

팔 외전 시 몸통의 피부 변화량 분석과 이를 활용한 3D 컴프레션 상의 설계†

Design of 3D compression upper wear based on skin deformation during arm abduction

김남임 · 오염균 · 홍경희*
충남대학교 의류학과

Kim, Nam Yim · Wu, Yan Jun · Kyunghi Hong*
Dept. of Clothing & Textiles, Chungnam National University

Abstract

Lines of non-extension (LoNEs) on torso surface during arm abduction were investigated to provide appropriate location for inserting less-extensible yarns which can be used as seams for design and or clothing pressure variation.

As experimental methods, reference points about 3 cm apart were marked on the skin and scanned at 30, 90 and 135 arm abduction. Skin deformation was measured by connecting reference points in horizontal, vertical and various angles of diagonal directions. Observation of skin deformation was made within the separated sections of the torso as well as integrated ones to cover the various occasions of design application. LoNEs of front and back torso were provided as mapping lines. Actual compression wear of three types was constructed with different pattern reduction rate at each separated section using LoNEs as boundary cutting lines. Clothing pressure and subjective evaluations of those three compression wear were evaluated by six subjects. LoNEs found in this study were useful as seam lines to differentiate clothing pressure at each part of the body, providing positive wear sensation. It is also expected that LoNEs can be paths for less stretchable conductive yarns of IT-integrated upper garments.

Key words : lines of non-extension of skin, compression wear, clothing pressure, seam. 3D scan

I. 서론

IT 기술과 접목한 첨단 기술의 융합이 급속도로 발전하면서, 의류산업 분야에서는 ‘3D 컴프레션 웨어’ 라는 새로운 시장이 형성되었다. 컴프레션 웨어는 피부에 밀착되는 형태로 제작되어 ‘제 2의 피부’ 로 불리어지면서 인체와 컴프레션 웨어 간 상호작용에 대해 의류학 뿐만 아니

라 의학, 스포츠 과학 등 학문간 융합을 이루면서 과학적으로 접근되고 있다. 컴프레션 웨어는 피부 가압이 자율 신경계에 영향을 미쳐 교감과 부교감의 신경활동의 밸런스가 변화되고 근력, 심전도 및 혈류량에 영향을 미친다고 알려졌다(Aya et al., 2002), 근육의 미세한 떨림을 줄임으로써 에너지 소모율을 감소시키는 데 효과적임(Kramet et al., 1996; Kramet et al., 1998)이 밝혀졌다.

† 본 연구는 2010년 한국연구재단 중견연구자 지원사업(2010-0014897)으로 수행된 연구결과의 일부입니다.

* Corresponding Author: Kyunghi Hong
Tel: 042-821-6826 Fax: 042-821-8887
Email: kkhong@cnu.ac.kr

또한 운동 시 밀착 스타킹을 착용하면 심혈관계의 펌핑작용(pumping action)이 근육으로 젖산이 집중되는 것을 저해하므로 피로 유발을 지연시킬 수 있다(Berry & McMurray, 1987). 그러나 이와 같이 대부분의 연구에서는 컴프레션 웨어의 효과를 역학적, 생리적, 운동과 이로 인한 기능적인 측면에서 다루고 있고, 컴프레션 웨어 설계 시 절개선의 위치나 적정 축소율(의복압)등과 같은 의류학적인 관점에서는 거의 연구되지 않았다. 지나치게 높은 의복압은 근육피로와 혈류순환 장애, 신체 내 장기의 위치 변형, 소화불량, 혈류량 감소 등을 초래할 수 있다(Kim & Park, 2009; Baek et al., 2007).

컴프레션 웨어는 원형보다 작은 면적의 축소패턴을 사용하여 제작되는데, 이 때의 축소율은 아직 정립이 되지 않고 있다. Ziegert 와 Keil(1998)은 500g의 추를 30분 동안 달았을 때 20 x 20cm의 편성물이 경·위사로 기존의 20 cm 보다 더 늘어나는 양으로 원단 신장률을 측정하고, 이를 기준으로 축소패턴을 설계할 것을 제안하였다. Kim 과 Hong(2012)은 Ziegert 와 Keil(1998)의 원단 신장률에 대하여 경사방향 60%, 위사방향 76%를 적용하여 축소하면 축소 시 몸에 부드럽게 밀착되어 착용감이 좋았다고 하였다. 패턴 축소 시 필연적으로 발생하는 의복압은 적절한 범위에 있을 때 의복 착용 성능을 높이고 신체 활동량과 작업 능률을 향상시킬 뿐만 아니라 건강 증진에 영향을 미치게 된다(Na & Kim, 2011; Park & Chun, 2012). 이에, 연구자들은 여러 가지 상황에서 결과적으로 바람직한 원형패턴에 대한 축소율을 제안하고 있는데 Lee et al.(2015)은 폭 방향으로 기본 누드원형에서 축률 90%를 적용했을 때 호흡과 동작 기능성이 우수하다고 했다.

대부분의 선행연구에서는 몸통 전체에 대해 단일 축소율을 적용한 반면, Kim(2012)은 인간 공학적인 관점에서 패넌을 설정하고, 패넌별로 압력수준을 다르게 적용한 차등형 컴프레션 웨어를 설계했다. 이처럼 패넌 별로 압력을 차등 있게 적용하기 위해서는 심리사가 매우 유리하나 기존 경편 조직을 이용할 경우에는 절개선이 필요한 경우가 많다. 그런데 절개선에서는 소재가 겹치고 추가로 봉제실이 삽입이 되어 이로 인해 착의 후 봉제선으로 인한 피부 거슬림이 유발될 수 있고, 더 나아가 운동효과를 저해시킬 수도 있다. 이런 이유로 절개선의 위치 선정이 중요하게 인식되면서, 적절한 절개선 위치를 선정하기 위한 연구가 진행되고 있다.

Choi(2011)는 국내 남성용 스킨스쿠버복의 절개 디자인으로 시판되는 바디수트 디자인의 특징과 소비자 선호

도를 조사한 선행연구 결과를 참조하여 활용하기도 했다. Park et al.(2009)은 3차원 스캔 데이터의 인체 표면 곡률 분포의 최대최소값을 이용하여 곡률 변화의 절대값이 큰 부분들을 선으로 연결하여 절개선의 위치로 활용하였고 Kim 과 Park(2011)은 최대곡률점을 탐색한 후 절개선을 설정하였다. 대부분의 연구에서는 피부면에 직접 격자무늬를 도해하거나 또는 3D 영상 자료에 격자무늬를 생성한 후 정자세에 대한 동작 시 체표면 길이 변화 또는 면적 변화를 분석한 후 이를 의복의 절개선으로 활용하였다(Shin & Suh, 2014; Park, 2013; Kim et al., 2012; Oh & Chun, 2011; Do, 2008; Chun, 2002). 곡선을 이용한 절개선의 경우 Jeong(2006)은 하체 근육의 요철에 따른 인체 곡률을 기준으로 분할하여 사이클 웨어를 개발하였고, Kim(2012)은 정자세에 대한 동작 시 피부 분절의 변화를 관찰한 후 절개선으로 활용하기도 했다. Lee(2013)와 Lee et al.(2015)은 하체 피부면에 3cm 간격으로 점을 찍은 후, 정자세에 대한 무릎 굴곡 시 체표면의 길이와 면적의 변화를 분석한 후, 절개선의 위치로 활용하여 기능성 바지를 개발하기도 했다.

