



ISSN 1229-8565 (print) ISSN 2287-5190 (on-line)  
 한국지역사회생활과학회지 36(2): 155~170, 2025  
 Korean J Community Living Sci 36(2): 155~170, 2025  
<http://doi.org/10.7856/kjcls.2025.36.2.155>

## 군용 방한복 상의 외피 개선을 위한 자세 및 동작 적합성 평가

이 민 희<sup>1)</sup> · 강 경 리<sup>2)</sup> · 노 상 현<sup>3)</sup> · 이 호 준 · Maria Stenkina · 김 도 형<sup>4)</sup> · 주 희 영<sup>3)</sup> · 이 주 영<sup>5),6),7)†</sup>  
 서울대학교 의류학과 대학원생, 국방기술품질원 선임연구원<sup>1)</sup>, 대한민국 육군 대위<sup>2)</sup>,  
 서울대학교 생활과학연구소 연수연구원<sup>3)</sup>, 케이투코리아(주) 연구부 과장<sup>4)</sup>, 서울대학교 의류학과 교수<sup>5)</sup>,  
 서울대학교 생활과학연구소 겸무교수<sup>6)</sup>, 차세대융합기술연구원 그래핀융합기술연구센터 부센터장<sup>7)</sup>

### Assessment of Posture and Mobility to Improve the Outer Layer Design of Korean Military Cold Weather Jackets

Minhee Lee<sup>1)</sup> · Gyeongri Kang<sup>2)</sup> · Sang-Hyun Roh<sup>3)</sup> · Ho-Joon Lee · Maria Stenkina ·  
 Do-Hyung Kim<sup>4)</sup> · Heeyoung Ju<sup>3)</sup> · Joo-Young Lee<sup>5),6),7)†</sup>

Graduate Student, Department of Fashion and Textiles, Seoul National University, Seoul, Korea  
 Senior Researcher, Defense Agency for Technology and Quality, Jinju, Korea<sup>1)</sup>  
 Captain, Republic of Korea Army, Korea<sup>2)</sup>

Postdoctoral Research Fellow, Research Institute for Human Ecology, Seoul National University, Seoul, Korea<sup>3)</sup>  
 R&D Team Assistant Manager, K2 Korea, Seoul, Korea<sup>4)</sup>

Professor, Department of Fashion and Textiles, Seoul National University, Seoul, Korea<sup>5)</sup>  
 Adjunct Professor, Research Institute for Human Ecology, Seoul National University, Seoul, Korea<sup>6)</sup>  
 Deputy Director, Graphene Research Center for Convergence Technology, Advanced Institute of  
 Convergence Technology, Suwon, Korea<sup>7)</sup>

#### ABSTRACT

This study examined the wearability of cold-weather military outerwear using a posture assessment and a mobility protocol that simulates a range of combat scenarios, including shooting, crawling, grenade throwing, and sprinting. Nine male subjects participated in this assessment under three clothing conditions: Control (the current jacket), Improved A (a wider and longer jacket with an improved hood), and Improved B (a wider and longer jacket with a different hood design). All three military jackets were made from identical materials. The subjects felt more restricted in the Control jacket than the Improved A and B jackets, especially when bending or twisting their arms and waist ( $P<0.05$ ). During the mobility test, the microclimate humidity on the chest and back exceeded 80%RH, with no significant differences among the three conditions. Despite no significant differences in thermal sensation or humidity perception, the subjects reported feeling less comfortable in the Control jacket than in the Improved A jacket ( $P<0.05$ ). Individual interviews highlighted issues with the Control jacket, such as restricted fit, discomfort in the hood, and impaired visibility. In contrast, the Improved A and B jackets produced enhanced psychological comfort, suggesting combat and training performance benefits. Thus, improving the size and hood design of a jacket without altering

Received: 12 May, 2025 Revised: 21 May, 2025 Accepted: 31 May, 2025

†Corresponding Author: Joo-Young Lee Tel: +82-2-880-8746 E-mail: leex3140@snu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

the materials can enhance mobility during various activities.

**Key words:** cold protective clothing, cold weather clothing, military cold protective jacket, comfort, fit, mobility

## I. 서론

방한복(cold weather clothing, cold-protective clothing)이란 한랭 환경에 노출된 개인의 저체온증(hypothermia)이나 한랭질환(cold-related injuries)을 예방하기 위해 전신 혹은 인체 특정 부위에 착용하는 의복으로, 한랭 환경에 노출되는 작업자나 동계 스포츠 선수, 군인에게 필수적이다. 우리나라 군인이 착용하는 방한 재킷은 육군/해군/공군용 기능성 방한 재킷, 해병대 수색대용 방한 재킷, 특전사용 방한 재킷 등 부대별 다양한 디자인으로 제공되고 있는 반면, 미국 국방부는 “Extreme Cold Weather Cloths System (ECWCS)”라는 방한복 시스템을 도입하여 보급하고 있다. 이는 다양한 보호 수준의 방한복을 각 요소별로 구성한 후 한랭 스트레스의 수준에 따라 착용 레이어 구성을 달리 하여 다양한 전투 환경에 적용할 수 있도록 구성된 시스템이다. ECWCS를 구성하는 최외층 피복으로 Wind cold wet jacket, Soft shell jacket, Extreme cold/wet weather jacket, Extreme cold parka 등이 있는데, 최외층 의복과 내부에 착용하는 기본 의복들과의 조합을 통해 영하 45°C 노출 시에도 군장병들을 저체온증에서 보호할 수 있는 것으로 알려져 있다(U.S.Army 2008).

방한복이 갖추어야 할 일차적 성능은 한랭 환경에 노출된 개인의 저체온증을 예방할 수 있을 정도의 보온력을 제공하는 것이나, 한랭 환경에서 고강도 작업을 수행해야 하는 경우 방한복이 갖추어야 할 성능은 보다 다양해진다. 즉, 강풍이나 강우가 거의 없는 온화한 저온 환경에서 정적인 작업

을 수행하는 경우 착용하는 방한복에 비해, 강풍이나 강설/강우와 같이 가혹한 환경에서 특정 강도 이상의 동적인 작업을 수행하는 작업자가 착용해야 하는 방한복이 갖추어야 할 성능은 더 다양하다. 예를 들어, 동적인 작업 중 인체에서 발생하는 땀, 강풍에 의한 방한복의 보온력 손실, 크고 두꺼운 방한복에 의한 동작성 저하, 무거운 의복 착용으로 인한 인체 에너지 대사량 증가, 방한복을 구성하는 세부 요소들(헬멧, 모자, 장갑, 귀마개, 재킷, 부츠, 방탄조끼 등) 간의 간섭으로 인한 동작성 저하 등이 고려되어야 한다.

