



3차원 모델링과 프린팅에 기반한 사이클복 살 보호대의 프로토타입 제안

Suggestion of Crotch Protector Prototype for Cyclewear Based on 3D Modeling and Printing

박소영¹ · 이희란² · 이예진^{1*}

충남대학교 의류학과¹

금오공과대학교 소재디자인공학과²

Park, Soyoung¹ · Lee, Heeran² · Lee, Yejin^{1*}

Department of Clothing & Textiles, Chungnam National University¹

Department of materials design engineering, Kumoh National Institute of Technology²

Abstract

The purpose of this study is to propose an optimal prototype by evaluating a crotch protector based on three-dimensional modeling and printing for a male in his twenties who enjoys cycling. First, cyclewear with a crotch protector available in the market was purchased and worn by a male plaster model in cycling posture to obtain three-dimensional data. The three-dimensional data was processed through meshing to enable modeling, and a crotch protector outer line was designed upon it. The prototypes were made by 3D printing and then modified with three-step feedback from subjective wear tests, after which a final prototype was suggested. In the first step, the width of the front section—which was evaluated as the most uncomfortable by consumer feedback for the purchased product—was reduced to 5.5 cm. In the second step, the size of the rear section was modified to three sizes (B1, B2, B3) to evaluate size suitability. B1, with a length of 22.5 cm and a rear width of 15.0 cm, was the most-preferred size. In the third step, subjective evaluation was carried out according to three incisions (no hole, circular hole, transverse-rectangle hole) in order to improve the comfort. Wearability and comfort levels were evaluated at eight areas of the crotch protector immediately after wearing, immediately after cycling, and twenty minutes after cycling. Finally, the crotch protector dimensions were determined to be 5.5 cm in front, 15.0 cm in rear, and 22.5 cm in width, and it had a transverse-rectangle hole inside.

Keywords: 3D modeling, 3D printing, Cyclewear, Crotch protector, Prototype

I. 서론

최근 운동뿐만 아니라 출퇴근 시 대중교통 수단을 자전거로 대체하면서 자전거 이용률이 지속적으로 증가하고

있는 추세이다. 2012년 통계청 자료에 의하면 자전거로 출퇴근하는 인구가 5년간 52.5%까지 높아졌으며, 이로 인해 ‘자출족’이라는 신조어까지 생겨났다. 또한 건강에 대한 관심이 증대되면서 자전거 타기 즉, 사이클링

* Corresponding Author: Lee, Yejin

Tel: +82-042-821-6824

E-mail: yejin@cnu.ac.kr

IRB 승인 번호: 201809-SB-139-01

© 2019, Korean Association of Human Ecology. All rights reserved.

(Cycling)이 선수뿐만 아니라 일반인들에게까지 확대되는 데 큰 영향을 주었다. 따라서 우리나라 자전거 보유 수준은 연평균 12.6%씩 증가하고 있으며, 이와 함께 자전거 관련 시장 규모도 8,400억원을 넘어서고 있다(최미성, 2004; 유신정 외, 2015). 더불어 ‘졸졸이’라고 불리는 사이클복에 대한 인식도 전환되고 있으며, 사이클 시 전문 의복 착용이 매우 중요하다고 언급하고 있다. 일반적으로 이들은 상의와 하의 모두 사이클 동작에 적합한 기능이 부여된 밀착 형태를 선호하고 있는 것으로 나타났으며, 밀착으로 외관상 민망함에도 기능성 측면 때문에 전문 의복을 구매하고 있었다(김은경, 2010). 그러나 기존의 사이클복의 불만족 요인은 아직도 많은 것으로 나타났으며, 특히 하의의 경우 패드가 매우 불편하고, 바지 밑단이 딸려 올라가 불편해지는 것을 알 수 있었다(차유미, 이상은, 2012).

사이클복 관련 선행 연구는 크게 착용 실태 조사와 패턴 개발로 나뉘어져 진행되고 있었다. 먼저 착용 실태에 관한 연구들을 살펴보면, 우리나라의 사이클복의 생산 현황과 남성 사이클 동호인들 및 전문 선수단들의 계절별 사이클복의 착용 실태를 조사하거나(이유진, 서미아, 2008), 전문 선수 및 일반인을 타겟으로 매출 증가를 조사하여 착용 실태를 파악하고, 소비자의 만족도를 높이는 방안을 모색하였다(정연희, 이정란, 2013). 이외에도 사이클복의 불만족도 요인을 살펴보거나, 사이클 선수의 하반신 유형 분류에 따른 선수용 사이클복 하의 치수 설정을 제안하기도 하였다(박현정, 도윤희, 2015a; 박현정, 도윤희, 2015b). 또한 시판되고 있는 국내외 9개 브랜드 사이클복의 제품 치수 체계를 조사한 연구도 있다(박현정, 도윤희, 2016).

