

냉각복 개발을 위한 효율적 냉각부위 규명에 관한 연구 Study of Efficient Cooling Part for Cooling Clothes Development

서울대학교 의류학과
최정화·황경숙

Dept. of Clothing and Textiles, Seoul National University
Choi, Jeong Wha · Hwang, Kyoung Sook
(2001. 10. 15 접수)

Abstract

Cooling clothes especially cooling vest are being considered for as an efficient way to reduce heat strain under hot environment. But wearing ice gel or ice-based cooling vest caused discomfort to subjects due to the weight of vest. Therefore, this study was executed to find efficient cooling parts and to reduce vest weight by cooling only these parts. Two male subjects were exposed to heat(40°C, 30%RH) with A type(breast+back+abdomen+waist), B type(breast+back+waist), C type(breast+back+abdomen) and D type(breast+back) cooling vest that distinguished with cooling part. The results were as follows;

When subjects were C type and D type vest, sweat volume was less and skin temperature was low. Heart rate and rectal temperature were low in B type and D type. These results suggest that excessive cooling of breast and abdomen may exert a bad influence to health and cooling of back is desirable.

Key words: Cooling, Clothes, Cooling Part, Heat Strain ; 냉각, 의복, 냉각부위, 열부담

I. 서론

산업이 발달하면서 특수한 작업 환경에서 근무하는 근로자들이 증가하고 있다. 그러나 인간의 생리적 능력은 한계가 있어서 특수 장비나 장치의 도입 없이는 건강장해나 작업능률저하를 초래하는 경우가 대부분이다. 극심한 작업 환경 조건에서의 인체 생리반응에 관한 연구는 많지만 그 대책을 제공하기 위한 국내 연구는 소수에 불과하다. 그에 비해 국외의 경우는 비교적 활발히 연구되고 있으나 작업환경, 작업조건이 달라 그대로 우리나라에 적용하여 활용하는 것은 무리가 있다.

환경온도는 건강과 작업 수행능력에 영향을 미치는

주요한 요소들 중에 하나이다. 고온 환경은 저온 환경보다 더 문제가 되는데, 아주 추운 곳에서는 옷을 여러 겹 착용하거나 비교적 잘 개발되어 있는 발열 및 보온 제품들을 이용하여 자신을 보호할 수 있으나 아주 더운 경우에는 옷을 벗는 것도 한계가 있고 열 또는 자외선을 차단할 수 있는 방법상에 여러 제한점을 가지기 때문이다.

지속적인 열스트레스는 과도한 수분감소를 유발하여 작업 수행력을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 고열로 인한 열실신(Heat syncope), 열부종(Heat edema), 탈수증(Dehydration), 열분부족에 의한 열피로(Salt-depletion heat exhaustion), 열경련(Heat cramps), 열사병(Heat stroke), 따미(Pricky heat), 비발한성 열피로(Anhidrotic heat exhaustion) 등의 피부장해와 사고력 및 권태감 상

승의 심리적인 건강장해가 발생하기도 한다.¹⁾

우리들이 흔히 고열작업장이라 하면 제철소나 용광로가 있는 작업장을 생각하기 쉬우나 열을 발산하는 장치가 없어도 여름철 태양열에 의해 복사열이 상승하는 도로상이나 농작업 중 노지작업, 하우스농, 수산업 중 선박 위의 갑판작업 등도 포함된다. 선행 연구에 의하면 이러한 곳에서의 작업이 인체의 심부온 및 심박수를 상승시키는 등 열부담으로 작용하는 것으로 나타났다.²⁻⁴⁾

온열작업에 의하여 작업자가 받는 온열부담은 작업량에 따른 에너지 대사량, 열에 노출되는 회수 및 노출 시간, 온열환경에서 작업할 때의 체열교환, 휴식공간의 온열조건과 착의상태 등에 의해 좌우된다.⁵⁾ 고열대책을 강구할 때에는 이상과 같은 요소들을 파악하여 해당 작업환경에 적용가능하고 효과적인 방법을 골라서 적용하는 것이 중요하다. 따라서 현재 대부분의 고온작업장에서는 설치가 쉽고 제작비가 가장 저렴하면서도 효과적인 방법으로 방열보호구의 착용을 실시하고 있으나 가격이 비싼데다 무게가 무겁고 냉각시 모든 부위를 균일하게 냉각하므로 과냉으로 인한 심장의 이상 등 건강장해가 발생할 우려가 있다.

