



## 축열/체열반사기능을 가진 스포츠 레저복의 온열쾌적성 - 0±1°C, 50±5% RH 환경에서의 착의평가 -

김태규<sup>†</sup> · 송민규<sup>1)</sup> · 이창민<sup>2)</sup> · 권오경<sup>2)</sup>

대구예술대학교 K-패션디자인과

<sup>1)</sup>한국섬유개발연구원

<sup>2)</sup>주) B.S.G. 기술연구소

## Thermal Comfort of the Sports/Leisure Clothing with the Heat Storage/Reflection Function - Wearing Evaluation under the Condition of 0±1°C and 50±5% RH -

Tae-Gyou Kim<sup>†</sup>, Min Kyu Song<sup>1)</sup>, Chang Min Lee<sup>2)</sup>, and Oh Kyung Kwon<sup>2)</sup>

Dept. of K-Fashion Design, Daegu Arts University; Daegu, Korea

<sup>1)</sup>Korea Textile Development Institute; Daegu, Korea

<sup>2)</sup>B.S.G. Co., Ltd R&D Center; Daegu, Korea

**Abstract:** For this study, we developed clothing in which textile materials that were excellent weather control function for the cold environment and we performed the human subject test with developed clothing to determine the thermal comfort. We used 2 clothing samples developed (A and B, hollow yarn+moisture absorption/quick drying yarn, 3 layers, high stretchable, heat reflection film and lamination treated) and a control sample (Ctrl.) for the human subject test and 8 adult males were used as a human subjects and environmental conditions of chamber were 0±1°C, 50±5%RH, 0.3m/sec. The results were as follows: The average skin temperature and hand, thigh temperature of B were higher than B and Ctrl. ( $p < .05$ ). The micro-climates of B were near to thermal comfort range which is 32±1°C and 50±10% RH. The chest temperature of B was significantly higher than others ( $p < .05$ ). The relative humidity of B was lower than others and kept stable rather than others. The thermal sensation of B was near the “neutral” and was significantly different from Ctrl. ( $p < .01$ ) and the weight loss of B was lower than Ctrl. ( $p < .05$ ). The counting task and hand temperature was positively related and the counting task value of B and A is bigger than Ctrl. and that of A was bigger than Ctrl. ( $p < .05$ ).

**Key words:** thermal comfort (온열 쾌적성), wearing evaluation (착의평가), sports wear (스포츠웨어), leisure clothing (레저복), cold environment (한랭환경)

### 1. 서 론

최근 스포츠 활동 및 레저인구의 증가와 함께 기능적인 니즈가 다양화되고 있으며, 활동에 따른 운동기능성, 경량, 의복의 쾌적감에 대한 관심이 높아지고 있으며(Lee & Baik, 2008), 지금까지 섬유과학은 보다 쾌적성을 향상시키기 위한 다양한 기술들이 개발되고 있다. 이러한 쾌적한 의복을 개발하기 위해서는 인체의 생리 반응, 심리 반응이나 환경 인자, 옷

의 열·수분 특성 등이 서로 관련되어 있으며, 의복과 신체 사이에 형성되는 미세공간의 온도, 습도 및 기류(의복기후) 또한 쾌적감을 크게 좌우하기 때문에 이것을 제어하는 기술이 중요한 지표로 분류된다(Fukuzawa, 2017).

스포츠웨어의 쾌적성을 제어하는 기술로서는 운동에 의한 발한 시 흡습성과 투습성이 요구되며, 특히 한랭 환경에서의 스포츠 웨어의 소재로서는 보온성과 관련된 성능 향상을 위한 온감보완을 위한 세라믹원료 혼합(Shim et al., 2009), 무기입자의 원적외선 방사에 따른 특징(Hong et al., 2010), 직물의 표면에 세라믹 나노입자를 코팅과 라미네이팅 가공하여 원적외선 방사에 의한 보온특성(Shim et al., 2009; Yeo et al., 1998; Yoo et al., 1993) 등의 다양한 소재 개발연구가 이루어지고 있다. 이러한 한랭 환경에 대한 축열발열 쾌적 소재들의 연구들은 그 성능에 대한 물리적, 화학적, 역학적 성질에 대한 우수성 검증과 검토가 이루어지고는 있으나, 최근 개발되어 시판되고 있는 축·발열소재가 일반 소재와의 차이가 어느 정도 인

<sup>†</sup>Corresponding author; Tae-Gyou Kim

Tel. +82-53-970-3195, Fax. +82-53-970-3135

E-mail: taegyou1999@naver.com

© 2018 (by) the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

지 특히, 실제 스포츠 웨어로서 인체에 착용되었을 때의 검증과 영향에 관련된 연구는 부족한 실정에 있다.

이에 본 연구는 한랭 환경에서 의복내 기후제어 성능이 우수한 소재를 기반으로 한 스포츠 레저의복에 대한 인간이 쾌적 영역에 근접할 수 있는 조건의 기초 확립 및 실제 착용실험을 통한 축·발열소재의 성능을 확인할 목적으로 실시하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1. F/W 스포츠 레저의복의 조사 및 실험의복 선정

한랭 환경에서의 축·발열소재를 이용한 스포츠 레저의복의 착의실험에 앞서 현재 시판되고 있는 스포츠 레저의복의 보온력 정도와 성능을 살펴보고, 그 중 실험에 적용할 비교의복을 선정하였다.

스포츠 레저웨어 업체인 V사에서 F/W시즌(2017년 10월~12월)용으로 시판중인 남성용 레저의복 재킷 10종, 셔츠 4종, 바지

4종(총 18종)에 대하여 소재특성, 보온력(clo) 등을 조사(Size 100, 각 1종당 3착의 평균)한 결과를 Table 1에 나타내었다.

