Check for updates

The Development and Satisfaction of Cock-up Splint Production Method with 3D Printing Applying 2D Scan

Wonseuk Choi[1], Wanho Jang[2], Areum Han[3], O-Seong Kweon[4], Jongbae Kim[3*]

[1]Department of Clinical Rehabilitation Research, Researcher, National Rehabilitation Center, Seoul, Korea

[2]Department of Occupational Therapy, Professor, Jeonju University, Jeonju, Korea

[3]Department of Occupational Therapy, Professor, Yonsei University, Wonju, Korea

[4]Division of Design and Art, Professor, Yonsei University, Wonju, Korea

Abstract

Background This study proposes a production method of cock-up splint by 3D printing using 2D scan instead of 3D scanning and compare satisfaction with cock-up splint using 3D scanning for patients complaining of wrist pain.

Methods The subjects were selected as 10 patients who complained of wrist pain due to wrist tunnel syndrome and DeQuervain Syndrome . The study used a single-blind crossover trial design and randomly assigned two groups of five. Each group was provided with a cock-up splint made by the 2D scan method and the 3D scanning method, and their satisfaction was evaluated.

Results The product satisfaction and service satisfaction of the cock-up splint using the 2D scan method were higher than the cock-up splint using the 3D scanning method. As a result of test the difference in satisfaction, there was a statistically significant difference.

Conclusions If the 2D scan method is used to produce customized splint with 3D printing, it is expected that a highly satisfactory cock-up splint will be produced. These results are expected to contribute to the successful rehabilitation of wrist pain patients. However, this study has limitations in generalizing the results because the number of subjects is small. Therefore, it is thought that in the future, research the effectiveness by selecting more subjects should be conducted.

Keywords 3D Printing, Wrist Splint, 2D Scan, Occupational Therapy, Rehabilitation

*Corresponding author: Jongbae Kim (Jongbae@yonsei.ac.kr)

Citation: Choi, W., Jang, W., Han, A., Kweon, O. -S., & Kim, J. (2021). The Development and Satisfaction of Cock-up Splint Production Method with 3D Printing Applying 2D Scan. *Archives of Design Research, 34*(4), 55-67.

http://dx.doi.org/10.15187/adr.2021.11.34.4.55

Received : May. 12. 2021 ; **Reviewed :** Oct. 04. 2021 ; **Accepted :** Oct. 05. 2021
pISSN 1226-8046 **eISSN** 2288-2987

Copyright : This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted educational and non-commercial use, provided the original work is properly cited.

1. 서론

작업치료사는 환자의 수행 패턴과 예측 가능한 위험을 고려하여 신체의 형태에 맞는 상지 보조기를 제작하며, 관리 방법과 주의 사항을 교육함으로써 일상생활에 적응할 수 있도록 돕는다(이정원, 2015; Cooper, Ohnabe, & Hobson, 2006). 상지 보조기 제작은 저온의 열가소성 플라스틱을 사용하여 디자인을 포함한 가공 작업을 거쳐 환자에게 적합한 형태로 제작하는 활동과 이를 환경에서 적응하며 사용할 수 있도록 하는 치료적인 작업을 수반한다(Pendleton & Schultz-Krohn, 2013).

최근 들어 현대인들은 컴퓨터와 스마트폰을 장시간 사용하는 경우가 많은데, 이는 손목 부위의 근골격계 질환을 유발하고 그 결과로 손목 보조기의 처방이 증가하고 있는 추세이다(Gerr, Marcus & Monteilh, 2004; Kim, 2016).

손목 보조기 중에 콕-업 보조기(cock-up splint)는 손목 부위의 과사용 증후군과 관련이 있는 손목 고정 보조기 중의 하나다. 이 보조기는 아래팔 전면부에서부터 손바닥까지 고정하며, 손의 기능적 자세 유지를 위하여 손목을 20~30˚폄 상태로 유지해 주지만 손가락 관절은 비교적 자유로운 움직임이 가능하다(Cooper, Ohnabe & Hobson, 2006). 콕-업 보조기가 필요한 대표적인 집단은 힘줄염, 손목 염좌, 노신경 마비, 단순손목골절 등이며 기타 다른 집단에서도 필요에 따라 사용될 수 있다(Gelberman et al., 1981; Fess & Philips, 1987).

하지만 작업치료실에서 제작되고 있는 콕-업 보조기는 몇 가지 문제점으로 인하여 사용에 불만과 제한이 따르고 있다. 현재 작업치료실에서 콕-업 보조기를 제작할 때에 플라스틱 보드를 가위로 재단하는 절삭가공 방식을 사용하기 때문에 많은 힘이 소요되며 재단된 가장자리가 깔끔하지 못하여 미관상 좋지 않다는 단점이 있다(Choi, Jang & Kim, 2018). 또한, 무게가 무겁고 공기 순환이 되지 않아 땀으로 인한 피부 위생 문제와 가려움으로 장시간 착용하기 어려우며 이로 인해 사용의 순응도가 낮다(Palousek. D, 2014). 그리고 색상이 단조로우며, 사용에 따라 변색이 쉽게 되어 외관이 지저분해진다는 단점이 있다(Fernandez-Vicente, Escario Choust & Conejero, 2017).

