락 보조기(Medical finger orthosis)에서 3.5보다 더 만족도를 나타 내었으며 내구성, 사용 용이성에 관련하여 상당히 만족시켰다.

보조기 착용에서 무게(Weight), 수치(Dimension), 안정성(Safety)이 매우 중요하고, 3D 프린터 손가락 보조기(3D print finger brace)는 좋은 평가를 받았다.

본 연구의 결과는 3D print로 손가락 보조기(3D print finger orthosis)를 제작할 수 있었으며, 착용 평가(QUEST)에서 기존 임상 손가락 보조기(Medical finger orthosis)보다 만족도가 높기 때문에 다른 신체에서도 적용되는 맞춤형 보조기 제작 개발이 필요하고, 환자 치료에 도움이 될 것이라고 기대된다.

Reference

- [1] Dasom Gu, Jungran Lee "Development of a wrist protector using a 3D scanner and a 3D printer," *Journal of the Korean Medical Industry Society*, Vol. 19, No. 3, pp. 312-319, 2017.
- [2] F. Rengier, A. Mehndiratta, H. von Tengg-Koblig, C. M. Zechmann, R. Unterhinninghofen, H. U. Kauczor, F. L. Giesel "3D printing based on imaging data : review of medical applications," *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, Vol. 5, No 4, pp 335-341, 2010.
- [3] D. Dimitrov, K. Schreve, N. de Beer, "Advances in three dimensional printing – state of the art and future perspectives," *Rapid Prototyping Journal*, Vol. 12, No. 3, pp. 136-147. 2006.
- [4] uk-Hee Park, Jean Ho Park, Hye Jin Lee, Nak Kyu Lee, "Current Status of BiomedicalApplications using 3D Printing Technology," *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, Vol. 31, No. 12, pp. 1067-1076, 2014.
- [5] Paul G. Mc Menamin, Michelle R. Quayle, Colin R.McHenry, Justin W. Adams, "The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology," *Anatomical Sciences Education*, Vol. 7, No. 6, pp. 479-486, 2014.
- [6] IColin E Dombroski, Megan ER Balsdon and Adam Froats "The use of a low cost 3D scanning and printingtool in the manufacture of custom-made footorthoses: a preliminary study," *Dombroski et al. BMC Research Notes*, Vol. 7, No. 1, pp. 443-447, 2014.
- [7] L A Hockaday1, K H Kang, N W Colangelo1, P Y C Cheung, B Duan1, E Malone, J Wu1, L N Girardi, L J Bonassar, H Lipson, "Rapid 3D printing of anatomically accurate and mechanically heterogeneous aortic valve hydrogel scaffolds," *Biofabrication*, Vol. 4, No. 3, pp 1- 12, 2012.
- [8] Mannoor, M. S., Jiang, Z., James, T., Kong, Y. L., Malatesta, K. A., Soboyejo, W. O., ... & McAlpine, M. C. "3D printed bionic ears. Nano letters," Vol. 13, No 6, pp. 2634-2639, 2013.
- [9] Lee, J. S., Hong, J. M., Jung, J. W., Shim, J. H., Oh, J. H., & Cho, D. W "3D printing of composite tissue with complex shape applied to ear regeneration. *Biofabrication*," Vol. 6 No. 2, pp. 1-12, 2014.
- [10] Wagner, J. D., Baack, B., Brown, G. A., & Kelly, J. Rapid, "3-dimensional prototyping for surgical repair of maxillofacial fractures," a technical note. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, Vol. 62, No. 7, pp. 898-901. 2004.
- [11] Zeng, H., Yuan-Liang, S., Gan Xie, F. L., Fu, R., "Three-dimensional printing of facial contour based on preoperative computer simulation and its clinical application," *Medicine*, Vol. 98, No. 2, pp. 1-8, 2019.
- [12] Doi K., "Diagnostic imaging over the last 50 years," research and development in medical imaging science and technology. *Physics in Medicine & Biology*, Vol. 51, No. 13, pp 5-27. 2006.
- [13] Seoyun Huh, "A Study on the Application of

- Orthosis Technique Using 3D Printing Technology," Disability and Employment, Vol. 25, No. 1, pp. 79-103, 2015.
- [14] R.A. Cooper, H. Ohnabe, D.A. Hobson, *An Introduction to Rehabilitation Engineering*, Florida, America: CRC Press, pp. 1-444, 2006.
- [15] Jinyong Kong, "Evaluation of Satisfaction with Orthoses Using QUEST", Journal of the Korean Academic Society of Technology, vol. 17, No. 3, pp. 109-116. 2016.
- [16] Hyunwoo Choi, Dohyun Ahn, Do-byung Rhee, Jong-Min Lee, Anna Seo, "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," Journal of the Korean Society of Radiology, vol. 13, No. 2, pp. 153-158. 2019.

Dicom file을 이용하여 만든 신체 맞춤형 3D print 손가락 보조기 제작

최현우,¹ 박지은,¹ 김정훈,² 서안나,³ 이종민^{1,4,*}

¹경북대학교대학원 의용생체공학과

²경북대학교 비선형 혈류역학 실험실

³가천대학교 의예과

⁴경북대학교 의학전문대학원 영상의학교실

요 약

임상에서 사용하는 진단 검사 장치인 전산화 단층촬영기(CT)를 이용하여 Dicom 파일을 획득하였습니다. Dicom 파일과 3D 프로그램, 3D 프린터로 손가락 보조기(Finger brace)를 제작하였습니다. 손가락 보조기(Finger brace)는 인체를 대상으로 하기 때문에 형태의 정밀도가 매우 중요합니다. 3D Print는 정밀도가 우수하고, 재료가 다양하고, 출력 시간이 짧은 이점이 있습니다. 임상에서는 알루미늄 보호대나 의료기 업체의 손가락 보호대가 한정적입니다. 3D 프린터로 손가락 보조기(Finger brace)를 제작하면, 환자의 손가락 외상, 질병, 변형의 치료에 이용할 수 있는 정밀한 형태의 맞춤형 손가락 보조기(Finger brace)를 환자에게 적용할 수 있을 것이라고 기대합니다.

중심단어: 전산화단층촬영기(CT), 3D 프린터, 손가락보조기(Finger brace).

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	최현우	경북대학교대학원 의용생체공학과	대학원생
(공동저자)	박지은	경북대학교대학원 의용생체공학과	대학원생
	김정훈	경북대학교 비선형 혈류역학 실험실	박사
	서안나	가천대학교 의예과	교수
(교신저자)	이종민	경북대학교 의학전문대학원 영상의학교실	교수