

D와 C등급 전신 보호복의 치수, 여유분, 그레이딩 편차 및 착의 평가

박선희 · 박소영 · 권은순* · 강준모* · 이예진*†
충남대학교 생활과학연구소, *충남대학교 의류학과

Dimensions, Ease, Grading Rule, and Wear Sensation for Commercial D and C Levels of Personal Protective Clothing

Sunhee Park · Soyoung Park · Eunsun Kwon* · Junmo Kang* · Yejin Lee*†

Research Institute of Human Ecology, Chungnam National University

*Dept. of Clothing and Textiles, Chungnam National University

Received April 28, 2023; Revised (July 14, 2023; August 8, 2023); Accepted August 10, 2023

Abstract

This study examined personal protective clothing, specifically the D (M, L, XL) and C (L, XL, 2XL) levels with high sales rates. The goal was to collect essential data for developing Korean personal protective clothing. There were eight and twelve patterns for the D-level and C-level, respectively. While the pattern dimensions were similar, the chest and waist circumferences (relaxed) were larger in the C-level, and the waist (extended), hip, upper arm circumference, and total lengths were larger in the D-level. The D-level wear sensation worked well for average-sized Koreans in their twenties, but the C-level caused discomfort in multiple areas, such as the face, arms, armpits, hips, crotch, thighs, and knee during movement. Consequently, this region required pattern adjustments and resetting for improved comfort. The grading rules were 10 cm in the chest, waist, and hip circumference, regardless of the level, with slight differences in other parts depending on the levels. Thus, manufacturers should establish new grading rules to suit the Korean body shape.

Key words: Personal protective clothing, Dimensions, Ease, Grading rule, Wear sensation; 전신 보호복, 치수, 여유분, 그레이딩 편차, 착의평가

I. 서 론

개인 보호복은 인체에 위험이 되는 유해한 물질과 열악한 환경 조건으로부터 착용자를 보호하기 위한 것으로 작업 시 요구 사항에 따라 다양한 유형으로 개발되어있다. 사실, 개인 보호복은 직업군별 작업 특성에 따라 선택적으로 사용되었던 것으로 일반인은 잘 모르는 제품이었으나, 2019년 COVID-19 바이러스로

인한 감염증 확산으로 소비자의 관심 대상이 되었다. 그러면서 개인 보호복은 신체 보호 차원을 넘어 작업자 중심의 만족도에 대한 중요성이 인식되었고, 이에 착용성 개선 관련 연구가 점차 증가하는 추세이다.

Kwon et al.(2022)은 개인 보호복 착용으로 인한 불편 사항이나, 장·단점을 객관적 측정 지표로 분별하기 위해 실제 감염병 대응 의료진이 착용하는 보호복의 동작 적합성 프로토콜을 제안하고 이의 타당성을 평가하였으며, Lim et al.(2021)은 의료진을 대상으로 개인 보호복 착용 시 발생하는 스트레스, 불편감을 반영

†Corresponding author
E-mail: yejin@cnu.ac.kr

하여 디자인 개선을 시도하였다. Bang and Kwan (2020)은 소방 공무원이 화학보호복 착용 시 효율적인 작업 수행을 할 수 있도록 소방 활동 분석과 동작만족도 조사를 통해 보완 사항을 도출하였다. 그리고 Park et al.(2021)은 보호복 성능 평가에 초점을 두고, 소재 시험 분석 연구를 수행하였다. Kim et al.(2019)은 유해 물질 차단과 화학적 분해 효과가 있는 군사 목적의 개인 보호복 개발을 위해 섬유 가공 방법을 탐색하였으며, Bhattacharjee et al.(2019)은 판매되고 있는 보호복 소재 사용에 대한 문제점을 파악하여 해결책을 제시하고자 하였다. 또한, Lee(2018)는 개인 보호복의 착용 현황에 대한 설문을 통해 치수 적합성의 불편함을 인지하고, 체계적인 치수 개발을 제안하는 연구를 진행하였고, Jeon and Moon(2013)은 착용 적합성이 개선된 개인 보호복 개발을 위해 판매되고 있는 제품의 치수를 분석하였다. 한편, Han and Nam(2008)은 개인 보호복 개발에 있어서 소재 특성 및 신체의 생리적 반응뿐만 아니라, 직업에 따른 동작 분석을 통한 디자인 설계와 맞춤성 평가까지도 고려되어야 한다고 하였다. Kim and Kim(2015)은 신체 적합성이 떨어지면 동작 적합성도 저하되므로 보호복 개발 시 신체 구조를 반영하는 것이 중요하다고 하였으며, No et al.(2018)은 시판 보호복이 키와 가슴둘레로만 사이즈가 구분되고, 대부분 서구체형에 맞춰져 동작 수행 시 불편감을 초래하므로 한국인의 체형에 맞춰진 보호복 개발과 작업 환경 연구의 필요성을 언급하였다. Loercher et

al.(2018)도 개인 보호복 개발 시 가장 중요한 요소인 보호와 기능성에서 나아가 편안함과 최적의 움직임이 가능하도록 설계하는 것이 포함되어야 한다고 강조하였다. Lapkovska et al.(2022)은 인간공학적으로 개인 보호복을 개발하기 위해서는 치수, 동작 분석 등에 기반한 패턴 설계가 필요하다고 하였다.

이와 같이 개인 보호복은 단순 보호 차원을 넘어서서 작업 환경, 작업 동작, 착용자 등 모든 요소를 고려하여 발전시키는 것이 필요한 시점이 도래하였다. 그러므로 본 연구에서는 현재 시판 중인 개인 보호복의 패턴, 치수, 그레이딩 편차, 착의 현상 분석을 통해 현황을 파악하고, 한국형 개인 보호복의 최적 설계를 위한 기초 자료를 수집하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구개요도

본 연구에서는 개인 보호복 중 상·하의가 연결된 전신 보호복을 대상으로 기초자료를 수집하고자 <Fig. 1>과 같이 진행하였다. 즉, 시판 전신 보호복의 여유분과 그레이딩 편차를 도출하였고, 패턴 정보를 획득하였다. 그리고 기본 사이즈 착의 평가를 통해 동작 시 발생하는 문제점 및 개선 방향을 제안하고자 하였다.

분석에 사용한 전신 보호복은 D~A까지 모든 등급을 판매하는 국내 사이트 중 판매율이 가장 높은 M사

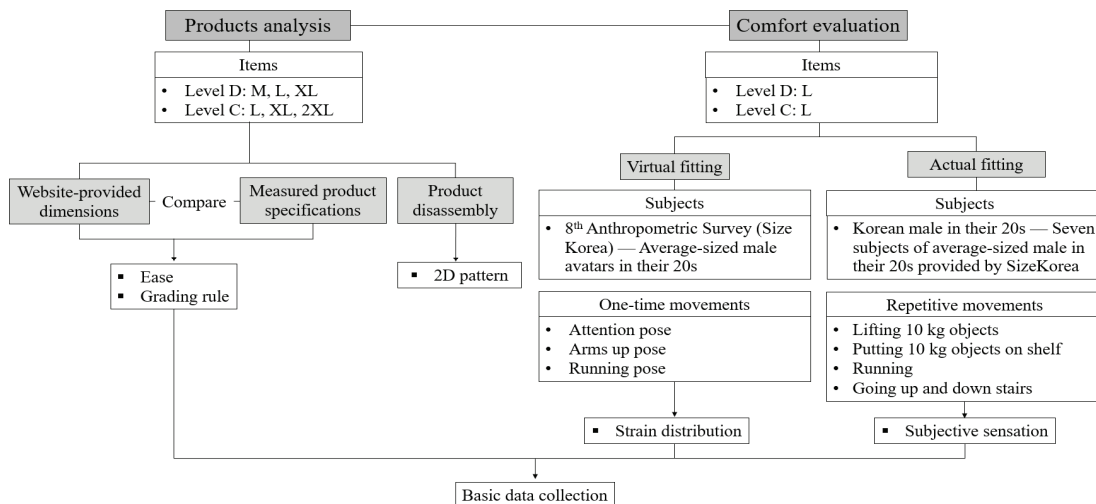


Fig. 1. Schematic diagram of research design.