반면 사이클복 패턴 개발에 관한 선행 연구로는 사이클 선수들의 체형 특성을 파악하여 기초 패턴 제작 방법을 제시하고 개발된 패턴의 적합성을 검증하기 위해 착의 평가를 실시하였다(최미성, 2004 ‘재인용’). 정연희와 홍경희(2010)의 연구에 의하면 3차원 인체 데이터를 측정하여 2차원 패턴으로 전개한 후 소재 신장 특성에 따라 어떻게 축소해야 하는지를 분석하고, 사이클 팬츠에 부착되는 특수 패드의 특성을 고려하여 제작 시 유의해야 하는 방법을 알아보았다. 더 나아가 제작된 팬츠를 피험자에게 착의하여 주관적 착의 평가를 실시하고, 의복압을 측정하여 착용 쾌적감이 우수하고 적정 압력을 갖는 사이클 팬츠를 제안하였다(정연희, 홍경희, 2015). 또한 김연행과 김여숙(2003)은 기능적이면서 일상복으로도 무리가 없는

사이클복의 프로토타입을 제시하였다. 일자형 핸들의 사이클을 대상으로 인체 관절의 가동범위 및 체표면의 변화를 파악하고, 이를 의복 제작에 적용시켜 신체 각 부위의 여유량을 조절하여 기능적인 사이클복의 패턴 및 디자인을 개발하였다. 정연희와 이예진(2012)은 사이클 동작 전후 패턴 변화를 비교하기 위해 사이클 자세 변형 시 패턴이 변형되는 근거를 제시하기도 하였다. 그러나 대부분의 연구가 의복 측면에서의 개발이 주가 되고 있었으며, 여전히 불편함을 호소하고 있는 살 보호대는 거의 다루고 있지 않는 실정이었다.

한편 최근 3차원 프린팅이 이슈화 되면서 다양한 패턴 개발 시 이의 활용이 증가하고 있다. 예를 들면 3차원 스캐너와 프린터를 이용하여 손목에 통증이 있는 사람들을 위한 손목보호대를 제작하거나(구다슴, 이정란, 2017), 3차원 인체 형상 데이터를 활용해 야구의 주요 동작에 따른 인체 피부 표면의 길이 변형을 분석하고 이를 기반으로 다리보호대를 3차원으로 모델링하여 제작하였다(이효정 외, 2015). 또한 어린이 무릎보호대의 하드셸 디자인을 위해 3차원 인체 형상을 기반으로 모델링을 실시하고 어린이의 인체치수와 피부변형을 고려해 동작가동성을 거스르지 않으며 인체와 함께 움직일 수 있는 분절형 디자인을 제시하였다(이효정, 이예진, 2017).

따라서 본 연구에서는 사이클을 즐겨 타는 20대 남성을 대상으로 3차원 모델링과 프린팅에 기반하여 단계별 살 보호대를 제작하고 평가하여 피드백을 통해 최적의 프로토타입을 제안하고자 하였다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 피험자 특성

피험자는 제 7차 사이크로리아(2015)에서 제공하는 20대 남성 평균(키: 175.5±7.1 cm, 허리둘레: 83.6±9.8 cm, 엉덩이 둘레: 96.0±7.1 cm, 허벅지 둘레: 57.6±5.3 cm)에 드는 범위로 설정하였으며, 사이클을 즐겨 타는 사람을 대상으로 총 7명을 선정하였다. 피험자 사이즈 정보는 <표1>과 같았고, 실험을 위해 생명윤리위원회 심의 IRB(201809-SB-139-01)를 승인을 받았다.

2. 실험 방법

1) 사이클 동작 석고의 3차원 데이터 획득

〈표1〉 피험자 신체 치수 측정

피험자	나이	키	허리둘레	엉덩이둘레	허벅지둘레
1	29세	181.3 cm	81.5 cm	90.6 cm	58.5 cm
2	26세	182.5 cm	86.5 cm	102.0 cm	63.0 cm
3	22세	177.0 cm	83.0 cm	95.0 cm	56.0 cm
4	27세	175.0 cm	85.0 cm	97.0 cm	57.5 cm
5	25세	173.0 cm	87.0 cm	100.5 cm	61.0 cm
6	20세	179.5 cm	81.0 cm	94.0 cm	55.5 cm
7	25세	175.0 cm	85.0 cm	97.5 cm	58.0 cm
피험자 평균±표준편차	24.9±2.8세	177.6±3.3 cm	84.1±2.2 cm	96.7±3.6 cm	58.5±2.5 cm
사이즈 코리아 평균±표준편차	20~29세	175.5±7.1 cm	83.6±9.8 cm	96.0±7.1 cm	57.6±5.3 cm

3차원 스캔은 사이클 자세를 하고 있는 남성 석고에 기존 판매되고 있는 사이클복을 착용시켜 내장된 살 부분 패드 형태를 3차원 스캔하고, 이를 모델링에 활용하였다. 사이클복은 바이크존(Bike zone)의 M 사이즈를 구매하였다. 착용에 사용한 석고는 허리둘레, 엉덩이둘레, 허벅지 둘레가 각각 75.0 cm, 92.0 cm, 53.0 cm였다. 3차원 스캔 장비는 VIVID 910 스캐너(Konica Minolta sensing, Inc., Japan)를 사용하였으며, 측정된 스캔 데이터의 조합 및 형태 모델링은 Geomagic Design X(3D Systems, Inc., Korea) 프로그램에서 실시하였다. 3차원 스캔 위치는 총 3부분으로 정면, 살, 후면이었고, 스캔 전에 데이터 머지화를 위해 남성 석고와 사이클복에 랜드마크를 부착하였다. 스캔 데이터는 메쉬화 한 후 랜드마크를 이용한 머지 작업을 통해 전체 3차원 데이터를 획득하였다.

