



ISSN 1229-8565 (print) ISSN 2287-5190 (on-line)
한국지역사회생활과학회지 27(3) : 419~435, 2016
Korean J Community Living Sci 27(3) : 419~435, 2016
<http://dx.doi.org/10.7856/kjcls.2016.27.3.419>

대한민국 동하절기 해군 함상복의 착용쾌적성 평가를 통한 디자인 요소 요구성능 분석

이 호 현¹⁾ · 신 소 라²⁾ · 이 주 영^{1),2)†}
서울대학교 생활과학연구소¹⁾ · 서울대학교 의류학과²⁾

Design Requirements by Evaluating Comfort while Wearing Korean Naval Duty Uniforms for Summer and Winter

Hyo-Hyun Lee¹⁾ · Sora Shin²⁾ · Joo-Young Lee^{1),2)†}

Research Institute for Human Ecology, Seoul National University, Seoul, Korea¹⁾
Dept. of Textiles, Merchandising and Fashion Design, Seoul National University, Seoul, Korea²⁾

ABSTRACT

The purpose of the present study was to suggest the design requirements for Korean naval duty uniforms by evaluating the physiological and psychological comfort while wearing the uniforms. Two sets of wear trials were conducted with summer uniforms(eight young males) and winter uniforms(seven other young males). The summer wear trial consisted of 10-min rest, 60-min exercise, and 10-min recovery at an air temperature(T_{air}) of 33°C and 62%RH, followed by 10-min recovery at a T_{air} of 23°C and 64%RH(total 90 min). The winter wear trial consisted of 20-min rest at T_{air} 20°C and 55%RH, 25-min rest, 30-min exercise, and 35-min recovery at a T_{air} of 0°C and 43%RH(total 110 min). Rectal and seven skin temperatures, clothing microclimate, heart rate, oxygen consumption, total sweat rate, and subjective perceptions were measured during the wear trials. By evaluating the experimental results from the wear trials, we extracted the following psycho-physiological design requirements to improve the current Korean naval uniforms: (1) It is important to maintain the skin temperatures within their comfort range, which depends on the body region (higher than 30°C in winter, but less than 35°C in summer). (2) In summer, the feet should be protected from the high heat of the ship floor surface. (3) In summer, sweat from the back should be sufficiently absorbed and allowed to dry quickly.

Key words: naval duty uniforms, thermal comfort, design requirements, thermal stress, body temperature

This research was supported by grants from the Ministry of National Defense Project, 'Development of naval uniform's textiles and prototype suitable for working environment and battle in naval ships' (Project number 2014UMM1398).
Received: 5 June, 2016 Revised: 9 August, 2016 Accepted: 16 August, 2016

† **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.

I. 서론

한국은 이스라엘이나 싱가포르 등과 같이 의무 복무 제도를 시행하고 있는 국가 중 하나로 2015년 현재 약 7만여 명의 해군(해병대 약 3만명 포함)이 의무 복무를 수행하고 있으나(Ministry of National Defense 2014), 대한민국 해군의 함상복 디자인은 큰 개선 없이 초창기 모델이 지속적으로 유지되고 있다. 반면 약 49.5만 명에 해당하는 병력을 지닌 한국 육군의 전투복 디자인은 시대적 요구 및 기술 향상을 반영하며 여러 차례 개선되어 왔다.

오랜 시간 체계적인 연구를 거쳐 개선되어 온 육군복을 다룬 국내 연구들을 살펴보면, 전투 중 위장이나 은폐성 향상을 위해 한국의 지형 특성을 반영한 디지털 위장 무늬 개발에 관한 연구(Jin & Hwang 2006), 고공에서 적의 탐사 레이더 장비에 의해 국군의 위치가 노출되는 것을 막기 위해 적외선 감지 차단 기능과 방염 기능을 동시에 갖춘 화생방 보호 군복용 원단 개발에 관한 연구(Jeong et al. 2014) 등이 보고되었다. 기존 육군 전투복 착용실태 조사를 통해 파악된 문제점을 개선하기 위하여 디자인 및 패턴, 구성방법을 수정하거나 개발된 육군 전투복의 운동 적응성에 대한 착의평가를 실시한 연구들(Kim et al. 1990; Choi et al. 2003; Kim & Cho 2014), 혹은 디지털 장치가 내장된 스마트 전투복 디자인 프로토타입을 개발한 연구(Park et al. 2005), 3D 부분 밀착형 방탄조끼와 3D 전체 밀착형 방탄조끼의 열적 부담감과 착용쾌적성을 비교 분석한 연구(Kim et al. 2012) 등도 보고되었다. 지뢰 탐지 및 제거작업을 위한 지뢰 탐지용 방호복 착용 실태를 조사한 연구(Choi & Sohn 2001)와 신형 지뢰 제거복의 방호력과 착용감을 평가한 연구(Sohn & Choi 2001)도 수행된 바 있다. 특히 육군 전투복 착용이 체온조절에 미치는 영향을 평가한 연구(Kim & Cho 2014)에 따르면 한국 전투복이 미국이나 독일 전투복에 비해 높은 의복내 습도를 유발하였고 이는 상대적으로 낮은 공기 투과도에 기인한다고 판단하여, 상체 내부 의복내 환기

증가를 고려한 디자인과 통기성이 우수한 소재 사용이 제안되었다. 육군 군복을 다룬 연구들에 비해 상대적으로 적지만 대한민국 공군의 정비복이나 비행복 개선에 대한 연구들도 지속적으로 발표되어 왔는데, 공군 정비 파카에 관한 연구(Lee et al. 2011; Lee et al. 2012), 공군 동약정복 바지패턴 개발에 관한 연구(Kim et al. 2013), 공군 상하일체형 비행복 제작에 적합한 인체 치수와 여유량을 제시한 연구(Jeon et al. 2009), 공군 조종사복에 대한 만족도 실태조사(Lee et al. 2016) 등이 있다.

국외 해군복 관련 연구 동향을 살펴보면 미국 해군의 경우 표준 전투복, 난연 전투복, 해병 전투복 등 3종의 해군복이 보급되어 있고, 최근에는 난연 기능과 내구성이 강화된 50/50 nylon-cotton의 NYCO라는 신소재를 적용한 난연 전투복을 보급하기 시작하였다(Lee et al. 2015). 캐나다와 프랑스 해군의 화학 방호복 착용 시 서열부담 경감 효과 연구(McLellan 1996), 해군용 화학 방호복 착용 시 서열부담 경감에 효과적인 착용법 연구(House et al. 2003), 해군용 냉각 조끼 개발 연구(Pimental & Avellini 1992; Teal & Pimental 1995) 등 함상 내외에서 전투복 착용 시 인체가 받는 서열 부담 경감을 목적으로 수행된 연구들이 있으며, 여자 해군의 실측 인체 사이즈를 측정하여 최적의 해군복 사이즈와 맞춤새를 살펴본 연구(Mellian et al. 1991)도 보고되었다.

다양한 측면에서의 연구가 이루어지고 있는 육군복과 해외 선진국들이 해군복 개선을 위해 활발한 연구를 진행하는 것과는 달리, 대한민국 해군들이 착용하는 함상복의 착용성능을 평가하고 이를 개선하고자 수행된 국내 연구는 Lee et al.(2015)의 연구를 제외하고 거의 없는 실정이다. Lee et al.(2015)은 대한민국 해군들을 대상으로 함상복 착용 현황 및 개선 요구 사항에 대한 실태 조사를 수행하고 함상복의 디자인 개선방향을 제시하였는데, 해군들은 무엇보다 좁은 통로를 지닌 함상 내 이동 시 불편을 주는 넓은 통바지에 대한 불만이 높았고 또한 바지 양 옆에 부착된 카고 주머니(일명, 건빵 주머니)에 대한 선호도

도 높지 않았다. 바다 위 습한 함상 생활로 인해 함상복 소재의 항균, 방수, 방오 기능에 대한 요구도가 매우 높았으며, 여름과 겨울철 실외 갑판에서 보초를 서거나 다양한 작업을 하는 동안 극한 더위(직사일광과 뜨거운 갑판 등)와 추위(강한 해풍)로 인한 불만이 높아 서열 한랭 스트레스를 최소화 할 수 있는 디자인으로의 개선이 요구되었다. 그러나 이러한 요구성능은 설문조사를 통해 얻어진 결과이기 때문에 실제 여름과 겨울철 온습도 환경에서 함상복 착용으로 인한 생리 심리적 부담에 대해서는 정량적으로 파악할 수 없다.

이에 본 연구에서는 여름과 겨울철 환경에서 현재 함상복을 착용하고 실외 갑판 근무를 수행하는 동안 유발된 서열 한랭 부담의 객관적 분석을 통해 생리적 부담을 경감할 수 있도록 기존 함상복에서 개선 및 보완이 필요한 세부 디자인 요소들을 보다 정확하게 제시하고자 하였다. 이를 위해서 현재 대한민국 해군에게 지급되고 있는 하절기와 동절기용 함상복에 대해 각각 여름과 겨울철 환경에서의 인체착용평가를 수행하였다. 따라서 본 연구는 기존 하절기와 동절기용 함상복을 실제로 인체가 착용하였을 때 유발되는 생리심리적 착용 쾌적성 수준을 파악하여 신형 함상복 시작품 개발을 위한 디자인 요구 성능을 제안함을 그 목표로 하였다.

II. 연구방법

본 연구는 2016년 현재 대한민국 해군들이 착용하고 있는 하절기 함상복과 동절기 함상복 각각에 대한 인체착용평가와 착용설문평가를 실시하였다.

1. 하절기 함상복 인체착용평가

(1) 피험자 특성

건강한 성인 남성 8명(나이 23.4 ± 3.4 세, 신장 175.3 ± 4.5 cm, 체중 68.7 ± 7.5 kg, 체표면적 1.87 ± 0.12 m²)이 실험에 참여하였다. 모든 피험자들은

실험 24시간 전부터 음주, 흡연, 운동이 금지되었으며, 실험 2시간 전부터 금식하도록 하였다. 실험 참여 전에 실험 내용 및 실험 방법에 대해 충분한 설명을 들었고 동의서에 자발적 서명 후 실험에 참여하였다.

