한국의류산업학회지
제2권 제3호, 2000
<연구논문>

J. Kor. Soc. Cloth. Ind.
Vol. 2, No. 3, pp.265-271(2000)

고온환경 하에서 착용하는 인체냉각 보조도구로서의 Cooling Vest 연구(1)
– Local Cooling에 따른 인체의 온열생리학적 특성 –

권오경[1] · 김진아[1] · 김태규[2]
1) 경일대학교 의상디자인학과
2) 양산대학 패션디자인과

Efficacy of Cooling Vest for Auxiliary Body Cooling in Hot Environments (1)
– Thermophysiological Response of Human Body in Local Cooling –

Oh Kyung Kwon[1], Jin-A Kim[1] and Tae Kyu Kim[2]
1) *Dept. of Clothing & Design, Kyungil University, Kyungsan, Korea*
2) *Dept. of Yangsan College, Yangsan, Korea*

Abstract : Heat stress results in fatigue, a decline in strength, alertness., and mental capacity. The problem is compounded when high humidity exists. To help relieve worker heat stress, many types of cooling units are marketed. While workers may experience some cooling, critical body core temperatures often continue to elevate. This study was designed to find the effects of three kinds of cooling vest with portable frozen gel strips on thermophysiological parameters and on temperature and humidity within clothing. The heart rate, rectal, and skin temperature as well as sweat rate and clothing microclimate were measured during 80 min in 5 healthy males. Inquiries were also made into the subjective rating thermal, humidity, comfort, and fatigue sensations. The main findings in our experiments are as follows: (a) Physiological parameters such as rectal temperature was the lowest in garb A1, intermediate in garb A, and the highest in garb A2 throughout the experiment. And mean skin temperature was the lowest in garb A, intermediate in garb A1, and the highest in garb A2; (b) Temperature and humidity within clothing (back) were garb in A1, intermediate in garb A, and the highest in garb A2. But the temperature and humidity within clothing (chest) were garb in A, intermediate in garb A1, and the highest in garb A2; (c) Most participants (4 out of 5 persons) answered that they felt more comfortable and fatigueless in garb A1 than in garb A and A2. It is concluded that local cooling in garb A1 of the upper torso could physiological reduce the thermal strain in participants wearing cooling vest.

Key words : heat stress, frozen gel strips, rectal temperature, clothing microclimate, comfort.

1. 서 론

사람은 적절하게 방호한다면 -50°C에서 100°C까지의 환경온도의 변동에 일시적으로 견딜 수가 있다. 그러나 신체적 및 정신적 손실 없이 최적의 작업능력을 유지하는 것은 심부 체온의 4°C이내의 변동범위로 알려져 있다. 세포 중의 단백질은 41°C 이상에서 열 변성으로 떨어지기 때문에 신경세포를 포함한 모든 세포는 41°C 이상의 체내온도에서는 극히 짧은 시간밖에 견디지 못한다. 예를 들면 일사병일 때의 뇌의 신경세포에 심각한 악영향이 나타나는 것은 주지의 사실이다.

한편 나체로 안정하고 있는 사람이 더운 환경에 폭로될 때 또는 근육 작업 시에는 일반적으로 체열량은 증가한다. 이러한 경우 피부혈관은 확장하고 사지의 정맥환류는 표층정맥을 통하여 이루어지고 조직의 열전도도가 증대한다. 또 피부혈류는 피부 세동맥과 동정맥 문합(吻合)의 개구에 의하여 현저히 증가한다. 동정맥 문합은 세동맥과 세정맥을 직결하고 이것이 개구하면 다량의 열을 운반한다. 이 때문에 피부로 열류가 증가하고 피부온이 상승한다. 피부 혈류량은 온열 중간 대에서는 심박출량의 약 5%이나, 극도의 고온환경 하에서는 20% 또는 그 이상으로 증대한다.

주위의 온도가 피부온도 보다 낮아지면 대류와 방사에 의하여 방열이 촉진되어 체온의 상승은 억제된다. 서열부하가 충분히 커짐에 따라서 대류와 방사에 의한 열의 방산량은 감소하고 기온 36°C 이상에서는 발한이 유일한 열방산의 수단이 된다.

