

서열환경하에서의 전투복착용이 체온조절에 미치는 영향

김태규^{1)†} · 조호현²⁾

¹⁾대구예술대학교 패션디자인학과

²⁾서정대학교 섬유패션디자인과

The Influence of Wearing Army Combat Uniform on the Thermal Responses in Heat Environment

Tae Gyou Kim^{1)†} and Ho Hyun Cho²⁾

¹⁾Dept. of Fashion Design, Daegu Arts University; Chilgok, Korea

²⁾Dept. of Textile & Fashion Design, Seojeong College; Yangju, Korea

Abstract : The physical properties of textile materials and thermal physiological responses of the human subjects were evaluated with 4 different types of the army combat uniforms including US, German, Korean and general uniforms for this study. 8 male adults were used as the human subjects and the tests were done in the environmental chamber that was $25 \pm 0.1^\circ\text{C}$ of temperature, $65 \pm 5\%$ of relative humidity and below 0.3 m/sec of air velocity. The test protocol consisted the rest period for 20 min., the exercise period for 20 min., the rest period for 20 min., the exercise period under wind condition for 20 min., and the recovery period for 20 min. The human subjects walked with 4.5 km/hr for 10 min., ran 7.5 km/hr for 10 min. during the first exercise period and walked and ran with the same speeds under 3.5 m/sec of the air velocity that simulated outdoor condition during the second exercise period. The test results of the study were as follows; The wind condition affected the skin and microclimate temperature of the human subjects lower compared to without wind condition, but had insignificant effect on the humidity control. The low air permeability of Korean uniform caused blocking the elimination of the humidity from the body and the regulation of body temperature. However, Korean uniforms could be the excellent one with the designs considering the ventilation of the uniforms and the textile fabrics with better air permeability.

Key words: army combat uniform(전투복), thermal sensation(온냉감), clothing microclimate(의복기후), heat environment(서열환경)

1. 서 론

군복은 군인들이 훈련과 전시장태에서 최상의 컨디션을 유지할 수 있도록 의복 기능성, 생리적 쾌적성 등이 요구된다. 이에 해외선진국에서는 생체역학, 의학, 생리학 등의 과학적 연구와 첨단기술이 같이 합쳐져 의복의 수준을 넘어서 군복장비(비무기장비)라는 개념이 도입되고 있다(KTDI, 2013).

군복에서 요구되는 일반적인 특성 즉, 피복 재료의 신축성이나 스트레치성, 보온성, 통기성, 흡습성, 충격에 대한 방호성, 취급 및 관리용이성 등을 고려한 소재를 선정, 그 성능을 평가한다. 소재적 특성 외에 요구되는 특성 즉, 착용시의 특성은 군인들을 피험자로 선정하여 실험실 및 필드에서의 착용실험을 통해 의복 및 운동 생리학적 성능을 평가함으로써 군복으로써의 적합성을 판정하고, 환경조건별 운동 강도에 따른 고기능,

최적의 군복을 제시하도록 하는 것이 요구되고(KTDI, 2013), 훈련 및 전시 상황을 고려하면 신체보호의 기능 뿐 아니라 군복을 착용한 후 인체의 생리적 반응을 측정하여 그 기능성을 평가하는 과정이 필요하다.

결국 인체에 입혀짐으로 쾌적하지 않으면 결코 좋은 훈련이나 우수한 결과를 가져올 수 없다. 이에 쾌적감을 결정하는 가장 중요한 요소가 체온이라는 사실은 피복이 피복되어 있는 인체에 어떻게 일정한 온도를 유지시켜 주는가 하는 메커니즘을 좀 더 면밀하게 검토해야만 하는 것을 의미한다. 특히 고온에서 활동은 의복내 온도와 습도가 변화할 수 있으며, 쾌적감에 결정적인 영향을 미치는 것으로 많은 학자에 의해 논의되고 있으나(Ha et al., 1995; Hirabayashi-Yamashita et al., 1995; Kaori & Kozo, 2006), 군복과 관련된 체온조절의 관계규명에 관한 보고는 미흡한 실정이다.

이에 본 연구는 향후 인체 쾌적, 안전성을 강조한 신소재들의 기능과 착의에 따라 우수한 착용감을 부여할 수 있는 군복 개발의 시도가 이루어지기 위해서는 군복들에 대한 소재적인

†Corresponding author; Tae Gyou Kim
Tel. +82-54-970-3195, Fax. +82-54-970-3181
E-mail: ktg413@korea.com

특성과 더불어 실제 국내외에서 이용되는 군복들의 온열생리성능을 비교 평가해 봄으로써 소재의 기능을 살리고, 군인들의 안전성, 보호성을 확보할 수 있는 고기능의 전투복 개발에 대한 도움을 주고자 한다.

2. 연구 방법

2.1. 국내외 전투복의 소재분석 및 보온력 평가

한국전투복(K.A)의 물성을 평가하기 위하여 비슷한 조건의 일반복(Ctrl.)과 미국전투복(A.A), 독일전투복(G.A)의 전투복과 함께 총 4종에 대한 기초물성평가, 기초물성은 전투복 3종과 일반복에 대한 소재의 혼용률, 밀도, 중량, 두께, 꼬임수, 변수, 인장강도, 인장신도에 대한 평가를 실시하였다.

각 소재는 수분의 발산 효과를 살펴보기 위해 투습저항값을 ASTM 및 ISO 표준규격에 준거하는 SGHP-8-2(Measurement Technology Northwest, USA) Test를 실시하였다.

