

## 환경온도 -10°C에서 Clo값에 따른 인체 생리반응 및 주관적 감각

김지연<sup>1)</sup> · 송민규<sup>2)</sup> · 김희은<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>경북대학교 의류학과 · 경북대학교 장수생활과학 연구소

<sup>2)</sup>한국섬유개발원

## Physiological Responses and Subjective Sensations by Clo Values at -10°C

Ji-Yeun Kim<sup>1)</sup>, Min-Kyu Song<sup>2)</sup>, and Hee-Eun Kim<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Dept. of Clothing & Textiles, Kyungpook National University·Center for Beautiful Aging, Kyungpook National University; Daegu, Korea

<sup>2)</sup>Korea Textile Development Institute; Daegu, Korea

**Abstract :** The purpose of this study was to review physiological responses and subjective sensations in the cold environment when the subjects wore ensemble with different clo values. Seven healthy male subjects participated in this experiment. This experiment was conducted in a climatic chamber with -10°C and 50%RH. Subjects wore five different kinds of ensemble[C1 (4.453 clo), C2 (3.452 clo), C3 (2.865 clo), C4 (2.387 clo), and C5 (2.280 clo)]. The experiment was composed of 20 min of rest period, 20min of treadmill exercise(6 km/h) period, 30 min of recovery period. We monitored skin temperature on 7 sites, clothing microclimate and subjective sensations. The clo value had positive correlations with mean skin temperature and clothing microclimate. The subjects feel more warm and humid as the clo value goes up. The subjects reported comfort when they wore C1 and C2 ensemble having over 3 clo value. However, they felt less comfortable during the exercise period since there was high humidity. Skin temperature on the extremities were more dramatically changed by the exercise rather than clo value. Thus it seems that in the cold environment, heat balance can mostly be controlled by the choice of clothing, and the clothes with high clo values can provide higher insulation. In conclusion, our findings suggest that it would be more effective to control clo value depending on the activity level for maintaining comfort level in the cold environment.

**Key words:** cold environment, clo value, physiological response, thermal comfort

### 1. 서 론

최근 겨울 스포츠 레저 활동이 대중화 되면서 추운 환경에서 의복의 보온성은 더욱 중요한 요소로 떠오르고 있다. 스키, 스노보드, 빙벽 등반 등의 겨울 스포츠 및 레저 활동의 증가로 사람들은 예전보다 쉽게 추위에 노출되며, 이러한 저온 환경에서 장시간 노출은 저체온증(hypothermia) 또는 동상 등의 심각한 상해를 가져온다(Gavhed, 2003). 저온 환경에 장시간 노출될 때는 인간의 자율성 체온조절 반응만으로는 상해를 피하기 어려우며 체온을 일정하게 하기 위해 옷을 입는다거나 따뜻한 곳으로 이동하는 등의 행동성 체온조절 반응이 반드시 필요하다.

의복은 인간의 가장 근접한 환경으로서 인체의 가장 가까이에서 의복기후에 밀접하게 영향을 미친다. 의복의 착용은 인체가 추위 또는 더위의 자극을 받았을 때 인체의 체온조절 메커

니즘에 영향을 주며, 의복의 착용 상태에 따라 환경에 따른 인체의 적응 능력에 차이가 생긴다. 추운 환경에서 의복의 보온력은 인체의 추위 적응 능력과 더불어 인체 생리반응에 많은 영향을 줄 것이며, 추운 환경에서 쾌적성을 유지하기 위해 의복의 적정 착의량에 대한 검토가 이루어져야 할 것이다.

추운 환경에서 인간의 체온조절과 착의 생리반응을 설명하려는 노력은 다양하게 진행되어 왔다. 추운 환경에서 노출된 부위에 따른 체온조절 반응에 대한 연구(성유진, 이순원, 1997), 추위에 민감한 사람의 체온조절 반응과 의복 선택 행동(정운선, 2000)등의 연구에서는 추운 환경의 온도 설정이 대부분 영상 5°C에서 20°C범위 내에 한정되어 있다. -10°C 환경에서 실시한 실험으로는, 저온환경온도에 대한 제한된 노출에서의 생리적 반응(Gavhed & Holmér, 1998), -10°C 환경 노출에서 얼굴 온도와 심폐 반응에 관한 연구(Gavhed et al., 2000), -10°C 환경에서 바람의 속력에 따른 열적 반응과 대사량의 효과(Mkinen et al., 2001) 등이 있으나 외부에 노출되는 이들 연구들은 신체 일부분의 생리적인 반응에 대한 연구가 대부분이며 추운 환경에서 의복의 보온력에 따른 인체 생리반응과 주관

