한국특수체육학회지 2021. 제29권 제2호. pp. 1-19. ISSN 1226-5063 (Print)
Korean Journal of Adapted Physical Activity, 2021. Vol. 29, No. 2, pp. 1-19. ISSN 2733-9831 (Online)

첨족 뇌성마비 장애인의 3D 프린팅 맞춤형 인솔 착용을 통한 보행 경험 연구: 사용자 참여 디자인을 중심으로*

배건환(한국체육대학교/박사과정) · **노형규****(한국체육대학교/교수)

초 록

본 연구는 사용자 참여 디자인을 통해 3D 프린팅 개인맞춤형 인솔을 제작하고 그것이 첨족 뇌성마비 장애인의 보행에 어떤 경험과 의미를 주는지 탐색하고 확인하는데 목적이 있다. 연구는 수도권에 거주중인 남, 여 만 8세 이상 뇌성마비 장애인 중 보행과 면담이 가능하고 연구 참여에 자발적으로 동의한 자 3명을 대상으로 2020년 7월부터 11월까지 진행되었다. 인솔 착용 기간 중 참여관찰과 심층 면담이 진행되었으며 수집된 자료는 개방적 코딩과 귀납적 주제분석을 실시하였다. 더불어 질적 연구 결과의 보완과 더욱 충실한 논의 제공을 위해 개인맞춤형 인솔의 착용 전과 착용 후 상태에서 근전도, 지면반력과 같은 운동역학적 변인에 대한 분석을 추가적으로 진행하였다. 연구는 전문가 집단의 지속적 검토를 받으며 진행하였으며 분석 자료에 대한 연구참여자의 확인 및 삼각검증이 이루어졌다. 이러한 과정을 통해 사용자 참여 디자인을 적용한 3D 프린팅 개인맞춤형 인솔의 제작 절차에 대한 연구문제 1의 핵심 주제어는 '손뼉이 마주치다', '첫발을 내디디며', '한 걸음씩 나아가다', '언덕 위에 다다르다', '고생 끝에 낙'으로 도출되었다. 또한 사용자 참여 디자인을 적용한 3D 프린팅 개인맞춤형 인솔의 제작 및 사용과정에서 첨족 뇌성마비 장애인들이 겪는 경험에 대한 연구문제 2의 핵심 주제어는 '유레카: 새로운 경험', '작은 소용돌이: 나에게 찾아온 것들'로 확인되었다. 연구참여자들은 개인맞춤형 인솔이 기존에 접해왔던 일반 인솔, 보조기 등과는 다른 새로운 제품이라는 인식을 갖고 있었으며, 3D 프린팅과 사용자 참여 디자인 방식을 통해 본인이 원하는 인솔을 스스로 만들고 사용하는 것 역시 기존에 경험해보지 못한 새로운 경험으로 인식하고 있었다. 또한 3D 프린팅 개인맞춤형 인솔을 착용하며 신체적, 심리적으로 변화하는 자신의 모습을 자각하고 있었다. 근전도와 지면반력의 운동역학적 변인의 분석 결과는 연구참여자들이 언급한 심리적 변화에 대한 내용을 실제적으로 뒷받침하고 있었다. 본 연구를 통해 향후 3D 프린팅 기술을 적용한 맞춤형 인솔 착용이 뇌성마비인들의 보행에 줄 수 있는 긍정적 영향을 확인하였으며, 이를 통해 일상생활 및 운동과 관련된 신체활동의 범위를 확장시킬 수 있을 것으로 사료된다.

주요어 : 첨족, 3D 프린팅, 맞춤형 인솔, 사용자 참여 디자인, 주제분석

* 이 논문은 제 1저자의 한국체육대학교 석사학위 논문 중 일부를 요약하고 수정·보완한 것임.

** rhk0019@knsu.ac.kr

www.kci.go.kr

Ⅰ. 서론

보행은 인간의 가장 기본적인 움직임 중 하나다(Perry & Davids, 1992). 안정적이고 균형 잡힌 보행은 건강한 삶을 위한 필수 요소(문곤성, 2005)이며 인간의 운동발달 측면에서도 보행은 매우 중요한 요건이다. 운동발달 단계에서 전문동작 단계로 나아가기 위해서는 반사, 초보, 기본동작 단계를 거친다(Gallahue & Ozmun, 2002). 이 과정에서 순서성과 누적성의 원리(김선진, 2003)가 적용되기 때문에 초보움직임 기술에 해당하는 보행은 상위 운동기술 수행과 스포츠 참여에 밀접한 연관이 있다. 우리가 일상생활에서 흔히 접하는 신체활동들은 대근운동기술과 관련 있는데(김의수, 2009), Ulrich(1999)의 대근 운동능력 평가도구(TGMD; Test of Gross Motor Development) 분류에서도 보행의 중요성을 살펴볼 수 있다. TGMD의 이동운동 기술 세부항목들은 대부분 보행 기반 동작들로 구성되어있으며, 조작운동 기술에서도 보행의 연관성을 발견할 수 있다. 따라서 보행은 다양한 신체활동으로의 접근을 위한 핵심 기반이라 할 수 있다.

안정적 보행을 위해 발의 중요성도 크다. 인간은 연간 300만 보 이상 보행을 하는데 이때 발이 받는 충격은 하루 약 700여 톤 이상이다(김준성, 2000). 발은 체중 부하와 충격 흡수 등 주요한 기능을 하며 다른 신체 부위보다 많은 자율신경과 모세혈관이 집중되어 있어 “제 2의 심장”이라 불리기도 한다(송주호, 2008). 뇌성마비 장애인의 경우 발의 변형으로 인한 이상 보행 형태인 첨족 보행을 흔히 발견할 수 있다(주선영, 박희완, 박건보, 김현우, 2005). 첨족은 고관절, 무릎관절의 굴곡 구축 및 족관절 근처 부위의 비정상적 구축으로 발뒤꿈치가 지면에 닿는 것이 어렵고 이로 인해 발끝만으로 걷는 현상을 말한다(오태영, 2009). 마비측 발을 끌어 옮기는 형태의 첨족 보행은 비대칭으로 인한 균형 조절 저하로 보행속도 감소를 유발, 운동능력 전반에 영향(Chen, Patten, Kothari, & Zajac, 2005)을 주며 발허리뼈(metatarsal)의 통증도 유발한다(Goldstein & Harper, 2001). 이러한 문제는 뇌성마비 장애인들의 신체활동을 제한하는 요소로 작용한다.

인솔(Insole)은 족부에 대한 물리적 보완을 통해 보행에 긍정적인 영향을 줄 수 있는 대표적 사례다. 인솔 적용 효과 검증 사례는 지속적으로 보고되어왔다(강형진, 2008; 김정현, 정의철, 2015; 배강호, 2016; 유중현, 2010; 주지용, 2017). 인솔은 착화감 향상, 쿠션 제공, 신체 하중의 효율적 분산 등의 기능을 한다. 최근에는 의료보조기구의 역할도 하고 있다(송응열, 김경태, 김상훈, 이상윤, 2016). 적절한 맞춤형 인솔의 착용은 변형된 발의 뼈, 인대, 근육을 정상 형태로 변화시키며 충격 흡수와 자세 유지를 통해 피로도 감소에 도움을 줄 수 있다(박자연 등, 2009). 하지만 시중의 규격화된 인솔들은 뇌성마비 장애인과 같은 다양한 개인의 요구에 부합하기에는 역부족이었다. 기존 제품 제작 과정에서 중요 의사결정은 디자이너와 개발자에 일임되어있었기 때문이다. 사용자에게는 단순히 선택과 구매의 역할만 부여되었다(박지영, 2012). 그러나 현대의 개인들은 각 제품에 포함될 다양한 특징과 기능을 직접 선택해 구매할 수 있게 되었고(최지은, 2013) 이러한 맥락 속에 사용자를 디자인 과정에 적극 참여시키는 사용자 참여 디자인 개념이 발전하였다. 이에 따라 자연스레 개인맞춤형 신발과 인솔 등에 대한 관심도 증가하는 추세지만 정작 발 모양이나 굴곡 등과 같은 핵심적 요소의 커스터마이징은 이루어지지 않고 있으며, 전문 운동선수만을 위해 고가의 제작 방식을 고수하거나, 색상 등 일부분만을 다루어 진정한 개인맞춤과는 거리가 있다(김정현, 정의철, 2015). 맞춤형 인솔의 판매가도 20~30만원 정도인 상황에서 경제적이면서 개인맞춤까지 가능한 제품 제작 방안으로 3D 프린팅이 대두되고 있다(주지용, 2017). 일정 개수 이상 제품을 필수 제작해야 했던 기존 대량 생산 체제와 달리 3D 프린터는 다품종 소량 제작에 매

www.kci.go.kr

우 효율적이다(조은정, 이훈혜, 2014). 특히 3D 모델링 소프트웨어로 반복적 디자인 수정이 가능해 신발, 인솔 등의 제작 시 다양한 발 모양과 특징을 고려하고 개인 요구사항을 반영한 제품 제작에 효율적이다(김정현, 정의철, 2015).

사용자 경험이 배제된 채 개발자의 직관과 기술력만 강조된 제품은 더 이상 인정받지 못한다(박지영, 2012). 인지과학자이자 사용자 경험 디자인, 인간 중심 디자인 분야를 개척한 세계적 디자이너 Norman(1996)은 제품 '실제' 속성과 기능보다 사용자가 '인지하는' 제품 속성이 중요하다 강조하며 어포던스(affordance)를 소개했다. 체육학에서는 Gibson(1979)이 생태학적 관점에서 환경이 제공하는 '어포던스'라는 개념을 제시한 바 있다. 여기서 어포던스란 발달 변화를 촉진하는 다양한 요인이다(김선진, 2009). 따라서 디자인 분야와 생태학적 관점의 어포던스 개념을 종합해보았을 때, 사용자가 '인지하는' 제품 속성이 강조되고, 운동발달에 관한 변화를 촉진할 수 있다면 훌륭한 어포던스라 할 수 있다.