4종의 실험의복은 실험조건 20±0.1°C 50±2%RH의 인공기후실에서 ASTM F 1291의 표준실험방법에 의거 셔말마네킨(MTNW-Huey, MTNW)으로 각 의복의 열저항치를 측정하여 보온력(Clo)을 구하였다. 이때 무풍시와 유풍시(3.5 m/sec) 조건에서 각각 실시하였다(Fig. 1).

2.2. 피험자 및 환경조건

피험자는 건강한 성인 20대 남성으로 한국인 표준체격(KATS, 2010)에 준하는 8인을 선정하였으며, 이들의 신체 조건은 나이 23.1±2.3세, 신장 172.7±5.4 cm, 체중 63.2±4.8 kg, 체표면적 1.75±0.10 m²이다.

측정환경은 열적스트레스로 인한 열중병 발생가능 기온이며(Seiichi et al., 1992), 한국의 8월(25°C, 78%RH, 기상청 통계

정보)의 평균 온도와 3단계의 습도환경(50%RH, 65%RH, 80%RH)을 설정한 예비실험을 통하여 서열환경에서의 온열생리변화 평가가 뚜렷하다고 판단되는 25±0.1°C, 65±5%RH, 기류는 0.3 m/sec 이하로 고정하였으며, 운동조건 중 기류 조정(무풍시: 0.3 m/sec 이하, 유풍시: 3.5 m/sec)을 실시하였다.

2.3. 착의조건

착의조건은 일반복(전투복과 동일한 피복면적, 중량 등이 유사한 근로자복, Ctrl.)과 현재 실제 국내외에서 착용하는 전투복(4계절용)으로서 한국전투복(K.A), 미국전투복(A.A), 독일전투복(G.A)으로 총 4종에 대해 실시하였다. 각 실험의복들은 두부, 안면, 목, 손이 노출이 되는 전신의 약 86.3%의 피복면적(Nakayama, 1981)을 차지하는 동일한 사이즈(신장 170±5 cm용)를 선정하였다. 각 실험의복에 대한 착의상태는 Fig. 1의 셔말마네킨과 같다. 이때 기초의복으로서 팬티(면 100%, 88±1 g/piece), 군용런닝(면 100%, 69±1 g/piece), 군용양말(면 100%, 49±1 g/piece), 운동화(792±3 g/piece)를 동일하게 착용시켰다.

2.4. 실험순서 및 측정항목

실험 실시시간은 총 100분으로 안정기(Stability) 20분 - 운동기(Exercise) 20분 - 휴식기(Rest) 20분 - 운동기+기류(Exercise + Windy) 20분 - 회복기(Recovery) 20분의 순서로 진행하였으며, 운동조건은 트레드밀을 이용하여 10분 걷기 4.5 km/hr, 10분 뛰기 7.5 km/hr이며, 2차(후반) 운동기에는 20분간 피험자의 정면에서 기류(3.5 m/sec)를 일으켜 야외환경에서의 조건을 가정하여 실시하였다(Fig. 2).

측정항목으로는 피부온도, 직장온도, 의복기후(의복내 온도), 맥박수, 온냉감, 습윤감 등을 실시하였다.

피부온도 및 직장온도는 휴대용 피부온도 측정기(LT8A,





Ctrl.	K.A	A.A	G.A
			
1.125 ± 0.07kg	1.410 ± 0.01kg	1.452 ± 0.04kg	1.422 ± 0.05kg

Fig. 1. Experimental garment and total garment weight(kg/piece).



Fig. 2. Time schedule of the experiment.

Gram Corp., Japan)를 이용하여 가슴, 상완, 대퇴, 하퇴, 직장 내 삽입 10 cm부위에서 1분간 연속 측정하고, 평균피부온도는 Ramanathan의 4점법(Ramanathan, 1964)으로 산출하였다. 의복 내 기후는 의복기후 온습도측정기(LT8B, Gram Corp. Japan)를 이용하여 가슴과 등부위에서 피부와 내의사이를 1분 간격으로 연속 측정하였다. 맥박수(MF-39, Mark of Fitness, INC, Japan)는 10분 간격으로 측정하였다. 주관적 감각은 온냉감(9점 척도), 습윤감(7점 척도)의 항목으로 10분마다 피험자에게 질문하여 응답을 기록하였다.

2.5. 데이터 분석

본 착의실험에서 얻은 피부온도 및 직장온도의 데이터는 5분간의 평균치를 산출하여 평균값과 표준편차를 구하였다. 또한 SPSS WIN 20의 통계패키지를 이용하여 각 조건간의 2원 배치 분산분석(repeated measure ANOVA)을 실시하였으며, 유의수준은 5%로 하였다.

3. 결과 및 논의

3.1. 착용의복 소재의 물성 평가, 투습저항, 보온력 및 의복 디자인

Table 1은 일반복(Ctrl.), 한국전투복(K.A), 미국전투복(A.A)과 독일전투복(GA)의 소재물성평가를 실시한 결과를 나타내었다.

의복의 혼용율을 보면 모든 의복이 면과 합성섬유(폴리에스테르 또는 나일론)와의 혼용비율은 약간의 차이를 보이나 혼방 직물로 이루어져 있다. 이는 천연섬유인 면의 우수한 흡습성과 합성섬유의 장점인 속건성, 방추성, 강도 등을 적절히 고려한 것으로 판단된다.

직물의 경사밀도는 Ctrl.이 가장 높은 115올/inch를 보이나, 전투복 3종은 95~105올/inch로 거의 유사함을 보였으며, 위사 밀도는 경사밀도보다 대체적으로 낮은 55~70올/inch의 분포로 A.A가 다른 의복보다도 가장 낮은 밀도를 나타내었다.

