

3D 프린팅을 사용해 제작한 새로운 손 보조기 적용 사례연구

신수정¹, 안조근^{2*}, 박경영¹

¹중원대학교 작업치료학과, ²중원대학교 산업디자인학과

A case study on the application of new hand splint using 3D printing

Su-Jung Shin¹, Cho-Keun Ahn^{2*}, Kyoung-Young Park¹

¹Department of Occupational Therapy, Jungwon University

²Department of Industrial Design, Jungwon University

요약 본 연구의 목적은 손을 기능적 자세로 만들어주는 새로운 디자인의 보조기를 환자에게 적용하여 손기능에 어떠한 영향을 주는지 알아보고자 하는 것이었다. 새로운 보조기는 엄지와 검지의 살공간(web space)을 넓히는 새로운 디자인이다. 보조기 착용 후 환자는 엄지 벌림의 자세를 유지할 수 있었고 작은 물건 잡기가 가능하게 되었다. 환자는 손 기능에서 향상을 보였고 Box and Block 검사의 수행이 가능해져 1분에 8개의 블록을 옮길 수 있게 되었다. 그러나 물건에 손바닥의 접촉이 요구는 잡기는 이전보다 더 어려웠고 일상에서 착용시 물이 닿으면 고정되지 못한다는 단점 또한 있었다. 본 연구는 3D 프린팅을 이용한 첫 보조기 적용 연구라는 점에서 의미가 있으며 앞으로 작업치료분야에서 3D 프린팅을 통해 다양한 환자 맞춤형 보조기가 개발될 수 있을 것이라 기대한다.

키워드 : 3D 프린팅, 손보조기, 손기능

Abstract The purpose of this study was to investigate the effect of a new designed splint on the hand function. A new design splint that enlarges the area between thumb and index finger was manufactured using 3D printing. After wearing a new splint the patient was possible to open thumb and hold a small object. She showed improvement in overall hand function and could move eight blocks in box and block test. But grasping a cup without a handle has become more difficult than before. Also there is a disadvantage that it could not be fixed by water. This study is meaningful in that it is the first splint application study using 3D printing. In the future, we expect that various patient-specific splints will be developed through 3D printing in the field of occupational therapy.

Key Words : 3D printing, Splint, Hand function

1. 서론

뇌졸중, 뇌성마비 등과 같은 신경학적인 질환은 다양한 신체적 장애를 발생시킨다. 특히 근육약화 또는 마비, 강직, 떨림과 같은 운동조절의 장애는 환자의 기능적 장애를 일으키는 주요 원인으로 상지를 사용하여 수행하는 일상생활활동을 어렵게 만든다. 이러한 장애를 갖는 환자들을 위하여 작업치료사들은 치료적, 예방적 목적으로

다양한 상지 보조기를 제작하여 적용한다[1,2]. 신경학적 질환의 환자에게 자주 적용되는 보조기는 구축예방을 위한 손 또는 손목의 자세 유지 보조기와 기능적 향상을 위한 엄지맞섬보조기가 있다[2,3]. 다양한 물체를 잡고 조작하기 위해서는 엄지손가락과 검지손가락 사이의 공간(이하, 엄지검지 살공간, web space)이 벌어지고 엄지가 다른 손가락들과 마주보는 자세가 필요한데 엄지맞섬보조기는 이러한 자세로 엄지를 위치시켜준다[4].

Received 2017-02-24 Revised 2017-03-20 Accepted 2017-03-25 Published 2017-04-30

*Corresponding author : Cho-Keun Ahn (elan760@jwu.ac.kr)

최근 기술이 발달함에 따라 3D 프린팅은 다양한 분야에서 사용되고 있다. 3D프린팅은 컴퓨터 프로그램을 통해 3차원 형상을 모델링하고 이를 3D 프린터로 보내 물리적인 물체로서 구현하는 것을 말한다. 의학 분야에서 3D 프린팅 기술은 수술 부위의 가이드를 위한 해부학적 모형과 체내 삽입물의 제조[5], 절단환자들의 절단 부위를 대체하는 의수족 제전에 이용되었다[6-8]. 그러나 아직까지 상지 보조기에 적용한 연구는 없었다.