Corresponding author: Hee-Eun Kim  
Tel. +82-53-950-6224, Fax. +82-53-950-6219  
E-mail: hekim@knu.ac.kr

**Table 1.** 피험자의 신체적 특징

나이	키(cm)	몸무게 (kg)	체지방 (%)	BSA <sup>†</sup> (m <sup>2</sup> )	
1	25	177	77	21.4	1.94
2	25	176	79	24.7	1.95
3	24	180	68	15.5	1.86
4	25	176	71	18.7	1.87
5	24	182	78	20.8	1.99
6	26	178	72	22.3	1.89
7	23	175	66	20.1	1.80
평균	24.5	177.7	73.0	20.5	1.90
SD	0.98	2.50	5.10	2.89	0.06

<sup>†</sup>BSA(m<sup>2</sup>) = 키<sup>0.725</sup>(cm) × 몸무게<sup>0.425</sup>(kg) × 0.007184 (中橋美智子, 吉田敬一, 1998)

적 감각에 대한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 환경온도 -10°C에서 의복의 clo값에 따른 인체 생리반응과 주관적 감각을 평가하여 온열 쾌적성 평가의 기초 자료가 될 수 있도록 하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 연구 대상

신체 건강한 성인 남자 7명이 피험자로 참여하였으며, 신체적 특징은 <Table 1>에 나타내었다. 피험자들에게는 실험을 통한 데이터 수집 전에 실험에 대한 이해를 얻었으며, 참여 동의

를 받아 실험에 참가 하도록 하였다. 실험 실시 시간은 사람의 체온이 24시간 주기로 변동하는 일내리듬(circadian rhythm)을 고려하여 동일한 시간대에 실시하였다. 실험 실시 24시간 전에는 커피나 알코올, 담배, 운동, 과음, 과식 및 수면 부족 등 실험 결과에 영향을 미칠 수 있는 요소를 사전 동의를 통하여 통제하였다.

### 2.2. 실험 의복

실험복은 겨울철 야외 활동에 많이 활용되는 다양한 겨울철 방한 의복 중에서 clo값이 다른 5종의 점퍼 또는 재킷을 선정하였다. 공통으로 사용된 기본 피복류로는 속옷으로 팬티, 상하내의가 사용되었으며, 겉옷으로 집업티, 바지, 귀마개, 장갑, 양말이 사용되었다. 실험에 사용된 5종(J1, J2, J3, J4, J5)의 겨울용 점퍼 또는 재킷의 도식화는 <Fig. 1>과 같고, 실험에 사용된 의복의 착의조합(C1, C2, C3, C4, C5)과 착의조합에 따른 clo값의 셔털마네킹 측정 값을 <Table 2>에 나타내었다.






### 2.3. 실험 계획 및 측정 항목

인공기후실 환경 조건은 겨울철 스포츠 레저 활동 시설이 많

**Table 2.** 착의조합에 따른 보온성(clo)

착의조합 번호	C1	C2	C3	C4	C5
착의조합	J1+기본 <sup>†</sup>	J2+기본	J3+기본	J4+기본	J5+기본
보온성(clo)	4.453	3.452	2.865	2.387	2.280

<sup>†</sup>기본(1.474clo): 팬티, 상하내의, 집업티, 바지, 귀마개, 장갑, 양말

품번	J1	J2	J3	J4	J5
도식화					
섬유 조성	겉감:polyester 100% 안감:nylon 100% 속감:polyester 100%	겉감:nylon 100% 안감:nylon 100% 충전재:geese down 90%, geese bird down 10%	겉감:nylon 100% 안감:nylon 100% 속감:polyester 100% 충전재:geese down 80%, geese bird down 20%	겉감:nylon 100% 안감:nylon 100% 속감:nylon 100% 충전재:polyester 100%	겉감:wool 100% 안감:polyester 100%

**Fig. 1.** 실험에 사용된 5종의 점퍼 및 재킷의 도식화

은 지역의 5년간의 12월~2월의 평균 온도와 5년간의 평균 풍속을 기준으로 체감 온도를 계산하여 온도 -10°C, 습도 50%RH, 기류 0.2 m/sec 로 설정하였으며, 준비실의 온도 조건은 피험자가 의자에 앉은 자세로 있는 동안 쾌적한 상태를 유지하는 온도 24°C, 습도 50%RH, 기류 0.2 m/sec로 조절하였다.