(2) 실험과정

피험자는 실험실에 도착하면 300 ml의 물을 섭취한 후 옷을 갈아입었다. 총발한량 추정을 위해 팬티와 가운만을 착용한 채 인체친청을 이용하여 실험 전후 몸무게를 측정하였다. 각 측정항목 별 센서들을 인체에 모두 부착한 후 팬티, 런닝 셔츠, 하절기 함상복 상의(셴브레이), 함상복 하의(당가리), 양말, 운동화를 착용하였고(Table 1), 환경온 $32.6 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $62 \pm 1\%\text{RH}$, 기류 0.27 ± 0.10 m·s⁻¹로 유지되는 인공기후실로 입실하여 10분간 의자에 앉아 안정을 취하였다. 상대습도의 경우 해상 환경에서 포화상태까지 이를 수 있으나 약 32°C 의 기온에서 상대습도가 70%RH 이상이 되면, 현재의 피복면적을 고려할 때 의복 유형(기존 함상복과 개발 함상복)에 따른 차이에 관계없이 강한 더위를 느끼게 된다. 따라서, 고온 다습한 여름철 환경을 고려하되 의복 간 유의차를 살펴볼 수 있는 적정 수준의 상대습도를 예비실험을 통해 설정하였다. 10분간의 휴식기를 마친 피험자는 여름철 함상의 갑판위를 모사하기 위해 설치된 전기온돌 판넬 위(표면 온도 $47 \pm 4^{\circ}\text{C}$)에서 60분간 4 km·h⁻¹ 속도로 제자리 걸기를 하였고, 그 후 다시 10분간 의자에 앉아 회복을 취하였는데, 입실 직후 안정 때와 달리 운동화를 신은 두 발은 가온된 전기온돌 판넬 위에 놓도록 하였다. 인공기후실에서의 실험을 마친 피험자는 기온 $23.3 \pm 1.1^{\circ}\text{C}$, 습도 $64 \pm 4\%\text{RH}$, 기류 0.12 ± 0.04 m·s⁻¹로 유지되는 전실로 바로 이동하여 다시 10분간 의자에 앉아 회복을 취하였다. 함정 내부 습도의 경우 계절, 함정의 규모와 공간의 용도에 따라 습도 차가 컸으며 36 ~ 64%RH로 분포를 보였다(Korea Ocean Research & Development Institute 2012). 본 연구에서 설정한 환경습도는 여름철 함정 내부 습도의 범위에 속하므로

합정 내부 환경을 재현하는데 무리는 없을 것으로 사료된다. 33°C에서 23°C 환경으로의 이동은 합상 갑판에서의 작업을 수행한 후 합상 내 에어콘이 가동되는 방으로의 이동을 모사한 것이다. 1회 실험의 총 측정시간은 90분으로 다음과 같이 구성되었다: 10분 휴식(기온 33°C), 60분 걷기 운동(기온 33°C) + 10분 회복(기온 33°C) + 10분 회복(기온 23°C). 10분간의 회복기를 마치면, 모든 기기의 측정을 종료하고 피험자는 팬티와 실험가운을 입고 체중을 측정한 뒤 실험을 종료하였다. 의복에 흡수된 발한량을 추정하기 위해 피험자가 탈의한 실험 의복의 무게가 측정되었다. 인공기후실에서 사용한 전기온돌판넬은 여름철 직사광선에 의해 합정 바닥표면온도가 높아지는 특유의 환경을 재현하기 위해 자체 제작된 것으로 2015년 8월 오전 9:00부터 오후 17:00까지 외기 옥상 환경(환경온도 32.1 ± 1.8°C, 상대습도 50 ± 5%RH, 복사온도 32.9 ± 3.3°C)에서 직사광선에 달구어진 철판 표면 온도(42.0 ± 6.0°C)를 참고로 설정하였다.

Table 1. Properties of textiles of Korean navy uniforms for summer

	Shirts	Trouser	Test methods	
Weaving type	Plain	2/1 Twill	-	
Composite(%)	Wool/ Polyester 50/50	Rayon/ Polyester 30/70	KS K 0210	
Density (yarn/5 cm)	Weft	120	260	KS K 0511
Density (yarn/5 cm)	Wrap	100	110	KS K 0511
Weight(g/m ²)		120	160	KS K 0514
Tensile(N)	Weft	400	880	KS K 0520
Tensile(N)	Wrap	360	400	KS K 0520

※ undershorts: cotton/polyester 80%/20%, sleeveless undershirt and socks: cotton 100%

(3) 측정항목

인체생리반응을 살펴보기 위하여 아홉 부위의 피부 온(이마, 가슴, 등, 배, 전완, 손등, 대퇴, 종아리, 발등)과 16 cm 깊이에서의 직장온을 1초 간격으로 측정하였다(LT-8A, Gram Corporation, Japan). 심박수는 가슴 부위 착용 벨트와 손목시계형 수신기(RS400, Polar Electro, Finland)를 이용해, 의복기후는 등과 대퇴 부위에서 의복내 온습도 측정기(TR-72U, T&D, Japan)를 이용해 1초 간격으로 자동 기록하였다. 등 부위의 발한량은 연속발한량 측정기(SK N-2000, Nishizawa Electric Meters Manufacturing Co., Ltd, Japan)를 이용해 1초 간격으로 측정하였으며, 총발한량은 실험 전후 몸무게의 차이로 추정하였다(F150S, Sartorius, Germany, resolution 1 g). 주관적 감각(한서감, 온열쾌적감, 습윤감, 갈증감, 땀이 나는 부위)은 규격화된 범주형 척도 설문지를 이용하여 피험자에게 10분 간격으로 응답하게 하였다. 한서감은 9점 척도 [4 매우 춥다, -3 춥다, -2 서늘(시원)하다, -1 약간 서늘(시원)하다, 0 보통이다, 1 약간 따뜻하다, 2 따뜻하다, 3 덥다, 4 매우 덥다]를, 온열쾌적감은 7점 척도 [-3 매우 불쾌하다, -2 불쾌하다, -1 약간 불쾌하다, 0 보통이다, 1 약간 쾌적하다, 2 쾌적하다, 3 매우 쾌적하다]를, 습윤감은 7점 척도 [-3 매우 건조하다, -2 건조하다, -1 약간 건조하다, 0 보통이다, 1 약간 습하다, 2 습하다, 3 매우 습하다]를, 그리고 갈증감은 4점 척도 [1 전혀 목마르지 않다, 2 약간 목마르다, 3 목이 마르다, 4 매우 목마르다]를 사용하여 평가하였으며, 주관적으로 인지된 땀이 나는 부위의 측정은 선행연구(Lee et al, 2011)를 참고하여 측정하였다.

(4) 분석방법

평균피부온은 Hardy and Dubois의 7점법을 이용하여 추정하였다: $\bar{T}_{sk} = 0.07T_{head} + 0.35T_{(chest+abdomen+back)/3} + 0.14T_{arm} + 0.05T_{hand} + 0.19T_{high} + 0.13T_{calf} + 0.07T_{foot}$. 통계적 분석에는 IBM SPSS statistics v.21 통계프로그램을 이용하였다. 본 연구에서 여름과 겨울 인체착용 실험에 참여한 피험자들이 다르기 때문에 두 계절 간

평균의 차이를 검증하지는 않았다. 시간경과와 운동유무에 따른 유의차를 검증하기 위해 안정기, 운동기, 1차 회복기, 2차 회복기(냉방환경)의 마지막 5분 동안의 평균값에 대해 반복측정 분산분석을 시행하였고 유의한 차이가 존재한 항목에 대해 Duncan's post hoc test를 이용하여 어떤 구간끼리 의미 있는 차이가 발생하였는지 판단하였다. 주관적 감각 측정 결과도 시간에 따른 노출단계별 평균값에 대해 대응 K표본 비모수 검정을 수행하였다. 모든 분석에 대한 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 하였다. 모든 데이터는 평균과 표준편차(mean \pm SD)로 나타내었다.

2. 동절기 함상복 인체착용평가

(1) 피험자 특성

동절기 함상복 인체착용평가는 하절기 함상복 인체착용평가에 참여한 피험자와는 다른 피험자들로 구성되어, 건강한 성인 남성 7명(나이 23.3 ± 2.8 세, 신장 174.0 ± 1.8 cm, 체중 68.4 ± 9.4 kg, 체표면적 1.77 ± 0.11 m²)이 본 실험에 참여하였다. 모든 피험자들은 실험 24시간 전부터 음주, 흡연, 운동이 금지되었으며, 실험 2시간 전부터 금식하도록 하였다. 실험 참여 전에 실험내용 및 실험 방법 대해 충분한 설명을 들었고 자발적 동의 후에 실험에 참여하였다.