이때의 보온력은 써멀마네킨(MTNW-Huey, MTNW)을 이용하여 의복의 열저항치(보온력)를 측정하였다.

측정된 결과를 살펴보면 중량은 재킷 305~1,113g, 셔츠가 193~395g, 바지가 265~633g의 분포를 보였으며, 보온력 clo는 재킷 0.85~2.22, 셔츠가 0.68~0.82, 바지가 0.67~0.89의 범위에 있었다.

의복중량 및 의복 보온력 간의 상관관계를 분석한 결과 정 상관관계( $Y=0.254894 \times 0.000172X$ ,  $R^2=0.729$ ,  $p<0.001$ )를 보이며, 의복중량이 높을수록 의복의 보온력이 높아진다는 Song and Kwon(2008)의 연구결과와 동일한 것을 알 수 있었다.

이는 복종 간에 있어서 재킷에 대한 중량 및 보온력이 셔츠와 바지보다 더욱 넓은 분포를 가지고 있으며, 보온력의 영향도 큰 것으로 판단된다(Lee et al., 2008).

J7~J10의 재킷은 보온력이 1.35~2.22 clo 수준으로 높은 분

Table 1. Physical properties of samples



















| Sample No | Model design  | Composition (lining)                                       | Fabric count warp × weft (number/in) | Clothing insulation (clo) | Clothing weight | Thickness (mm) | Air permeability (cm/cm <sup>2</sup> /min) |
|-----------|---|--|--------------------------------------|---------------------------|-----------------|----------------|--|
| J1        |  | Nylon 100% (-)   | 156 X 104                            | 0.845                     | 0.305           | 0.48           | 14.50                                      |
| J2        |  | PET100% (-)  | 138 X 112                            | 0.864                     | 0.384           | 0.62           | 18.82                                      |
| J3        |  | Nylon 100% (Pet 100% mash)                                 | 184 X 170                            | 0.950                     | 0.412           | 0.86           | 33.66                                      |
| J4        |  | PET100% (Nylon100%)  | 179 X 103                            | 0.791                     | 0.481           | 1.57           | 16.30                                      |
| J5        |  | PET 100%   | 141 X 102                            | 0.882                     | 0.542           | 0.92           | 9.35                                       |
| J6        |  | PET 91% PU 9%  | 162 X 76                             | 0.847                     | 0.542           | 1.83           | 19.13                                      |
| J7        |  | Nylon 100% (Nylon 100%, PET 100% Filler)                   | 167 X 138                            | 1.393                     | 0.573           | 38.23          | 19.84                                      |
| J8        |  | polyester 100% (PET 100% Polapolis inner)                  | 238 X 126                            | 1.371                     | 1.307           | 32.00          | 24.00                                      |
| J9        |  | PET 100% (PET 100%, PET 100% Filler)                       | 249 X 91                             | 1.985                     | 0.875           | 42.01          | 20.87                                      |
| J10       |  | PET 100% (PET 100%, Dock Down 80%+Dock feather 20% Filler) | 252 X 90                             | 2.224                     | 1.113           | 67.03          | 22.04                                      |

Table 1. Physical properties of samples (continued)

|        |    |   |                                       |           |       |       |      |         |
|--------|----|---|---------------------------------------|-----------|-------|-------|------|---------|
| Shirts | S1 |    | PET 90%<br>PU 10%                     | -         | 0.691 | 0.193 | 0.66 | 5430.00 |
|        | S2 |    | PET 92%<br>PU 8%                      | -         | 0.685 | 0.252 | 0.71 | 2658.00 |
|        | S3 |    | PET 90%<br>PU 10%                     | -         | 0.825 | 0.375 | 0.82 | 1741.60 |
|        | S4 |    | PET 94%<br>PU 6%                      | -         | 0.826 | 0.395 | 0.94 | 562.88  |
| Pants  | P1 |    | PET 88%<br>PU 12%                     | 94 X 95   | 0.667 | 0.265 | 0.51 | 178.80  |
|        | P2 |    | PET 90%<br>PU 5%                      | 118 X 118 | 0.729 | 0.392 | 0.64 | 285.00  |
|        | P3 |  | PET 95%<br>PU 5%                      | 138 X 50  | 0.893 | 0.492 | 0.82 | 83.40   |
|        | P4 |  | Nylon 85%<br>PU 15%<br>PET 100%(Back) | 124 X 91  | 0.882 | 0.633 | 0.88 | 87.60   |

포를 가지고 있어 한랭 환경을 타겟으로 한 방한용인 것으로 판단된다. J7, J9, J10은 재킷의 안감과 겉감 사이에 충전제 (polyester staple fiber 또는 우모)가 들어간 제품이며, J8은 내피로 폴라폴리스(polapulis)를 적용하여 방한효과를 높인 제품으로 구성되어 있었다. 이에 본 실험에서는 발열소재 유무에 대한 영향을 보기 위한 것으로 비교제품으로 J8 재킷으로 선정하였다.

## 2.2. 실험 착의의복

착의 조건으로서는 기존 레저복 재킷인 Table 1의 J8(Ctrl.)과 신형 레저복 재킷 A, B로서 총 3종으로 구분하였으며, 그 외의 복장으로는 동일한 셔츠(S2, Table 1)와 바지(P3, Table 1)에 기초복으로 팬티와 양말을 착용하였다(Fig. 1).