방한복이 갖추어야 할 일차적 요구 성능인 ‘충분한 보온력’은 방한복 내에 얼마나 많은 정지 공기층이 함유되어 있는가에 달려 있다. 정지 공기층은 합성섬유 스테이플이나 우모(down and feathers)와 같은 충전재의 총 함량, 충전재의 공기 함유량, 겹쳐 입은 의복 레이어 간에 형성된 공기층 등에 의해 좌우된다. 노출된 환경의 한랭 스트레스 수준에 따른 방한복의 최소 보온력은 ISO 11079(2007)의 Required Clothing Insulation (IREQ)을 통해 정의되는데, 여기서 한랭 스트레스는 기온과 풍속이 함께 고려된 Wind Chill Index (WCI)를 기준으로 한다. WCI에 의해 한랭 스트레스는 다음 네 가지 수준, 1) 동상이 발생할 위험이 매우 큰 날씨 (WCI 약 -50°C 이하), 2) 동상이 발생할 위험이 있는 날씨 (WCI 약 -50 ~ -40°C), 3) 동상이 발생할 위험은 적으나 매우 춥게 느껴지는 날씨 (WCI 약 -40 ~ -30°C), 4) 매우 춥다가 보다 불쾌한 수준에서 추운 날씨 (WCI 약 -30 ~ 0°C)로 분류된다. 우리나라의 겨울철 날씨는 가장

추운 달인 1월 평균 기온이 약  $-2^{\circ}\text{C}$  (이는 서울 지역 1991년 ~ 2020년의 1월 평균값으로, 겨울철 평균 기류를 고려해도 우리나라 겨울철 WCI는  $-10^{\circ}\text{C}$ 보다 높은 수준임)로 네 단계 중 가장 약한 네 번째 단계에 해당한다. 미국 국방부나 유럽의 방한복 개발에 대한 연구는 주로 WCI 기준 1, 2, 3 수준에 노출된 인체를 보호하기 위한 목적으로 이루어져 온 반면 우리나라 겨울철과 같이 네 번째 한랭 스트레스 수준에 노출된 인구 집단에 대한 관심은 상대적으로 적었다.

한편, 방한복의 보온력 증진을 목적으로 정지 공기층을 의복 내 잡아두기 위한 밀폐형 디자인이 시도되었으나 이러한 디자인은 오히려 피부에서 발생한 땀의 증발을 막을 수 있다. 한랭 스트레스 환경에서 고강도의 활동을 수행한 후 땀에 젖은 상태에서 외피를 벗는다면 인체 증발열 손실이 급격히 증가될 수 있으므로(Pratt et al. 1956), 동적인 환경에서 특정 강도 이상의 동적인 작업을 수행하는 방한복 디자인 시 방한복의 수분 관리 성능이 반드시 고려되어야 한다. 또한 강풍이 존재하는 경우 방한복의 정지 공기층 파괴로 보온력은 급격히 낮아지는데, Havenith(1985)에 따르면 우리나라 연평균 풍속 수준인 약  $2\text{ m/s}$ 에 노출되는 경우 의복의 보온력은 총보온력 대비 약 26% 감소하고, Kim et al.(2025)에 따르면 강풍 수준인  $5\text{ m/s}$  노출 시 패딩 재킷의 보온력은 약 56%나 감소한다. 나아가, 방한복 내 여러 겹의 레이어링으로 인해 작업자의 에너지 대사량은 증가하고(Dorman & Havenith 2009) 동작성은 저하되기 때문에(Prezant et al. 2001), 이를 최소화하기 위해 방한복 착용 시 겹쳐 입는 의복의 레이어수는 최대 네 겹으로 권장된다(Siple 1949). 군복의 총중량 증가도 인체 에너지 대사량 증가를 수반하기 때문에(Teitlebaum & Goldman 1972; Dorman

& Havenith 2005) 전장에서 전투 수행 능력을 저하시킬 수 있다. 더불어 한랭 스트레스는 촉각의 민감도, 수작업 수행 능력, 추적, 반응시간, 복잡한 행동, 손 피부 온도 유지 능력 등을 저하시키며, 과잉 행동과 주의 산만을 유발하여 군장병들의 작전 수행에도 피해를 줄 수 있다(Fox 1967; Djamila et al. 2014; Park et al. 2019).

이처럼 무겁거나 여러 겹으로 구성된 방한복이 착용자의 동작 적합성에 미치는 영향이 중요한 평가 항목임에도 불구하고, 우리나라의 군용 방한복에 관한 연구들은 주로 방한복의 치수 체계나 패턴 개발을 중심으로 수행되어 왔다(Han et al. 2016; Jeong & Nam 2016; Han & Han 2018). 특히 우리나라와 같이 WCI 기준 네 번째 단계에 해당하는 한랭 스트레스에 적합한 수준의 보온력이나, 여러 겹의 군복 착용으로 인한 동작성 저하와 같은 관점에서 수행된 국내 연구는 거의 없는 실정이다. 무겁고 두꺼운 개인보호복 착용 시 동작성을 평가한 국내 연구들은 대체로 소방복이나 화생방 보호복을 대상으로 수행되었다(Kwon et al. 2022; Salsabila et al. 2023; Kim et al. 2024). 이에 본 연구에서는 우리나라 육군 방한복 상의 재킷(약칭 “방상외피” 또는 “야전상의”)의 동작성 개선을 목적으로 방한 재킷의 외피 디자인을 개선하였고, 개선된 외피 디자인 제품 2종과 기존 방상외피 1종에 대해 자세 및 동작성 평가를 수행하였으며, 이 결과를 바탕으로 육군용 방상외피 디자인 개선 요소들을 제안하였다.

## II. 연구방법

### 1. 피험자

건강한 성인 남성 9인(나이  $24.4 \pm 3.2$ 세, 키  $175.6 \pm 3.2\text{ cm}$ , 몸무게  $74.3 \pm 8.3\text{ kg}$ , BMI  $24.2 \pm 2.6\text{ kg/m}^2$ , 체지방률  $16.9 \pm 5.8\%$ )이

**Table 1.** Anthropometric characteristics of the subjects in the present study

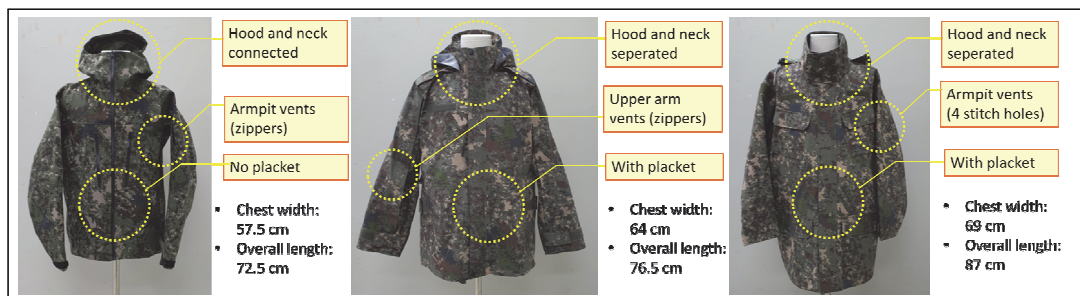
No.	Age (y)	Height (cm)	Body weight (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Body fat (%)	Military service
1	21	176	57.2	18.5	5.1	O
2	25	172	66.4	22.9	16.5	O
3	24	177	76.0	24.3	13.5	O
4	23	177	72.1	23.0	14.3	O
5	23	176	74.5	24.1	17.4	O
6	22	181	84.6	25.8	19.7	O
7	32	170	77.7	26.9	23.9	O
8	27	174	81.1	27.1	24.0	X
9	23	177	79.3	25.3	17.9	O
Mean	24.4	175.6	74.3	24.2	16.9	
SD	3.3	3.2	8.3	2.6	5.8	

본 연구의 피험자로 참여하였다(Table 1). 정상시상의 사이즈 L을 착용하는 남자를 피험자로 모집하였다. 피험자들에게 실험에 대한 설명과 안내를 사전에 충분히 제공하였고, 이에 자발적으로 동의한 경우에만 실험에 참여하도록 하였다.