최근 Choi 와 Hong(2014)는 표준체형과 비만체형에 해당하는 20대 남성 6인을 대상으로 정자세에 대한 무릎 60 굴곡 시 하체의 피부 무변형선을 정밀 검출하였는데, 다양한 바지 길이와 부분별 보호 장구 부착을 위해 하체를 구역으로 나누기도 하고 전체를 대상으로 하기도 하여 절개선의 위치 선정을 위한 LoNE 를 추출하였다. 이 때 특기할 만한 사항은 피험자 6명의 신체 조건이 달라도 각 피험자의 LoNE는 인체 치수에 비례하여 볼 때 동일한 영역에 있음을 발견한 사실이다.

반면에, 상체는 어깨관절의 움직임이 더욱 광범위하고 스캔 시에 어깨부분과 겨드랑이 근처가 누락되기도 하여 3차원 데이터를 이용한 부분별, 전체의 피부 변형은 보고되지 않고 있다. 또한, 이제까지 상체 변화는 주로 전체 가로와 세로 변형이 보고되고 있고 사선 방향은 자세한 관찰이 되어있지 않은 데 현재는 다이나믹한 디자인 라인이 선호되기 때문에 사선 방향의 피부 변화량이 필요하며, 몸통 전체 뿐 아니라 부분별 변화량 정보도 필요하게 되었다. 예를 들어, 허리 보호대의 설계 시에 또는 스마트 웨어 센서들을 부분적으로 연결할 때 신축성이 작은 전도성 실을 사용해야 하는 경우가 발생하는데 이 때에는 국소 피부 변형에 대한 정보도 필요하다.

이에 본 연구에서는 Choi 와 Hong(2014)의 연구 결과에서 보고된 바와 같이 인체의 신장 특성은 인체의 크기

나 체형이 달라도 비례적으로는 피부변형 양상이 같다는 점을 근거로 20대 남성 1인을 대상으로 다음과 같은 목적으로 연구를 진행하고자 한다.

첫째, 정자세에 대한 팔 외전 시 체표면 변화량을 부분 및 전체 영역에서 가로, 세로, 사선 방향으로 분석하여 피부 무변형선에 대한 바디 맵핑(body mapping) 정보를 제공하고자 한다. 둘째, 이를 바탕으로 부분별로 의복압을 다르게 적용한 컴프레션 상의를 세 가지 개발한 후, 이에 대한 적합성을 의복압 평가와 착의 평가로 검토해보고자 한다.

피험자의 체표면에 3cm를 기준이었으나 구간내에서 3cm로 등분이 맞지 않거나, 곡률이 크면 2.5cm미만으로 표식점(랜드마크)을 찍은 후, 3D 전신 스캐너(Cyberware, Inc. USA)로 스캔을 실시하였다(Lee, 2013; Choi & Hong, 2014; Lee et al., 2015). 이 때 측정 자세는 고니어 미터(goniometer)를 사용하여 무릎을 펴고(0°) 팔을 30° 외전 한 자세를 정자세로 명명하였고, 팔을 90°, 135°로 외전 한 동작 자세를 스캔하였다. 대부분 일상생활 또는 운동 시에는 팔을 135°범위에서 수행되기 때문에 팔 외전 각을 90°, 135° 선정하였다.

II. 연구 방법

1. 인체 3D 스캔 및 피부 변화량 분석

1) 인체형상과 체표면의 3D 스캔

본 연구를 위한 피험자는 SIZE KOREA(<http://sizekorea.kats.go.kr>)에서 제공하는 20대 대표치수에 인접한 대상자를 선정하였고, 본 연구의 목적과 평가에 대해 충분히 설명한 후 자발적으로 참여 의사를 밝힌 피험자를 선정하였고, 인체치수는 <Table 1>과 같다

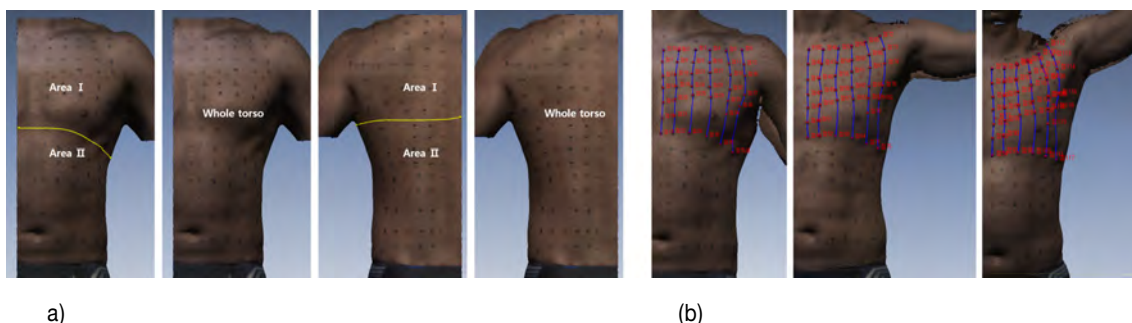
2) 동작에 따른 체표면의 변화량 분석과 (LoNE) 검출

정자세에 대한 동작 시 체표면 변화량 분석은 다음과 같은 단계로 진행하였다. 첫째, 3D 스캔을 통해 얻은 영상 데이터 상에서 3D 솔루션 프로그램(RapidForm XOR)을 사용하여 [Figure 1(a)]과 같이 3D 스캔 시 결측되는 어깨부위를 제외하고, 몸통은 2개의 영역으로 앞·뒤판에서 각각 분할했다. 앞판은 호흡과 가슴의 곡률을 고려해 밑가슴둘레와 가장 인접해 있는 랜드마크를 기준으로 분할했고(Area I/II), 뒤판은 견갑골 하단에서 가장 가까운 랜드마크를 기준으로 분할한 후 (Area I/II) 영역 내 및 앞·뒤판 몸통 전체에 대해 분석했다.

<Table 1> Size specification of subjects and average size of male in 20' in Size Korea 2010

(unit : cm)

Measurement	Subject Size	SizeKorea 20's	S.D
Stature(cm)	174.0	173.5	5.2
Weight(kg)	70.0	69.2	9.0
Waist Height	103.8	105.1	3.8
Waist Height(Omphalion)	98.9	102.2	3.8
Hip Height	84.2	86.7	3.7
Breast Circumference	102.3	90.3	6.1
Waist Circumference	80.0	78.4	7.1
Waist Circumference(Omphalion)	82.6	80.3	7.3
Hip Circumference	93.4	92.5	5.0
Waist Breadth	28.7	27.9	2.4
Hip Breadth	32.9	32.6	1.6
Waist Depth	21.2	19.7	2.2
Hip Depth	24.4	22.6	2.0



a)

b)

[Figure 1] Sections for the observation of skin deformation

(a: divided area at front and back, b: lines created on 3D images are identical during arm abduction)

〈Table 2〉 Nomenclature depending on the location of measurement, angle of abduction and the direction of connection line