한편, 기존 인솔 연구들은 대부분 보행의 특정 변인에 치중되었으며 제작은 오로지 연구자에게 일임되어있었다(김정현, 2015). 더군다나 인솔 등 보조기구 제작 후 대상자들이 제품을 통해 받는 느낌이나 어떤 변화를 겪는지 등 그들의 상세한 경험을 다룬 질적 연구도 전무했다(송주미, 2020). 이러한 맥락에서 본 연구자는 장애인들이 인솔 등의 개인맞춤형 제품에 더 쉽게 접근해야 하며 단순히 수동적 소비자 역할을 넘어 제품 제작 과정에 그들의 의견을 더 많이 게재할 필요가 있다 판단하였다. 또 사용자 경험 디자인 측면에서 연구참여자들이 최종 완성된 인솔을 통해 일상생활에서 경험하는 바를 상세히 다루어보는 것이 중요하다 보았다. 이를 위해 개인맞춤형 인솔 제작 과정에서 3D 프린팅 기술 활용과 사용자 참여 디자인 프로세스의 적용은 주요할 것으로 판단된다. 또 사용자 특성에 맞는 맞춤 인솔 제작은 대상자 개인의 요구에 맞는 수정 및 변형을 제공한다는 점에서 특수체육의 가치와 궤를 같이 한다고 볼 수 있다. 이에 본 연구에서는 아래와 같이 연구문제를 설정하였다.

1) 사용자 참여 디자인을 적용한 3D 프린팅 개인 맞춤형 인솔 제작 및 사용까지 첨족 뇌성마비 장애인들은 어떤 절차를 거치는가?
2) 사용자 참여 디자인을 적용한 3D 프린팅 개인맞춤형 인솔 제작 및 사용까지 각 절차에서 첨족 뇌성마비 장애인들이 겪는 경험은 무엇인가?

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구참여자

표 1. 연구참여자 개요

구분	성별	연령	발 치수 (mm)	맞춤형 인솔 사용 경험	기타사항 (특성)
A	남	22	275	무	뇌병변장애(경증; 구 5급) 후천성(급성 뇌출혈) 오른발 첨족 불균형 보행으로 인한 왼발 피로 누적
B	여	10	190	무	뇌병변장애(중증; 구 3급) 선천성 양발 첨족, 무지외반증 신경근절단술(rhizotomy) 경력
C	남	13	240	무	뇌병변장애(중증; 구 2급) 선천성 양발 첨족 전동휠체어, 보행보조기 사용

본 연구에서는 연구자의 연구 목적과 관심에 기초해 많은 정보를 제공할 수 있는 연구대상을 의도적 선정하는 목적표집(purposeful sampling)방법(김영천, 2016)을 통해 연구참여자를 선정하였다. 연구참여자 모집은 뇌성마비, 장애인 운동발달 관련 온라인 카페를 통한 공고 및 M 스포츠센터 특수체육지도사의 도움을 받아 이루어졌다. 이에 따라 수

www.kci.go.kr

도권에 거주 중이며 첨족 변형을 지닌 남, 여 만 8세 이상 뇌성마비 장애인 중 보행과 면담 진행이 가능하고 연구 참여에 자발적으로 동의한 자 3명을 참여자로 최종 선정하였다. 연구참여자 개요는 위 <표 1>과 같다.

2. 자료 수집

자료 수집은 2020년 7월부터 11월까지 연구참여자 3인에 대한 참여관찰 및 심층면담을 통해 이루어졌다. 참여관찰은 일화적(anecdote) 방법에 따라 연구자가 관심 있는 특정 주제를 관찰할 수 있는 구체적 날짜, 시기를 설정해 참여자와 조율 후 진행하였다. 면담 또한 참여자가 원하는 장소와 시간에 진행하였으며 면담자가 알고 싶은 주제에 대해 개방적으로 면담(김영천, 2016)하는 비구조화된 면담을 실시하였다. 이렇듯 본 연구에서는 관찰, 면담, 영상 녹화 등을 통해 대상자들이 직접 인솔 제작과정에 참여하며 보이는 반응과 최종 완성 제품을 통해 일상생활에서 겪는 경험을 기록하였다. 참여자들과의 첫 대면에서는 설명서를 제공하며 연구 목적과 과정에 대해 상세히 안내했으며 녹음, 촬영 등 개인정보 관련사항에 대해 설명 후 참여동의서를 받고 관찰과 면담을 진행하였다. 개별면담은 참여자당 4~5회, 회당 30~60분의 시간이 소요되었다. 면담 녹음 파일은 면담 후 빠른 시일 내에 연구참여자의 언어 그대로 연구자가 직접 전사했으며 면담 중 관찰한 참여자의 표정이나 제스처, 반응 등을 메모해 이를 함께 기록하였다.

본 연구에서는 이러한 질적 자료 수집에 더해 각 연구참여자들의 경험이 실제로 보행과 어떠한 연관성을 갖는지에 대한 더욱 풍부한 논의를 제공하기 위해 3D 프린팅 개인맞춤형 인솔 착용 전후의 운동역학적 변인에 대한 자료 수집이 진행되었다. 이에 따라 근전도 측정기(Noraxon, USA)와 지면반력기(AMTI, USA)를 이용하여 근전도(EMG)와 지면반력의 분석을 실시하였다.

3. 3D 프린팅 개인맞춤형 인솔 제작 단계

1) 3D 스캐닝(3D Scanning)

대상자의 족부를 3차원 스캔하기 위해 3D 스캐너(EinScan-Pro 2X Plus, Hustem, Korea), 그리고 전용 3D 스캔 구동 소프트웨어(ExScanPro, Hustem, Korea)를 활용하였다. 대상자의 발 크기, 형태에 따라 소요시간과 데이터 정밀도 등에서 차이가 있어 이러한 차이를 최소화하고자 사전에 테스트 스캔 과정을 거친 후 본격적인 스캔 작업을 실시하였다.

2) 3D 모델링(3D Modeling)

스캐닝한 발 데이터의 오차를 세부적으로 수정하고, 개인별 발 굴곡에 맞는 인솔을 디자인하기 위해 3D 모델링 소프트웨어(Rhinoceros 5, Robert Mcneel & Associates, USA)를 사용하였다.

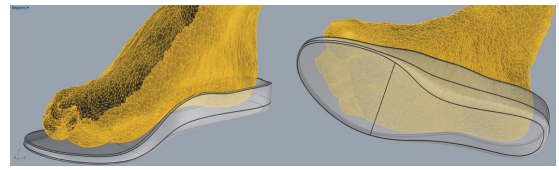


그림 1. Rhinoceros 5에서의 초기 인솔 3D 모델링

3) 슬라이서(Slicer)

완성된 모델링 파일은 stl 파일로 저장하는데, 3D 프린터가 이 데이터를 인식해 출력하기 위해서는 동작명령어인 G-코드로의 변환이 필요하다. 변환에는 슬라이서라는 소프트웨어가 사용되며 본 연구에서는 인솔 제작에 사용되는 3D 프린터 권장 슬라이서인 Simplify 3D(Simplify 3D, USA)를 사용하였다. 슬라이서에서는 출력 시뮬레이션과 안정적 출력을 위한 서포트(support) 설정 또는 내부 채움 수치(infill), 온도, 외벽(shell) 등 출력에 관한 세

www.kci.go.kr

부 사항들을 조정할 수 있다.

4) 3D 프린팅 및 재료

디자인된 인솔 데이터는 슬라이서를 거쳐 G-코드 변환 후 FDM(Fused Deposition Modeling)방식의 3D 프린터(M350, Moment, Korea)를 사용하여 출력하였다. 인솔 출력 재료로는 내마모성, 내구성, 탄성, 유연성이 우수한 TPU(Thermoplastic Poly Urethane) 필라멘트를 사용하였다. 이와 같은 3D 프린팅 인솔 제작 단계를 포함한 본 연구의 절차는 아래 <그림 2>와 같다.

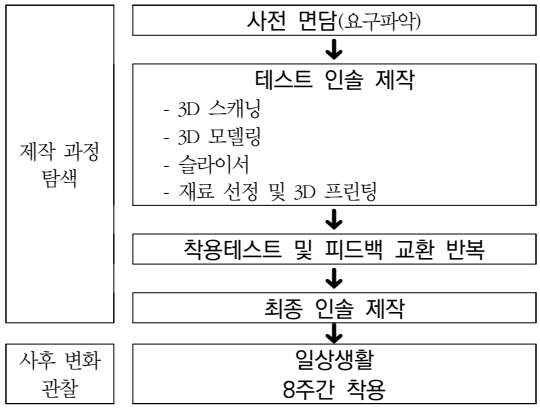


그림 2. 연구 절차

4. 자료 분석

본 연구에서는 수집 자료에서 개념을 발견하고 개념간 관계를 파악해 중심 주제를 도출해내는 방법인 귀납적 주제분석(Braun & Clarke, 2006)이 이루어졌으며 수차례 자료의 반복적 숙독을 실시하였다. 그 후 자료를 분류하고 코드를 붙이며 코드간 유사점, 차이점을 비교하는 개방적 코딩(open coding)을 진행하였다. 이러한 과정을 거쳐 3명의 참여자들로부터 총 61개의 의미 단위를 도출하였다. 또 도출된 의미 단위와 세부 개념을 바탕으로 주제의 분명한 이름을 만들기 위해 분석을 지속적으로 반복하였다. 이후 이 의미 단위들을 다시 탐색하는 절차를 통해 연구문제 1 '사용자 참여 디자인을 적용한 3D 프린팅 개인맞춤형 인솔 제작 및 사용까지 첨족 뇌성마비 장애인들은 어떤 절차를 거치는가?'에 관한 각 5개의 세부 개념과 핵심 주제어를 도출하였으며 연구문제 2 '사용자 참여 디자인을 적용한 3D 프린팅 개인맞춤형 인솔의 제작 및 사용절차에서 첨족 뇌성마비 장애인들이 겪는 경험은 어떠한가?'에 대한 14개 세부 개념, 4개 하위 주제, 2개 핵심 주제어를 도출하였다. 본 연구에서는 질적 자료 분석과 별개로 질적 연구 결과를 보완하고 더욱 충실한 논의 내용 제공을 위해 3D 프린팅 개인맞춤형 인솔 착용 전과 후의 근전도 및 지면반력 분석 또한 실시하였다.