그러나 땀샘이 활동하여 생산된 땀이 흐르면 피부로부터 열을 빼앗아(0.58 kcal/g) 피부온이 저하되고, 모세혈관에 흐르고 있는 혈액은 냉각된다. 우리 인간의 피부에는 대략 230만개의 땀샘이 분포되어 있으나 발한 능력의 개인차는 극히 큰 것으로 알려져 있다(Kuno, 1956). 다량의 발한이 있을 때는 수분전해

Corresponding author; Oh Kyung Kwon
Tel. +82-53-850-7514, Fax. +82-53-850-7620
E-mail: okkwon@bear.kyungil.ac.kr

질의 조절이 문제가 되고 고습 폭로 시에는 부견피질 호르몬인 아르도스테론의 분비가 증가하고 또 하수체후엽으로부터 항이뇨호르몬의 분비도 증가한다. 동시에 호흡기관의 표면으로부터 수분이 증발하는 것으로써 상당한 열이 손실된다. 호흡을 빨리 함에 의하여 증발작용을 높일 수 있는데 물론 정상인은 보통 열 방산의 목적만으로 이 작용을 사용하지 않는다. 성인남자 대상의 연구에서 체온이 정상일 때는 6.3l l/min의 공기를 호흡하나, 체온이 39.9°C로 올라가면 약 3배량의 공기를 호흡하고, 호흡수는 90회/min라는 보고가 있다(Cannon, 1963).

사람이 고온환경에 노출되었을 때의 생체반응으로부터 쉽게 알 수 있는 것은 과도한 체온 상승을 방지하기 위하여 운동계, 순환계, 호흡계, 내분비계 등으로 분류되는 많은 기관이 상호보완적으로 질서 있게 작용하고 있다는 점이다(中山, 1981). 대부분의 효과는 시스템이 동원되어 비로소 생체가 체온의 항상성을 유지하는 목적을 달성하고 있다. 따라서 중추신경 내에서의 통합은 극히 복잡하지만 질서 있고 정교한 것으로 알려져 있다(Inoue and Murakami, 1976).

더욱이, 고온환경 하에서의 작업자의 피로를 경감시키고, 작업효율을 높임과 동시에 품질수준의 유지 및 인체의 생리적 쾌적감을 개선시키기 위해서는 인체-의복-환경 System의 체계적인 연구와 그의 중간매체가 되는 의복환경의 과학적 해명과 의복설계 및 인체의 생리적 반응에 대한 규명이 선행되어야 할 것이다.

과학의 발달과 더불어 산업환경이 다양화되어 근로조건이 개선되었다고 하지만, 특수한 분야의 작업환경, 즉 제철소 및 주물공장, 조선소의 야외작업장, 비닐하우스 내, 염색가공공장 등의 여름철 작업환경은 고온/고열환경으로서 이곳에서 작업하는 작업자들은 많은 열 적 스트레스를 받고 있는게 현 실정이다. 더욱이 이들 환경으로 인한 인체의 생리적 부담은 불의의 사고로까지 연결될 수 있다고 하겠다. 이에 작업자들의 피로도 및 열 적 부하를 경감시키고 체온의 열적 균형을 위해서는 작업환경의 온·습도 조절을 고려할 수 있으나, 외부 작업 시에는 또 다른 대책이 요구된다고 할 수 있다.

따라서 이에 대한 해결책의 하나가 인체와 가장 밀접한 환경인 의복내기후를 냉각작용에 의한 제어로써 인체의 체온상승을 막고, 열적 균형을 유지시킴으로서 쾌적성을 부여할 수 있다.