**2. 실험 의복 특성 및 실험 환경**

모든 피험자는 기존 육군 방상외피와 외피 디자인이 개선된 방상외피 2종을 포함하여 총 세 가지 실험 조건(Control, Improved A, Improved B)에 참여하였다. 세 가지 방한 외피에 사용된 직물 소재는 세 개의 층이 부착된 한 장의 직물로 구성되었으며, 이 중 상층원단은 FR-Rayon 80%/Polyester 15%/p-Aramid 5%, 중간층은 PTFE(Polytetrafluoroethylene) 멤브레인, 하층

원단은 Nylon 6.6으로 세 조건 모두 동일했다. 의복 중량 및 사이즈는 기존 방상외피 < 개선된 방상외피 A < 개선된 방상외피 B 순으로 무겁고, 길며, 가슴너비는 넓었다(Fig. 1). 기존 방상외피에 부착된 후드는 목의 칼라 부분과 일체형 구조였으나, 개선된 방상외피 A와 B의 후드는 목의 칼라 부분과 탈부착식으로 디자인되었으며, 겨드랑 부위 환기 구멍(vents)의 디자인 및 위치도 다르게 디자인되었다. 재킷의 앞여밈 슬라이드 파스너 뒷개도 기존 방상외피는 no placket 디자인, 개선된 방상외피의 뒷개는 placket을 추가한 디자인으로 제작되었다(Fig. 1). 방상외피는 한 종류의 사이즈로 제작되었다. 방상외피를 제외한 기본 의복으로 팬티, 양말, 반 팔 티셔츠, 전투복 상하의, 운동화를 착용하였으며, 전투복과 운동화는 피험자 개인 사



**Fig. 1.** Three types of military outer jackets used in the present study.

이즈에 맞게 골라 착용하게 하였다.



















자세 평가 및 동작성 평가는 기온  $19 \pm 1^\circ\text{C}$ , 습도  $45 \pm 4\%\text{RH}$ 로 유지되는 실내 체육 시설에서 이루어졌다. 자세 및 동작성 평가를 위해 할당된 공간 크기는 피험자 1인당 가로 5 m × 세로 15 m였다. 실내 기온 및 습도는 5초 간격으로 연

속 측정되었으며, 실내 기류는 0.2 m/s 이하로 유지되었다.

### 3. 자세 평가

자세 평가 프로토콜은 인체 주요 관절을 기준으로 총 네 부위로 나눈 후, 각 부위별 4 ~ 5개의 자세로 구성되었다(총 18개의 자세로 구성)(Table

**Table 2.** Posture assessment according to the body parts

Body part	Posture	Image	Body part	Posture	Image
Arms	1. Extending arms up over the head and bending them down toward the back		Waist	6. Twisting the waist from side to side	
	2. Stretching arms down alongside the body, bending toward the body			7. Bending the waist from side to side	
	3. Stretching arms forth at shoulder level, bending toward the body			8. Bending the torso forward	
	4. Raising forearms to the chest, extending them out, and bending toward the body			9. Bending the torso backward	
	5. Stretching arms forth at shoulder level, crossing them			10. Touching the ground and standing up straight	
Legs	11. Squatting down and getting up		Head/ neck	15. Rolling the neck	
	12. Squatting down			16. Bending the head down	
	13. Raising each leg to waist level			17. Stretch the neck back	
	14. Lunging forward one leg at a time			18. Turning the head left and right	

**Table 3.** Composing questions for the posture assessment

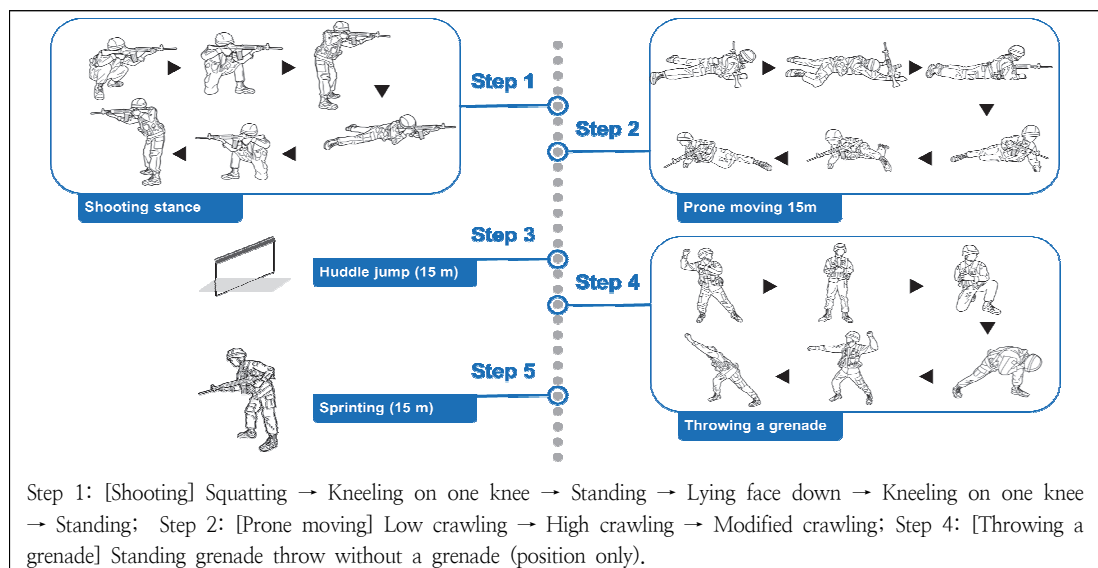
No. Question	Body part (Number of postures)																	
	Arms (5)					Waist (5)					Legs (4)				Head & neck (4)			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Q1 Do you feel restricted while posing?	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Q2 Do you feel like your top (length) becomes shorter when you pose?	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Q3 Do you feel your sleeves are becoming shorter when you pose?	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Q4 Do you think the hood is uncomfortable while posing?	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Q5 Do you feel like your bottoms become shorter when you pose?	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Q6 Do you feel like your jacket and pants do not fit well while posing?	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Q7 Do you feel like certain parts of your clothing are loosening while posing?	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

2). 피험자들은 방상외피까지 모두 착용한 상태(후드도 착용함)에서 각 자세를 5초씩 유지하였고, 이후 각 자세의 불편감에 대한 질문에 응답하였다 (Table 3). 자세별 최소 두 문항(15~18번 자세)에서 최대 일곱 문항의 질문(1번, 6~10번 자세)이 제공되었으며, 각 질문에 대한 응답은 5점 리커트

척도로 구성되었다(0점 '매우 그렇지 않다', 1점 '그렇지 않다', 2점 '보통이다', 3점 '그렇다', 4점 '매우 그렇다').

4. 동작성 평가

동작성 평가 프로토콜은 군인들이 주로 수행하는 훈련 동작을 모의하여 총 다섯 개 동작으로 구



**Fig. 2.** Mobility test protocol to simulate outdoor combat training in the present study.

성되었다(Fig. 2): ① 제자리 사격 자세로 ‘무릎 째’, ‘서서째’, ‘엎드려째’ 자세를 각 5초씩 유지(해당 용어는 육군에서 사용하는 훈련 용어임), ② 15 m 직선 거리를 ‘낮은 포복’, ‘높은 포복’, ‘응용 포복’으로 각 5 m씩 전진, ③ 15 m 직선 거리 장애물 달리기 (중간 지점에 1 m 높이 허들), ④ 제자리에서 모형 수류탄 던지기 (자세만 취함), ⑤ 15 m 직선 거리 전력 질주하기. Fig. 2의 동작성 평가 프로토콜은 휴식 없이 총 3번 연속 반복되었으며, 각 작업 속도는 피험자가 자율적으로 조절하게 하였다. 피험자들은 각 동작을 그 순서대로 미리 숙지하였고, 피험자별 실험 위치에 A0 사이즈의 동작 안내문이 부착되었다.