이러한 문제점을 해결하기 위하여 최신 기술로 주목받고 있는 3D 프린팅을 사용하여 보조기를 제작하는 연구가 등장하고 있다(Han, 2013). 3D 프린팅에 대해서는 개인 맞춤 제작이 필수적인 의료 분야에서 많은 응용연구 및 적용 사례가 증가하고 있는 추세인데, 그 이유는 3D 프린팅 기술이 다품종 소량생산 체제에 특화된 시스템을 보이며 저비용으로 맞춤형 제작이 가능하다는 장점이 있기 때문이다(Heo, 2015). 이러한 장점에 기반을 두어 인공 뼈, 인공 귀, 인공 관절, 치과보형물 등 이식 가능한 생체조직뿐만 아니라 체외에 착용되는 보조기 제작에도 3D 프린팅 기술을 적용하는 연구가 이루어지고 있다(Wohlers, 2016).

3D 프린팅으로 상지 보조기를 제작한 대부분의 선행 연구에서는 3D 스캐너를 사용하여 상지의 치수 정보를 데이터로 획득하지만, 실제 임상현장에서 3D 스캐너를 사용하려면 해결해야 할 몇 가지 문제점이 있다. 첫 번째는 3D 스캐닝을 위해서는 일정 시간 정적인 자세를 유지해야 하는데 보조기가 필요한 환자는 통증, 떨림, 경직, 이완 등의 이유로 자세 유지가 힘들다. 두 번째는 조명, 피부색 등 3D 스캐닝을 방해하는 외적 요소들로 인하여 정확한 신체 데이터를 얻기가 어렵고 이를 바탕으로 모델링하여 완성된 상지보조기가 손상된 상지에 잘 맞을 가능성이 적다. 세 번째는 3D 스캐닝으로 얻은 형상은 오차율을 지니고 있으며, 저렴한 가격의 3D 스캐너일수록 오차율이 높아 신체에 직접 착용하는 보조기를 제작하기 위해서는 고가의 3D 스캐너가 필요하다(Choi, Jang & Kim, 2018).

따라서 본 연구에서는 3D 스캐닝 대신 2D 스캔을 사용하여 3D 프린팅으로 콕-업 보조기를 제작하는 방법을 제안하고, 실제 손목 통증을 호소하는 환자를 대상으로 제작하여 만족도를 알아보고자 한다.

1. 2. 2D 스캔을 사용한 콕-업 보조기 제작 방법

3D 프린팅으로 콕-업 보조기를 제작하기 위해서 병원에서 실제 환자를 대상으로 사용되고 있는 전통적인 제작 방법과 3D 스캐닝을 사용한 제작 방법을 융합하여 새로운 제작 방법을 고안했다.

따라서 2D 스캔을 사용한 제작 방법은 전통적인 방법의 도면 작성과 열 성형 그리고 3D 스캐닝 방법의 3D

모델링과 3D 프린팅이 혼합되는 과정에 완성된 도면을 2D 스캔하는 단계가 추가된다(Figure 1).

Figure 1 Comparison of production methods

2. 연구 방법

본 연구는 연세대학교 원주캠퍼스 생명윤리심의위원회(Yonsei University Wonju Institutional Review Board)의 심의를 통해 윤리적인 절차를 거친 후 승인을 받고 진행했다(승인번호: 1041849- 201805-BM-048-02).

2. 1. 연구 대상자

2D 스캔 방법과 3D 스캐닝 방법으로 제작된 콕-업 보조기의 효과성을 검증하기 위해 손목 통증을 호소하는 장애인 10명을 대상으로 연구를 진행했다.

연구 대상자는 비확률 표본 추출방법 중 한 가지인 판단 표본 추출법으로 모집했다. 연구자는 대상자와 보호자에게 연구의 목적, 일정, 사용 장비, 측정 방법, 개인 정보 보호와 사진 촬영에 대하여 설명한 후, 서면으로 연구 참여 동의를 받았다.

연구 대상자 선정 기준은 손목 건초염 혹은 손목터널증후군을 호소하는 자, 손목 통증이 현재로부터 지난 2주 이상 지속되는 자, 한국판 간이 정신상태 검사(MMSE-K) 점수가 24점 이상인 자로 하였으며, 배제 기준은 의사소통에 제한이 있는 자, 시력에 이상이 있는 자, 환측 상지에 피부질환 및 외상이 있는 자, 신경학적 통증이나 이상 감각이 있는 자로 하였다.

본 연구 대상자의 성별은 남자 3명, 여자 7명이었으며, 환측 상지는 오른손 4명, 왼손 6명이었다. 손목 보조기 착용 경험이 있는 대상자는 4명이었으며, 나머지 6명은 손목 보조기 착용 경험이 없었다. 대상자들의 일반적 특성은 다음과 같다(Table 1).

Table 1 General characteristics of subjects

대상자	성별	나이	환측 상지	콕-업 보조기 착용 경험
1	남	17	왼손	X
2	여	26	오른손	O
3	남	51	왼손	O
4	여	63	오른손	O
5	여	65	왼손	X
6	여	53	오른손	X
7	여	51	왼손	X
8	여	53	오른손	O
9	여	38	왼손	X
10	남	63	왼손	X

2. 2. 연구 설계 및 과정

본 연구는 두 가지 제작 방법의 효과성을 검증하기 위해 단일 맹검 교차 설계(single-blind crossover trial design)로 진행했으며, 대상자가 어느 제작 방법의 효과성을 보고자 하는지 모르게 하였다. 그리고 대상자에게 서로 다른 방법으로 제작된 두 가지 콕-업 보조기를 사용해보고 더 만족하는 콕-업 보조기를 제공하기 위해 교차 설계를 적용했다. 무작위 배정은 SPSS 23.0 통계 프로그램을 사용하여, 5명씩 그룹 1과 그룹 2에 배정했다.