2) 3차원 살 보호대 모델링

살 보호대의 모델링은 3차원 스캔을 통해 얻어진 데이터 위에서 사이클 보호대의 라인을 따라 스케치를 하고, 두께를 부여하여 완성하였다. 구체적인 개발 과정은 다음 [그림1]에 나타내었다. 먼저 기존 판매되고 있는 사이클 보호대(Purchased products; PP)의 라인을 따라 모델링한 후 피험자 착용 실험 피드백을 반영하여 살 보호대 앞부분의 너비를 수정하여 다시 모델링하였다. 다음으로 수정된 모델링에서 살 보호대의 앞부분은 일치시키고, 엉덩이가 안장에 닿는 면적을 참고하여 뒷부분의 길이를 다르게 3가지 사이즈(B1, B2, B3)로 모델

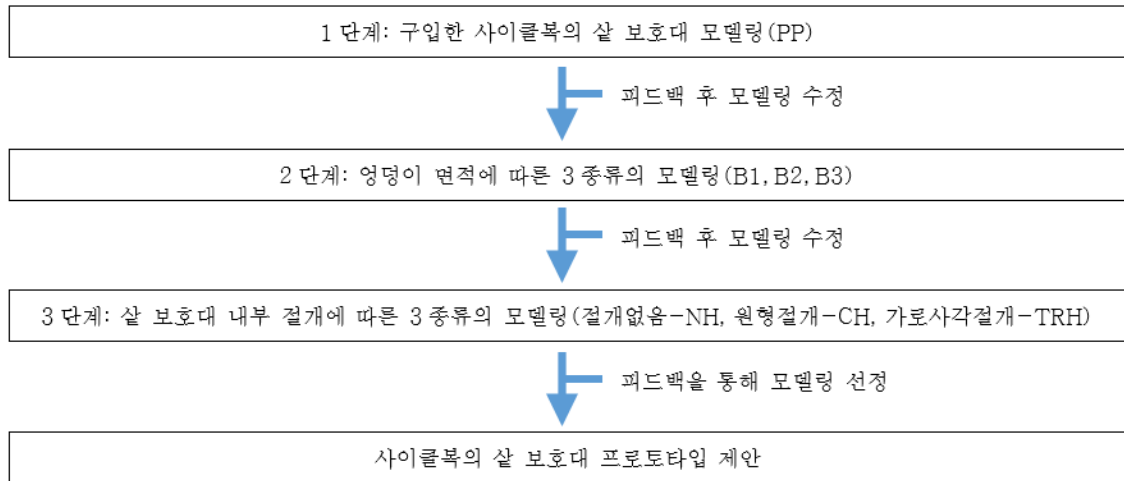
링하였다. 이를 제작하여 착용 실험 피드백을 반영하여 우수한 것을 선정하였다. 마지막으로 선정된 모델링에서 사이클링 시 땀으로부터 쾌적성을 향상시키기 위해 내부 형태 변인을 절개 없음(No hole; NH), 원형 절개(Circular hole; CH), 가로사각 절개(Transverse rectangle hole; TRH) 3가지로 모델링하였다. 이때 보호대의 두께는 모두 5 mm로 동일하게 하였다.

3) 3차원 프린팅을 이용한 살 보호대 출력

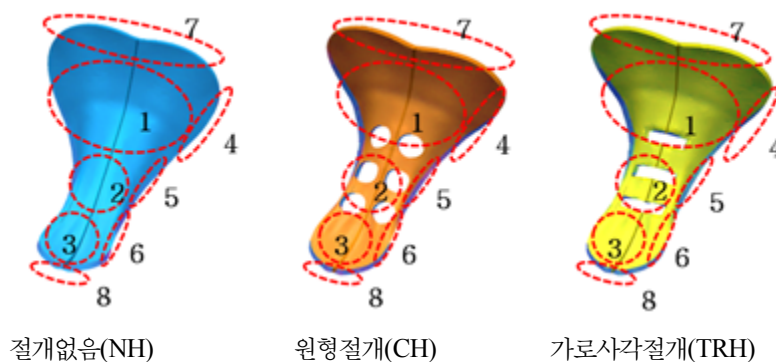
3D 프린팅 소재는 잘 휘어지고 충격흡수력이 뛰어난 TPU를 사용하였으며, 출력 시 필요한 지지대와 바닥 보조물은 프로그램에서 자동으로 생성시켰다. 출력 조건으로 내부 밀도는 10%로 선택하여 보호대에 유연성을 부여하였고, 출력 속도와 조형 냉각 속도는 보통으로 설정하였으며, 보호대의 외벽 두께는 0.8 mm로 지정하였다. 프린팅에 사용한 장비는 CUBICON Single Plus 3D 프린터(3DP-310F)로 지지대가 잘 생성되어 3D 프린트에 문제가 없는지 확인하고 출력을 시작하였으며, 출력 시간은 크기에 따라 약간의 차이가 있었으나, 약 13시간 정도 소요되었다.