(2) 환경 조건과 실험 과정

피험자는 실험실에 도착하면 300 ml의 물을 섭취 후 총발한량 추정을 위해 팬티와 가운만을 착용한 채 인체천칭을 이용하여 실험 전후 몸무게를 측정하였다. 각 측정항목별 측정 센서들을 인체에 모두 부착한 뒤 팬티, 상하의 내복, 동절기 함상복 상의(셴브레이, 여름용 함상복 상의와 동일한 디자인이나 다른 소재임), 함상복 하의(당가리, 여름용 함상복 바지와 동일함), 양말, 운동화를 착용하였다(Table 2). 준비실의 온도와 상대습도는 해당 실험 의복을 착용하고 안정을 취하였을 때 온열적으로 쾌적한 환경으로 조성하였다. 피험자는 $20 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $55 \pm 6\%$ RH, 기류 0.10

± 0.30 m \cdot s⁻¹로 유지되는 준비실로 이동하여 20분간 의자에 앉아 안정을 취하였다. 인공기후실 입실 직전 동절기 함상복 코트와 가죽장갑을 추가로 착용한 후, 환경은 $0.0 \pm 0.3^\circ\text{C}$, 상대습도 $43 \pm 3\%$ RH, 기류 0.26 ± 0.06 m \cdot s⁻¹로 유지되는 인공기후실로 이동하여 25분간 의자에 앉아 안정, 트레드밀 위에서 3 km \cdot h⁻¹ 속도로 30분 걷기, 35분간 의자에 앉아 회복기를 가졌다. 기상청 자료에 따르면 2014년, 2015년 1~2월 해양부이 데이터에서 영하권 온도에서 0°C 에 해당하는 날은 전체 데이터에서 5%이지만, 해상에서의 강한 기류 등의 영향을 고려하여 0°C 로 설정하였다. 상대습도의 경우 0°C 의 조건에서 안정적으로 인공기후실을 가동하면서도 해상의 한랭습윤한 겨울철 기후 특성을 고려하여 약 40%RH 수준으로 설정하였다. 기온 20°C 에서 0°C 환경으로의 이동은 겨울철 함상 실내에서 함상실의 갑판으로의 이동을 모사한 것이다. 실험 데이터의 측정 및 기록은 인공기후실 퇴실 직전까지 이루어졌다. 1회 실험의 총 측정시간은 110 분으로 다음과

Table 2. Properties of the textiles of Korean navy uniforms for winter

	Shirts	Trouser	Test methods
Weaving type	Plain	2/1 Twill	-
Composite(%)	Wool/ Polyester 60/40	Rayon/ Polyester 55/42/3	KS K 0210
Density (yarn/5cm)	Weft 120	260	KS K 0511
Density (yarn/5cm)	Wrap 100	110	KS K 0511
Weight(g/m ²)	120	160	KS K 0520
Tensile(N)	Weft 400	880	KS K 0514
Tensile(N)	Wrap 360	400	KS K 0514

※ coat outer fabric: wool/acrylic 80/20%, coat lining: polyester 100%, undershorts and underwear: cotton/polyester 80%/20%, socks: cotton 100%, gloves: outer fabric-leather, lining-superfine fiber

같이 구성되었다: 20분 휴식(기온 20°C) + 25분 휴식(기온 0°C) + 30분 걷기 운동(기온 0°C) + 35분 회복(기온 0°C).

(3) 측정항목

인체생리반응을 살펴보기 위하여 휴대용 피부온/심부온 측정기(LT-8A, Gram Corporation, Japan)를 이용하여 아홉 부위의 피부온(이마, 가슴, 등, 배, 전완, 손등, 대퇴, 종아리, 발등)과 16 cm 깊이에서의 직장온을 5초 간격으로 측정하였다. 심박수(RS400, Polar Electro, Finland), 등과 대퇴 부위의 의복내 온습도(TR-72U, T&D, Japan)도 5초 간격으로 측정하였다. 산소섭취량(V_{O_2})은 에너지 대사량기(Quark CPET, Cosmed, Italy)를 이용하여 0°C 환경에서 안정과 회복 시 각각 10분간 측정 후 각 구간의 평균값을 대표값으로 사용하였다. 매 실험 전, 캘리브레이션용 표준혼합가스(4%CO₂, 16%O₂, balance nitrogen)를 이용하여 인공기후실 내 공기 캘리브레이션을 시행한 후, 3 L의 실린더를 사용하여 기체 부피 캘리브레이션을 진행하였다. 인체 피부 및 호흡기로부터의 불감증설량은 실험 전후의 몸무게의 차이로 추정하였다(F150S, Sartorius, Germany, resolution 1 g). 열화상 카메라(T650SC, FLIR, USA)를 이용하여 얼굴 부위 표면 온도를 쾌적 환경 안정 시, 인공기후실(추운 환경) 입실 직후, 인공기후실(추운 환경)에서 운동 직후, 인공기후실(추운 환경) 입실 90분 후(퇴실 직전)로 총 4회 열화상 표면이미지를 촬영하였다. 혈압(HEM-7200, Omron Healthcare, Japan)과 주관적 감각(한서감, 온열쾌적감, 습윤감)은 안정 시 1회 측정 후 0°C로 유지되는 인공기후실 입실 후 20분 간격으로 기록하였다. 한서감, 온열쾌적감, 습윤감을 평가하기 위한 척도는 하절기 함상복 실험에서 사용한 척도와 동일한 범주형 척도를 사용하였다.

겨울철 환경(0°C)에서 손의 기민성 테스트를 목적으로 Perdue Pegboard(Model 32020, Lafayette Instrument, USA)를 사용하여 쾌적 환경과 추운 환경 노출 시 각각 맨손 동작의 정확성과 민첩성을 측정하

였다. 검사 과정은 우세손 3회(1회당 30초), 비우세손 3회(1회당 30초), 양손 3회(1회당 30초), 조립 동작 3회(1회당 60초)로 총 네 단계로 구성되며, 테스트 결과는 우세손, 비우세손, 양손, 조립에 해당하는 항목에 우세손 + 비우세손 + 양손의 결과를 합계한 항목이 추가되어 총 다섯 가지의 항목으로 평가하였다. 피험자는 손의 기민성 테스트를 수행하기 전 테스트에 관한 설명을 듣고 테스트 방법에 익숙해질 때까지 연습할 수 있는 시간을 제공한 후 본 테스트를 진행하였다. 인공기후실에서의 실험이 끝나면 측정을 종료한 후, 피험자는 다시 팬티와 가운으로 갈아입은 상태에서 체중을 측정하였다.

(4) 분석방법

평균피부온은 하절기 인체착용평가에서와 동일한 식을 이용하여 계산하였다. 통계적 분석에는 IBM SPSS statistics v.21 통계프로그램을 이용하였다. 시간에 따른 노출 단계인 안정기(기온 20°C), 안정기(0°C), 운동기(0°C), 회복기(0°C) 각 단계별 피부온, 직장온, 심박수, 의복기후의 마지막 5분 평균값에 대해 반복측정분산분석을 시행하였고 통계적으로 유의한 항목에 대해 Duncan's post hoc test를 이용하여 사후 검정을 수행하였다. 혈압, 주관적 감각 측정 데이터는 프리드만 검정을 수행하였고, 산소섭취량과 손 기민성 측정 데이터는 대응표본 t-검정을 수행하였다. 모든 분석에 대한 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 하였다. 모든 데이터는 평균과 표준편차(mean \pm SD)로 나타내었다.

3. 동하절기 함상복 디자인 및 소재에 대한 심층 인터뷰

하절기와 동절기 현재 함상복의 디자인, 소재, 착용감 등에 대한 피험자들의 의견을 파악하기 위한 목적으로 심층 인터뷰를 수행하였다. 인터뷰는 인체착용평가를 마친 후 동일한 날에 진행되었다. 착용한 기존 함상복의 소재에 대한 거칠기, 뻣뻣함, 끈적거림 정도, 자극 유무와 해당부위, 동작불편부위, 착용

의복 전반적인 불만사항이나 개선점을 묻는 질문은 동하절기 구분 없이 공통 질문으로 포함하였다. 거칠기, 뻣뻣함, 끈적거림 정도는 상의와 하의를 구분지어 질문하였으며, 거칠기는 5점 척도(1 매우 부드럽다, 2 부드럽다, 3 보통이다, 4 거칠다, 5 매우 거칠다)를, 뻣뻣함은 5점 척도(1 매우 유연하다, 2 유연하다, 3 보통이다, 4 뻣뻣하다, 5 매우 뻣뻣하다)를, 끈적거림 정도는 5점 척도(1 전혀 끈적이지 않는다, 2 끈적이지 않는다, 3 보통이다, 4 끈적인다, 5 매우 끈적인다)를 사용하여 평가하였다. 자극 해당부위, 동작불편부위, 착용 의복 불만사항이나 개선점은 자유로운 형식으로 응답할 수 있도록 진행하였다. 하절기 함상복의 경우 실험 중에 특히 덥게 느낀 부위(1문항), 특히 땀이 많이 났던 부위(1문항)를, 동절기 함상복의 경우 실험 중 가장 추웠던 부위(1문항), 특히 전율이 많이 발생했던 부위(1문항)를 각각 질문 내용에 포함시켰으며 자유로운 형식으로 질문하고 응답할 수 있도록 심층 인터뷰를 진행하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 직장온과 피부온

1) 하절기 함상복

여름철 함상 환경으로 조절된 인공기후실에서 하절기 함상복을 착용하고 60분 걷기 운동을 하는 동안 직장온은 초기 $37.1 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 에서 $37.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 로 상승하였으며 동일 환경에서 10분 회복 후 23°C 로 유지되는 냉방 환경으로 이동한 후에도 직장온은 하강하지 않고 유지되는 경향을 보였다(Fig. 1A). 평균피부온의 경우 33°C 환경에서 60분 운동에 의해 $34.4 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 에서 $35.2 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 까지 상승하였으나 23°C 의 냉방 환경으로 이동하여 회복을 취하면서 초기 안정 시 평균값인 $34.4 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 보다 유의하게 낮아져 $34.1 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 를 보였다(Fig. 1B).