연구 과정은 나뉜 두 그룹에 서로 다른 방법으로 제작된 콕-업 보조기를 제공하고 2주일간 사용한 다음에 1차 만족도 평가를 진행하였다. 그리고 일주일간의 휴식기를 제공했다.

휴식기가 끝나면 2차 평가를 위해 두 그룹에 이전과 다른 방법으로 제작된 콕-업 보조기를 제공하여 2주일간 사용하게 한 다음에 2차 만족도 평가를 진행했다(Figure 2).

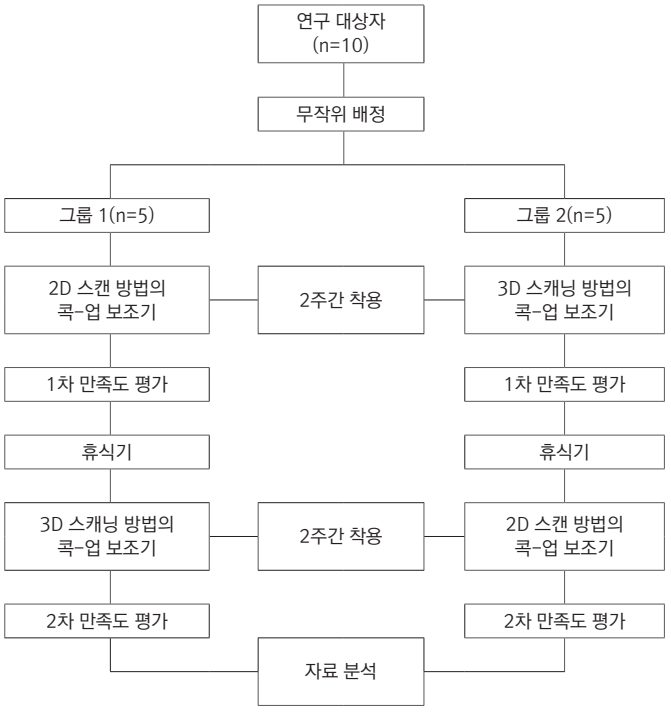
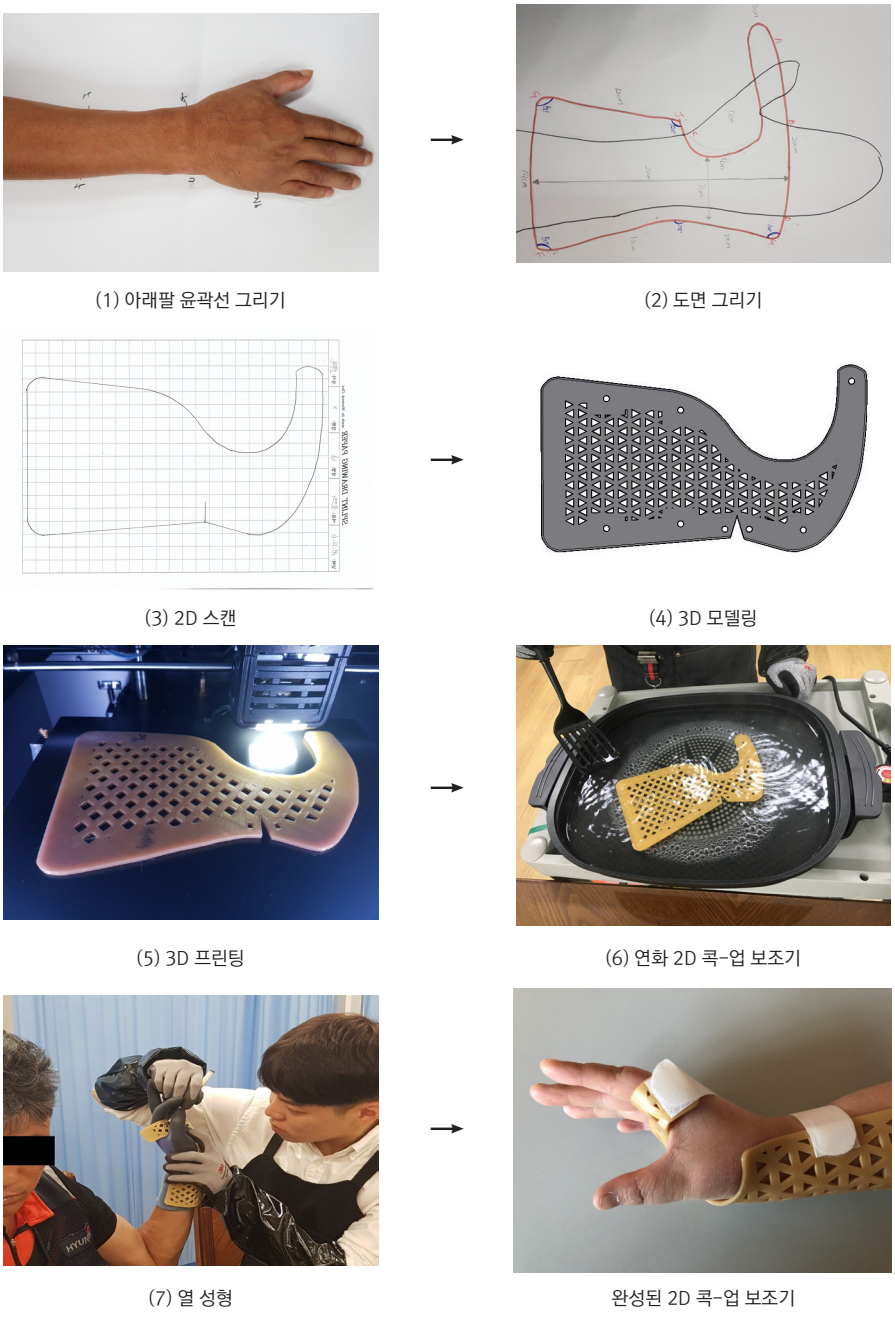


