

3차원 스캔 기술과 니트 소재의 신축성을 적용한 밀착형 스포츠웨어 상의 설계

김태규¹⁾ · 박순지²⁾ · 박정환³⁾ · 서추연⁴⁾ · 최신애¹⁾

¹⁾대구예술대학교 패션디자인전공

²⁾영남대학교 의류패션학과

³⁾영남대학교 기계공학부

⁴⁾동아대학교 패션디자인학과

Technical Design of Tight Upper Sportswear based on 3D Scanning Technology and Stretch Property of Knitted Fabric

Tae-Gyou Kim¹⁾, Soonjee Park²⁾, Jung-Whan Park³⁾, Chuyeon Suh⁴⁾, and Sin-Ae Choi¹⁾

¹⁾Department of Fashion Design, Daegu Arts University; Gyeongbuk, Korea

²⁾Department of Clothing and Fashion, Yeungnam University; Gyeongsan, Korea

³⁾School of Machinery Engineering, Yeungnam University; Gyeongsan, Korea

⁴⁾Department of Fashion Design, Dong-A university; Busan, Korea

Abstract : This research studied how to develop tight upper sportswear from 3D scan data considering fabric stretch property. Subjects were five Korean men of average figure in their 20's. Scanning was done for ten postures via vitus smart/pro(Techmath LTD). Analyzing from 3D scan data, more than 70% of the upper body surface showed surface change rate under 20%. It was shoulder and under arm side part that showed most noticeable body surface change when moving. A parametric model with convex surface was generated and flattened onto the plane, resulting 2D pattern. The error rate occurring in the process of 3D to 2D conversion was 0.2% for outline and 0.13% for area, respectively. Thirteen kinds of stretchable fabrics in the market were collected for this study. Stretch property was in the range of 16.0~58.2% for wale direction; 23.1~78.4% for course. Based on wear trial test, four fabrics were chosen for making the 1st experimental garment and finally one fabric was chosen for the 2nd one, which was developed applying 4 kinds of crosswise reduction rate on 2D pattern: 0, 5, 10, and 15%. Through wear trial test and garment pressure measurement, experimental garment applied with 10% pattern reduction rate was evaluated as most comfortable and considerable.

Key words: 3D body scanning(3차원 인체 스캔), sportswear(스포츠웨어), tight upper bodice pattern(밀착형 상반신 패턴), body surface change(체표면 변화), stretch property(신축성), knitted fabric(니트 소재)

1. 서 론

최근 국내의 스포츠웨어 시장은 레저 및 생활 체육 인구의 증가와 함께 국제 스포츠 제전 개최 등을 계기로 새로운 도약의 발판을 마련하고 있으며, 스포츠웨어 시장은 지속적으로 확대되고 있는 추세이다. 경기력과 착용감 향상을 위해 새로운 아이템 개발, 운동기능성, 쾌적성 평가에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있으며, 최근 각광받고 있는 밀착형 스포츠웨어는 근육을 감싸 받쳐줌으로써 보호하고, 적절한 압력을 가해 통증과 피로를 줄이며, 긴장감을 증가시켜 운동의 효과를 향상시키는 효과가 있어 새로운 스포츠기어 아이템으로 부각되고 있다. 대표적인 예로, 역도, 스케이트, 체조, 자전거, 수영 등 경기용

선수복을 들 수 있으며, 땀을 많이 흘리는 축구선수의 유니폼 안에 입는 이너웨어로 활용되면서 일반인들에게도 높은 관심을 받고 있는 아이템 중 하나이다.

스포츠웨어를 비롯한 각종 특수 기능성 의류 설계를 목적으로 한 의류업계에서는 특수 장비와 시설을 이용하는 빈도가 높아지고 있으며, 소비자의 요구와 기능을 실현시키는 과학적 의류설계생산시스템의 가동을 위해서는 각 소비자의 인체 정보를 디지털화하고, 이 데이터로부터 합리적으로 의복을 설계할 수 있는 기술 개발이 선행되어야 한다(Park & Choi, 2008). 이러한 맥락에서, 3차원 인체 스캔 기술은 대상의 형태 데이터를 비접촉 방식에 의해 디지털화하려는 요구에서 탄생하여 최근 많은 분야에 활용되고 있으며, 의복설계 분야에 도입 시 인체 형상 디지털 데이터베이스 구축 및 인간공학적 의복설계 및 평가가 가능하며, 3차원 데이터의 이용 범위를 넓힐 수 있다(Wang et al., 2005). 특히, 인체에의 맞춤새가 중요한 밀착형 스포츠웨

Corresponding author; Soonjee Park
Tel. +82-53-810-2795, Fax. +82-53-810-4687
E-mail: spark@yu.ac.kr

Table 1. Body measurements by Martin's anthropometry

No	Item	S1	S2	S3	S4	S5	5th Size Korea Technical Report (2005)	
							Mean	25-75 percentile range
1	Chest Circumference(cm)	96.0	96.4	93.0	98.8	95.8	95.1	90.3-98.8
2	Bust Circumference(cm)	94.0	85.0	89.0	90.5	90.3	90.7	86.2-94.1
3	Waist Circumference(cm)	75.0	70.5	77.5	80.0	76.0	77.7	73.0-81.0
4	Waist Back Length(cm)	40.0	41.2	40.0	47.0	40.2	41.9	39.9-43.8
5	Waist Front Length(cm)	32.0	33.0	29.8	32.3	33.8	34.8	32.8-36.4
6	Height(cm)	174.0	176.0	176.0	174.0	172.0	173.8	170.0-177.5
7	Weight(kg)	66.4	63.2	68.6	75.4	63.6	69.5	62.8-74.4

어의 경우, 3차원 인체 스캔 기술을 적용한다면 더욱 정확하고 효과적으로 의복 설계 과정을 수행할 수 있을 것이다.