5. 측정항목

동작성 평가를 수행하는 동안 가슴과 등 부위 의복 최내층에서 의복내 온습도(LT-8A, Gram Corporation, Japan)를 5초 간격으로 측정하였고, 심박수는 세트로 구성된 벨트형 센서 및 무선 시계(H10/Polar Pacer Pro, Polar Electro, Finland)를 이용해 1초 간격으로 연속 측정하였다. 동작 프로토콜 시작과 종료 직후 정신·심리적 반응으로 한서감(9점 척도), 온열쾌적감(7점 척도), 습윤감(7점 척도)을 기록하였다. 세 가지 실험

의복 조건 간 참여 순서는 순서의 영향을 최소화하기 위해 랜덤하게 정하였으며, 각 조건에서의 실험이 종료된 직후 피험자들은 개인용 컴퓨터에 준비된 구조화된 설문지를 사용하여 각 동작 시 불편한 사항과 방상외피 개선 사항을 서술하였다.

6. 데이터 분석

주관식 인터뷰를 제외한 모든 결과는 SPSS 26.0을 이용하여 빈도, 비율, 평균과 표준편차 등을 계산하였다. 세 가지 실험 의복 조건 간 차이를 검증하기 위해, 범주형(비모수) 척도는 Friedman test, 모수 척도인 심박수 및 의복내 온습도는 정규성을 만족하는 경우 반복측정 일원분산분석 후 Tukey 사후분석을 시행하였다. 정규성을 만족하지 않는 경우 Friedman test 시험 후 Bonferroni correction을 적용하였다. 주관식 인터뷰 결과에 대해서는 워드 클라우드 분석을 실시하였다. 결과의 유의차는  $P < 0.05$ 로 정하였다.

III. 결과

1. 자세 평가

“Q1. 해당 자세를 취하는 동안 구속이 느껴집니까?” 라는 질문에 대해 피험자들은 양팔을 위로

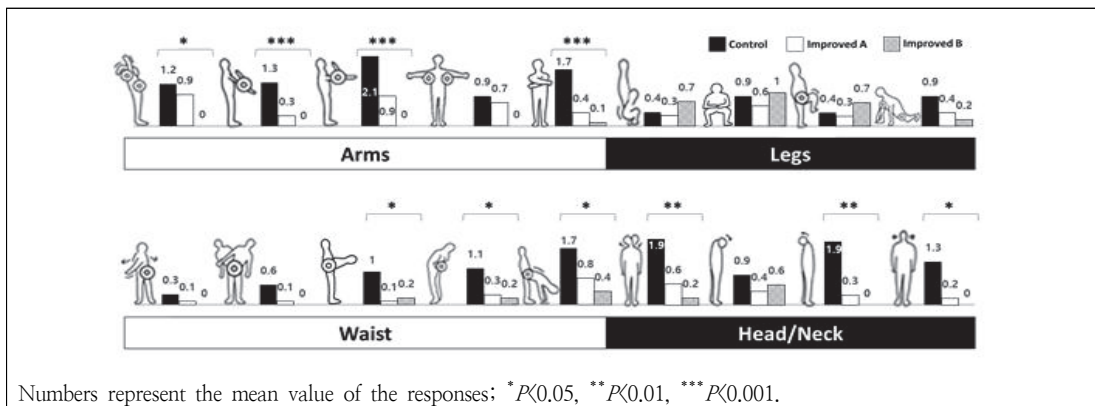







Fig. 3. Responses to “Q1. Do you feel restricted when posing?”

뺨어 등 쪽으로 구부리거나, 앞으로 쪽 뺨은 후 구부리는 동작, 양옆 반대 방향으로 서로 교차하는 동작 등에서 기존복에 비해 개선 방상외피 B 조건에서 통계적으로 유의하게 낮은 구속감을 응답하였다( $P < 0.05$ , Fig. 3, Table 4). 개선 방상외피 A

와 B 조건 간에는 구속감에서 통계적으로 유의한 차이가 발견되지 않았으나, 자세에 따라 개선 방상외피 A 조건보다 B 조건에서 더 낮은 구속감 점수가 보고되었다. 몸통을 앞으로 굽히거나, 뒤로 구부리기, 몸통을 바닥에 닿도록 굽힌 후 똑바로 서

**Table 4.** Responses to the seven questions: posture assessment according to the arm joints

Posture	Control	Improved A	Improved B	<i>P</i> -value	
	Q1	1.2 <sup>a</sup> ± 1.1	0.9 <sup>ab</sup> ± 0.9	0.0 <sup>b</sup> ± 0.0	0.013
	Q2	1.9 ± 1.1	1.4 ± 1.0	1.0 ± 0.7	0.154
	Q3	0.8 ± 1.0	0.9 ± 1.1	1.1 ± 1.3	0.810
	Q4	0.4 ± 0.7	0.1 ± 0.3	0.3 ± 1.0	0.628
	Q5	0.1 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.383
	Q6	0.3 ± 0.7	0.1 ± 0.3	0.2 ± 0.7	0.732
	Q7	0.1 ± 0.3	0.9 ± 0.9	1.0 ± 1.5	0.162
	Q1	1.3 <sup>a</sup> ± 1.0	0.3 <sup>b</sup> ± 0.5	0.0 <sup>b</sup> ± 0.0	<0.001
	Q2	0.4 ± 0.7	0.3 ± 0.5	0.1 ± 0.3	0.430
	Q3	0.7 ± 1.0	0.6 ± 0.7	0.4 ± 0.5	0.833
	Q4	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.3	0.1 ± 0.3	0.613
	Q6	0.2 ± 0.7	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.383
	Q7	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.4 ± 0.7	0.051
		Q1	2.1 <sup>a</sup> ± 1.1	0.9 <sup>b</sup> ± 0.8	0.0 <sup>b</sup> ± 0.0
Q2		0.8 ± 1.1	0.2 ± 0.7	0.2 ± 0.4	0.240
Q3		0.8 ± 0.7	1.0 ± 1.0	0.4 ± 0.5	0.311
Q4		0.3 <sup>a</sup> ± 0.5	0.0 <sup>b</sup> ± 0.0	0.0 <sup>b</sup> ± 0.0	0.032
Q6		0.3 ± 1.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.383
Q7		0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.3 ± 0.7	0.157
		Q1	0.9 ± 1.3	0.7 ± 0.9	0.0 ± 0.0
	Q2	0.6 ± 1.0	0.8 ± 1.1	0.4 ± 0.5	0.736
	Q3	0.2 ± 0.4	0.3 ± 0.5	0.2 ± 0.4	0.841
	Q4	0.1 ± 0.3	0.1 ± 0.3	0.1 ± 0.3	1.000
	Q6	0.1 ± 0.3	0.1 ± 0.3	0.2 ± 0.4	0.768
	Q7	0.0 <sup>b</sup> ± 0.0	0.7 <sup>ab</sup> ± 1.3	1.3 <sup>a</sup> ± 1.0	0.024
		Q1	1.7 <sup>a</sup> ± 1.0	0.4 <sup>b</sup> ± 0.7	0.1 <sup>b</sup> ± 0.3
Q2		0.4 ± 0.5	0.2 ± 0.4	0.0 ± 0.0	0.079
Q3		0.6 ± 0.5	1.1 ± 1.2	0.8 ± 1.1	0.485
Q4		0.1 ± 0.3	0.1 ± 0.3	0.4 ± 1.0	0.461
Q6		0.2 ± 0.7	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.383
Q7		0.3 ± 1.0	0.3 ± 0.7	0.8 ± 1.1	0.526






'a', 'b,' and 'ab' represent the significant differences among the three conditions according to the Tukey's post-hoc test at  $P < 0.05$ . The data are expressed as Mean ± SD.