Frontal Plane	Division	Angle of abduction	Direction of connection line	Nomenclature	
Front(F)	1	90	Vertical	Δ LF1-90V	
	1	135		Δ LF1-135V	
	2	90		Δ LF2-90V	
	2	135		Δ LF2-135V	
	Whole	90		Δ LFW-90V	
	Whole	135		Δ LFW-135V	
	Whole	Whole	90	Horizontal	Δ LFW-90H
		Whole	135		Δ LFW-135H
		1	90	Diagonal	Δ LF1-90D
		1	135		Δ LF1-135D
		2	90		Δ LF2-90D
		2	135		Δ LF2-135D
	Whole	90	Δ LFW-90D		
	Whole	135	Δ LFW-135D		
	Back(B)	1	90	Vertical	Δ LB1-90V
1		135	Δ LB1-135V		
2		90	Δ LB2-90V		
2		135	Δ LB2-135V		
Whole		90	Δ LBW-90V		
Whole		135	Δ LBW-135V		
Whole		Whole	90	Horizontal	Δ LBW-90H
		Whole	135		Δ LBW-135H
		1	90	Diagonal	Δ LB1-90D
		1	135		Δ LB1-135D
		2	90		Δ LB2-90D
		2	135		Δ LB2-135D
Whole		90	Δ LBW-90D		
Whole		135	Δ LBW-135D		

Δ LF1-90V: Vertical skin deformation at area 1 of the front body during 90° arm abduction

Δ LF1-135V: Vertical skin deformation at area 1 of the front body during 135° arm abduction

Δ LF2-90V: Vertical skin deformation at area 2 of the front body during 90° arm abduction

Δ LF2-135V: Vertical skin deformation at area 2 of the front body during 135° arm abduction

Δ LFW-90V: Vertical skin deformation at whole torso of the front body during 90° arm abduction

Δ LFW-135V: Vertical skin deformation at whole torso of the front body during 135° arm abduction

<Table 3> Experimental compression garment and pattern reduction rate

(unit : %)

Exp. garments	Wale		Course	
	% of fabric Stretch(Z)	Z-applied %stretch / (Pattern reduction rate)	% of fabric Stretch(Z)	Z-applied % stretch / (Pattern reduction rate)
1	9.8	Base panel-60 / (5.9) Tight panel-75 / (7.4)	14.1	Base panel-76 / (10.7) Tight panel-81 / (11.4)
2		Base panel-60 / (5.9) Tight panel-80 / (7.8)		Base panel-76 / (10.7) Tight panel-86 / (12.1)
3		Base panel-60 / (5.9) Tight panel-85 / (8.3)		Base panel-76 / (10.7) Tight panel-91 / (12.8)

Exp.: Experimental

둘째, [Figure 1(b)]와 같이 정자세와 팔을 90° 및 135° 외전 한 자세에서 정자세와 각 동작 시 대응되는 랜드마크 위에 레퍼런스 포인트(reference point)를 생성한 후 각 포인트를 연결하여 직선(세로·가로) 및 다양한 사선 방향으로 연결선을 생성하였다. 정자세에 대한 각각의 외전 시 체표면 변화량은, 분석 영역 · 외전 각도 및 연결선의 방향에 따라 분석했고 <Table 2>와 같이 명명하여 나타냈다.

본 연구에서는 Lee(2013)와 Lee et a.,(2015)의 연구를 근거로 정자세에 따른 동작 시 피부 변화량 ±0.2cm미만 또는 변화율이 ±5%미만인 경우 길이변화가 없는 것으로 간주하여 피부 무변형선의 영역으로 보았고, 또한 Choi & Hong(2014)은 ±0.5cm를 피부 무변형선으로 보았는데, 본 연구에서는 관찰영역이 좁아 그보다 낮은 ±0.2cm미만으로 선정하였다. 정확한 위치 탐색은 변화량의 부호가 바뀌는 영역에서 보간법을 이용해 ‘0점’(zero)의 위치를 탐색한 후 이를 피부 무변형선(Line of Non-Extension, LoNE)이라고 했다.

2. 3D 밀착의복 설계

1) 원형패턴 및 축소패턴 전개

원형패턴은 검출된 LoNE 중 퍼포먼스 커팅라인(performance cutting lines)으로 활용 가능한 것을 선정하고, 이를 활용한 기본 디자인라인을 피험자의 체표면에 직접 도식하였다. 그런 후 3차원 스캔을 통해 영상 데이터를 획득하였고 3D-2D 원형패턴으로 전개하였다. 원형패

턴은 RapidForm XOR 프로그램을 사용하여 디자인 라인을 따라 체표면을 분할한 후, 2차원 평면전개 프로그램 2C-AN(특허 등록번호10-2009-0115130)에서 삼각조각으로 평면화 시켰다. 그리고 Yuka CAD프로그램에서 조각들을 조합하여 최종 원형패턴으로 전개했다. 본 연구에 사용된 실험직물은 CDP(Cation Dyable Polyester)77%, 폴리우레탄 23%로 조성된 경편 스트레치 원단으로 <Table 3>과 같이 원단 신장률은 Ziegert 와 Keil(1998)이 제안한 방법으로 측정된 결과, 경사방향 9.8%, 위사 14.1%였다. 축소율은 원단 신장률에서 베이스 패널(Base panel)은 Kim 과 Hong(2012)의 연구결과를 토대로 경·위사 방향으로 지거트 원단 신장률의 각각 60%, 76%만큼 축소하였고, 가압패널(Tight panel)은 베이스 패널보다 점진적으로 더 가압한 형태로 경사방향으로 3단계(75%, 80%, 85%), 위사방향으로 3단계(81%, 86%, 91%)를 적용하였고, 원형패턴에 대한 축률은 <Table 3>의 괄호 안에 표시했다.

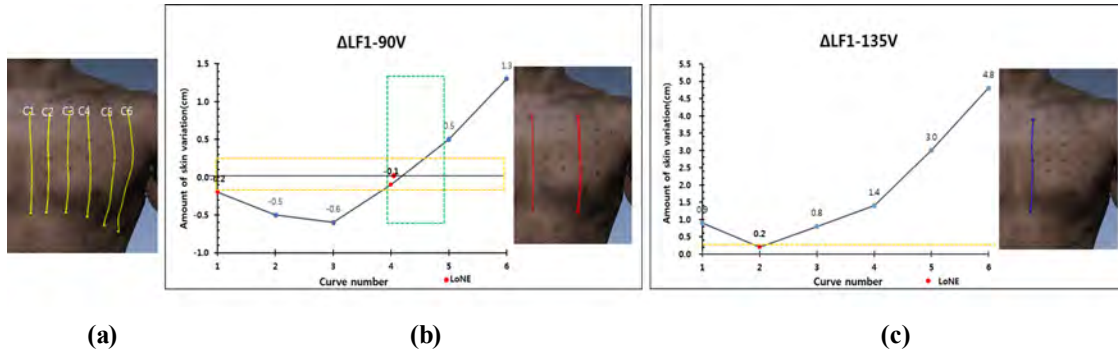
Ⅲ. 연구 결과 및 고찰

1. 상체 몸통 피부 무변형선 추출

1) 앞판 몸통에 대한 수직 · 수평방향 체표면 길이 변화

(1) 동작에 따른 세로길이 변화량 및 LoNE 탐색

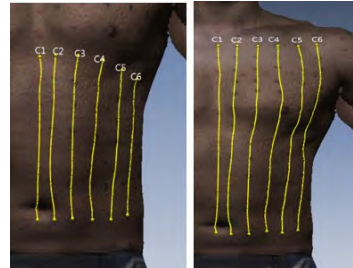
① 인체 전면 세로 1구역



[Figure 2] Vertical skin deformation in the area 1 at each degree (a: vertical connection line, b: amount of skin variation in vertical length from 30° to 90° arm abduction, c: amount of skin variation in vertical length from 30° to 135° arm abduction