3차원 스캔 데이터를 활용한 의복 원형 설계방법에 있어 인체 표면의 적절한 절개 기준선을 설정하는 연구(Choi et al., 2008; Park & Kim, 2010)가 수행되었으며, 체표평면전개도를 작성함에 있어 체표면을 간단한 도형 형태로 재구성하여 평면에 배치하는 방식이 주로 시도되었으나(Jeong et al., 2005; McCartney et al., 1999; Wang et al., 2002), 이 때, 인체 표면의 굴곡에 따라 평면화할 때 오차가 발생하므로 3차원 인체 데이터 표면의 오목한 부분을 평면화하는 방법론이 제안되었다(Park & Miyoshi, 2003). 이 후, 3차원 인체 스캔 데이터로부터 다양한 의복 아이템을 설계하는 연구들이 진행되었으며(Choi & Park, 2010; Kim & Park, 2011; Park & Kim, 2011; Sohn, 2008;), 소프트웨어 설계에 있어 3차원 인체 스캔 데이터가 적용된 사례는 모터사이클 재킷(Do, 2008)과 사이클 팬츠(Jeong & Hong, 2010) 등으로 다양한 아이템으로의 적용은 아직 미흡한 실정이다.

이에, 본 연구에서는 밀착형 소프트웨어 설계를 위한 방법론 개발 및 관련 자료를 제시하고자, 시판되고 있는 신축성 스포츠웨어 소재에 대해 조사하고, 20대 남성의 3차원 인체 형상 데이터로부터 동작에 따른 신체 각 부위의 체표면변화량을 파악하고 2차원 패턴을 설계하였다. 이를 바탕으로, 운동 시 신체 표면 변화에 적용할 수 있는 직물의 신축성과 체표면 변화를 적용한 밀착형 소프트웨어를 제작하여 운동기능성 향상을 위한 인간 공학적 소프트웨어를 설계 기술을 개발하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1. 소재수집 및 선정

국내에서 생산되고 있는 스트레치 소재 중 신축성이 높은 소재에 대한 조사 결과, 국내 업체 중 금오텍, 벤틀스, 효성 등 3개 업체에서 고신축 스트레치 소재를 주로 생산하고 있었으며, 이들 업체 및 시장에서 13종을 수집하여 12가지 항목(밀도, 인장강도, 보온율, 열전도율, 신장율, 신장회복율, 섬유조성, 조직, 두께, 폭, 무게, 탄성율)에 대하여 분석을 실시하고, 적합하다고 판단된 소재를 선정하여 실험복 제작에 사용하였다.

2.2. 인체 측정 방법

제 5차 한국인 인체치수조사자료(Korean Agency for Technology and Standards, 2005)의 계측치 8개의 평균±1(표준편차)에 해당되는 20대 전반 남성 5인을 피험자로 선정하였으며, 제 5차 한국인 인체치수조사자료와 비교한 결과, 피험자 인체 측정치가 평균의 25~75% 범위에 대부분 포함되는 것으로 나타났다(Table 1).

선정된 피험자에 대한 3차원 인체측정은 독일 Techmath사의 vitus smart 3D body scanner를 사용하여 수행되었으며, 계측 기준점과 기준선은 선행연구(Korean Agency for Technology and Standards, 2005; Park, 1993)에 준하여 선정하였으며, 이 때, 옆선은 겨드랑이를 기준으로 수직선을 내리 그었다. 의복패턴 설계 및 동작에 따른 체표면 변화 측정을 위한 기준점을 상반신 오른쪽에 마커를 붙인 후 스캔을 수행하였다.

2.3. 체표면적 측정 방법

체표면적 계측 시에는 인체의 앞면, 옆면, 뒷면으로 나누어 분석하고자 겨드랑이(뒤)벽접힘점을 기준으로 수직선을 내리 구분하였다. 인체표면의 변화를 분석을 위해 3차원 인체 스캔을 위한 동적 자세를 설정하였으며, 선정된 자세는 동작 ①(m0; 바른 자세), 동작 ②(m1; 팔 앞으로 90도 올린 자세), 동작 ③(m2; 양 팔을 90도 옆으로 올린 자세), 동작 ④(m3; 양팔을 180도 올린 자세), 동작 ⑤(m4; 오른팔 90도 위로 들고 허리를 왼쪽으로 비튼 자세), 동작 ⑥(m5; 오른팔을 90도 위로 들고 허리를 오른쪽으로 비튼 자세), 동작 ⑦(m6; 오른팔 180도 올리고 오른쪽 옆구리를 늘린 자세), 동작 ⑧(m7; 왼쪽팔 180도 올리고 왼쪽 옆구리를 늘린 자세), 동작 ⑨(m8; 양팔 45도 옆으로 올리고 허리와 목을 뒤로 최대 젖힌 자세), 동작 ⑩(m9; 양팔 45도 옆으로 올리고 앞으로 45도 숙인 자세)의 10가지이다. 이는 팔꿈치·허리·무릎·발목 관절을 가볍게 구부리고 머리와 몸통을 약간 앞으로 기울인 자세로 모든 운동의 기본이 되는 자세라 할 수 있다.

각 동작별 체표면적 양상을 분석하기 위하여, 10가지 동작에 대한 3차원 스캔 데이터에서 Rapid form 2006을 활용하여 앞, 옆, 뒷면의 구역 당 체표면적을 측정하였다. 계측기준선은 선행연구(Park, 1993)를 참고로 하여 다음과 같이 설정하였다. 앞

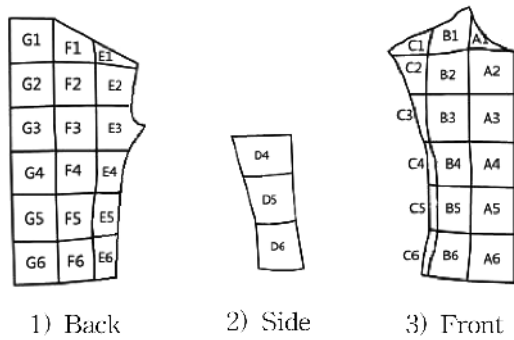


Fig. 1. Reference line of body surface segmentation.