재킷 제작은 레저 스포츠 브랜드 V사가 S사에서 개발한 항공 · 스키 기능을 가진 축열원사(중공+흡한속건사)를 사용한 직 · 편물소재와 열반사코팅 처리된 소재를 다층구조로 적용하였으며, 기존 레저복 재킷 J8(Ctrl.)과 동일한 디자인과 사이즈로 하였다. Table 2는 3종 재킷의 소재 구성에 따른 차이를 나타낸 것이다. 재킷 Ctrl.은 외피가 일반 polyester 100%, 폴라폴리스 내피로 구성되어 있으며, A는 경사에 축열원사(중공+

흡한속건사)를 적용하고 위시는 일반 polyester로 적용된 외피, 폴라폴리스 내피에 열반사코팅 처리되어 있고, B는 경 · 위사 모두 축열원사(중공+흡한속건사)를 적용한 외피와 폴라폴리스 내피에 열반사 코팅 처리가 되었다.

## 2.3. 피험자 및 실험환경

쾌적성 생리온열반응실험은 2018년 02월~03월에 실시하였으며, 측정환경은 한랭 환경을 가정하여 0±1°C, 50±5%RH, 기류는 0.3m/sec 이하로 고정하여 실시하였다.

피험자는 건강한 20대 성인 남자 8명으로 하였으며, 실험 전에 실험 목적 및 방법을 설명하고 실험에 대한 동의를 얻었으며, 실험 기간 동안에는 술, 담배 등은 금하고 매일 규칙적인 생활을 하도록 하였다. 피험자의 신체적 특징은 23.5±3.2세, 175.0±4.7cm, 73.5±9.2kg(평균±표준편차)이다.

## 2.4. 측정항목 및 방법

실험 실시 시간은 총 80분으로 안정기(Rest) 30분 - 운동기(Exercise, 10분 경보경기 4.5km/hr, 10분 뛰기 7.5km/hr) 20분 - 안정기(Rest) 30분의 조건으로 실시하였다.




측정항목으로는 피부온도, 의복기후(피부와 셔츠 사이, 셔츠

**Table 2.** Multi layer structure of jacket

| Jacket | Inner layer<br>(laminate coating) | Middle layer<br>(polapolis)   | Outer layer<br>(function yarn)   |
|--------|-----------------------------------|-------------------------------|--|
| Ctrl.  | -                                 | Polyester 100%<br>(polapolis) | Warp · Weft 75D(DTY)<br>Normal polyester   |
| A      | Reflection<br>coating             | Polyester 100%<br>(polapolis) | Warp : 50D(DTY)<br>Heat storage polyester<br>Weft : 50D(DTY)<br>Normal polyester |
| B      | Reflection<br>coating             | Polyester 100%<br>(polapolis) | Warp · Weft 50D(DTY)<br>Heat storage polyester                                   |

와 재킷 사이의 의복내 온습도), counting task(counters/15sec), 쾌적감, 온냉감, 습윤감, 체중감소량 등을 실시하였다.

피부온도는 측정기기 LT-8A(Gram Corporation, Japan)을 사용하였으며, 1분 간격으로 연속 기록하였으며, Hardy & Dubois의 7점 측정법을 이용하여 이마(forehead), 위팔(forearm), 손등(hand), 옆구리(trunk), 대퇴(thigh), 하퇴(leg), 발등(foot)을 측정하였으며, 평균피부온도( $\bar{T}_{sk}$ )는 다음의 식으로 구하였다:  $\bar{T}_{sk}=0.07 T_{head}+0.35 T_{trunk}+0.14 T_{arms}+0.05$

|   | Ctrl.   | A   | B     |
|---|---|---|-------|
|  |  |  |       |
| Ensemble weight(g)  | 1,607   | 1,681   | 1,570 |
| Ensemble clo  | 2.08  | 1.98  | 1.92  |

**Fig. 1.** Clothing conditions.

$T_{hand}+0.19 T_{thigh}+0.13 T_{leg}+0.07 T_{foot}$

의복 내 기후는 가슴과 등 부위에서 피부와 셔츠의 사이와 셔츠와 재킷의 사이를 생리적 쾌적성을 알기 위해 측정하였으며, 측정용 기기 Thermo Recorder(Gram Corporation, Japan)를 이용하여 온습도를 1분 간격으로 기록하였다.

발한량은 인체 천칭 Mettler Toledo ID3(감도 0.001kg, Germany)을 사용하여 피험자의 실험 전후의 체중변화량을 측정하고 그 차이로부터 체중 감소량(Body weight loss)을 얻었으며 이것을 총 발한량으로 하였다.

Counting task는 한랭 환경에서 말초신경의 변화 및 혈류량 감소 정도를 간접적으로 판단하기 위해 실시되었으며, 피험자는 한 손에 수동 계수기(handtally counter, FH-101, Togoshi, Japan counter)를 사용하여 15초 동안 가능한 한 빠르게 엄지손가락으로 카운터의 버튼을 눌렀다(Tanaka et al., 1983).

주관적 감각으로는 온냉감(9단계), 쾌적감(5단계)을 측정하였으며 운동, 휴식기 등의 구간마다 그리고 10분마다 정해진 척도에 맞춰 응답하도록 하였다.

이렇게 실시한 계측 항목 및 측정시점은 Fig. 2에 나타내었다.