특히, 여름철 환경에서 하절기 함상복을 착용하는 동안 평균피부온도 증가에 큰 영향을 미친 부위 중 하나는 발등의 온도도 60분 운동에 의해 안정 시 $33.8 \pm 1.4^{\circ}\text{C}$ 에서 $36.3 \pm 1.1^{\circ}\text{C}$ 까지 상승하였다(Table 3). 즉, 발등은 안정 시에는 인체에서 가장 낮은 피부온을 유지하다가 운동 중 인체에서 가장 높은

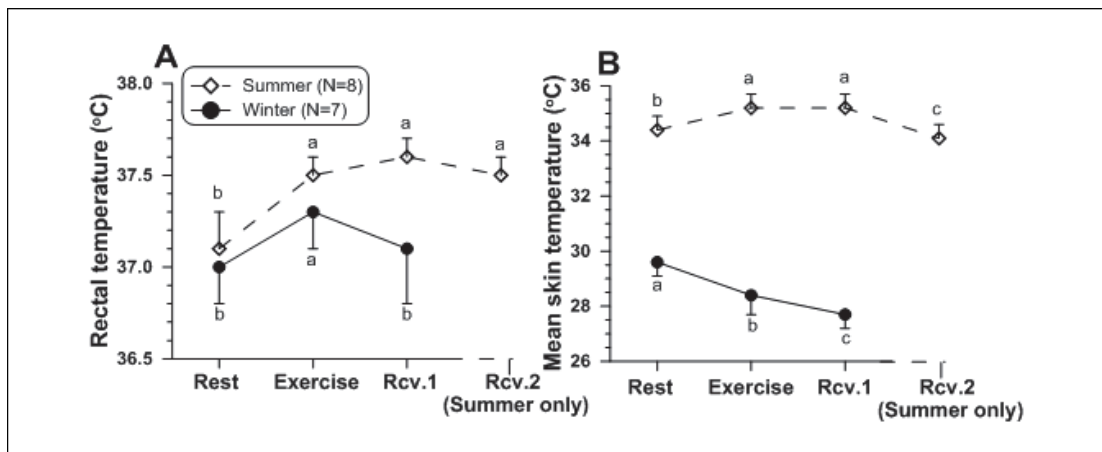


Fig. 1. Time courses of rectal temperature (A) and mean skin temperatures (B) while wearing summer and winter naval uniforms(a, b, & c represent the statistical differences among the phases by Duncan's post-hoc test; Rcv refers to Recovery; the subjects in the winter and summer trials were not the same individuals).

피부온도로 상승하게 되었는데, 이는 실제 여름철 함상 갑판 위 환경을 모사한 가운데 전기온돌판넬 위에서 운동으로 바닥열의 영향을 직접적으로 받기 때문인 것으로 해석할 수 있다. 운동을 마치고 23°C 냉방 환경으로 이동 후 대부분의 피부온이 초기 안정 값 수준으로 떨어진 반면 발등온도는 큰 하강 없이 초기 안정 값보다 유의하게 높게 유지되었다는 점(Table 3)도 흥미롭다. 여름철 직사광선의 영향을 직접적으로 받는 함정 실외 갑판의 바닥면은 높은 온도로 가운데되어 있는 상태이고, 이러한 바닥 환경에서 장시간 근무하게 될 경우 발 부위는 자연스럽게 국소 가운데됨으로써 인체 서열 부담이 더욱 가중되게 된다. 따라서 현 하절기 함상복 디자인 개선 시 발 부위 서열부담 경감을 위해 바지단 부위를 너무 길지 않게 하여 발등을 덮지 않는 디자인으로 개선, 발등 부분에 통풍이 잘되는 소재나 통풍구 등을 활용한 신발 디자인, 고온으로 가열된 함상 바닥으로부터의 열전달을 최소화할 수 있는 신발 밑창 소재 선정 등을 적용해 볼 수 있을 것이다.

2) 동절기 함상복

겨울철 환경으로 조절된 환경에서 동절기 함상복을 착용하고 걸기 운동을 한 경우 직장온은 37.0 ±

0.2°C에서 37.3 ± 0.2°C로 상승하였으나 10분 회복기 직후 바로 다시 하강하여 여름과는 다른 경향을 보였다. 직장온의 경우 열적 안전 범위인 37~38°C를 보인 반면 평균피부온도의 경우 열적 쾌적 범위인 33 ± 1°C(Kim 1996)를 벗어나므로 평균피부온의 쾌적 범위 유지를 위해 디자인을 개선할 필요가 있다. 즉, 함상에서의 작업이 여름철 고체온증을 유발하고 겨울철 저체온증을 유발할 정도의 위험 수준은 아니지만, 여름철에는 운동 중 평균피부온도가 34°C 이하를 유지할 수 있는 디자인, 겨울철에는 운동 직후 회복기에도 평균피부온 약 30°C 를 유지할 수 있는 디자인에 대한 고려가 필요하다.

동절기 함상복을 착용하고 0°C 환경에서 60분 걸기 운동 후 회복을 취하는 동안 가슴, 배, 등과 같은 몸통 부위의 피부온은 초기 값보다 각각 2.7, 1.5, 2.4°C 하강했으나, 손등과 발등의 피부온은 각각 13.5, 6.7°C만큼 하강하여 피부온 중 가장 큰 하강을 보였다(Table 3). 손등과 발등은 각각 장갑, 양말과 운동화로 피복이 되어 있었음에도 불구하고 피복이 되어 있지 않은 이마보다 하강도가 더 컸다. 이는 동절기 함상복 디자인을 개선할 때 소매부리와 바짓부리에 보온이 잘 이루어지도록 만들고 특히 장갑과 양말, 신발류의 보온성 향상을 주요 디자인 요소로서

Table 3. Skin temperatures while wearing summer and winter naval uniforms

Unit: °C

	Summer uniform (N=8)				Winter uniform (N=7)			
	33°C, 62%RH		23°C, 64%RH		20°C, 55%RH		0°C, 43%RH	
	Rest	Exercise	Recovery	Recovery	Rest	Rest	Exercise	Recovery
Fore-head	35.7 ± 0.4 ^b	36.1 ± 0.3 ^a	35.9 ± 0.4 ^{ab}	34.9 ± 0.5 ^c	33.7 ± 1.6 ^a	29.3 ± 1.0 ^b	29.0 ± 1.1 ^b	28.8 ± 0.5 ^b
Chest	34.1 ± 0.8 ^b	34.8 ± 0.7 ^a	34.8 ± 0.9 ^a	33.4 ± 0.9 ^c	34.0 ± 0.7 ^a	32.5 ± 1.1 ^b	31.4 ± 1.4 ^c	31.3 ± 1.0 ^c
Back	35.2 ± 0.6 ^a	35.5 ± 0.5 ^a	35.1 ± 0.6 ^a	33.6 ± 0.9 ^b	33.6 ± 1.2 ^a	33.2 ± 1.2 ^a	32.3 ± 1.6 ^b	32.1 ± 1.7 ^b
Abdomen	33.9 ± 1.2 ^a	34.9 ± 0.8 ^b	35.2 ± 1.0 ^b	34.9 ± 1.0 ^b	34.7 ± 0.6 ^a	32.6 ± 1.0 ^b	32.4 ± 1.1 ^b	32.3 ± 0.9 ^b
Forearm	34.6 ± 0.4 ^a	35.0 ± 0.4 ^a	34.9 ± 0.3 ^a	33.8 ± 0.3 ^b	32.6 ± 1.4 ^a	29.7 ± 2.3 ^b	29.1 ± 0.7 ^{bc}	27.6 ± 1.2 ^c
Hand	34.6 ± 0.7 ^b	34.7 ± 0.5 ^b	35.1 ± 0.4 ^a	33.8 ± 1.0 ^c	30.3 ± 2.9 ^a	26.0 ± 1.9 ^b	21.5 ± 1.4 ^c	16.8 ± 1.5 ^d
Thigh	34.2 ± 0.4 ^b	35.1 ± 0.7 ^a	35.2 ± 1.0 ^a	33.7 ± 0.6 ^c	31.1 ± 1.0 ^a	27.3 ± 1.3 ^b	24.0 ± 1.2 ^c	25.1 ± 2.3 ^c
Calf	34.0 ± 0.5 ^b	35.0 ± 0.7 ^a	35.1 ± 0.9 ^a	33.7 ± 1.3 ^b	31.1 ± 1.2 ^a	27.5 ± 1.1 ^{bc}	28.7 ± 1.2 ^b	27.1 ± 1.1 ^c
Foot	33.8 ± 1.4 ^b	36.3 ± 1.6 ^a	36.3 ± 1.1 ^a	35.8 ± 1.6 ^a	29.9 ± 1.4 ^a	25.9 ± 1.3 ^b	25.6 ± 2.5 ^b	23.2 ± 2.7 ^c

Mean ± SD; a, b, ab, bc, c & d refer significance different groups by Duncan's post hoc's test.

간주해야 함을 의미한다. 손등온도는 60분 운동 후 회복기에도 지속적으로 하강하여 약 17°C까지 하강하였는데, 이는 손과 발의 통증감이나 기민성 저하를 일으키는 피부온의 역치값인 12~16°C(Enander 1984)와 근사한 정도로 장갑의 보온성 향상이 보다 시급함을 의미한다. 특수한 상황이나 직무상의 필요로 장시간 추운 환경에 노출되었을 때, 현재의 착의형태로 손과 발의 체온 저하를 막기에는 부족한 것으로 판단된다. 환경온이 변화할 때 구간부보다 사지말초부에서 피부온의 변화가 크고, 사지부는 체온조절에서 방열을 조절하는데 중요한 역할을 수행한다(Maddock & Collier 1933). 위와 같은 내용을 바탕으로 겨울철 손과 발 부위를 피복하는 보온재의 보온성을 더 높여야 할 필요성이 있고, 여름철의 경우 발 부위의 환기나 통풍, 냉감 소재의 밀착 사용 등을 고려해 볼 수 있을 것이다. 또한 인체의 상체(가슴, 배, 등)보다 하체(대퇴, 하퇴)의 피부온이 더 많이 하강했으며, 하퇴가 대퇴보다 더 말단부임에도 불구하고 대퇴의 하강도가 더 컸다는 점(Table 3) 등으로부터 대퇴 부위를 추가 보온할 수 있는 디자인 요소를 상의 코트의 밑단이나 바지 부위에 탈부착 패드와 같은 추가 요소로 적용해 볼 수 있을 것이다.

2. 의복내 온습도

1) 하절기 함상복

하절기 함상복을 착용하고 더운 환경에 노출하는 동안, 등과 대퇴 부위의 의복기후는 의복 내 온도 32°C내외, 습도 40~60%의 표준 의복기후 범위를 넘어서 다소 덥고 습한 분포를 보였으며 대퇴보다 등 부위에서 약간 더 덥고 습한 것으로 평가되었다(Table 4). 더운 환경에서 냉방 환경으로 이동하여 안정화하는 동안, 등과 대퇴 부위의 의복 내 온도와 습도 모두 하강하였으나 대퇴에 비해 등 부위의 습도는 여전히 높아 80% 이상을 유지하였으므로 하절기 함상복 디자인 개선 시 상의 등 부위 의복내 습도를 낮출 수 있는 통풍구나 절개선, 혹은 매쉬 소재, 흡습속건 소재, 고열전도도 소재 등의 디자인 요소를 적용할 필요가 있음을 시사한다.