D(MICROGARD 2000)와 C(MICROGARD 3000)등급 제품이였다. D등급은 방수 기능은 없지만, N95 마스크와 고글 또는 페이스 쉴드를 착용하여 호흡기를 보호해주는 제품이였고, C등급은 방수 기능을 갖추고 있으며, 공기 중 유독가스 등에 대응하도록 N95 마스크 대신 전동식 공기정화 호흡기를 부착하고, 장갑과 부츠를 착용하는 제품이였다. 소재의 경우, D등급은 미세다공성 폴리에틸렌 필름(Microporous polyethylene film) 1겹과 부직포(Non-woven) 1겹으로 총 2겹으로 구성되었고, C등급은 미세다공성 폴리에틸렌 필름 1겹과 부직포가 2겹으로 총 3겹으로 구성되어 있었다.

2. 치수 분석과 패턴 획득

전신 보호복의 치수와 패턴은 D등급의 경우, M, L, XL, C등급의 경우, L, XL, 2XL를 구매하여 총 6종에 대해 분석하였다. 전신 보호복의 치수는 후드입구둘레(늘린 상태, 자연스러운 상태), 목밑둘레, 가슴둘레, 허리둘레(늘린 상태, 자연스러운 상태), 위팔둘레, 넙다리둘레, 앞길이, 소매길이, 소매밑단둘레(늘린 상태, 자연스러운 상태), 엉덩이둘레, 바지길이, 바지밑단둘레(늘린 상태, 자연스러운 상태), 후드 제외 총길이였고, 모두 다른 제품으로 3번 반복 측정하여 평균값을 사용하였다. 측정된 치수는 웹사이트에서 제공하는 치수와 비교하였고, 부위별 여유량 파악 및 그레이딩 편차 도출에 사용하였다. 또한, 패턴은 전신 보호복의 봉제선을 모두 해체하여 디지털이징을 통해 Yuka CAD System(Youth Hitech Co., Ltd., Korea)에 저장 후 분석하였다.

3. 착의 평가

시판 전신 보호복의 착의 평가는 가상과 실제 착의로 진행하였다. 먼저, 가상 착의는 D와 C등급의 L 사이즈 패턴을 3D CLO(CLO virtual fashion Inc., Korea)에서 아바타에 착의시켜 3가지 동작(Attention pose, Arms

up pose, Running pose)에 따른 변형률 정도를 비교해 보았다. 아바타는 L 사이즈 착용에 적합한 제8차 사이즈코리아 20대 남성의 평균 신체 치수(Size Korea, 2021)로 변경하였고(Table 1), 소재 물성은 CLO Fabric Kit(CLO virtual fashion Inc., Korea)로 측정하여 입력하였다. 그리고 Design X(3D systems Inc., Korea)를 이용하여 3가지 동작 시 가슴둘레와 엉덩이둘레 단면에서 여유분의 형상과 면적을 살펴보았다. 이때, 분석을 위한 가슴둘레와 엉덩이둘레 단면 위치는 정자세에서 제8차 사이즈코리아 20대 남성의 평균 신체 치수(Size Korea, 2021)의 젖가슴아래높이(121.1 cm)와 엉덩이높이(86.1 cm)로 설정하였고, 팔들기와 달리기 자세도 동일한 위치에서 분석하였다. 여유분 면적은 전신보호복 단면도 면적에서 아바타 단면도 면적을 뺀 값으로 계산하였다.

실제 착의 평가는 제8차 사이즈코리아 20대 남성의 평균 신체 치수에 해당하는 7인을 선정하여 D와 C등급을 랜덤으로 착용시킨 후 선행연구(Bang & Kwan, 2020)에서 제시한 여러 산업군에서 빈도가 높은 4가지 대표 동작 반복 시 불편함 정도를 5점 리커트척도(1점: 매우 불편하다, 2점: 불편하다, 3점: 보통이다, 4점: 편하다, 5점: 매우 편하다)로 응답하게 하였다. 등급에 따른 절대 평가가 되도록 처음 착의 평가 후 충분한 휴식 시간을 주어 다음 착의 평가에 영향을 주지 않도록 하였다. 실험 환경은 표준 환경보다 온도와 습도가 약간 높은 25.0±0.5°C, 62±5.0%RH, 0.2 m/sec 조건이었고, 피험자는 전신 보호복과 함께 KF94 마스크와 니트릴 장갑을 착용하였다. 4가지 대표 동작은 <Fig. 2>와 같았으며, 무릎과 허리를 굽히고 10 kg 중량물을 허리까지 들어올리기 동작(a)과 선반 위에 중량물 10 kg 올리기 동작(b)은 5회 반복하였다. 뛰기 동작(c)은 8 km/h 속도로 3분간 실시하였고, 계단 오르내리기(d)는 일정한 속도(70 BPM; Beats Per Minute)에 맞춰 5회 왕복하였다. 수집된 모든 데이터 분석은 IBM SPSS Statistics 26.0을 활용하여 대응표본 T검정(Paired t-test)과 평균(Mean) 및 표준편차(SD)를 구하였다.

Table 1. Average data for men in their 20s from the 8th anthropometric survey (Size Korea)

(N=610, Unit: cm)

	Height	Chest girth	Wist girth	Hip girth	Neck girth	Shoulder width	Arm length	Wrist girth	Ankle girth
Mean	175.3	102.7	83.1	97.2	37.4	44.2	59.0	16.9	25.8
SD	5.5	6.6	8.5	1.6	2.2	2.3	0.1	1.1	1.0

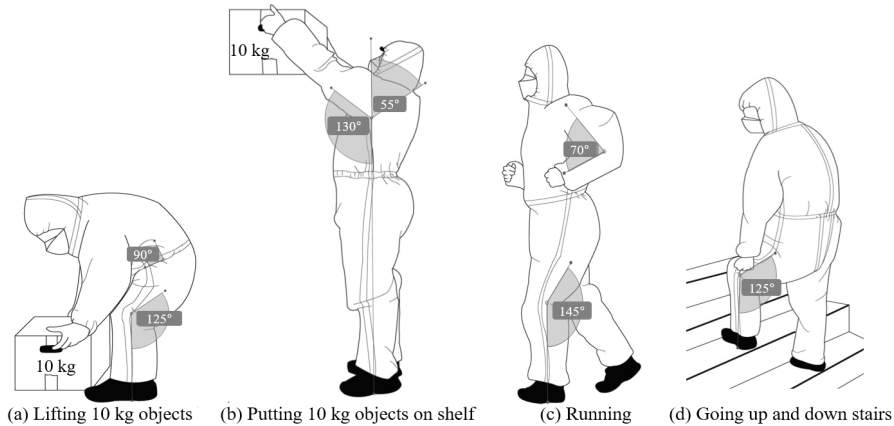


Fig. 2. Motions for the wear evaluation of repetitive movements.