이와 관련하여 선진 외국에서는 많은 연구가 다방면에 걸쳐서 활발히 수행되어 보고된 바 있다(Wyndham, 1973; 三浦, 1967; Gagge, 1969; Wilkerson, 1972; Eichna, 1950). 그러나 국내에 Cooling Garment가 보급된 것은 1997년 여름부터이다. 본래 냉기보존을 위한 아이스박스 등에 얼음 대용으로 사용되던 냉각 팩을 의류에 삽입하는 단순한 아이디어에서 출발한 Cooling Garment는 기존의 냉매를 그대로 사용, 착용하여 많은 문제점이 발생하였다.

특히 이에 대한 문제점으로 과대한 냉매사용으로 인한 의복중량감, 냉각시간의 부족, 결로 현상, 의복의 착탈 시의 불편함 등을 지적하고 있다. 국내 대기업에서는 고온/고열환경 작업장의 근로자 복지차원에서 외국으로부터 고액을 주고 Cooling Garment를 주문, 제작 의뢰하여 사용하고 있으나 이상의 문제점에 대한 대책수립, 인체생리학적 측면에서의 효과파악 및 최적의복의 설계에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 고온환경 하에서 인체냉각보조 도구로서 실제 착용되고 있는 Cooling Vest를 구입, 착용실험에 의하여 인체의 온열생리학적 반응을 규명하고, Cooling Vest의 기여도, 문제점을 파악하여 냉각효과 및 착용감이 우수한 고기능성의 Cooling Vest를 개발을 위한 기초자료를 제시함에 그 목적이 있다.

2. 실 험

2.1. 피실험자

피실험자는 건강한 성인 남자 5명으로서 그 신체적 특징은 Table 1과 같다.

2.2. 실험 의복

고온·고열환경에서 많이 착용하는 Cooling Vest 3점(국내; I회사제품)을 대상으로 하였으며, 이들 Vest에 삽입하는 냉각 팩의 양이 다르며, 현재 국내 H조선소, P제철소 등에서 주로 사용하고 있는 의복으로서 실험의복의 구성은 작업현장에서 착용하는 형식을 고려하여 작업복 + Cooling Vest + 모자 + 장갑 + 작업화 등으로 구성하였다. 각 Cooling vest의 디자인 및 냉매의 삽입에 따른 조합상태를 Fig. 1에 제시했으며. 각 실험의복의 의복소재 및 중량을 Table 2에 나타냈다.

2.3. 측정방법

피실험자는 식후 3시간이 경과한 시점에서 준비실(20±2°C, 50±3%RH)에서 60분간 안정시킨 후 인체에 온·습도 감지센서를 부착 후 준비된 실험의복을 착용하고, 일정 온·습도 조건으로 설정된 인공기후실(40±2°C, 70±3%RH)에 입실하여 20분간 안정을 취한 후 3.5 mile/hr의 속도로 20분간 운동, 20분간의 휴식 순서로서 180분 경과시의 생리적, 심리적 반응을 측정하여 그 중 최후의 60분간의 측정치를 정상 측정치로 하였다.

측정항목은 직장온, 피부온, 의복내기후, 심박수 혈압 및 주관적감각 등이며, 실험 Schedule을 Fig. 2에 나타냈다.

Table 1. Physical characteristics of subjects

Subject	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	Rohrer index[a)]	Body surface area (m^2)[b)]
KD	26	175	55.9	1.043	1.627
SB	27	171	66.5	1.330	1.731
LH	27	172	58.9	1.157	1.547
CH	25	178	69.1	1.225	1.808
HJ	27	177	74.2	1.338	1.860

a) Rohrer index=$[(W\times1000)/H^3]\times100$

b) Body surface area(m^2)=$W^{0.444}\times H^{0.663}\times0.008883$

Where, W; Weight(kg), H; Height(cm)