본 연구는 3D 프린팅을 사용하여 엄지검지 살공간을 넓혀주고 맞잡자세를 만들어주는 새로운 디자인의 보조기를 제작한 후 이를 환자에게 적용하여 그 효과를 알아보고자 하였다.

2. 연구방법

2.1 새로운 디자인의 보조기 제작

보조기는 엄지검지 살공간을 넓히는 목적으로 제작되었으며 착용의 간편함과 손가락 움직임을 최소로 제한하기 위하여 엄지, 검지의 손가락에 반원 모양의 고리를 만들어 손에 고정하는 형태로 고안하였다(Fig. 1). 보조기의 길이는 검지와 엄지의 손가락사이관절(Interphalangeal joint: IP joint)을 제한하지 않는 높이까지 연장하였다. 그리고 보조기의 손바닥 접촉부위는 통풍과 유연성을 위해 구멍을 내었다. 보조기의 3D 모델링 작업은 Rhino 3D V5(Rhinoceros, USA)를 통해 설계되었고 큐비콘 스타일 3D프린터(하이비전시스템, 한국)를 활용해 층층이 쌓아가는 형태로(FDM방식) 제작되었다. 보조기의 소재는 큐비콘 3D 프린터용의 필라멘트 중 열가소성 폴리우레탄(Thermoplastic Poly Urethane: TPU) 필라멘트를 사용하였다. 이것은 독성이 없으며 유연성과 탄성을 갖는 소재로 힘을 가하면 구부러지고 제거하면 다시 본래 모양대로 되돌아오는 특징이 있다.

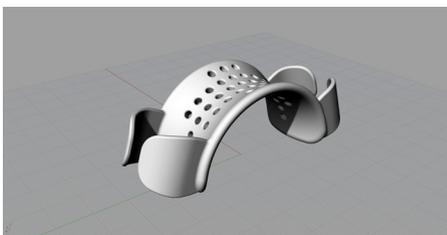


Fig. 1. A new hand splint design.(3D C-Bar Half ring Splint)

Table 1. General characteristics of the subject

Age	57 years	
Sex	Female	
Diagnosis	Benign neoplasm of central nervous system	
Onset	2008. 9. 1.	
MAS* (Right side)	shoulder	Flexion / Extension 0 / 0
	elbow	0 / 0
	wrist	0 / 1
	hand	0 / 1
Grasp power	12 kg	
K-MBI	total score 77	

* MAS: Modified Ashworth Scale

2.2 연구대상자

본 연구의 대상자는 57세 여자로서 2008년 9월 1일에 뇌종양 진단으로 수술을 받았다. 그의 후유증으로 대상자는 오른쪽 상, 하지의 움직임 장애가 발생되었다. 오른쪽 손의 강직은 MAS 1, 일상생활평가인 K-MBI(Korean Modified Barthel Index)에서 만점 100점 중 77점으로 일상생활에 정도의 도움이 필요한 운동 수준을 보였다. 상지의 모든 관절은 구축이 없어 완전한 관절운동범위(ROM)로 수동적 움직임이 가능하였다. 환자는 어깨관절 45도, 팔꿈치 150도, 손목관절 20도 수의적 굽힘이 가능하고 손은 움켜 쥐기(mass grasp)를 할 수 있었으며 12kg의 쥐기 근력을 보였다. 그러나 손가락 펴 동작은 수의적인 조절이 어려운 상태였다(Table 1).

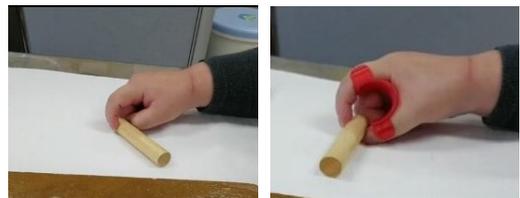


Fig. 2. Before and after wearing a new splint

2.3 손기능 평가

환자의 보조기 착용 전후의 손기능 변화를 알아보기 위하여 미시간 손기능 설문평가(Michigan Hand Outcomes Questionnaire)와 Box and Block 검사를 시행하였다.

