

## 한국 여성 노인 3D 스캔 데이터를 활용한 피트니스 동작별 체표면적 분석

전은진 · 정하영 · 김희은<sup>1)</sup> · 유희천<sup>†</sup>

포항공과대학교 산업경영공학과

<sup>1)</sup>경북대학교 의류학과

### Analysis of Body Surface Area by Fitness Motion Using 3D Scan Data of Korean Elderly Female

Eun-Jin Jeon, Ha-young Jung, Hee-Eun Kim<sup>1)</sup>, and Hee-Cheon You<sup>†</sup>

Dept. of Industrial & Management Engineering, POSTECH, Pohang, Korea

<sup>1)</sup>Dept. of Clothing & Textiles, Kyungpook National University, Daegu, Korea

**Abstract:** The present study provides reference data required for the design of clothing for the elderly by analyzing the body surface area during fitness motion based on 3D scan data of Korean elderly women. This study was conducted with the procedures of (1) survey of motions and main muscles for fitness, (2) acquisition of 3D scan data, and (3) analysis of rate of change for body surface area during fitness motion. Acquisition of 3D body scan data was obtained from seven elderly females (age: 64-77). We selected 66 anatomical landmarks (40 upper body and 22 lower body) by referring to previous studies. Body surface was segmented by connecting the landmarks marked on the 3D scan data acquired. Analysis of body surface area was conducted in terms of the change rate of surface area in 9 postures of elbow 0°, 90° and 180° for flexion, shoulder 90°, 180° for flexion, shoulder 0°, 180° for abduction, hip 90° for flexion, and knee 90° for flexion compared to the those in the standing posture. The amount of changes in body surface area were 12%-62% in the upper body, 15%-77% in the arm, and 10%-51% in the lower body. A future study on the rate of change of body surface length is needed; in addition, a study on how to apply the results of body surface area and body surface length analysis to clothing pattern design is also necessary.

**Key words:** Korea elderly women (한국 여성 노인), fitness compression wear (피트니스 압박웨어), 3D scan data (3D 스캔 데이터), body surface area (체표면적), human body characteristics (인체 특성)

## 1. 서 론

우리나라는 2019년 전체 인구 대비 65세 이상 노인 인구 비율이 14.9%로 이미 고령화 사회에 진입하였으며, 2026년에는 노인 인구 비율이 20% 이상인 초고령화 사회에 진입할 것으로 예상된다. 우리나라 전체 인구는 2019년에 5,170만 9천명으로 2028년까지 증가한 후 감소하는 경향이 예측되는 반면, 65세 이상 인구는 768만 5천명으로 2050년(1,900만 7천명)까지 지속적으로 증가할 전망이다(“Estimated population by age”, 2019). 노인 1인당 연간 의료비는 305만원으로 성인 평균 1인당 의료비 102만원에 비해 3배 이상 높으며, 60세 이상 노인의 소득

대비 의료비 비중은 21.5%로 의료비 부담이 가중되고 있다(“Medical expenses over 65 year”, 2017). 고령자는 연령이 증가할수록 척추길이 감소, 허리 측만증, 흉추와 경추의 형태 변형 등이 발생하고 운동 기능이 저하된다. 또한, 고령자의 체형은 높이 항목 감소와 더불어 상반신과 무릎이 굽어지는 굴신 체형으로 변화하게 된다(Kim & Seong, 2002). 현재 고령자들은 이러한 운동기능 저하와 체형 변화를 예방하기 위해 운동 활동에 많은 시간을 소요하고 있고 건강한 노년에 대한 인식이 확대됨에 따라 피트니스 운동에 대한 수요가 증가하고 있다. 이러한 시점에서 고령자 대상 제품과 노인 의복 설계를 위해 고령자의 체형과 부위별 인체 치수에 대한 분석이 필요하다. 특히, 운동 시 발생하게 되는 굴곡(Flexion), 신전(Extension), 회전(Rotation) 동작과 연관되는 목, 겨드랑이, 허리, 팔꿈치, 살, 무릎 부위의 체표면적 변화율의 파악이 중요하다.

현재 Size Korea의 한국 노인의 3차원 인체 형상 정보는 해상도가 낮고 목, 겨드랑이, 살, 가슴 아래 부위는 측정이 되지 않는다는 한계가 있다. Size Korea 데이터에서 스캔 정보 확보가 미흡한 부위는 동작에 관여하는 중요 부위로 의복 설계 시

<sup>†</sup>Corresponding author; Hee-Cheon You

Tel. +82-54-279-2210, Fax. +82-54-270-2870

E-mail: hcyou@postech.ac.kr

© 2020 (by) the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

에는 반드시 고려되어야 한다. 3D 스캔 데이터에서 미 측정된 부분은 보완 작업(예: Smoothing, Hole filling, Remeshing, Shrink, landmark)에 장시간이 소요된다는 단점이 있다. 또한, 스캔 데이터 재가공 과정을 거치면서 실제 인체 형상과의 치수 오차가 발생하게 되어 의복 설계시 적용하게 되는 치수가 부정확 할 수 있다. 3차원 인체 스캔은 측정 소요시간이 짧고 높은 정밀도가 요구되고, 겨드랑이, 살 부위의 겹쳐지는 데이터가 최소화 되어야 한다(Kim & Park, 2011). 따라서, 한국 노인의 체표면적 변화를 분석을 위해서는 한국 노인 인체 형상에 대한 양질의 3D 스캔 데이터의 획득 방법과 분석 방법에 대한 체계화가 선행되어야 한다. 또한, Size Korea 3차원 인체 형상 정보는 정적 자세인 A-pose 선 자세에서만 측정되었으나 의복은 착용 시에 다양한 동작 상태에서 사용하게 된다. 그러므로 의복 설계 시에는 동작에 따른 관절 부위(겨드랑이, 팔꿈치, 무릎, 살)에 대한 변화율 정보(길이, 둘레, 체표면적, 부피 등)가 반드시 반영되어야 한다.