[Figure 2(a)]는 앞판 1구역에서 세로방향으로 연결선을 생성한 것이다. [Figure 2(b)]는 팔을 정자세로 부터 90° 외전 시 앞판 1구역의 세로길이 피부 변화량(ΔLF1-90V)을 나타낸 것이다. 정중선 C1(-0.2cm)과 C4(-0.1cm)는 변화량이 미미했고, C4와 C5는 변화량의 부호가 -에서 +로 바뀌어 이 구간에서 변화량이 '0'점인 위치에서 LoNE를 채택한 후, 3D 영상 데이터 상에 LoNE 위치를 나타냈다. [Figure 2(c)]는 팔을 135° 외전 시 앞판 1구역의 세로길이 체표면 변화량(ΔLF1-135V)은 동작 시 세로길이는 모두 증가했으나, C2의 변화량은 0.2cm로 거의 변화가 없었다.

[Figure 3]과 같으며, 앞판의 2구역과 전체 구역에서는 정자세에 대한 팔 90° 및 135° 외전 시 연결선이 모두 증가했으며, LoNE는 검출되지 않았다.

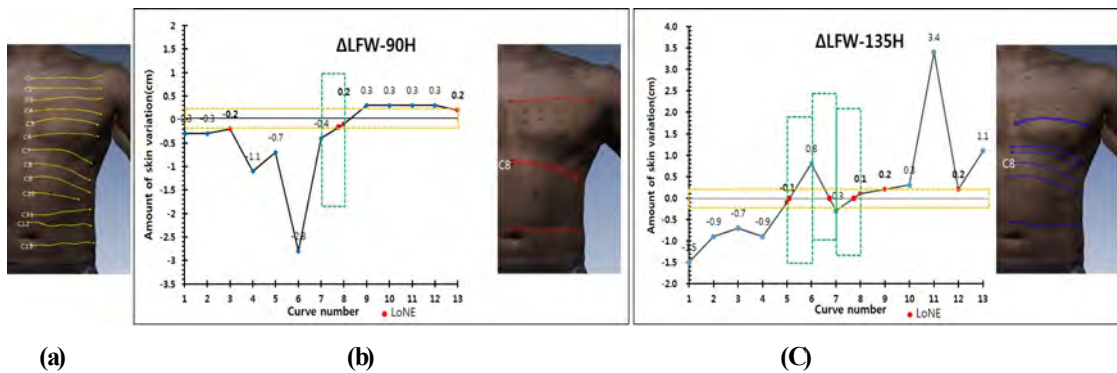


[Figure 3] Vertical connection line in the area 2(left) and whole front body(right)

② 인체 전면 세로 2구역과 전체구역

앞판 2구역과 앞판 전체에 대한 세로방향 연결선은

(2) 동작에 따른 가로길이 변화량 및 LoNE 탐색



[Figure 4] Horizontal skin deformation in the whole front at each degree (a: horizontal connection line, b: amount of skin variation in horizontal length from 30° to 90° arm abduction, c: amount of skin variation in horizontal length from 30° to 135° arm abduction

가로길이는 몸통을 분할하지 않고, 앞관 전체에서 정자세에 대한 동작 시 체표면 길이 변화량을 분석하였다.

[Figure 4(a)]과 같이 앞관 전체에 대한 가로방향으로 연결선을 생성하였다. [Figure 4(b)]는 팔을 정자세로부터 90° 외전 시 앞관 전체에 대한 가로길이의 체표면 변화량($\Delta LFW-90H$)을 나타냈다. C3, C8은 변화량이 $\pm 0.2\text{cm}$ 미만으로 변화가 미비했고, C7과 C8, 그리고 C12와 C13은 부호가 바뀌는 구간으로 LoNE가 검출되었다.

[Figure 4(b)]는 135° 외전 시 가로방향의 체표면 변화량($\Delta LFW-135H$)으로 C5, C8, C9, C12는 변화가 거의 없었고, C5와 C6, C6과 C7 그리고 C7과 C8에서 부호가 바뀌었으며, 대부분 밑가슴둘레 아래에서 LoNE가 검출되었다. 이와 같은 결과로, C8의 경우에는 두 외전 동작에서 공통으로 LoNE가 탐색되었다. 특히 이 위치는 복부 근육 지지 등과 같은 특별한 용도의 컴프레션 웨어 설계 시 절개선으로 활용 가능 할 것으로 사료된다.

2) 뒤관 몸통에 대한 수직·수평방향 체표면 길이 변화

뒤관은 [Figure 1(a)]와 같이 어깨 관절의 가동범위를 고려하여 견갑골 하단을 중심으로 2개의 영역으로 분할하였고, 앞관과 동일한 방법으로 정자세에 대한 동작 시 체표면 변화량을 분석하였다.

(1) 동작에 따른 세로길이 변화량 및 LoNE 탐색

① 인체 후면 세로 1구역

[Figure 5(a)]은 뒤관 1구역에서 세로방향으로 연결선

을 생성한 것이다. [Figure 5(b)]는 팔을 정자세로부터 90° 외전 시 뒤관 1구역 체표면의 세로 길이 변화량($\Delta LB1-90V$)을 나타낸 것이다. C1~C4에서는 증가했으나, C5는 변화량이 -0.6cm 감소했고, C4와 C5구간에서 변화량의 부호가 바뀌어 LoNE를 검출했다.

[Figure 5(c)]는 정자세로부터 팔을 135°로 외전 시 뒤관 1구역의 세로 길이 변화량($\Delta LB1-135V$)을 나타낸 것으로 C4에서 -0.1cm 로 변화가 거의 없었다. 또한 C3은 길이가 증가했으나 C4는 감소로 이 구간에서도 LoNE가 검출되었다.

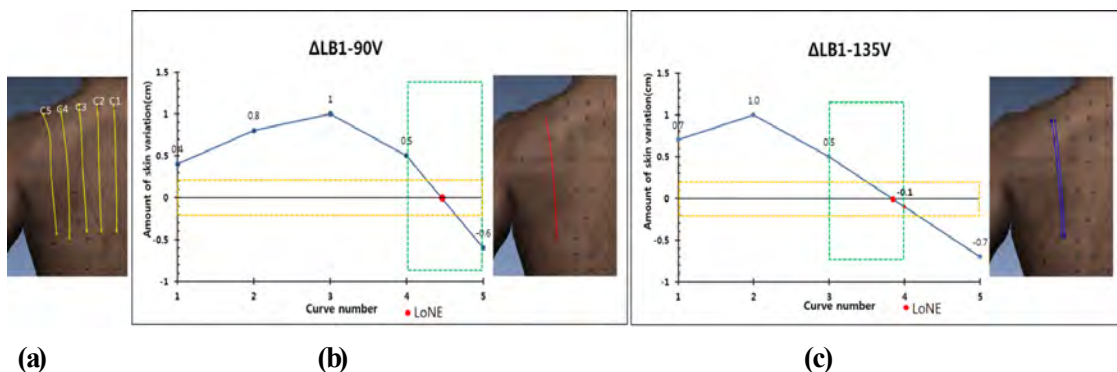
② 인체 후면 세로 2 구역

[Figure 6(a)]은 뒤관 2구역에서 세로방향으로 연결선을 생성한 것이다. [Figure 6(b)]는 팔 90° 외전 시 뒤관 2구역 세로길이 변화량($\Delta LB2-90V$)을 나타낸 것이다. 세로 길이는 모두 증가했으며 특히, C5, C6가 가장 늘어났다. 그러나 뒤중심과 가까운 C2의 변화량은 $+0.1\text{cm}$ 로 변화가 거의 없었다.