5. 연구의 진실성

본 연구에서는 진실성 확보를 위해 면담 자료뿐 아니라 문서 자료, 영상, 사진 등 연구 주제에 관한 다양한 자료를 통해 결론에 수렴하는 삼각검증법(한유리, 2018)을 활용하였다. 또한 연구 과정에서는 특수체육 전공 교수 1인, 운동역학 전공 교수 1인으로 구성된 전문가 집단의 지속적인 검토를 받으며 절차를 진행하였고, 분석 자료는 참여자들의 이야기가 성실히 반영되었는지, 곡해된 내용은 없는지 등을 참여자가 직접 확인하는 과정을 거쳐 진실성을 확보하고자 하였다.

Ⅲ. 연구결과 및 논의

1. 사용자 참여 디자인을 적용한 3D 프린팅 개인맞춤형 인솔의 제작 절차

면담 내용에 대한 귀납적 주제분석을 진행한 결과, 연구문제 1 '사용자 참여 디자인을 적용한 3D 프린팅 개인맞춤형 인솔 제작 및 사용까지 첨족 뇌성마비 장애인들은 어떤 절차를 거치는가?'에 대한

www.kci.go.kr

5개의 세부 개념과 5개의 핵심 주제어를 아래 <표 2>와 같이 도출할 수 있었다.

표 2. 인솔 제작 및 사용 절차에 대한 주제 도출

세부 개념	핵심 주제어
사전 면담	1) 손뼉이 마주치다
테스트 인솔 제작 (3D 스캐닝, 3D 모델링, 슬라이서, 3D 프린팅, 후가공)	2) 첫발을 내디디며
착용테스트 및 피드백 교환 반복	3) 한 걸음씩 나아가다
최종 디자인 상의 및 제작	4) 언덕 위에 다다르다
최종 인솔 확인 및 사용	5) 고생 끝에 낙

1) 손뼉이 마주치다

연구참여자들은 사전 면담을 진행하며 평소 자주 착용하는 운동화를 두 켤레씩 지정하여 본 연구자에게 제공하였다. 또한 견본 인솔들을 직접 시착하며 다양한 디자인과 경도(hardness)를 비교 체험하였고 이를 바탕으로 개인맞춤형 인솔의 초기 테스트 제품에 대한 의견 및 개인별 신체 특성에 대한 정보를 제공하였다.

2) 첫발을 내디디며

테스트 인솔 제작 단계에서는 먼저 개인맞춤형 인솔 제작의 기초 자료인 개인별 족부 데이터 획득을 위해 3D 스캐닝을 진행했다. 세 명의 연구참여자 모두 한 번에 완벽한 데이터를 확보하는 것에 어려움이 있어 개인당 3개 이상의 3D 스캔 데이터를 확보하였다. 개인별 스캔 데이터에 기초해 3D 모델링 소프트웨어에서 발 굴곡에 맞는 인솔을 디자인하였으며 그 후 완성된 모델링 데이터를 슬라이서로 넘겨 출력 시뮬레이션 및 3D 프린터의 동작 명령어인 G-코드 추출을 진행하였다. 이렇게 제작한 최초 출력물에서는 출력 잔여물이 얇은 실처럼 형성되는 거미줄(string) 현상이 발생하였다. 따라서 출력 직후 표면 정리와 메쉬 원단 부착 등의 후가공을 통해 실제 제품으로 완성하였다.

3) 한 걸음씩 나아가다

개인맞춤형 인솔 제작과정에서는 무엇보다도 연구참여자 개인별 요구사항과 의견을 디자인에 적극 반영하는 것이 핵심이었다. 따라서 테스트 인솔 제작 후 일정한 착용기간을 거치며 연구자와 지속적으로 피드백을 교환하였으며 인솔 디자인 최종 확정 전까지 이 과정을 반복하였다.

연구참여자 C: 이게 한 번에 안돼요. 처음에 만드셨을 때 많이 부족했잖아요. 작게 만들어져서 아팠던‥ 그런 건 저만 알 수 있는거죠. 통증은. 그래서 두, 세 번째를 가야되는데 보조기는 첫 번째에 딱 석고 굳고 안되잖아요 다음부터는 신어볼 수도 없고‥ 근데 이거는 잘 되잖아요. 인솔은.

4) 언덕 위에 다다르다

위 과정을 거쳐 연구참여자들은 8주간 일상생활에서 사용할 인솔 디자인의 확정을 위한 마지막 상의를 진행하였으며 디자인 관련 종합적 피드백을 제공하였다. 연구자는 이를 바탕으로 최종 인솔을 디자인하였으며 테스트 인솔 제작과정과 동일한 과정으로 최종 인솔을 제작하였다.

5) 고생 끝에 낙

본격적인 착용 기간 전, 연구참여자들은 최종 제작 인솔들을 확인했고 이렇게 직접 디자인에 참여해 제작한 인솔을 8주간 일상생활에서 착용하였다.

연구참여자 C: 딱 원하는 대로 됐어요. 할 때마다 원하는 대로 바뀌고 개선되죠. 첫 번째 진짜 안됐고, 두 번째 좀 더 잘됐고, 마지막은 잘됐죠. 지금처럼, 제 말대로 바꾸면 더 잘되니까 (웃으며) 이걸로 논문 써도 될 것 같아요. 그리고 선생님이 지금처럼만 계속 하면‥ 좋을 것 같아요. 근데 좀 힘드실거예요. 원래 그냥 한 번

www.kci.go.kr

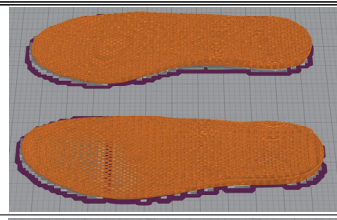
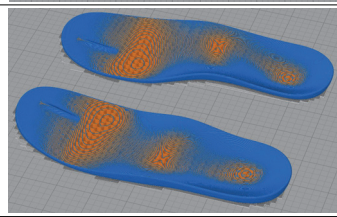
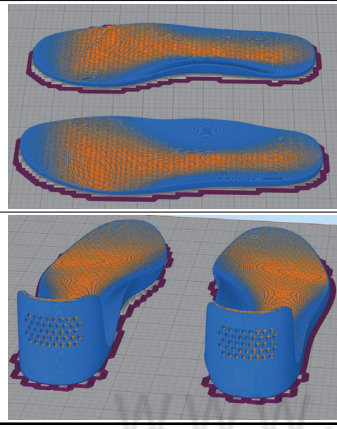
만하고 끝인게 많은데 몇 번씩 해야되니까‥ 그게 크죠‥: 지금처럼만 하시면 될 것 같아요. 할아버지 되어서도 잘 먹고 잘 살 수 있을 거예요.

연구참여자 A: 4개월 동안 자신의 발에 맞는 인솔을 만드느라 어느 정도 노력했다. 저도 노력했고 인솔 제작자도 노력을 했다‥: 예전에 (견본) 가져오실 때‥ 한 인솔은 너무 딱딱해 발목이 좀 불편하기도 했고 가벼운 인솔은 너무 가볍고 부드러워서 마음에 들진 않았어요. 근데 이건 너무 딱딱하지도 않고 또 너무 가볍지도 않고 제 발에 맞아서 좋다고 생각이 돼요. 발바닥을 딱 잡아주는 느낌.

연구참여자 B: 지금이랑 처음 바꿨을 때, 두 번째 다 달라요. 처음에는 조금 불편했거든요? 근데 이렇게 점점 (디자인을 수정해) 가니까 점점 편해지는 거죠. 바꿔오면서 편하다는 생각이 들었다고 했잖아요? 깔창을 이렇게 바꿔보니까 지금 신었을 때랑 전에 신었을 땐 완전히 뭐‥ (손을 가로저으며 다름을 표현)

이처럼 개인맞춤형 인솔 제작 및 사용 절차를 거치며 연구참여자들이 모두 다른 족부 특징과 신체 특성을 가지고 있으며 이에 따라 각기 다른 요구사항이 있음을 확인할 수 있었다. 각 연구참여자별 최종 제작 인솔의 3D 모델링 데이터와 주요 특징들은 위에 제시된 <표 3>과 같다.

표 3. 연구참여자별 개인맞춤형 인솔의 최종 디자인 및 주요 특징 요약

구분	디자인	주요 특징 요약(연구참여자별 요구사항 반영 디자인)
A		내부 채움(Infill): 25 외벽층(Top-Bottom-Outline): 0 - 0 - 0 - 다른 연구참여자들보다 비교적 경질(hard)의 특성 - 오른발 아치(Arch) 보강 - 오른발 힐컵(heel cup)의 높이 보강
B		내부 채움(Infill): 20 외벽층(Top-Bottom-Outline): 0 - 0 - 1 - 윤곽선 외벽(Shell) 수치 증가를 통한 아치 경도(Hardness) 유지 - 엄지발가락과 두 번째 발가락 사이의 돌출 구조(회전 방지) - 단차 조절을 통한 전족부 인솔 균형성 확보 - 뒤꿈치 굽 높이 최소화
C		내부 채움(Infill): 20 외벽층(Top-Bottom-Outline): 0 - 0 - 1 - 윤곽선(Outline) 외벽 수치 증가를 통한 아치 경도 유지 - 다른 연구참여자들과 달리 두 가지 인솔의 디자인이 다름 - 큰 사이즈 인솔의 뒤꿈치 지지대(heel support) 추가 및 통풍성 확보를 위한 원형 패턴 타공 디자인

www.kci.go.kr

2. 3D 프린팅 개인맞춤형 인솔을 통한 첨족 뇌성마비 장애인의 경험 해석

면담 내용의 귀납적 주제 분석 결과 연구문제 2에 대한 하위 주제 4개, 핵심 주제어 2개를 도출하였다. 상세 내용은 다음 <표 4>와 같다.