Figure 2 Research process

2. 3. 콕-업 보조기

본 연구에서 2D 스캔 방법으로 콕-업 보조기를 제작하는 방법은 다음과 같다. 첫째, 대상자의 아래팔을 트레이싱지(tracing paper) 위에 엎침(pronation) 자세로 고정한 다음에 상지의 윤곽선을 펜으로 그린다. 둘째, 상지의 윤곽선 위에 보조기의 도면을 완성한다. 셋째, 완성된 도면을 2D 스캔하여 JPG파일로 저장한다. 넷째, 저장된 JPG파일을 AutoCAD로 불러와서 도면에 따라 라인을 그리고 두께를 지정한 다음에 패턴을 적용하여 STL파일로 저장한다. 다섯째, 저장된 STL파일을 G-code로 변환하고 3D 프린터로 전송하여 출력한다. 여섯째, 출력된 콕-업 보조기를 80~90° 가량 고온의 물에 넣는다. 성형(molding)이 가능한 정도로 부드럽게 연화(softening)되면 물기를 닦고 온도를 확인한 뒤에 대상자의 아래팔에 올려놓고 모양을 성형한다. 그리고 벨크로(velcro) 스트랩을 부착하여 완성한다(Figure 3). 본 연구에서는 2D 스캔 방법으로 제작된 콕-업 보조기를 '2D 콕-업 보조기'로 명명했다.



(1) 아래팔 윤곽선 그리기 (2) 도면 그리기

(3) 2D 스캔 (4) 3D 모델링

(5) 3D 프린팅 (6) 연화 2D 콕-업 보조기

(7) 열 성형 완성된 2D 콕-업 보조기

Figure 3 Process of produce cock-up splint with 2D scan

본 연구에서 3D 스캐닝 방법으로 콕-업 보조기를 제작하는 방법은 다음과 같다.
첫째, 손상 측 상지를 3D 스캐닝 촬영한다. 둘째, 촬영한 상지 데이터로 3D system사의 Geomagic Freeform을 사용하여 3D 모델링 작업을 진행한다. 셋째, 모델링 데이터를 3D 프린터로 전송하여 출력한다. 넷째, 출력된 상지 보조기를 후처리 가공하여 서포트를 제거하고 스트랩을 연결하여 완성한다(Figure 4). 본 연구에서는 3D 스캐닝 방법으로 제작된 콕-업 보조기를 '3D 콕-업 보조기'로 명명했다.