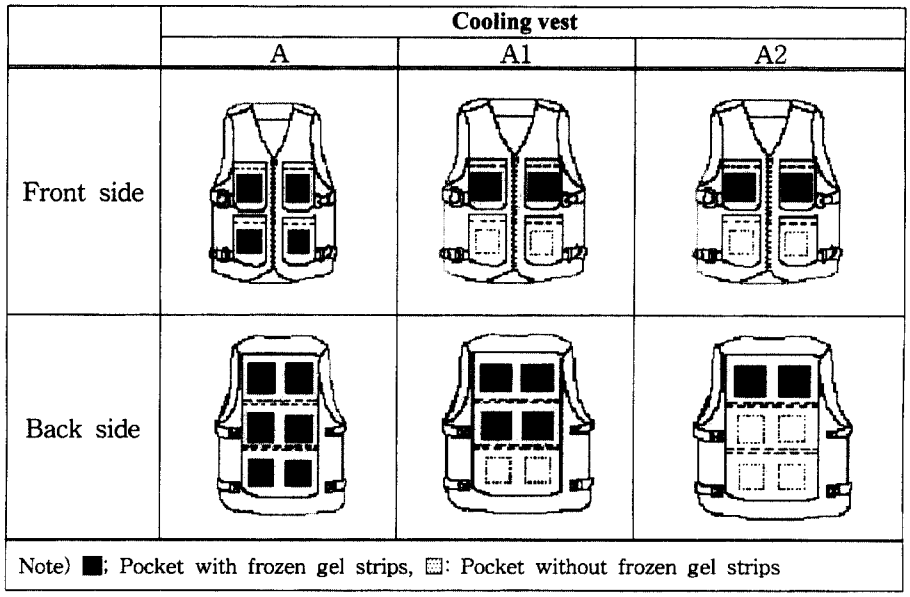

Fig. 1. Diagram of cooling vest used for experiments.

Table 2. Characteristics of experimental garments

Clothes		Material	Weight (kg)
Inner wear	Shirt	Cotton 100%	0.088
	Shorts	Cotton 100%	0.069
Outer wear	Jacket	Cotton/PE 65/36%	0.525
	Pants	Cotton/PE 65/36%	0.391
Cooling Vest*	A	Cotton 100%	1.914
	A1	Cotton 100%	1.370
	A2	Cotton 100%	1.098
Accessory	Socks	Cotton 100%	0.049
	Gloves	Cotton 100%	0.030
	Hat	Cotton/PE 65/36%	0.073
	Shoes	polyurethane with laminated fabrics	0.792

Note) *Pocket was made of multi-layered fabrics and non-woven polyethylene materials with excellent thermal insulation not only, to maximize the cooling performance after inserting the frozen gel strips (FGS), but also minimized the infiltration of moisture by defreezing of the FGS.

2.4. 측정 항목

직장온도 및 피부온도: 직장온도 및 피부온도의 측정센서는 JIS T형의 0.1 mm 열전대를 사용하였으며, 측정데이터는 Hybrid Recorder(HR-2300, Yokogawa Electric Co.)에 의해 연속적으로 기록하였다.

피부온도의 측정부위는 이마, 전완, 손등, 발등, 하퇴, 대퇴, 옆구리의 7부위와 참고온도로 가슴, 등 부위의 온도를 측정했으며, 심부온도로는 직장온도를 연속 측정하였다. 그리고 평균피부온도는 각 부위의 안분 비율을 고려한 다음식(Hardy and DuBois, 1938)에 의해 산출하였다.

$$\text{평균피부온도}(Ts)=0.07_{Thead}+0.35_{Ttrunk}+0.14_{Tarm}+0.05_{Thands}+0.19_{Tthigh}+0.13_{Tleg}+0.07_{Tfeet}$$

의복기후 : 의복기후는 Sensitive Hygrometer(CHMT-2, Codix Co.)를 사용하여 내의와 외의 사이의 온·습도를 가슴과 등 부위에서 연속 측정하였다.

발한량 : 발한량은 인체천칭인 Multi-range Balance(KCC-150, Mettler Co.)를 사용하여 실험 전후의 체중을 측정하여 체중감소량에서 발한량을 구하였다.

혈압 및 심박수 : 혈압 및 심박수는 Blood pressure manometer(HEM-705CP, Omron Co.)를 사용하여 최고혈압, 최저혈압 및 심박수를 10분 간격으로 측정하였다.