는 자세 등에서도 세 가지 방상외피 조건 간 유의한 차이를 보여, 기존 방상외피 조건에 비해 개선 방상외피 A 또는 B 조건에서 낮은 구속감이 발견되었으나, 개선 방상외피 A와 B 조건 간 차이는 유의하지 않았다. 목과 머리를 움직이는 자세의 경우에도 팔이나 허리 자세에서와 유사한 결과가 발견되어 다른 두 조건보다 개선 방상외피 B 조건에

서 가장 낮은 구속감이 응답되었다. 한편, 다리 관절을 움직이는 자세에서 세 가지 방상외피 조건 간 유의한 차이는 없었다.









“Q2. 해당 자세를 취하는 동안 상의가 짧아집니까?”라는 질문에 대해 양팔을 위로 뻗어 등 쪽으로 구부리거나, 앞으로 쪽 뻗은 후 구부리는 동작,

**Table 5.** Responses to the seven questions: posture assessment according to the waist joints

Posture	Control	Improved A	Improved B	P-value	
	Q1	0.3 ± 0.5	0.1 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.138
	Q2	0.1 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.383
	Q3	0.0 <sup>a</sup> ± 0.0	0.3 <sup>ab</sup> ± 0.5	0.0 <sup>b</sup> ± 0.0	0.032
	Q4	0.2 ± 0.4	0.1 ± 0.3	0.1 ± 0.3	0.768
	Q5	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	-
	Q6	0.3 ± 0.7	0.1 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.298
	Q7	0.2 <sup>a</sup> ± 0.7	0.0 <sup>a</sup> ± 0.0	1.0 <sup>b</sup> ± 1.4	0.066
	Q1	0.6 ± 0.9	0.1 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.093
	Q2	0.6 <sup>a</sup> ± 0.9	0.0 <sup>ab</sup> ± 0.0	0.0 <sup>b</sup> ± 0.0	0.044
	Q3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	-
	Q4	0.3 ± 0.7	0.1 ± 0.3	0.3 ± 1.0	0.761
	Q5	0.1 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.383
	Q6	0.3 ± 0.5	0.1 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.138
	Q7	0.1 <sup>a</sup> ± 0.3	0.1 <sup>ab</sup> ± 0.3	0.9 <sup>b</sup> ± 0.9	0.015
	Q1	1.0 <sup>a</sup> ± 1.0	0.1 <sup>b</sup> ± 0.3	0.2 <sup>b</sup> ± 0.4	0.017
	Q2	0.3 ± 0.7	0.7 ± 0.7	0.1 ± 0.3	0.171
	Q3	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.383
	Q4	0.4 ± 0.5	0.2 ± 0.4	0.2 ± 0.7	0.622
	Q5	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	-
	Q6	0.4 ± 0.7	0.2 ± 0.4	0.1 ± 0.3	0.407
	Q7	0.4 ± 0.7	0.4 ± 1.0	1.4 ± 1.4	0.142
	Q1	1.1 <sup>a</sup> ± 1.1	0.3 <sup>b</sup> ± 0.7	0.2 <sup>b</sup> ± 0.4	0.046
	Q2	0.7 ± 0.9	0.2 ± 0.4	0.1 ± 0.3	0.131
	Q3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	-
	Q4	1.0 ± 1.3	0.8 ± 1.0	0.3 ± 1.0	0.443
	Q5	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	-
	Q6	0.3 ± 0.7	0.2 ± 0.4	0.1 ± 0.3	0.666
	Q7	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.2 ± 0.4	0.123
	Q1	1.7 <sup>a</sup> ± 1.0	0.8 <sup>ab</sup> ± 1.1	0.4 <sup>b</sup> ± 0.7	0.033
	Q2	0.9 ± 0.9	0.8 ± 0.7	0.4 ± 0.5	0.415
	Q3	0.4 <sup>b</sup> ± 0.7	1.8 <sup>a</sup> ± 1.2	0.8 <sup>ab</sup> ± 0.8	0.017
	Q4	0.7 ± 0.9	0.3 ± 0.5	0.2 ± 0.4	0.316
	Q5	0.1 ± 0.3	0.2 ± 0.4	0.2 ± 0.7	0.863
	Q6	0.4 ± 0.7	0.2 ± 0.4	0.0 ± 0.0	0.180
	Q7	0.1 <sup>b</sup> ± 0.3	0.3 <sup>ab</sup> ± 0.7	1.3 <sup>a</sup> ± 1.3	0.017

<sup>a</sup>, <sup>b</sup>, and <sup>ab</sup> represent the significant differences among the three conditions according to the Tukey's post-hoc test at  $P < 0.05$ . The data are expressed as the Mean ± SD.

**Table 6.** Responses to the seven questions: posture assessment according to the leg and head/neck joints

Posture	Control	Improved A	Improved B	P-value	
	Q1	0.4 ± 0.7	0.3 ± 0.5	0.7 ± 0.9	0.607
	Q2	0.1 ± 0.3	0.1 ± 0.3	0.2 ± 0.4	0.768
	Q3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	-
	Q5	0.6 ± 0.9	0.3 ± 0.7	0.2 ± 0.4	0.596
	Q6	0.6 ± 1.0	0.6 ± 0.7	0.9 ± 1.3	0.732
	Q7	0.2 ± 0.4	1.2 ± 1.6	1.7 ± 1.4	0.067
		Q1	0.9 ± 1.1	0.6 ± 0.7	1.0 ± 0.9
Q2		0.8 ± 1.4	0.4 ± 1.0	0.4 ± 1.0	0.781
Q3		0.1 ± 0.3	0.1 ± 0.3	0.2 ± 0.7	0.847
Q5		0.3 ± 0.7	0.3 ± 0.7	0.4 ± 1.0	0.947
Q6		0.9 ± 1.4	0.7 ± 0.7	0.7 ± 1.3	0.898
Q7		0.2 ± 0.7	1.0 ± 1.3	1.2 ± 1.3	0.169
		Q1	0.4 ± 0.7	0.3 ± 0.7	0.7 ± 1.1
	Q2	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	-
	Q3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	-
	Q5	0.4 ± 0.9	0.7 ± 0.9	0.3 ± 0.7	0.686
	Q6	0.4 ± 0.7	0.6 ± 0.9	0.6 ± 1.1	0.958
	Q7	0.0 ± 0.0	0.7 ± 1.4	0.3 ± 0.7	0.319
		Q1	0.9 ± 1.1	0.4 ± 0.9	0.2 ± 0.4
Q2		0.7 ± 1.3	0.0 ± 0.0	0.2 ± 0.4	0.223
Q3		0.0 ± 0.0	0.2 ± 0.7	0.1 ± 0.3	0.557
Q5		0.6 ± 0.9	0.7 ± 0.7	0.4 ± 0.5	0.809
Q6		1.0 ± 1.3	0.9 ± 1.3	0.6 ± 0.7	0.694
Q7		0.3 <sup>b</sup> ± 0.7	1.6 <sup>ab</sup> ± 1.5	2.1 <sup>a</sup> ± 1.6	0.028
		Q1	1.9 <sup>a</sup> ± 1.5	0.6 <sup>a</sup> ± 0.7	0.2 <sup>b</sup> ± 0.4
	Q4	2.2 <sup>a</sup> ± 1.4	1.0 <sup>b</sup> ± 0.9	1.0 <sup>b</sup> ± 0.9	0.034
	Q1	0.9 ± 0.9	0.4 ± 0.5	0.6 ± 1.0	0.523
	Q4	1.8 ± 1.3	0.7 ± 0.9	0.7 ± 1.0	0.057
	Q1	1.9 <sup>a</sup> ± 1.6	0.3 <sup>b</sup> ± 0.5	0.0 <sup>b</sup> ± 0.0	0.001
	Q4	1.9 <sup>a</sup> ± 1.5	0.6 <sup>b</sup> ± 0.7	0.8 <sup>ab</sup> ± 1.1	0.043
	Q1	1.3 <sup>a</sup> ± 1.6	0.2 <sup>ab</sup> ± 0.4	0.0 <sup>b</sup> ± 0.0	0.014
	Q4	2.4 ± 1.5	1.4 ± 1.1	1.0 ± 1.0	0.057