미시간 손기능 설문평가는 손의 기능, 일상생활동작능력, 일의 수행도, 통증, 손의 외관, 손기능의 만족도를 포함한 6가지 하부영역, 37항목으로 구성된 평가도구로 본 연구에서는 한글로 번역된 것을 이용하였다[9-10]. 각 항

목은 자가보고식 설문지 형식으로 5단계로 채점을 하며 각 하부영역의 점수는 최고점을 100점으로 하여 환산하였다. 통증영역을 제외한 모든 영역에서 높은 점수가 좋은 기능을 나타낸다. 이 평가의 검사-재검사 신뢰도는 $r=0.78\sim 0.83$, 내적일치도를 보기위한 Cronbach α 는 0.8 이상으로 높은 신뢰도를 보였다. 쥘슨-테일러 손기능 평가와의 상관관계가 $r=0.711\sim 0.761$ 을 보여 타당성 또한 입증된 도구이다[9]. 두번째 상지기능 평가인 Box and Block 검사는 재활분야에서 손의 조작능력을 평가하기 위하여 사용되는 대표적인 도구이다[11]. 검사방법은 환자에게 1인치 크기의 블록을 한 상자에서 다른 쪽 상자로 1분 동안 옮기게 하고 그 개수를 세어 기능 점수로 이용하는 평가이다. 검사-재검사 신뢰도는 $r=0.94\sim 0.98$, 검사자간 신뢰도 $r=0.99\sim 1.00$ 로 높으며 상지기능 평가인 MRMT(Minnesota Rate of Manipulation Test)와 $r=0.91$ 의 상관관계를 보인다[12].

3. 결과

대상자는 보조기 착용 후 미시간 손기능 설문지의 전반적 손기능 영역에서 손작업과 손가락 움직임의 향상이 있다고 보고하여 8점의 점수향상을 보였다. 일상생활영역은 동전줍기 활동이 가능해 졌다고 보고하였으나, 이의 문열기, 열쇠끼워 돌리기, 프라이팬 들기와 같은 항목에서는 이전과 차이가 없으며, 물컵 잡기는 오히려 이전보다 어렵다고 응답하여 점수에서 변화는 없었다. 이외 하부영역인 실제 손사용과 통증, 외관에 대한 인식도, 만족도는 점수상 이전과 차이가 없었다(Table 2). Box and Block 검사 결과 이전에는 블록을 잡지 못해서 하나도 옮기지 못하였으나 보조기 착용 후 1분에 8개의 블록을 옮기는 기능적 향상을 보였다(Table 3).

Table 2. Changes in hand function before and after application of a new splint

MHOQ Subtest	Before wearing splint (%)	After wearing splint (%)
Overall hand function	48	56
Activities of daily living	14.6	14.6
Work performance	28	28
Pain	36	36
Aesthetics	30	30
Patients' satisfaction	63.3	63.3

*MHOQ: Michigan Hand Outcome Questionnaire

Table 3. Changes in Box and Block test before and after application of a new splint

Box and Block test	Before wearing splint	After wearing splint
Total number	0	8

4. 고찰

본 연구는 엄지를 기능적 자세로 만들어주는 새로운 형태의 보조기를 고안하여 손기능의 변화를 알아보고자 하였다.

보조기를 적용한 대상자의 상지기능은 오른쪽 상지에 강직과 마비가 있었고, 특히 손의 기능은 공동운동형태(synergic pattern)로 손가락 굽힘이 약하게 가능하였지만 손가락 펴기는 수의적 조절이 어려워 쥐기 동작 이후에는 굽혀진 상태로 남아 있었다. 본 연구에서 고안한 보조기는 엄지검지 살공간을 벌려 엄지를 맞섬 자세로 만들어주는 것으로 환자는 착용만으로도 물건을 잡을 수 있는 손의 자세가 되었다(Fig. 2). 보조기의 재질이 구부러지는 유연성을 갖고 있었기 때문에 환자는 보조기를 착용하고 힘을 주어 쥐기를 하면 엄지검지 살공간이 좁혀져 집기가 가능하였다. 이후 손을 이완하면 재질의 탄성으로 본래의 모양대로 돌아와 엄지검지 살공간이 벌어져 물건을 놓는 동작이 가능하였다. 환자는 보조기가 없을 때 쥐기 동작 후 정상측인 왼손으로 오른손을 벌려주는 동작을 반복적으로 수행해야 했으나 보조기 착용 후에는 왼손의 도움은 필요하지 않게 되었다.