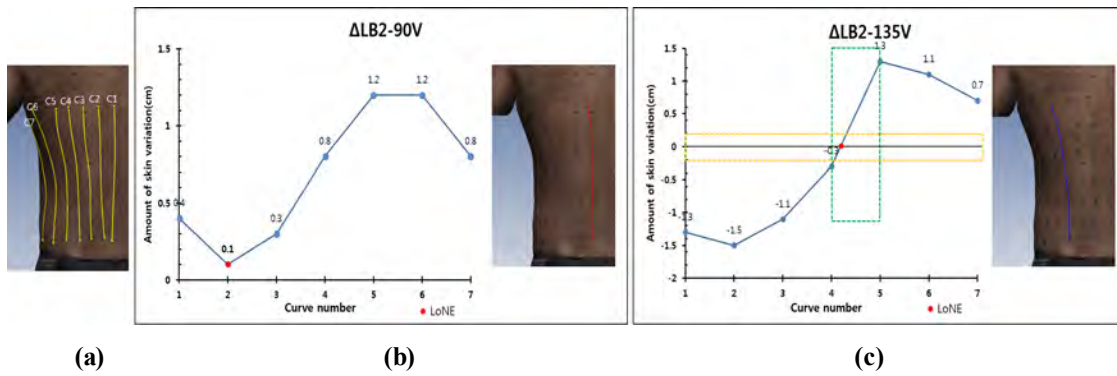
[Figure 6(c)]는 정자세로부터 팔을 135°로 외전 시 뒤관 2구역 세로길이 변화량($\Delta LB2-135V$)을 나타낸 것이다. C4와 C5에서 부호가 바뀌었으며, C4와 매우 가까운 곳에서 LoNE가 검출되었다.

③ 인체 후면 전체구역

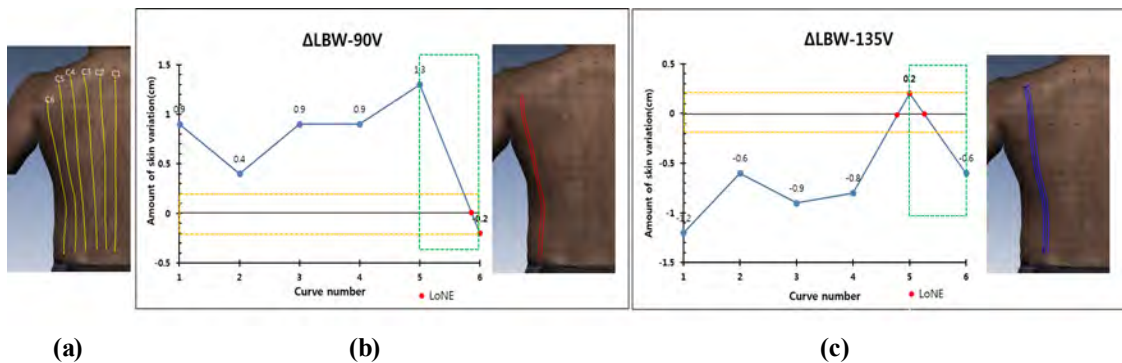
[Figure 7(a)]는 뒤관 전체에서 세로방향으로 연결선을 생성한 것이다. [Figure 7(b)]는 팔을 정자세로부터 90° 외전 시 뒤관 전체 세로길이 변화량($\Delta LFW-90V$)을 나타낸 것으로 C1~C5는 증가했지만, C6는 변화량이 -0.2cm



[Figure 5] Vertical skin deformation in the area 1 at each degree (a: vertical connection line, b: amount of skin variation in vertical length from 30° to 90° arm abduction, c: amount of skin variation in vertical length from 30° to 135° arm abduction



[Figure 6] Vertical skin deformation in the area 2 at each degree (a: vertical connection line, b: amount of skin variation in vertical length from 30° to 90° arm abduction, c: amount of skin variation in vertical length from 30° to 135° arm abduction)



[Figure 7] Vertical skin deformation in the whole back at each degree (a: vertical connection line, b: amount of skin variation in vertical length from 30° to 90° arm abduction, c: amount of skin variation in vertical length from 30° to 135° arm abduction)

로 미비했다. 또한 C5와 C6은 ‘+’에서 ‘-’로 부호가 바뀌는 구간이므로 2개의 LoNE가 C6과 서로 인접해 있었다.

[Figure 7(c)]는 팔을 정자세로부터 135°로 외전 시 뒤판 전체 세로길이 변화량(ΔLFW-135V)을 나타낸 것이다. C1~C4는 체표면 변화량이 감소했지만, C5는 0.2cm로 미비하게 증가했다. 그러나 다시 C6에서 줄어들었음을 알 수 있었다. 이와 같은 결과로, 팔을 90°로 외전 시에는 LoNE가 C6영역에 있지만 135°로 외전 할 경우에는 C5 영역의 중심쪽으로 조금 이동했다는 것을 알 수 있었다.

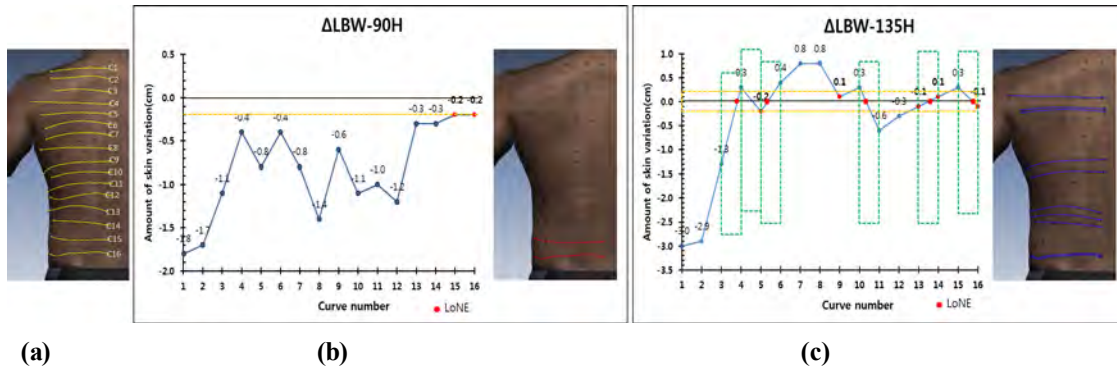
(2) 동작에 따른 가로 길이 변화

앞판과 동일하게 정자세에 대한 동작 시 가로길이 변화량은 뒤판 전체에 대해서만 분석했다.