표 4. 인솔 제작 및 사용 절차에서 연구참여자들이 겪는 경험에 대한 주제 도출

하위 주제	핵심 주제어
(1) 기존의 보장구와는 다름	1) 유레카: 새로운 경험
(2) 처음 경험해보는 제작 방식	
(1) 내가 느끼는 신체적인 요소	2) 작은 소용돌이: 나에게 찾아온 것들
(2) 내가 느끼는 심리적인 요소	

1) 유레카: 새로운 경험

(1) 기존의 보장구와는 다름

연구참여자들은 모두 보조기 사용 경험을 공통적으로 갖고 있었으며 개인맞춤형 인솔 사용 경험은 없었다. 따라서 본 연구를 통해 제작한 인솔을 기존 보장구와 비교하는 경우가 많았다.

연구참여자 A: 발에 힘을 주고 발에만 자극을 줘서 좋아요. 보조기는 피가 잘 안 통하는 느낌?

연구참여자 B: 보조기는 딱 신었을 때 발을 찌르는 느낌? 보조기 밑에 뭐가 있는 것 같아요. 깔창(맞춤형 인솔)은 발도 안 아프고 편해요.

연구참여자 C: 보조기는 발이 뻗치면‥ 맞으면 진짜‥ 찍히는 정도가 아니에요. 신길 때마다 찍히면 죽어요 거의. 인솔은 그럴 걱정이 없으니 더 안심되죠. 또 보조기 신을 때 혼자 신어야 되니까 제가 나중에 독립하면 그게 훨씬 힘들죠.

Sanoff(2007)는 사용자 참여가 개인 관심을 옹호할 수 있는 수단이자, 거대 조직, 기관에 의해 무시 또는 지배될 수 있는 사용자들의 요구를 충족시켜주는 도구라고 표현한 바 있다. 실제로 연구참여자들은 다방면으로 자신에게 적합한 별다른 대안은 찾을 수 없었고 하였다. A는 재활병원 보조기를 일정 기간 착용하다 불편함을 느껴 사용하지 않았고 그 후 일반 운동화만 사용하고 있었다. B 역시 보조기를 착용해오다 대안으로 시중의 다양한 인솔들을 시도해보았으나 경제적 부담이 있었고 불편한데다 효과도 느끼지 못했다고 하였다. C 또한 다른 대안이 없어 별 수 없이 보조기만을 사용해왔다.

연구참여자 C: 보조기만 신었죠. 장애인용도 없고 딱 맞는 것도 없고. 부츠, 샌달, 운동화 다 (규격화된) 그런 것만 있으니까. 장애인용 신발? 이런 건 잘 안되고 신을 때도 불편했어요. 안 불편한 게 딱 몇 개밖에 없어서 그것만 신었죠.

연구참여자 A: 보조기 신다 일반 신발 신으면 굉장히 아파요. 일반 인솔은 보통 발에 맞춘 거잖아요? 장애가 있는 사람 발에 특별한걸 주지 않고 평범한 발에 맞기 때문에 저하고는 맞지 않다고 느꼈어요. 재활병원에서 느껴봤지만 재활도 단계가 있잖아요? 보조기는 첫 재활에는 좋지만 끝난 사람은 필요 없어요. 좀 좋아진 사람은 맞춤형 인솔로 발을 맞춰 잡아주고 발이나 발목 부족한 부분 근육을 만드는 게 좋다 생각해요. 저 같이 재활 거의 끝난 사람은 보조기보다 인솔이 더 필요해요. 이거 신고 계속 운동하다 완전 괜찮아지면 일반 인솔도 괜찮다 생각해요.

위 내용처럼 사람마다 각자 진행 중인 재활단계와 목표에 따라 개인맞춤형 인솔보다 보조기가 더 효과적일 수 있다는 의견도 있었다. 특히 A의 말처럼 개인맞춤형 인솔은 수술 직후나 재활을 시작하는 사람들에게 적용하기에는 무리가 있을 수 있다고 판단된다. 따라서 개인의 상황과 개별적 특성에

www.kci.go.kr

따라 보조기와 일반 인솔의 과도기적 단계에서 선택할 수 있는 대안으로서 개인맞춤형 인솔의 활용 가능성도 확인할 수 있었다.

(2) 처음 경험해보는 제작 방식

다양성의 사회로 발전한 현대사회에서 우리는 소수 의견에도 관심을 갖게 되었다. 이에 삶의 질 향상을 위한 요구도 더욱 다양화되고 소외 계층을 위한 디자인 역시 대두되고 있다(송은아, 2009). 그럼에도 불구하고 연구참여자들은 제품 제작 과정에 본인 의사가 반영된 경험은 없다 밝히며 본 연구의 인솔 제작 과정에 도입된 사용자 참여 디자인 방식에 대한 의견을 제시했다.

연구참여자 B: 선생님 원하는대로만 만들면 다르게 될 수도 있기 때문에‥ 원래 마음이 불편했었는데 이렇게 (의견을) 말하고, 말하고, 말하고(본인과 연구자를 번갈아 가리키며) 나니까 점점 풀리는 것 같아요.

연구참여자 A: 제 의견대로 특별한 깔창을 만든다는 게 신기했죠. 처음 해봐서 새로웠어요. 제 의사가 들어가야 제게 필요한 걸 만들 수 있기 때문에 어디 감각이 떨어지고 어디 신경을 살리면 좋은지, 부드러운게 좋은지 딱딱한게 좋은지 물어봐야 된다 생각해요. 그냥 만들면 편한지 불편한지 모르기 때문에 바람직하지 않고‥:

연구참여자 C: 다 제 의견은 안 묻고 하니까. 신는 거는 전데, 입는 것도 저고‥ 근데 제 의견을 안 듣고 하니까 불편하죠. 아무리 엄마라 해도‥: 선생님이 지금처럼만 계속하면 좋을 것 같아요. 이거 끝내고 1, 2년 지나면 마음가짐이 좀 바뀔 수 있잖아요? 힘드니까 만드는 과정이. 그래서 대충하게 될 수도 있고, 그런 생각이 들 수도 있고‥ 그냥 대충 한 번만으로 이렇게 보고 마는 그런 생각이 없었으면 해요. 선생님이 우리의 말을 듣고 있단 거를 표현하는 거니까.

연구참여자들은 연구자와 피드백을 계속 주고받으며 디자인을 수정하고 최종 제품을 제작해나가는 과정이 사용자와 인솔 제작자 모두에게 힘들고 노력이 필요한 과정이라 표현했다. 하지만 그러면서도 이런 과정이 꼭 필요하고 중요한 부분이라며 고마움을 표현하기도 했다. 최용혁과 송상민(2016)은 3D 피드백의 유연한 순환으로 작업 효율이 극대화되며 즉각적 시뮬레이션으로 다양한 디자인 결과를 예측 가능하다는 점, 수치나 형태의 세밀한 조정이 가능해 완성도가 향상된다는 점을 3D 프린팅의 장점으로 설명한 바 있다. 이처럼 3D 모델링 소프트웨어와 3D 프린팅을 통해서는 기존 방식과 달리 별도의 금형 제작이나 이에 따른 비용이 없어 디자인 변경이 빠르고 절차가 단순화된다. 본 연구에서 참여자들의 피드백을 반영한 다양한 인솔들을 단기간에 제작할 수 있었던 것도 마찬가지 이유다.

태어남과 동시에 인간은 모두가 디자이너이기 때문에 그들의 의견을 모으는 것은 사용자 참여 디자인 기본 원리이자 원론적 원칙이다(송은아, 2009). 한정적 선택의 폭으로 자신에게 맞지 않는 양산품만을 접할 수밖에 없었던 연구참여자들에게 사용자 참여 디자인과 3D 프린팅 제작 방식, 그리고 이를 통해 제작한 개인맞춤형 인솔은 여태 느껴보지 못한 새로운 경험이자 소통의 한 창구이기도 했다는 것을 확인할 수 있었다.

2) 작은 소용돌이: 나에게 찾아온 것들

연구참여자들은 인솔을 통해 자신의 일상 전반에 걸쳐 다양한 변화를 체감하였다. 이 주제는 사용자 참여 디자인을 통해 제작된 3D 프린팅 개인맞춤형 인솔을 착용하며 연구참여자들이 경험한 신체적, 심리적 변화에 대한 것이다.

www.kci.go.kr

(1) 내가 느끼는 신체적인 요소

연구참여자 B: 발가락 사이에 튀어나온 (돌출 구조 디자인) 이거랑 아치가 없을 때는 발목도 틀어지고 그랬는데 있을 땐 편하고 바로 잡아주니까. 이게 없으면 발이 돌아가는 걸 느껴서 불편했어요. 만약에 볼록 튀어나온 이게 없으면 이렇게 (무지외반증으로 돌아간 발가락 설명) 옆으로 스르륵 가서 걸을 때 많이 불편하거든요? 근데 있을 땐 안 돌아가잖아요? 그래서 편해요.

연구참여자 A: 처음 보여주신 건 너무 딱딱해서, 다른 건 너무 부드러워서 별로였지만 이번 인솔은 그런걸 해소한 중간 느낌을 줘서 맘에 들어요. 한의원에서 해주는 지압 있죠? 그걸 좋아하는데 지압 효과가 느껴져서 좋아요. 발을 잡아주면서 자극해줘서 신경이 살아나는 것 같아서‥ 제가 원한 대로 부족한 부분에 힘을 실어주니까 좋았어요. 제 생각대로 만든 인솔이어서.

연구참여자 C: 보조기는 꽉 조이니까 그냥 안 움직이잖아요. 인솔은 안 쪼이고 완전 편안하게 냅두니까‥ 제가 (발을) 제어할 수 있는 거죠.