**2.5. 자료 분석**

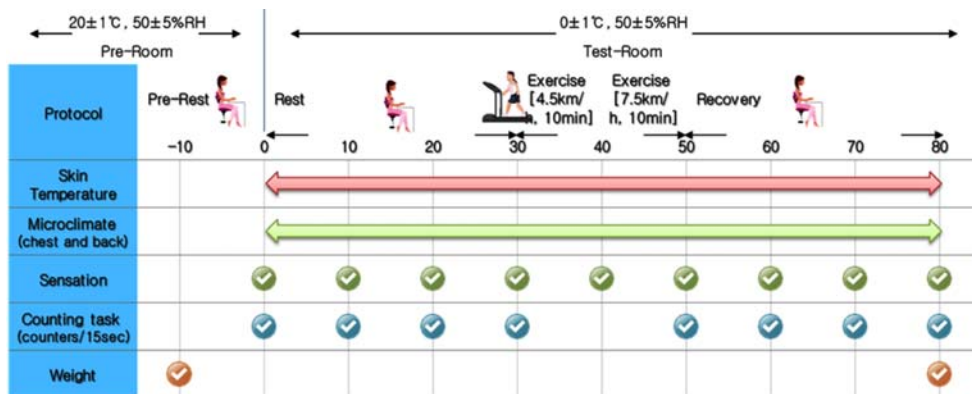
본 착의실험에서 얻은 자료는 SPSS WIN 20를 이용하여 의복별 각 측정항목의 평균과 표준편차 등의 기술통계량을 산출하였고, 측정항목에 대하여 착의조건 간의 t-test와 Anova 분석으로 5% 수준의 유의차 검정을 실시하였다.

**3. 결과 및 논의**

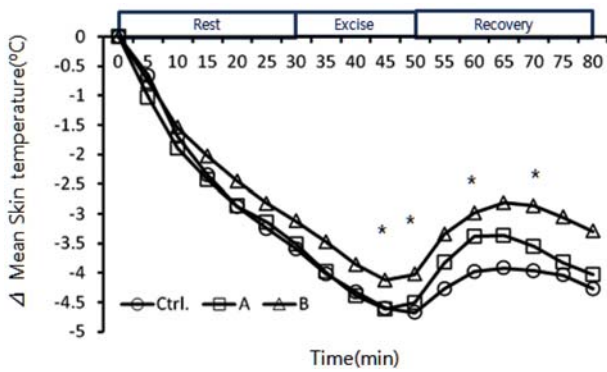
**3.1. 평균피부온도 및 국소별 피부온도 변화**

Fig. 3은 경시변화에 따른 평균피부온도의 결과를 변화량으로서( $\Delta$ ) 나타낸 것으로 모든 착의조건은 실험 시작과 동시에 점진적인 하락을 보이다가 운동기점 10분 경과 후에는 상승하여 운동종료 10~15분 경과 시까지 점진적인 상승 후 다시 하락하였다.

의복 조건 간의 차이를 보면 가장 낮은 온도분포는 실험 시



**Fig. 2.** Measurement protocol.



**Fig. 3.** Change in  $\Delta$  mean skin temperature.  
\* Ctrl. significantly ( $p < .05$ ) different from B,  $n = 8$

작 45분(운동 15분)에서 Ctrl.  $25.8 \pm 1.3^{\circ}\text{C}$ , A  $25.6 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ , B  $26.1 \pm 1.4^{\circ}\text{C}$ 로 Ctrl.과 B가 유의적( $p < .05$ )으로 차이를 보였으며, 실험 시작 50분, 60분, 70분에도 동일한 유의차가 나타났다. 실험 전 구간에 있어서 B가 가장 높았으며, A>Ctrl. 순으로 실험 종료시에는 Ctrl.과 B사이의 차이는 점진적으로 격차를 보여 최고  $1^{\circ}\text{C}$  정도의 온도차가 나타났다.

평균피부온은 국소피부온의 안분비율의 평균에 따른 결과이므로 국소 간의 차이를 살펴보기 위해, Fig. 4(A)는 손등부위의 피부온도를 Fig. 4(B)는 대퇴 부위의 피부온도에 대한 경시변화를 제시하였다.

손등 부위는  $30.2 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$  범위에서 시작부터 지속적으로 하락을 보여 실험 종료시점에서는  $15^{\circ}\text{C}$ 부근까지 떨어졌으며, 다른 국소부와 비교하였을 때 높은 온도 하락의 폭과 가장 낮은 온도 분포를 가지는 것으로 나타났으며, 운동에 의한 온도 상승도 크게 나타나지 않았다.

운동으로 인한 피부온의 변화는 심부체온이 상승함으로 인해 피부혈류량이 증가하여 상승하는 것으로 알려져 있으나 (Rowell, 1993), 한랭 환경에서 손등은 말초 부위에 해당되고 스포츠레저 의복으로서 피복되어 있지 않아, 혈류량의 흐름이

부족한 것이 원인으로 사료된다.

의복 조건 간에 있어서 의복 B가 가장 높은 분포를 나타내고, 의복 A, Ctrl. 순으로 유의적( $p < .01$ )으로 거의 전 실험에서 차이를 보였다. 의복 간에 있어서 가장 큰 차이가 나타난 것을 안정기 10분(실험 시작 60분)으로 의복 B와 Ctrl.은 거의  $5^{\circ}\text{C}$  이상 차이를 보이기도 하였다( $p < .01$ ).

대퇴 부위의 피부온을 살펴보면(Fig. 4(B)), 3가지 의복 조건이 거의 동일하게  $30.1 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 에서 시작하여 실험 시작 45~50분(운동 15분)까지  $6 \sim 7^{\circ}\text{C}$ 의 하락을 보이고 이후 20분 간의  $1.5 \sim 2^{\circ}\text{C}$  상승 후 실험 종료 시까지 안정적으로 나타났다.

의복 조건 간의 결과를 살펴보면 실험 시작과 함께 거의 동일한 그래프를 보이고 있으나, 실험 20분부터 의복 간의 격차가 나타나고 있으며, Ctrl.과 B는 실험 개시 20분에서 40분까지, Ctrl.과 A사이는 55분부터 실험 종료 시까지 유의적( $p < .05$ )인 차이를 보여주고 있으며, A와 B 사이에는 유의차를 보이지 않았다.