2) 동절기 함상복

동절기 함상복을 착용하고 추위에서 운동이 진행되는 동안 등과 대퇴 부위의 의복내 온도 모두 쾌적 의복내 온도와 습도인 32 ± 1°C와 50 ± 5% 범위 밖에 있음을 알 수 있다. 특히 등에 비해 대퇴 부위의 의복내 온도가 더 낮고 더 건조한데(Table 4) 이러한 현상은 걷는 동안 의복내 공기와 외기가 환기됨으로써 보온에 효과적인 정지 공기층이 분리되거나 감소하

Table 4. Clothing microclimate temperature and humidity on the back and thighs while wearing summer and winter naval uniforms

Body parts	Summer uniform (N=8)				Winter uniform (N=7)			
	B: the back;		T: the thighs)		B: the back;		T: the thighs)	
	33°C, 62%RH	23°C, 64%RH	20°C, 55%RH	0°C, 43%RH	Rest	Exercise	Recovery	Recovery
B	T(°C) 34.0 ± 0.8 ^a	34.5 ± 0.9 ^a	34.4 ± 0.7 ^a	31.9 ± 1.0 ^b	33.4 ± 0.8 ^a	30.1 ± 1.4 ^b	30.7 ± 1.1 ^b	30.3 ± 1.5 ^b
	%RH 75 ± 8 ^b	88 ± 9 ^a	86 ± 11.2 ^a	84 ± 9 ^{ab}	46 ± 24 ^a	15 ± 5 ^b	11 ± 5 ^b	9 ± 1 ^b
T	T(°C) 33.4 ± 0.9 ^a	33.6 ± 0.4 ^a	33.9 ± 0.6 ^a	32.4 ± 1.1 ^b	31.5 ± 0.9 ^a	27.0 ± 1.9 ^b	22.9 ± 1.7 ^c	25.7 ± 2.5 ^b
	%RH 71 ± 9 ^b	84 ± 4 ^a	81 ± 7 ^a	69 ± 13 ^b	33 ± 5 ^a	9 ± 2 ^b	8 ± 1 ^b	8 ± 1 ^b

'T' and 'RH' represent temperature and relative humidity, respectively; Mean ± SD; a, b, ab & c refer significance different groups by Duncan's post hoc's test.

면서 해당 부위 온도가 낮아지고 건조해진 것으로 사료된다. 이는 동절기 합상복을 입고 추운 환경에서 운동할 때 대퇴 부위의 피부온도가 운동 중 크게 하강하는 현상을 통해서도 확인할 수 있다(Table 3). 동절기 합상복 하의의 경우 넓은 하향 개구부로 인해 강제 환기가 촉진되어 방열량이 더욱 커지는 것으로 판단된다. 본 실험은 평균적인 겨울철 환경을 고려하여 기온을 0°C로 설정하였으나 실제 영하 수 십도의 저온 노출 시에는 보다 취약한 반응을 보일 것이라 예상하여 극한 저온에도 충분한 보온을 제공할 수 있는 디자인 요소들을 적용해야 할 것이다.

3. 총발한량 및 연속발한량

1) 하절기 합상복

하절기 합상복을 착용하고 더운 환경에서 안정, 운동, 회복하는 동안 등 부위에서 측정된 연속발한량은 각각 평균 1.46, 2.27, 2.25 mg · min⁻¹로 운동을 마친 후 회복기에도 발한이 줄어들지 않고 지속되는 경향을 보였다. 실험 시 총발한량은 369 ± 90 g · trial⁻¹ · 90 min⁻¹ 으로 평균 500 ml를 넘지는 않았

다. 실험전후 의복의 무게를 측정하여 의복에 흡수된 땀을 측정된 결과, 하절기 합상복 중 런닝(상의)바지)팬티)양말 순으로 많이 흡수하였으며(Fig. 2), 총 발한량의 약 14%가 의복에 흡수된 양으로 평가되었다. 이러한 실험을 통해 하절기 합상복 소재의 흡습성 최소요구기준을 제안할 수 있을 것이며, 특히 합상복 상의 안에 착용하는 런닝 소재의 흡습성 향상에 대한 요구가 강조될 필요가 있다.

2) 동절기 합상복

동절기 합상복 착용 실험에서 실험전후 총발한량은 144 ± 32 g · trial⁻¹ · 3h⁻¹ 으로 이를 단위 시간과 체표면적(동절기 피험자 체표면적 1.77 m²)으로 환산하면 총발한량은 27 g · m⁻² · h⁻¹ 에 해당한다(Fig. 2). 이 값은 안정 시 불감증설에 해당하는 양과 유사한 값(Lee et al, 2007)으로 동절기 합상복을 착용하고 0°C 환경에서 걷기 운동을 하는 동안 불감증설 이외의 발한은 거의 발현되지 않는 것으로 평가된다.

4. 심박수 및 혈압

1) 하절기 합상복

심박수의 경우, 하절기 합상복 착용 시에는 33°C 환경에서 초기 안정시 78 ± 7 bpm으로 시작하여, 운동 중 108 ± 8 bpm으로 상승하였고, 운동 직후 회복기 88 ± 7 bpm, 23°C로 유지되는 냉방환경으로 이동 후 회복기에는 82 ± 7 bpm으로 다소 하강한 변화를 보여 주었는데 이는 AIHA(American Industrial Hygiene Association 1981) 기준에 따랐을 때, “아주 가벼움~약간 힘들”에 해당하는 작업 부하이다.

2) 동절기 합상복

동절기 합상복을 착용한 경우 심박수는 쾌적 환경에서의 안정 시 77 ± 8 bpm에서 0°C 환경에서의 안정 시 67 ± 6 bpm으로 약 10 bpm이 감소하였으며, 이어 걷기 운동 중 89 ± 8 bpm으로 상승한 후 운동 후 회복기 71 ± 13 bpm으로 하강하는 변화를 보여

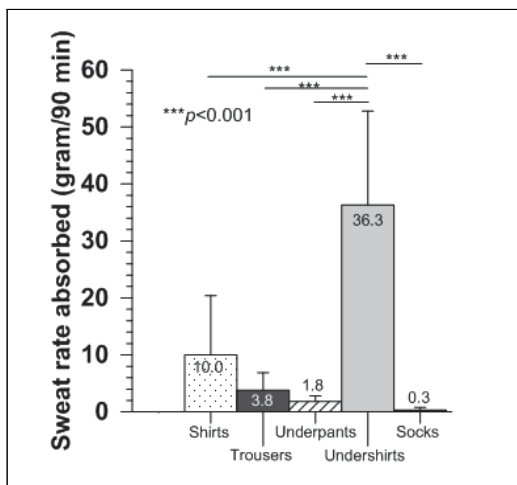


Fig. 2. Rate of sweat absorption while wearing Korean naval uniforms for summer at an air temperature of 32°C and air humidity of 50%RH(mean ± SD).

주어 “아주 가벼움~가벼움”에 해당하는 작업강도로 평가되었다. 흥미로운 점은 첫째, 하절기 함상복을 착용하고 운동 수행에 의해 증가한 심박수는 휴식에 의해서도 초기 안정시 값 수준까지 회복되지 못했다는 점, 둘째, 동절기 함상복을 착용하고 쾌적 환경에서 안정을 취한 후 0°C 환경으로 이동하여 25분 휴식을 취하는 동안 심박수 평균 10 bpm이 낮아진 점을 들 수 있다. 특히 여름철 함상 위에서의 작업이 심장에 위험을 초래할 만큼 강한 강도의 작업량은 아니었지만 작업 후 휴식 시 보다 효율적인 인체 냉각을 위한 디자인 요소들이 강구될 필요가 있다.

혈압은 동절기 함상복 인체착용평가에서만 측정되었는데, 쾌적 환경에서 안정시 수축기/확장기 혈압은 각각 $127 \pm 12 / 79 \pm 7$ mmHg이었고, 추운 환경에서 안정, 운동, 회복 시 수축기/확장기 혈압은 각각

$135 \pm 13 / 85 \pm 10$, $131 \pm 19 / 83 \pm 6$, $133 \pm 14 / 87 \pm 7$ mmHg이었다. 운동에 의한 증감보다 쾌적 환경에서 추운 환경으로의 이동에 의한 혈압 증가가 보다 현저한 것으로 파악된다.