피험자는 실험 2시간 전에 간단한 식사를 하도록 하였으며, 준비실에서 탈의 후 몸무게를 측정하고 센서 부착 후, 공통으로 사용된 기본 속옷과 겹옷을 착용 한 후 의자에 앉은 자세로 안정(pre-rest)을 취하였다. 직장온이 안정될 때까지 충분한 안정을 취한 다음 실험복으로 선정된 5종의 겨울용 점퍼 또는 재킷을 랜덤으로 착용하고 인공기후실에 입실하였으며, 이 시점을 실험 시작점으로 설정하였다. 실험실에 입실하여 의자에 앉은 자세로 20분간 안정을 취하는 안정기(rest period), 트레드밀에서 20분 동안 6km/h의 속도로 걷기 운동을 하는 운동기(exercise period), 의자에 앉은 자세로 30분간 회복(recovery period)을 취하는 회복기로 총 실험 시간은 준비실에서의 안정기를 제외한 나머지 3구간 70분으로 설정하였다.

측정 항목으로는 인체 생리반응인 직장온, 피부온, 의복기후를 매 1분마다 측정하였다. 직장온은 측정기기(LT 8A, Gram Corp., Japan)를 사용하였고, 피부온은 Hardy and Dubois(1938)의 7점법을 적용하여 이마, 가슴, 전완, 손등, 대퇴, 하퇴, 발등 7부분에 센서를 부착하여 측정하였으며 직장온과 같은 기기를 사용하여 기록하였다. 의복기후는 센서를 가슴과 등 부위에 부착하여 피부와 의복 제1층사이 공간의 온·습도를 LT-8B(Gram Corporation, Japan)를 사용하여 기록하였다.

주관적 감각으로는 온냉감, 습윤감, 쾌적감을 측정하였으며, 온냉감 9단계(-4 매우 춥다~+4 매우 덥다), 습윤감 7단계(-3 매우 건조하다~+3 매우 습하다), 쾌적감 4단계(1 쾌적하다~ 4 매우 불쾌하다) 척도를 이용하여 측정하였다. 온냉감은 中橋美智子, 吉田敬一(1998)의 척도표를, 습윤감과 쾌적감은 일본 공기조화 위생공학회(三平, 1978)의 척도표를 사용하였다. 실험 계획은 <Fig. 2>와 같다.

2.4. 자료 분석

본 연구에서 얻어진 자료들은 통계분석 프로그램인 SPSS 14.0 이용하여 처리하였으며, 모든 자료에 대해 평균, 표준편차 등의 기술통계량을 산출하였다. 측정항목에 대해서는 t-test와 ANOVA

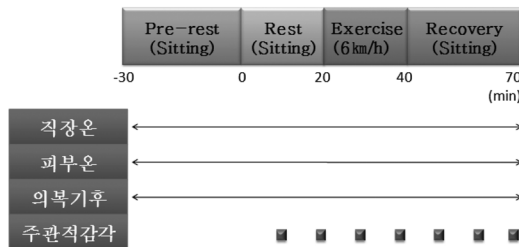


Fig. 2. 실험 계획

분석을 실시하였고, 사후분석으로는 Duncan 테스트를 실시하였다. 안정기, 운동기, 휴식기 각 구간별 clo값에 따른 피부온과 주관적 감각 사이의 상관관계를 Pearson의 상관계수를 적용하여 분석하였고 통계적 유의수준은 5%미만으로 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 피부온

3.1.1. 평균 피부온

착의조합에 따른 평균 피부온의 경시적인 변화를 <Fig. 3>에 나타내었다. 평균 피부온(Hardy & Dubois, 1938)은 측정점이 대표하는 부위의 전신 표면적에 대한 체표면적의 비율을 곱한 값의 합계로 계산한 것이며, C1이 가장 높고 C5가 가장 낮은 C1>C2>C3>C4>C5의 순으로 나타났다. 안정기 평균 피부온의 하강은 열 이동이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하는 자연적인 원리에 따라 몸 주변의 따뜻한 공기가 차가운 외기로 이동하여 나타난 현상으로 판단된다. 운동 초기에 나타나는 평균 피부온의 하강은 신체의 움직임에 의해 의복과 피부사이에