3. 주관적 평가

출력된 살 보호대는 사이클복과 결합하여 착용 평가를 실시하였다. 기존 제품의 평가는 불편 부위에 대하여 자유 서술하도록 하였다. 그리고 사이즈가 다른 B1, B2, B3 살 보호대는 착용 시 '사이즈 밀착 정도가 편



[그림 1] 살 보호대 모델링의 단계별 개발 과정



[그림 2] 주관적 착용감 평가 영역

안한가'로 사이즈 적합성을 평가하였다. 또한 절개 없음, 원형 절개, 가로사각 절개의 살 보호대는 8 부위에서 착용감과 쾌적감을 평가하였다[그림 2]. 착용감 평가는 보호대 착용 시, 사이클 탄 직 후, 사이클 20분 탄 후로 나눠 평가하도록 하였고, 쾌적감은 사이클 20분 탄 후 맨 마지막에 평가하도록 하였다. 평가는 7점 리커트 척도를 사용하였고, 1점: 매우좋지않음, 4점: 보통, 7점: 매우좋음으로 하였다. 평가 시 사용한 사이클은 시티바 이크의 일자형 핸들바 기종이었다.

4. 데이터 분석

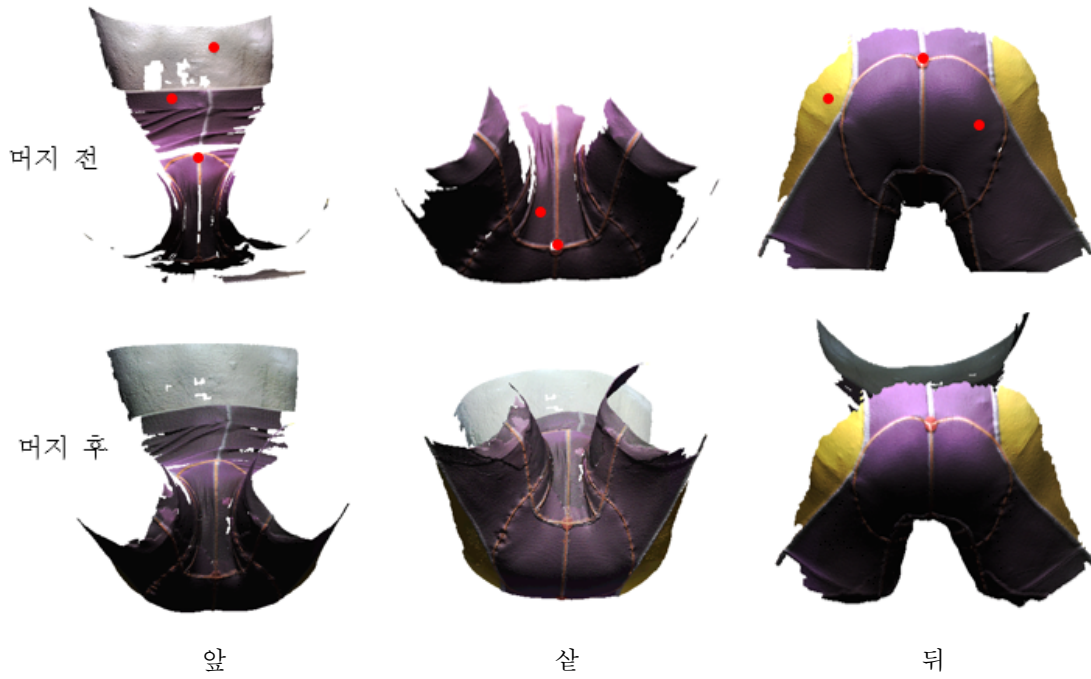
살 보호대의 주관적 착용감 및 쾌적감의 데이터를 분석하기 위해 IBM SPSS statics 24.0을 이용하여 평

균값(Mean)과 표준편차(S.D.)를 산출하였다. 보호대 간의 차이를 보기 위해 일원배치분산분석(ANOVA)과 사후 검증(Duncan)을 실시하였으며 유의수준은 $p < .05$ 로 유의차 수준을 검증하였다.