이전의 많은 선행연구에서도 방열보호구 및 보호복 착용의 고열에 의한 생리적인 부담을 덜어주고, 작업능률의 저하를 막아주는 것으로 나타났다.^{6,7,8,9,10)} 특히 제작이 간편하고 입고벗기 쉬운 냉각조끼의 착용은 본 연구자의 연구결과에서도 확인한 바와 같이 고온환경에서 인체부담을 효과적으로 감소시키는 것으로 나타났다.^{11,12,13)} 그러나 그 중에서 아이스겔을 이용한 냉각조끼의 경우 냉각효과는 우수하나 약 3kg에 이르는 무게로 인해 주관적으로 불편함을 호소하였다. 따라서 냉각효과와 건강을 저하하지 않는 효율적인 냉각부위를 찾아 이 부위만을 냉각시킴으로써 냉각조끼의 무게를 경감시키고자 본 연구를 실시하였다.

II. 연구방법

1. 피험자

피험자는 건강한 남자 대학생 2명을 대상으로 냉매의 착용에 따라 4가지 종류의 냉각조끼를 착용하고 각

각 2회의 반복실험을 행하여 총 16회의 결과를 얻었다. 피험자들의 평균 연령과 신체적 조건은 표 1에 나타내었다. 체표면적(Body Surface Area : BSA)은 高比良(1924)의 식을 사용하였다.

〈표 1〉 피험자의 특징

피험자	연령(세)	신장(cm)	체중(kg)	BSA(m ²)
A	24	175.0	71.0	1.88
B	24	175.0	68.1	1.84
Mean±SD	24.0±0.0	175.0±0.0	69.55±2.05	1.86±0.03

$$BSA(m^2) = \text{체중}^{0.425} \times \text{신장}^{0.725} \times 72.46$$

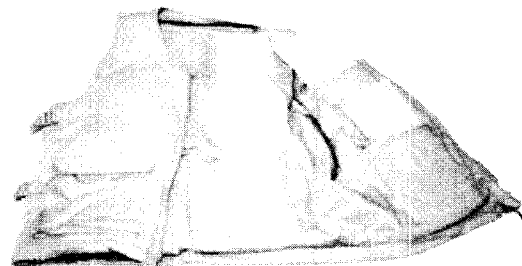
2. 실험의복

피험자는 모두 동일한 팬티, 면셔츠, 면바지, 면양말을 입고 조끼를 착용하였다. 본 실험에 사용된 냉각조끼는 보온재(매시, 알루미늄, 호일, 폼, 부직포, 솜, 면)를 넣은 냉매 주머니를 제외하고 모두 면 소재였으며, 무게는 947g이었다. 냉매 하나의 무게는 180g이며, 4가지 조끼 모두 기본적으로 가슴과 등 부위에는 냉매를 넣었다.

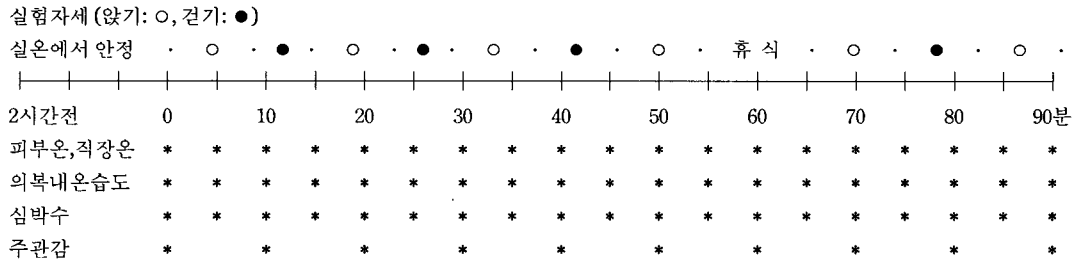
〈표 2〉 실험 냉각조끼의 특징

종류	가슴	등	배	허리	무게(g)
A형	○	○	○	○	2747
B형	○	○	×	○	2387
C형	○	○	○	×	2387
D형	○	○	×	×	2027

주: 조끼의 무게는 단열재와 냉매를 모두 넣은 상태의 무게임



[그림 1] 실험 냉각조끼의 형태



[그림 2] 실험순서

3. 실험조건

피험자는 실온에서 2시간 안정한 후, 인공기후실 (40.0°C, 30%RH)에서 10분 안정, 5분 운동을 4회 반복하여 총 90분동안 실험에 임하였다. 실험순서는 다음과 같다.