연구참여자들은 각자가 제시한 의견에 따라 개인맞춤형으로 제작된 인솔에 대해 착용감뿐 아니라 운동수행능력 및 신체기능에 있어서도 변화를 체감하고 있었는데 자세한 내용은 아래와 같다.

연구참여자 C: 이걸(맞춤형 인솔을) 하고 나서 발에 굳은살이 배기고 있어요. 좋은거겠죠? 많이 걸었다는 증거니까. 이걸 신고 걸으면 힘이 안들고 덜 아픈 것 같아요. 보조기만 신으면 컨트롤이 잘 안됐어요. 근데 인솔을 신으니까 컨트롤하기가 더 쉽다? 그러니까 제가 제 발을 제어할 수 있어요. 제가 발에 탁(뻗치는 증상) 같은 게 있잖아요? 근데 요즘 그게 좀 없어진 것 같아요.

연구참여자 B: 조금씩 더 좋아지는 것 같아요. 처음에는 안 좋을 거라고 마음속으로 생각했거든요? 근데 걷다보니까 아 이렇게 좋아지는구나? 뒤꿈치 닿으면서 앞꿈치도 닿잖아요? 앞부분만 힘이 들어가고 뒤꿈치는 하나도 안 썼는데 이렇게 (인솔 위 안착된 발 모양 설명) 있으니까 앞꿈치도 쓰고 뒤꿈치도 쓰고. 이제 뒤꿈치 먼저 닿고 앞꿈치 닿고 이렇게 걸어요. 그 힘 똑같이 오르막길 걸을 때도. 전에는 한 발짝만 떼면 바로 넘어졌는데 지금은 넘어지지도 않고 가니까.

연구참여자 A: 오래 걸어도 피로하지 않고 운동도 더 잘되는 느낌이 들어요. 발에 힘이 가고 자극이 잘 와서 교정되는 것 같아요. 발이 교정되면서 다리에 힘을 주고, 온전한 자세로 계속 걸어다니면서 몸이 가벼워지고 굉장히 빨라졌어요. 또 발에 신경도 많이 살아났고 근육도 많이 생기고 전신 전체적으로 좋아져서. 제가 장애가 있는지 잘 모르는 분들도 많구요. 되게 좋아요.

연구참여자 C: 보조기보다 더 잘 걸어지는 느낌. 일반 인솔보다도 아치가 잡아주는 느낌도 들고 확실히 더 잘 걸어져요. 뭐 걸을 때마다 도움이 되죠. 음식점 가서도 나오는 시간은 같은데 맛이 좋은 거랑 안 좋은 거랑 틀리잖아요? 그거랑 같아요. 지금은 맛이 좋은 거고, 원래는 안 좋았던 거고. 운동효과가 안 좋고 제 의지가 안 늘면‥ 수술에 좀 더 가까워지는 거죠. 운동효과가 괜찮으니까 인솔을 하는 거고, 안 괜찮으면 안 하겠죠. 근데 운동효과도 있는데 편하니까.

위 내용을 통해 연구참여자들이 경험한 신체적 변화를 살펴볼 수 있었다. 이에 더해 본 연구자는 개인맞춤형 인솔의 실제 기능적 효과 확인을 통해 질적 연구 결과를 보완하고 더욱 풍부한 논의를 제공하고자 개인맞춤형 인솔 착용 전후의 근전도, 지

www.kci.go.kr

면반력과 같은 분석을 추가로 실시하였다. 이러한 분석에는 개인 특성에 따른 분석이 필수적으로 요구되었다. 앞선 내용에서 확인할 수 있었듯 세 참여자의 신체 기능과 족부 특성에 차이가 있고 그에 따른 인솔 디자인의 차이도 명확했기 때문이다. 실제로 A의 경우 오른발 첨족 변형이 있었고 왼발은 정상족이었다. 따라서 오른발, 왼발 인솔 디자인은 달랐으나 신발 종류에 따른 디자인 차이는 없었다. 이와 달리 B는 양발 모두 첨족이 있었고, 두 가지 신발의 크기가 달라 인솔 크기는 달랐지만 디자인은 같았다. C는 B와 동일하게 양발 모두 첨족 변형이 있었으나 개인 요구에 따라 두 가지 신발에 적용된 인솔 디자인과 크기가 모두 달랐다. 이러한 참여자별 운동역학적 변인의 분석 결과는 다음 <표 5>와 같다.

먼저 오른발 첨족, 왼발 정상족의 연구참여자 A는 왼발 전경골근(Tibialis Anterior)과 비복근(Gastrocnemius) 모두 사전 대비 사후 근전도값이 감소했다. 강형진(2008)은 전경골근 근활성도 감소는 과도한 수축력이 필요 없어졌기 때문이라 하였는데 이로 미루어보았을 때, 본 측정 결과는 인솔 제작 사전 만남에서 A가 언급한 왼발 피로 누적을 일정 부분 완화하였다 볼 수 있다.반면 오른발은 전경골근, 비복근 근전도가 모두 증가했다. A는 첨족인 오른발 족궁이 왼발 대비 더 무너진 상태였기 때문에 오른발 인솔에 아치 보강이 더 많이 이루어졌고 뒤꿈치를 감싸는 힐컵(heel cup) 높이도 약 6mm 높게 제작되었다. 따라서 오른발 근전도 증가는 오른발 인솔의 아치 보강, 높은 힐컵 등의 특성이 전경골근과 비복근 근활성을 증가시켜 높은 운동효율을 유도(김찬중, 2007)한 것으로 판단된다.

B는 양발 첨족이었으며, 두 신발의 인솔은 동일한 디자인에 크기만 달랐다. 인솔 착용 전후 근전도 분석 결과 전경골근은 증가, 비복근은 감소한 것을 확인할 수 있었다. B는 양발 첨족과 과도한 회내로 족궁이 무너져 있었고 무지외반증도 있었다. 따라서 최종 인솔에는 발가락 회전 방지용 돌출 구조, 단차 조절을 통한 균형 확보, 뒤꿈치 굽 높이 최소화 등을 적용했다. 연구참여자 중 가장 연질의 인솔이라는 점과 돌출 구조 및 인솔 균형 확보를 통한 발과 발가락 각도 정렬은 보행 상황에서 제동 시 더 많은 전경골근 개입을 유도하였을 것이라 판단되며 이는 유연성, 균형감, 안정성이 있는 신발에서 맨발 조건보다 전경골근 근활성도가 증가되었다는 선행연구(Scott, Murley & Wickham, 2012) 결과와 유사한 결과를 나타냈다. 정은희(2005)는 굽 높이가 높을수록 비복근이 높은

표 5. 연구참여자별 근전도 측정 및 지면반력 분석 결과

측정 \ 구분	A			B			C		
	사전	사후	증감	사전	사후	증감	사전	사후	증감
전경골근 근전도 (%RVC)	R: 478.4 L: 1677.69	R: 1007.8 L: 1054.8	R: 529.4 L: -622.89	378.3	3060.9	2682.6	S1: 1015.2 S2: 800.6	S1: 185.6 S2: 212.3	S1: -829.6 s2: -588.3
비복근 근전도 (%RVC)	R: 429.6 L: 1357.6	R: 522.3 L: 681.3	R: 92.7 L: -676.3	879.9	498.2	-381.7	S1: 1008.2 S2: 319.1	S1: 1065.4 S2: 496.5	S1: 57.2 S2: 177.4
최대 충격 부하율 (N/s)	S1_R: 1332.5 S1_L: 1030.3 S2_R: 1328.9 S2_L: 1162.5	S1_R: 1445.2 S1_L: 1112.3 S2_R: 1557.5 S2_L: 1171.3	S1_R: 112.7 S1_L: 82 S2_R: 228.6 S2_L: 8.8	S1_R: 464.4 S1_L: 499.6 S2_R: 543.9 S2_L: 436.0	S1_R: 445.2 S1_L: 381.9 S2_R: 541.8 S2_L: 373.8	S1_R: -19.2 S1_L: -117.7 S2_R: -2.1 S2_L: -62.2	보행보조기(Walker) 사용으로 인해 지면반력 측정 불가		
최대 수직 지면반력 (N)	S1_R: 948.7 S1_L: 869.5 S2_R: 938.2 S2_L: 946.3	S1_R: 1046.3 S1_L: 947.4 S2_R: 1093.4 S2_L: 1000.3	S1_R: 97.6 S1_L: 77.9 S2_R: 155.2 S2_L: 54	S1_R: 328.8 S1_L: 322.7 S2_R: 380.7 S2_L: 331.4	S1_R: 349.1 S1_L: 292.5 S2_R: 395.5 S2_L: 284.8	S1_R: 20.3 S1_L: -30.2 S2_R: 14.8 S2_L: -46.6			

(R: 오른발, L:왼발, S1: 첫 번째 신발, S2: 두 번째 신발)

www.kci.go.kr

근활성도를 보인다 하였으며 유중현(2010)의 연구에서도 인솔 높이가 높아질수록 근육 피로도가 증가한다고 한 바 있다. 따라서 B의 의견에 따라 뒤꿈치 굽 높이를 낮춘 것이 비복근 근전도 감소로 이어졌다 사료된다.

연구참여자 C 역시 양발 첨족이었다. 사전 지정한 두 신발 모두 발목까지 오는 운동화였고 두 번째 신발은 첫 번째 신발보다 5mm 크고 발목이 더 올라오는 형태였다. 두 신발의 인솔 디자인도 달랐다. 두 번째 신발은 인솔 크기가 더 크고 뒤꿈치 공간이 남는다는 의견에 따라 뒤꿈치 지지대(Heel support) 디자인을 추가했다. 앞서 제시된 표를 통해 확인할 수 있듯 두 신발 모두 인솔 착용 시 근전도가 착용 전 대비 전경골근은 감소, 비복근은 증가하였다. 이는 전경골근과 비복근이 보상작용으로 발목 관절 안정성에 기여(박종율, 이홍재, 문곤성, 2010)한 것으로 볼 수 있다. 보행 시 전경골근과 비복근은 배측굴곡, 저측굴곡에 기여하는데(문곤성, 2005) 추진과 관련 있는 비복근의 근전도, 그 중 뒤꿈치 지지대가 있는 두 번째 신발에서 더 큰 폭의 근전도 증가는 뒤꿈치 지지대가 발목을 고정, 회전을 방지해 저측굴곡 시 다른 근육보다 비복근에 근활성이 집중되었기 때문이라고 사료된다.