주관적감각 : 주관적 감각은 Table 3의 도수척도표에 의해 나타낸 것과 같이 온냉감 9단계, 쾌적감 5단계, 습윤감 7단계, 피로감 4단계를 실험 중 10분 간격으로 피실험자에게 신고시켰다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 직장온도 및 평균피부온도

사람이 서열환경에 노출되었을 때의 생체반응으로부터 용이하게 이해할 수 있는 것은 과도한 체온 상승을 방지하기 위하여 운동계, 순환계, 호흡계, 내분비계 등으로 분류되는 많은 기관이 상호보완적으로 그 역할을 다하고 있다. 주위의 온도가 피부온보다 낮아지면 대류와 방사에 의해 방열이 촉진되어 체온의 상승은 억제된다.

그러나 서열부하가 증가됨에 따라서 대류와 방사에 의한 열의 방산량은 감소하고, 기온 36°C이상에서는 발한이 유일한 열방산의 방법이 된다. 더욱이 땀샘이 활동하여 생산된 땀이 증발

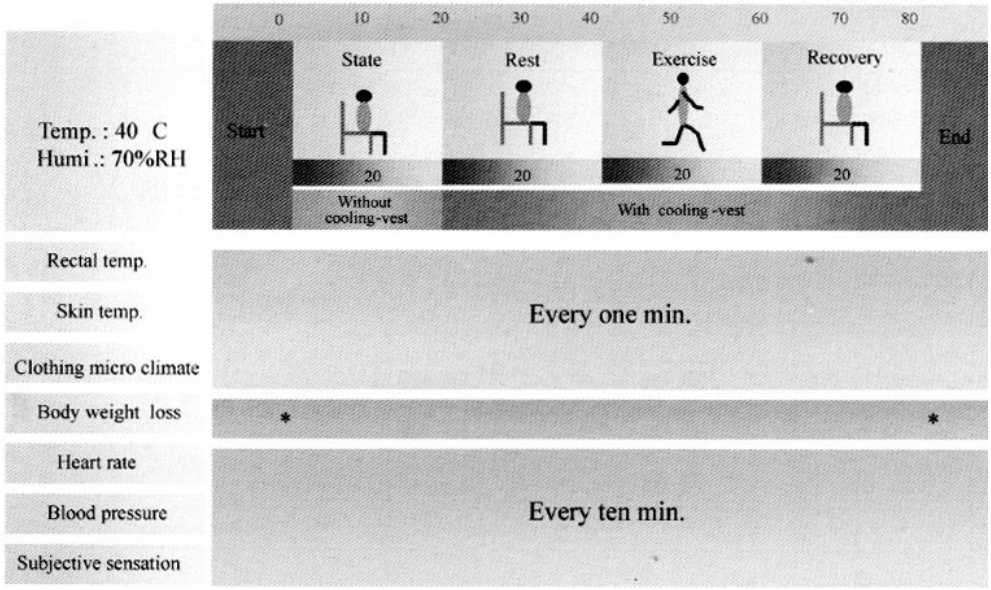

Fig. 2. Experimental schedule.

Table 3. The scale vote used to evaluate the sensation response of the subjects

Comfort sensation	Thermal sensation	Humidity sensation	Fatigue sensation
	1. very hot		
	2. hot	1. very wet	
1. comfortable	3. warm	2. wet	
2. neutral	4. slightly warm	3. slightly wet	1. very fatigue
3. slightlyc uncomfortable	5. neutral	4. neutral	2. fatigue
4. uncomfortable	6. slightly cool	5. slightly dry	3. slightly fatigue
5. very uncomfortable	7. cool	6. dry	4 .neutral
	8. cold	7. very dry	
	9. very cold		

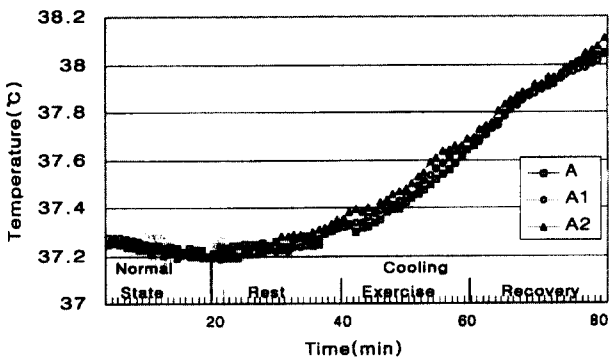

Fig. 3. A Comparison of the effects of local cooling on rectal temperature in wearing cooling vest.