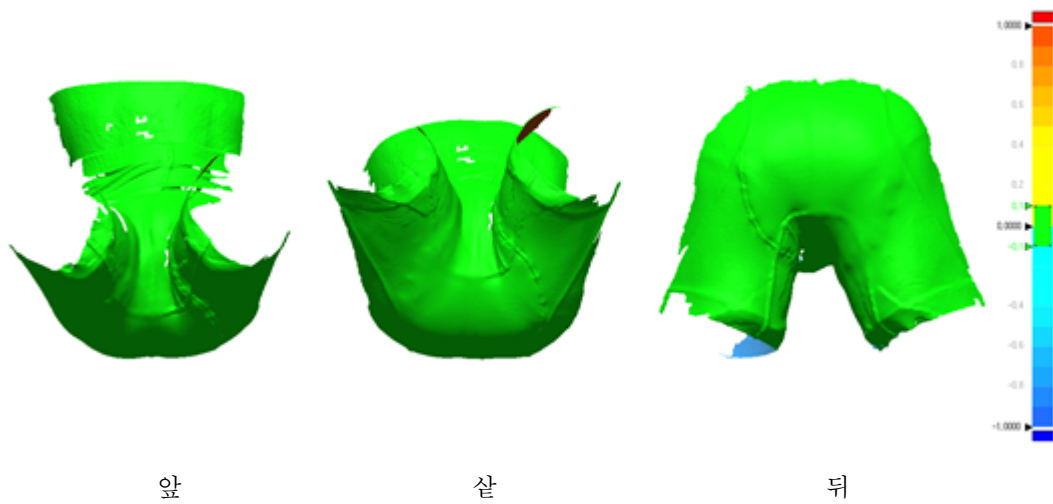
Ⅲ. 결과 및 논의

1. 사이클 동작 석고의 3차원 데이터

3차원 스캔 결과 사이클 자세의 남성 석고를 3방향에서 스캔된 3차원 데이터를 머지한 결과 [그림3]과 같았다. 그리고 그 결과를 메쉬 편차로 확인한 결과 데이터들 간 간격이 약 80% 이상 0.1 cm 보다 작게 나타



[그림 3] 기준점을 이용한 3차원 스캔 데이터의 머지



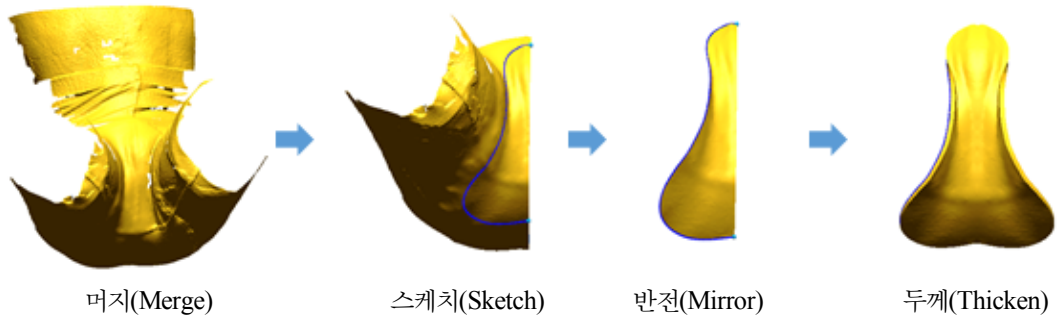
[그림4] 3차원 스캔 데이터의 메쉬 편차

나 스캔이 정확하게 되었음을 확인하였다[그림 4].

2. 3차원 살 보호대 모델링

살 보호대 모델링은 머지한 3차원 데이터를 정중앙

평면으로 좌-우로 분리한 후 실시하였다. 스케치 (Sketch)로 디자인 라인을 작업한 후 반전(Mirror)으로 양쪽을 대칭 시키고 5 mm 두께(Thicken surface)를 부여하여 구현하였다[그림5]. 각 개발 과정에 따른 모델링 결과는 <표2>에 나타내었다. 살 보호대의 모델링 결과



[Figure 5] 3차원 디자인과 모델링 과정

총 길이는 각각 PP: 30.5 cm, B1: 22.5 cm, B2: 26.5 cm, B3: 30.5 cm로 나타났으며, 기존 제품과 B3의 길이는 동일하게 모델링하였다. 앞부분의 면적 길이는 기존 제품의 경우는 11.0 cm였으며, B1~B3는 5.5 cm로 동일하였다. 뒷부분의 가로 길이는 각각 PP: 17.5 cm, B1: 15.0 cm, B2: 16.5 cm, B3: 17.5 cm였고, 전체 면적은 각각 PP: 418.5 cm², B1: 235.8 cm², B2: 313.1 cm², B3: 393.7 cm²로 모델링하였다. 또한 절개가 들어가는 모델링은 모두 B1 사이즈와 동일했으며 절개 없음, 원형 절개, 가로사각 절개로 내부 모양을 다르게 모델링하였다. 절개 종류별로 면적이 다르게 나타났으며 각각 NH: 235.8 cm², CH: 227.3 cm², TRH: 232.4 cm²였다. 이 때 원형 절개는 원의 지름이 2.0 cm였고, 원형 간의 간격은 1.0 cm로 총 6개로 모델링하였으며, 가로사각 절개는 가로 길이 3.5 cm × 세로 길이 1.0 cm의 사각형으로 간격은 2.0 cm였다.