4. 측정항목

피험자는 동일한 실험의복(긴팔셔츠, 긴바지)을 착용하고 25°C의 준비실에서 2시간 안정후에 인공기후실로 이동하여 직장온과 7부위 피부온(이마, 가슴, 아래팔, 손등, 넓적다리, 종아리, 발등), 의복내 온습도, 심박수를 5분 간격으로 측정하였다. 총발한량은 실험전과 후의 몸무게 및 의복중량의 차이에 의해 산출하고, 국소발한량은 등과 넓적다리 부위에서 비닐시트법을 이용하여 측정하였다. 주관적 한서감각 중 온열감, 습윤감은 ASHRAE의 정신 심리적 7등급을 사용하였고, 쾌적감은 일본공조위생공학회의 5단계 척도를 이용하여 각각 10분 간격으로 측정, 점수화하였다.

5. 분석방법

조기의 종류에 따른 고온 환경에서의 착용효과를 알아보고자 SAS(Statistical Analysis System) 통계패키지 중 ANOVA 분석을 수행하여 검증하였다.

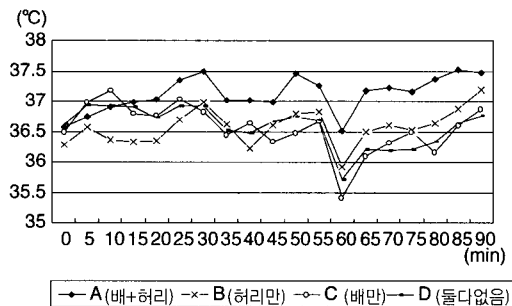
III. 결과

1. 총발한량과 국소발한량 중 등발한량에서는 C(배

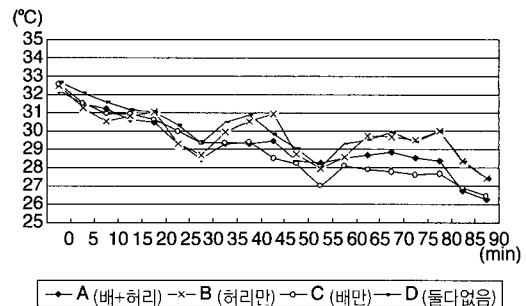
<표 3> 발한량의 비교

	A (배+허리)	B (허리만)	C (배만)	D (둘다없음)	F-값
총발한량 (g/90min)	110.74	108.27	106.20	104.95	9.66***
등발한량 (g/12cm ² /90min)	0.32	0.31	0.23	0.22	10.43***
대퇴발한량 (g/12cm ² /90min)	0.13	0.10	0.11	0.11	25.15*