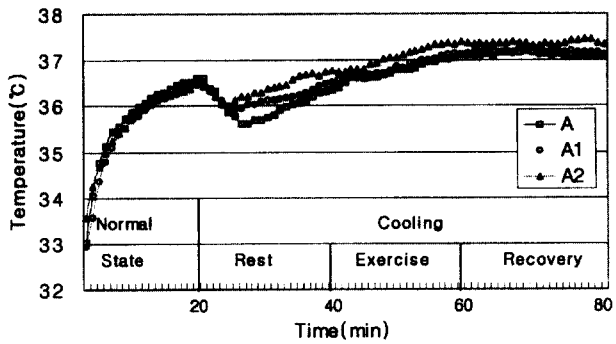

Fig. 4. A Comparison of the effects of local cooling on mean skin temperature in wearing cooling vest.

하면 피부로부터 열을 빼앗아 피부온이 낮아져 모세혈관을 흐르는 혈액은 냉각된다. 이 현상은 다공성용기의 외측으로부터 습기가 증발하여 가운데의 물이 냉각하는 것에 상당할 것이다.

특히 피부온은 고온에 폭로된 경우에는 30분 정도에 정상에 달하지만 저온 폭로에서는 120분 정도 지나서도 정상에 달하지 않는 등 고온측과 저온측의 응답의 양상이 상당히 다름이 밝혀져 있다.

이에 본 연구에서는 고온의 유일한 방산 수단인 인체의 발한량 제어에 대한 냉각효과의 영향을 고찰하고자 직장온과 피부온의 변화를 측정하였으며 그 경향을 Fig. 3과 4에 각각 나타냈다. 실험환경 40°C에서의 직장온은 모든 실험의복 착용시

약 37.2°C이었으며 휴식-운동-회복기를 거치는 동안 서서히 증가하여 운동 직후 상승폭이 커져 80분 후에는 38.05°C까지 증가하였다. 운동부하는 가벼운 도보정도로서 적음에도 직장온의 증가폭이 큼은 정맥환류에 의한 체온상승과 더불어 환경온의 영향을 받은 것으로 사료되며, Cooling vest착용 전후의 이들 실험의복별 직장온의 상승은 기존 Cooling vest A는 0.775°C, A1은 0.765°C, A2는 0.782°C정도로서, 일반 작업복 착용시 (Cooling vest 미착용)의 고온환경에서의 직장온 상승폭이 2.1°C임(Kwon *et al.*, 1997,1998)에 비해 소폭의 증가를 보임은 Cooling vest착용의 냉각효과에 의한 것으로 생각된다.

그리고 평균피부온도는 입실직후 32.5~33.0°C에서 20분 경과 후에는 36.5~36.7°C 까지 증가경향을 보이다가 Cooling vest착용에 의해 0.7~1.0°C하락을 보인 후 서서히 증가하여 운동부하와 더불어 급격히 증가하였으며, 실험종료 후의 각 의복의 평균 피부온도는 A는 37.08°C, A1은 37.23°C, A2는 37.28°C까지 상승하였다.

특히 Cooling vest 착용 전에 비해 Cooling vest착용 시 상승폭이 A의복 0.48°C, A1의복 0.63°C, A2의복 0.65°C로 적음은 냉각팩의 삽입에 따른 그 효과가 인정된다. 더욱이 이들 결과로부터 Cooling vest A의복의 중량이 1.914 kg, A1의복이 1.370 kg, A2의복이 1.098 kg임을 고려할 때 장기간 착용에 따른 의복압으로 인한 피로감 해소 및 쾌적감 증진 측면에서 의복의 중량감 감소 및 의복의 인간공학적 측면에서의 설계가 검토된다고 할 수 있다.