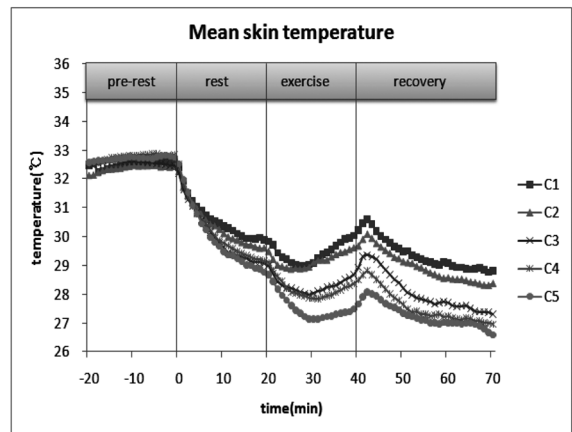


Fig. 3. clo값에 따른 평균 피부온의 경시적인 변화

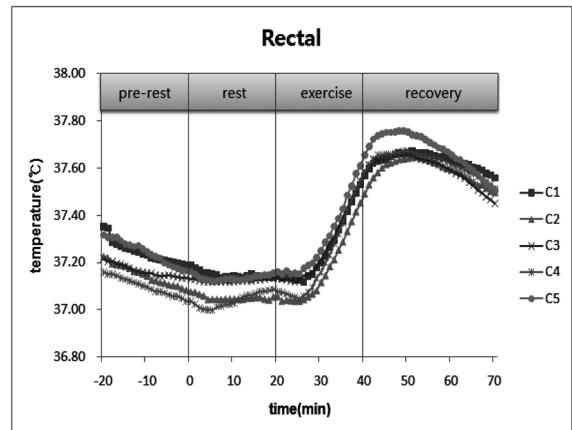


Fig. 4. clo값에 따른 직장온의 경시적인 변화

기류가 발생하고 의복이 풀무와 같은 역할을 하게 되어 의복 내부의 따뜻한 공기와 외부의 차가운 공기의 교환이 일어나 피부온의 하강이 나타나는 것으로 설명할 수 있다. 피부 온도는 심부에서 이동된 열과 환경으로 소실된 열 사이에서 발생한 열수지 균형의 결과로 열의 이동을 결정하는 가장 중요한 요인이며, 피부 온도를 조절하는 인자는 환경 온도와 기류, 그리고 피부 순환 혈액량 등이 있다(Brengelmann, 1983). 피부온은 clo값에 상관없이 운동 5~10분 경과 후부터 운동 종료 후까지 계속 상승하였는데, 이것은 운동기 운동 시의 근육 운동에 의한 심부온(Fig. 4)의 상승과 일치하고 있어서 근육 운동에 의한 심부온의 상승이 피부온에 영향을 미친 것으로 보인다.

3.1.2. 사지 피부온

신체 7부위의 피부온 중에서 사지부에 해당하는 손등과 발등 피부온이 가장 큰 변화를 나타내었으며 실험 진행에 따른 경시적인 변화에서는 손등과 발등에서 그 변화 양상이 다르게 나타났다. <Fig. 5>에서 손등 피부온은 clo값이 다른 5종의 의복 조합 모두 안정기, 운동기 및 회복기에 지속적으로 하강하

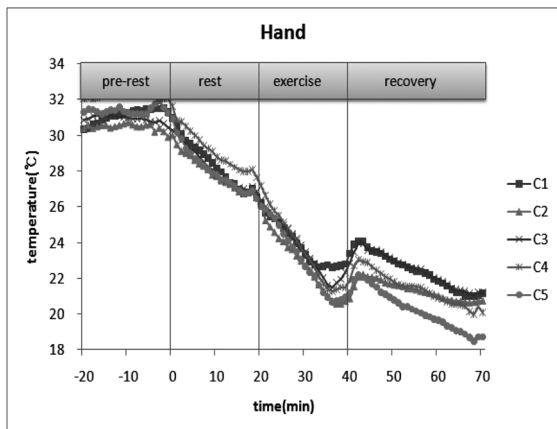


Fig. 5. clo값에 따른 손등 피부온의 경시적인 변화

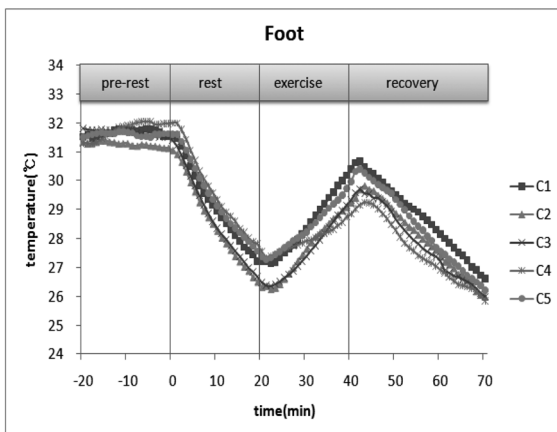


Fig. 6. clo값에 따른 발등 피부온의 경시적인 변화

였다. 손등 피부온은 7부위 피부온도 중 가장 낮은 온도를 나타내었는데 정운선과 Tokura(1991)의 사지말초부의 노출과 보온이 인체의 체온조절에 미치는 영향에 대한 연구에서도 다른 부위에 비하여 사지말단 부위가 급속하게 냉각되는 것은 추위를 감지하는 센서로서의 역할을 효과적으로 수행했다는 것을 의미한다고 하였다. 손등 피부온은 clo값이 다른 5종의 의복 조합 모두에서 안정기 마지막 부분과 회복기 시작 부분에서 일시적인 온도 상승이 있었으며, 이러한 일시적인 온도 상승을 Wang et al.(2007)은 사지말단에서 일어나는 동정맥문합의 영향에 의해 나타난 현상으로 판단하였다.