본 연구의 대상자는 Box and Block 검사가 이전에는 불가능하였으나 보조기 착용으로 수행이 가능해 졌다. 이와 같이 보조기를 통해 환자는 반복적으로 잡고 놓기가 가능해져 일상에서도 환자의 손상측 상지의 전반적인 활동참여시간은 증대될 것으로 생각된다. 신경학적 질환에 의한 운동장애 환자들은 손상측의 상지 기능이 존재하여도 사용하지 않아 학습된 비사용(learned non-use)을 보이고 결국 운동기능이 더욱 악화되기도 한다[13]. 보조기의 착용은 손상측의 활동참여부분을 증가시켜 학습된 비사용을 예방하는데 효과가 있을 것으로 기대된다.

임상에서 작업치료사들은 환자의 개별적 특성에 맞는 다양한 보조기를 직접 제작하지만 과정이 수작업(handmade)이라는 것과 보조기 본래 재질의 특성으로 완벽한 결과물을 얻는 것에는 한계가 있다는 단점이 있

었다. 3D 모델링 프로그램과 3D 프린팅 기술은 원하는 디자인의 물체를 완성도 높은 실제 제품으로 구현함으로써 다양한 보조기를 최적화된 제품으로 만드는 것을 가능하게 한다. 작업치료사들은 환자의 해부학적 신체구조와 운동적 기능을 잘 이해하고 있음으로 3D 프린팅기술을 이용한 보조기 생산에 많은 기여를 할 것으로 생각된다.

본 연구의 보조기는 물이 닿으면 표면이 미끄러워 밀착력이 떨어졌고 결과적으로 보조기 고정성이 잘 되지 않는 단점이 있었다. 이것을 보완하기 위하여 반원형태의 손가락 고정대보다 반지와 같이 링의 형태로 손가락에 끼우는 고정법을 적용해 착용의 안정성을 높이는 것이 필요하겠다. 또한 보조기의 엄지검지 살공간을 넓히는 부분은 엄지의 IP관절을 제한하지 않는 높이까지로 한정하였는데 쥐기 동작 이후에 엄지의 IP관절이 계속적으로 굽혀져 있어 엄지패드(엄지손의 손톱이 아닌 아래손바닥 부분)가 검지패드에 닿지 않는 문제가 있었다. 엄지의 IP관절 이상까지 보조기를 연장하여 관절 피로를 보조하도록 하는 것이 본 환자에게는 더 유용할 것으로 생각된다.

5. 결론

3D 프린팅을 이용해 제작한 새로운 디자인의 보조기는 신경학적 장애를 가진 환자의 상지기능에 긍정적인 영향을 미쳤다. 3D 프린팅은 다양한 디자인의 보조기를 완전하게 구현하는 것을 가능케 함으로 앞으로 환자들의 개별적 특징에 따른 기능향상을 위한 맞춤형 보조기 제작시 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

REFERENCES

[1] C. Adrienne and C. Manigandan, "Inpatient occupational therapists hand-splinting practice for clients with stroke: a cross-sectional survey from Ireland," *Journal of Neurosciences in Rural Practice*, Vol. 2, No. 2, pp. 141-149, 2011. DOI: 10.4103/0976-3147.83579

[2] N. A. Lannin and R. D. Herbert, "Is hand splinting effective for adults following stroke? A systematic review and methodological critique of published research," *Clinical Rehabilitation*, Vol. 17, pp. 807-816, 2003. DOI: 10.1191/0269215503cr682oa

[3] S. R. Ten Berge, A. M. Boonstra, P. U. Dijkstra, M. Hadders-Algra, N. Haga and C. G. Maathuis, "A

systematic evaluation of the effect of thumb opponens splints on hand function in children with unilateral spastic cerebral palsy," *Clinical Rehabilitation*, Vol. 26, No. 4, pp. 362-371, 2012. DOI: 10.1177/0269215511411936

[4] J. C. Wilton and T. A. Dival, *Hand Splinting Principles of Design and Fabrication*, WB Saunders Company Ltd, pp. 146-167, 1997.