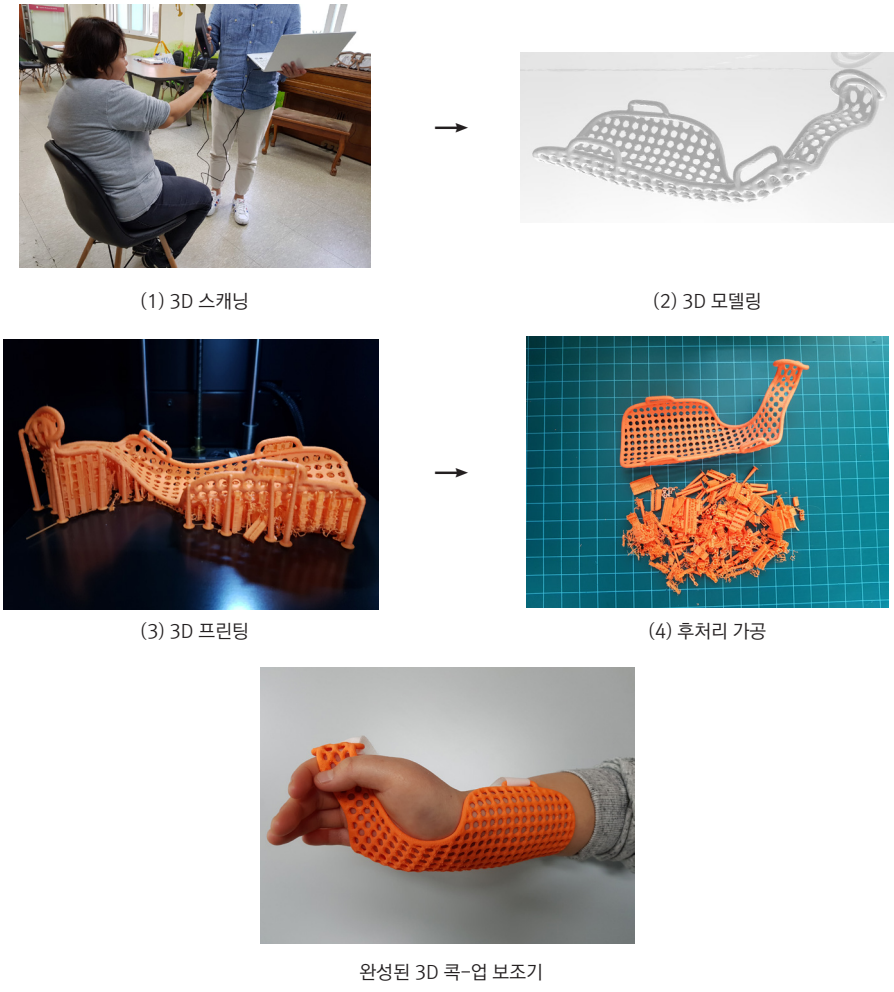


Figure 4 Process of produce cock-up splint with 3D scanning

2. 4. 3D 프린터

3D 모델링 파일을 출력하기 위해 CUBICON사의 3D 프린터인 FDM방식의 3DP-310F을 사용했다. 본 연구에서는 완성된 3D 모델링 파일을 출력하기 위해서 Cubicreator3 슬라이싱 프로그램을 사용하여 G-code로 변환했다. 출력 객체의 내부 밀도 값은 80%로 했으며, 레이어의 높이는 0.2mm로 설정했다. 거미줄(String) 현상을 방지하기 위해 리트렉션을 활성화했으며, 리트렉션 속도는 45mm/s로 설정했다. 완성도를 높이기 위해 지지대를 추가로 배치하였으며, 바닥보조물은 설정하지 않았다. 소재는 플라스틱 계열 소재인 PLA(polylactic acid)를 사용했다.

2. 5. 만족도 평가

퀘백 보조공학 사용자 만족도 평가(Quebec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology 2.0; QUEST 2.0)는 총 12항목으로 보조기기의 만족도를 평가하는 8개 항목과 보조기기 서비스의 만족도를 평가하는 4개 항목으로 구성되어 있다.

보조기기 영역의 8개 항목은 규격, 무게, 조절, 안전성, 내구성, 사용의 용이성, 안락함, 효과성으로 구성되어 있으며, 보조공학 서비스 영역의 4개 항목은 서비스 전달, 수리와 유지관리 서비스, 전문가 서비스, 사후 서비스로 구성된다. 본 연구에서는 서비스 전달과 사후 서비스만을 평가했다. 서비스 전달은 콕-업 보조기의 제작 과정에 참여하는 동안 느꼈던 만족도의 정도를 물었고, 사후 서비스는 완성된 콕-업 보조기를 사용하다가 불편함이 발견되었을 때 보조기를 교정하는 과정의 만족도를 물었다.

각 항목은 리커트 5점 척도로 평가되며 매우 불만족한 경우 1점, 매우 만족한 경우 5점으로 기록한다(Demer et, al., 2000; Jeong, 2011).

2. 6. 자료 분석

본 연구에서 모든 통계는 SPSS/PC 25.0 for Window program을 사용하여 실시하였다. 자료 분석에 앞서 표본 집단의 표본 수가 30명 미만이므로 분포를 알기위해 Shapiro-Wilk을 실시하여 정규성 검정을 하였으며, 그 결과 정규분포를 따르지 않아 비모수 검정법을 사용하여 자료를 분석했다.

제품 만족도, 서비스 만족도의 두 집단 간 비교는 Mann-Whitney U test 검정을 사용하였다. 모든 검정에 사용된 통계적 유의미 수준은 $p<.05$로 했다.

3. 연구 결과

3. 1. 제품 만족도

2D 콕-업 보조기의 경우 규격과 무게의 평균 점수가 4.7점으로 가장 높게 평가되었으며, 조절은 3.6점으로 가장 낮게 평가되었다. 3D 콕-업 보조기의 경우에 사용 용이성의 평균 점수가 4.4점으로 가장 높게 평가되었으며, 규격과 조절은 3.3점으로 가장 낮게 평가되었다. 전체 평균을 비교한 결과 2D 콕-업 보조기가 4.3점으로 평가받아 3.6점으로 평가받은 3D 콕-업 보조기보다 높게 평가되었다(Table 2).

Table 2 Product satisfaction

항목	평균 ± 표준편차	
	2D 콕-업 보조기	3D 콕-업 보조기
규격	4.7 ± 0.5	3.3 ± 1.0
무게	4.7 ± 0.4	3.9 ± 1.1
조절	3.6 ± 0.9	3.3 ± 1.1
안전성	4.6 ± 0.6	3.7 ± 1.2
내구성	4.6 ± 0.4	3.8 ± 1.1
편리성	4.6 ± 0.6	4.4 ± 1.0
효과성	3.9 ± 0.8	3.3 ± 0.8
총 평균	4.3 ± 1.1	3.6 ± 0.4

2D 콕-업 보조기와 3D 콕-업 보조기의 제품 만족도는 통계적으로 유의미한 차이가 있었으며($p<.05$), 2D 콕-업 보조기가 3D 콕-업 보조기보다 제품 만족도가 높은 것으로 검정되었다(Table 3).