중심선은 목앞점에서, 뒤 중심선은 목뒤점에서 각각 수직으로 일단 허리둘레선까지 내리긋고, 체표면의 구역을 가로로 분할하기 위하여, 허리까지의 앞 중심선, 즉, 목앞점에서 허리둘레선까지의 길이를 4등분 하여 가로선을 설정하고, 그 1/4등분량 만큼 허리 아래쪽으로 내려가 수평선을 설정하였다. 이 1/4등분량을 세로 분할시에도 동일하게 적용하여 앞, 뒤 중심선을 기준으로 세로 분할선을 설정하였으며, 진동둘레과 만나기 전까지 세로 분할선을 설정하였다. 결과적으로 앞, 뒷면의 각 구역이 기본적으로 가로, 세로 동일한 길이로 분할되도록 하였다. 옆부분은 겨드랑이, 뒤접힘점을 기준으로 수직선을 내리그어, 이 선들 사이 구간을 옆부분으로 규정하였다(Fig. 1).

측정한 데이터는 SPSS PC+(ver.12.0)을 이용하여 바른 자세에 대해 각 동작 시 구역별로 체표면적 변화율을 구하였으며, 분산분석 및 사후검정을 통해 동작별 체표면적 변화의 유의성을 검정하였다.

2.4. 3차원 데이터로부터 상반신 원형 작성 방법

데이터에서 체표면 변화분석 및 패턴 작성에 필요한 영역만을 남기고 삭제한 후 선행연구의 방법(Park et al., 2007)에 준하여 파라메트릭 모델을 생성하였다. 이 때, 의복패턴 생성을 위한 곡면 모델 생성을 위해 자체 개발된 프로그램을 사용하여 가슴과 등 부분의 오목한 영역을 블록화시켜 곡면을 재구성하고, 특징점을 연결한 닥트 곡선을 곡면에 투영한 후 6개의 작은 패치로 분리하고, 각 패치를 평면화하여 패턴을 생성하였다. 앞, 뒤를 구분하는 옆선은 겨드랑이에서 내린 수선으로 설정하였으며, 평면화 과정에 필요한 작업은 상용 CAD 시스템인 CATIA v5와 Unigraphics NX2를 이용하였으며 특히 상용 CAD 시스템을 활용함에 있어 필요한 기능은 Open API를 이용하여 추가로 작성하여 구현하였다. 이상의 방법으로 작성된 체표평면 전개도를 패턴입력 및 그레이딩 프로그램인 Modairs(Lectra Ltd.)를 이용하여 외곽선을 완만하게 정리함으로써 각 피험자별 패턴을 완성하였다. 그리고, 작성된 체표평면전개도의 각 패치에 있어서, 외곽곡선의 길이와 면적에 대해 평면화 시키기 전인 3차원 상의 데이터와 평면화시킨 후인 2차원상의 데이터를 비교하여 변환에 따라 발생하는 오차에 대한 타당성을 선행연구 방법(Park et al., 2007)에 준하여 평가하였다.

2.5. 최종 패턴 설계 및 착의평가 방법

체표평면전개도로부터 설계된 실험패턴과 소재물성 평가 결과에 준하여 선별된 4종의 신축성 소재와 통체 직물인 광목을 사용하여 제작된 1차 실험복에 대해 착의평가를 실시하였다. 평가항목은 밀착정도에 대한 것으로, 평가척도는 7점 평가척도법을 사용하여, 매우 그렇지 않다(1)에서 매우 그렇다(7)로 응답하였으며, 평가 결과에 준하여 가장 착장평가 결과가 좋은 소

Table 2. Properties of stretch materials for sportswear

no	Composition (%)	Construction	Thick-ness (mm)	Weight (g/yd ²)	Density		Strength (N)		Elongation (%)		Recovery rate to Extension (%)		Warmth retaining (%)	Heat conductivity (W/m·K)
					wale	course	wale	course	wale	course	wale	course		
1	NY93 SP7	single jersey	0.72	240	103.5	127.2	259	231	20.2	23.1	83.7	59.7	17.2	0.036
2	PE90 SP10	single jersey	0.50	200	103.5	141.3	202	166	28.9	44.7	80.6	80.3	20.0	0.020
3	PE91 SP9	single jersey	0.50	205	107.9	166.5	244	188	25.7	46.7	82.1	75.4	19.1	0.019
4	NY31 SP9	single jersey	0.48	150	105.5	174.4	274	218	27.2	42.2	80.9	69.7	12.8	0.028
5	PL94 SP6	single atlas fabric	0.60	182	99.6	125.2	237	281	16.0	26.8	81.3	85.8	23.2	0.022
6	PE90 PU10	interlock stitch	1.20	500	109.1	157.9	280	330	35.3	36.7	91.2	69.2	25.4	0.032
7	PL93 SP7	single jersey	0.46	280	115.0	158.7	423	289	20.9	55.7	80.9	63.2	13.6	0.030
8	PL92 SP8	single jersey	0.45	244	113.4	181.9	281	291	31.0	55.2	84.8	83.7	15.4	0.023
9	NY82.2 PU17.8	single jersey	0.67	240	121.3	131.1	434	345	43.2	28.5	81.5	88.4	10.6	0.048
10	PE91.1 PU8.9	single jersey	0.43	200	107.1	205.1	281	288	33.5	32.7	89.6	78.0	14.2	0.025
11	PE90 PU10	single jersey	0.60	240	102.8	118.9	338	227	18.6	60.3	84.9	70.6	16.4	0.031
12	PL95 SP5	single jersey	0.59	280	129.5	180.7	370	310	37.6	65.2	93.9	89.1	17.4	0.028
13	PE91.6 PU8.4	single jersey	0.42	250	191.7	123.2	323	325	58.2	78.4	96.5	97.5	16.4	0.030

재 1종을 선택하여 2차 실험복을 제작하였다. 이 때, 적절한 직물의 신축성을 파악하기 위해 패턴의 폭방향으로 5%, 10%, 15% 축소율을 적용하여 4가지 2차 실험복을 제작하여 7점 척도에 준하여 착의평가를 실시하였으며, 축소에 따른 압박정도를 측정하고자 의복압을 측정하였다. 의복압은 1점 센서 압력 측정기기를 이용하여 젖꼭지점, 가슴아래, 허리앞점, 등뼈 4부위를 계속하였으며, 실험실 실내 온도는 20±1°C, 습도는 60±5% RH를 유지하도록 하였다. 또한, 착의자가 착용시 평가한 쾌적성을 평가하고자 의복을 바로 입은 상태에서 착의 쾌적감과 운동 후 착의 쾌적감을 일본공조학회에서 제안한 4단계의 쾌적지수를 이용하여 평가하도록 하였다.