'a', 'b,' and 'ab' represent the significant differences among the three conditions according to the Tukey's post-hoc test at  $P < 0.05$ . The data are expressed as the Mean ± SD.

양옆 반대 방향으로 서로 교차하는 동작 등 양팔의 관절과 관련된 자세에서 통계적으로 유의한 차이는 발견되지는 않았다(Table 4). “Q3. 해당 자세를 취하는 동안 소매가 짧아집니까?”라는 질문에 대해 허리를 좌우로 움직이는 자세(동작) 및 허리를 굽혀 양손을 바닥까지 닿게 하는 자세에서 세 조건 간 유의한 차이를 보여, 기존 방상외피 착용 조건에 비해 개선 방상외피 A 조건에서 소매가 가장 많이 짧아진다고 응답하였다( $P<0.05$ , Table 5).

“Q4. 해당 자세를 취하는 동안 후드가 불편합니까?”에 대해, 양팔을 앞으로 쪽 뺀 후 구부리는 동작 등에서 조건 간 유의한 차이가 보여, 기존 방상외피의 후드가 개선 방상외피 A 또는 B 조건의 후드에 비해 더 불편하다고 응답되었다(Table 4, Table 5). 특히, 머리나 목을 좌우로 돌리거나 아래로 굽히는 동작, 뒤로 젖히는 동작, 좌우로 움직이는 자세 등에서 세 조건 간 유의한 차이를 보여, 개선 방상외피 A, B 조건에 비해 기존 방상외피의 후드가 더 불편하다고 응답하였다( $P<0.05$ , Table 4~6).

2. 동작성 평가: 의복내 온도 및 심박수

가슴 부위 최내층 의복내 온도는 세 가지 의복 조건 간 유의한 차이 없이 평균 29 ~ 30°C였고, 가슴 부위 최내층 의복내 습도도 세 가지 의복 조건 간 유의한 차이 없이 평균 62 ~ 72%RH를 보여 주었다. 심박수의 평균값은 세 가지 의복 조건 간 유의한 차이 없이 148 ~ 150 bpm이었으며, 최대 심박수도 세 조건 간 유의한 차이 없이 175 ~ 181 bpm였다.

3. 동작성 평가: 정신·심리적 반응

실험 시작 시점에서 피험자들은 세 조건 간 유의한 차이 없이 한서감 ‘출지도 덥지도 않다(0점)’, 온열쾌적감 ‘불쾌하지도 쾌적하지도 않다(0점)’, 습윤감 ‘습하지도 건조하지도 않다(0점)’ 수준이었다(Fig. 4). 실험 종료 시점에서 한서감과 습윤감은 세 의복 조건 간 유의한 차이 없이 ‘따뜻하다(약간 덥다)(2점)’와 ‘습하다(2점)’ 수준이었다. 그러나 온열 쾌적감의 경우 세 조건 간 유의한 차이를 보여 기존 방상외피를 착용한 경우  $-1.9 \pm 0.8$  점이었던 반면 개선 방상외피 A 조건에서  $-0.8 \pm$

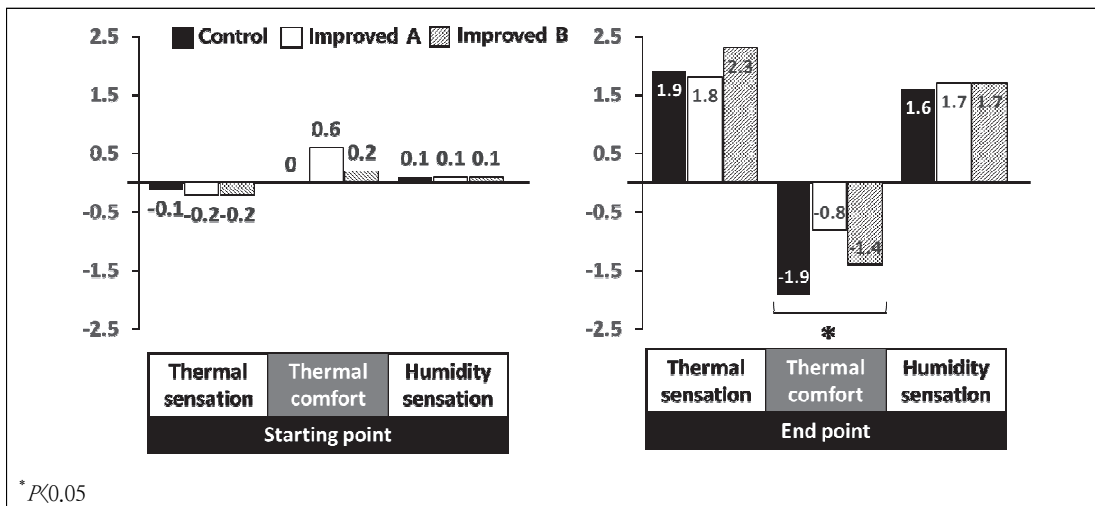


Fig. 4. Thermal sensation, thermal comfort, and humidity sensation at the starting and ending points.



로 높이 올리거나, 팔꿈치를 굽히거나, 양옆 반대 방향으로 서로 교차하는 경우 피험자들은 개선된 방상외피들에 비해 기존 방상외피 착용 시 구속감이 더 크다고 응답하였고, 허리를 앞이나 뒤로 굽힐 때도 유사한 결과가 얻어졌으며, 목을 좌우 방향으로 돌리거나 뒤로 젖히는 자세에서도 기존 방상외피 착용 시 더 큰 구속감을 보고하였다. 이는 가슴너비와 총길이가 연장된 방상외피 착용을 통해 팔과 허리 관절 움직임 시 구속감을 경감시킬 수 있으며, 후드 디자인 개선을 통해 머리 부위 움직임의 구속감도 어느 정도 경감시킬 수 있음을 의미한다.

## 2. 방상외피의 온열 쾌적감 개선을 위한 디자인 요소

세 가지 방상외피 조건 간 한서감에서 유의차는 관찰되지 않았으나, 개선 방상외피 A는 기존 방상외피와 개선 방상외피 B에 비해 유의하게 낮은 온열 불쾌감이 얻어졌다( $P < 0.05$ ). 세 방상외피의 소재는 동일하였기 때문에 온열 불쾌감에서 발견된 차이는 소재가 아니라 사이즈(가슴 너비와 총길이)나 세부 디자인 차이에서 유발된 것으로 해석할 수 있다. 동작 프로토콜 종료 직후 이루어진 개별 인터뷰 결과, 기존 방상외피(가슴너비 57.5 cm, 총길이 72.5 cm) 착용 시 전투 동작 중 재킷이 짧아지거나 허리 쪽으로 말려 올라가 상체 일부가 노출되는 등 불편하다는 의견이 제시되었던 반면, 개선된 방상외피 A(가슴너비 64 cm, 총길이 76.5 cm) 착용 시에는 상체 허리 부위 노출이 거의 발생하지 않았다고 응답되었다. 개선된 방상외피 B(가슴너비 69 cm, 총길이 87 cm)도 상체 허리 부위 노출은 거의 없었으나 세 가지 방상외피 중 품이 가장 넓고 가장 길어 특정 동작 중 헐렁함으로 인해 오히려 불편감이 증가한다고 보고되었다.