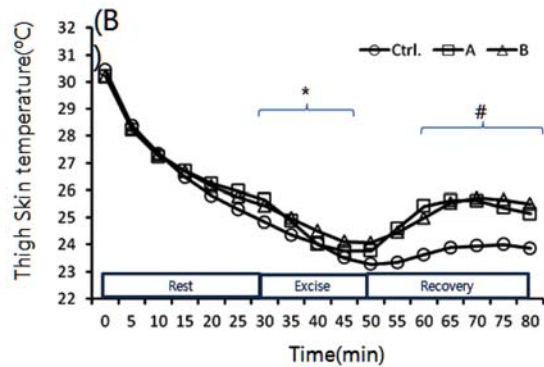
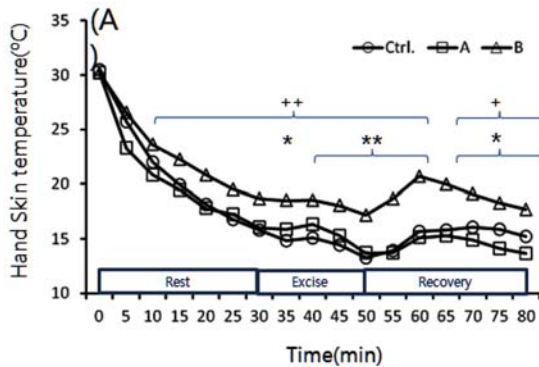
이는 3가지 의복조건 모두 동일한 바지로 피복되어진 부위로 상의 재킷의 영향이 대퇴부까지 있는 것으로 사료된다. 그러나 다른 하체 부위인 종아리 부위와 발등 부위에서는 의복 간의 유의차는 발생하지 않았다.

### 3.2. 의복 내 기후의 변화

Fig. 5는 의복 내 기후에 대한 결과를 나타낸 것으로 가슴 부위의 피부와 셔츠 사이의 온도변화량  $\Delta$ (A), 가슴 부위의 셔츠와 재킷 사이의 온도(B), 가슴 부위의 피부와 셔츠 사이의 습도(C), 등 부위의 셔츠와 재킷 사이의 습도(D)의 각 의복 조건에 대한 그래프이다.

피부와 셔츠 사이의 가슴 부위의 온도 변화량  $\Delta$ (Fig. 5(A))을 살펴보면 실험시작과 종료 시까지의 Ctrl.은  $3^{\circ}\text{C}$  하락, A와 B는  $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$  사이에서 등락이 관찰되었다.

일반적으로 알려진 의복 내 쾌적온도는  $32 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 로서 실험 전 구간에 있어 의복 조건 A는  $30.7 \pm 0.0^{\circ}\text{C}$ , B는  $30.1 \pm 0.4$ , Ctrl.은  $29.5 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$ 로서 B>A>Ctrl. 순으로 쾌적 영역에 근접한 분포를



**Fig. 4.** Changes in hand (A) and thigh (B) local skin temperature.  
\* Ctrl. significantly ( $p < .05$ ) different from B, \*\* Ctrl. significantly ( $p < .01$ ) different from B, # Ctrl. significantly ( $p < .05$ ) different from A, + A. significantly ( $p < .05$ ) different from B, ++ A. significantly ( $p < .01$ ) different from B,  $n = 8$

나타나고 있다. 특히 A와 B는 그 변화 폭이 크지 않고 30~31°C 사이에서 실험 종료 시까지 안정적으로 이어지고 있다. 그러나 Ctrl.은 실험 개시 15분부터 지속적인 하락을 보여, 실험개시 50분(운동종료시점)부터 B와 유의적( $p<.05$ )인 차이를 나타내며 지속적인 하락을 이어갔다.

셔츠와 재킷 사이에서의 가슴온도(Fig. 5(B))에서는 피부와 셔츠 사이의 온도분포에 비해 5~6°C 낮은 분포로 실험 전체의 평균온도로 Ctrl.은 23.2±2.0°C, A는 24.1±1.7°C, B는 25.5±0.8°C를 나타내었으며, Fig. 5(A)의 결과에 비하여 온도의 변화는 1.8~5.7°C 범위를 가지고 있었다. 이는 셔츠와 재킷의 기후가 외부환경에 가까운 위치에 있어 한랭 환경 0°C의 영향이 더욱 높은 것을 알 수 있었다.

의복 조건 간의 온도변화는 등락의 기점은 유사하게 나타나고 있으나 등락폭은 의복 조건 간에 차이가 나타남을 알 수 있다. 실험개시 15분부터 거의 종료 시까지 Ctrl.과 B는 유의차( $p<.05$ )를 보이고 있으며, Ctrl.과 A사이에도 실험 60분에서 유의차( $p<.05$ )가 나타났다.

셔츠와 재킷 사이의 가슴(Fig. 5(C))과 등 습도(Fig. 5(D))를 살펴보면 모든 의복 조건이 40% RH부근에서 시작하여 실험 시작 10분까지 5~15% 범위의 하락 후 실험 45분(운동 15분경과)까지는 안정적인 양상을 보이다가 이후 30% RH 이상으로 급격한 상승을 보이고 있다. 이러한 급상승은 운동에 의한 발한에 기인된 것으로 판단되며, 운동시작과 시간차가 15분 정