3. 연구결과 및 고찰

3.1. 신축성 소재 물성 분석 결과

국내에서 생산되고 있는 스트레치 소재 중 신축성이 높은 소재에 대한 조사 결과, 국내 업체 중 금오텍, 벤틀렉스, 효성 등 3개 업체에서 고신축 스트레치 소재를 주로 생산하고 있었으며, 이들 업체 및 시장에서 5종을 수집하여 각각에 대한 물성 테스트를 실시한 결과는 Table 2와 같다.

전체적으로 수집된 신축성 소재는 나일론과 폴리에스테르에 폴리우레탄(스판텍스)이 7%이상 함유되어 있었으며, 일반적인 스트레치 소재의 폴리우레탄의 함유가 3%이하인 것을 감안하면 스트레칭성이 높음을 알 수 있다. 직물의 조직은 싱글 저지가 대부분이었고, 한 개의 시료를 제외하고는 두께가 1mm이하였으며, 무게는 두께가 제일 두꺼운 것으로 나타난 시료를 제외하고는 150-280(g/yd²)의 범위에 해당되었다. 전 시료에 있어서 웨일(wale) 방향보다는 코스(course) 방향의 밀도가 높게 나타났으며, 시료의 신장율을 살펴보면, 웨일 방향의 경우, 16.0~58.2%, 코스 방향의 경우 23.1~78.4%로, 대부분 시료에서 코스방향의 신장율이 더 높은 것으로 나타났다. 신장회복율은 웨일 방향은 80.6~96.5%, 코스 방향은 59.7~97.5%의 범위로 나타났으며, 보온력은

10.6~25.4%, 열전도율은 0.019~0.048(W/m·K)의 범위로, 열전도도가 높은 소재가 보온력이 낮은 것으로 나타났다.

이 중 실험복 제작을 위한 소재 선정을 위해, 인체 피부 신장의 범위가 60% 이하인 것을 감안하고, 신장율이 한 방향만 큰 것은 동작이 많은 스포츠용 밀착형 의복 제작에 부적합하므로, 수집된 소재 중 웨일, 코스 양방향의 신장율이 20% 이상, 60% 이하이면서 웨일과 코스 방향의 신장율 차이가 크지 않은 것을 선정하도록 하였다. 또한, 근육의 보호를 위해 보온율이 감안되어야 하므로 보온율 15% 이상인 싱글 저지 중 의복형성이 있으면서 인체에 무게에 의한 부담을 주지 않도록 두께가 0.45~1 mm, 무게가 250 g/yd 이하인 소재 1, 2, 3, 4를 선택하였다.

3.2. 동작에 따른 체표면 변화 분석 결과

10가지 동작에 대한 3차원 인체 스캔 데이터를 채취하여 체표면을 세로 7열, 가로 6행의 구역으로 분할하여 각 구역별로 체표면적을 산출하였다. 각 구역의 동작에 따른 체표면적을 비교 분석한 결과(Table 3), 동작에 따라 유의적인 차이를 나타낸 구역은 A2, A4, A5, B2, B3, B4, B5, C5, F4, F5, G5로 나타났다. A2의 경우, m0(바른자세)에 비해 대부분 체표면적이 감소하였으며, 특히 m3(양팔을 180도 올린 자세)에서 유의적인 차이가 나타나, 팔을 올림에 따라 이 부분의 체표가 수축하였음을 알 수 있다. A4의 경우, m3에 비해 m9(앞으로 숙인 자세)에서 체표면적이 유의적으로 감소하였으며, A5의 경우, m9에 비해 m7(왼쪽 옆구리를 늘린 자세)에서, m7에 비해 m3에서 체표면적이 유의적으로 큰 것으로 나타났다.

B2의 경우, m1, m3, m4(오른팔 90도 위로 들고 허리를 왼쪽으로 비튼 자세), m6(오른쪽 옆구리를 늘린 자세)의 동작시 다른 동작에 비해 유의적으로 체표면적이 감소하였다. B3구역에서는 m4 동작시 m2(양 팔을 90도 옆으로 올린 자세), m5(오른팔을 90도 위로 들고 허리를 오른쪽으로 비튼 자세), m6, m8(뒤로 젖힌 자세)에 비해 체표면적이 감소한 것으로 나타났다.

Table 3. Comparison of body surface at various posture

(unit:mm²)

Section	m0	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	F	
A2	6556.42b	5588.48ab	6071.76ab	4660.54a	5711.90ab	6056.58ab	5486.46ab	6013.34ab	6563.98b	5898.58 ab	3.020	**
A4	6841.80ab	6518.12ab	7485.82ab	8048.24b	7055.64ab	7364.08ab	7401.52ab	6937.56ab	7276.34ab	6095.58 a	2.281	*
A5	6577.60bc	6587.94bc	6958.22bc	7517.38c	7021.92bc	6693.56bc	6958.94bc	6245.02b	7190.82bc	5472.82 a	4.389	***
B2	7089.50b	4423.46a	5675.76ab	3758.76a	4219.82a	6240.18b	4666.00a	6672.98b	7204.98b	6477.04 b	6.778	***
B3	7420.10ab	6255.42ab	7993.92b	7491.22ab	5792.88a	8052.56b	7908.14b	6975.34ab	7802.04b	7193.48 ab	3.050	**
B4	7126.70abc	7101.50abc	8237.40abc	9222.26c	4993.64abc	7594.48abc	8845.94bc	6298.70a	7826.92abc	6626.50 ab	3.100	**
B5	6534.48bc	6482.06bc	6943.62cd	8007.02e	6970.02cd	6331.18bc	7696.84de	5119.48a	7139.84cd	5599.54 ab	12.428	***
C5	2112.98ab	2017.78ab	2184.10ab	2443.68b	2216.12ab	2047.14ab	2639.40b	1477.38a	2244.30ab	1896.72 ab	2.916	**
F4	5996.50abc	7090.92bcd	6747.50bcd	7042.36bcd	7511.46d	6023.66 bc	7267.60cd	5305.52a	5716.86ab	7088.98 bcd	5.796	***
F5	5955.64abc	6279.06bc	6445.58bc	6293.94bc	6603.40bc	5572.90abc	7296.38c	4507.62a	5276.84ab	6597.36 bc	4.065	*
G5	6380.82a	7072.62ab	6891.16ab	6755.86ab	7640.36b	6532.36ab	7406.88ab	6259.24a	6285.76a	7528.08 ab	3.502	*

*p<.05, **p<.01, ***p<.001. a, b, c, d, e means SNK-test result. a<b<c<d<e



Fig. 2. Surface change rate of each body part at each posture.