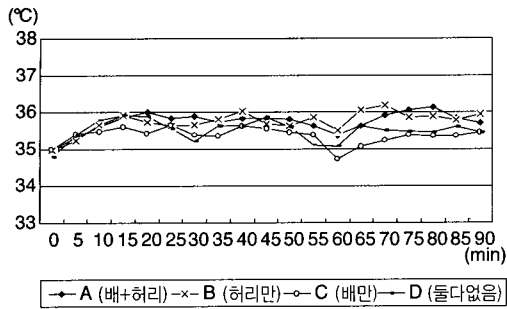
* P<.05, ** P<.01, *** P<.001



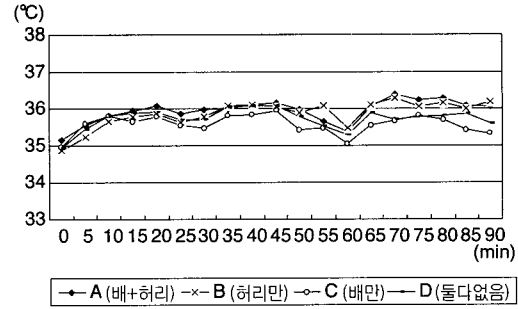
[그림 3] 이마온도의 변화



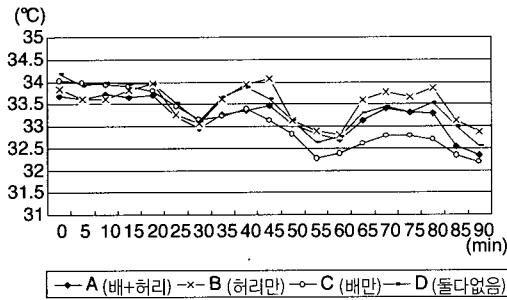
[그림 4] 가슴온도의 변화



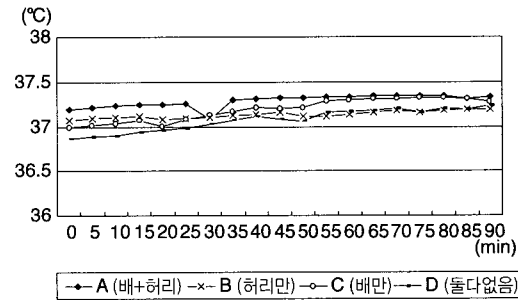
[그림 5] 아래팔온도의 변화



[그림 6] 손등온도의 변화



[그림 7] 평균피부온도의 변화



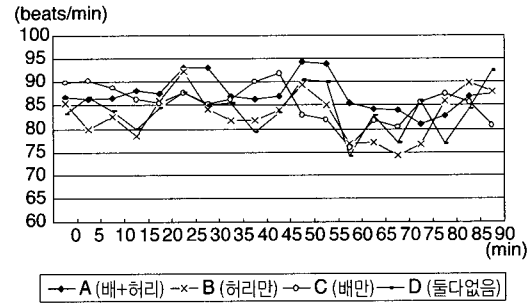
[그림 8] 직장온도의 변화

만)와 D(둘다 없음)의 조끼를 착용한 경우가 A(배+허리), B(허리만) 조끼를 착용한 경우보다 유의하게 적어서 허리를 냉각시키는 것은 발한량을 증가시키는 결과를 가져왔다는 것을 알 수 있었다.

2. 이마와 아래팔, 손등 부위의 피부온은 A(배+허리)의 경우 다른 세 조끼에 비해 유의하게 높았으며 ($P<.01$), 가슴 피부온은 D(둘다 없음) $>$ B(허리만), A(배+허리) $>$ C(배만)의 순으로 높았으나($P<.01$) 이것은 가슴과 가까운 부위를 직접 냉각시키지 않은 결과이므로 D형의 조끼가 냉각효과가 낮다고 말할 수는 없었다. 종아리, 발등 부위에서는 B(허리만)의 경우가 가장 높고, D(둘다 없음)형 조끼를 착용하였을 때 가장 낮았다($P<.01$).

3. 평균피부온은 B(허리만)의 경우 가장 높았고, C(배만)의 경우에 가장 낮았으며($P<.01$), 조끼간에 피부온 차이는 약 0.4°C 였다($P<.01$). 직장온은 A(배+허리)의 경우 37.3°C 로 가장 높았고, D(둘다 없음)의 경우 37.1°C 로 가장 낮았다($P<.001$).

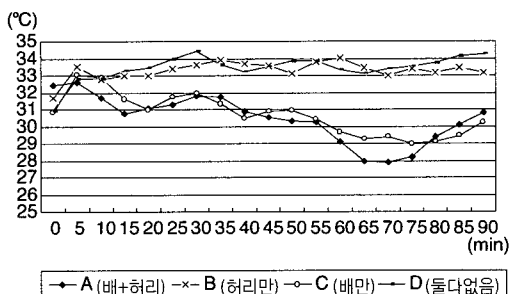
4. 심박수는 A(배+허리), C(배만) 조끼를 착용하였을



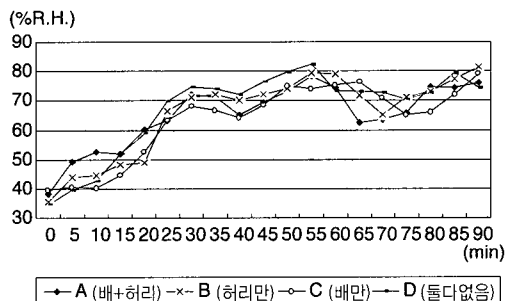
[그림 9] 심박수의 변화

때 다른 두 조끼에서보다 유의하게 더 높아서($P<.01$) 배의 냉각으로 인해 심박수가 증가하였음을 알 수 있었다. 따라서 배 부위의 냉각은 평균피부온과 심부온의 결과를 통해 냉각효과는 좋으나 심박수를 증가시켜 지나친 냉각이 심장의 무리나 쇼크를 유발할 가능성이 시사되었다.