한편, 지면반력 측정은 C의 경우 워커를 사용해 보행했기 때문에 명확한 데이터 확보가 어렵다 판단해 A, B만을 대상으로 실시하였다. 또 본 연구에서는 전후 지면반력값에 대한 분석도 실시하였으나 분석 결과 전후 지면반력값에 대해서는 명확한 관련성 규명이 어려웠다. 이는 변인간 상관관계, 분절간 관련성에 있어 변동성이 심한 뇌성마비 장애인의 보행 특성(곽창수, 이기청, 2002)과 연관 있으며 특히 발목 관절에서 요구되는 굽힘과 핌 동작의 불안정성 및 불규칙성으로 인한 결과라 사료된다. 따라서 본 연구에서는 최대 충격 부하율, 최대 수직 지면반력에 대한 내용만을 다루고자 함을 밝힌다.

먼저 A는 인솔 착용 후 최대 충격 부하율에서의 증가를 보였는데 이는 연구참여자들 중 가장 경질인 A의 인솔이 족부의 과도한 회전을 통제하며 지면에서 충격을 주고받는 시간 또한 빨라졌기 때문(이세용, 진영완, 최지영, 2000)일 것으로 사료된다. 한편, 이기청 등(2012)은 최대 수직 지면반력 증가가 근력 강화로 인해 보행 동작 개선에 긍정적 영향을 미치는 것이라 하였는데, A의 최대 수직 지면반력값 증가는 면담에서 반복적으로 언급된 '운동 및 교정 효과'와도 관련있는 결과라 판단된다. 더불어, 보행 속도가 증가하면 지면반력값도 증가한다는 선행 연구 결과(Andriacchi, Ogle, & Galante, 1977)는 보행 속도가 실제로 빨라졌다고 언급했던 A의 말을 뒷받침하기도 한다. 이로 미루어볼 때, A의 의견으로 최종 인솔에 반영된 경도 및 기타 디자인 요소는 운동 기능, 족부 교정 등에 있어 긍정적 영향을 준 것으로 사료된다.

최대 충격 부하율은 최대 수직 지면반력의 크기를 해당 지점 도달 시간으로 나눈 값으로, 최대 기울기라고도 하며 접지하는 동안의 부하를 설명하고 충격 예견이 가능해 생리학적 중요도가 높은 변인이다(이종훈, 남기정, 2015). 이러한 최대 충격 부하율이 높다는 것은 단시간에 큰 충격력을 받았다는 것을 말하며 통증과 상해 가능성이 커질 수 있다(권보영, 2004). B의 최대 충격 부하율은 모든 조건에서 감소했는데, 이는 충격 흡수 및 상해 예방에 유리한 특성을 지니는 연질 인솔(이세용 등, 2000)착용과 인솔 단차 조절, 뒤꿈치 굽 높이 최소화 등으로 인한 영향일 것으로 사료된다. 또 B는 면담을 통해 지속적으로 인솔의 '편함'에 대해 언급했는데, 이 역시 위 결과와 일치하는 내용이라 판단된다. 한편 B의 최대 수직 지면반력은 두 가지 신발 모두 왼발에서 비교적 크게 감소하였다. 최대 수직 지면반력의 이러한 감소는 충격으로 인한 부상 확률 및 하지 부하 가능성을 낮출 수 있을 것(배강호, 2016)으로 판단된다.

(2) 내가 느끼는 심리적인 요소

일반적으로 체육학에서 운동발달에 대해 다룰

www.kci.go.kr

때는 심동적 영역 측면에서 운동기술 그리고 체력 변화를 중심으로 설명한다(노형규, 2020). 하지만 연구참여자들은 신체 기능적 변화에서 기인한 또 다른 변화들도 경험하고 있었다. 바로 심리적 요소에 미치는 영향이다. 서로 다른 상황과 환경에 놓여있던 각 연구참여자들이 개인맞춤형 인솔을 통해 어떤 심리적 변화를 경험하고 있었는지는 다음 내용을 통해 자세히 확인할 수 있다.

연구참여자 A: 2014년에 급성 뇌출혈이 있었어요. 빨리 나아서 다른 애들처럼 여러 활동을 하고 싶다는 생각을 했어요. 달리기나 몸 쓰는 활동할 때 저는 빠져있고‥ 아 18살 때‥ 교회수련회에서 남들은 다 수영하는데 저만 혼자 의자에 앉아 잤다던지‥ 그런 제약이 있었어요. 이제 몸이 많이 좋아져서 뛰는 연습을 하고 있어요. 몸이 온전하게 되어서 제 또래들과 교류하고 싶어요. 예를 들면 MT 같은‥ 이제 여러 활동하고 남들과 어울리면서 앞으로 즐겁게 인생을 살아갈 수 있겠다 생각이 들어요. 몸이 정상적으로 되면 사회생활을 장애가 있을 때보다 잘할 수 있기 때문에‥: 어디든 자유롭게 다녀서 재활 끝내고 목표를 속히 이룰 수 있다는 희망이요‥:

A는 학업에 대한 강한 열의가 있었으며 촉망받는 우등생의 삶을 살다 2014년 급성 뇌출혈로 수술을 받았다. 이러한 이유로 장애를 갖기 전후로 달라진 삶에 대해 평소 많은 생각을 갖고 있었고 면담 중 감정이 북받쳐 오르는 모습을 보이기도 했다. A는 자신의 장애가 앞으로 사회생활을 하게 되었을 때도 제약이 될 것이라 생각하고 있었다. 하지만 인솔 착용 기간을 거치며 전보다 많은 신체기능의 향상을 느꼈고 이제는 또래 친구들과도 다시 잘 어울릴 수 있을 거라는 기대감과 목표 성취에 대한 동기도 갖게 됐다고 언급하였다.

연구참여자 A: 걸어 다닐 때 왠지 몸이 좋아진다는 생각에 기분 좋고 운동도 되고, 힘들어도 편하게 걸을 수 있고 그런 새로운 느낌이 있었어요. 마음에 기대를 주고 소망을 가져다준다 생각해요. 좀만 더 잡히면 뛰어다닌다는 생각도 들고, 그 느낌 때문에 계속 운동하고싶고 이걸 신고 돌아다니고 싶은 느낌이 드는 거죠. 심적으로 아무리 힘들어도 좀 더 걸어야지, 운동 더 열심히 하자는 욕구도 많이 생기고. 이제 자유롭게 아무데나 가고 싶어요. 한강공원에서 맘껏 운동도 하고‥:

한편 연구참여자 B는 자주 넘어지는 탓에 평소 부모님 손을 잡고 이동하는 일이 많았다. 이렇게 자주 넘어지거나 부모님 도움을 받는 것은 부모님을 속상하게 하고 미안한 일이라 생각했다. 하지만 인솔 착용 기간을 거치며 계단 오르기, 오르막길 올라가기 등 이전에 하지 못했던 것들을 조금씩 성취해내는 경험을 했다. 덕분에 자신감을 얻었고 부모님 도움 없이도 스스로 할 수 있다는 독립심과 자존감의 향상을 경험했다.

연구참여자 B: 깔창 없으면 발이 돌아가서 자신 없게 넘어지고 엄마 아빠한테도 미안하겠구나‥ 신었을 땐 발이 안 돌아가서 좋고 엄마 아빠가 속상하지 않겠구나? 깔창 있을 땐 불안하지도 않고 안심해도 되겠구나. 옛날엔 손잡고 오르막 올라갔는데 지금은 혼자 올라가잖아요? 그러니까 엄마 아빠도 안 힘들고 이제 손 놓고도 나 혼자 걸을 수 있구나‥ 내가 이제 다리로 걷구나? 원래 무서워서 뒷걸음질 쳤는데 올라가보니까 아 편하구나, 안 무섭구나 생각이 들어서 막 올라갔죠. 내가 이렇게 올라간 게 정말 대단하구나 생각했어요. 또 할 수 있다는 생각? 그리고 또 올라가보면 기분 좋아지겠지. 이제 혼자 올라가니까‥ 원래 까치발이었잖아요? 근데 뒤꿈치

www.kci.go.kr

가 점점 닿으면서 아 까치발보다 닿는 게 더 낫구나 생각했어요. 예전엔 불편했는데, 지금은 달리고, 뛰고 싶고, 점프하고 싶고, 걷고 싶고. 조금씩 좋아지니까 운동을 많이 해서 걸으면 이제 물리치료나‥ 안해도 되겠다‥ 이런 생각.

인간의 주요 발달 영역인 심동적, 정의적, 인지적 영역이 서로 유기적 연관성을 갖고 변화된다는 유기성의 원리는 운동발달 핵심원리 중 하나다(노형규, 2020). 까치발 개선과 발가락 회전이 덜해졌다고 느낀 것 등 B가 경험한 신체적 변화는 더욱 효율적인 보행 동작 및 패턴에 대해 스스로 자각할 수 있게 도움을 주었고 이는 보행뿐 아니라 기타 운동 수행 과제에 대한 자신감과 의지, 상위 운동 기술에 대한 욕구로 드러나기도 했다. 이러한 과정은 유기성의 원리가 반영된 사례로 이해할 수 있는 부분이라 판단된다.