번수는 경사에 비해 위사가 굵으며, 경사는 모든 의복이 비슷한 번수를 나타내나 A.A의 경우, 다른 의복보다 위사가 굵었으며, 앞서 말한 A.A의 위사 밀도가 낮은 것은 위사 굵기가 크기 때문인 것으로 판단된다.

인장강도를 보면, 경사의 경우, GA가 다른 의복에 비해 상대적으로 낮은 760N을 보였으며, A.A가 경사 950N으로 가장 높았고, 위사의 경우에는 A.A가 가장 낮은 520N으로 위사밀도가 가장 낮은 결과와 같았다.

공기투과도는 Ctrl.가 306(cm²/min/cm²)으로 다른 의복들보다도 높았으며, K.A가 가장 낮은 80(cm²/min/cm²)으로 소재에

Table 1. The physical properties of the army uniform samples

	Ctrl.	K.A	A.A	G.A
Materials (%)	Polyester: 63 Cotton: 37	Polyester: 70 Cotton: 30	Nylon: 50 Cotton: 50	Polyester: 35 Cotton: 65
Density (Yarns/inch)	114×59	95×68	105×55	103×70
Weight (g/m ²)	211.4	235.5	211.7	251.6
Thickness (mm)	0.39	0.35	0.43	0.47
Yarn Twist (T/M)	695×682	627×684	699×610	815×826
Yarn Count (Ne)	19.2×20.3	37.5/2×38.5	39.3/2×16.7	35.5/2×34.7/2
Tensile Strength (N)	980×500	820×730	950×520	760×570
Air Permeability (cm ² /min/cm ²)	306	80	152	173

* Warp×Weft

의한 공기유출이 차이를 보였다. 특히, 공기투과도는 의복소재에 있어 보온성 및 투습성 등과 함께 인체의 온열생리작용 및 쾌적성과 높은 관련이 있으며, 일반적으로 동계와 같은 한랭환경에서는 낮은 공기투과도로 보온성을 높이고, 하계와 같은 서열환경에서는 높은 공기투과도의 소재가 체온조절에 유리한 것으로 알려져 있다. 이를 고려할 때 전투복인 K.A, A.A와 GA가 일반복보다 낮은 공기투과도를 가지는 것은 3개국(한국, 미국, 독일)의 전투복 모두 4계절용으로서 폭넓은 기후환경에 적용시키려는 의도인 것으로 사료된다.

Table 2는 실험의복소재의 투습저항과 각 의복의 셔털마네킹에 의한 보온력(Clo)에 대한 결과를 나타내었다.

투습저항값은 A.A가 23.04(Ret, m²·Pa/W)로 가장 높고, Ctrl. > GA > K.A 순으로 나타났으며, 무풍시의 보온력은 1.16~1.28 Clo의 범위였으며, GA가 가장 낮은 보온력을 나타내었다. 유풍시에서는 0.95~1.02의 범위로 무풍과 동일한 순서인 A.A > K.A ≒ Ctrl. > GA의 순서로 나타났다.

Song et al.(2012)의 연구에서 유풍 2 m/sec에서 무풍의 보온력에 비해 25%정도 하락한다고 밝혔으나, 본 실험에서는 20.83±2.1%의 하락을 보였다. Song and Kwon(2008)은 의복의 보온력과 풍속은 정비례하며, 가장 높은 정상관성을 보이고 직물두께, 투습저항, 의복중량, 직물중량의 순으로 상관성을 보

Table 2. The water vapor resistance and thermal resistance of the army uniform samples

Evaluation items	Ctrl.	K.A	A.A	G.A	
The water vapor resistance (Ret, m ² ·Pa/W)	19.91	19.34	23.04	19.61	
Thermal resistance(Clo)	Calm	1.27	1.27	1.28	1.16
	Wind (3.5 m/sec)	0.98	0.99	1.02	0.95

여 직물 중량과는 상관성이 감소한 반면 직물의 두께와는 상관성이 다소 높다고 하였다. 그러나 본 연구에 이용한 4종의 의복중량 및 직물의 두께가 클수록 보온력(Clo)이 높아지는 결과와는 동일하게 나타나지 않았다. 이는 비교 의복간의 중량차이와 두께의 차이가 크지 않고 의복 디자인 및 개구부 크기 등의 차이에 의한 것으로 사료된다.

착용의복 4종은 거의 유사한 피복면적과 동일 사이즈이나, 디자인 및 의복 구성에 있어 조금의 차이를 가지고 있었다. 이에 외형적 차이를 살펴보면, Ctrl.의 상의는 칼라리스 스탠드칼라, 좌우에 사이드포켓, 가슴에는 우측 플랩포켓 1개, 좌측포켓은 플랩포켓 1개와 지퍼로 여미는 포켓이 1개가 형성되어 있다. 소매에는 버튼으로 커프를 여미 수 있고 소매트기 부분이 짧게 형성되어 있다. 상의길이는 엉덩이가 반 정도 가려지는 정도의 길이를 가진다.

K.A는 하이넥으로 올라온 칼라에 목부분 전체를 보호하기 위해 벨크로 파스너로 여밈장치가 되어 있으며, 가슴에 플랩포켓이 좌우로 배치되어 있다. 소매는 단추로 커프를 잠그고 풀며, 소매트기 부분이 짧게 형성되어 있다. 상의길이는 엉덩이가 전부 가려질 정도이며, 가슴둘레정도의 품이 밑단까지 그대로 형성되어 있다.