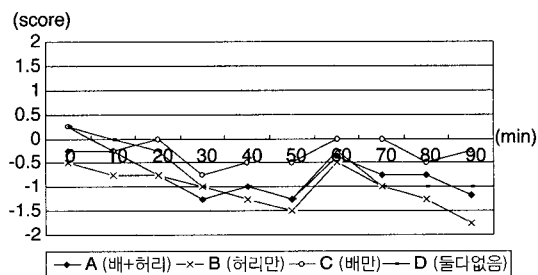
5. 의복내 온도는 D(둘다 없음), B(허리만)의 경우가 C(배만), A(배+허리)의 경우보다 유의하게 높았으며 ($P<0.001$), 의복내 습도는 조끼간에 유의차를 보이지



[그림 10] 의복내 온도의 변화



[그림 11] 의복내 습도의 변화



[그림 12] 습윤감의 변화

않았다. C형과 A형의 조끼를 착용하였을 때 의복내 온도가 약 3°C 낮았는데 이러한 결과는 가슴 부위에서 측정을 하여 가슴과 가까운 배를 냉각시킨 것이 가슴 부위의 의복내 온도에 영향을 미쳤기 때문이라고 사료된다.

6. 주관적 한서감각 중 온열감과 쾌적감에서는 조끼간에 차이를 보이지 않았고, 습윤감의 항목에서만 C(배만)의 경우가 최종 90분 후에 -0.25로 가장 높았고, B(허리만)의 경우에 -1.75로 가장 낮아서, C(배만)의 조끼를 착용하였을 때 가장 시원하게 느꼈다 ($P < .001$). 특히 피험자들은 허리 부위를 냉각시킨 B형(허리만)과 A형(배+허리)의 조끼의 착용이 습윤감을 더욱 증가시켜 다른 두 조끼에 비해 답다고 평가하였다.

이상의 연구 결과를 통해, 허리 부위를 냉각시키지 않는 편이 의복무게의 감소와 발한의 증발효과의 증대로 인해 발한량, 피부온, 심부온 등에서 냉각효율을 좋게 하고 신체부담을 줄이는 것을 알 수 있었다. 그러나 배 부위를 냉각시키는 것은 발한량, 피부온에서는

냉각효과가 현저하나 심박수를 증가시켜 지나친 직접적인 냉각은 신체부담을 가중시키고 심장에 무리를 줄수 있다는 것이 시사되었다.

IV. 고찰

일본에서는 고열장소를 건구는 40°C, 습구는 32.5°C, 흑구온 50°C, 유효온도 32.5°C 이상의 장소로 규정하고 있으며, 새롭게 고열환경을 기온, 습도, 복사열, 기류의 총합된 온열조건에서 증발에 의한 체온조절이 일어나는 환경으로 정의하고 있다. 미국 ACGIH(산업위생사협회)에서는 작업장 내에서의 습구 및 건구, 흑구온도 등을 감안한 습구흑구온도지수(WBGT)로 온열을 평가하는데, 작업대사량 200~350kcal/hr의 보통작업으로 계속 작업할 수 있는 허용치(threshold limit value)로 26.7°C를 정하고 있으며, 작업강도 및 작업휴식시간비에 따라 달리 규정하고 있다.¹⁴⁾