III. 연구 결과

1. 전신 보호복 등급에 따른 치수

등급에 따른 전신 보호복의 부위별 치수와 L 사이즈 기준 그레이딩 편차는 <Table 2>에 정리하였다. 들레의 항목 중 치수가 가장 큰 부위는 등급에 상관없이 가슴둘레였고, C등급이 D등급보다 8 cm 큼을 알 수 있었다. 그 다음은 엉덩이둘레와 허리둘레(늘린 상태) 순이었고, D등급이 C등급보다 4~5 cm 컸다. 반면, 후드입구둘레(자연스러운 상태), 목밑둘레, 소매길이, 소매밑단둘레(늘린 상태), 발목밑단둘레(늘린 상태), 넓다리둘레는 등급에 따른 차이가 작았다. 위팔둘레는 D등급이 C등급보다 10 cm 컸고, 후드 제외 총길이는 D등급이 C등급보다 7 cm 길었다. 후드 제외 총길이는 분석 대상인 전신 보호복이 상·하의가 연결된 형태여서 D등급이 C등급보다 앞길이는 19 cm 짧고, 바지길이는 26 cm 긴 것과 연계되었다.

한편, 등급에 따른 부위별 그레이딩 편차는 D등급의 경우, 가슴둘레, 늘린 상태의 허리둘레, 엉덩이둘레는 10 cm, 위팔둘레와 넓다리둘레는 5 cm였다. 또한, 자연스러운 상태의 허리둘레와 바지길이 편차는 4 cm, 앞길이 편차는 2 cm, 소매길이 편차는 3 cm, 후드를 제외한 총길이가 편차는 6 cm였다. 후드입구둘레, 목밑둘레, 소매밑단둘레, 자연스러운 상태의 바지밑단둘레의 편차는 0 cm였다. C등급의 경우, 가슴둘레, 늘린 상태의 허리둘레, 엉덩이둘레 편차는 D등급과 동일하게 10 cm였다. 그리고 앞길이 편차는 2 cm, 소매길이 편차

는 3 cm, 위팔둘레 편차는 5 cm, 소매밑단둘레(늘린 상태, 자연스러운 상태)와 자연스러운 상태의 바지밑단둘레의 편차는 0 cm로 D등급과 동일하였다. 그러나 자연스러운 상태의 허리둘레, 바지길이, 넓다리둘레 편차는 각각 2 cm, 3 cm, 4 cm였고, 후드를 제외한 총길이 편차는 5 cm였으며, 자연스러운 상태의 후드입구둘레와 목밑둘레의 편차는 각각 2 cm, 1 cm로 D등급과는 차이가 있는 것을 알 수 있었다. Moon and Jeon(2013)에 의하면, 국제규격(International Standard, 1998)을 사용하는 보호복 치수는 제6차 성인 남녀 20~69세 한국인 신체 치수에는 부적절하다고 언급하며, 성별과 연령대별 군집분석에 의한 분포도에 의해 치수 규격 및 그레이딩 편차 간격을 찾아야 한다고 하였다. 그러나 현재 판매되고 있는 제품의 사이즈 편차 분석 결과에서도 선행 연구와 동일한 사이즈 간 편차가 나타나 여전히 개선되지 않았음을 확인하였다.

게다가 웹사이트에서 제공되고 있는 제품 사이즈는 <Table 3>에서 보는 바와 같이 구매자의 가슴둘레와 신장으로 선택할 수 있도록 하고 있었다. 즉, 웹사이트에는 제품의 사이즈가 아닌 구매자의 신체 치수를 제시하고 있어, 구매자가 제품 착용 시 어느 정도의 맞음성이 될지 예측하는 것은 어려운 상황이었다.

2. 전신 보호복 등급에 따른 부위별 여유분

제8차 사이즈코리아 20대 남성의 평균 신체를 가진 착용자는 전신 보호복 구매 시 앞서 <Table 3>의 웹사이트에서 제안하는 L 사이즈를 착용해야 한다. 따라서

D와 C등급 전신 보호복의 치수, 여유분, 그레이딩 편차 및 착의 평가

Table 2. Points of measure and grading rules according to the levels

(Unit: cm)

Points of measure	Level D			Level C		
	M	L	XL	L	XL	XXL
Hood opening girth (extended)	64	64	64	50	50	50
	0		0		0	0
Hood opening girth (relaxed)	41	41	41	40	42	44
	0		0		2	4
Neck girth	49	49	49	48	49	50
	0		0		1	2
Chest girth	128	138	148	146	156	166
	-10		10		10	20
Waist girth (extended)	124	134	144	130	140	150
	-10		10		10	20
Waist girth (relaxed)	98	102	106	106	108	110
	-4		4		2	4
Front length	24	26	28	45	47	49
	-2		2		2	4
Sleeve length	85	88	91	87	90	93
	-3		3		3	6
Upper arm girth	69	74	79	70	75	80
	-5		5		5	5
Sleeve opening girth (extended)	36	36	36	36	36	36
	0		0		0	0
Sleeve opening girth (relaxed)	19	19	19	22	22	22
	0		0		0	0
Hip girth	125	135	145	130	140	150
	-10		10		10	20
Thigh girth	70	75	80	74	78	82
	-5		5		4	4
Outseam	138	142	146	116	119	122
	-4		4		3	6
Leg opening girth (extended)	52	52	54	54	56	56
	0		2		2	2
Leg opening girth (relaxed)	26	26	26	22	22	22
	0		0		0	0
Total length without hood	162	168	174	161	166	171
	-6		6		5	10

Gray cells are grading rules based on an L size by the D and C levels.

Table 3. Website-provided size specifications for purchase

(Unit: cm)

Level	Items	S	M	L	XL	2XL	3XL
D, C	Chest girth	84-92	92-100	100-108	108-116	116-124	124-132
	Height	164-170	170-176	176-182	182-188	188-194	194-200

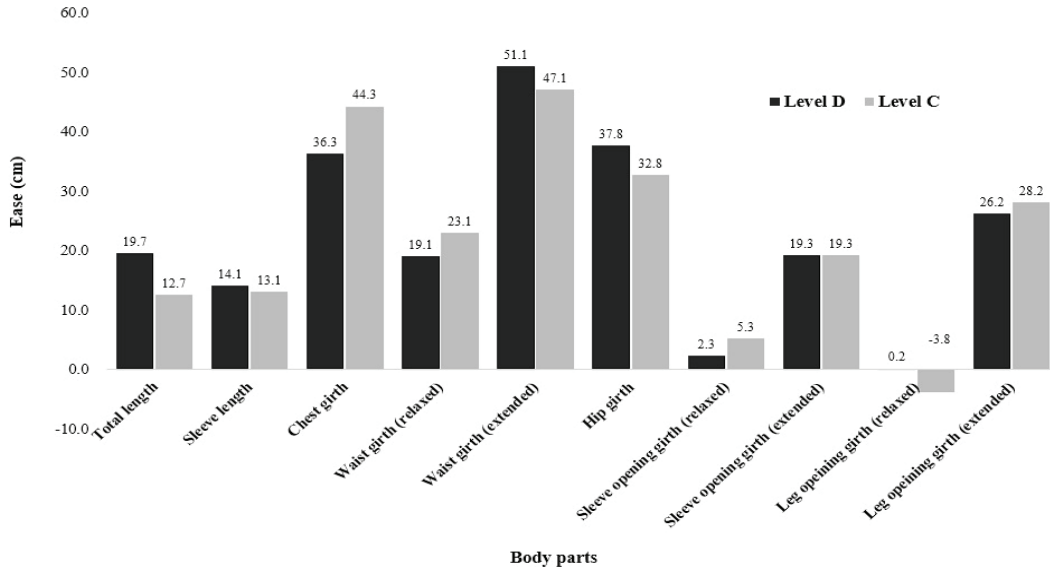


Fig. 3. Ease by body parts when a male in their 20s wears a size L in D and C level.