고령 인구의 증가로 노인의 체형 특성 및 인체 치수에 대한 연구와 고령 친화 제품과 노인 의복에 대한 문제점 및 개선안에 대한 연구가 시급하다. 고령자는 신체적으로 운동신경 저하, 근 골격계 퇴화, 호르몬 감소 등으로 인해 현저한 체형변화를 경험하게 된다. 고령자는 노년후기로 갈수록 심각한 체형 변화가 발생하게 되므로 노인복은 차별화된 신체적 특징을 고려하여 설계되어야 한다(Lee, 2008). 고령자는 점차적으로 높이 항목은 감소하고 둘레 항목은 증가하는 체형으로 변화하고 등길이와 뒤폭이 증가함으로써 목과 어깨 관절 각도가 전면으로 기울어지게 된다(Lee et al., 2003). 고령자의 체형 특성과 인체치수를 고려하지 않은 의복은 치수는 동일하더라도 착용감과 맞음새가 적절하지 않아 부위별 의복압 상승과 같은 문제를 야기하게 된다. 또한, 부위별 여유량이 적절하지 않아 동작성이 저하되고 피로감이 누적됨으로써 다양한 사고를 유발시킬 수 있다. 고령자와 관련된 연구는 연령 증가에 따른 체형 특성 분석(Kim, 2003; Lee et al., 2003), 체형 유형화 연구(Kim, 2000), 패턴 개발 연구(Lim, 2003; Lee et al., 2003) 등이 있으나 3D 스캔 데이터를 활용하여 체표면적 변화율을 분석한 연구는 미흡한 실정이다. 의복 패턴 설계 시 착용자의 동작 범위와 인체 측정 자료를 기반으로 한 적정 여유분을 적용할 경우 착용자에게 최적의 착용감과 동작용이성을 제공할 수 있다(Park & Ryu, 2000).

3차원 스캔 데이터는 특이 체형의 치수와 형태 정보의 획득이 용이하고 크기, 형태, 자세에 대한 데이터를 정확하게 확보할 수 있다. 3차원 인체 스캔 데이터를 활용한 선행 연구로 의복 구성 분야는 3D 스캔 데이터를 2D 평면 패턴화하고 자동 설계하는 연구가 있다. 3D 스캔 데이터의 2D 평면화 방법은 Runge-kutta(Park et al., 2009), strain reduction(Choi & Nam, 2009), energy model(Yang et al., 2011), CATIA program(Park et al., 2007)을 이용한 방법이 있다. 3D 스캔 데이터를 활용한 연구는 3차원 스캔 데이터 치수 정보를 패턴 설계에 적용하는

방법(Suh & Park, 2008)과 3차원 스캔 데이터의 표면을 2차원 평면으로 전개하는 방법(Jeong & Hong, 2006; Yoon & Nam, 2016), 의복을 가변형 인체에 모델링 한 후 평면화하는 방법(Choi et al., 2007) 등이 있다. 3차원 스캔 데이터를 활용하여 의복의 패턴을 설계할 경우 패치 사이에 벌어짐이나 겹침 등의 문제점이 발생하게 되어 실제 인체 치수와 패턴과의 치수 오차가 발생하는 문제가 있다(Kim & Park, 2011). 또한, 고령자의 3차원 스캔 데이터를 활용한 연구는 연령에 따른 체형 특성 분석(Kim, 2003; Lee et al., 2003), 체형 유형화 연구(Kim, 2000), 패턴 개발 연구(Cha, 2013; Hong, 2013; Jeong & Hong, 2015; Jung, 2016; Kim, 2016; Lee, 2003; Lim, 2003) 등이 있으나 대부분 상반신에 국한 되어 있으며, 동작시 체표면적 변화율을 분석한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 한국 여성 노인의 3차원 스캔 데이터를 기반으로 피트니스 동작시 체표면적 변화율을 분석하여 동작용이성이 향상된 고령자용 의복 설계에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1. 고령자 피트니스 동작 및 주동 근육

고령자의 피트니스 동작은 중앙 치매센터에서 제공하는 미국 노화연구소가 권장하고 있는 운동(A guide from the National Institute on Aging)과 국가 치매 지식정보 포털의 운동법을 참고로 하였다("Exercise tips for the elderly", 2012)(Fig. 1). 고령자의 피트니스 동작 중 근력의 사용이 많은 동작은 팔꿈치의 굴곡과 신전(flexion, extension), 어깨의 굴곡과 신전(flexion, extension), 어깨의 외전(abduction), 허리의 굴곡과 신전(flexion, extension), 무릎의 굴곡과 신전(flexion, extension) 등으로 확인되었다. 피트니스 동작 시 사용되는 주동 근육은 팔꿈치 동작 시에 상완삼두근, 어깨의 굴곡과 신전 동작 시에 상완이두근, 삼각근을 사용하며, 어깨의 외전 동작 시에는 중삼각근과 승모근을 사용하게 된다. 또한 엉덩이 굴곡, 신전 동작 시에는 복직근, 척추기립근, 대둔근이 사용되며, 무릎굴곡, 신전 동작 시에는 대퇴직근, 대퇴이두근을 사용하게 된다(Jeon et al., 2018). 고령자가 원활한 피트니스 동작을 수행하기 위해서는 주동근육 부위의 체표면적 변화율을 감안한 피트니스 압박웨어 설계가 필요하다. 본 연구는 피트니스 동작시 사용하는 주동근육과 체표면적 변화율이 클 것으로 예상되는 체간부와 연결되는 상체 겨드랑이, 팔꿈치 부위와 하체 살, 무릎 등의 관절부위를 중심으로 체표면적 변화율을 분석하고자 한다.

### 2.2. 3차원 스캔 데이터 획득

3차원 스캔 데이터는 여성 노인 7명(64~77세)을 대상으로 획득하였으며, 스캔 데이터 획득 시 착용 의복은 인체에 밀착되는 형태로 착의 시 인체 형상에 변화가 없으면서 밀착되는 폴리에스테르와 스판덱스 혼방 소재의 의복을 사용하였다. 의복 형태는 피 측정자가 스캔 데이터 획득 시 불편함을 느끼지 않











1	2	3	4	5
				
Shoulder abduction	Trunk flexion	Shoulder flexion/extension	Elbow flexion/extension	Knee flexion
Medial deltoid	Rectus abdominus	Biceps brachii	Biceps/triceps	Biceps femoris
6	7	8	9	10
				
Hip flexion	Shoulder flexion	Knee extension	Hip extension	Hip abduction
Iliopsoas	Anterior deltoid	Gluteus medius	Gluteus maximus hamstrings	Gluteus medius

Fig. 1. Fitness motion for the elderly to improve muscle strength.

을 디자인으로 소매가 없는 상의와 무릎길이의 반바지를 착용하도록 하였으며, 색상은 스캔 데이터의 획득에 영향을 미칠 수 있는 검은색 및 짙은 색상은 배제하였다.