고열에 의한 건강장애 예방대책에는 고열발생원에 대한 대책과 고열작업자의 보건관리, 방열보호구의 착용 등이 있다. 열원의 격리, 전체 환기, 국소환기, 복사열 차단, 냉방 등의 고열발생원에 대한 대책은 보다 근본적인 대책이 될 수 있으나 많은 경비와 에너지가 소요되므로 현실적으로 불가능하다. 고열작업자의 보건관리는 개인의 질병이나 연령, 고온순화능력 등을 고려한 적성배치 및 작업량의 경감, 작업주기와 휴식 시간, 휴게실의 온열조건, 물과 소금의 공급 등이 포함되며 점차 작업자의 복지에 관심을 기울이고 있는 현재의 우리 나라 산업현장에서는 아직은 적용시키기 어려운 실정이다.¹⁵⁾

따라서, 비용도 적게 들고 작업효율에도 영향을 주지 않는 간편한 냉각복의 착용이 가장 빠르고 편리한 해결책일 것이다. 고온의 환경에서 근무하거나 작업하는 사람을 대상으로 한 이전의 연구를 보면, 고열환경에서의 냉각복의 착용은 신체부담을 줄이고 고열작업장에서의 지속시간을 늘리는 것으로 나타났다.^{14, 15, 16} 그러나 고온환경하에서 안정을 취하거나 저강도의 운동 및 작업을 수행한 피험자를 대상으로 한 연구이므로 3kg 또는 그 이상의 무게를 갖는 냉각복을 실제 고강도 작업을 하는 현장에 적용시켰을 때도 냉각효과가 우수할지에 대한 의문이 남는다.

신체를 냉각하는 방법 중 의복을 이용한 냉각법은 저온의 기체나 액체, 얼음팩 또는 젤팩을 이용하고 있다. 그러나 미해군 병사를 대상으로 고온환경하의 생리적 부담을 측정된 결과, 세가지 방법 중 얼음팩 또는 젤팩을 이용한 냉각시스템이 더위로 인한 신체 부담을 가장 줄여주는 것으로 판명되었다.¹⁶ 기체나 액체를 이용한 냉각은 착용무게가 가볍고, 냉각지속시간은 길이나 냉각을 위한 특수 장비를 설치해야 하는 단점이 있으며, 얼음팩을 이용한 냉각법은 착용이 간편하고 가격이 비교적 저렴하나 무게로 인한 신체적 부담을 가중시킬 우려가 있다.

일반적인 고열환경 중의 하나인 원자력 공장의 고온작업환경(55°C)에서의 작업자는 냉각복의 착용없이 52분을 견딜 수 있었으나 얼음을 넣은 3.8kg의 반팔상의를 착용하였을 때는 115%, 6.2kg의 긴팔상의를 착용한 경우에는 125%로 더위 노출 지속시간이 증가하였고, 특히 심박수와 체온에서 유의한 열부담의 저하가 있었다.¹⁷ 그러나 실제로 작업현장에서 6.2kg의 무게가 나가는 의복을 입고 일을 하는 것은 어려운 일이다. 특히 앉아서 하는 일이 아닌 이동이 많거나 서서 작업해야 하는 경우라면 무게로 인한 신체의 부담을 가중시킬 뿐만 아니라 동작을 구속하여 작업효율의 저하를 가져올 수도 있다.

따라서 본 연구는 냉각효율은 좋으면서 냉각복의 무게를 경감시키기 위해 신체 부위 중 효율적인 냉각 부위를 찾기 위해 실시되었다. 신체를 13부위로 나누어 온감각과 냉감각을 측정된 연구에서 온도에 대한 인체의 민감도는 부위에 따라 약 100배의 차이가 있으며, 특

히 머리와 얼굴 주변이 가장 온도에 민감하고 사지부가 가장 둔감하며 몸통 부위는 그 중간의 민감도를 가지고 있다고 하였다.¹⁸ 이 연구를 근거로 본 연구에서는 뇌를 직접 냉각시켜 건강상의 문제를 일으킬 것을 감안하여 비교적 냉감에 민감한 몸통 중 상체부위를 대상으로 효과적인 냉각부위를 규명하고자 하였다.