3.2. 의복기후

인간이 생리적 체온조절만에 의해 항체온을 유지할 수 있는 범위는 한정되고, 그 중에서도 쾌적하게 생활할 수 있는 혈관조절역은 기온 29°C내외의 극히 협소한 범위에 지나지 않는다. 이 범위를 넘어서면 한서감이 생기고 이 온도를 기점으로 의복의 착탈에 의한 체온조절행동이 요구된다. 특히 고온서열에 대한 인체의 대응을 보면 의복으로서의 대응은 한정되어 있고, 체온 36.5°C에 가까운 고온에 있어서는 의복의 방서기능을 발휘할 수 없으며, 피부노출의 소극적 수단은 적절한 방법은 아니다. 더욱이 온·습도의 영향이 관계하고 있으면 의복의 쾌적성 증진에 제 2의 방법, 즉 냉각효과를 고려한 방법이 채용될 필요가 있을 것이다.

이와 같은 측면에서 인체의 냉각작용에 의한 의복의 쾌적성 증진 및 의복기후 개선을 위한 연구가 수행된 바 있으며, 어느 정도 그 효과가 인정된 바 있다.

본 실험에서의 얻어진 Cooling vest 착용에 따른 의복기후의 경향을 Fig. 5와 6에 나타냈다.

Fig. 5는 의복내 기후의 가슴과 등부위의 온도분포를 보인 것으로서 인공기후실 입실 직후 Cooling vest 착용 전에는 가슴과 등부위 모두 대략 30.8°C에서 38°C까지 상승하였으나 Cooling vest착용 후엔 급격히 감소하여 가슴부위는 36.5°C, 등부위에서는 32.4°C까지 하강하였다.

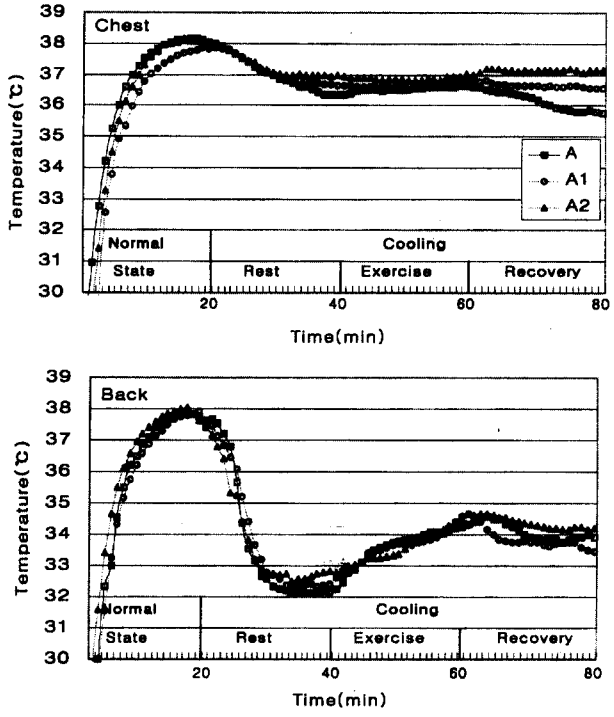

Fig. 5. A Comparison of the effects of local cooling on temperature within clothing at chest (upper) and back (lower) level in wearing cooling vest.