3. 3차원 프린팅을 이용한 살 보호대 출력

모델링 된 3차원 데이터와 출력된 살 보호대의 사이즈를 비교한 결과 차이가 없어 직접 보호대로 활용 가능함을 알 수 있었다. 3차원 프린팅의 결과는 다음과 같았다<표 3>.

4. 주관적 평가

먼저 1단계의 기존 제품 착용 시 가장 불편한 부위에 대하여 주관적 평가 결과 사이클 동작하는 동안 허벅지에 보호대가 닿아서 아프고, 다리 사이가 불편하다고 응답하였다. 이는 앞부분의 너비가 적절하지 않아서 생긴 것으로 추정할 수 있었다. 또한 살 보호대의 엉덩이

부분도 크다는 언급하였다. 따라서 2단계 모델링은 피험자의 피드백을 반영하여 앞부분의 너비를 기존제품 11.0 cm에서 5.5 cm로 수정하여 통제하였고, 엉덩이 부분은 크기를 변인으로 3가지 보호대(B1, B2, B3) 사이즈로 모델링 하였다. 2단계의 3가지 사이즈에 대한 보호대 착용 시 사이즈 적절성의 결과는 <표4>와 같았다. B1이 ‘사이즈 밀착 정도가 편안함’에서 평균 6.4 점으로 가장 적절한 것으로 나타났으며, 통계적으로 유의미한 차이가 났다($p=.000^{***}$).


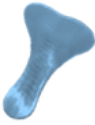
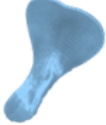
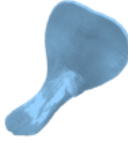
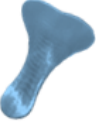
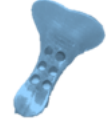
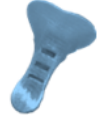
다음으로 3단계의 보호대 절개 종류에 따른 착용감의 결과는 <표5>에 나타내었다. 보호대 착용 시, 사이클을 탄 직후, 사이클을 20분 탄 후 착용감을 분석한 결과, 가로사각 절개의 보호대가 모든 상태에서 5점 이상으로 편한 것을 알 수 있었으며, 보호대 간의 차이가 통계적으로 유의하게 나타났다. 사후분석Duncan의 결과에서는 보호대 착용 시점에서는 원형 절개만 착용감이 낮은 그룹으로 분류되었다. 사이클을 탄 직후에도 원형 절개만 착용감이 낮았다. 그러나 사이클을 20분 탄 후에는 가로사각 절개만 착용감이 우수한 그룹으로 나뉘었다. 즉 원형 절개는 착용에서부터 동작 후까지 전 과정에서 바람직하지 않음을 확인하였고, 절개가 없는 것은 착용 시점에서는 선호하나, 20분 이상 사이클을 타게 되면 착용감이 저하되는 것을 알 수 있었다. 종합적으로 가로사각 절개가 가장 우수한 것으로 나타났다.

한편 3단계의 보호대 절개 종류에 따른 20분 사이클을 탄 후의 쾌적감은 <표6>와 같았다. 쾌적감 역시 가로사각 절개가 우수하였고, 통계적으로 유의함을 알 수 있었다($p=.000^{***}$). 다만 두 번째로는 원형 절개가 쾌적한 것으로 평가하였다. 앞서 착용감에서는 원형 절개가 가장 좋지 않았는데, 쾌적감 측면에서는 절개로 인해 땀 배출이 되어 보통으로 평가한 것으로 사료된다. 따

〈표 2〉 살 보호대의 모델링 크기와 절개 모양

	앞	뒤	옆
기존보호대 (PP)			
보호대1 (B1)			
보호대2 (B2)			
보호대3 (B3)			
절개없음 (NH)			
원형절개 (CH)			
가로사각절개 (TRH)			

〈표 3〉 TPU를 이용한 3차원 프린팅 결과

보호대 종류	기존보호대 (PP)	보호대1 (B1)	보호대2 (B2)	보호대3 (B3)	절개없음 (NH)	원형절개 (CH)	가로사각 절개 (TRH)
출력							

〈표 4〉 2단계 살 보호대(B1, B2, B3) 착용 시 사이즈 적절성

	보호대1(B1)	보호대2(B2)	보호대3(B3)	F	p
평균	6.4 ^a	4.9 ^b	2.3 ^c	34.446	.000 ^{***}
표준편차	0.5	1.1	1.1		

$a < b < c$, $***p < .001$

〈표 5〉 3단계 살 보호대(NH, CH, TRH) 착용 시 착용감

		절개없음(NH)	원형절개(CH)	가로사각절개(TRH)	F	p
보호대 착용시	평균	4.6 ^b	3.8 ^a	5.0 ^b	6.969	.001 ^{**}
	표준편차	1.6	1.7	1.6		
사이클을 탄 직 후	평균	4.4 ^{ab}	3.9 ^a	5.0 ^b	4.839	.009 ^{**}
	표준편차	1.7	1.8	1.7		
사이클을 20분 탄 후	평균	4.4 ^a	3.7 ^a	5.1 ^b	7.682	.001 ^{**}
	표준편차	1.7	1.9	1.8		