3차원 스캔 데이터는 3D portable hand scanning system ('Artech EVA', Artec Group, Inc., Luxembroug) 장비를 활용하여 3차원 형상을 획득하였다. 3차원 스캔 데이터의 획득은 Fig. 2와 같은 절차로 진행하였으며, 우선 피검자가 실험실에 입실한 후 실험 동의서를 작성, 실험복 착용, 기준점(Landmark) 표시, 3D scanner 준비 작업을 수행하고 피트니스 동작을 수행할 때 순차적으로 스캐닝을 진행하였다. 스캔 동작은 피트니스 동작 시 체표면적과 체표길이 변화가 많은 6개 부위의 13개 동작으로 Standing, Elbow(flexion/extension) 0°, 90°, 180°, Shoulder(flexion/extension) 0°, 90°, 180°, Shoulder(abduction) 0°, 90°, 180°, Hip(flexion/extension) 0°, 90°, Knee(flexion/

extension) 0°, 90° 조건의 동작이다(Fig. 3). 동작별 스캔 시에는 고정된 자세를 유지할 수 있도록 보조 지지대를 사용하여 피 실험자가 최대한 움직임이 없도록 구성하였다.

3차원 스캔 데이터 분석에 필요한 기준점은 피 실험자의 인체 표면에 부착형 스티커(지름 5 mm)를 사용하여 위치를 표기하였다. 기준점 부착이 완료되면 스캔할 동작에 대해 사전 연습을 진행하여 피 실험자가 동작에 익숙해지도록 하였다. 스캔 후 데이터 검토 단계에서는 스캔 데이터의 품질, 누락된 스캔 부위, 측정된 매쉬 구조 및 꼭지점(Vertex)의 균일한 정도, 기준점 텍스처 캡처(Texture capture)의 적정성 등을 확인하여 측정된 데이터에 이상 여부를 확인하였다.

### 2.3. 3차원 스캔 데이터를 활용한 체표면적 분석

3차원 스캔 데이터 획득 시 필요한 기준점은 기존 연구(Jung,

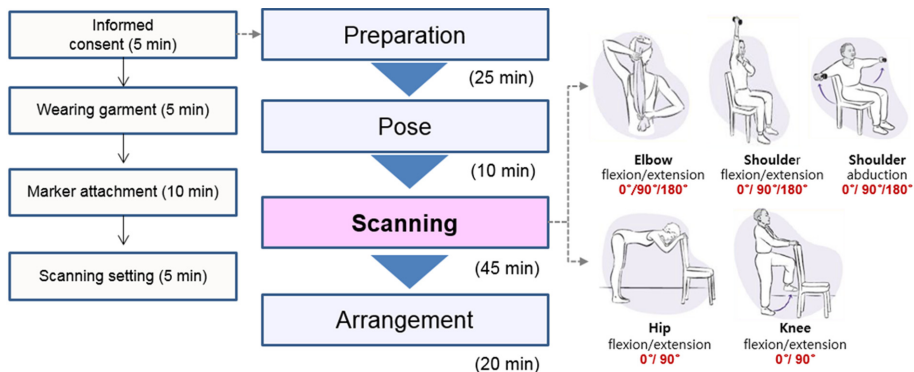


Fig. 2. 3D scan data evaluation protocol.

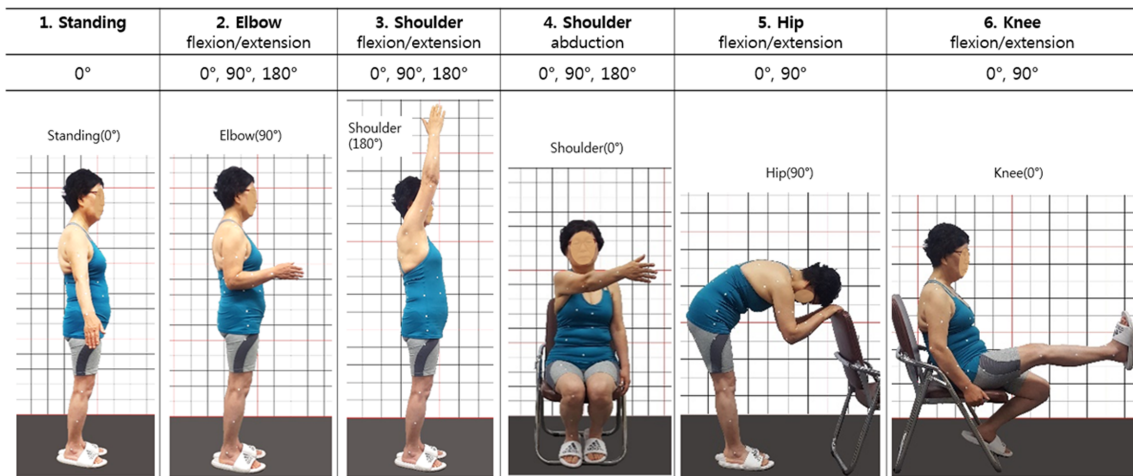
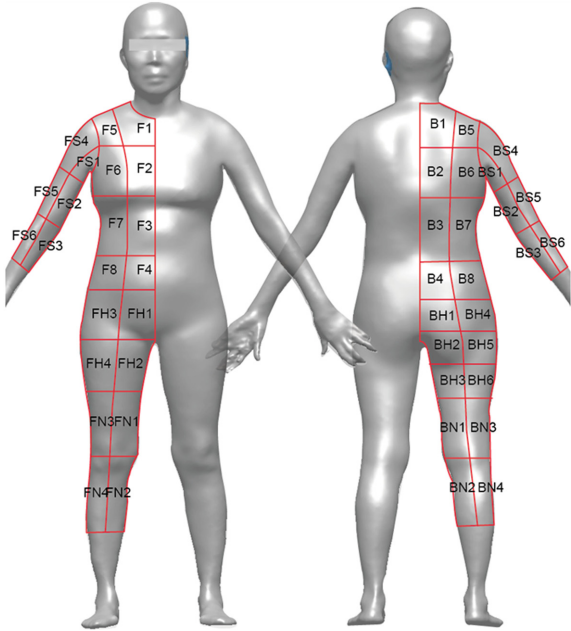


Fig. 3. Example of 3D scan operation.