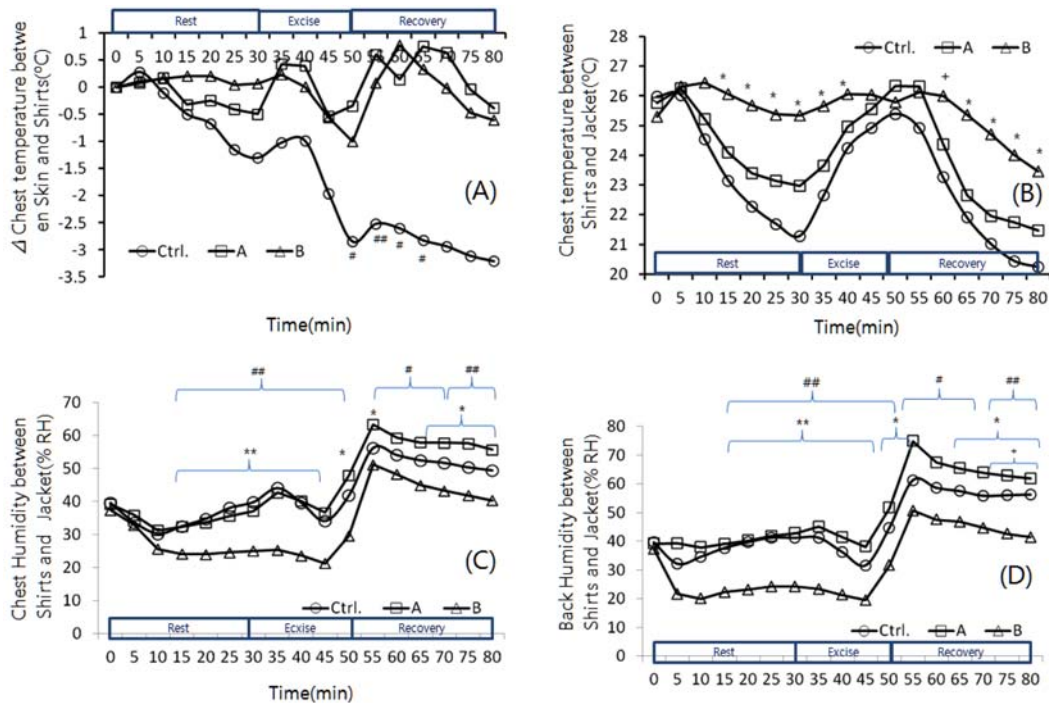
도 발생되고 운동을 지속하면, 심체온이 충분히 상승 후에 피부온과 발한이 발생하는 인터벌과 동일한 양상으로 판단된다. 실험시작 25분, 35분, 80분에서 의복 B가 Ctrl.보다 높은 것이 확인 되었다( $p<.05$ ).

의복 조건 간의 차이를 살펴보면, 실험 시작 15분까지는 유의차가 나타나지 않았으나, 20분부터 거의 전 구간에서 Ctrl.과 A, A와 B 간의 유의차( $p<.05$  or  $p<.01$ )적으로 차이를 보이고 있다. 의복 조건 B가 가장 낮은 분포를 보였으며, Ctrl.과 A의 순으로 나타났다.

### 3.3. 주관적감각, Counting task, 체중감소량

Fig. 6은 착의 조건 간의 주관적 감각으로서 온냉감(A)과 쾌적감(B)의 결과를 나타낸 것으로, 온냉감은 의복 B가 다른 의복 A와 Ctrl.에 비하여 실험 전반에 걸쳐 ‘중립’ 또는 ‘따뜻하다’에 근접하였으며, 실험 중반인 운동기 10분 경과에서는 의복 B가 Ctrl.에 비해 유의적( $p<.01$ )으로 중립에 근접하였다.

쾌적감(Fig. 6(B))에 있어서는 실험 시작 시 모든 의복 조건에서 ‘쾌적’영역에서 실험종료 시까지 ‘아무렇지도 않다’ 영역으로 상승을 하나, 큰 불쾌감에 대한 응답은 나타나지 않았으며, 한랭의 기운에 의한 불쾌감은 크지 않은 것으로 보인다. 그러나, 실험 후 인터뷰에서 손과 발의 냉감과 불쾌감을 호소하는 피험자들이 몇몇 있었다. 이는 온냉감은 온도 수용기에 의해 감지되고(Hensel, 1974), 온각과 냉각은 독립된 감각으로 되



**Fig. 5.** Changes in  $\Delta$  chest temperature between skin and shirts (A) chest temperature between shirts and jacket (B), chest humidity between shirts and jacket (C), back humidity between shirts and jacket (D), microclimate within clothing.

\* Ctrl. significantly ( $p<.05$ ) different from B, \*\* Ctrl. significantly ( $p<.01$ ) different from B, # Ctrl. significantly ( $p<.05$ ) different from A, ## Ctrl. significantly ( $p<.01$ ) different from A, + A. significantly ( $p<.05$ ) different from B,  $n=8$

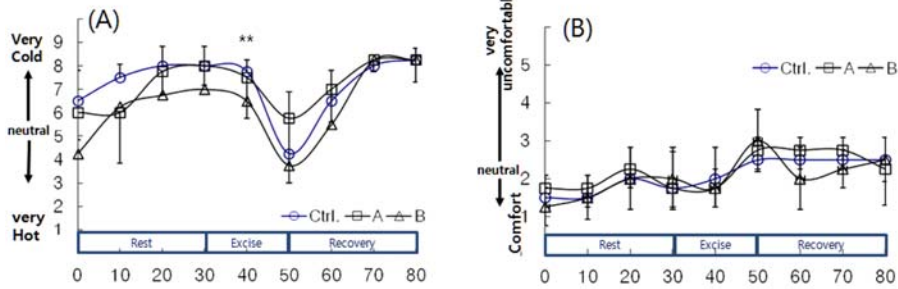


Fig. 6. Changes in whole body thermal sensation (A) and comfortable sensation (B).  
\*\* Ctrl. significantly ( $p < 0.01$ ) different from B