인체의 국소냉각은 39°C의 고온환경에서 냉감뿐 아니라 발한율에도 영향을 미친다. 즉, 가슴의 냉각으로 인한 발한율을 1로 하였을 때 이마의 국소냉각은 3.3배, 등은 1.2배, 배는 0.8배의 영향을 미치는 것으로 나타나 머리, 등, 가슴, 배의 순으로 냉각효율이 우수한 것으로 나타났다.¹⁹ 이것은 본 연구의 부위에서 허리가 빠진 것으로 고온환경에서 신체를 부위별로 냉각한다면 등과 가슴은 효과적이기 때문에 기본적으로 냉각시키고 배와 허리의 냉각효과를 규명하여 선택적으로 어느 부위를 더 냉각시킬 것인지 밝히고자 한 본 연구의 목적을 뒷받침하였다. 또한 피부 전신의 냉점분포에 관한 연구에 의하면, 배는 1 cm² 당 5.40개를, 허리 부위는 5.24개의 냉점을 가지고 있는 것으로 나타나 배를 냉각시키는 것이 많은 냉점들에 의해 더욱 시원하게 느낄 수 있다는 것을 시사하였다.²⁰

본 연구의 결과에서도 허리와 배 부위를 냉각시켰을 때 허리보다는 배를 냉각시키는 것이 더 효과적이었다. 그러나 배를 냉각시키는 것은 심박수의 증가를 일으켜 심장에 무리를 줄 수 있음이 시사되었으므로 보다 체계적인 연구를 통해 냉각의 유무 및 수준을 고려하여야 한다. 또한 의복을 이용한 신체의 냉각은 직접적인 신체부위의 접촉에 의한 냉각 효과 이외에 의복의 착용으로 인한 예를 들면 땀의 증발, 통풍효과 등을 감안하여 종합적인 냉각효과를 생각하여야 한다.

본 연구는 각 신체부위의 냉각 수준과 생리반응과의 상호관련성을 규명하여 고온환경에서 가장 효율적인 신체부위를 심장에 무리가 되지 않는 최적의 냉각 수준으로 냉각시키도록 하는 지침의 기본 자료로 이용하고자 하였다.

V. 결론 및 제언

선행연구를 통해 더운 환경에서 냉각조끼의 인체작

용의 효과는 검증되었으나 조끼와 냉매의 무게로 인하여 신체에 부담을 주고, 부위별로 균일한 냉각을 하므로 과냉으로 인하여 심장에 무리가 오는 등의 문제점이 제시되었다. 따라서 냉각부위는 최소화하고 냉각효율은 최대화할 수 있는 방안 모색이 필요하다. 본 실험은 건강을 저해하지 않으면서 효율적으로 신체를 냉각시킬 수 있는 냉각부위를 찾아 냉각부위를 최소화하여 냉각조끼의 무게를 경감시키기 위해 실시되었다.

이를 위해 냉매를 넣는 부위를 달리한 4 종류의 냉각조끼를 대상으로 인체 생리반응을 측정하였다. 가슴, 등 부위의 냉매는 공통적으로 넣고, 배와 허리에 냉매를 넣은 것(A:배+허리), 배에는 넣지 않고 허리에 넣은 것(B:허리만), 배에 넣고 허리에는 넣지 않은 것(C:배만), 배와 허리에 모두 넣지 않은 것(D:둘다 없음) 등 4 종류의 조끼를 실험하였다.

2명의 남자 대학생은 40.0°C, 30%RH의 환경에서 10분 안정, 5분 운동을 4회 반복하여 총 90분간 더위에 노출되었으며, 측정항목은 총발한량, 국소발한량(등, 넓적다리), 피부온, 심부온, 심박수, 의복내 온습도, 주관적 감각 등이었다.

결과를 요약하면 다음과 같다.

1. A(배+허리), B(허리만)의 조끼를 착용한 경우 많은 발한량과($P<.001$) 높은 피부온을($P<.01$) 보여 냉각효과가 낮음을 나타내었다.

2. A(배+허리), C(배만)의 조끼 착용시 높은 심박수와 심부온을 나타내었다.($P<.001$)

3. 의복내 온도는 A(배+허리)와 C(배만)의 경우가 B(허리만)와 D(둘다 없음)의 경우보다 유의하게 낮았으며($P<.001$), 의복내 습도는 유의차를 보이지 않았다.