다. B5의 경우, B4와 마찬가지로 m7에 비해 m3에서 유의적으로 증가하였으며, 가장 체표면적의 유의적인 증감차가 다양하게 나타났다. C5의 경우, m7에 비해 m3과 m6의 동작시 유의적으로 체표면적이 증가한 것으로 나타났다. F4의 구역은 m 7(왼쪽 옆구리를 늘린 자세)에 비해 m4동작에서 증가하였다. G5 구역 역시 m4 동작에서 바른자세나 m7, 8 동작보다 유의적으로 체표면적이 넓은 것으로 나타났다. 이로써, 앞부분의 중심에서부터 두 번째 열린 몸통 앞부분과 배, 허리 부분에 해당되는 위에서부터 5번째 행에서 가장 유의적인 변화가 많이 측정되었음을 알 수 있다.

Fig. 2는 각 구역별로 정립자세에 대한 동작시 체표면적의 변화정도를 표시한 것이다. 체표면적은 최소 0.2%에서 최대 56%만큼 변화하였으며, m1(팔 앞으로 90도 올린자세)에서는 A1, B1(앞목둘레와 어깨중간부분)와 A3~A5, B4, B5(복부), E5, E6, F5(뒤쪽 옆구리부분), G3는 10% 이하의 변화율을 보였고, A2, A6, B3, B6과 C2~C5(옆선 앞쪽), D4, D5(겨드랑 아래 옆선 부분)는 11~20%, 어깨 관절 근처인 E1, E3와 등뼈 부위인 F2, G2는 20~30%의 변화율을 보였다. 30%이상 변화한 부위로, B2와 E2는 각각 37.61%, 33.37% 의 큰 변화를 나타냈고, 어깨끝점 바로 윗부분인 C1구역은 53.23%의 가장 큰 변화율을 나타냈다. 따라서, 앞으로 90도 팔을 올리는 경우, 어깨끝점을 비롯한 어깨와 등뼈부위가 많이 신장하였으며, 옆구

리 부분은 큰 변화를 보이지 않았음을 알 수 있다.

양팔을 90도 옆으로 올린 자세인 m2에서의 체표면적 변화를 살펴보면, 가장 많은 변화를 보인 부분은 C2(앞 겨드랑점)로 55.57%의 큰 변화를 나타내었으며, 다음으로 A6(배꼽주위), B1, C1 E1(어깨), D4, D5(겨드랑 아래 옆선)는 21~30%, B2, B4, B6, C6, D6, E3~E6(옆선 뒤쪽), F4, F6, G4, G6은 11~20%의 변화율을 보였으며, 나머지 A2, A3, A4, A5(앞중심 부위)와, B3, B5, C3, C4, C5(옆선 앞쪽), E2, F1~3, F5, G1~3, G5(등뼈 주위, 뒤중심)는 10% 이하로 변화하였다. 이로써, 양팔을 양옆으로 올리는 경우, 앞겨드랑앞벽점 및 어깨주위와 겨드랑 아래 옆선부분이 가장 많이 신장하고, 등뼈주위와 앞뒤 중심부는 체표면 변화율이 작게 나타났다.

양팔을 180도 위로 올린 자세인 m3에서는, 가슴근육과 옆구리부위의 근육이 동작에 적응하여 신장하면서 큰 변화율을 나타내어, 어깨부위(C1, B1), 앞목둘레(A1), 가슴부위(B2), 옆선 뒤쪽(E3), 겨드랑 아래(D4) 부분이 30% 이상의 변화율을 나타내었다. 이 외에도, 등뼈부위(G1~3, F2~3)와 뒤희리부분(G5, F5)을 제외한 부위들이 11~20%의 변화를 나타내었다.

m4(오른팔 90도 위로 들고 허리를 왼쪽으로 비튼 자세)에서는 50% 이상 변화한 부분은 없었으나, 가슴부위(B2: 40.48%), 어깨 부위(C1:32.4%, B1:38%), 뒤겨드랑벽과 겨드랑둘레 근처 부위(E2, E3)에서 30%이상의 변화를 나타내었다. 반대로, 뒤희

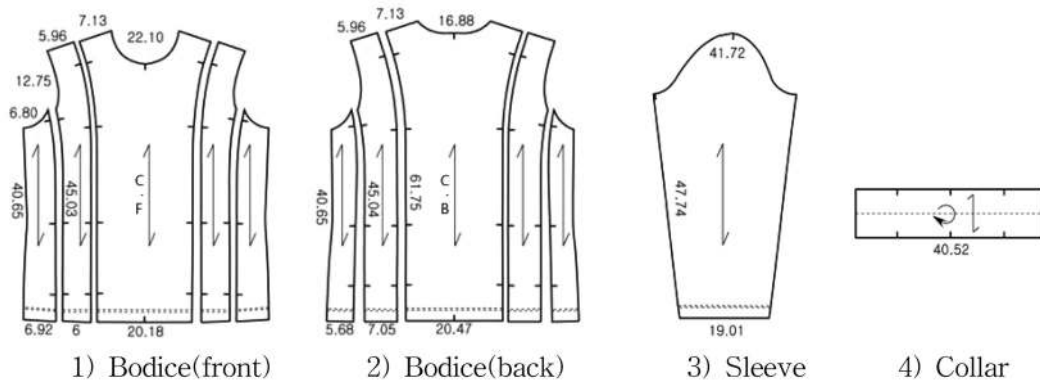


Fig. 3. Tight sports wear bodice pattern from this study (unit:cm).