$a < b$, $**p < .01$, $***p < .001$

〈표6〉 3단계 살 보호대(NH, CH, TRH) 착용 시 쾌적감

	절개없음(NH)	원형절개(CH)	가로사각절개(TRH)	F	p
평균	2.6 ^a	4.1 ^b	5.7 ^c	34.446	.000 ^{***}
표준편차	0.5	0.7	0.5		

$a < b < c$, $***p < .001$

라서 장시간 착용으로부터 착용감과 쾌적감을 부여하기 위해 단순한 절개만으로는 부족하며, 내부 절개 형상이 중요함을 확인할 수 있었다.

마지막으로 보호대 부위별 착용감은 다음과 같았다

〈표 7〉. 살 보호대의 착용 시, 사이클을 탄 직 후, 사이클을 20분 탄 후의 부위별로 착용감을 물어본 결과 3개의 보호대 모두 6번 앞부분의 옆쪽이 여전히 불편한 것으로 나타났다($p = .000^{***}$). 그러므로 추후 보호대 개

〈표7〉 3단계 살 보호대(NH, CH, TRH) 착용 시 8부위에서의 착용감

	부위	평균	표준편차	F	p
살 보호대 착용시	1	5.7 ^c	0.5	27,556	.000 ^{***}
	2	5.3	1.3		
	3	4.0 ^b	0.7		
	4	5.0 ^c	1.5		
	5	4.1 ^b	1.8		
	6	1.7 ^a	0.6		
	7	5.7 ^c	0.6		
	8	4.3 ^b	1.5		
사이클을 탄 직후	1	6.0 ^c	0.9	31,498	.000 ^{***}
	2	5.5 ^c	1.1		
	3	4.0 ^b	1.1		
	4	4.7 ^b	1.4		
	5	4.2 ^b	1.9		
	6	1.4 ^a	0.7		
	7	5.6 ^c	0.6		
	8	4.3 ^b	1.2		
사이클을 20분 탄 후	1	6.0 ^d	0.7	28,284	.000 ^{***}
	2	5.6 ^d	1.3		
	3	3.7 ^b	1.2		
	4	4.5 ^c	1.4		
	5	4.1 ^{bc}	2.2		
	6	1.3 ^a	0.6		
	7	5.5 ^d	0.7		
	8	4.2 ^{bc}	1.3		

$a < b < c < d$, $***p < .001$

발 시 앞부분 형상을 개선해야함을 알 수 있었다. 6번을 제외한 나머지 부위에서는 착용감이 보통에서 좋음으로 나타났다.

IV. 결론

본 연구는 사이클을 즐겨 타는 20대 남성을 대상으로 3차원 모델링과 프린팅에 기반하여 살 보호대를 제작하고 평가를 반영하여 최적의 프로토타입을 제안하고

자 하였다. 이에 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 기존 판매 제품의 사이클복에 내장된 보호대를 기반으로 1단계 보호대를 모델링하였다. 모델링은 3차원 점 데이터를 메쉬화 한 후 그 위에서 디자인하였다. 그리고 디자인된 3차원 곡선을 추출하여 5 mm 두께를 주는 과정을 거쳐 완성하였다.
2. 1단계 기존 보호대를 제작하여 주관적 착용 평가를 실시한 결과, 살 부위의 너비가 넓어 착용 시 허벅지에 닿아 불편함을 알 수 있었다. 이를 반영하여 살

보호대의 앞부분을 적당한 크기인 5.5 cm로 변경하였고, 뒤 부분의 사이즈를 변인으로 2단계의 보호대를 3가지 종류로 다시 모델링을 하였다. 2단계의 사이즈에 따른(B1, B2, B3) 보호대 착용 시 크기의 적절성은 B1(6.4점), B2(4.9점), B3(2.3점)으로 B1 사이즈가 가장 사이즈가 적절하였고, 유의차가 있었다($p=.000^{***}$). 이를 기반으로 쾌적성을 향상시키기 위해 다시 3종류의 3단계 모델링을 실시하였다.