5. 동절기 함상복 착용 시 열화상 이미지

절대온도(섭씨 -273.15°C 또는 0°K) 이상의 온도를 가지는 모든 물체는 적외선 영역의 광선을 방출한다는 점에 기인하여 개발된 적외선 카메라를 이용해 동절기 함상복의 착용 평가 동안 피험자의 얼굴, 손등 그리고 손바닥의 열화상 사진을 촬영하였다(Fig. 3). 동절기 함상복 실험에서 측정된 열화상 카메라 측정결과를 살펴보면, 추위노출시간이 경과함에 따라 피험자들의 얼굴에서 볼과 턱, 코의 온도는 낮아졌으나, 이마와 눈 주위의 피부온도는 상대적으로 덜

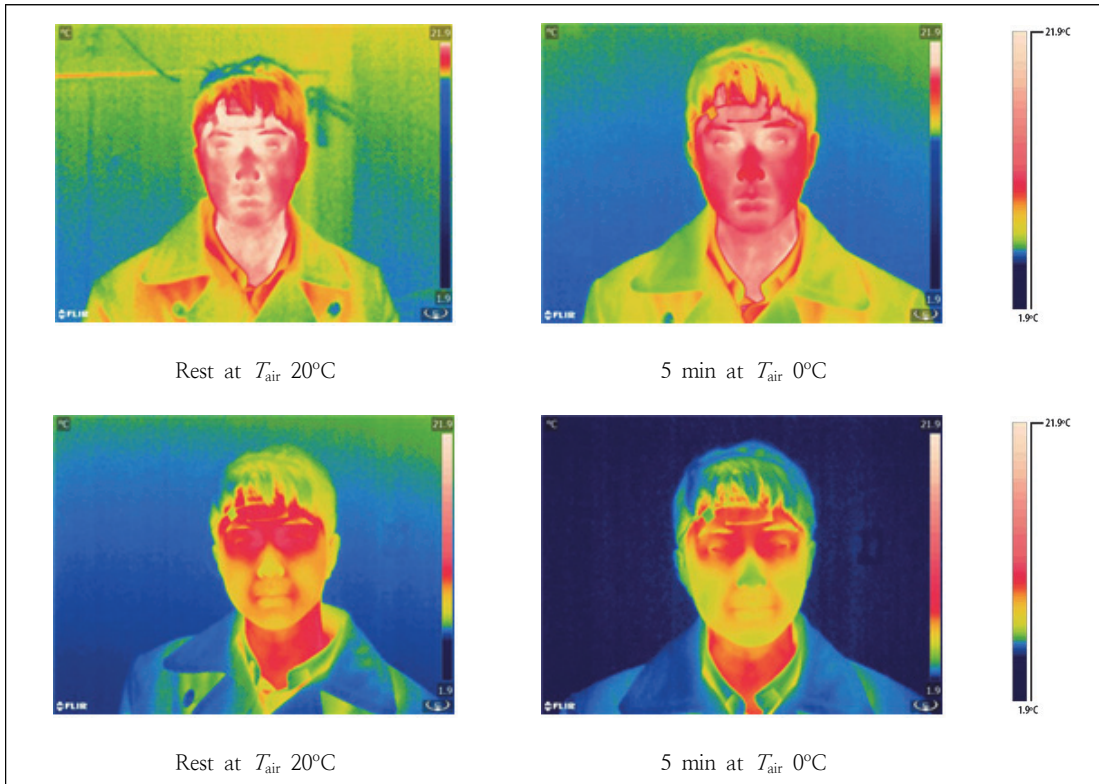


Fig. 3. Infrared thermal images of one subject’s face while wearing Korean naval uniforms for winter in a comfortable environment(air temperature of $19.9 \pm 0.9^\circ\text{C}$ with $55 \pm 6\%$ RH) and cold environment (air temperature of $0.0 \pm 0.3^\circ\text{C}$ with $43 \pm 3\%$ RH)

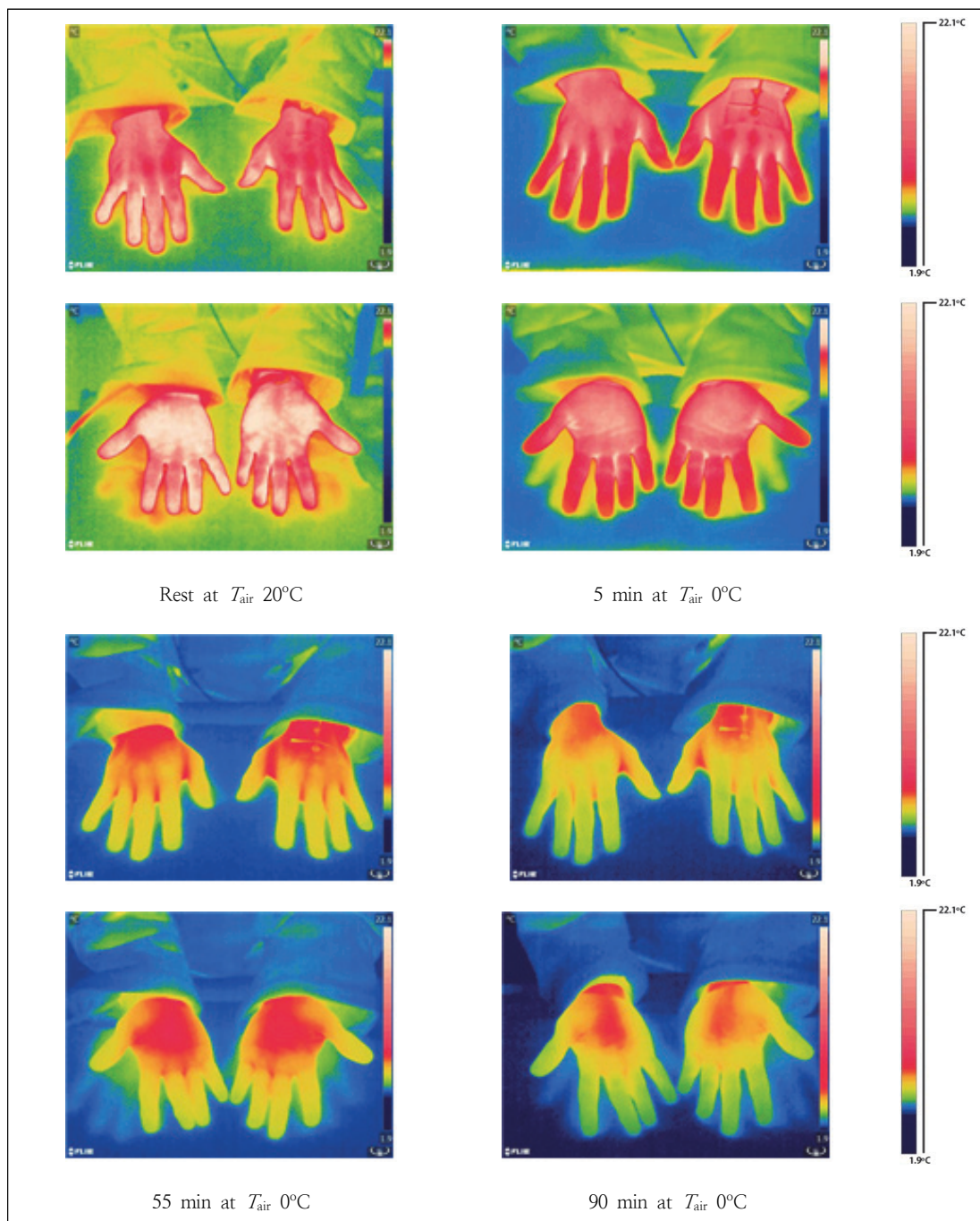


Fig. 4. Infrared thermal images of one subject's hands while wearing Korean naval uniforms for winter in a comfortable environment(air temperature of $19.9 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ with $55 \pm 6\%$ RH) and cold environment(air temperature of $0.0 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ with $43 \pm 3\%$ RH).

하강하는 경향을 보여주었다. 추후 실험에서는 얼굴 부위와 머리 부위를 마스크와 모자 등으로 피복 시 피부온과 열화상 카메라 측정을 통해 볼과 턱, 코 부위의 보온효과를 살펴볼 수 있을 것이다.

양 손바닥과 양 손등의 온도 변화를 살펴보면, 추위노출시간이 경과함에 따라 피험자들의 손가락 온도는 낮아졌으나, 손등과 손바닥 온도는 유지되는 경향을 보여주었다(Fig. 4).

6. 동절기 함상복 착용 시 산소소비량(VO_2)

산소섭취량 측정은 동절기 함상복 인체착용평가 중 0°C 환경 노출 시에만 수행하였는데 추운 환경에서 안정 시와 운동 후 회복 시 산소섭취량은 각각 $5.4 \pm 0.8 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ 와 $5.2 \pm 1.0 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 추운 환경에서 60분 동안의 걷기로 인한 산소섭취량의 증가는 발견되지 않았다. 즉, 본 결과는 생리적인 전열을 유발할 정도의 추운 환경은 아니었음을 시사한다. 앞서 60분 걷기 운동을 하는 동안 불감증설 이외의 발한은 거의 유발되지 않은 것으로 보이고, 안정 시와 운동을 마치고 회복 시 산소섭취량의 유의차가 없었다. 추후 발한이 유발될 수 있도록 운동 강

도를 높여 운동 후 회복 시 땀이 식는 동안 추위를 느끼는 부위를 측정하거나, 보다 강한 기류를 조성하여 전열을 유발하는 환경에서 쾌적성을 평가하는 실험 등을 수행할 수 있을 것이다. 이를 통해 실제 해군들이 체감하는 한랭 스트레스에 근접한 상황을 연출할 수 있고, 추위로부터 인체를 보호하기 위한 보다 다양한 개선점을 도출하는데 도움이 될 것이다.

7. 동절기 함상복 착용 시 양 손의 기민성

추위 노출로 인한 손의 민첩성과 정확도를 살펴보기 위한 기민성 테스트는 동절기 기존 함상복 인체착용평가에서만 수행하였고 그 결과 다섯 개 측정 항목 모두에서 유의차가 나타났다(Fig. 5, $p < 0.01$). 모든 측정 항목에서 추위 노출 후 기민성 테스트 점수가 감소하였다. 특히 추위 노출 후 민첩성 및 정확도의 감소는 비우세손보다 우세손에서 더 컸다(Fig. 5). 이러한 결과는 추위 노출로 인해 손가락 끝의 피부온이 하강하면서 손의 민첩성 및 정확도가 떨어지기 때문인 것으로 판단된다. 추위 노출 후 점수가 가장 많이 감소한 항목은 양 손의 협응력이 가장 많이 요구되는 '양 손을 다 이용한 조립'이었다(Fig. 5). 해상에서 영