Table 1. Landmark location and name

Landmark (Upper 40 part, Lower 22 part)	Item(1~31)	Item(32~ 62)
	1 Anterior Neck	32 Lateral shoulder -radiale medial 1/2
	2 Bustline anterior	33 Elbow medial
	3 Anterior waist	34 Lower arm medial
	4 Abdominal point	35 Radial styloid
	5 Lateral neck-right	36 28-32 Anterior 1/2
	6 Midshoulder	37 29-33 Anterior 1/2
	7 Lateral shoulder	38 30-34 Anterior 1/2
	8 Anterior midaxilla	39 31-35 Anterior 1/2
	9 Chest breadth 1/2	40 28-32 Posterior 1/2
	10 Nipple	41 29-33 Posterior 1/2
	11 Anterior axilla	42 30-34 Posterior 1/2
	12 Side line-bust line	43 31-35 Posterior 1/2
	13 Lateral waist	44 Cervicale
	14 Anterior waist-lateral waist 1/2	45 Cervicale-waist center 1/2
	15 Abdominal point-side line	46 Posterior waist
	16 Abdominal point-side line 1/2	47 Tailbone
	17 Crotch line leg lateral	48 Posterior midaxilla
	18 Crotch line leg front	49 Back width 1/2
	19 Crotch medial	50 Back chest width 1/2
	20 Thigh anterior	51 Back waist width 1/2
	21 Thigh medial	52 Center front line-side line 1/2
	22 Midpatella	53 Buttock protrusion
	23 Knee medial	54 Gluteal fold
	24 Calf anterior	55 Thigh posterior
	25 Shin medial	56 Posterior juncture of calf and thigh
	26 Ankle anterior	57 Calf protrusion
	27 Ankle medial	58 Ankle posterior
	28 Lateral shoulder -radiale exterior 1/2	59 Thigh leg lateral
	29 Radiale	60 Knee line leg lateral
	30 Lower arm exterior	61 Calf line leg lateral
	31 Ulnar styloid	62 Lateral malleous

**Table 2.** Body surface segmentation and coding for body surface area analysis

Section of body surface		Part	Front	Back
	1	Upper	F1	B1
	2		F2	B2
	3		F3	B3
	4		F4	B4
	5		F5	B5
	6		F6	B6
	7		F7	B7
	8		F8	B8
	9	Arm	FS1	BS1
	10		FS2	BS2
	11		FS3	BS3
	12		FS4	BS4
	13		FS5	BS5
	14		FS6	BS6
	15	Lower	FH1	BH1
	16		FH2	BH2
	17		FH3	BH3
	18		FH4	BH4
	19		FN1	BN1
	20		FN2	BN2
	21		FN3	BN3
	22		FN4	BN4

Note: F(Front), B(Back), FS(Front sleeve), BS(Back sleeve), FH(Front hip), BH(Back hip), FN(Front knee), BN(Back knee)

2016; Hong, 2013; Cha, 2013; Kim, 2016; Yang et al., 2011) 를 참고로 하여 상체 기준점 40개, 하체 기준점 22개를 선정하였다(Table 1). 선정된 기준점은 3차원 스캔 데이터 획득 전 스티커를 부착하여 표시하였으며, 스캔 데이터 분석은 설정된 기준점을 연결하여 각 부위별 체표면적 범위를 구획한 후 진행하였다. 체표면적 분석을 위한 구획 부위는 상체 16개, 팔 12개, 하체 16개 부위이며, 각 부위에 대한 명칭(Coding)을 Table 2와 같이 부여하였다. 예를 들어 앞은 F(Front), 뒤는 B(Back), 팔 부위는 S(Sleeve), 앞쪽 엉덩이는 FH(Front hip), 앞쪽 다리는 FN(Front knee)로 부위별 체표면적의 이름을 명명하였다.

체표면적 분석은 Rapidform 2006 software 프로그램을 활용하였으며, 데이터 병합, 데이터 후처리, 측정 기준점 기입, 메쉬 세분화의 4단계로 진행하였다. 데이터 병합 단계에서는 개별 프레임 또는 카메라 모듈에서 각각 측정된 3차원 스캔 원본 데이터와 텍스처 정보를 병합하는 과정을 수행하였다. 데이터 후처리 단계에서는 3차원 데이터의 부자연스러운 형상을 smoothing, hole filling, remeshing 등의 편집 기능을 이용하여 형상을 보정하였다. 체표면적을 측정하기 위해서는 측정 기준점을 입력해야 하며, 측정 기준점은 스캔된 데이터에서 확인하였다. 메쉬 세분화 절차는 표면거리 측정시 프로그램 상 최단거리 탐색 알고리즘을 적용하는 특성으로 인해 발생할 수 있는 오차를 최소화하기 위해 수행하였다.

### 3. 결과 및 논의

#### 3.1. 체표면적 변화율 분석 부위

체표면적 변화율 분석은 피 실험자 1명의 스캔 데이터를 활용하여 동작 시 체표면적 변화율을 사전 분석한 후 Fig. 4와 같이 체표면적 변화율이 크게 나타나는 부위를 파악하였다. 체표면적 변화율이 큰 부위는 인체의 관절부위로 굽힘과 펴기(flexion/extension) 동작과 벌림(abduction) 동작이 발생하는 부위로 팔꿈치, 어깨, 엉덩이, 무릎의 관절부위로 확인되었다. 체표면적 변화율이 큰 것으로 확인된 9개 자세에 대해 나머지 피 실험자 6명의 3D 스캔 데이터를 분석하였다. 선정된 자세는 Elbow(flexion/extension) 0°, 90°, 180°, Shoulder(flexion/extension) 90°, 180°, Shoulder(abduction) 0°, 180°, Hip(flexion/extension) 90°, Knee(flexion/extension) 90°로 확인되었다. 선정된 자세를 취할 때 관여하게 되는 부위의 체표면적을 측정하고 결과값의 비교를 통해 변화율을 분석하였다. 체표면적은 사전에 표기해 둔 기준점을 기준으로 표면 경계 커브를 생성한 후 표면의 폐곡선 생성 및 면 도출을 진행하였다. 상기 방법을 통해 최종 구획된 부위인 상체 16개 부위, 팔 12개 부위, 하체 16개 부위의 체표면적을 계산하였다(Fig. 5).

#### 3.2. 피트니스 동작별 체표면적 분석

체표면적 분석 결과 상체에서는 팔 동작 시 어깨와 접하는

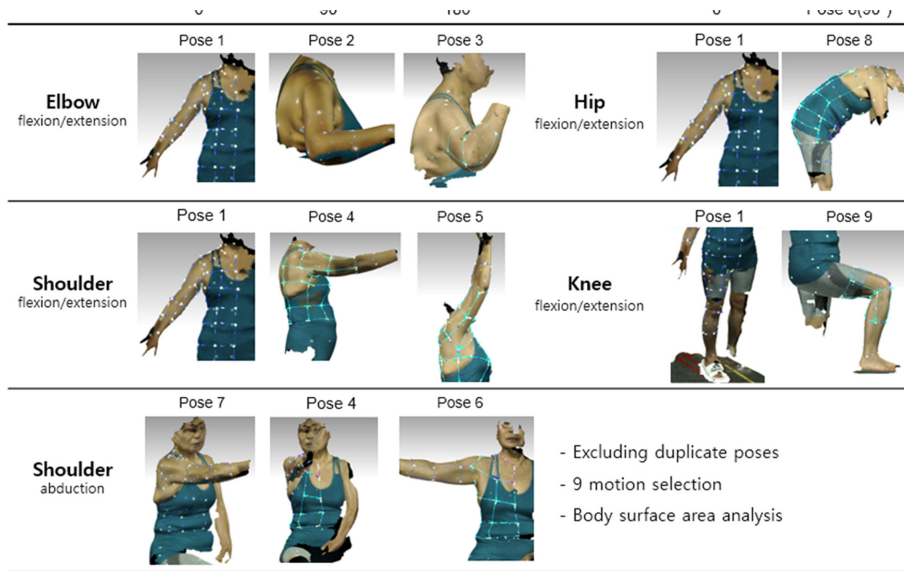


Fig. 4. 9 selection postures for body surface area analysis.