Table 3 Significance test of Product Satisfaction

대상자	2D 콕-업 보조기	3D 콕-업 보조기	d	Z	p
A	40	31	9(-)	-2.314	.021
B	39	29	10(-)		
C	37	30	7(-)		
D	38	34	4(-)		
E	36	32	4(-)		
F	31	19	12(-)		
G	34	23	11(-)		
H	39	33	6(-)		
I	28	31	3(+)		
J	28	28	0		

d: 2D 콕-업 보조기 기준으로 편차대상자

3. 2. 서비스 만족도

서비스 만족도의 항목별 평균 점수를 비교해본 결과, 서비스 전달과 사후 서비스 항목 모두 2D 콕-업 보조기가 높게 평가되었다. 이에 따라 2D 콕-업 보조기의 평균은 4.4점, 3D 콕-업 보조기의 평균은 3.2점으로 나타났고, 2D 콕-업 보조기의 서비스 만족도가 높은 것을 확인할 수 있었다(Table 4).

Table 4 Service satisfaction

항목	평균 ± 표준편차	
	2D 콕-업 보조기	3D 콕-업 보조기
서비스 전달	4.2 ± 0.9	3.2 ± 1.0
사후 서비스	4.7 ± 0.4	3.2 ± 1.5
총 평균	4.4 ± 0.3	3.2 ± 0

2D 콕-업 보조기와 3D 콕-업 보조기의 서비스 만족도는 통계적으로 유의미한 차이가 있었으며($p<.05$), 2D 콕-업 보조기가 3D 콕-업 보조기보다 서비스 만족도가 높은 것으로 검정되었다(Table 5).

Table 5 Significance test of service satisfaction

대상자	2D 콕-업 보조기	3D 콕-업 보조기	d	Z	p
A	10	8	2(-)	-2.732	.006
B	10	5	5(-)		
C	10	7	3(-)		
D	10	9	1(-)		
E	8	8	0		
F	9	4	5(-)		
G	8	8	0		
H	7	5	2(-)		
I	10	6	4(-)		
J	7	4	3(-)		

d: 2D 콕-업 보조기 기준으로 편차대상자

4. 고찰

선행 연구를 살펴보면 3D 프린팅으로 상지 보조기를 제작할 때 대부분이 3D 스캐닝을 사용하는데(Choi & Kim, 2018), 이는 몇 가지 문제점을 지니고 있어서 임상 적용에 어려움이 있었다. 따라서 본 연구에서는 임상 현장에서 3D 프린팅으로 콕-업 보조기를 제작할 때 적합한 방법으로 3D 스캐닝 대신 2D 스캔을 사용하는 방법을 제안하고 만족도를 비교하였다.

2D 콕-업 보조기의 제품 만족도를 확인한 결과, 규격과 무게 항목이 가장 높게 평가되었다. 규격이 높게 평가된 이유는 완성된 보조기가 환측 상지에 잘 맞았기 때문인데 2D 스캔 방법도 정확한 신체 치수를 기반으로 제작된다고 해석할 수 있다. 따라서 3D 스캐너가 없어도 3D 프린팅으로 맞춤형 보조기를 제작할 수 있을 것으로 사료되며, 3D 스캐너를 대체할 수 있는 다양한 방법들이 향후 연구들을 통해서 제안될 것으로 기대된다. 다음으로 무게 항목이 높게 평가된 이유는 피부 통기성을 향상하기 위해 적용한 패턴이 무게를 경량화했기 때문으로 사료된다. 따라서 보조기에 패턴을 적용하면 피부 통기성 향상과 함께 무게 경량화의 효과도 기대할 수 있다고 예상된다. 반면에 조절 항목은 가장 낮게 평가되었는데, 이는 벨크로 스트랩의 내구성과 관련이 있다고 생각된다. 벨크로 스트랩의 경우에 시간이 지남에 따라 부착력이 저하되고 이에 따라 전단 강도가 감소하면서 상지에 콕-업 보조기를 고정하는 힘이 약해지기 때문에 낮게 평가된 것으로 사료된다. 따라서 향후에는 벨크로 스트랩이 아닌 다른 방법을 고안하여 콕-업 보조기에 적용해볼 필요가 있다고 생각된다.

3D 콕-업 보조기의 제품 만족도 항목별 점수를 확인해본 결과 사용의 용이성 항목이 가장 높게 평가되었다. 하지만 2D 콕-업 보조기의 사용 용이성 항목보다 낮은 점수이기 때문에 3D 콕-업 보조기의 장점으로 볼 수 없으며, 단지 벨크로 스트랩이 콕-업 보조기를 탈착하는데 편리하므로 비교적 높게 평가된 것으로 사료된다. 반면에 규격, 조절, 안락함, 효과성 항목은 가장 낮게 평가되었다. 규격은 완성된 콕-업 보조기가 상지에 잘 맞지 않아 낮게 평가된 것으로 사료된다. 이는 3D 스캐닝 과정에서 상지의 형상 데이터가 정확하게 획득되지 못했기 때문인데, 그 이유로는 실내조명의 영향으로 3D 스캐너가 피부색을 잘 인식하지 못하였고, 이는 피부색이 밝을수록 그 경우가 더 심했다. 또한, 상지의 통증과 떨림으로 일정 시간 자세 유지가 힘들어서 잦은 추적 유실이 발생하였고 이에 따라 불완전한 형상 데이터가 획득된 것으로 사료된다. 콕-업 보조기의 규격이 상지에 잘 맞지 않으면서 손목 지지를 잘하지 못한다고 느끼는 대상자가 대부분이었으며, 이에 따라 안락함과 효과성 항목이 낮게 평가된 것으로 사료된다. 조절의 점수가 낮게 평가된 이유는 2D 스캔 방법의 이유와 동일하다. 이는 Choi, Jang과 Kim(2018)의 연구에서 3D 스캐닝을 사용하여 제작한 보조기의 만족도가 낮다고 보고하는 결과와 맥락을 같이한다고 볼 수 있다.