둘레 부위, 배부위 및 허리수준 옆구리 등은 10% 이하의 변화율을 나타내어 체표변화가 크게 나타나지 않는 부위임을 알 수 있다. m5(오른팔을 90도 위로 들고 허리를 오른쪽으로 비튼 자세)에서는 어깨끝점 부위인 C1(37.24%)을 제외하고는 모두 30% 이하의 변화를 나타내었으며, 특히, 어깨, 겨드랑 아래부위, 배꼽부위를 제외한 대부분의 구역이 10%이하의 변화율을 나타내었다. m6(오른쪽 옆구리 늘린 자세)의 경우, 어깨는 51~60%, 앞목둘레, 어깨끝점 부위, 겨드랑 아래 옆선 부위가 41~50%의 큰 변화를 나타내었고, 등뼈와 앞중심부위를 제외하고는 11%~30%의 변화를 나타내었다. m7(왼쪽 옆구리 늘린 자세)에서는, 50%이상 변화한 부분은 없었으며, 어깨끝점과 옆구리 앞쪽부분(C1:34.69%, C4:34.02%, C5:30.08%)의 체표면적이 크게 변화하였으나, 앞위 중심과 허리둘레, 앞위 겨드랑벽점 근처는 10% 이하로 거의 변화하지 않은 것으로 나타났다. m8(뒤로 젖힌 자세)의 경우, 체표면적이 41% 이상 변화한 부분은 없었으며, G1(뒤목둘레), A1(앞목둘레)과 A6, B6, C6, D6(아래복부 부분)은 21% 이상의 변화량을 나타냈다. B1, C1, E1(어깨)부위와 C4, D4, D6, E3, F3, F5는 11~20%의 변화율을 보였으며, 이 외의 대부분은 10% 이하의 체표면적 변화를 나타내었다. m9(앞으로 45도 숙인 자세)에서는 다른 동작에 비해 뒤허리부분(G6, F6)의 변화량이 30% 이상으로 높게 나타났으며, 반대로 앞뒤목둘레(A1, G1), 어깨중간(B1), 옆선 뒤쪽(E3~5), 복부아래쪽(A6, B6, C6), 겨드랑 아래(D4)의 변화율이

10%이하로 작게 나타났다.

전체적으로, 0~10% 변화를 보인 구역은 전체의 43.6%로 가장 많았으며, 11~20%는 29.1%, 21~30%는 17.6%, 31~40%는 5.4%, 41~50%는 2.6%, 51~60%는 1.7%로 나타나, 상반신 동작시 10%이하의 체표면 변화를 일으키는 체표면이 대부분이며, 변화가 크게 일어나는 부위는 어깨관절 부위인 어깨, 겨드랑 아래와 옆구리 부분임을 알 수 있었다.

3.3. 3차원 데이터를 활용한 밀착형 상의 패턴 작성

일반적으로 곡률이 일정한 영역에 대해서는 평면 패턴을 생성하기가 쉬우나 곡률의 변화가 심할 경우에는 평면 패턴을 생성하였을 경우 겹쳐지거나 누락되는 부분이 발생하게 되므로 여성의 3차원 스캔 데이터를 대상으로 오목한 부분을 블록화시킨 선행연구(Park & Miyoshi, 2003)의 알고리즘에 준하여 본 연구 대상인 남성의 데이터도 같은 방식으로 블록화되도록 CAD프로그램으로 평면화를 수행하고자 파라메트릭 모델 생성 방법을 모색하였다(Park et al., 2007). 파라메트릭 곡면모델은, u,v 파라미터를 변수로 가지며 UV 파라미터를 일정간격으로 검색을 하게 되면 곡면상의 점 데이터들을 계산할 수 있고 원점으로부터 거리를 계산한 뒤 이를 평면상에 대응시킴으로써 2차원 평면화를 수행하였다. 이와 같은 과정에서 3차원상의 데이터와 평면화시킨 후인 2차원상의 데이터의 차이비율을 계산한 결과, 외곽 곡선의 오차율은 0.2%, 면적의 오차율은

Table 4. Evaluation result on tight-fitting level of 1st experimental garments

Question	Fabric 1	Fabric 2	Fabric 3	Fabric 4	Fabric 5	F-value
Is it tight at chest?	5.92a	5.69a	5.31 ab	5.42ab	4.88b	3.469**
Is it tight at bust?	6.12a	5.96ab	5.31 bc	5.35 bc	4.96c	5.426***
Is it tight at waist?	5.85a	5.92a	5.46 ab	5.39 ab	4.69b	3.867**
Is it tight at abdomen?	5.77a	5.85a	5.35 a	5.50a	4.27b	5.915***
Is it tight at front arm hole?	5.39a	5.15ab	4.73 ab	4.08 ab	4.38 b	2.538*
Is it tight at back arm hole?	5.46a	5.31 a	5.12 a	5.12 a	4.15 b	5.096**
Is it tight generally?	5.85a	5.62 ab	5.38 ab	5.08 ab	4.85 b	3.183*

*p<.05, **p<.01, ***p<.001. a, b, c means SNK-test result. a>b>c

Table 5. Evaluation result on tight-fitting level of 2nd experimental garments

Question	Pattern reduction rate	0%	5%	10%	15%	Muslin	F-value
Is it tight at chest?		4.25 b	5.25 ab	5.25 ab	6.00 ab	6.50 a	3.900 *
Is it tight at bust?		3.75 b	4.50 b	5.25 ab	5.50 ab	6.50 a	5.190 **
Is it tight at abdomen?		4.75 b	5.00 b	5.55 b	6.25 a	6.50 a	9.964 ***
Is it tight at arm hole?		3.50 b	4.75 ab	5.50 a	6.00 a	5.75 a	4.528 *

*p<.05, **p<.01, ***p<.001 a, b means SNK-test result. a>b

Table 6. Garment pressure of 2nd experimental garments at various pattern reduction rate

Question	Pattern reduction rate	0%	5%	10%	15%	F-value
Garment pressure(total)		0.56 b	0.60 b	0.67 b	1.17 a	8.258 **
Garment pressure(abdomen)		0.46 b	0.48 b	0.51 b	1.27 a	4.939 *

*p<.01, **p<.001 a, b means SNK-test result. a>b

Table 7. Garment pressure of 2nd experimental garments at each body part

Question	Part to measure	shoulder	bust point	under bust	scapular	abdomen	F-value
Garment pressure(total)		0.93 ab	0.54 b	0.52 b	1.07 a	0.68 b	4.596 *

*p<.01 a, b means SNK-test result. a>b

0.13%로, 비교적 작은 오차를 나타내어 3차원의 2차원으로의 평면화가 적절히 수행되었다고 할 수 있다.