이상의 결과에서 허리에 냉매를 착용시키지 않은 C(배만), D(둘다 없음)의 경우 의복부위의 감소와 발한의 증발효과의 증대로 발한량, 피부온, 심부온 등에서 생리부담이 적었다. 그러나 배에 냉매를 착용시킨 A(배+허리), C(배만)의 경우는 냉각효과가 현저하나, 심박수에서는 오히려 부담이 커져 가슴과 배의 지나친 냉각은 피하는 것이 바람직함을 알 수 있었다. 따라

서 신체 모든 부위를 균일하게 냉각시키기보다는 부위별로 가장 효율이 좋으면서 건강을 저해하지 않는 등 부위를 냉각시키는 것이 좋다. 나아가 신체의 부위별 냉각허용범위 설정의 필요성도 시사된다.

참 고 문 헌

- 1) 이창민, 작업생리학, 대영사, 49, 2001.
- 2) 최정화 · 정성태 · 설향, 한국의 농작업환경과 인체부담에 관한 연구(II)-작목별 건강도, 농작업자 생활행동, 축적적 피로증후군을 중심으로-, 한국농촌생활과학회지, 9(2), 43-50, 1998.
- 3) 崔正和 · 鄭星台 · 黃敬淑, 韓國農業における作業環境と人体負擔に關する研究-作物別 労働強度, 睡眠時間, 人体負擔を 中心に-, 日本農作業研究, 36(1), 9-16, 2001.
- 4) 최정화, 의류제품의 고부가가치를 위한 기능성 향상 연구, BK21핵심분야 1차년도 보고서, 2000. <http://plaza.snu.ac.kr/~clothing/bk21/html/index.html>
- 5) 신현화, 고열에 의한 건강장해 예방대책, 한국산업안전공단, 1993.
- 6) Baker. M. A, Brain cooling in endotherms in heat and exercise, *Ann Rev Physiol*, 44, 85-96, 1982.
- 7) Candas. V, Hoefft. A, Clothing, assessment and effects on thermophysiological responses of man working in humid heat, *Ergonomics*, 38(1), 115-127, 1995.
- 8) Bruce. S, Cadarette. M. S, Barry S. et al, Evaluation of three commercial microclimate cooling systems, *Aviat Space Environ Med*, 61(1), 71-76, 1990.
- 9) Muza. S. R., Pimental. N. A., Cosimini. H. M. et al, Portable, ambient air microclimate cooling in simulated desert and tropic conditions, *Aviat Space Environ Med*, 59(6), 553-558, 1998.
- 10) White. M. K., Glenn. S. P., Hudnall. J. et al, The effectiveness of ice- and Freon-based personal cooling systems during work in fully encapsulating suits in the heat, *Am Ind Hyg Assoc J*, 52(3), 127-135, 1991.
- 11) Vallerand. A. L., Michas. R. D. & Frim. J. et al, Heat balance of subjects wearing protective clothing with a

- liquid— or air—cooled vest, *Aviat Space Environ Med*, 62(5), 383—391, 1991.
- 12) Pimental. N. A., Cosimini. H. M., Sawka. M. N. et al, Effectiveness of an air—cooled vest using selected air temperature and humidity combination, *Aviat Space Environ Med*, 58(2), 119—124, 1987.
- 13) 최정화 · 황경숙, 더운 환경에서의 냉각조끼의 착용효과에 관한 연구, *한국의류학회지*, 25(1), 83—90, 2001.
- 14) 박종안 · 차상은 · 김현영 외, 작업환경관리, 동화기술, 302, 1999.
- 15) 노동환경건강연구소, 산업위생핸드북, 한국산업안전공단, 2000.
- 16) Nancy. A., Ability of passive microclimate cooling vest to reduce thermal strain and increase tolerate time to work in the heat, *Proceeding of the Fifth Int. conf. on Environmental Ergonomics*, 1992.
- 17) Kamon. E., Kenney. W. L. & Deno. N. S. et al, Readdressing personal cooling with ice, *Am Ind Hyg Assoc J*, 47(5), 293—298, 1986.
- 18) Stevens. J. C., Choo. K. K., Temperature sensitivity of the body surface over the life span, *Somatosens Mot Res*, 15(1), 13—28, 1998.
- 19) Crawshaw. L. I., Nadel. E. R., Stolwijk. J. A. et al, Effect of local cooling on sweating rate and cold sensation, *Pflugers Arch*, 354(1), 19—27, 1975.
- 20) 설향 · 최정화, 인체의 피부냉점 분포에 관한 연구, 서울대 박사학위 논문, 2001.