20대 남성이 L 사이즈 착용 시 여유분을 전신 보호복의 부위별 치수에 의해 <Fig. 3>과 같이 도출하였다.

D등급 착용 시 여유분을 살펴보면, 가슴둘레 약 36 cm, 늘린 상태의 허리둘레 약 51 cm, 자연스러운 상태의 허리둘레 약 19 cm, 엉덩이둘레 약 38 cm이었고, C등급 착용 시에는 가슴둘레 약 44 cm, 늘린 상태의 허리둘레 약 47 cm, 자연스러운 상태의 허리둘레 약 23 cm, 엉덩이둘레 약 33 cm였다. 즉, 가슴둘레와 자연스러운 상태의 허리둘레는 C등급이 D등급보다 여유분이 많았다. 한편, 후드를 제외한 총길이의 경우, D등급 약 20 cm, C등급 약 13 cm로 C등급이 다소 짧았고, 소매길이의 경우, D등급 약 14 cm, C등급 약 13 cm로 유사하였으며, 위팔둘레는 D등급과 C등급 각각 약 40 cm, 36 cm로 약간의 차이가 있었다. 늘린 상태의 소매밑단둘레의 여유분은 등급에 상관없이 약 19 cm로 동일하였고, 자연스러운 상태의 소매밑단둘레의 여유분은 D등급 약 2 cm, C등급 약 5 cm였다. 늘린 상태의 바지밑단둘레는 D등급 약 26 cm, C등급 약 2 cm로 유사하였고, 넓다리둘레는 D등급 약 14 cm, C등급 13 cm로 큰 차이가 없었다. 자연스러운 상태의 바지밑단둘레는 D등급과 C등급 모두 유해물질 차단을 위해 여유가 거의 없거나 음의 여유분으로 신체와 동일하거나 작음을 알 수 있었다. 등급에 따른 부위별 여유분은 뒤의 가상 및 실제착의 평가 결과와 함께 다시 한번 논하고자 한다.

3. 전신 보호복 등급에 따른 패턴 및 봉제법

전신 보호복의 D등급과 C등급의 사이즈에 따른 패턴 및 도식화는 <Fig. 4>와 같았다. D등급의 경우, 후드 패턴은 좌·우 2개와 중앙부 1개로 머리중심 좌·우에 세로 절개선이 있게 설계되었고, 상의 패턴은 몸판에 소매가 포함되며, 어깨선 없이 앞면과 뒷면 일체형의 좌·우 2개로 설계되었다. 그리고 앞중심에 플라켓이 1개 있었다. 하의 패턴은 아웃심이 붙어있는 일체형으로 좌·우 2개였다. 즉, D등급은 총 8개의 패턴으로 구성되었다.

C등급의 경우, 후드 패턴은 상·하 2개로 뒤통수에 가로 절개선이 있게 설계되었고, 상의 패턴은 D등급과 마찬가지로 몸판에 소매가 포함되어 어깨선 없이 앞면과 뒷면 일체형의 좌·우 2개로 이루어졌다. 다만, 겹에서 소매 하단을 한번 더 감싸주는 용도의 패턴이 2개 포함되었다. 그리고 앞중심 플라켓이 3개로 앞중심에 하나가 위치하고, 2개가 좌·우에서 겹으로 덮여 주어 유해물질 차단성을 높여 주었다. 하의 패턴은 일체형으로 좌·우 2개로 설계되어 D등급과 유사하나, 아웃심이 아닌 인심이 붙어있어 형태였다. 또한, 상의 허리에서부터 하의의 살 부위까지 연결되는 무가 1개 있어 총 12개의 패턴으로 구성되어 있었다. Moon and Jeon(2016)에 의하면 연구 당시 시판 전신 보호복 패턴은 직선적인 외곽선과 최소한의 패턴 절개 특징이 있

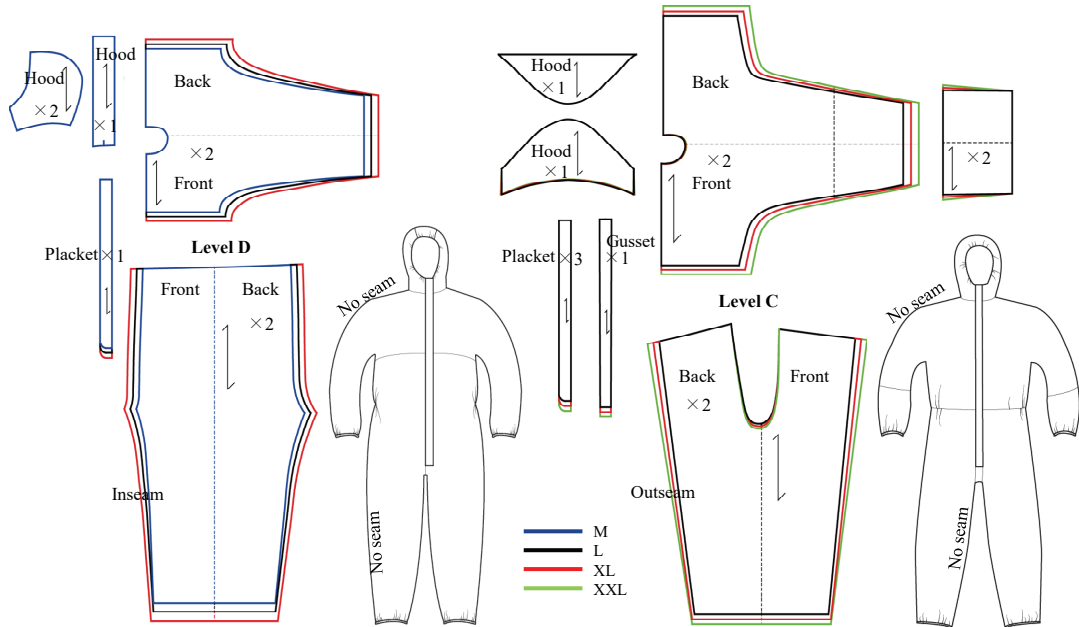


Fig. 4. Patterns for each level according to the size and technical flats.

다고 언급되었는데, 지금까지 그 특징을 그대로 유지하고 있으며, 크게 변화가 없음을 알 수 있었다. 등급에 상관없이 여밈에 사용된 부자재는 지퍼였고, 허리둘레, 손목둘레, 발목둘레에는 0.5 cm E-밴드가 사용되었다. 봉제의 경우, D등급은 301본봉과 504오버록이 사용되었고, C등급은 용착 및 접착제에 의한 무봉제와 심실링 테이프 처리되었다.