이상의 결과에서 얻어진 체표평면전개도와 착의평가 자료를 바탕으로 밀착형 스포츠웨어 상의 패턴을 개발한 결과를 Fig. 3에 제시하였다.

3.4. 착의평가 결과

체표평면전개도로부터 얻은 상의 패턴과 선정된 4가지 신축성 소재와 광목(소재5)을 사용하여 제작된 1차 실험복에 대해 착의 평가를 실시 한 결과(Table 4), 소재 1이 앞땀, 가슴, 허리, 배, 진동둘레 및 전체적인 밀착감에 관한 항목에서 가장 높은 점수를 받아 몸에 잘 밀착됨을 알 수 있다.

이 결과에 준하여, 소재 1을 사용하여 2차 실험복을 제작하였으며, 이 때 적용할 적절한 패턴 축소율을 파악하고자, 체표평면전개도의 폭방향으로 0, 5, 10, 15%의 축소율을 적용하여 네 가지의 2차 실험복을 제작하였다. 착용한 사람에게 착의평가를 하도록 한 결과(Table 5), 직물의 신축성을 전혀 반영하지 않은 경우나 폭방향으로 5% 축소했을 때 보다, 10%, 15% 축소하였을 때, 가슴, 배, 진동둘레 부위 등의 밀착감이 유의적으로 높게 평가되었다. 단, 15% 축소한 경우, 배와 진동둘레부위의 밀착감이 다른 신축을 적용 경우에 비해 유의적으로 높고, 광목 실험복보다 평균값이 더 높게 나타나, 압박 정도가 너무 지나친 것으로 판단되어 10%가 가장 적절한 패턴 축소율임을 알 수 있었다.

패턴 축소율에 따른 4가지 실험복에 대한 의복압 측정 결과 (Table 6)에서도, 배 부위 및 전체적인 의복압에 있어 15% 축

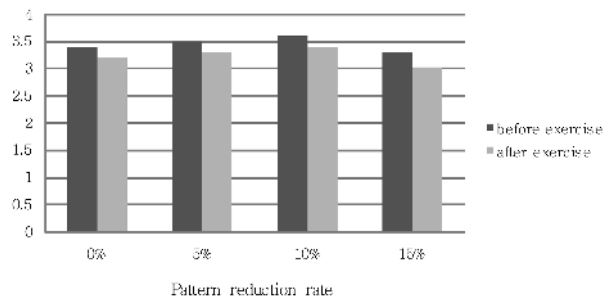


Fig. 4. Comfort evaluation results in various pattern reduction rate.

소시 다른 축소율에 비해 유의적으로 높은 의복압을 나타내어 착의평가 결과와 동일한 결론을 얻을 수 있었다. 부위별 의복압의 차이를 검정한 결과(Table 7), 견갑골 부위가 다른 부위에 비해 유의적으로 높은 의복압을 나타내었으며, 다음으로 어깨의 의복압이 높은 것으로 나타났다.

운동전후 착용자가 느끼는 착의 쾌적감을 평가하도록 한 결과, 10% 축소한 결과가 가장 높은 점수를 받았으며, 그 다음으로 축소율 5%, 0%, 15%의 순으로 15% 축소시 쾌적성이 가장 낮은 것으로 나타났다. 이러한 경향은 운동 전후에 있어 동일한 양상을 나타내었다.

5. 결론 및 제언

본 연구는 밀착형 스포츠웨어 설계를 목적으로 3차원 인체 스캔데이터, 신축성 소재의 물성과 동작시체표면 변화를 고려

하여 밀착형 스포츠웨어 실험복을 제작하는 방법을 고안하였으며, 착의평가를 통해 신축성 소재 적용시 적절한 패턴의 축소율을 파악하고자 하였다.

연구 아이템이 밀착형 스포츠웨어로, 동작에의 적응성이 중요하므로 일상생활과 운동시 기본이 되는 10가지 동작을 선정하여 3차원 인체 스캔을 실시하였다. 이로부터 측정된 구역별 피부 면적의 변화율을 분석한 결과, 동작시 변화가 크게 일어나는 부위는 어깨관절의 영향을 받는 어깨, 겨드랑 아래와 옆구리 부분이었으며, 전체적으로, 10%이하의 변화를 보인 구역이 전체의 43.6%로 가장 많았고, 그 다음으로 11~20%의 변화를 나타낸 부위가 29.1%로 전체의 72.7%가 20% 이내의 변화를 나타내었다.

3차원 스캔 결과 획득된 점 데이터로부터 인체 표면의 오목한 부분을 블록화 시킨 근사곡면 모델을 형성하고, 평면화하여 체표평면전개도를 작성하였다. 평면화 전후의 길이 및 면적에 대한 차이비율을 계산한 결과, 외곽선의 오차율은 0.2%, 면적의 오차율은 0.13%로, 비교적 작은 오차를 나타내어 3차원의 2차원으로서의 평면화가 적절히 수행되었다고 할 수 있으며, 체표평면전개도를 바탕으로 남성용 밀착형 스포츠웨어 패턴을 작성하였다.