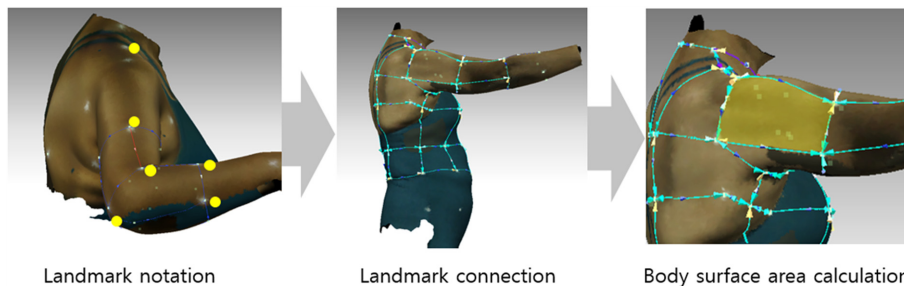
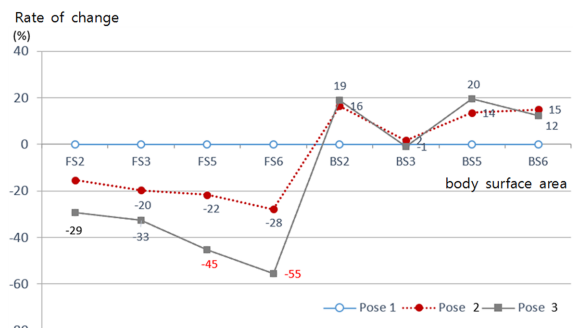


Fig. 5. Example of body surface area analysis process(BS4 part).

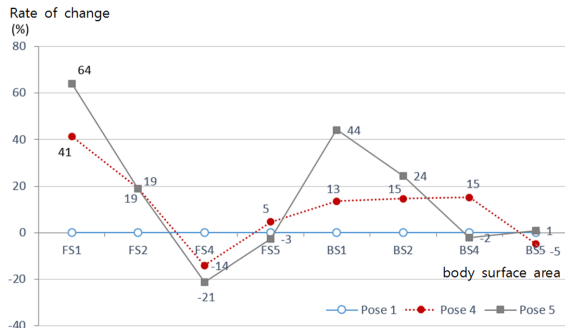
부위, 하체에서는 뒷 엉덩이 부위와 허벅지 부위에서 체표면적의 변화율이 큰 것으로 파악되었다. 체표면적의 변화율은 정적인 기본자세 pose 1을 기준으로 가장 많이 수축한 최소값과 가장 많이 신장한 최대값을 사용하여 변화율을 비교 분석하였다. 신체 부위별로 pose 2에서 pose 9까지의 동작을 수행할 때 44개로 구획된 부위의 체표면적 변화율을 계산하였다. 체표면적 변화율에서 Elbow(flexion/extension) 동작에서는 팔꿈치 앞면에 해당되는 FS2-FS6의 체표면적은 감소하고 팔꿈치 뒷면에 해당되는 BS2-B6 부위는 증가하였다. 감소율이 가장 큰 부위는 FS5(-45%), FS6(-55%) 이었으며, 증가율이 큰 부위는 BS2(19%), BS5(20%)로 파악되었다(Fig. 6). Shoulder(flexion/extension) 동작에서는 팔 부위에서 pose 5 동작 시 FS1(64%), FS2(19%), BS1(44%), BS2(24%) 부위가 증가하였으며, FS4(-21%)와 FS5(-3%)는 감소하였다(Fig. 7). Shoulder(flexion/extension) 동작에서 상체 부위의 체표면적은 pose 5 동작 시 F6(28%), F7(24%), B6(22%) 부위는 증가하였으며, F1(-50%), F5(-50%), B1(-20%), B2(-6%), B5(-14%)는 감소한 것으로 파악되었다(Fig. 8).



Note: FS(Front sleeve), BS(Back sleeve) refer to Table 2

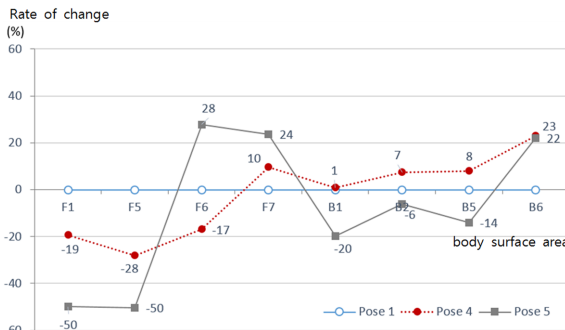
Fig. 6. Changes in the body surface area of the during elbow(flexion/extension) motion.

Shoulder(abduction)의 팔과 상체 관련 동작에서 pose 6과 pose 7의 경우 앞, 뒷면의 체표면적의 증가와 감소가 상반되는 것으로 나타났다. 팔 부위의 체표면적은 pose 7 앞면에서 FS1(0%), FS2(12%), FS4(-24%)로 유지되거나 감소하였으며, 뒷면은 BS1(35%), BS2(18%), BS4(24%)로 증가하였다. pose



Note: FS(Front sleeve), BS(Back sleeve) refer to Table 2

Fig. 7. Changes in the body surface area of the arm part during shoulder (flexion/extension) motion.



Note: F(Front), B(Back) refer to Table 2

Fig. 8. Change in body surface area of body part during shoulder (flexion/extension) motion.