연구참여자 C: 조금 더 희망이 있다? 아직 죽지 않았구나. 보조기만 신다보니 걷는 게 죽을 때가 있거든요. 길들여져서 안 신으면 안 걸어지고 (나는) 그래도 기회가 있다. 아직 안 해도 되겠다 수술. 아직 보조기 말고도 내가 할 게 있구나. 버틸 수 있겠다. 제 주변에 수술한 사람 엄청 많다보니까‥ 얼마나 아픈지 알아요. 제 주변 형들이 거의 다 수술했어요. 한 명은 저번 주에, 어떤 형은 저번 연도에‥ 핀 뽑으러 갔는데 엄청 아프대요(웃음). 수술할 때는 그냥 기절하다시피 마취를 하니까 그땐 잘 모르는데 하고 두 세 달? 정도는 있어야 돼요. 수술방에 그때가 엄청 아프대요. 제가 입원을 많이 해서 수술한 사람들 많이 봤는데 진짜 아프더라구요. 그‥ 뇌병변은 이게 갈수록 안 좋아져서 수술 같은 걸 하고 보톡스 맞고 하는 거니까. 그 굳은살 있잖아요? 교수님들도 굳은살이 만들어지면 많이 걷는 좋은 증거라 해서. 굳은살이 조금씩 만들어지고 있으니 더 좋아진다 생각하고 있어요. 좋게 생각해요 감사하게. 제가 지금 수술 안 하는 것만으로도 (웃음).

이제 막 사춘기에 접어든 C에게는 주변 친구들의 시선이 조금씩 신경 쓰이기 시작했고 이를 면담 중에 반복적으로 언급했다. C에게 맞춤형 인솔은 기능, 착용감뿐 아니라 타인의 시선을 덜 받는다는 부분 역시 장점으로 인식되고 있었으며 이는 아래와 같이 개인에게 심리적 안정감을 주고 긍정적 정서 변화도 유도하고 있었다.

연구참여자 C: 애들한테 잘 안보여요. 그래서 장애인에 대한 시선? 그게 좀 없어지는 것 같아요. 보조기는 계속 빤히 보니까. 그냥 이렇게 흘깃 보고 지나가거나‥: 보조기는 5살 때부터 맞춰서 적응은 됐는데 갈아신을 때 놀리죠. 보조기 계속 신으면 아프잖아요? 그래서 점심시간에 갈아신는데 그때 놀림 받은 적 많죠. 너 왜 이거 신냐‥ 왜 실내화 안 신냐‥ 어차피 너한테 도움 안 된다‥ 실내화 신어라 우리도 신으니. 뭐 그런‥: 더 짓궂고 나쁜 애들 많아요. 그 정도는 뭐 아무렇지 않게 넘겨야 되는데‥ 근데 중학교는 나쁜 애들이 엄청 많잖아요. 지금 6학년 때는 코로나 때문에 많이 놀림 안 받긴 하지만‥ 그때까지 코로나가 있길 바래야죠 뭐. 사춘기 되면 보조기 신기 싫다할 거예요. 인솔 신으면 되잖아요. 밖에선 맨날 이것만 신어요. 깔창 만들고 나서 보조기 갖고 나갈 필요가 없어져서‥ 그냥 이것만 갖고 나갈 수 있게. 안 가져가면 허전해요. 뭔가 불안하고 좀 잘 안 될 것 같다‥ 운동할 때 더 도움되니까. 어떻게 말해야 할지 모르겠는데 그냥 느낌, 감? 아무튼 좋은 느낌이요.

A, B, C가 언급한 이러한 개인별 신체적, 심리적 변화에 대한 경험은 생태학적 관점에서의 발달 변

www.kci.go.kr

화를 촉진하는 어포던스(김선진, 2009)와 결부되는 내용이다. 또 Hartson(2003)이 디자인 분야에서 언급한 4가지 어포던스 유형인 사용자가 무언가를 아는 데(knowing) 도움을 주는 인지적(cognitive) 어포던스, 신체 행동(physical action)을 돕는 물리적(physical) 어포던스, 무언가를 느끼는 데(sense) 도움을 주는 감각적(sensory) 어포던스, 과제 성취(accomplish)를 돕는 기능적(functional) 어포던스와도 연관되는 부분이라 볼 수 있다. 실제로 연구참여자들은 인솔 착용 기간 중 공통적으로 운동 욕구와 동기부여를 얻고 있었으며 신체 활동 시 자신감과 안정감을 갖고 임한다는 것을 확인할 수 있었다.

노형규(2020)는 인간에게 발달(Development)이란 생명의 시작부터 일어나는 체계적, 누적적, 총체적 변화를 말하며, 성숙(Maturation)이나 성장(Growth)과 관련하여 나타나는 변화, 경험, 학습 요인을 모두 포함하는 개념이라 언급하였다. 실제로 본 연구의 참여자들에게 3D 프린팅 개인맞춤형 인솔은 신체, 심리적 요소에서 변화를 만들어내고 있었으며 해당 요소들은 서로 유기적으로 연결된다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 운동발달의 유기성의 원리와도 연결되는 부분이라 판단된다. 이를 종합해보았을 때, 3D 프린팅 개인맞춤형 인솔은 연구참여자들의 보행 경험에 있어 디자인 측면에서도, 운동발달의 측면에서도 어포던스로서의 역할을 충실히 수행해 낸 것으로 사료된다. 또한 3D 프린팅과 사용자 참여 디자인이라는 제작 방식의 도입은 이러한 변화가 발생할 수 있도록 하는데 주요한 역할을 하였다고 판단된다.

Ⅴ. 요약 및 제언

본 연구에서는 사용자 참여 디자인을 통해 3D 프린팅 개인맞춤형 인솔을 제작하고 그것이 일상생활에서 첨족 뇌성마비 장애인의 보행에 어떠한 영향을 주는지 사용자 경험을 해석하는 과정을 통해 상세히 살펴보고자 하였다. 본 연구의 핵심 주제어들에 대한 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 사용자 참여 디자인을 적용한 3D 프린팅 개인맞춤형 인솔 제작 및 사용까지의 절차는 총 5단계로 진행되었다. 1단계에서는 연구참여자 면담을 통해 인솔 제작을 위한 사전 정보를 교환하였다. 2단계로는 3D 스캐닝, 3D 모델링, 슬라이서, 3D 프린팅, 후가공 작업을 거쳐 테스트 인솔 제작이 진행되었다. 3단계는 테스트 인솔 착용 및 피드백 교환의 반복이다. 4단계로는 상의를 통한 최종 인솔 디자인 확정 및 제작이 이루어졌다. 5단계에서는 최종 인솔을 연구참여자가 직접 확인하고 이를 일정 기간 일상생활에서 사용하였다. 둘째, 연구참여자들이 경험한 내용의 특성 중 하나는 '새로움'이었다. 연구참여자들은 본 연구에서 제작한 인솔이 기존의 인솔, 보조기와는 다른 새로운 것이라는 인식을 갖고 있었다. 또 3D 프린팅과 사용자 참여 디자인을 통한 제작 방식 역시 새롭다고 느꼈다. 셋째, 연구참여자들이 경험한 또 하나의 핵심적 특성은 '변화'에 대한 것이었다. 연구참여자들은 3D 프린팅 개인맞춤형 인솔을 착용하며 신체적, 심리적으로 조금씩 바뀌어가는 자신의 모습을 자각하고 있었으며 운동역학적 변인의 분석 결과는 이러한 내용을 뒷받침하고 있었다. 더불어, 그들이 경험한 다양한 신체적, 심리적 변화 요소들은 연계성을 갖고 서로 영향을 미치며 유기적으로 개인 변화를 촉진하고 있다는 것 역시 확인할 수 있었다.

도출된 결과들을 토대로 본 연구자는 관련 후속 연구를 위해 다음과 같이 제언하고자 한다. 첫째, 인솔뿐 아니라 더 다양한 제품 영역에서 사용자 참여 디자인 적용을 적극 고려해볼 필요가 있다. 개인 기능 수준과 특성에 따른 다양한 요구들이 존재하는 특수체육 영역에서의 용기구 제작에 사용자 참여 디자인의 적용은 효과적인 방안이 될 수 있다. 둘째, 3D 프린팅 기술의 효율적 도입 방안에 대한 폭넓은 고민이 필요하다. 만약 각기 다른 대상자의

www.kci.go.kr

특수하고 개별적인 요구가 존재하는 특수체육 현장에서 이러한 3D 프린팅 기술이 효율적으로 활용될 수 있다면 더 많은 대상자들에게 체육 활동 참여 기회를 제공하는 데에 큰 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다. 셋째, 본 연구는 첨족 뇌성마비 장애인만을 대상으로 실시된 연구로 향후 더 다양한 장애 유형과 신체적 특성을 지닌 연구참여자들을 대상으로 심층적인 분석이 실시될 필요가 있다. 넷째, 본 연구에서는 심층 면담과 참여 관찰을 위해 방문하였던 일정 이외에 연구참여자의 일상생활 내외부적으로 영향을 미친 요인들에 대해서는 충분한 통제가 이루어지지 못했다. 따라서 후속 연구에서는 인솔 외에 대상자에게 영향을 줄 수 있는 요인들과 이러한 문제의 개선 방안에 대한 충분한 고려가 있어야 할 것으로 보인다. 마지막으로 본 연구는 연령, 성별, 신체 기능 등 개인적 특성이 다른 3명의 첨족 뇌성마비 장애인을 대상으로 진행된 질적 연구로서 사용자 참여 디자인을 적용한 3D 프린팅 개인맞춤형 인솔을 통한 연구참여자들의 보행 경험을 다른 대상자들에게 일반화시키기에는 다소 한계가 있다. 또한 질적 분석과 별개로 실시한 역학적 분석의 경우 참여자별로 각기 다르게 디자인된 인솔을 중재로 부여하여 실시한 측정 결과를 토대로 한 분석이기 때문에 이 역시 일반화시키기에는 무리가 있다. 따라서 후속 연구에서는 더욱 심층적인 질적 분석과 동시에 객관화할 수 있는 양적 분석을 면밀히 계획하여 체계적 혼합 연구로 진행할 수 있는 연구방법의 적용이 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

강형진(2008). **후족부의 회외를 동반한 고궁족(high arch foot)환자의 맞춤형 인솔 효과**. 미간행 석사학위논문. 연세대학교 대학원. 원주.