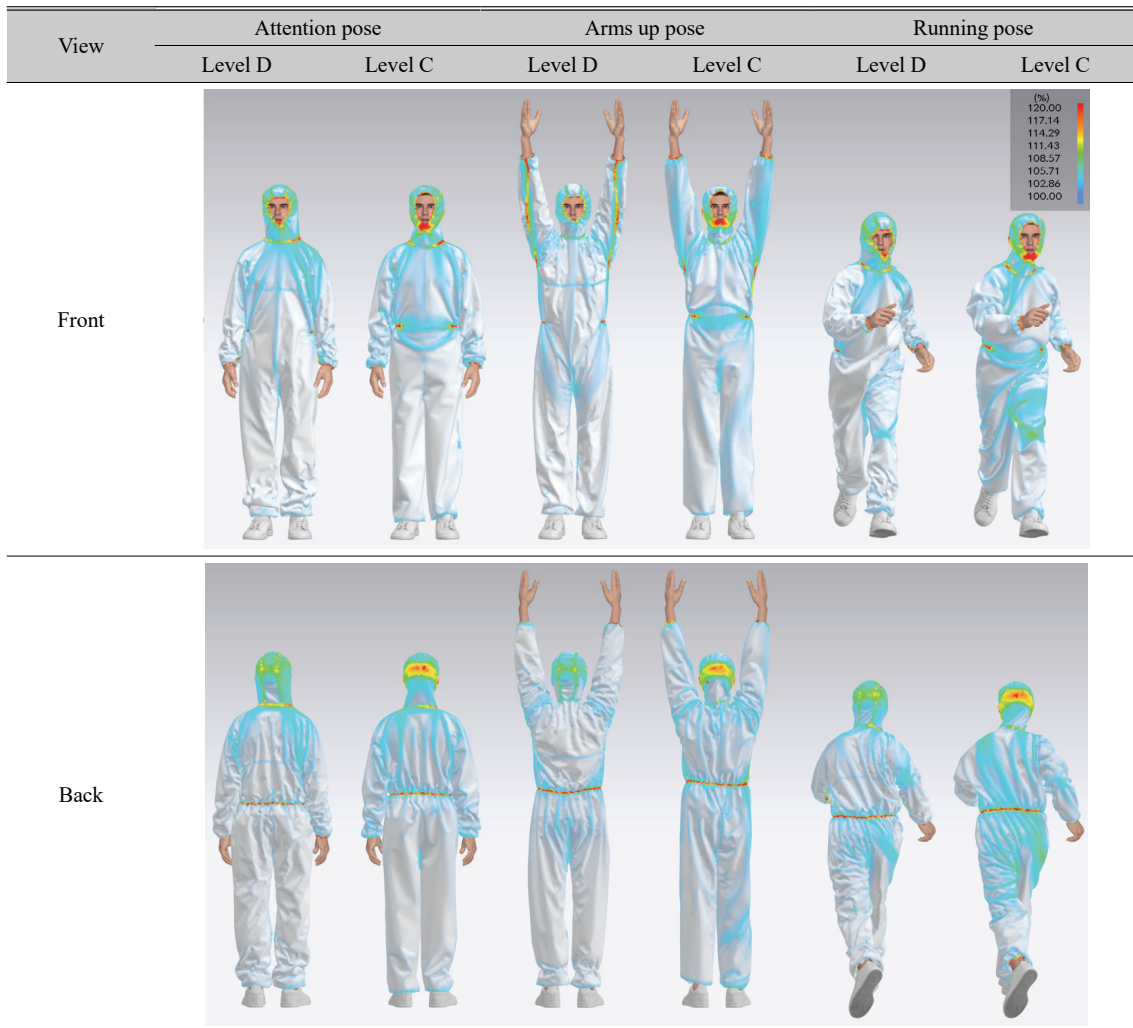
4. 전신 보호복 등급에 따른 가상 착의 시 자세별 변형률 분포

제8차 사이크로리아 20대 남성의 평균 신체 치수로 변경시킨 아바타에게 전신 보호복 D등급과 C등급 L 사이즈를 착의 시 변형률 분포는 <Table 4>와 같았다. 정자세에서는 후드입구, 목둘레, 허리둘레의 고무줄 부위에서 약 120%의 변형률이 나타났고, 나머지 부위는 안정적인 편이었다. 그러나 팔들기 자세 시 D등급은 겨드랑이에서 소매밑단까지 봉제선 부위에서, C등급은 겨드랑이에서 변형률이 추가로 발생하였고, 손목이 드러나는 것을 확인하였다. 이를 통해 D등급과 C등급의 소매길이 여유분(약 13~14 cm)이 팔을 드는 동작에는 다소 부족함을 알 수 있었다. 한편,

달리기 자세에서는 엉덩이, 넓다리에서 변형률이 크게 발생하였고, C등급에서 100% 이상의 변형률이 나타난 부분이 훨씬 많았다.

다음으로 가슴둘레와 엉덩이둘레 위치의 단면도에서 여유분 형상과 면적은 <Table 5>와 같았다. 먼저, 가슴둘레 위치의 여유분 면적은 동작에 상관없이 C등급이 D등급에 비해 큰 경향을 보였다. 그리고 동작에 따른 여유분 면적 크기를 비교하면 팔들기 자세 > 정자세 > 달리기 자세 순이었다. 즉, 동작에 의해 여유분의 형상과 면적이 변화하는 것을 알 수 있었다. 또한, 등급에 상관없이 정자세에서는 뒤쪽 여유분이 앞쪽에 비해 더 컸으나, 동작을 하면 앞·뒤쪽의 분포가 유사해지는 특징이 있었다. 한편, 엉덩이둘레 위치에서 여유분 면적은 D와 C등급 모두 정자세에서 가장 컸다. 그리고 달리기 자세를 제외하고, C등급이 D등급보다 큰 경향이 있었다. 엉덩이둘레 위치에서 여유분 형상도 정자세 시 뒤쪽이 앞쪽에 비해 여유분이 많았다가 동작을 하면 뒤쪽의 여유분이 줄어드는 현상이 발생하였다. 결과적으로 동작 시 편안함을 주기 위해서는 단순히 여유분을 충분히 주는 것에서 더 나아가 여유분 형상과 면적이 동작에 따라 변화하는 양상을 확인하는 것도 중요한 요인임을 파악하였다.