A.A는 하이넥의 칼라이나, K.A보다 낮게 형성되어 있다. 가슴에는 대각선으로 배치된 웰트포켓(플랩포켓과 마찬가지로 의복을 절개하여 포켓입구를 만들어 웰트를 끼운 인사이드 포켓)을 배치하여 우측손은 왼쪽 가슴포켓, 왼손은 오른쪽 가슴포켓을 사용하기 편리하도록 배치되어 있다. 소매는 단추로 커프를 여미 할 수 있게 하고, 소매트기는 길게 형성되어 있으며, 다른 착용의복보다 소매통이 여유가 크게 되어 있다. 상의 길이는 엉덩이가 반 정도 가려질 정도이다.

G.A는 스탠드칼라이며, 가슴에 좌우 플랫 포켓과 왼쪽 복부에 플랫 포켓이 하나 더 배치되어 있다. 소매는 단추로 여미를 할 수 있으며, 소매트기가 길게 형성되어 있다. 상의길이는 실험의복 중 가장 길게 형성되어 있으며, 가슴둘레정도의 품이 밑단까지 그대로 형성되어 있다.

이러한 디자인 및 구성을 종합적으로 살펴보면, 상의 길이는 GA가 가장 길고 K.A>A.A ≍ Ctrl.의 순으로 나타났다. 전체적

인 품은 GA와 A.A가 유사하나 K.A와 Ctrl.보다 여유량을 가지고 있으며, 소매의 여유는 A.A가 가장 크고 GA>K.A ≍ Ctrl.의 순으로 나타났다. 소매 여밈장치는 모든 착용의복이 유사하나 소매트임이 A.A가 가장 길게 되어 있으며, GA>K.A>Ctrl. 순이었다.

3.2. 심부온도 및 국소별 피부온도 변화

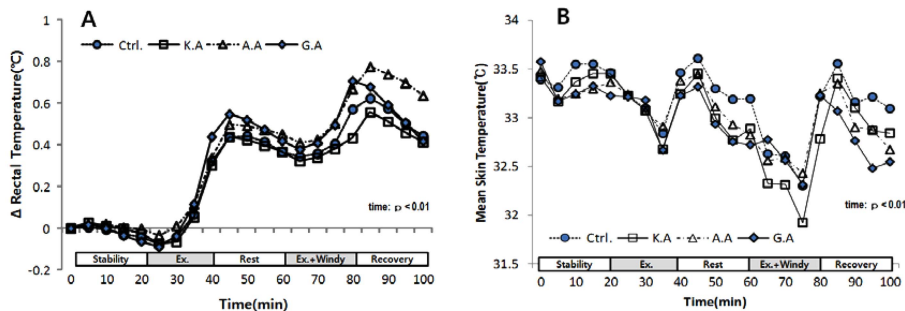
Fig. 3은 피험자 8명의 경시변화에 대한 직장온도 변화량(A)과 평균피부온도(B)를 착용의복별로 나타내었다.

직장온도는 모든 착용의복이 37.2±0.2°C 부근에서 시작하여 운동기점 25분 시점에서 상승, 후반 안정기 20분 시점에 최고 상승점에서 하락으로 바뀌며, 후반운동과 안정기에 따른 반복적인 등락이 확인되었다(p<.01). 전반운동기 시작 10분부터 빠른 변화를 보이며 15분 이내에 약 0.4~0.5°C의 상승이 나타나는 것은 서열환경에서의 활동시 의복내부가 고온다습하게 되어 심부체온이 10분에 0.5~0.6°C상승하는 결과(Eglin et al., 2004; Holmer et al., 2006)보다는 조금 낮은 분포이지만, 근사치의 수준으로 서열환경에서의 심부온도 상승은 운동력의 저하(Gonzalez et al., 1999), 집중력의 저하로 부상의 위험(Rossi, 2003)을 초래 할 수도 있다는 결과를 볼 때 급격한 운동에 의한 심부체온의 상승에 주의할 필요가 있음을 시사한다.

의복간의 유의차는 보이지 않았으나, Ctrl.이 K.A, A.A, GA보다 조금 낮은 분포를 보였으며, 실험전체 구간에서 동일한 양상이 나타났다. 의복간의 변화량을 보면 가장 큰 변화를 보이는 의복은 A.A(약 0.8°C)이며, 가장 낮은 직장온도의 변화를 보이는 것은 K.A(약 0.5°C)가 가장 안정적인 온도분포를 보였다.

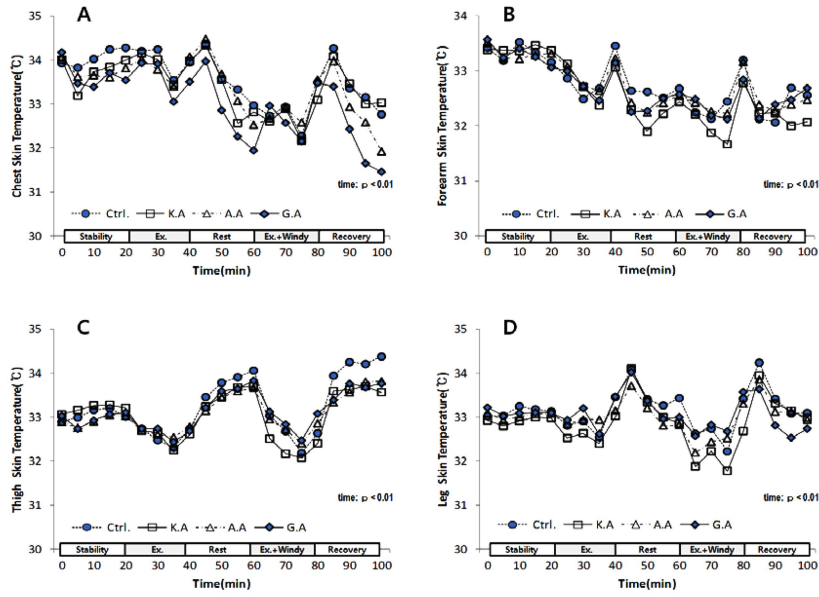
평균피부온도는 모든 착용의복들이 33.5±0.6°C 부근에서 시작하여 안정기에서는 하락을 운동기점 10분경과 후에는 상승을 한 것이 반복적으로 나타났으며, 후반 운동구간에서는 최고 하락을 보이다가 운동 10~15분을 경과한 이후에 상승이 나타났으며(p<.01), 후반운동기시작 10분 정도까지의 급격한 평균피부온의 하락은 Table 2의 써멀마케팅 실험의 결과에서 밝힌 것과 같이 기류에 의한 보온력이 20%정도의 저하에 의한 것으로 사료된다.