서비스 만족도를 비교한 결과 3D 콕-업 보조기가 2D 콕-업 보조기보다 낮게 평가되었다. 서비스 전달 항목이 낮게 평가된 이유는 상지 형상을 얻기 위해 실시한 3D 스캐닝이 잦은 추적 유실로 반복 촬영을 요하게 되면서 오랜 시간이 소요되었고 이에 따라 불만과 체력 소모가 발생하여 낮은 점수가 평가된 것으로 사료된다. 이러한 문제점은 고가의 3D 스캐너를 사용하면 해결될 수 있지만, 고가의 장비를 운용하게 되면 전문 인력, 장비 유지비 등 부수적으로 많은 비용이 필요하게 되므로 재활 분야에 3D 프린팅이 도입되는 데 큰 한계점으로 작용할 것으로 사료된다. 따라서 보급형 3D 스캐너를 사용할 때 비체계적 오차(random measurement error)를 극복하는 방법에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한, 의료기관에서 보유하고 있는 CT, X-ray, MRI 등 영상기기를 사용하는 방법에 관한 연구도 이루어질 필요가 있다고 생각된다. 3D 콕-업 보조기의 사후 서비스 항목도 2D 콕-업 보조기보다 낮게 평가되었다. 사후 서비스는 완성된 콕-업 보조기를 사용하다가 신체적 불편함이 발생할 경우에 제공되었는데, 완성된 3D 콕-업 보조기를 교정(reform)하기 어렵다는 점에서 낮게 평가된 것으로 사료된다. 3D 콕-업 보조기는 상지 굴곡에 맞게 완성형으로 제작되다 보니 2D 콕-업 보조기에 비해서 교정의 범위가 상대적으로 제한되며, 적층 방향의 문제로 교정 중에 쉽게 부러질 수 있다는 단점이 있다. 반면에 2D 콕-업 보조기는 3D 프린팅으로 출력한 콕-업 보조기 시트를 대상자의 아래팔에 대고

구부리면서 모양을 성형하기 때문에 완성된 이후에도 보조기에 열을 가하면 보조기의 폭, 높이, 길이 등 모양을 교정하기 쉽다. 이에 따라서 3D 콕-업 보조기의 사후 서비스 만족도가 높게 평가된 것으로 사료된다.

2D 콕-업 보조기의 적층 단면

3D 콕-업 보조기의 적층 단면

Figure 5 Laminate cross section comparison

5. 결론

본 연구의 결과를 종합해 볼 때, 2D 스캔 방법으로 제작한 콕-업 보조기의 만족도가 3D 스캐닝 방법으로 제작한 콕-업 보조기보다 높았으며, 통계적으로 유의미한 수준의 차이가 있었다. 따라서 3D 프린팅으로 맞춤형 보조기를 제작할 때 2D 스캔 방법을 활용한다면 만족도 높은 콕-업 보조기를 제작할 수 있을 것으로 예상되며, 이에 따라 손목 통증 환자의 성공적인 재활에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

하지만 본 연구의 결과를 일반화하기에는 많은 한계점이 따른다. 따라서 3D 스캐닝을 사용하여 보조기를 제작하는 방법이 폄하되는 일은 없어야 할 것이다. 향후 연구에서는 더 많은 대상자를 선별하여 만족도와 더불어 임상적 효과성을 알아보는 연구가 진행되어야 한다고 생각된다. 또한 3D 프린팅과 관련된 숙련도가 미치는 영향이 크기 때문에 향후에는 숙련도의 차이를 배제할 수 있는 연구가 이루어져야 될 것으로 생각된다. 마지막으로 이와 관련된 연구가 진취적으로 발전하기 위해서는 디자인과 재활에 관련된 전문가들이 참여하는 융합 연구가 필요할 것으로 생각된다.

References

1. An, N. Y., & Kong, J. Y. (2009). A study of translation and verification on the korean version of quebec user evaluation of satisfaction with assistive technology(QUEST 2.0). *Disability and Employment, 19*(2), 99-116.
2. Choi, W. S., & Kim, J. B. (2018). A Systematic Review of Manufacturing Method for Splint Using 3D Printing Technology. *The Journal of Korean Society of Occupational Therapy, 26*(2), 1-15.
3. Choi, W. S., Jang, W. H., & Kim, J. B. (2018). A Pilot study for Usefulness of Customized Wrist Splint By Thermoforming Manufacture Method Using 3D printing: Focusing on Comparative Study with 3D scanning Manufacture Method. *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology 12*(2), 149-158.
4. Cooper, R. A., Ohnabe, H., & Hobson, D. A. (2006). *An Introduction to Rehabilitation Engineering*. Boca Raton, Florida(USA): CRC Press.
5. Demer, L., WeissLambrou, R., & Ska, B. (2000). Quebec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology (QUEST version 2.0). *The Institute for Matching Persons and Technology: Webster, NY*.