Table 4. Strain distribution by pose according to the level during virtual simulation



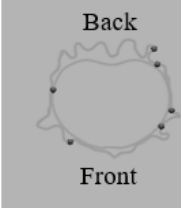
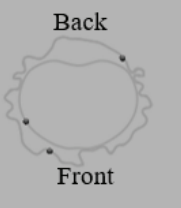
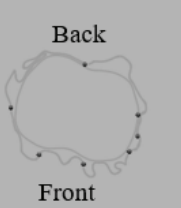
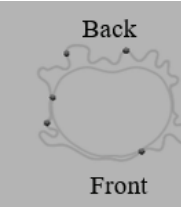
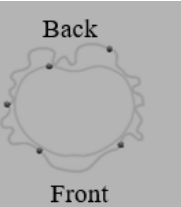
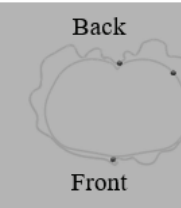
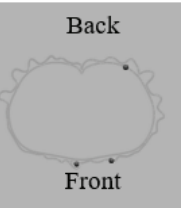
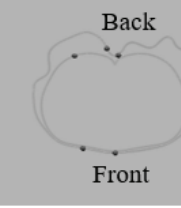
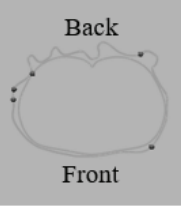
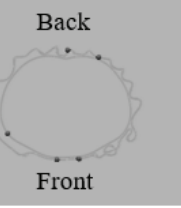
5. 전신 보호복 등급에 따른 반복 동작 시 주관적 착의 평가

전신 보호복 D등급과 C등급을 순서 효과가 없도록 랜덤으로 착용하고, 4가지 동작을 반복적으로 수행한 후의 주관적 착용감은 <Table 6>~<Table 9>와 같다.

먼저, <Table 6>에서 보는 바와 같이 무릎과 허리를 굽히고 10 kg 중량물을 허리까지 들어올리기 동작을 5회 반복했을 때의 주관적 착용감 결과를 살펴보면, D등급은 얼굴 앞에서 만 2.9±1.6으로 약간 불편하다고 응답하였다. 그러나 C등급은 얼굴 앞 2.0±0.6, 엉덩이

2.6±0.5, 살 2.1±0.7, 넓다리 1.7±0.5, 무릎 2.0±0.6에서 불편함을 느꼈고, D등급과 유의차도 있었다. C등급은 무릎과 허리를 굽히는 동작과 연관되는 부위에서 패턴이 대응되지 못하고 있음을 확인하였다. Han et al. (2017)에 의하면 앉아서 상체를 숙여 무릎에 가까이 하는 동작 시 등과 엉덩이 부위에서 세로 방향 피부 신전이 평균 약 30% 정도라고 언급되고 있는데, 이를 감안한다면, C등급의 총길이 여유분인 약 13 cm는 동작에 대응하기에는 다소 짧은 것으로 생각된다. 즉, 제8차 사이즈코리아 20대 남성의 평균 신체 치수 중 등길이+엉덩이수직길이인 70 cm에 해당하는 30% 여유분

Table 5. Ease space distribution by pose according to the level on chest and hip girth section

Cross sections	Levels	Poses		
		Attention pose	Arms up pose	Running pose
Chest girth section	D			
		Ease area: 192.8 cm ²	Ease area: 313.3 cm ²	Ease area: 178.3 cm ²
		C		
	Ease area: 226.9 cm ²		Ease area: 394.2 cm ²	Ease area: 181.1 cm ²
	D			
		Ease area: 224.5 cm ²	Ease area: 105.4 cm ²	Ease area: 121.5 cm ²
Hip girth section				
	Ease area: 263.8 cm ²	Ease area: 114.5 cm ²	Ease area: 98.8 cm ²	

The dots were automatically generated by the program and had no meaning.

은 약 21 cm 이기 때문이다. 또한, 자연스러운 상태의 바지밑단둘레가 신체보다 작은 것도 움직임의 제약하는 요인이 될 수 있다고 생각한다.

다음으로 <Table 7>의 선반 위에 중량물 10 kg 올리기 동작 5회 반복 후 주관적 착용감 결과를 살펴보면, D등급은 모든 부위에서 보통이거나 편하다고 응답하였고, C등급은 얼굴 앞 1.7±0.5, 팔 1.9±0.4, 겨드랑이

1.7±0.5, 손목 1.6±0.5에서 불편하다고 평가하였다. 사실, 가상착의 시 팔들기 자세에서 등급 간의 변형률 차이가 크지 않았고, 패턴의 팔길기와 위팔둘레 여유분의 차이도 적었는데, 이와 같은 주관적 감각으로 응답한 것은 C등급의 패턴 형상이 앞길이가 길면서 옆선이 소매까지 연결된 형태가 큰 요인으로 작용한 것으로 생각된다. 특히, 얼굴 앞에 대한 응답 점수는 다른 3가

Table 6. Subjective sensation of wear comfort when repeatedly lifting a 10 kg object to the waist while bending the knees and waist (N=7)

Body parts	Level D	Level C	t
	Mean (SD)	Mean (SD)	
Back of head	3.1 (1.3)	3.3 (1.1)	-2.17
Front of face	2.9 (1.6)	2.0 (.6)	1.353*
Neck	3.6 (1.5)	3.4 (1.6)	.171
Shoulder	4.3 (.9)	3.7 (.9)	1.124
Arm	4.3 (.9)	3.9 (1.1)	.792
Armpit	4.0 (1.4)	3.6 (1.4)	.570
Wrist	4.1 (.9)	4.0 (1.0)	.281
Waist	4.0 (1.4)	3.4 (.7)	.934
Hip	3.4 (1.3)	2.6 (.5)	1.643*
Crotch	3.0 (1.2)	2.1 (.7)	1.686
Thigh	3.9 (1.2)	1.7 (.5)	4.330*
Knee	3.6 (1.3)	2.0 (.6)	2.976*
Calf	4.0 (1.3)	3.7 (1.3)	.420
Ankle	4.0 (1.0)	3.7 (1.3)	.471

* $p<.05$, ** $p<.01$, 1: very uncomfortable, 3: neutral, 5: very comfortable

Table 7. Subjective sensation of wear comfort when repeatedly putting a 10 kg object on a shelf (N=7)

Body parts	Level D	Level C	t
	Mean (SD)	Mean (SD)	
Back of head	4.0 (1.2)	3.0 (1.2)	1.620
Front of face	3.3 (1.1)	1.7 (.5)	3.422*
Neck	4.0 (1.3)	3.6 (1.3)	.626
Shoulder	4.1 (.9)	3.9 (.9)	.594
Arm	3.0 (1.2)	1.9 (.4)	2.489*
Armpit	3.4 (1.3)	1.7 (.5)	3.328*
Wrist	3.3 (1.4)	1.6 (.5)	3.065**
Waist	4.0 (.8)	3.9 (1.2)	.258
Hip	3.7 (1.5)	3.9 (1.1)	.000
Crotch	3.7 (1.7)	3.6 (1.4)	.171
Thigh	4.0 (1.4)	3.9 (1.2)	.203
Knee	3.6 (1.6)	4.1 (.9)	.816
Calf	4.1 (1.1)	4.1 (.9)	.000
Ankle	4.0 (1.3)	3.7 (1.1)	.444

* $p<.05$, ** $p<.01$, 1: very uncomfortable, 3: neutral, 5: very comfortable

지 평가 동작보다 상대적으로 낮았는데, 이는 선반 위로 중량물을 올리면 목이 뒤로 젖혀지는 현상이 동시에 발생하여 후드의 움직임에 영향을 주었을 것으로 사료된다. 다시 말해, 제8차 사이즈코리아 20대 남성의 평균 머리둘레는 약 60 cm, 머리수직길이는 약 24 cm 인데, 후드 패턴의 둘레는 약 70 cm, 후드 입구 수직 길

이는 약 16 cm였다. 즉, 후드 패턴이 신체 머리둘레보다 크면서 수직 길이는 짧아서 귀, 턱 이마는 가리는 형태였다. 물론, E-밴드에 의해 후드 입구 둘레가 고정되었지만, 그 역할을 제대로 하지 못해 목의 움직임이 얼굴에 영향을 준 것으로 판단된다. 또한, 뒤통수의 가로 절개선으로 이루어진 패턴 구성 및 가로 절개선의 곡률

정도에 의한 다트 양도 영향을 줄 수 있었을 것이다.