발등 피부온(Fig. 6)은 손등 피부온과 달리 운동기와 회복기에 피부온이 민감하게 변화하였다. 발등 피부온은 안정기에 5종의 의복 모두 지속적으로 하강하였으며 운동 시작과 함께 상승하여 운동기 동안 지속적으로 상승하였다. 운동기에 손등피부온의 변화와 달리 발등 피부온에서 지속적인 상승이 나타난 것은 하체 중심의 걷기 운동으로 사지부의 혈관 확장 및 혈류량의 증가가 그 원인이라 생각된다. 또한 발 부위가 신발로 피복되어 있어 발등 온도에 영향을 준 것으로 판단되며, 발 부위가 운동화로 피복되어 운동기에 대퇴나 하퇴의 피부온 보다 발등의 피부온이 높게 나타난 것으로 보고된 바 있는 Jeong and Tokura(1989)의 연구 결과와 일치했다. 회복기에는 발등의 온도가 지속적으로 하강하였으며, 안정기의 하강 온도보다 더 낮은 온도로 실험 종료 시점까지 하강하였다. 이는 환경온이 고온일 때 신체 각 부위의 피부온의 차이는 적고, 기온이 낮아짐에 따라 부위별 피부온의 차이는 커지며, 특히 말초부의 피부온이 현저히 낮게 나타나고 있는 Naotoshi(1985)의 결과와 일치하고 있다.

낮은 환경온도에서 급격한 사지말단의 피부온 저하는 동상 등의 상해를 일으킬 수 있으며, 저온에서 일어나는 상해를 피하기 위해서는 사지말단 부위의 지속적인 운동이나 여분의 의복으로 사지말단 부위를 피복할 필요성이 있다. Gavhed and Holmér (1998)의 연구에서 사지말단 부위의 냉각 현상이 일어날 때는 추가적인 피복 보다는 운동 강도를 높이는 것이 더 효과적이라는 결과를 보고한 바 있다. 운동을 진행함에 따라 변화하는 사지말단 부위의 피부온을 분석한 결과 사지부의 피부온은 안정기, 운동기, 회복기의 구간별 변화량이 clo값에 따른 변화량 보다 크게 나타나 의복의 clo값 보다 운동에 의한 변화가 더 적극적으로 나타난 것을 알 수 있었다. 저온 환경에서 의복의 보온성과 신체의 움직임이 적절한 조화를 이룬다면 사지말단 부위의 냉각 현상을 최소화하여 심각한 상해를 피할 수 있을 것으로 생각된다.

3.2. 의복 기후

3.2.1. 의복내 온도

<Fig. 7>은 최내층 의복내 온도의 경시적인 변화를 나타낸 그래프이다. 5종의 착의조합에 따른 의복내 온도는 C1이 가장 높고, C5가 가장 낮은 C1>C2>C3>C4>C5의 순으로 나타났다

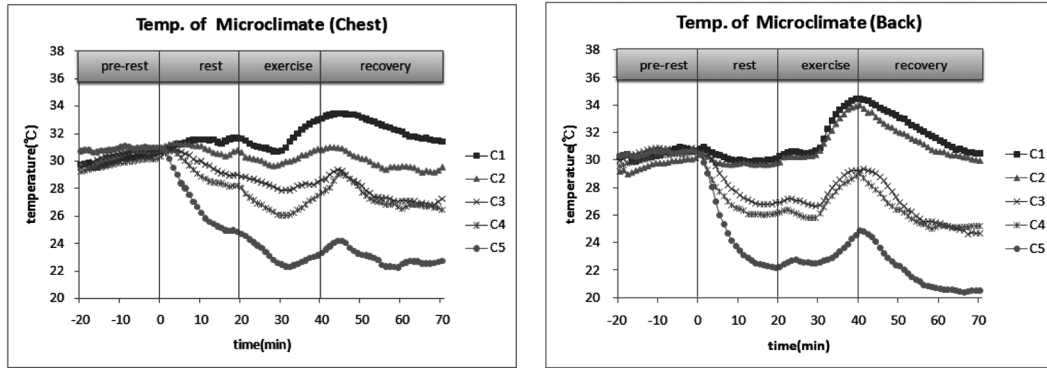


Fig. 7. 의복 기후에서 clo값에 따른 의복내 온도의 경시적인 변화 (좌: 가슴, 우: 등)