3. 3단계의 모델링은 절개 없음(NH), 원형 절개(CH), 가로사각 절개(TRH)였고, 보호대 착용 시, 사이클을 탄 직후, 사이클 20분 탄 후 착용감을 분석한 결과에서는 가로사각 절개의 보호대가 모든 상태에서 5점 이상으로 편한 것을 알 수 있었으며, 보호대 간의 차이가 통계적으로 유의하게 나타났다. 다만 원형 절개는 착용에서부터 동작 후까지 전 과정에서 바람직하지 않음을 확인하였고, 절개가 없는 것은 착용 시점에서는 선호하나, 20분 이상 사이클을 타게 되면 착용감이 저하되는 것을 알 수 있었다. 종합적으로 가로사각 절개가 가장 우수한 것으로 나타났다.
4. 한편 사이클 20분 탄 후 쾌적감을 평가한 결과에서도 가로사각 절개가 우수하였고, 통계적으로 유의함을 알 수 있었다($p=.000^{***}$).
5. 최종적으로 사이클용 살 보호대의 크기는 앞너비 5.5 cm, 뒤너비 10.5 cm, 길이 22.5 cm이면서 내부에 가로사각 절개가 있는 것을 프로토타입으로 제안할 수 있다. 그러나 보호대 부위별 착용감 결과에서는 3단계의 3 종류 보호대 모두 6번 앞부분의 옆쪽이 여전히 불편한 것으로 나타나($p=.000^{***}$) 이의 개선이 필요함을 확인하였다.

본 연구는 3차원 데이터에 기반하여 모델링을 실시하고, 최신 기술인 프린팅을 활용하여 인간공학적 측면의 살 보호대를 제안한 것에 의의가 있다 할 수 있다. 다만 모델링이 기본 사이클 자세에서 수행되었기에 추후 다양한 사이클 동작 시 발생할 수 있는 형태를 고려하여 피드백을 통해 보완하고자 한다. 뿐만 아니라 모델링의 두께를 5 mm로 한정하였기 때문에 부위에 따른 두께도 변인으로 연구를 하고자 하며 가로절개의 개수나 크기에 대해서도 심도 있게 연구를 수행하여 최적의 사이클 살 보호대를 개발하고자 한다.

주제어: 3차원 모델링, 3차원 프린팅, 사이클복, 살 보호대, 프로토타입

REFERENCES

- 구다솜, 이정란(2017). 3D 스캐너와 3D 프린터를 활용한 손목보호대 개발. *한국의류산업학회지*, 19(3), 312-319.
- 김은경(2010). 사이클 전문복 착용실태에 관한 연구. *복식학회*, 60(5), 88-105.
- 김연행, 김여숙(2003). 싸이클웨어의 패턴개발을 위한 체 표면 변화에 관한 연구. *복식문화연구*, 11(3), 375-386.
- 박현정, 도월희(2015a). 남자 고등학생과 남자 고등학교 사이클 선수의 신체 계측치 비교 연구. *한국의류산업학회지*, 17(2), 258-264.
- 박현정, 도월희(2015b). 선수용 사이클 웨어의 착용 실태 조사-국내 남자 고등학교 사이클 선수를 중심으로. *한국의류산업학회지*, 17(4), 597-603.
- 박현정, 도월희(2016). 국내외의 사이클 웨어 브랜드의 치수 체계 조사. *한국의류산업학회지*, 18(5), 647-657.
- 사이즈코리아 한국인인체치수조사(2015). 한국인표준체형-남성의 연령대별표준체형치수-7차인체치수조사, <https://sizekorea.kr/measurement-data/body>에서 인출
- 유신정, 이명주, 이희립(2015). 자전거 출퇴근자의 의복 선택에 영향을 미치는 요소 및 요구사항 조사연구. *한국디자인문화학회지*, 21(4), 415-424.
- 이유진, 서미아(2008). 사이클 웨어의 생산 현황 및 착용 실태 조사 연구-사이클 웨어 20~ 35 세 남성 착용자를 대상으로. *복식문화연구*, 16(1), 58-69.
- 이효정, 엄란이, 이예진(2015). 피부길이변화를 고려한 3차원 다리보호대 모델링. *한국생활과학회지*, 24(4), 555-569.
- 이효정, 이예진(2017). 3차원 프린팅을 이용한 어린이용 무릎보호대의 분절형 하드셀 설계. *패션비즈니스*, 21(4), 116-126.
- 정연희, 이예진(2012). 3D 스캔을 이용한 사이클 동작 전후 체표 변화 고찰 및 2D 전개 패턴의 비교. *한국생활과학회지*, 21(5), 975-988.

- 정연희, 홍경희(2010). 동작시 3D 정보를 이용한 2D 패턴 전개 및 신축성 원단의 신장률을 고려한 사이클 팬츠 개발. *한국생활과학회지*, 19(3), 555-563.
- 정연희, 홍경희(2015). 3D 스캔 데이터를 이용하여 개발된 사이클 팬츠 패턴의 축소율에 따른 의복압 및 주관적 착의 평가. *한국생활과학회지*, 24(2), 255-266.
- 정희경, 이정란(2013). 자전거 의류 착용실태 조사. *한국 의류산업학회지*, 15(2), 268-276.
- 차유미, 이상은(2012). 자전거 출퇴근 시 착용의류 불만족 요인 및 선호 아이템 연구. *한복문화*, 15(2), 31-43.
- 최미성(2004). 사이클 선수들을 위한 투피스형 사이클복의 패턴개발에 관한 연구. *한국의류학회지*, 28(5), 637-647.

Received 27 February 2019;

1st Revised 26 March 2019;

Accepted 28 March 2019