Laing & Sleivert(2002)에 따르면 의복의 가슴 둘레와 길이가 인체 치수보다 약간 넉넉한 범위(5 ~ 10 cm)일 때 착용감과 온열 쾌적감이 가장 좋다. Mert et al.(2016)은 하의 디자인에 따라 피부에 닿는 접촉 면적이 달라지며, 접촉 면적이 피부의 온도와 습도에 영향을 주진 않지만, 착용감과 온열 쾌적감에는 영향을 주는 것으로 보고했다. Zakaria & Gupta(2019)도 군복 설계에서 옷의 사이즈와 착용감의 균형이 중요하며, 과도하게 크거나 혹은 여유분이 부족할 경우 의복내 열축적과 착용감에 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 지적하였다. 본 연구에서 개선된 방상외피 A는 기존 방상외피에 비해 적절하게 여유 있는 크기와 길이 증가를 통해 전투 훈련 동작 시 상체 허리 노출을 방지하였고 이러한 디자인 개선이 착용자에게 심리적 안정감을 부여하면서 온열 불쾌감 저하에도 긍정적인 영향을 준 것으로 사료된다. 기존 방상외피는 상대적으로 밀착된 설계로 인해 상체 허리 노출이 발생하는 등 심리적 불안(쾌)감을 유발했으며, 개선된 방상외피 B는 지나치게 여유 있는 품과 긴 길이로 인해 동작 중 걸리적거리거나 옷이 증첩되는 문제가 발생하며 오히려 착용감에 부정적인 영향을 미쳤다고 볼 수 있다. 본 결과는 군인과 같이 누워서 바닥을 기어가거나(포복, 약진 등), 장애물을 넘으면서 달리기, 앉은 자세에서 총을 조준하는 등과 같은 동적 작업을 수행하는 직업군에게 적정 사이즈의 유니폼 제공이 중요함을 시사한다.

한편, 본 연구에 참여한 남자 피험자들의 키는 170 ~ 181 cm, 체중 57 ~ 82 kg, BMI는 19 ~ 27 kg/m<sup>2</sup> 으로 약간 마른 체형에서 약간 뚱뚱한 체형을 모두 포괄한다. 모든 피험자들이 동일한 사이즈의 방상외피 3종을 랜덤 순서로 모두 착용하였기 때문에 얻어진 결과는 피험자의 체형/체격 차이가 아니라 방상외피 3종 간의 차이를 반영한

다고 볼 수 있다. 그럼에도 불구하고 피험자의 체형이나 체격 차이를 최소화할 경우 보다 타당한 결과를 얻을 수 있으므로 서로 다른 의복에 대한 착용성 비교 평가 연구 설계 시 이를 고려할 필요가 있다.

### 3. 방상외피 후드 디자인

방상외피의 후드 디자인 시 일차적으로 고려해야 하는 요소는 머리, 목, 얼굴 일부를 한랭 스트레스 및 비, 바람, 먼지 등으로부터 보호해야 한다는 점이다. 특히 추운 환경에서 머리는 혈관 수축이 일어나지 않는 부위 중 하나이므로(Froese & Burton 1957), 방상외피 상의에 연결된 후드는 머리 부위의 열이 급격히 손실되지 않도록 보온성을 갖추어야 한다. 동시에, 군용 재킷의 후드는 전투 안경, 헬멧, 귀마개 등 장구류를 덮을 수 있을 정도의 충분한 크기와 호환성을 가져야 하며, 상하 좌우 얼굴 움직임 시 시야를 방해해서는 안된다(NATO 2021). 후드 디자인 시 얼굴 쪽 테두리 부분에 손으로 사이즈 조절이 가능한 스트링을 넣어 후드 사이즈와 함께 시야를 조절할 수 있으며, 후드의 뒷머리 부분에도 조절 스트링을 두어 시야를 확보할 수 있다(Bougourd & McCann 2009). 후드 하단을 높여 입과 코를 덮을 수 있도록 디자인하면 건조한 환경에서 코와 목의 접착이 건조해지는 것을 어느 정도 줄일 수 있을 것이다.

본 연구의 전투 훈련 모의 동작성 평가 직후 피험자들은 방상외피 3종 모두 후드에 의해 시야가 제한된다고 응답하였고, 특히 기존 방상외피 착용 시 가시성이 저하된다는 응답이 많았다. 이는 개선된 방상외피 A와 B 모두 후드가 재킷 상의와 분리된, 탈부착 형태로 제작되었으나, 기존복은 일체형 설계로 얼굴 좌우 측면을 가리는 구조였기 때문인 것으로 사료된다. 개인보호복이나 재킷 착용 시 후

드에 의해 가시성이 저하된다는 연구는 종종 보고된다. Salsabila et al.(2023)는 119구조본부 소방대원용 화학 보호복의 및 방열복의 동작 적합성 평가를 수행하였는데, 그 결과 방열 후드 착용 시 좌우 혹은 상하로 움직이면서 소방관의 시야가 방해되었고 이러한 단점을 보완하기 위해 후드를 안정적으로 고정할 수 있는 내부 디자인 개선이 필요함을 제안하였다. 동시에 화학 보호복의 후드에 연결된 바이저(투명창)는 머리카락의 움직임과 상관없이 고정되어 있으므로 좌우 시야가 방해되는데, 이를 해결하기 위해 바이저의 좌우 사이즈 확대가 필요하다고 보고하였다. Cho et al.(2024)는 실제 클라이머들을 대상으로 암벽 클라이밍용 하드셀 재킷의 착용성을 평가하였고, 재킷 후드의 세부 디자인 개선(예: 뒷머리 중앙 또는 목 부위에 상하/좌우 사이즈 조절 스트링 추가)을 통해 암벽 클라이밍 시 시야 확보가 가능함을 확인하였다. 육군 방상외피에 연결된 후드도 군사 훈련이나 작전 수행 시 좌우 시야를 방해하지 않도록 디자인될 필요가 있다.

추가적으로, 방상외피의 후드 디자인 개선을 위해 동계 전투 환경에서 후드와 병행 착용되는 장구류(헬멧-야간투시경 포함, 비니, 두건, 귀마개 등)와의 양립 가능성(compatibility)에 대한 정교한 평가가 필요하다. 이를 위해 소방용 화학 보호복 착용 시 가시성을 평가한 선행연구(Salsabila et al. 2023)에서와 같이 정면 및 측면 한글 조합 단어 식별 평가법과 같은 구조화된 가시성 평가법이 개인보호복의 착용성 평가에 도입될 필요가 있다. 나아가 방상외피에 사용되는 방수·투습원단의 특성으로 인해, 후드 착용 시 외부 소리 수신이 감쇠됨과 동시에 직물 움직임에 따른 소음이 증가되므로(Muza 2007), 작전 수행 시 음성 송수신 능력의 저감도 함께 평가될 필요가 있다.