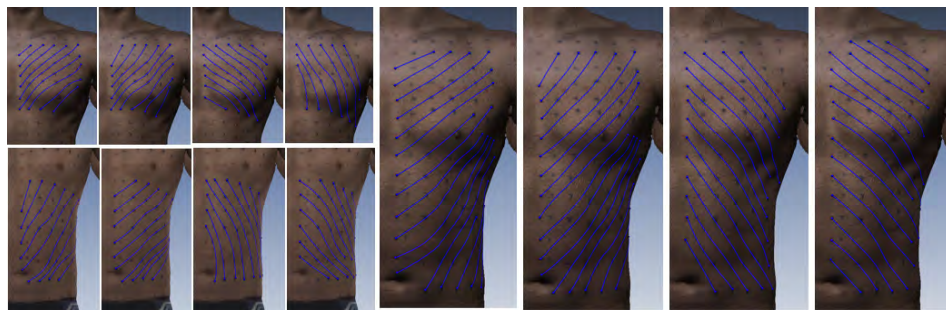
[Figure 8(a)]는 뒤판 전체에서 가로방향으로 연결선

의 생성한 것이다. [Figure 8(b)]는 정자세로부터 팔을 90° 외전 시 뒤판 전체 가로길이 변화량(ΔLBW-90H)을 나타낸 것이다. 가로 길이의 변화량은 측정 위치에 따라 -1.8~-0.2cm로 변화량의 차이가 있었다. 허리둘레선을 경계로 하부에 있는 C15와 C16의 변화량은 각각 -0.2cm 변화가 미비했으며, 동작 시 체표면의 모양과 길이는 변화가 거의 없어 영향이 거의 미치지 않는 영역(zone)임을 알 수 있었다.

[Figure 8(c)]는 정자세로부터 팔을 135°로 외전 시 뒤판 전체 가로길이 체표면 변화량을 나타낸 것이다. C5, C9, C13, C14, C16은 변화량의 ±0.2cm미만으로 변화가 거의 없어 LoNE로 채택하였다. 또한 C3과 C4, C4와 C5, C5와 C6, C10과 C11, C13과 C14, C15와 C16에서 부호가 바뀌어 이들 구간에서 LoNE를 검출하였다. 이와 같은 결과로, 각각의 외전 각도에 따라 LoNE의 위치와 수는



[Figure 8] Horizontal skin deformation in the whole back at each degree (a: horizontal connection line, b: amount of skin variation in horizontal length from 30° to 90° arm abduction, c: amount of skin variation in horizontal length from 30° to 135° arm abduction)



[Figure 9] Various diagonal length observed for skin deformation in each area

다르게 나타났다. 특히 135°로 외전 시 근육이 움직이는 방향에 따라 피부 형상은 달라지나, 길이의 변화량은 미미했다.

3) 앞·뒤판 몸통에 대한 사선방향 체표면 길이 변화

(1) 앞판 사선길이 변화량

사선은 의복 설계 시, 앞·뒤판 연결을 위한 연결선의 기능뿐만 아니라 디자인을 위한 절개선 등 그 활용범위가 광범위하다. 이에 본 연구에서는 [Figure 9]와 같이 정자세에 대한 동작 시 앞판의 상·하 영역 내 및 몸통 전체에 대해 체표면이 사선방향으로 얼마나 변화하는지 알아보기 위해 다양한 각도에서 사선을 생성한 후 보다 세밀하게 분석했다.

(2) 뒤판 사선길이 변화량

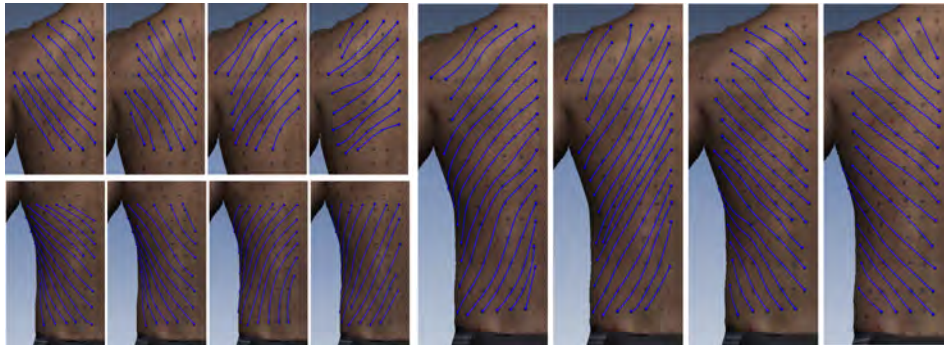
뒤판은 팔을 외전 시 견갑골 돌출로 인해 체표면 변화가

눈에 띄게 발생되고 컴프레션 웨어의 용도와 목적에 따라 다양한 형태로 절개선이 생성된다. 이런 이유로 뒤판도 [Figure 10]과 같이 몸통을 2개의 구역으로 분할하고 구역 내 및 몸통 전체에서 다양한 방향으로 사선을 생성한 후 직선 방향과 동일한 방법으로 분석했다.

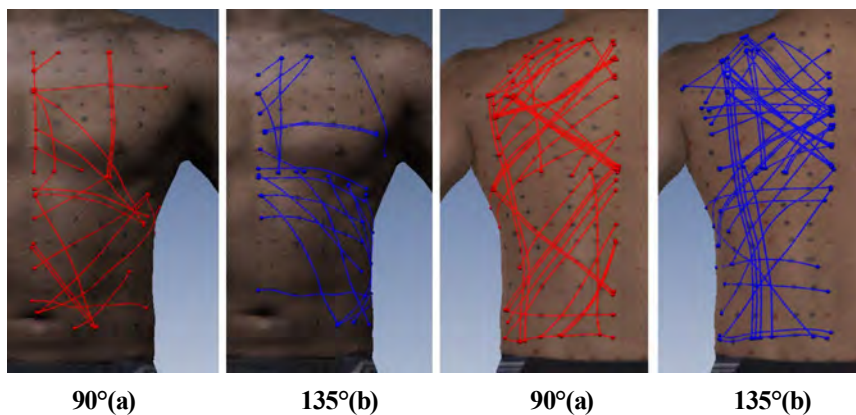
4) 팔을 90° 및 135° 외전 시 앞·뒤판에서 검출된 LoNE 중합도

정자세에 대한 각각의 동작 시 직선 및 사선방향에서 검출된 LoNE의 중합도는 [Figure 11]과 같다. 앞판의 경우에는 가로방향으로 두 외전 각은 비슷한 영역에서 LoNE가 검출되었고, 사선 방향의 경우에는 1구역 135°에서 어깨관절 전면 사선 방향으로 LoNE가 검출되었는데, 이 위치는 라글란 소매 설계 시 절개선의 위치로 활용이 가능할 것으로 사료된다.

팔을 90° 외전 시 앞판 1구역 유두점을 지나는 세로 무변형선은 팔을 135°로 더 외전 할 때 검출되지 않았다. 또



[Figure 10] Various diagonal length in the each area



[Figure 11] Mapping of LoNE at each degree in the torso
(a: at 90° in the front, b: at 135° in the front, c: at 90° in the back,
d: at 135° in the back)

한 팔을 90°로 외전 시에는 앞판 2구역 복부에서 검출되었던 피부 무변형선은 [Figure 11(a),(b)]와 같이 변화가 있었다.