의복간의 유의적인 차이는 없었으나, 기류를 동반한 후반 운



note : p<.01 indicate significant main effect (time or clothing) and interaction with ANOVA.

Fig. 3. Change in Δrectal temperature (A), mean skin temperature (B).



note : $p < .01$ indicate significant main effect (time or clothing) and interaction with ANOVA.

Fig. 4. Change in chest (A), forearm (B), thigh (C) and leg (D) local skin temperature.

동기에서 K.A가 가장 낮은 온도(실험시작 후 1.6°C 하락, $32.78 \pm 0.62^{\circ}\text{C}$) 분포를 보였다.

3.3. 국소별 피부온도 변화

Fig. 4는 국소별 피부온도인 가슴(A), 팔(B), 대퇴부(C), 하퇴(D)의 경시변화에 따른 착용의복들의 결과를 나타낸 것이다.

가슴부위 피부온도는 모든 착용의복이 $34.04 \pm 0.10^{\circ}\text{C}$ 범위에서 온도의 하강이 크게 나타나진 않았으나, 1차 운동구간 이후부터 온도의 변화가 나타나고, 운동에 의한 온도상승은 운동 종료시점부터 보였다. 운동구간 이후의 가슴온도 하락이 두드러져 운동에 의한 동작이 의복내로 외기가 유입에 의한 것이라 사료되며, 특히 2차 운동구간에서의 가슴온도 하락이 두드러짐은 정면에서의 기류에 의한 영향이 큰 것으로 판단된다. 의복간 유의차가 인정되지는 않았지만, G.A가 가장 낮은 분포를 보였으며, 나머지 K.A, A.A, Ctrl.가 비슷한 변화폭의 범위에서 등·하락이 나타났다.

팔부위 피부온도는 경시변화에 따른 온도변화가 모든 의복에서 동일한 양상으로 상승·하락을 보였다. 의복간 유의적인 차이는 없었으나, K.A가 실험 중반 이후에 다른 의복군(Ctrl., A.A, G.A)들 보다 낮은 온도(최저 31.90°C , 최고 32.24°C)를 유지되는 양상을 보였다. 최저 $32.12 \pm 1.4^{\circ}\text{C}$ 정도로 피부온도 쾌적온도 영역인 $33 \sim 34^{\circ}\text{C}$ 의 범위내에 있었으며, 운동 후의 하락에서도 K.A는 가장 크고 낮은 분포를 보였다.

대퇴부위 피부온도는 실험시작부터 거의 모든 의복이 33°C 정도였으며, K.A가 실험 중반이후에 다른 의복군(Ctrl., A.A, G.A)들 보다 낮은 온도(최저 32.08°C , 최고 33.71°C)를 유지하는 것이 확인되었다. 그러나, 모든 의복들의 온도 변화범위가

1.5°C 이내에서 등락을 보여, 가슴부위 보다도 더욱 안정적인 피부온도를 유지하였다.

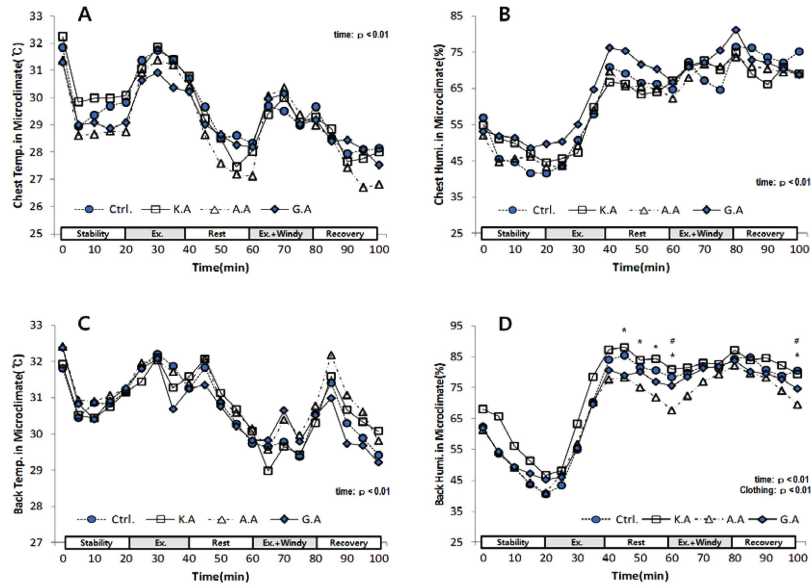
하퇴부위 피부온도에서는 모든 의복이 유사하나, K.A가 실험 중반이후에 다른 의복군(Ctrl., A.A, G.A)들 보다 낮은 하퇴 피부온도(최저 31.89°C)를 유지하는 것으로 나타났으며, 변화범위가 모든 의복들이 2.0°C 이내에서 등락을 보여, 대퇴 피부온도와 거의 유사하게 안정된 온도의 변화를 보였다.