( $p < .05$ ). 의복내 온도는 보온성과 같은 양상을 보였으며, C5의 의복내 온도가 가장 낮은 원인은 충전재가 없는 의복 구성과 겹옷 목 부위의 넓은 개구부로 인해 운동으로 생산된 열이 의복 내에 머무르지 못하고 외부로 이동하여 나타난 열손실의 영향으로 판단된다. 유화숙과 김은애(1996)의 개구부의 위치가 의복내 미세기후에 미치는 영향에 대한 연구에서 개구부의 위치는 의복내 공기층의 이동으로 의복내 온도에 많은 영향을 미치고, 개구부의 위치 중 목과 허리 부위의 개구부에서 가장 빠른 온도 감소가 나타났으며, 특히 허리 보다는 목 부위의 개구부에서 더 많은 공기의 이동이 일어난다고 하였다. 김양원과 홍경희(2006)의 환경 조건 기온  $25.5 \pm 5^\circ\text{C}$ , 기습  $55 \pm 5\%$ , 기류는  $0.3 \text{ m/sec}$ 에서 상반신의 의복 기후 분포에 관한 연구에서는 가슴과 등 부위의 의복내 온도 간에는 차이가 없다는 결과를 나타내었다. 본 연구에서도 전체적으로 비슷한 온도 분포를 나타내었으나 운동기에는 가슴부위에서 일시적인 하강이 나타났다. 이는 운동에 따른 강제대류 현상과 신체의 움직임에 따른 의복내 공기층의 이동이 가슴 부위의 개구부를 통해 더 적극적으로 나타난 결과로 판단된다.

### 3.2.2. 의복내 습도

<Fig. 8>은 의복내 습도의 경시적인 변화를 나타낸 그래프이

다. 5종의 착의조합에 따른 의복내 온도는 C1이 가장 높고, C5가 가장 낮은  $C1 > C2 > C3 > C4 > C5$ 의 순으로 나타났다( $p < .05$ ). 의복내 습도는 운동기 10분경과 시점을 전후로 하여 급속히 상승하였으며 회복기 동안 지속적으로 하강하였다. 운동기의 급속한 상승에 비해 회복기에는 의복내 습도의 하강이 완만하게 나타났다. 5종의 착의조합 중 C1이 가장 낮은 회복률을 나타내었으며, C5가 가장 높은 회복률을 나타내었다. 이러한 습도의 변화는 C1의 경우 clo값이 높고 개구부가 차단된 디자인으로 인해 운동에 의해 발생된 열과 땀이 외부로 빠져나가지 못한 것이 가장 큰 원인이라고 판단된다. 반면 C5의 경우 넓은 개구부를 통해 운동으로 인해 발생한 땀의 증발과 낮은 환경온도에 의한 열손실이 가장 많이 일어났음을 알 수 있었다.

### 3.3. 주관적 감각

주관적 감각으로는 온냉감, 습윤감, 쾌적감을 측정하였으며, <Table 3>에 안정기, 운동기, 회복기의 결과를 나타내었다. 온냉감은 구간별로 안정기에는 추운 쪽으로, 운동기에는 더운 쪽으로, 회복기에는 추운 쪽으로 온냉감이 이동하였다. 운동 후 회복기에는 안정기와 같은 의자에 앉은 자세로 안정을 취하나 운동에 의한 열 생산으로 안정기보다 회복기에 조금 더 따뜻하다는 쪽으로 응답한 것으로 판단된다. 온냉감은 평균 피부온과

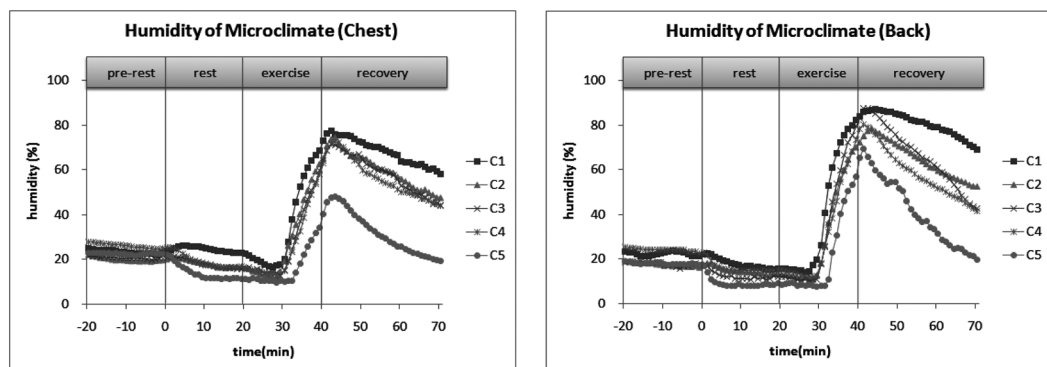


Fig. 8. 의복 기후에서 clo값에 따른 의복내 습도의 경시적인 변화 (좌: 가슴, 우: 등)