한편, <Table 8>에서 보듯이 계단 오르내리기 반복 동작 시 D등급은 모든 부위에서 3점 이상으로 편안하다고 응답하였다. 그러나 C등급은 얼굴 앞 2.3±0.5, 살 2.6±0.5, 넓다리 2.7±0.9에서 불편하다고 평가되었다.

마지막으로 뛰는 동작에 대한 착용감 평가 결과는 <Table 9>에 나타내었다. D등급은 모든 부위에서 3점 이상으로 응답하여 불편한 부위가 없었지만, C등급의 경우, 팔 2.1±0.7, 엉덩이 2.0±0.6, 살 2.1±0.7, 넓다리 2.3±0.5에서 불편하다고 응답하였다.

Table 8. Subjective sensation of wear comfort when repeatedly walking up and down stairs (N=7)

Body parts	Level D	Level C	<i>t</i>
	Mean (SD)	Mean (SD)	
Back of head	3.9 (1.1)	3.0 (1.2)	1.441
Front of face	3.6 (1.6)	2.3 (.5)	2.012*
Neck	3.9 (1.5)	3.7 (1.6)	.174
Shoulder	4.3 (.9)	3.7 (.7)	1.244
Arm	4.4 (1.0)	3.7 (1.2)	.970
Armpit	4.1 (1.2)	3.7 (1.4)	.617
Wrist	4.1 (1.1)	3.9 (1.2)	.467
Waist	4.0 (1.3)	3.3 (1.0)	1.179
Hip	3.9 (1.3)	3.1 (1.1)	1.100
Crotch	4.0 (.8)	2.6 (.5)	3.873
Thigh	3.6 (1.3)	2.7 (.9)	1.213
Knee	3.6 (1.0)	3.0 (1.2)	1.000
Calf	4.3 (1.0)	4.1 (1.1)	.264
Ankle	4.1 (.9)	3.4 (1.3)	1.213

* $p < .05$, 1: very uncomfortable, 3: neutral, 5: very comfortable

Table 9. Subjective sensation of wear comfort when running (N=7)

Body parts	Level D	Level C	<i>t</i>
	Mean (SD)	Mean (SD)	
Back of head	3.6 (1.3)	3.6 (1.1)	.000
Front of face	3.4 (1.5)	3.0 (1.4)	.548
Neck	3.3 (1.7)	3.3 (1.7)	.000
Shoulder	4.1 (1.2)	3.4 (.5)	1.424
Arm	3.9 (1.5)	3.0 (.8)	1.353*
Armpit	4.1 (1.2)	2.1 (.7)	3.787
Wrist	4.0 (1.0)	3.6 (1.0)	.812
Waist	4.1 (1.1)	3.9 (1.2)	.467
Hip	4.1 (.9)	2.0 (.6)	5.303
Crotch	4.0 (1.3)	2.1 (.7)	3.357*
Thigh	3.7 (1.4)	2.3 (.5)	2.582**
Knee	3.6 (1.5)	3.6 (1.5)	.000
Calf	4.3 (1.0)	4.0 (1.0)	.548
Ankle	4.1 (.9)	3.6 (1.3)	.970

* $p < .05$, ** $p < .01$, 1: very uncomfortable, 3: neutral, 5: very comfortable

종합하면, 반복되는 4가지 동작 시 D 등급은 주관적 착용감에 크게 영향을 주지 않았지만, C 등급은 동작과 연계된 신체 부위에서 불편함이 발생하는 것을 알 수 있었다. C 등급은 D 등급과 비교하여 가슴둘레와 자연스러운 상태 허리둘레를 제외하고 사이즈가 다소 작은 편이었으며, 소재도 두꺼워 착용감에 영향을 준 것으로 생각된다. 따라서 둘레 방향과 함께 길이 방향의 여유분을 적절하게 조정하면서 동작 시 여유분의 형상과 면적도 파악하며, 패턴을 개선하는 것이 필요하다. 뿐만 아니라, 효율적인 절개선의 위치 선정 및 모든 동작 시 불편함을 발생시켰던 얼굴 앞부분과 관련된 후드 패턴은 입체적인 3D 형상이나 목의 피부 신장에 가변적으로 반응하도록 새로운 대책 방안이 접목되어야 할 것이다.

IV. 결 론

본 연구에서는 현재 시판중인 D 등급과 C 등급의 전신 보호복 제품에 대해 치수, 그레이딩 편차, 패턴, 가상 및 실제 착의 현상 분석을 통해 다음과 같은 결과를 도출하였다.

D 등급과 C 등급은 유해물질 차단 수준은 유사하지만, 같은 사이즈를 기준으로 가슴둘레와 자연스러운 상태의 허리둘레는 C 등급이 컸고, 늘린 상태의 허리둘레와 엉덩이둘레, 위팔둘레, 후드 제외 총길이는 D 등급이 큰 특징이 있었다.

한편, 한국인 20대 평균 신체 치수 해당자가 D 등급과 C 등급의 L 사이즈를 착용하면 D 등급의 경우, 동작 시 주관적 착용감이 우수한 편이었다. 이때, D 등급의 가슴둘레, 위팔둘레, 자연스러운 상태의 허리둘레, 엉덩이둘레, 넙다리둘레, 후드 제외 총길이 여유분은 약 36 cm, 40 cm, 19 cm, 38 cm, 14 cm, 20 cm 였다. 그런데 C 등급을 착용하면 무릎과 허리를 굽히고 10 kg 중량물을 허리까지 들어올리기 동작에서는 얼굴 앞, 엉덩이, 살, 무릎이 불편하다고 응답하였고, 선반 위에 중량물 10 kg 올리기 동작에서는 얼굴 앞, 팔, 겨드랑이, 손목에서 불편하다고 하였으며, 계단오르기 동작에서는 얼굴 앞, 살, 넙다리가 불편함을 호소하였다. 그리고 뛰는 동작에서는 팔, 엉덩이, 살, 넙다리가 불편하다고 응답하였다. C 등급의 가슴둘레, 위팔둘레, 자연스러운 상태의 허리둘레, 엉덩이둘레, 넙다리둘레, 후드 제외 총길이 여유분은 약 44 cm, 36 cm, 23 cm, 33 cm, 13 cm, 13 cm로 위팔둘레, 엉덩이둘레, 넙다리둘레, 후드 제외

총길이 여유분이 D에 비해 적은 편이었다. 동시에 단면도를 통해 자세에 따른 여유분 형상과 면적을 연계하면 정자세에서 충분한 여유분이었더라도 자세가 바뀌면서 전신 보호복이 신체에 밀착되면 불편함을 야기하는 것을 파악하였다. 따라서 C 등급은 부위별 여유분이 동작에 대응하기에는 부적합하므로 D 등급과 유사한 정도의 여유분을 반영하되 두께를 고려하여 재설정해야 하고, 동작 시 여유분 형상의 변화까지 관찰할 필요가 있다. 그리고 실제 산업 활동에서 사용 빈도가 높은 동작을 반복적으로 수행 시 불편함이 야기되는 겨드랑이, 팔, 엉덩이, 살, 넙다리, 무릎 부위의 패턴이 적극적으로 수정되어야 할 것이다. 게다가, 대부분 동작에서 가장 문제가 되었던 얼굴 부위와 관련이 높은 후드는 새로운 접근법으로 문제점을 해결해 주어야함을 파악하였다.