곽창수, 이기청(2002). 뇌성마비아의 재활훈련 프로그램 처방에 따른 보행동작의 운동역학적 평가변인 개발. **한국체육학회지, 41**(3), 519-534.

권보영(2004). **리듬체조 수직 점프 시 슈즈의 깔창 유무에 따른 수직 지면반력과 하지관절각의 차이**. 미간행 석사학위논문. 이화여자대학교 대학원. 서울.

김선진(2003). **운동발달의 이해**. 서울: 서울대학교 출판부.

김선진(2009). **운동학습과 제어**. 서울: 대한미디어.

김영천(2016). **질적연구방법론 I: Bricoleur, 3판**. 경기: 아카데미프레스.

김의수(2009). **장애아동 체육교실의 이론과 실제**. 서울: 레인보우북스.

김정현(2015). **3D 프린터를 활용한 맞춤형 라운드토 중창 디자인을 위한 발측정 도구와 모델링 프로세스 제안**. 미간행 석사학위논문. 연세대학교 대학원. 서울.

김정현, 정의철(2015). 3D 프린터 기반의 여성용 맞춤형 중창 디자인을 위한 모델링 프로세스 제안: 235-240mm의 20대 여성을 대상으로. **한국디자인포럼, 46**, 267-277.

김준성(2000). **발의 Arch 높이에 따른 불편도와 족압분포(Foot Pressure Distribution)의 비교연구**. 미간행 석사학위논문. 경희대학교 대학원. 서울.

김찬중(2007). **워킹슈즈와 일반운동화의 걷기 운동 시 EMG 분석 및 피로도 비교**. 미간행 석사학위논문. 한국체육대학교 사회체육대학원. 서울.

노형규(2020). **발달장애 아동 체육 프로그램의 이해와 실제**. 서울: 레인보우북스.

문곤성(2005). 보행 속도 변화에 따른 발목 관절의 운동학적 분석과 하퇴 근육의 근전도 분석. **한국운동역학회지, 15**(1), 177-195.

박자연, 김영구, 김명훈, 이상진, 김민우, 김영창(2009). 맞춤형 인솔 개발을 위한 3D Foot Scan 방법과 3D Foot Scan 방법과의 비교 분석. **한국정밀공학회 학술발표대회 논문집**, 969-970.

박종율, 이홍재, 문곤성(2010). 발보조기 형태에 따른 하지 근전도 양상의 분석. **대한스포츠의학회지, 28**(1), 50-56.

www.kci.go.kr

박지영(2012). **사용자 참여 디자인 프로세스 적용에 관한 연구: 스마트 tv 리모컨 인터페이스 디자인 사례를 중심으로**. 미간행 석사학위논문. 이화여자대학교 디자인대학원. 서울.

배강호(2016). **인솔유형에 따른 노인의 정적 평형성과 족저압력 분석**. 미간행 석사학위논문. 신라대학교 대학원. 부산.

송은아(2009). 사용자 참여디자인의 적용 방법에 관한 연구 - 일본의 지역공공시설을 중심으로. **한국문화공간건축학회논문집, 25**, 77-84.

송응열, 김경태, 김상훈, 이상윤(2016). 개인 맞춤형 자동 변형 인솔 모델. **한국정보전자통신기술학회 논문지, 9**(4), 323-329.

송주미(2020). **오소틱 착용과 발 건강의 자연치유 경험에 관한 현상학적 연구**. 미간행 석사학위논문. 명지대학교 산업대학원. 서울.

송주호(2008). 보행 시 발 교정구 착용에 따른 운동학적 비교 연구. **체육과학연구, 19**(3), 11-21.

오태영(2009). 경직형 양하지 뇌성마비 아동의 족저압 분포에 관한 연구. **지체중복건강장애연구, 52**(3), 135-152.

유중현(2010). **Heel-up Insole의 생체역학적 영향에 관한 연구**. 미간행 석사학위논문. 동의대학교 대학원. 부산.

이기청, 성인용, 김민수, 홍성진, 김도엽, 김은희(2012). 발레 기초동작 연습이 뇌성마비 장애아의 보행에 미치는 영향. **한국초등체육학회지, 17**(4), 81-88.

이세용, 진영완, 최지영(2000). 달리기 시 수직 지면반력에 영향을 미치는 Orthotic의 경도에 관한 연구. **한국체육학회지, 39**(3), 644-653.

이종훈, 남기정(2015). 기능성 구두와 맨발 보행 시 하지 관절 각도 및 부하율 비교 분석. **한국체육학회지, 54**(1), 567-576.

정은희(2005). **구두(하이힐) 굽 형태의 생체역학적 영향에 관한 연구**. 미간행 박사학위논문. 동의대학교 대학원. 부산.

조은정, 이훈혜(2014). **제조업 공정 혁신의 기폭제 3D 프린팅 산업(2014-344)**. 세종: 산업연구원.

주선영, 박희완, 박건보, 김현우(2005). 경직형 편측 뇌성마비 환아에서 첨족 보행에 대한 수술 후 보행 양상의 변화. **대한정형외과학회지, 40**(6), 709-716.

주지용(2017). **3D 프린팅 개인 맞춤형 인솔이 평발의 보행 변인에 미치는 영향**. 미간행 박사학위논문. 전남대학교 대학원. 광주.

최용혁, 송상민(2016). 3D 프린팅을 활용한 적외선 이마 체온계 디자인 연구. **산업디자인학연구, 10**(2), 25-35.

최지은(2013). **고객들은 항상 개인화 제품을 선호하는가?: 개인화 제품과 표준화 제품 선호의 영향요인**. 미간행 박사학위논문. 고려대학교 대학원. 서울.

한유리(2018). **초보연구자를 위한 질적 자료 분석 가이드**. 서울: 박영스토리.

Andriacchi, T. P., Ogle, J. A., & Galante, J. O. (1977). Walking speed as a basis for normal and abnormal gait measurements. *Journal of biomechanics, 10*(4), 261-268.

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology, 3*(2), 77-101.

Chen, G., Patten, C., Kothari, D. H., & Zajac, F. E. (2005). Gait differences between individuals with post-stroke hemiparesis and non-disabled controls at matched speeds. *Gait & posture, 22*(1), 51-56.

Gallahue, D. L., & Ozmun, J. C. (2002). *Understanding Motor Development*. New York: McGraw-Hill.

Gibson, J. J. (1979) *The Ecological Approach to Visual Percetion*, Boston, MA: Houghton Mifflin.

Goldstein, M., & Harper, D. C. (2001). Management of cerebral palsy: equinus gait. *Developmental medicine and child neurology, 43*(8), 563-569.

Hartson, R. (2003). Cognitive, physical, sensory, and functional affordances

www.kci.go.kr

in interaction design. *Behaviour & information technology, 22*(5), 315-338.

Norman, D. A. (1996). **디자인과 인간심리** (이창우 역). 서울: 학지사. (원서출판 1988).

Perry, J., & Davids, J. R. (1992). Gait analysis: normal and pathological function. *Journal of Pediatric Orthopaedics, 12*(6), 815.

Sanoff, H. (2007). Principles and Purposes of Participatory Design. **대한건축학회지, 51**(9), 29-35.

Scott, L. A., Murley, G. S., & Wickham, J. B. (2012). The influence of footwear on the electromyographic activity of selected lower limb muscles during walking. *Journal of Electromyography and Kinesiology, 22*(6), 1010-1016.

Ulrich, D. A. (1999). *Test of Gross Motor Development*(2nd ed.). Austin, TX: Pro·Ed.

논문제출일 : 2021년 5월 7일
논문수정일 : 2021년 6월 7일
게재승인일 : 2021년 6월 21일

www.kci.go.kr

A Study on the Gait Experience of People with Cerebral Palsy with Equinus Deformity by wearing 3D Printing Customized Insoles : Focused on User Participation Design Process*

Gun-hwan Bae*(Korea National Sport University / Doctoral student)*·
Hyoung-kuy Roh***(Korea National Sport University / Professor)*

Abstract

This study aims to produce 3D printing personalized insoles through the process of participation in the design of the individual users themselves and to explore what experiences and meanings are given to the walking of people with cerebral palsy with equinus deformity. To achieve this goal, the researcher selected three people who voluntarily agreed to participate in the research among men and women over 8 years old living in the metropolitan area. The research process was conducted from July 2020 to November 2020. Participant observations and in-depth interviews were conducted during the period of wearing the insole, and the researcher transcribed all the collected data and carried out an open coding and inductive thematic analysis. Furthermore, to complement the results of the qualitative study and provide more faithful discussion, additional biomechanical analysis such as EMG and GRF were conducted before and after wearing a personalized insole. In this study, the procedure was carried out under continuous review by an expert group, and to secure the truth of the study, the affirmation of the analysis data by research participants and the triangulation was used. Through this process, 5 core themes of research question 1 on the manufacturing process of 3D printing personalized insoles applying user participation design, 'Bursts of applause', ‘Taking the first step’, ‘Going one step at a time’, ‘Reach on the hill’, ‘Every cloud has a silver lining’ were derived. In addition, 2 core themes of research question 2 on the experiences of people with cerebral palsy with equinus deformity in the process of making and using 3D printing personalized insoles with user participation design, ‘Eureka: a new experience’ and 'Little whirlpools: things that come to me’ were derived. The study participants were aware of their changing physically and psychologically while wearing 3D printing personalized insoles, and the results of the biomechanical analysis supported what the research participants mentioned about these changes. Through this study, it is believed that wearing customized insoles applying 3D printing technology in the future can have a positive effect on the gait of cerebral palsy, and through this, it is expected that the range of physical activities related to daily life and exercise can be expanded.

Key word : Talipes equinus, 3D Printing, Customized insoles, User participation design, Thematic analysis

* This study was a summary and revision of the master thesis of the first author.

** rhk0019@knsu.ac.kr

www.kci.go.kr

www.kci.go.kr