6에서는 앞면에서 FS1(77%), FS2(23%)는 증가하였으며, 뒷면은 큰 변화가 없는 것으로 확인되었다. Shoulder(abduction) 동작에서 상체 부위의 체표면적은 pose 7 앞면에서 F1(-39%), F5(-36%), F6(-25%)은 감소하였으며, 뒷면 B3(20%), B5(18%), B6(29%), B7(16%)은 증가하였다(Fig. 9). Hip(flexion/extension)에서는 pose 8 동작 시 앞면 배 부위에서 FH1(-30%), FH3(-14%)는 감소, FH4(18%) 증가하였으며, 뒷면의 엉덩이와 허벅지 부위의 BH1(18%), BH2(30%), BH3(20%), BH5(19%) 증가하였다. 상체 뒷면 부위의 B1(-4%), B6(-7%), B8(-12%)는 감소, B2(5%), B3(20%), B4(5%), B5(7%), B7(7%) 증가하는 것으로 확인되었다(Fig. 10). Knee(flexion/extension)에서 pose 9 동작 시 무릎 앞면 부위 FN1(51%), FN2(10%), FN3(32%), FN4(23%)는 증가하였으며, 무릎 뒷면 부위 BN1(-11%), BN2(-28%), BN3(-11%), BN4(-19%)는 감소하는 것으로 파악되었다.

체표면적 분석 결과, 상체에서 체표면적 변화율이 50% 이상으로 크게 나타난 부위는 F5(50%), F6(62%), F8(69%)이었으며, 팔 부위에서는 FS1(77%), FS5(54%), FS6(55%), BS1(58%)으로 파악되었다. 상체에서 동작별 변화율이 큰 부위는 팔과 연결된 부위와 옆쪽 배 부위였으며, 팔 부위에서는 겨드랑이와 연결된 부분의 변화율이 가장 큰 것으로 확인되었다. 팔 동작 시

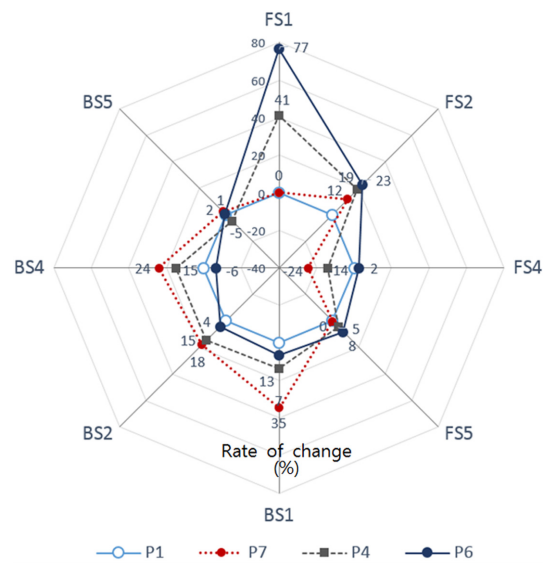


Fig. 9. Changes in the body surface area of the arm part during shoulder(abduction) motion.

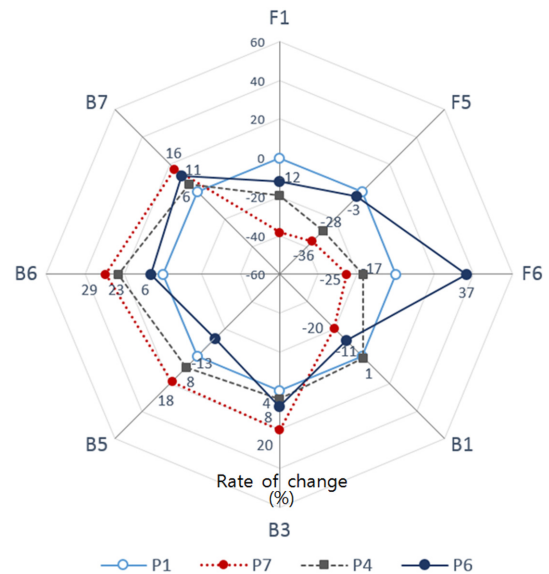


Fig. 10. Changes in the body surface area of the body part during hip(flexion/extension) motion.

에는 상체의 체표면적 변화율 보다 겨드랑이와 연결된 팔 부위의 체표면적의 변화가 가장 큰 것으로 파악되었다. 하체에서 체표면적 변화율이 30% 이상으로 나타난 부위는 허벅지의 FH1(30%), BH2(30%)이었으며, 무릎 부위에서는 FN1(51%), FN3(32%)으로 확인되었다. 하체에서 체표면적 변화율이 큰 것으로 나타난 부위는 앞, 뒤 살 부위와 관련된 부분과 앞무릎에 해당되는 부위로 확인되었다(Fig. 11, Fig. 12).

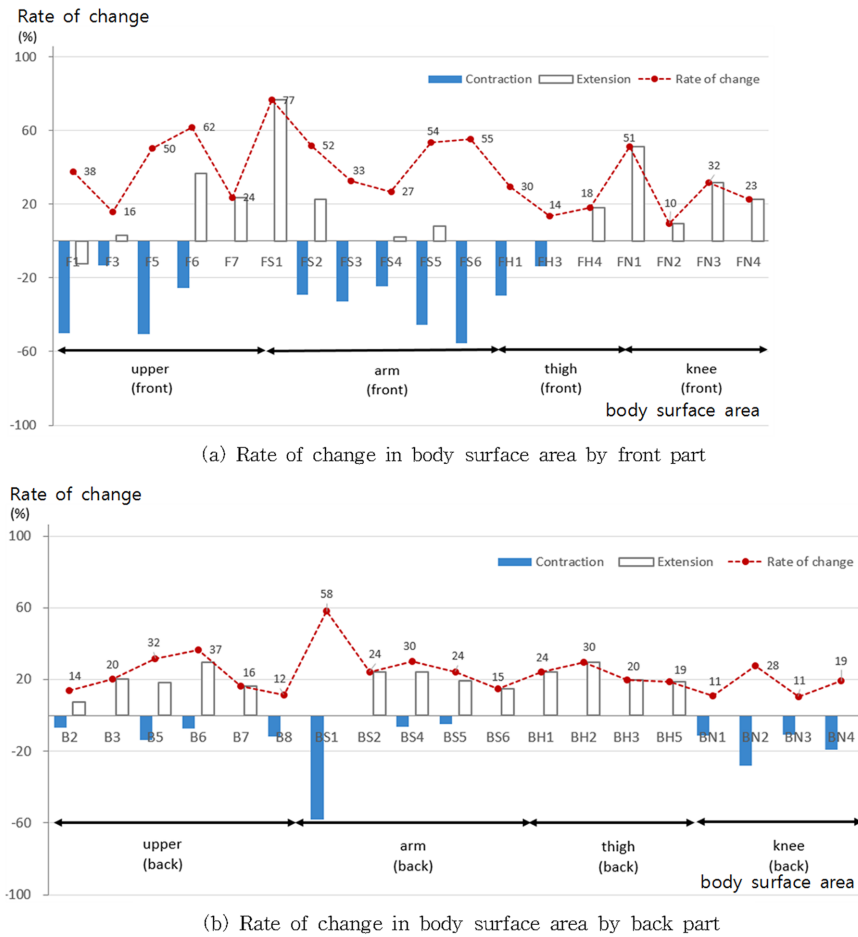


Fig. 11. Analysis of rate of change in body surface area by body part.