수집된 13가지 신축성 소재 물성 분석 결과, 대부분 직물의 조직은 싱글 저지, 나일론과 폴리에스터에 폴리우레탄(스판텍스)이 7%이상 함유되어 있었으며, 신장율은 웨일 방향 16.0~58.2%, 코스방향 23.1~78.4%로, 대부분 시료에서 코스방향의 신장율이 더 높은 것으로 나타났다. 신장회복율은 웨일 방향 80.6~96.5%, 코스 방향 59.7~97.5%로 나타났으며, 보온력은 10.6~25.4%, 열전도율은 0.019~0.048(W/m·K)의 범위로 나타났다. 이 중 웨일, 코스 양방향의 신장율이 20% 이상, 60% 이하 이면서 웨일과 코스 방향의 신장율 차이가 크지 않고, 보온율 15% 이상, 두께가 0.45~1, 무게가 250 g/yd² 이하인 소재 4가지를 선택하여 1차 실험복을 제작하였다. 이에 대한 착의평가 결과, 소재 1의 밀착감이 가장 좋은 것으로 나타나 소재 1을 2차 실험복 제작시 사용하였으며, 이 때 패턴의 적정 폭방향 축소율을 파악하고자 0, 5, 10, 15%의 4가지 축소율을 적용하여 2차 실험복을 제작하였다. 이에 대한 착의평가와 의복압 측정 결과, 밀착형 스포츠웨어 개발 시 신축성 소재에 의한 원형 패턴의 축소율은 10%가 가장 적절한 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 3차원 스캔 데이터와 소재 물성을 접목한 남성 상반신용 밀착형 스포츠웨어 개발, 제시함으로써 관련 제품 개발을 위한 기초 자료 및 기술을 제시하였다. 이는 향후 3차원 인체 스캔 데이터의 의복설계에의 적용에 대한 적용가능성 및 방향을 제시하며, 특히 밀착형 의복을 위한 패턴을 상용 CAD 프로그램을 사용하여 3차원 인체 스캔데이터로부터 작성하는 방법을 고안, 실현함으로써 다양한 아이템 및 3차원 스캔 데이터 활용도를 높이고, 개인형 맞춤형 패턴 설계의 범용화를 시도하였다는 점에 의의가 있으며, 앞으로 다양한 밀착형 의복 아이템의 설계에 있어 직물의 신축성과 관련된 요인 설정 시 도

움이 될 것으로 사료된다. 단, 본 연구는 실험 당시 시판 신축성 소재와 한정된 인원수의 20대 전반 남성을 대상으로 수행 되었으므로, 도출 결과를 적용 시 이러한 점을 고려하여야 할 것이며, 향후 더 다양한 연령대와 아이템에 대한 연구가 시도되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2010년도 영남대학교 학술연구조성비와 산업자원에서 시행한 지역산업기술개발사업(지역산업기초기술개발)의 기술개발결과임.

References

- Choi, S. A. & Park, S. (2010). Brief pattern making for women in their 20's using 3D parametric human body model, *Journal of Korean Society for Clothing Industry*, 12(5), 642-649.
- Choi, Y. L., Nam, Y. J., Choi, K. M., Cui, M. H. & Han, S. A. (2008). Surface flattening criterion of female's upper front shell using grid method, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 32(12), 1825-1836.
- Do, W. H. (2008). Analysis of Body surface change from 3D scan data of men's upper bodies in twenties-focus on application of motorcycle jacket pattern. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 32(4), 530-541.
- Jeong, Y. H., Hong, K. H., & Kim, S. J. (2005). Method of 3D Body Surface Segmentation and 2D Pattern Development Using Triangle Simplification and Triangle Patch Arrangement. *Korean Society of Clothing and Textiles*, 29(9/10), 1359-1368.
- Jeong, Y. H. & Hong, K. H. (2010). Development of 2D patterns for cycling pants using 3D data of human movement and stretch fabric, *Korean Journal of Human Ecology*, 19(3), 555-563.
- Kim, H. J. & Park, S. (2011). Torso pattern design for Korean middle-aged women using 3D human body scan data, *Journal of Korean Society for Clothing Industry*, 13(4), 600-613.
- Kim, S. M., & Kang, T. J. (2003). Garment pattern generation from body scan data. *Computer-Aided Design*, 35(7), 611-618.
- Korean Agency for Technology and Standards. (2005). *5th Size Korea Technical Report*. Seoul: The ministry of Knowledge Economy, Korean Agency for Technology and Standards.
- McCartney, J., Hinds, B. K. & Seow, B. L. (1999). The flattening of triangulated surfaces incorporating darts and gussets. *Computer-Aided Design*, 31(4), 249-260.
- Park, E. J. (1993). *Clothing ergonomical analysis of the upper body types and design of the basic bodice pattern for Korean young men*. Unpublished doctor's thesis, Yonsei University, Seoul.
- Park, S. J., Cho, Y. H., Park, J. W., Kim, J. H., Suh, C.Y., Kim, T.G., Lee, H. J. (2007). 3D body scan data flattening for garment pattern using CAD system, *Proceeding of the Korean Society of Precision Engineering Conference, Fall*, 303-304.
- Park, S., & Choi, S. A. (2008). Belt Pattern Making for Hip-hugger garment using 3D Body Scan Data. *Korean Society of Clothing and Textiles*, 10(5), 652-659.
- Park, S., & Kim, H. (2010). A Study on setting darts and split lines of

- upper bodice pattern on 3D parametric model dressed with tight-fit garment. *Journal of Korean Society for Clothing Industry*, 12(4), 467-476.
- Park, S., & Kim, H. (2011). Development of patten drafting method for hip-hugger tight skirt and round belt. *Journal of Korean Society for Clothing Industry*, 13(5), 661-671.
- Park, S. J., & Miyoshi M. (2003). Development of theory and auto CAD program for designing the individual bodice pattern from 3D scanning data of human body. *Journal of Asian Regional Home Economics*, 10(4), 216-225.
- Sohn, B. (2008). Development of men slacks pattern using 3D scan data, *Journal of Korean Home Economics Association*, 46(9), 137-146.
- Wang, C.C.L., Smith, S.S-F. & Yuen, M.M.F. (2002). Surface area flattening based on energy model. *Computer-Aided Design*, 34(11), 823-833.
- Wang, C.C.L., Wang, Y., & Yuen, M.M.F. (2005). Design automation for customized apparel products. *Computer-Aided Design*, 37(7), 675-691.
- (2011년 9월 29일 접수/2012년 2월 24일 1차 수정/2012년 2월 24일 게재확정)
-