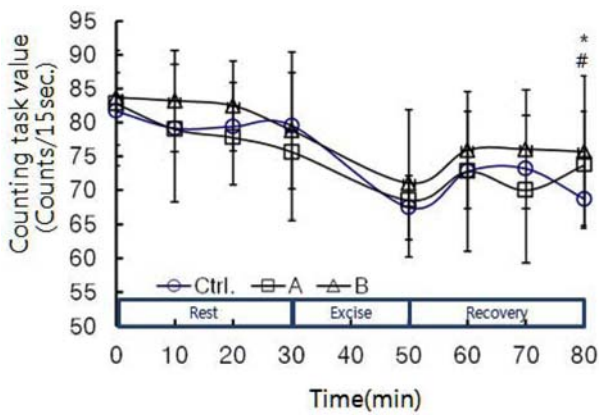


Fig. 7. Changes in counting task value.  
\* Ctrl. significantly ( $p < 0.05$ ) different from B, # Ctrl. significantly ( $p < 0.05$ ) different from A,  $n = 8$

어 있어(Spray, 1986), 사지 말초에 대한 온냉감과 쾌적감은 차이가 있을 것으로 판단된다.

한랭 환경에서 안정 상태에 있는 경우에 온냉감이 쾌적감에 반영되고, ‘조금 서늘하다’일 때 오히려 온열적 쾌적감을 얻을 수 있다는 보고(Gagge et al., 1967)와 같이 Fig. 5(A)의 피부와 셔츠 사이의 의복 내 온도, Fig. 6(A)의 온냉감과 Fig. 6(B)의 쾌적감 등을 고려해 볼 때 착의 조건 B는 한냉감에 대한 피험자의 부담이 다른 의복 조건 A와 Ctrl.에 비해 안정적인 것으로 판단된다.

Fig. 7은 경시변화에 따른 Counting task의 변화를 나타낸 것으로 한랭 환경에서의 손가락 감각과 동작의 원활함을 간접적으로 확인할 수 있는 방법(Kim et al., 2007; Ozaki et al., 2001; Tanaka et al., 1983)이다.

그 결과를 살펴보면, 경시변화에 따른 하락이 지속되는 것을 알 수 있으며, 운동 후 착의 조건 간에 차이가 나타나며, 실험 종료 시점에는 A와 B가 Ctrl.에 비하여 거의 유의적( $p < 0.05$ )으로 높은 것을 알 수 있었다.

Fig. 8은 손등 부위의 피부온도와 Counting task와의 직접적인 선형관계를 나타낸 것으로 유의적( $p < 0.001$ )인 정상 관계가 나타났다으며, Fig. 4(A)의 가장 높은 손등 피부온을 유지하고 있는

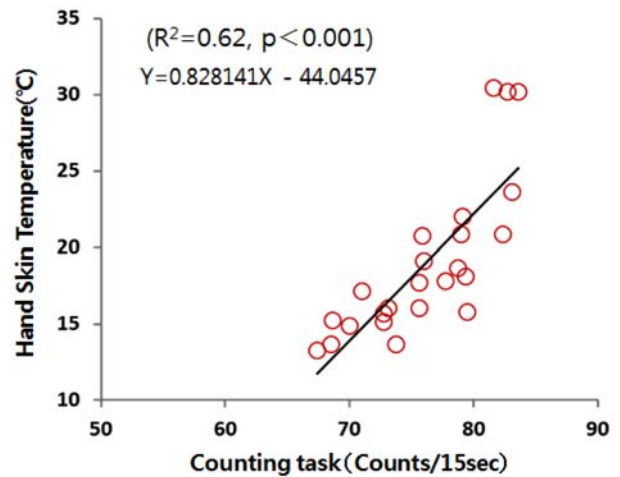


Fig. 8. Relationships between counting value and hand skin temperature under the three clothing conditions.

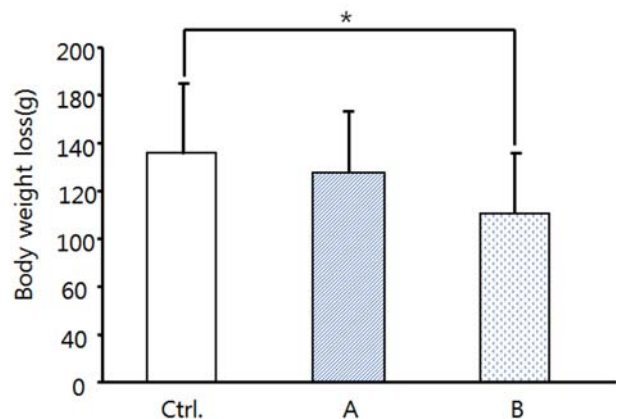


Fig. 9. Change in body weight.  
\* Ctrl. significantly ( $p < 0.05$ ) different from B

B에 대한 Fig. 7의 결과와 같다는 것을 알 수 있었다.

한랭 환경에서의 사지말초부에 대한 혈류량 감소와 손가락 감각의 둔화는 수작업 등의 동작에 대한 실수 및 사고로 이어질 수 있는 것을 경고하고(Kim et al., 2007) 있는 바, 의복

조건 B가 가장 우수한 것으로 사료된다.

Fig. 9는 실험 전후의 피험자들의 체중감소량에 대한 결과이다. 의복 조건 간에 있어서 Ctrl.이 140.00±41.4g, A가 126.25±39.9g, B가 102.50±36.86g으로 나타났으며, 의복 B는 Ctrl. 보다 감소량이 유의하게 적다는 것으로( $p<.05$ ) 한랭 환경에서의 발생하는 에너지 소모와 산열 등을 고려할 때 의복 조건 B가 한랭폭로에 대한 신체적인 부담이 적었던 것으로 추측할 수 있다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 한랭 환경용 스포츠 레저복의 소재를 달리 한 3종(Ctrl.: 축열소재 없음, A: 축열/열반사소재 일부사용, B: 축열/열반사소재 사용)에 대해서 건강한 성인남성 8명에 의한 0±1°C, 50±5%RH, 0.3m/sec 이하의 환경에서의 착의성능 평가의 결과에 의해 아래와 같은 결론을 얻었다.