6. Fernandez-Vicente, M., Escario Chust, A., & Conejero, A. (2017). Low cost digital fabrication approach for thumb orthoses. *Rapid Prototyping Journal, 23*(6), 1020-1031.
7. Fess, E. E., & Philips, C. A. (1987). *Hand splinting: principles and methods*. St. Louis: Mosby.
8. Gelberman, R. H., Amifl, D., Gonsalves, M., Woo, S., & Akeson, W. H. (1981). The influence of protected passive mobilization on the healing of flexor tendons: a biochemical and microangiography study. *Hand*, (2), 120-128.
9. Gerr, F., M., Marcus, & C. Monteilh., (2004). Epidemiology of musculoskeletal disorders among computer users: lesson learned from the role of posture and keyboard use. *J Electromyogr Kinesiol, 14*(1), 25-31.
10. Heo, S. Y. (2015). A Study on the Case of Developing Manufacturing Techniques for Orthosis using 3D Printing Technology: Focusing on Comparative Study with using the Splint Pan. *Disability & Employment, 25*(1), 79-103.
11. Jeong, D. H. (2011). A study on the assistive technology devices and services satisfaction of the college students with visual impairment. *Journal of Rehabilitation Research, 15*(2), 129146.
12. Kim, S. J. (2016). *Effectiveness and satisfaction of 3D printed wrist brace for patients with wrist pain caused by overuse* (Master's thesis). Sungkyunkwan University, Seoul.
13. Lee, J. W. (2015). *Occupational Therapy for Physical Dysfunction*. Seoul: Hanmibook
14. Lee, S. H., Jung, B. K., & Park, S. H. (2013). Korean translation and psychometric properties of quebec user evaluation of satisfaction assistive technology 2.0. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, 14*(7), 3284-3292.
15. Palousek, D., Rosicky, J., Koutny, D., Stoklasek, P., & Navrat, T. (2014). Pilot study of the wrist orthosis design process. *Rapid Prototyping Journal, 20*(1), 27-32.
16. Pendleton, H. M., & Schultz-Krohn, W. (2013). *Pedretti's occupational therapy: Practice skills for physical dysfunction* (7th ed.). St.Louis, MO: Mosby.
17. Wohlers, T.(2016). Wohlers report 2016. Wohlers Associates. Inc., Fort Collins, Colorado USA.

2D 스캔을 적용한 3D 프린팅 콕-업 보조기 제작 방법 개발 및 만족도 연구

최원석[1], 장완호[2], 한아름[3], 권오성[4], 김종배[3*]

[1]보건복지부 국립재활원 임상재활연구과, 연구원, 서울, 대한민국

[2]전주대학교 작업치료학과, 교수, 전주, 대한민국

[3]연세대학교 작업치료학과, 교수, 원주, 대한민국

[4]연세대학교 디자인예술학부, 교수, 원주, 대한민국

초록

연구배경 본 연구는 3D 스캐닝 대신 2D 스캔을 사용하여 3D 프린팅으로 콕-업 보조기를 제작하는 방법을 제안하고 실제 손목 통증을 호소하는 환자를 대상으로 보조기를 제작하여 3D 스캐닝을 사용한 콕-업 보조기와 만족도를 비교하고자 한다.

연구방법 연구 대상은 손목 터널 증후군과 손목 건초염으로 손목의 통증을 호소하는 10명으로 선별하였다. 연구 설계는 단일 맹검 교차 설계(single-blind crossover trial design)를 사용하였으며, 5명씩 두 그룹으로 무작위 배정하였다. 각 그룹에게 2D 스캔 방법과 3D 스캐닝 방법으로 제작된 콕-업 보조기를 제공하고 만족도를 평가하였다.

연구결과 2D 스캔 방법으로 제작된 콕-업 보조기의 제품 만족도와 서비스 만족도는 3D 스캐닝 방법으로 제작된 콕-업 보조기보다 높았으며, 만족도의 차이를 검정한 결과 통계적으로 유의미한 수준의 차이가 있었다.

결론 2D 스캔 방법으로 제작한 콕-업 보조기의 만족도가 3D 스캐닝 방법으로 제작한 콕-업 보조기보다 높았으며, 통계적으로 유의미한 수준의 차이가 있었다. 따라서 3D 프린팅으로 맞춤형 보조기를 제작할 때 2D 스캔 방법을 활용한다면 만족도 높은 콕-업 보조기를 제작할 수 있을 것으로 예상되며, 이러한 결과는 손목 통증 환자의 성공적인 재활에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 본 연구의 결과를 일반화하기에는 많은 한계점이 따른다. 따라서 3D 스캐닝을 사용하여 보조기를 제작하는 방법이 폄하되는 일은 없어야 할 것이다. 향후 연구에서는 더 많은 대상자를 선별하여 만족도와 더불어 임상적 효과성을 알아보는 연구가 진행되어야 한다고 생각된다.

주제어 3D 프린팅, 콕-업 보조기, 손목 보조기, 2D 스캔, 작업치료, 재활