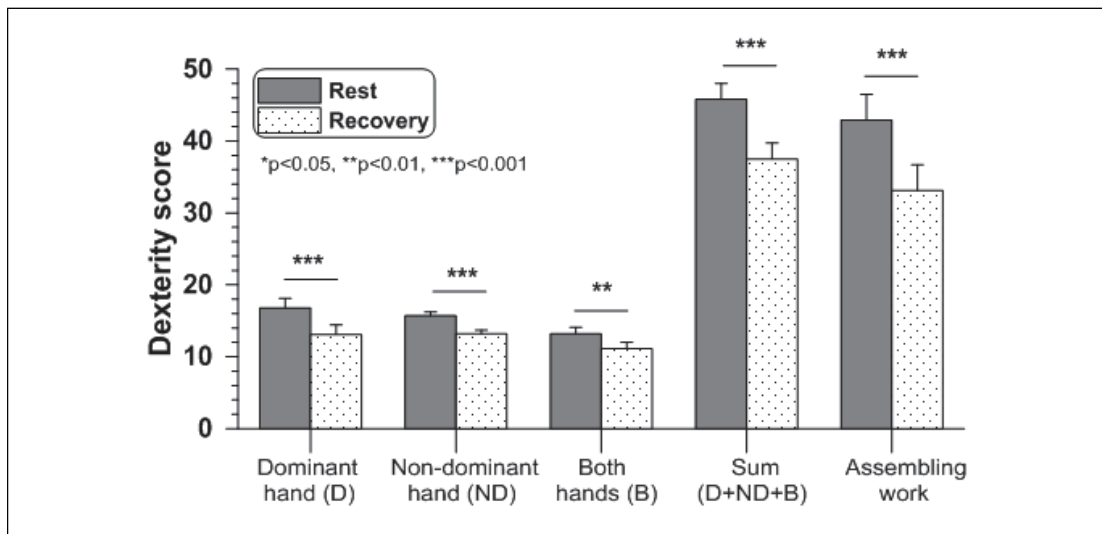


Fig. 5. Dexterity test scores based on the Perdue pegboard while wearing Korean naval uniforms for winter at an air temperature of 0°C.

하로 기온이 크게 떨어지거나 바람이 강해서 체감기온이 낮은 경우, 특히 질량당 체표면적이 넓은 손 부위는 잠깐의 노출로도 체온이 급감할 수 있다. 전술하였듯 동절기 합상복의 경우 기존의 피복류에서 손 부위를 더 효율적으로 보온할 수 있도록 보온재를 강화하거나 필요 시 상의에서 연장해서 손 부위를 추가적으로 피복하는 방법, 온열팩 수납이 가능한 디자인 등을 고려해볼 수 있을 것이다.

8. 주관적 감각

1) 하절기 합상복

하절기용 합상복을 착용하고 실험하는 동안 온열 환경 변화와 운동 유무에 따른 한서감, 온열쾌적감, 습윤감에서 유의차가 나타난 곳은 전신과 등, 발이었다($p < 0.05$). 피험자들은 더위에 노출되는 시간이 길어질수록 더 덥고, 온열적으로 더 불쾌하며, 더 습하게 느끼는 경향을 보였으나(Fig. 6), 32°C 여름철 환경에서 20°C로 냉방 환경으로 이동하자 피험자들은 덜 덥고, 온열적으로 더 쾌적하게 느끼는 경향을 보였다. 갈증감은 초기 안정 시 0.6 ± 0.5 점에서 더운 환경에

서 운동 중일 때 1.6 ± 0.6 점으로 증가한 후, 운동 후 회복기 동안 1.4 ± 0.5 점, 냉방 환경 이동 후 회복기 1.2 ± 0.5 점을 보여 주었다. 냉방 환경 이동 후에도 갈증감은 사라지지 않고 어느 정도 지속되는 것을 살펴볼 수 있었다. 실험 중 땀이 나는 부위의 경우 더운 환경에서 안정하는 동안 $9 \pm 10\%$ BSA, 운동 시에는 $84 \pm 18\%$ BSA, 회복 시 $70 \pm 34\%$ BSA, 냉방 환경에서 안정 시 $14 \pm 24\%$ BSA로 운동 시에는 인체 전체 체표면적의 80% 이상이 땀으로 젖음을 알 수 있었다.

2) 동절기 합상복

동절기용 합상복을 착용하고 실험하는 동안 온열 환경 변화와 운동 유무에 따른 한서감, 온열쾌적감, 습윤감에서 유의차가 나타난 곳은 전신, 손 발 부위였다($p < 0.01$, Fig. 6). 전신과 손 부위 습윤감의 경우 피험자들은 쾌적한 환경보다 추운 환경에서 더 건조하다고 느꼈다. 추운 환경에서는 안정할 때보다 운동할 때 전신과 손 부위에 대해 덜 건조하다고 느끼는 것으로 나타났다.

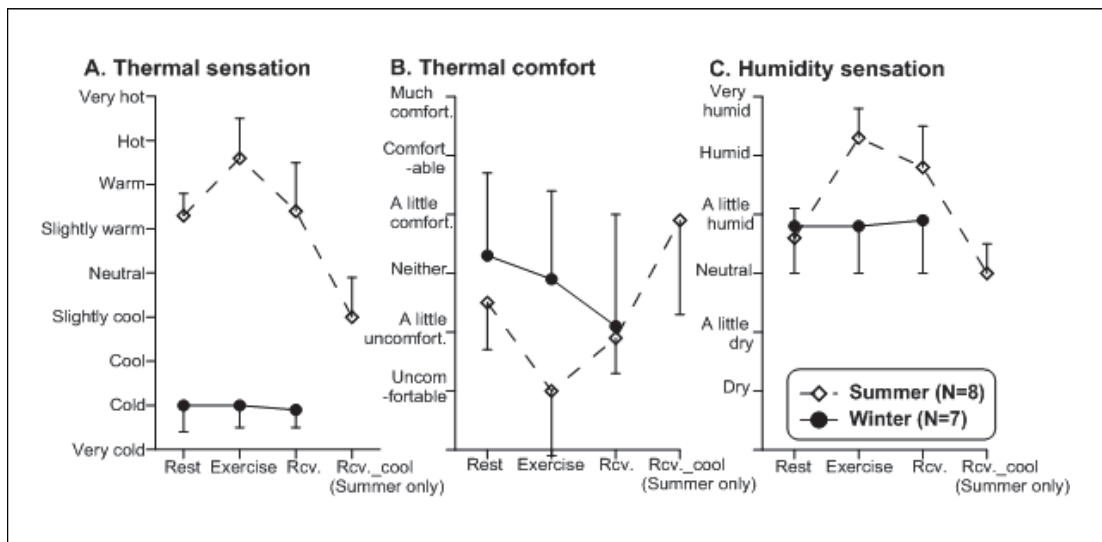


Fig. 6. Thermal sensation (A), thermal comfort (B) and humidity sensation (C) while wearing Korean naval uniforms for summer and winter(mean \pm SD)

9. 함상복 디자인 및 소재에 대한 인터뷰

1) 하절기 함상복

하절기 인체착용평가 후 실시한 심층 인터뷰에서 피험자들은 하절기용 함상복 상의와 하의 소재의 거침 정도에 대해서 각각 4.0 ± 0.0 (4점: 거칠다), 3.9 ± 0.8 (4점: 거칠다)로 응답하였다. 하절기 함상복 상의와 하의 소재의 뻣뻣함은 각각 3.6 ± 0.5 와 3.8 ± 0.7 로 응답하여 '3점: 보통이다'에서 '4점 뻣뻣하다' 사이임을 알 수 있었다. 하절기 함상복 상의와 하의 소재의 끈적임 정도에 대해서는 각각 2.6 ± 1.1 와 3.0 ± 1.2 로 응답하여 '2점: 끈적이지 않는다'에서 '3점: 보통이다' 사이로 평가되었다. 피험자 8명 중 4명이 하절기 함상복이 피부에 닿을 때 목과 발, 팔꿈치 안쪽, 손목 등에 불쾌한 자극(irritation)이 느껴진다고 응답하였다. 실험 동작 중 불편했던 부분은 '바지의 허벅지 쪽에 맨 살이 잘 달라붙는다', '허벅지 부위가 종아리 부위에 비해 옷의 폭이 좁아 제자리걸음 시 땀이 나니까 피부에 달라붙는다', '바지통이 너무 넓다', '소매 안쪽이 자꾸 쓸린다', '바지의 밑위가 짧고 신축성이 적다', '소재가 뻣뻣하고 달라붙어 거동이 불편하다', '땀나면 달라붙어서 옷이 당긴다'는 등의 구체적 응답이 있었다. 인체착용실험 동안 특히 더웠던 부위로는 허벅지 전면(5건) > 가슴 앞쪽(3건), 등(3건) > 상완(2건), 엉덩이(2건) 등이 있었다. 특히 땀이 많이 났던 부위로는 등(5건) > 가슴 앞쪽(4건) > 대퇴(3건) > 상완(2건), 뒷목(2건), 전완(2건) 등이 있었다. 하절기 함상복에 대해 개선 요구사항으로는 상의가 뻣뻣하고 하의의 허벅지 부위 끈적임에 대한 개선이 필요하다, 옷 자체가 거친 느낌이 조금 있는데 땀까지 나서 옷이 맨살에 달라붙으니가 찝찝하다, 신축성이 낮고 소재가 거칠어서 행동에 방해된다는 등의 의견이 있었다.

2) 동절기 함상복

동절기 인체착용평가 후 실시한 심층인터뷰에서 피험자들은 동절기 함상복 상의와 하의 소재의 거침

정도에 대해서 각각 3.6 ± 0.5 와 3.6 ± 0.5 (3점: 보통이다; 4점: 거칠다)로 응답하였다. 동절기 함상복 상의와 하의 소재의 뻣뻣함은 각각 3.6 ± 0.8 과 3.4 ± 1.0 (3점: 보통이다; 4점 뻣뻣하다)로 응답하였다. 동절기 함상복 상의와 하의 소재의 끈적임의 정도에 대해서는 모두 1.3 ± 0.5 (1점: 전혀 끈적이지 않는다)로 응답하였다. 동절기 함상복 소재의 피부 자극에 대해 피험자 8명 중 6명이 손목과 같은 부위에 피부 자극(irritation)이 있다고 응답하였다. 실험 동작 중 불편했던 점은 '상체 전반이 불편하다', '외투가 뻣뻣해서 어떤 동작을 취해도 힘들다', '무릎과 어깨가 불편하고 바지통이 넓고 관절을 굽히는 동작을 취하기 어렵다', '바지통이 넓어서 걸을 때 많이 스쳐서 불편하다', '옷이 매우 뻣뻣해서 팔을 휘두르기가 힘들다', '어깨 부분에 들어간 패드가 너무 크다'는 의견 등이 수렴되었다. 0°C 실험 중 특히 추웠던 인체 부위로는 손(5건), 발(5건) > 허벅지(3건), 종아리(3건) 등이 있었으며, '실험 중 추워서 떨린다'라고 응답된 부위로는 등(4건) > 가슴(3건) > 손(2건), 발(2건) 등이 있었다. 동절기 함상복에 대한 개선요구사항으로는 '바지통이 넓어 발목 부분으로 찬 공기가 들어오므로 이를 막을 수 있도록 바지통을 줄여야 한다', '저온에서는 더 뻣뻣해지므로 소재의 뻣뻣함을 개선할 필요가 있다', '소재가 뻣뻣하여 더 추운 느낌이 든다', '장갑과 양말이 더 두꺼우면 좋겠다'는 의견 등이 있었다.