**Table 3.** clo값에 따른 안정기, 운동기, 회복기의 주관적 감각

주관적 감각	구간	C1	C2	C3	C4	C5
온냉감	안정기	-1.1	-1.3	-2.2	-2.3	-2.8
	운동기	1.4	1.2	0.3	-0.2	-1.0
	회복기	-0.1	-0.7	-1.6	-1.7	-2.5
습윤감	안정기	0.0	0.0	-0.4	-0.1	-0.2
	운동기	0.8	0.6	0.6	0.4	0.4
	회복기	0.4	0.2	0.0	0.1	-0.1
쾌적감	안정기	1.0	1.0	1.3	1.1	1.4
	운동기	1.6	1.4	1.5	1.3	1.4
	회복기	1.4	1.1	1.3	1.2	1.4

높은 상관관계를 나타낸다고 보고된 바 있으며(정명희, 서미아, 2002), 본 실험에서도 가장 높은 평균 피부온을 나타낸 C1이 가장 따뜻하다는 응답을 하였으며 높은 보온성으로 회복기에도 중립의 온냉감을 나타내었다. 온냉감에서는 약간의 운동이 회복기 온냉감에 미친 영향은 보온성이 클수록 크게 나타났다.

습윤감은 안정기에는 5종의 착의조합에서 ‘중립’에 가까운 상태를 유지하였고, 운동기에는 clo값이 클수록 더 습하다고 느꼈으며 회복기에 점차 습윤감이 낮아지는 결과를 나타내었다. 운동기에는 운동에 의해 발생된 수분이 의복의 개구부 또는 의복 재료 등의 영향으로 의복내 공간에 머무는 현상으로 습도가 높게 유지된 것으로 판단되며, 성유진과 이순원(1997)의 연구에서 의복내 온습도는 개구부의 위치에 따라 달라지며, 개구부의 위치가 의복내 습도 유지에 영향을 미친다는 결과를 보고한 바 있다. 회복기에는 대체로 의복내 습도가 낮아졌으나 C1은 회복기에 다른 착의조합에 비해 더 습하다고 느꼈으며 이는 의복의 보온성의 영향 때문으로 생각된다.

쾌적감은 응답이 1에 가까울수록 쾌적하며, 안정기에는 C1이 가장 쾌적하다고 하였으나 운동기에는 C5보다 더 불쾌하였으며 회복기에는 보온성이 가장 낮은 C5와 같은 수준의 쾌적감을 나타내었다. 쾌적감에서 C1의 변화는 높은 보온성에 따른 높은 습윤감의 영향으로 판단된다. C5가 실험 전반에 걸쳐 쾌적감에 변화가 없는 것은 낮은 보온성으로 인해 춥다고 느낀 온냉감이 쾌적성에 더 많은 영향을 준 것으로 생각된다. Nielsen(1991)은 쾌적감은 온열적 환경에서 만족감을 표현하는 마음의 상태로 정의 하면서, 옷을 입은 사람의 의복기후에 의해 쾌적감은 결정된다고 하였다. 본 실험에서도 의복의 쾌적성은 의복 기후와 주관적 감각의 온냉감과 습윤감의 복합적인 결과에 영향을 받아 나타난 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 쾌적감성 지표인 의복의 보온력에 대한 한냉 환경에서의 인체생리반응과 주관적 감각을 보온력이 상이한 착의조합 별로 인체착의 실험을 통해 조사하고자 하였다. -10°C 환경에서 5종의 의복 착의조합으로 7명의 피험자를 통한 실험

결과는 다음과 같다.

착의조합의 clo값은 C1 4.453clo, C2 3.452clo, C3 2.865clo, C4 2.387clo, C5 2.280clo로 착의조합에 따른 인체착의 실험 결과 의복의 clo값이 높을수록 높은 평균 피부온을 나타내었으며 이는 심부온의 영향을 받은 것으로 판단된다. 의복 기후에서도 clo값이 높을수록 높은 의복 내 온도와 습도를 나타내었으며 운동 후 의복내 습도의 회복률은 의복의 보온력이 클수록 낮게 나타났다.