3.4. 의복내 기후의 변화

Fig. 5는 의복내 가슴온도(A), 의복내 가슴습도(B), 의복내 등온도(C), 의복내 등습도(D)를 경시변화에 따른 착용의복들의 결과를 나타낸 것이다.

의복내 가슴온도는 의복간의 유의차가 인정되지는 않았지만, A.A가 가장 큰 등락을 가지면서 낮은 분포를 보였으며, 나머지 K.A, Ctrl. G.A가 비슷한 변화폭(시작온도에서 -5.0°C)의 범위에서 등·하락이 나타났다. 2차 운동구간에서 운동에 의한 의복내 가슴온도가 1차 운동구간에 비해 낮은 상승온도를 보이고 있어 기류의 영향이 있다고도 판단된다.

의복내 가슴습도는 의복간의 유의차가 없었으나, G.A가 실험시작 시점부터 다른 의복보다 높은 가슴습도를 유지하였다. 경시변화를 살펴보면 모든 의복에서 1차 운동구간 중반까지는 하락이 나타났으나, 1차 운동구간 10분(실험시작 30분)부터는 급속한 상승이 확인되었다. 운동에 의해 최고 습도는 1차, 2차 운동구간의 종료시점에서 75%RH까지 상승하였다. 습도의 변화량에서 모든 전투복의 변화가 동일하게 큰 변화폭(약 $-15 \sim 30\%RH$, 약 $50\%RH$ 의 변화폭을 가짐)의 범위에서 등락이 나타났다.



note : $p < .01$ indicate significant main effect (time or clothing) and interaction with ANOVA. *K.A significantly ($p < .01$) different from A.A, #Ctrl. significantly ($p < .01$) different from A.A

Fig. 5. Change in chest temperature (A), chest humidity (B), back temperature (C) and back humidity (D) of microclimate.

의복내 등온도는 전투복간의 유의차가 인정되지는 않았지만, K.A가 최저 등온도를 2차 운동구간에서 나타냈으며, K.A, Ctrl., GA가 비슷한 변화폭(시작온도에서 0.5~3.5°C, 약 4°C 정도의 범위)의 범위를 보였다. 2차 운동구간에서 운동에 의한 의복내 등온도가 1차 운동구간에 비해 낮은 상승온도를 보여 기류가 등온도에도 영향이 있는 것이라 사료된다.

의복내 등습도는 K.A가 실험시작 시점부터 다른 의복에 비해 높은 등습도를 유지하였으며($p < .01$), 1차 운동구간 종료 후부터 2차 운동구간 시작전까지 20분간 가장 높은 등습도를 유지하는 K.A와 가장 낮은 습도를 유지하는 A.A사이의 습도차가 8~10%RH 정도 차이를 보였다($p < .01$). GA 또한 K.A와의 평균 등습도차는 A.A와 유사한 경향이었으나, A.A보다 GA와의 변화폭이 근소하게 적어 유의한 차이는 나타나지 않았다.

운동구간에서는 습도상승은 최고 90%RH까지 상승하여, 고온에서의 운동이 다량의 발汗을 생성할 것으로 예상된다. 의복내 가슴습도와 비교해 보면 최고습도를 나타내는 시점은 같으나, 약 10%RH 이상 높은 분포를 보여 발汗량도 등부위가 더욱 높음을 알 수 있었다. 이렇게 습도가 상승하게 되면 신체 운동에 의한 발汗이 의복내에 잔존하게 됨으로, 의복소재는 내부공기를 투과를 하고 의복개구부에 의한 환기에 의한 습도 조절이 요구된다. 그러나 K.A는 다른 의복들 보다 가장 높고 실험종료시까지 하락이 느린 것을 확인 할 수 있었다. Chu(2002)의 연구에서 환경온도와 피부온도의 차이가 작아질수록 의복내 공기의 환기효과가 더욱 낮다는 결과를 볼 때 본 실험환경은 25로서 이보다 높은 고온 환경에서는 의복내습도 상승이 더욱 빠르게 되고 습도의 배출이 더욱 낮을 수 있을 것으로 판단되

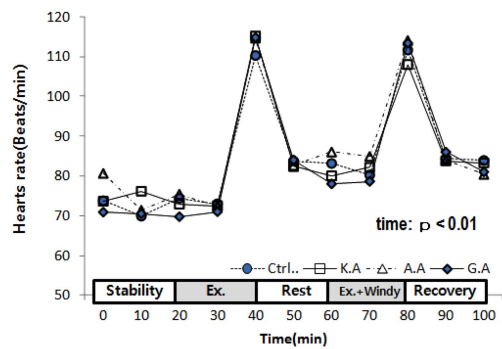
므로 서온환경에서는 통기성이 우수한 소재와 전투복의 개구부를 통한 환기를 증대시키고, 피복면적을 조정하는 등의 열 발산을 위한 방법이 필요할 것으로 사료된다.

3.5. 맥박 및 주관적 감각

Fig. 6은 경시변화에 대한 맥박수의 변화를 착용의복별로 나타내었다.

맥박수는 운동, 시간과 유의적인 변화($p < .01$)를 보였으나, 의복간의 유의한 차이는 나타나지 않았다. 안정기는 69.75~76.13 Beats/min의 수준에서 운동에 의한 빠른 상승으로 보여 108.00~120.88 Beats/min 범위에서 하락과 상승이 나타났다.

Fig. 7은 주관적 감각으로서 온열감(A), 습윤감(B)을 경시변



note : $p < .01$ indicate significant main effect (time or condition) and interaction with ANOVA.

Fig. 6. Changes in heart rate.

화에 따른 착용의복들의 결과를 나타낸 것이다.