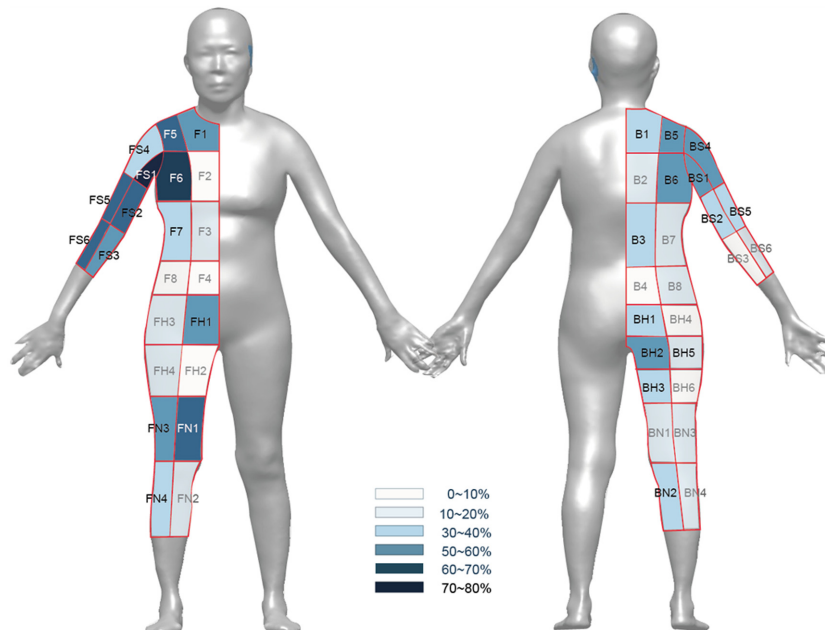


Fig. 12. Body surface change rate analysis.

## 4. 결 론

본 연구에서는 한국 여성 노인의 3차원 스캔 데이터를 획득한 후 인체 부위별 체표면적 변화율을 분석하여 피트니스 압박웨어 패턴 설계 시 최적의 신축과 신장율의 적용이 필요한 부위를 파악하였다. 체표면적 분석을 위한 고령자의 피트니스 동작은 팔꿈치 및 어깨의 굴곡과 신전(flexion, extension), 어깨의 외전(abduction), 허리 및 무릎의 굴곡과 신전(flexion, extension) 등으로 파악되었다. 피트니스 동작시 체표면적 변화율은 여성 노인 7명(64~77세)을 대상으로 3차원 형상을 획득한 후 분석하였다. 스캔 동작은 피트니스 동작시 체표면적 변화가 많은 6개 부위의 13개 동작으로 Standing, Elbow(flexion/extension) 0°, 90°, 180°, Shoulder(flexion/extension) 0°, 90°, 180°, Shoulder(abduction) 0°, 90°, 180°, Hip(flexion/extension) 0°, 90°, Knee(flexion/extension) 0°, 90° 동작이다. 체표면적 분석은 인체 부위에 상체 기준점 40개, 하체 기준점 22개를 표기하고 체표면적 분석을 위한 범위를 상체 16개 부위, 팔 부위 12개 부위, 하체 16개 부위를 구획하였다.

체표면적 분석 결과 상체의 앞, 뒷면에서는 팔 동작시 어깨와 접하는 부위와 하체의 뒷 엉덩이와 허벅지 부위에서 변화율이 큰 것으로 파악되었다. 상체에서 체표면적 변화율이 50% 이상으로 크게 나타난 부위는 F5(50%), F6(62%), F8(69%)이었으며, 팔 부위에서는 FS1(77%), FS5(54%), FS6(55%), BS1(58%)으로 확인되었다. 상체에서 동작별 변화율이 큰 부위는 팔과 연결된 부위와 옆쪽 배 부위였으며, 팔 부위에서는 거드랑이와 연결된 부위의 변화율이 가장 큰 것으로 나타났다. 하체에서 체표면적 변화율이 30% 이상으로 나타난 부위는 허벅지 FH1(30%), BH2(30%)이었으며, 무릎에서는 FN1(51%), FN3(32%)로 확인되었다. 체표면적의 변화율이 큰 것으로 확인된 팔, 어깨, 엉덩이, 허벅지 부위의 신장율과 신장의 방향 및 위치 등은 의복 패턴 설계 시에 반드시 고려되어야 한다. 특히, 노인들은 체형과 치수의 변화가 크기 때문에 동작시의 체표 변화율을 사용 제품과 의복 설계 시에 적용하는 것은 필수적이다. 실제로 체표면적 변화율이 60% 이상인 거드랑이 부위(F6)와 팔 연결 부위(FS1)에 신장 방향으로 여유량을 추가하고 신축성이 있는 소재를 적용할 경우 팔 부위의 굴곡, 신전, 회전 운동시 동작 용이성이 큰 폭으로 향상될 것으로 기대된다.

고령자는 연령의 증가와 함께 체형 변화와 근력 감소를 경험하게 되므로 고령자착용 의복은 노인들의 신체적 특징과 동작용이성을 고려하여 설계되어야 한다. 고령자 특성을 고려하지 않은 의복은 착용 시 부위별 맞음새가 적절하지 않아 다양한 형태의 압박감을 유발하고 동작성을 저해하게 된다. 고령화 시대에 진입하고 있는 현 시점에서 고령자의 체형과 체표면적 변화율을 기반으로 의복 구성학적 측면에서 고령자의 의복을 설계한 연구는 미흡한 실정이다. 또한 고령자들에게 지급되는 막대한 의료비 절감을 위해서는 일상생활 중 착용으로 근력을 향상시킬 수 있는 피트니스 압박웨어의 개발이 필요하다. 인

체에 밀착되는 피트니스 압박웨어 설계 시 3차원 스캔 데이터를 활용하여 특히 체형의 치수와 형태 정보를 획득하고 크기, 형태, 자세에 대한 데이터를 설계 과정에서 적용할 경우 최적의 맞음새를 제공할 수 있다. 따라서, 3차원 스캔 데이터를 활용한 동작에 따른 부위별 체표면적 변화율의 적용은 피트니스 압박웨어와 같은 고령자의 운동복 설계에는 필수적이다. 본 연구에서 파악된 피트니스 동작시 인체 부위별 체표면적의 변화율은 노인 의복 패턴 설계 시 적용이 가능하며, 소재의 신축율과의 연관성을 분석하여 패턴을 설계할 경우 착용감 및 동작용이성 향상이 기대된다.