동하절기 함상복 평가 결과를 비교하였을 때, 동절기보다 하절기용 함상복 소재의 거친 정도와 끈적이는 정도가 더 큰 것으로 나타났다. 하절기용 함상복의 경우 실험 중 더위로 인한 땀이 발생하면서 소재의 끈적임이 더 크게 느껴진 것으로 판단된다. 함상복 하의의 경우 동절기와 하절기 동일한 종류를 착용하였음에도 하절기에서 더 끈적인다는 응답 역시 땀에 의한 영향인 것으로 사료된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 현재 한국 해군들에게 지급되고 있는 동절기와 하절기 함상복의 인체착용평가를 통해 생리심리적 착용 쾌적성에서의 문제점과 디자인 면에서의 요구 성능 파악을 그 목적으로 하였다. 연구 결과, 생리심리적 쾌적성 향상을 위한 디자인 개선 요구사항은 다음과 같다:

첫째, 동하절기 모두 심부온보다는 피부온의 쾌적 범위 유지가 요구된다. 하절기에는 함상 위 작업 중에도 평균 피부온도를 34°C 이하를 유지할 수 있는 디자인, 겨울철에는 운동 직후 회복기에도 약 30°C를 유지할 수 있는 디자인이 요구된다. 둘째, 여름철 직사일광에 장시간 노출되어 뜨겁게 달구어진 바닥면으로부터 열전달을 최소화하기 위해 바지단 부위를 너무 길지 않게 하여 발등을 덮지 않도록 디자인하고, 발등 부분에 통풍이 잘 되는 소재나 통풍구 등을 활용한 신발을 활용할 수 있도록 하며, 고온으로 가열된 함상 바닥으로부터의 열전달을 최소화할 수 있는 신발 밑창 소재 사용을 시도해 볼 수 있을 것이다. 셋째, 하체에 비해 상체 몸통, 특히 등 부위 의복내 습도는 회복기에도 80% 이상을 유지하였으므로 상의 등 부위 의복내 습도를 낮출 수 있는 통풍구나 절개선, 메쉬 소재, 흡습 속건 소재, 고열전도도 소재 등의 디자인 요소를 적용하여 개선해 볼 수 있다. 넷째, 더운 환경에서 운동 중 주관적으로 체표면적의 84%가 땀에 젖어 있다고 느꼈지만, 실제 땀이 가장 많이 흡수된 의복 종류는 상의 내 착용한 런닝셔츠(의복에 흡수된 땀량 중 70%를 흡수함)였으므로 특히 흡습성이 향상된 런닝셔츠 개발 및 보급이 요구된다. 다섯째, 동절기용 함상복 디자인 개선을 위해 소맷부리와 바짓부리를 통한 외기 공기흐름을 줄이는 방식과 같이 사지 부위로부터의 열손실을 최소화할 수 있는 디자인 개선이 요구된다. 하의의 넓은 하향 개구부로 자연 대류 뿐만 아니라 강제대류도 촉진되기 때문에 이를 최소화할 수 있는 디자인으로 개선할 필요가 있다. 또한 몸통보다 사지 부위의 피부온 저하가 크고, 하지

에서는 종아리보다 대퇴부위의 온도 하강이 더 컸으므로 겨울철 대퇴 부위를 추가 보온할 수 있도록 상의 코트의 밑단이나 바지 부위에 탈부착 패드와 같은 요소를 추가 디자인 요소로 적용해 볼 수 있을 것이다. 여섯째, 현재 착용하고 있는 함상복 소재에 대해 피험자들은 피부에 닿을 때 다소 거칠고 뻣뻣하며 자극이 된다고 응답하여 소재 측면에서의 개선이 필요할 것으로 판단된다.

후속 연구를 통해 이러한 디자인 요구사항들을 반영한 동하절기 함상복을 개발한 후 기존 함상복과의 비교 평가 후 성능을 검증하고 보완한다면 여름철과 겨울철 실제 착용 시 생리심리적 쾌적성이 향상된 신형 함상복을 개발 보급할 수 있을 것으로 기대해 볼 수 있다.

감사의 글

본 연구는 국방부 '해군 함정에서의 근무환경 및 전투에 적합한 함상복 함상화 소재 및 시제품 기술개발' 연구(과제번호 제 2014UMM1398호)의 지원으로 수행되었습니다. 실험에 적극적으로 참여해 주신 피험자들에게 감사드립니다.

References

- Choi JS, Choi HS, Lee KM(2003) A study on the functional development of army's combat uniforms. J Korean Soc Costume 53(5), 141-153
- Enander A(1984) Performance and sensory aspects of work in cold environments: a review. Ergonomics 27(4), 365-378
- House JR, Lunt H, Magness A, Lyons J(2003) Testing the effectiveness of techniques for reducing heat strain in Royal Navy nuclear, biological and chemical cleansing stations' teams. J R Nav Med Serv 89(1), 27-34
- Jeon EJ, Park JE, Jeong JR, Park S, Park JU, You HC, Kim HE(2009) Pattern analysis and determination of body dimension for flight suit design. J Korean Soc Cloth Ind 11(2), 286-292
- Jeong YK, Moon SH, Kang JS, Seo HK, Park HB(2014) A study on processes and performance evaluation for

- IR camouflage printed selectively permeable membrane fabrics. *J Korean Soc Dye Finish* 26(1), 13-21
- Jin SM, Hwang JY(2006) A study on the camouflage pattern for the Korean arm forces uniform. *J Basic Design Art* 7(3), 509-522
- Kim K, Kim Y, Kim H, Ahn T, Lee S, Choi K, Hong K, Hwang S(1990) A study on the functional design process and performance evaluation of army's training wear. *J Korean Soc Cloth Text* 14(2), 104-116
- Kim MJ(1996) Study on the monthly skin temperatures of Korean adults. Ph.D Dissertation, Seoul National University
- Kim SY, Lee YJ, Hong KH(2012) Development and performance evaluation of body armor for wear comfort enhancement. *J Korean Soc Cloth Text* 36(10), 1050-1057
- Kim IH, Nam YJ, Kim SM(2013) Development of air force winter service uniform slacks pattern and automatic pattern drafting program for mass customization. *Fashion Text Res J* 15(2), 256-267
- Kim TG, Cho HH(2014) The influence of wearing army combat uniform on the thermal responses in heat environment. *Fashion Text Res J* 16(1), 167-174
- Korea Coast Guard(2012) Analysis of fatigue of crew members on naval vessel. Taeyangdang printing Co. 1-184
- Lee JY, Choi JW, Park JH(2007) Relationships between insensible perspiration and thermo physiological factors during wearing seasonal clothing ensembles in comfort. *J Korean Soc Cloth Text* 31(12), 1700-1709
- Lee JY, Nakao K, Tochiwara Y(2011) Validity of perceived skin wettedness mapping to evaluate heat strain. *Eur J Appl Physiol* 111(10), 2581-2591
- Lee SJ, Nam YJ, Choi HE, Choi YL(2011) An empirical study on air force mechanic parka to improve the functionality. *Fashion Text Res J* 13(5), 759- 768
- Lee SJ, Choi YL, Nam YJ(2012) Development and evaluation of air force mechanic parka to enhance. *Fashion Text Res J* 14(2), 294-303
- Lee HH, Shin S, Lee JY, Baek YJ(2015) Survey on the actual wearing conditions of naval duty uniforms in naval vessels. *Fashion Text Res J* 17(4), 646-456
- Lee AL, Nam YJ, Hong YH, Im S, Lim CK(2016) Research on actual usage and satisfaction of ROKAF fighter pilot's flight duty uniform. *J Korean Soc Cloth Text* (In press)
- Maddock WG, Collier FA(1933) The role of the extremities in the dissipation of heat. *Am J Physiol* 106(3), 589-596.
- McLellan TM(1996) Heat strain while wearing the current Canadian or a new hot-weather French NBC protective clothing ensemble. *Aviat Space Environ Med* 67(11), 1057-1062
- Mellian SA, Ervin C, Robinette KM(1991) Sizing evaluation of navy women's uniforms. Anthropology research project, INC. Yellow springs, Ohio
- Ministry of National Defense(2014) 2014 Defense white paper. pp8-292
- Park SH, Woo SJ, Lee YS, Choi EJ, Kim HJ, Lee JH(2005) A development of design prototype of smart battle jacket for the future soldier system- Part I. *Sci Emot Sensib* 8(3), 277-289
- Pimental NA, Avellini BA(1992) Effectiveness of a selected microclimate cooling system in increasing tolerance time to work in the heat. application to navy physiological heat exposure limits(PHEL) Curve V (No. NCTRF-181). Navy clothing and textile research facility natick, massachusetts
- Sohn BH, Choi HS(2001) A study on the development and evaluation of mine detective gear. *J Korean Soc Cloth Text* 25(4), 707-718
- Teal Jr WB, Pimental NA(1995) A review: US Navy (NCTRF) Evaluations of microclimate cooling systems (No. NCTRF-TR-206). Navy clothing and textile research facility natick, massachusetts