온냉감은 실험시작 시점에서 온냉감을 느끼지 않는 영역에 근접한 5.48±0.25로 춥지도 덥지도 않은 상태로 안정기까지 이어지고 있었다. 그러나 운동을 실시함에 의해 더운 영역으로 이동하는 것을 확인 할 수 있어 운동에 의한 빠른 열적스트레스를 받는 것으로 보인다.

이러한 결과를 써멀마네킨의 보온력 결과와 비교해 보면 의복군들의 보온력은 1.22±0.06 Clo로서 본 실험환경과 같은 서열환경에서는 조금의 활동이 더위를 유발 할 수 있는 의복 상태라고 판단된다.

습윤감은 실험 경과 시간에 대해 의복간의 유의차는 보이지 않았으나, 1차 운동 종료 시점에서 GA ≃ A.A < Ctrl. < K.A의 순으로 습하다고 답하였다. 이는 의복내 등습도에서의 습도가 높다고 판단되는 K.A가 높은 수준인 것으로 확인할 수 있었다.

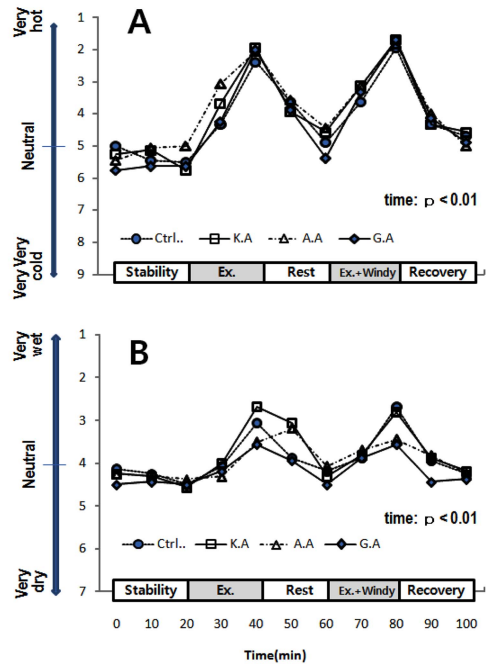
3.7. 의복의 소재 특성과 온열생리반응 비교

본 실험에 이용된 의복의 공기투과도, 투습저항 및 보온력에 대한 결과와 온열생리반응을 비교해 보면, 공기투과도는 Ctrl. 가 다른 의복들보다도 높고 GA > A.A > K.A의 순으로 소재에 의한 공기유출이 차이를 보였다. 가장 낮은 공기투과도를 보인 K.A는 직장온도, 모든 국소별 피부온도 및 의복내 온도에서 유의하게 다른 실험의복과 높거나 낮지 않았으나, 의복내 등습도는 유의하게 가장 높게 나타났다가(p<.01). 이는 K.A는 하이넥칼라로 목전체를 감싸고 상의길이가 다른 착용의복 보다 길게 구성되어 있어 의복내 습도 배출이 원활 하지 못한 것으로 사료되며, 소재의 공기투과도를 높이고, 의복내의 습도 유출에 원활한 개구 및 상의길이, 소매길이, 의복의 여유량 등의 인자에 대한 수정도 고려해야 할 사항으로 판단된다.

의복 소재의 인체의 발한유출과 관계된 물성인 투습저항값을 살펴보면 A.A가 가장 높고, Ctrl.>GA>K.A 순으로 나타났으나, A.A의 투습저항이 가장 높아, 신체에서 발생하는 발한이 외부로 발산이 문제가 될 것으로 예상되었으나, 의복내 온도 및 의복내 습도에서 동일한 경향을 보이질 않았으며, 가장 낮은 값을 보인 K.A가 의복내 등습도가 다른 의복들 보다 유의하게 높게 나타났다가(p<.01). 이는 본 실험의복들은 서열환경에서의 소재를 통한 투습발한이 원활 하지 않은 것으로 판단되고, 투습에 의한 습도 배출보다 의복의 구성적인 측면의 영향이 높다고 사료된다.

써멀마네킨의 보온력이 무풍의 1.16~1.28 Clo 범위와 유풍시에서는 0.95~1.02 Clo의 범위를 가지고 있으며, 평균피부온도 및 국소별 피부온도에서 의복간의 유의차가 확인 되지 않는 것으로 보아 보온력의 차이는 크지 않은 것으로 생각된다.

그러나 무풍과 유풍의 보온력 차이는 유풍에서 0.2 Clo 이상 약 21%의 하락이 나타났으며, 평균피부온도, 국소별 피부온도 의복내 가슴온도에서 무풍의 초기 운동기보다도 유풍의 운동기에서 온도 하락 또는 운동에 의한 상승이 둔화됨이 나타나 기류에 의한 보온력 감소가 확인되었다.



note : p <.01 indicate significant main effect (time or condition) and interaction with ANOVA.

Fig. 7. Changes in whole body thermal sensation (A) and humidity sensation (B).

유풍시에서는 0.95~1.02의 범위로 무풍과 동일한 순서인 A.A > K.A ≃ Ctrl. > GA의 순서로 나타났다.

국소별 피부온도에서 가슴과 팔부위의 피부온도에 비해 대퇴부와 하퇴부의 변화가 적게 나타났으며, 사지부인 팔, 대퇴, 하퇴는 열 생산이 높은 장기 등의 조직을 포함하지 않기 때문에 피부온도가 피부혈류변화에 영향을 받고 변화하는 특성(Kaori & Kozo, 2006)이 있으나, 그 결과와 다르게 오히려 특히 하지부인 대퇴부와 하지부가 가슴부위보다도 안정된 온도범위를 보였다. 이는 상의의 개구부로 운동동작에 의한 외부기류의 유입이 상체에 더욱 많은 온도변화를 초래한 것이라 판단된다.