본 연구는 한국 여성 노인의 3차원 인체형상을 획득하고 피트니스 동작시 체표면적의 변화율을 파악하였으나 부위별 기준점을 연결하는 체표길이 변화율에 대한 분석이 병행되지 않았다는 한계가 있다. 추후 체표 길이에 대한 분석과 함께 체표면적과 체표 길이 변화율에 대한 연관성 분석이 필요하다. 또한, 체표면적 변화율과 소재 신축율 고려한 피트니스 압박웨어의 패턴 설계 및 시제품 제작이 선행되어야 하며, 고령자가 실제 착용할 경우에 의복압, 혈류량, 체열, 근육활성도 등과 같은 인체생리학적 평가를 통한 효과 검증이 필요하다.

## 감사의 글

이 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구 사업임(No. 2017R1D1A1B03033496). 본 연구는 '산업통상자원부'의 "미래첨단 사용자편의서비스 기반조성사업"의 지원을 받아 수행된 연구결과임(R0004840, 2018).

## References

- Cha, Y. M. (2013). *A study on three-dimensional design of cycle clothing using 3D motion analysis system - Focused on men's upper garments*. Unpublished doctoral dissertation, Konkuk University, Seoul.
- Choi, Y. L., Nam, Y. J., Choi, K. M., & Cui, M. H. (2007). A method for garment pattern generation by flattening 3D body scan data. *International Conference on Digital Human Modeling*, 803-812. doi:10.1007/978-3-540-73321-8\_91
- Choi, Y. L., & Nam, Y. J. (2009). Surface pattern comparison among lateral body types flattening 3D figure data. *Fibers and Polymers*, 10(6), 837-846. doi: 10.1007/s12221-009-0837-7
- 'Estimated population by age'. (2019). *Statistics Korea*. Retrieved April 15, 2019, from [http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT\\_IBPA003&vw\\_cd](http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_IBPA003&vw_cd)
- 'Exercise tips for the elderly'. (2012, August 22). *National medical center*. Retrieved October 5, 2019, from [https://www.nid.or.kr/info/dataroom\\_view.aspx?BID=43](https://www.nid.or.kr/info/dataroom_view.aspx?BID=43)
- Hong, E. H. (2013). *Development of tight-fit torso patterns according to adult men's somatotype using surface flattening of 3D body scan data -Using a 3D virtual garment system*. Unpublished doctoral dissertation, Hanyang University, Seoul.

- Jeon, E. J., You, H. C., Kim, D. M., & Kim, H. E. (2018). Market survey and motion characteristics research on fitness compression wear to improve muscle efficiency for the elderly. *Fashion & Textile Research Journal*, 20(3), 343-352. doi:10.5805/SFTI.2018.20.3.343
- Jeong, Y. H., & Hong, K. H. (2006). Development of 2D tight-fitting pattern from 3D scan data. *Journal of Korean Society of Clothing and Textiles*, 30(1), 157-166.
- Jeong, Y. H., & Hong, K. H. (2015). Subjective wearing assessment and clothing pressure depending on the pattern reduction rate of developed cycle pants using the 3D human scan data. *Journal of Korean Living Science Association*, 24(2), 255-266. doi:10.5934/kjhe.2015.24.2.255
- Jung, Y. K. (2016). *Research on rashguard pattern development according to 3D human data and water ski motion adaptation*. Unpublished master's thesis, Sungshin Women's University, Seoul.
- Kim, H. J., & Park, S. J. (2011). Torso pattern design for Korean middle-aged women using 3D human body scan data. *Journal of Korean Society of Clothing Industry*, 13(4), 600-613. doi:10.5805/KSCI.2011.13.4.600
- Kim, I. S., & Seong, H. K. (2002). A study on classification of elderly women's body type. *Journal of Korean Society of Clothing and Textiles*, 26(1), 27-38.
- Kim, I. S. (2000). *A study on characteristics and classification of elderly women's body type*. Unpublished doctoral dissertation, Korea University, Seoul.
- Kim, N. Y. (2016). *Development of functional compression wear considering pressure levels and blood velocity of upper body*. Unpublished doctoral dissertation, Chungnam National University, Daejeon.
- Kim, S. A. (2003). *Upper body somatotype classification and discrimination of elderly women according to index*. Unpublished master's thesis, Ewha Womans University, Seoul.
- Lee, J. Y., Joo, S. Y., Nam, Y. J., & Moon, J. Y. (2003). Development of standard body measurement for elderly women -Characteristics & regional difference of body dimensions-. *Journal of Korean Society of Clothing and Textile*, 27(1), 88-99.
- Lee, Y. K. (2008). *Analysis of lateral body type for elderly women - Focused on obesity and deformation of body type*. Unpublished master's thesis, Paichai University, Daejeon.
- Lim, J. Y. (2003). Classification of lower frontal and lateral body shapes - Junior-high school girls between the ages of 13 and 15 years old. *Family and Environment Research*, 41(4), 101-110.
- 'Medical expenses over 65 year'. (2017). *Statistics Korea*. Retrieved May 20, 2019, from [http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=354&tblId=DT\\_354004N\\_046&vw](http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=354&tblId=DT_354004N_046&vw)
- 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 Korean Society of Clothing and Textile*, 33(1), 68-79. doi:10.5850/JKSC.2009.33.1.068
- Park, K. S., & Ryu, S. A. (2000). A study on the upper body range of motion - Using a 3-D motion analysis systems about Korean adults. *The Research Journal of the Costume Culture*, 8(4), 587-601.
- 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, *Proceedings of the Korean Society of Precision Engineering Conference, Korea*, pp. 303-304.
- Suh, C. Y., & Park, S. J. (2008). Drafting method of upper bodice pattern using 3-D anthropometric data for elderly women. *Journal of Korean Society of Clothing and Textiles*, 32(5), 846-858. doi:10.5850/JKSC.2008.32.5.846
- Yang, Y., Zou, F., Li, Z., Ji, X., & Chen, M. (2011). Development of a prototype pattern based on the 3D surface flattening method for MTM garment production. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 19/5(88), 107-111.
- Yoon, M. K., & Nam, Y. J. (2016). Women's pant pattern design according to the style using 3D body scan data. *Journal of the Korea Society of Clothing and Textiles*, 40(1), 97-113. doi:10.5850/JKSC.2016.40.1.97

(Received 18 August, 2020; 1st Revised 14 September, 2020; 2nd Revised 6 October, Accepted 9 October, 2020)