뒤판의 경우 앞판에 비해 다수의 LoNE가 검출되었으며 세로방향의 경우에는 LoNE가 미미한 차이로 비슷한 위치에서 검출되어 이 영역은 디자인에 따라 세로방향의 절개선으로 활용 가능하다.

2. 퍼포먼스 커팅 라인 추출과 이를 활용한 컴프레션 웨어 설계

본 연구에서는 Figure 12(a)와 같이 일상생활에서 팔의 외전이 주로 135° 범위 내에서 이루어지고 있기 때문에 본 연구에서는, 팔을 135°로 외전 시 검출된 피부 무변형선(LoNE)을 활용하여 기본 디자인 라인을 생성하였다.

본 연구에서는 다수의 피부 무변형선 중에서 디자인적 측면 및 기능적인 차별가압을 위해 필요한 최소한의 경계선을 절개선으로 선택했다. 예를 들면, 흉부는 호흡의 용이함을 위해 선정하였고, 후면의 경우에는 어깨 가동범위를 고려하고 등 근육을 지지하기 위해 X자 형태로 선정하였다.

본 연구는 몸통에 초점을 둔 것으로 [Figure 12(b)]와 같이 몸통은 3D-2D 패턴을 사용했지만, 소매는 2차원 기본원형을 사용하였다.

2) 착의평가

피험자는 표준체형의 20대 남성 6인(가슴둘레 평균 102.4cm, 배꼽수준 허리둘레 평균 88.6cm)을 대상으로



[Figure 12] Performance cutting line using the LoNE(a) and 3D-2D pattern(b)

선정하였으며, <Table 3>과 같이 제작된 3종의 실험복을 랜덤하게 지급하였다. Back & Choi, (2007)의 연구에서, 의복압은 압력의 정량적 수치만으로 의복에 대한 쾌적감의 정도를 평가하기 어렵다는 연구결과를 토대로 압력수준에 대한 평가로 견관절 최대 수평 외전, 굴곡 및 회전 동작 후 압력수준, 봉제선 위치 적설 등에 대해 주관적 감각 평가를 자유롭게 기술했다.

(1) 의복압 및 주관적 평가

의복압 측정은 [Figure 13]와 같이 앞판은 기본 패널(P1, P3)과 가압 패널(P2, P4)에서 측정했고, 뒷판은 기본패널

(P3)과 가압패널(P1, P2, P4)에서 측정했다. 의복압 측정 장비는 공기 주입식 의복압 센서 AMI 3037-2(AMI Techno, co, Ltd., Japan)를 사용하였고, 측정된 데이터는 Aglient사의 데이터 수집기 34970A를 통해 1초 간격으로 1분 동안 기록하였다.

부분적으로 가압수준이 다른 3종의 실험복에 대한 의복압 평가 결과는 <Table 4>와 같다. 실험복 1의 기본 패널은 0.24~0.48 kPa였고, 가압 패널은 0.38~0.67 kPa로 측정위치에 따라 다소 차이는 있었지만 전체적으로 몸에 부드럽게 밀착되는 정도로 평가되었다. 실험복 2의 기본 패널은 0.22~0.61 kPa로 실험복 1과 동일한 축소율을 적용했지만 부분적으로 가압 패널의 영향으로 인해 실

<Table 4> Measurement points of clothing pressure

Experimental garments	Front			Back		
	M.p.	Z-applied % stretch	Clothing pressure (unit : kPa)	M.p.	Z-applied % stretch	Clothing pressure (unit : kPa)
1	P1	W60/C76	0.28	P1	W70/C81	0.67
	P2	W75/C81	0.53	P2	W75/C81	0.57
	P3	W60/C76	0.24	P3	W60/C76	0.48
	P4	W75/C81	0.58	P4	W75/C81	0.38
2	P1	W60/C76	0.25	P1	W80/C86	0.69
	P2	W80/C86	0.56	P2	W80/C86	0.72
	P3	W60/C76	0.22	P3	W60/C76	0.61
	P4	W80/C86	0.62	P4	W80/C86	0.50
3	P1	W60/C76	0.23	P1	W85/C91	0.84
	P2	W85/C91	0.62	P2	W85/C91	0.91
	P3	W60/C76	0.19	P3	W60/C76	0.64
	P4	W85/C91	0.78	P4	W85/C91	0.72

협복 1과는 다소 결과값에 차이가 있었다. 가압 패널은 0.50~0.72 kPa로 실험복 1보다 약간 더 밀착되는 수준으로 평가되었다. 실험복 3의 기본 패널은 0.19~0.64 kPa였고, 가압 패널은 0.62~0.91 kPa로 3종 실험복 모두 1 kPa미만으로 쾌적한 영역에 포함되었다(Park & Chun, 2013; Kim & Hong, 2012; Lee et al., 2015).



[Figure 13] Location of clothing pressure

3종의 실험복의 기본 패널은 동일한 축소율을 적용했어도 측정위치와 서로 인접한 가압 패널의 가압수준에 따라 의복압에 다소 차이가 있었다. 또한 가압 패널의 경우에는 실험복 3에서 뒷관 X자형 패널이 등 근육을 지지해 줌으로써 자세를 교정해 준다고 평가했다. 또한 절개선의 위치 적절성에 대한 평가에서는, 앞관 복부의 절개선은 특별한 기능이 없어 절개선을 없애는 것이 좋다고 했다. 또한 복부영역(zone)의 가압수준 높여 복근을 지지해 주면 복부 운동에 더 효과가 있을 것이라고 평가했다.

3. 결론 및 제언

본 연구에서는 팔을 30도 외전한 상태를 기본으로 하고 이에 대해 팔을 90도, 135도 까지 외전할 때 몸통 체표면의 길이 변화량을 3차원 테크놀로지를 활용하여 분석하였다. 상체의 앞면과 뒷면을 길이 방향으로 나누어 부분별과 전체로 피부 변화량을 측정하여 상대적으로 변화량이 작은 부분으로 $\pm 0.2\text{cm}$ 미만 또는 $\pm 5\%$ 미만을 무변형선 영역으로 간주하였고 변화량의 부호가 바뀌는 지점에서 피부 무변형선(Line of Non-Extension, LoNE)을 검출하였다.

이 결과를 팔 외전 각도 각각에 대해 바디맵핑(mapping)을 함으로써 컴프레션 웨어 상체에 디자인 라인을 넣거나 인체 부위별 의복압을 다르게 하고자 할 때 절개선에 대한 가이드라인을 제공하였다. 검출된 LoNE 중

일반적인 컴프레션 웨어 용으로 적합하다고 생각되는 위치의 LoNE를 이용하여 부위별로 축소율을 달리한 컴프레션 웨어 3 종을 제작한 뒤 의복압과 주관적 착의 평가를 실시하였다.

그 결과, 첫째, 앞관의 세로방향은 앞면 전체를 대상으로 길이를 측정했을 때는 피부 무변형선이 없었고 구역으로 나누었을 경우 상부에서만 관찰되었다. 가로방향의 경우에는 LoNE 중에서 두 동작 시 동일하게 밀가슴둘레보다 다소 아래 부분에서 LoNE가 검출되었다. 허리둘레 부분에서도 검출되었다.