이러한 종합적인 결과를 볼 때 소재적 특성이 온열생리반응에도 영향이 큰 것으로 사료되나, 그 결과가 일치하지 않는 것을 알 수 있다. 이는 Ushioda(1999)의 서열환경에서의 운동에 의한 발한은 체온유지를 위해서는 소재특성보다 의복의 디자인 및 개구의 중요성이 강조된다는 것과 일치한다.

4. 결 론

국내의 전투복 3종과 일반복에 대한 소재 물성 분석, 인체생리반응과 주관적 감각에 미치는 영향 및 이들의 상호관련성을 규명할 목적으로, 25±1°C, 65±5%RH, 0.3 m/sec 이하의 환경에서 건강한 성인 남자 8명에게 착용성능 평가를 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 25°C, 65%RH 환경에서 한국, 미국, 독일의 전투복간 피부 온도의 차는 크지 않으나, 의복내 등부위 습도가 한국 전투복이 기타 비교의복에 비해 뚜렷하게 높은 분포를 유지하였다.

2) 전투복간의 투습저항성능 차이는 크지 않았으나, 통기투과도가 가장 낮은 한국전투복은 고온 다습의 환경일 때 습도배출 및 체온조절에 저해 요인으로 판단된다.

3) 서열환경에서의 운동중 기류의 발생이 신체의 피부온도 및 의복내 온도를 낮추는 효과가 있었고, 직장온도 및 의복내 습도 조절에는 그 효과가 미비하였다.

4) 국내의 전투복 소재의 물성 평가 결과와 의복상태에서의 착의성능 평가의 결과는 동일한 부분도 있었으나, 성능이 상의한 결과를 보이는 것도 다소 있었다. 이는 전투복의 소재성능 이외의 의복의 구성조건(디자인, 개구부 등) 등 영향도 상당히 큰 것으로 판단된다.

이에 한국전투복은 서열환경에 대해 대부분 우수한 체온조절을 보였으나, 상체부 내부 기후의 Ventilation을 고려한 디자인 및 통기성이 우수한 소재의 적용이 있게 되면 가장 우수한 전투복이 될 것이다.

본 연구는 전투복의 성능 기초 데이터로 앞으로의 고기능성 전투복 및 소재 개발과 활성화에 더욱 기여할 것으로 기대되며 이 연구결과를 기초로 다양한 환경하에서의 온열특성 및 인체 생리반응 실험 등에 대한 후속연구가 계속되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부에서 시행한 차세대국방섬유 기술 개발 협력사업(기술료 사업)의 수행성과입니다.

References

Chu, M. S. (2002). Effect of ambient air temperature on the pattern of clothing ventilation through openings. *The Research Journal of the Costume Culture*, 10(6), 793-801.

Eglin, C. M., Coles, S., & Tipton, M. J. (2004). Physiological responses of men working in fire fighting equipment in the heat. *Ergonomics*, 22, 521-527.

Gonzalez, A. J., Teller, C., Andersen, S. L., Jensen, F. B., Hyldig, T., & Nielsen, B. (1999). Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat.

Journal of Applied Physiology, 86, 1032-1039.

Ha, M., Tokura, H., & Yamashita, Y. (1995). Effects of two kinds of clothing made from hydrophobic and hydrophilic fabrics on local sweating rates at an ambient temperature of 37°C. *Ergonomics*, 38(7), 1445-1455.

Hirabayashi-Yamashita, Y., Hayashi, C., Imamura, R., & Tokura, H. (1995). Sweat responses to pesticide-proof clothing influenced by textile materials. *Applied Human Science*, 14(3), 141-147.

Holmer, I., Kuklne, K., & Gao, C. (2006). Test of firefighter's turnout gear in hot and humid air exposure. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 12, 297-305.

Kaori, T., & Kozo, H. (2006). Effects of water-proof finishing for cotton clothing on thermoregulatory responses during heat load. *Descente Sports Science*, 27, 86-93.

Korea Textile Development Institute. (2013). *Defense textile development report*. Seoul: Ministry of Trade, Industry and Energy.

Korean Agency for Technology & Standards. (2010). *The report of national anthropometric survey of Korea 2010*. Seoul: KATS.

Nakayama, T. (1981). *溫熱生理學 [Thermal physiology]*. Tokyo: Rikogakusha.

Ramanathan, N. L. (1964). A new weighting system for mean surface temperature of the human body. *Journal of Applied Physiology*, 19, 531-533.

Rossi, R. (2003). Fire fighting and its influence on the body. *Ergonomics*, 46, 1017-1033.

Seiichi, N., Akira, Y., & Taketoshi, M. (1992). The relation between environmental conditions and the occurrence of exertional heat disorders during physical activity. *The Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 41(5), 540-547.

Song, M. K., & Kwon, M. S. (2008). A study on thermal clothing under dynamic air condition. *Journal of the Korean Society of Costume*, 58(9), 29-37.

Song, M. K., Kwon, S. Y., & Jung, H. M. (2012). A study on changes in thermal performances in ensembles made up of single garments marketed for Korean men in still and dynamic air conditions. *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 14(4), 660-668. doi:10.5805/KSCI.2012.14.4.660

Ushioda, H. (1999). Wear comfort and evaluating methods by sports wear in hot environment. *Proceeding of Journal of Japan Research Association for Textile End-Use*, 18, pp. 5-7.

(Received 18 January 2014; 1st Revised 3 February 2014; 2nd Revised 12 February 2014; Accepted 25 February 2014;)