마지막으로 그레이딩 편차는 등급에 상관없이 여전히 단순하게 동일한 수치를 사용하고 있어 한국인 체형 분포군에 적합하도록 편차 정립이 확립되어야 함을 알 수 있었다.

본 연구는 산업현장에서 유해물질과 마주하여 전신 보호복 착용이 필수적인 작업자를 위해 현재 판매되고 있는 전신 보호복에 대해 여러 측면에서 분석하여 기초자료를 수집했다는 데 의의가 있다. 다만, 본 연구 결과로 모든 제품이 동일하다고 간주할 수는 없어 다른 제품의 분석과 다른 연령대에서의 착의 평가도 필요하다고 사료된다. 따라서 추후 다른 제품과 연령대에 대한 추가 연구와 함께 본 연구에서 도출되었던 불편한 부분을 중심으로 패턴 개발 및 평가를 통해 인공학적인 한국형 전신 보호복을 개발하고자 한다.

1. 사사

본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행됨(No. NRF-2022R1A2C2 006369).

2. 연구윤리

본 연구는 충남대학교 생명윤리위원회의 승인을 받았음(승인번호 202205-SB-055-01).

3. 데이터 및 자료 가용성

본 연구에 사용된 데이터는 특허 진행 및 추후 후속 연구들이 지속되고 있으므로 공개가 불가함. 하지만 합당한 요청이 있어 저자소속기관이 승인하는 경우 교신저자가 제공 가능함.

4. 이해관계 상충

저자 YL은 2023년 4월부터 본 학술지의 편집부위원장이지만, 편집과정에서 전혀 참여하지 않아 이해관계 상충 문제가 없음.

5. 연구비 지원

본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행됨(No. NRF-2022R1A2C2 006369).

6. 저자의 기여

모든 저자는 실험 계획과 진행을 함께 담당하였고, 결과 분석에 대한 논의를 하였음. SP와 SP2, YL은 실험 설계 및 실험 진행, 실험결과 논의 등 전반적인 사항을 담당하였고, EK와 JK는 실험에 필요한 자료 수집과 실험 진행을 하였음. 또한, 모든 저자가 데이터 분석 및 원고 작성을 돕고 검토하였으며, 최종적으로 승인하였음.

7. 저자 정보

박선희 충남대학교 생활과학연구소, 전임연구원
박소영 충남대학교 생활과학연구소, 전임연구원
권은순 충남대학교 의류학과, 대학원생
강준모 충남대학교 의류학과, 대학원생
이예진 충남대학교 의류학과, 교수

References

- Bang, C., & Kwan, J. (2020). Wearing acceptability of chemical protective clothing during fire training. *Fire Science and Engineering*, 34(3), 110–115. <https://doi.org/10.7731/KIFS.E.0d9e10a8>
- Bhattacharjee, S., Joshi, R., Chughtai, A. A., & Macintyre, C. R. (2019). Graphene modified multifunctional personal protective clothing. *Advanced Materials Interfaces*, 6(21), 1900622. <https://doi.org/10.1002/admi.201900622>
- Han, S. A., & Nam, Y. J. (2008). An exploratory study on domestic and international protective clothing standard: Focused on ISO, ASTM, CEN, KS. *Fashion & Textile Research Journal*, 10(1), 92–100.
- International Standard. (1998). *Protective clothing-general requirements*, July 1998 (ISO 13688:1998). International Organization for Standardization. https://shop.standards.ie/en-ie/standards/iso-13688-1998-613610_saig_iso_iso_14077_38/
- Jeon, E., & Moon, J. (2013). Size analysis on disposable protective coveralls. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 37(5), 655–666. <https://doi.org/10.5850/JKSC.T.2013.37.5.655>
- Kim, H. I., Choi, I. S., Park, S. W., Han, Y. H., Kim, S. H., Park, H. B., & Min, M. H. (2019). Preparation of self-detoxifying textile for removal of chemical warfare agents. *Textile Coloration and Finishing*, 31(1), 33–41. <https://doi.org/10.5764/TCF.2019.31.1.33>
- Kim, H. S., & Kim, J. H. (2015). Base pattern development of protective clothing: Focusing on protective clothing for riot policewomen. *Journal of the Korea Fashion and Costume Design Association*, 17(3), 207–224.
- Kwon, J. Y., Cho, Y. S., Lee, B. H., Kim, M. S., Jun, Y. M., & Lee, J. Y. (2022). Validity of a simulated practical performance test to evaluate the mobility and physiological burden of COVID-19 healthcare workers wearing personal protective equipment. *Fashion & Textile Research Journal*, 25(4), 655–665. <https://doi.org/10.5805/SFTI.2022.24.5.655>
- Lapkovska, E., Dāboliņa, I., Siliņa, L., & Viļumsone, A. (2022). Development of an ergonomic protective suit for physiotherapists during the COVID-19. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 17, 1–8. <https://doi.org/10.1177/15589250221091819>
- Lee, H. (2018). *The Development of sizing systems for disposable protective coveralls considering korean men and women* [Unpublished master's thesis]. Seoul National University.
- Loercher, C., Morlock, S., & Schenk, A. (2018). Design of a motion-oriented size system for optimizing professional clothing and personal protective equipment. *Journal of Fashion Technology & Textile Engineering*, S4:014. <https://doi.org/10.4172/2329-9568.S4-014>
- Lim, G. Y., Lee, H. Y., Chun, Y. M., & Lee, J. Y. (2021). Personal protective equipment for healthcare workers during the COVID-19 pandemic: Improvement of thermal comfort and development of a mobility test protocol. *The Korean Society of Community Living Science*, 32(3), 363–379. <https://doi.org/10.7856/kjcls.2021.32.3.363>
- Moon, J., & Jeon, E. (2013). An analysis of Korean anthropometric measurements for the development of a disposable protective coveralls sizing system. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 37(8), 1117–1129. <https://doi.org/10.5850/JKSC.T.2013.37.8.1117>
- Moon, J., & Jeon, E. (2016). Analysis of pattern shape and types for non-woven protective coverall on domestic market. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 40(2), 273–286. <https://doi.org/10.5850/JKSC.T.2016.40.2.273>
- No, Y. M., Nam, Y. J., Lee, H. R., Kim, T. H., Kim, C. H., & Shin, S. D. (2018). Fundamental research for the development of personal protective equipment for emergency

- medical technicians. *The Korean Journal of Emergency Medical Services*, 22(1), 83–97. <https://doi.org/10.14408/KJEMS.2018.22.1.083>
- Park, P. K., Jeon, M. K., Choi, S. Y., Ro, H. S., Lee, J. S., & Lu, J. (2021). A study on the viral protective evaluation protocol of infective protective suit, *Korean Journal of Hazardous Materials*, 9(1), 47–53. <https://doi.org/10.31333/kihm.2021.9.1.47>
- Size Korea. (2021). *제8차 인체치수조사보고서* [8th Human dimension survey]. Korean Agency for Technology and Standards. <https://sizekorea.kr/human-info/meas-report?measDegree=8>