[5] P. Tack, J. Victor, P. Gemmel and L. Annemans, "3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review," *Biomedical Engineering Online*, Vol. 15, No. 1, pp. 115, 2016. DOI: 10.1186/s12938-016-0236-4

[6] K. H. Lee, S. J. Kim, Y. H. Cha, J. L. Kim, D. K. Kim and S. J. Kim, "Three-dimensional printed prosthesis demonstrates functional improvement in a patient with an amputated thumb: A technical note," *Prosthetics and Orthotics International*, 2016, DOI: 10.1177/0309364616679315

[7] C. E. Dombroski, M. E. R. Balsdon and A. Froats, "The use of a low cost 3D scanning and printing tool in the manufacture of custom-made foot orthoses: a preliminary study," *BMC Research Note*, Vol. 10, No. 7, pp. 443, 2014, DOI: 10.1186/1756-0500-7-443

[8] K. F. Gretsche, H. D. Lather, K. V. Peddada, C. R. Deeken, L. B. Wall and C. A. Goldfarb, "Development of novel 3D-printed robotic prosthetic for transradial amputees," *Prosthetics and Orthotics International*, Vol. 40, No. 3, pp. 400-403, 2016. DOI: 10.1177/0309364615579317

[9] K. C. Chung, M. S. Pillsbury, M. R. Walters and R. A. Hayward, "Reliability and validity testing of the Michigan Hand Outcomes Questionnaire," *Journal of Hand Surgery*, Vol. 23, No. 4, pp. 575-587, 1998. DOI: 10.1016/S0363-5023(98)80042-7

[10] C. H. Seo, *Scar quality and hand function after moist exposed burn ointment and skin graft treatment in full thickness burn injury*, The Graduate School, Yonsei University, 2005.

[11] V. Mathiowetz, G. Volland, N. Kashman and K. Weber, "Adult norms for the Box and Block Test of manual dexterity," *American Journal of Occupational Therapy*, Vol. 39, No. 6, pp. 386-391, 1985.

[12] F. S. Cromwell, *Occupational therapist's manual for basic skill assessment: Primary prevocational evaluation*. Altadena, 1976.

[13] E. Taub, G. Uswatte and R. Pidikiti, "Constraint-induced movement therapy: A new family of techniques with broad application to physical rehabilitation—a clinical review," *Journal of Rehabilitation Research and Development*, Vol. 36, No. 3, pp. 237-251, 1999.

저 자 소 개

신 수 정(Su-Jung Shin)

[정회원]



- 2003년 2월 : 연세대학교 작업치료학과 학사
- 2007년 8월 : 연세대학교 대학원 작업치료전공 석사
- 2015년 2월 : 연세대학교 대학원 작업치료전공 박사

▪ 2015년 9월 ~ 현재 : 중원대학교 작업치료학과 조교수
<관심분야> : 신경계작업치료, 작업치료 평가, 운전재활.

안 조 근(Cho-Keun Ahn)

[정회원]



- 1997년 2월 : 영남대학교 산업디자인학과 학사
- 2004년 2월 : 영남대학교 대학원 산업디자인전공 석사
- 2010년 2월 : 영남대학교 대학원 미술.디자인전공 박사수료

▪ 2012년 3월 ~ 현재 : 중원대학교 산업디자인학과 조교수
<관심분야> : 산업디자인, 융복합 디자인, 3D프린팅

박 경 영(Kyoung-Young Park)

[정회원]



- 2000년 2월 : 연세대학교 작업치료학과 학사
- 2003년 2월 : 연세대학교 대학원 작업치료전공 석사
- 2010년 8월 : 연세대학교 대학원 작업치료전공 박사

▪ 2012년 3월 ~ 현재 : 중원대학교 작업치료학과 조교수
<관심분야> : 아동작업치료, 노인작업치료