## V. 요약 및 결론

본 연구에서는 대한민국 육군 방한복 상의 외피 (“방상외피”)의 착용성 평가를 위해 인체 주요 부위별 관절의 움직임에 고려한 자세 평가와 사격/포복/수류탄 던지기/약진 동작 등을 포함하여 전투 훈련 상황을 모사한 동작성 평가를 수행하였다. 팔과 허리, 목 부위 주요 관절을 움직일 때 방상외피 조건들 간 인체 구속감에서 차이를 보여, 기존 방상외피에 비해 개선된 방상외피 A 또는 B 착용 시 구속감이 개선되었다. 전투 훈련을 모사한 동작성 평가를 수행하는 동안, 심박수와 의복내 온습도에서 세 가지 방상외피 조건 간 유의한 차이는 관찰되지 않았으나 심박수는 180 bpm 이상 최대 수준까지 상승하였으며, 가슴과 등 부위 의복내 습도도 평가 종료 시 80%RH 이상으로 매우 습한 의복내 습도가 관찰되었다. 온열 쾌적감에서 유의한 차이를 보여 개선된 방상외피 A 조건 착용 시 기존 방상외피에 비해 덜 불쾌하다는 응답이 얻어졌다. 동작 프로토콜이 완료된 직후 수행한 인터뷰 결과, 기존 방상외피 착용 시 품이 작고 후드가 불편하며 시야가 방해된다는 불만사항이 다수 얻어진 반면, 개선된 방상외피 A 또는 B 조건 착용 시 후드에 대한 불만은 상대적으로 적었다. 즉, 방상외피의 소재는 동일하게 유지하면서, 사이즈(가슴 너비와 총길이), 지퍼, 후드 디자인을 개선한 경우 인체 주요 관절 움직임 시 구속감이 경감되고, 전투 훈련 동작을 수행하는 동안 불쾌감이 감소되어 육군 장병들의 전투 및 훈련 수행 능력 향상에 기여할 수 있음을 확인하였다.

### 감사의 글

본 연구는 K2코리아 및 2025년 한국연구재단의 G-램프(LAMP)사업 지원을 받아 수행되었습니다.

다(No. RS-2023-00301976). 연구 수행 시 행정적으로 지원해 준 정호연, 허윤정에게 감사드립니다.

## References

- Bougourd J, McCann J(2009) Factors affecting the design of cold weather performance clothing. In: Textiles for Cold Weather Apparel, CRC press, Ed. J.T.Williams, pp 174-175
- Cho KY, Park JB, Lee JY(2024) Assessing posture and mobility while wearing hard-shell jacket during climbing performance. The 20th International Conference on Environmental Ergonomics (ICEE2024), Jeju, Korea, Jeju ICC, June 3-7
- Department of the Army in U.S.(2008) TM-10-8415-236-10 Extended Cold Weather Clothing System Generation III
- Djamila H, Chu C, Kumaresan S(2014) Effect of humidity on thermal comfort in the humid tropics. J Building Construction Planning Res 2, 109-117. doi:10.4236/jbcpr.2014.22010
- Dorman LE, Havenith G(2005) The influence of clothing weight and bulk on metabolic rate when wearing protective clothing. Proceedings of 3rd International Conference on Human-Environmental System ICHES 05, Japan, September, 47-50
- Dorman LE, Havenith G(2009) The effects of protective clothing on energy consumption during different activities. European J Appl Physiol 105(3), 463-470. doi:10.1007/s00421-008-0924-2
- Fox WF(1967) Human performance in the cold. Human Factors 9(3), 203-220. doi:10.1177/001872086700900302
- Froese G, Burton AC(1957) Heat loss from the human head. J Appl Physiol 10(2), 235-241. doi:10.1152/jappl.1957.10.2.235
- Han H, Han H(2018) Development of ergonomic Korean male military winter jacket. J Korean Society Clothing Text 42(6) 943-961. doi: 10.5850/JKSCT.2018.42.6.943
- Han H, Han H, Cho J, Koh J(2016) Satisfaction on fitness and motion suitability of Korean male military winter jacket. Fashion Text Res

- J 18(5), 685-694. doi:10.5805/SFTI.2016.18.5.685
- Havenith G(1985) Individual parameters in thermoregulatory control: a review. TNO Institute for Perception, Report No. IZF 1985-26
- ISO(2007) Ergonomics of the thermal environment – Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects
- Jeong MA, Nam YJ(2016) A study on the current state of Korean military winter uniform tops. J Korean Society Costume 66(5), 66-81. doi: 10.7233/jksc.2016.66.5.066
- Kim DH, Jun Y, Lee HJ, Kang G, Lee CE, Lee JY(2024) Mobility and thermal comfort assessment of personal protective equipment for female healthcare workers: impact of protective levels and body mass index. Korean Fashion Text Res J 26(1), 1-14. doi: 10.5805/SFTI.2024.2-6.1.1
- Kim MS, Kim DH, Yoon SM, Lee JY(2025) Evaluating mobility of winter padded jackets for males and females according to different pattern designs of inner quilting layer. Korean Society Living Environ System 32(3) (In press)
- Kwon JY, Cho YS, Lee BH, Kim MS, Jun YM, Lee JY(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 Text Res J 24(5), 655-665. doi:10.5805/SFTI.2022.24.5.655
- Laing RM, Sleivert GG(2002) Clothing, textiles, and human performance. Text Progress 32(2), 1-122. doi:10.1080/00405160208688955
- Mert E, Böhnisch S, Psikuta A, Marie-Ange Bueno MA, Rossi RM(2016) Contribution of garment fit and style to thermal comfort at the lower body. Intern J Biometeorology 60, 1995-2004. doi:10.1007/s00484-016-1258-0
- Muza SR(2007) Biomedical aspects of NBC masks and their relation to military performance. In: Handbook on Clothing, pp11-24
- NATO Standardization Office(2021) AEP-2333 Combat Clothing Performance and Protective Properties and Trial Guidance Ed.A, Ver.1
- Park J, Shin S, Lee JY(2019) Effects of alternating exposure to cold and heat for 14 days on cold tolerance in winter. J Thermal Biol 79, 1-7. doi:10.1016/j.jtherbio.2018.11.010
- Pratt R, Fonseca G, Woodcock A(1956) Some aspects of the absorbency of clothing materials. U.S. Army Natick Q.M.R. and D. Center Research Study Report BP-3
- Prezant DJ, Barker RL, Stull JO, King SJ, Rotanz RA, Malley KS, Bender M, Guerth C, Kelly KJ(2001) The impact of protective hoods and their water content on the prevention of head burns in New York City firefighters -laboratory tests and field results. J Burn Care Rehabilitation 22(2), pp165-178 doi:10.1097/00004630-200103000-00015
- Salsabila S, Kim DH, Lee JY(2023) Enhancing design and evaluating mobility of firefighting chemical and flame protective clothing for the national 119 rescue headquarters. Fashion Text Res J 25(4), 520-533. doi:10.5805/SFTI.2023.25.4.520
- Siple AP(1949) Clothing and Climate. In: Physiology of Heat Regulation and the Science of Clothing (Ed Newburgh). Philadelphia, Saunders, pp 389-442
- Teitlebaum A, Goldman RF(1972) Increased energy cost with multiple clothing layers. J Appl Physiol 32, 743-744. doi:10.1152/jappl.1972.32.6.743
- Zakaria N, Gupta D(2019) Size and fit for protective clothing. In Dabolina I & Lapkovska E (Eds), Anthropometry, Apparel Sizing Design. Cambridge: Woodhead Publishing, pp289-316