둘째, 사선의 경우에는 앞관보다 뒷관에서 더 많이 검출되었는데, 135° 외전 시 어깨관절 앞면 전면 사선방향과 가까운 몸판에서 LoNE가 검출되어 라클란 소매 설계시 절개선으로 활용이 가능할 것으로 사료된다.

셋째, 다양한 압력 레벨을 인체 부위에 부가하기 위해서 제시한 LoNE 라인 가운데 몇 가지 라인을 절개선으로 활용된 컴프레션 의복의 절개선이 위치는 피험자 6인은 만족했고, 3종 실험복 모두 1 kPa미만으로 주관적 평가에서도 의복압에 따른 구속감은 없었다. 피험자 6명은 절개선의 위치에 만족하였다.

넷째, 본 연구의 다른 용도로는 앞으로 신축성이 상대적으로 적은 전도성 실을 부분적으로 사용하여야 하는 IT 융합 웨어러블 웨어를 들 수 있으며 보호용구를 설계할 때 또는 부품을 부착할 때 박음선 등에도 활용할 수 있다.

3차원 스캔 시 어깨 부분이 결측되면 표시한 레퍼런스 점을 다른 동작 내에서 추적하여 찾을 수가 없는 사유로 본 연구는 어깨 상단은 제외하고 최대한 보이는 곳까지를 사용하여 측정했다는 데에 그 활용에 제한점이 있다. 본 연구에서 찾은 부분별 무변형선은 추후에 상체 일부분에서 전도성 실의 회로부분에 이용하면 좋으며 부품을 부착하고자 할 때에도 가이드 라인으로서의 활용가치가 높다.

주제어: 피부 무변형선, 컴프레션 웨어, 의복압, 봉제선, 3차원 스캔

REFERENCES

Aya, M., Tamaki, M., Sachiko, M., Tetsuro, K.,

- Takehiro, T., Shigeki, W. (2002). Effects of Clothing Pressure Caused by Different Types of Brassieres on Autonomic Nervous System Activity Evaluated by Heart Rate Variability Power Spectral Analysis. *Journal of physiological anthropology and applied human science*, 21(1), 67 - 74.
- Baek, Y. J., Choi, J. W., & Lee, K. S. (2007). Selection of Measurements Points for the Garment Pressure of the Brassier and Waist-Nipper. *Korean J. Community Living Science*, 18(3), 445-453.
- Berry, M. J. & McMurray, R. G. (1987). Effects of graduated compression stockings on blood lactate following an exhaustive bout of exercise. *American journal of physical medicine*, 66(3), 121 - 132.
- Choi, J. H.(2011). Development of the Men's Scuba Diving Suit Pattern by Using 3D Body-Scanned Data. *Journal of the Korean Home Economics Association*, 49(4), 105-113.
- Choi, J. Y. & Hong, K. H. (2014). 3D skin length deformation of lower body during knee joint flexion for the practical application of functional sportswear, *Applied Ergonomics*, 48, 186-201.
- Chun, J. S., Suh, D. A., & Lee, K. S. (2002). A Study on the Use of 3D Human Body Surface Shape Scan Data for Apparel Pattern Making. *The Research Journal of the Costume Culture*, 10(6), 709-717.
- 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. (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. J. (2011) Torso Pattern Design for Korean Middle-Aged Women using 3D Human Body Scan Data, *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 13(4), 600-613.
- Kim, N. Y. (2012). Engineering Design of 3D compression suit based on the anatomical nature of moving body, Master's dissertation, Chungnam National University, Korea.
- Kim, S. Y. & Hong, K. H. (2012). Engineering design process of tight-fit sportswear using 3D information of dermatomes and skin deformation in dynamic posture. *Korean Journal of Human Ecology*, 21(3), 551-565.
- Kim, T. G., Park, S. J., Park, J. W. Suh, C. Y., & Choi, S. A. (2012). Technical Design of Tight Upper Sportswear based on 3D Scanning Technology and Stretch Property of Knitted Fabric. *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 14(2), 77-285.
- Kim, Y. W. & Baek, Y. J. (2009). Distribution of the Garments Pressure by Postures. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 33(5), 775-781.
- Kraemer W. J., Bush, R. U., Newton, N. D., Duncand, J. S., Volekb, C. R., Denegar, P. C., John Johnstone, M. P., & Wayne, J. S. (1998). Influence of a compression garment on repetitive power output production before and after different types of muscle fatigue, *Sports Medicine Training and Rehabilitation*, 8(2), 163-184.
- Kraemer, W. J., Bush, J. A., Bauer, J. A., Triplett-McBride, N. T., Paxton, N. J., Clemson, A., Koziris, L. P., Mangino, L. C., Fry, A. C., & Newton, R. U.(1996). Influence of Compression Garments on Vertical Jump Performance in NCAA Division I Volleyball Players, *Journal of Strength & Conditioning Research*, 10(3), 180-183.
- Lee, H. R. (2013). Ergonomic Design and its Pattern Development of Outdoor Pants Based on Skin Deformation in Dynamic Postures. Chungnam National University, Korea.
- Lee, J. H., Jun, J. I. & Chio, K. M. (2014). An Analysis of Compression Wear Designs and Structural Elements. *Journal of the Korean Society of*

- Clothing and Textiles*, 16(3), 421-433.
- Lee, J. H., Jun, J. I. & Chio, K. M. (2015). Development of Compression Wear Tops for Men in Their Forties Based on Muscle Locations. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 39(2), 271-286.
- Lee, H. R. (2013). Ergonomic Design and its Pattern Development of Outdoor Pants Based on Skin Deformation in Dynamic Postures. Chungnam National University, Korea.
- Na, Y. J. & Kim, Y. H. (2011). Changes in Physiological Responses by the Pressure of Non-Elastic Corset. *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 13(6), 943-951.
- Oh, S. Y. & Chun, J. S. (2011). A Study of Shirts' Patternmaking Based on 3D Body Surface Changes in Golf Swing Postures. *The Research Journal of the Costume Culture*, 19(5), 1049-1060.
- Park, J. H. & Chun J. S. (2013). Compression of evaluation methods for measuring pressure of compressionwear. *The Research Journal of the Costume Culture*, 21(4), 535-545.
- Park, H. J., Hong, K. H., & Cho, Y. S. (2009). Segmentation Using Curvature Information of 3D Body Surface for Tight-fit Pattern Making. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 33(1), 68-79.
- Park, S. Y. (2014). Development of a design method of active sportswear on the sequential motions analysis. Doctorate dissertation, Yonsei University, Korea.
- Shin, K. H., & Suh, C. Y. (2014). 3D Body Scan Data Analysis for the Slim-fit Dress Shirts Pattern Design: Focused on the 40s Male. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 38(1), 97-109.
- Ziegert, B., & Keil, G. (1998). Stretch Fabric Interaction with Action Wearables: Defining a Body Contouring Pattern System. *Clothing and Textiles Research Journal*, 6(4), 54-64.
<http://sizekorea.kats.go.kr>

Received 02 September 2015;

1st Revised 02 October 2015;

Accepted 06 October 2015