- 평균피부온도는 1°C, 손등 피부온도는 5°C, 대퇴부 피부온도는 2°C 정도가 B가 A와 Ctrl.에 비해 유의적으로 높은 것을 확인하였다( $p<.05$ ).

- 피부와 셔츠 사이의 의복 내 온도에서 B는 A와 Ctrl.에 비해 쾌적온도 32±1°C 범위에 근접하였다.

- 피부와 셔츠 사이의 의복 내 습도는 쾌적 습도 50±10%RH의 분포를 보였으며, B가 A와 Ctrl.에 비해 낮은 분포로 변화가 안정적이었다.

- 셔츠와 재킷 사이의 의복내 가슴온도에서 B가 유의( $p<.05$ )하게 A와 Ctrl. 보다 높은 온도를 유지하였다.

- 주관적 감각인 온냉감에서 B는 Ctrl.보다 유의( $p<.01$ )하게 중립에 가까웠으며, 체중발한량 또한 낮았다( $p<.05$ ).

- Counting task는 손등부의 피부온도와 정상관이 있으며, A와 B는 Ctrl.보다 유의하게 손등피부온도와 Counting task value가 높았다( $p<.05$ ).

이에 0°C, 50%RH, 0.3m/sec 이하의 환경에서 3Layer 다층 구조로 축열(중공+흡한속건사) 소재 외피, 폴라폴리스 내피, 내피에 열반사코팅 가공 처리된 소재로 제작된 의복이 착용자의 온열생리반응에 유리하며, 특히 쾌적한 의복환경에 도움이 되는 것이 확인되었으며, 이때의 의복 총 중량 1.57kg, 보온력이 1.92clo이었다.

본 연구는 일정 환경과 제한된 의복 조건에 의한 것으로서, 인간의 활동범위가 넓어지고, 욕구는 높아지는 가운데 대다수가 만족할 수 있는 쾌적한 의복환경을 만들 수 있는 연구들이 다양한 접근을 통하여 지속되길 바란다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 경제협력권산업육성사업(과제번호 :R0003952)의 지원으로 수행되었음.

#### References

Fukazawa, T., (2017). Thermal comfort and thermal physiological response of clothing and clothing system. *The Japan Research Association for Textile End-Uses*, 58(1), 20-25. doi:10.11419/senshoshi.58.1\_20

Gagge, A. P., Stolwijk, J. A., & Hardy, J. D. (1967). Comfort and thermal sensations and associated physiological responses during exercise at various ambient temperatures. *Environmental Research*, 1(1), 1-20.

Hensel, H. (1974). Thermoreceptors. *Annual Reviews of Physiology*, 36, 233-249. doi:10.1146/annurev.ph.36.030174.001313

Hong, S. Y., Lee, C. H., & Kim, J. Y. (2010). Fabrication of ceramic particles deposited nano-web using electrospinning process and its far-infrared ray emission property. *Textile Coloration and Finishing*, 22(2), 118-122.

Kim, T. G., Tochihara, Y., Fujita, M., & Hashiguchi, N. (2007). Physiological responses and performance of lading work in a severely cold environment. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37(9), 725-732. doi:10.1016/j.ergon.2007.05.009

Lee, E. J., & Baik, C. E. (2008). Study on the fabric trend in sports wear. *Journal of the Korea Fashion & Costume Design Association*, 10(3), 47-59.

Lee, J. S., Kim, H. E., & Song, M. K. (2008). Physiological responses of cold protective clothing with different clo value. *Fashion & Textile Research Journal*, 10(5), 683-689.

Ozaki, H., Nagai, Y., & Tochihara, Y. (2001). Physiological responses and manual performance in humans following repeated exposure to severe cold at night. *European Journal of Applied Physiology*, 84(4), 343-349. doi:10.1007/s004210000379

Rowell, L. B. (1993). *Human cardiovascular control*. Oxford: Oxford University Press.

Shim, M. H., Park, C. H., & Shim, H. S. (2009). Effect of ceramics on the physical and thermo-physiological performance of warm-up suit. *Textile Research Journal*, 79(17), 1557-1564. doi:10.1177/0040517508095605

Song, M. K., & Kwon, M. (2008). A study on the thermal characteristics of comfortable heat-retaining winter clothing. *Journal of the Korea Society of Costume*, 58(6), 24-34

Spray, D. C. (1986). Cutaneous temperature receptors. *Annual Review of Physiology*, 48, 625-638. doi:10.1146/annurev.ph.48.030186.003205

Tanaka, M., Tochihara, Y., Yamazaki, S., Ohnaka, T., & Yoshida, K. (1983). Thermal reaction and manual performance during cold exposure while wearing cold-protective clothing. *Ergonomics*, 26(2), 141-149. doi:10.1080/00140138308963325

Yeo, S. Y., Lee, D. H., & Kim, E. A. (1998). Far IR emission and thermal properties of ceramics coated nylon fabrics. *Journal of the Korean Society Clothing and Textiles*, 22(4), 515-524.

Yoo, H. H., Kim, Y. H., Cho, H. T., Shim, H. J., & Lee, K. B. (1993). Improvement of warmth retaining property of water vapor permeable/waterproof coated nylon fabric. *Journal of the Korean Fiber Society*, 30(3), 250-258.

(Received 18 June 2018; 1st Revised 29 June 2018; 2nd Revised 30 June 2018; Accepted 13 July 2018)