주관적 감각에서 clo값이 높을수록 온냉감은 더 더운 것으로 응답하였고, 쾌적감에 있어서는 안정기에 clo 값이 클수록 더 쾌적하다는 응답을 하였다. 그러나 운동직후에는 높은 clo값의 착의조합에서 약간의 불쾌감을 나타내었는데 이는 습윤감의 상승으로 쾌적감 평가에 변화가 나타난 것으로 판단되며, 습윤감이 쾌적감에 중요한 영향을 준 것을 알 수 있다.

환경 온도 -10°C에서는 의복의 보온성이 3clo이상 일 때 환경에 대응할 수 있는 보온성을 제공하며, 신체 활동이 부가된다면 의복의 특성에 따라 활동에 의한 의복 내 발열과 발한에 대한 조절이 필요한 것으로 나타났다. 보온성이 뛰어난 단일 의복의 착용에 있어서는 운동 시 개구부의 개폐에 따른 보온력의 조절이 필요하며 이러한 관점에서 본다면 활동에 따른 의복의 개폐가 용이하게 디자인된 의복을 착용하거나 또는 보온성이 높은 한 겹의 의복보다는 여러 겹의 의복을 착용하여 활동에 따라 쉽게 착·탈의 하는 것이 추운 환경에서 활동할 때 의복 쾌적성을 유지하는데 효과적일 것으로 판단된다.

다양한 겨울철 환경에서 clo값에 따른 의복조합에 대하여 연령대 별로 피험자 실험을 발전시킨다면 더 많은 결과를 얻을 것이며, 본 연구 결과는 의복의 온열 쾌적성 범위 설정을 위한 기초 자료로 유용하게 활용 될 것으로 기대된다.

#### 참고문헌

김양원, 홍경희. (2006). 상반신에서의 의복기후분포. *한국생활과학회지*, 15(4), 647- 650.

성유진, 이순원. (1997). 추운 환경에서 노출된 부위에 따른 체온조절 반응에 대한 연구. *한국의류학회지*, 21(6), 977-987.

유화숙, 김은애. (1996). 의복개구부 위치가 의복내 미세기후에 미치는 영향. 한국섬유공학회 96년 추계 학술발표회, pp. 265-268.

정명희, 서미아. (2002). 운동 자세에 따른 인체부위별 피부온 분포에 관한 연구. *한국생활과학연구*, 20(1), 63-76.

정운선. (2000). 추위에 민감한 사람의 체온조절 반응과 의복선택행동. *한국의류학회지*, 24(2), 199-204.

정운선, Tokura, H. (1991) 사지말초부의 노출과 보온이 인체의 체온 조절에 미치는 영향. *한국의류학회지*, 15(4), 447-451.

Naotoshi, M. (1985). The central mechanism of thermoregulation. 제 9회 인간온열환경계 심포지엄 보고집, pp. 33-35

Brengelmann, G. L. (1983). Circulatory Adjustments to Exercise & Heat stress. *Annual Review of Physiology*, 45(3), 191-212

Gavhed, D., & Holmér, I. (1998). Thermal responses at three low ambient temperatures-validation of the Duration Limited Exposure index. *International of Industrial Ergonomics*, 21(6),

- 465-474.
- Gavhed, D. (2003). *Human responses to cold and wind*. Sweden: Arbete och Hälsa.
- Gavhed, D., Mkinen, T., Holmér, I., & Rintamki, H. (2000). Face temperature and cardiorespiratory responses to wind in thermoneutral and cool subjects exposed to -10. *European Journal of Applied Physiology*, 83(4-5), 449-456.
- Hardy, J. D., & DuBois, E. F. (1938). The technic of measuring radiation and convection. *Journal of Nutrition*, 15, 461-475.
- Jeong, W. S., & Tokura, H.(1989). Effect of wearing two different types of clothing on body temperature during and after exercise. *International Journal of Biometeorology*, 33(2), 77-81.
- Mkinen, T., Gavhed, D., Holmér, I., & Rintamki, H. (2001). Effects of metabolic rate on thermal responses at different air velocities in -
10. *Comparative Biochemistry and Physiology A-Molecular and Integrative Physiology*, 128(4), 759-768.
- Nielsen, R. (1991). Working clothing. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 7, 77-85.
- Wang D., Zhang H., Arens E., & Huizenga C. (2007). Observation of upper-extremity skin temperature and corresponding overall-body thermal sensation and comfort. *Building and Environment*, 42(12), 3933-3943.
- 中橋美智子, 吉田敬一. (1998). *新しゝ衣服衛生*. 南江堂, 東京.
- 三平和雄. (1978). *空氣調和 衛生工學論文集*.
- (2010년 2월 9일 접수/ 2010년 4월 20일 1차 수정/2010년 4월 20일 게재확정)
-