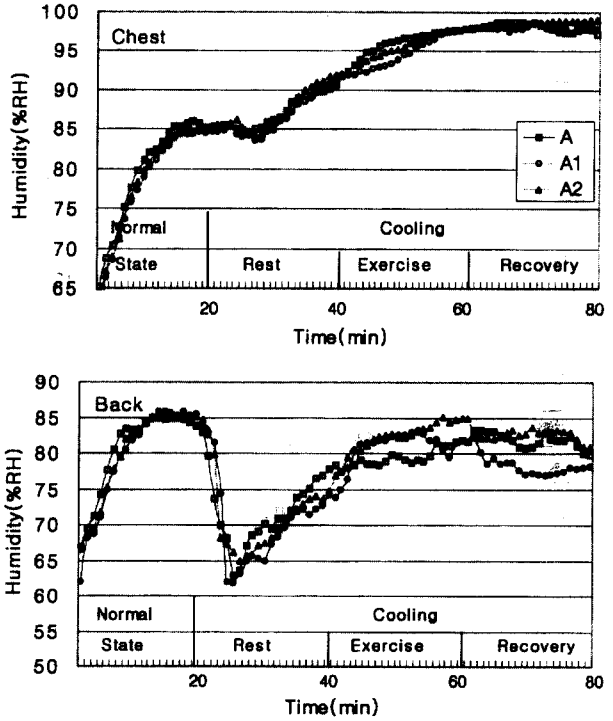

Fig. 6. A Comparison of the effects of local cooling on humidity within clothing at chest (upper) and back (lower) level in wearing cooling vest.

이와 같이 가슴부위의 의복내 온도보다 등부위의 의복내온도의 하강폭이 큼은 냉각팩의 삽입량과 Cooling vest의 인체접촉면적에 따른 의복의 구조적 요인으로 사료된다. 이들의 온도변화 경향은 가슴부위에 있어서는 운동부하와 더불어 그다지 현저한 변화를 보이지 않았으나(36.5°C~37°C), 등부위의 온도는 운동부하와 더불어 급격히 증가하였다(32.4°C~34.3°C).

이상의 결과로부터 Cooling vest착용에 의한 의복내 기후의 개선을 볼 수 있었으며, 의복간에는 그다지 큰 차이를 보이지 않았다. 실험종료 후의 의복내온도는 가슴부위는 A2>A1>A, 등부위는 A2>A>A1 의복순이었다.

한편 의복내습도(Fig. 6)는 인공기후실 입실 직후 Cooling vest착용 전에는 대략 85%RH를 보였으나 Cooling vest착용에 의해 급격히 감소하였으나 시간경과 및 운동부하와 더불어 서서히 증가하여 가슴부위에서는 98%RH까지 증가하였으나, 등부위에서는 Cooling vest착용 전인 85%RH로 완만한 증가를 보였다. 특히 가슴부위의 습도가 등부위의 습도가 높음은 의복의 구조적요인에 따른 방진복의 Cooling효과에 관한 연구결과(Kwon *et al.*, 1998)와 일치하였다. 실험 종료후의 의복내 습도는 가슴부위에는 거의 차이가 없었으며, 등부위에서는 A2>A>A1의복 순이었다.

이상의 결과를 종합해 볼때 기존 상품화되어 있는 Cooling vest의 의복내기후를 개선하기 위해서는 냉각팩 삽입용 포켓의 냉매의 용해에 따른 결로현상을 줄이는 복합소재 채택 방안이 고려되며, 특히 수분이동으로 인한 습도증가의 안배를 위한 인체와 의복간의 공간유지를 위한 적당한 안감의 채택도 고려해 볼 필요가 있을 것이다.

3.3. 발한량 · 혈압 및 심박수

사람의 발한은 시상하부온에 의하여 조절되고, 피부의 냉수용기로부터 구심 임펄스가 작용한다고 알려져 있으나, 피부온 수용기가 사람의 발한에 관계하고 있는가는 확실치 않다. 실온 33°C와 38°C에 대한 증발 발열량은 오히려 평균피부온과 좋은 상관을 나타낸다는 연구보고가 있으며(Stolwijk and Hardy, 1966), 시상하부온과 피부온이 발한에 영향하는 비중은 약 4:1 일 정도라고 하였다. 특히 체중감소량은 환경온 28°C이하에서 일정하고 28°C이상에서 발한이 개시하고, 약 15 g/h · °C의 상승률로 증대하여 40°C에서도 포화는 나타나지 않는다고 하였다.

본 실험에서의 Cooling vest 착용에 따른 발한량은 인공기후실 입실직후의 체중과 실험종료후의 체중측정에 의한 무게로 하였으며 그 결과를 Fig. 7에 나타냈다. Fig. 7에서 볼 수 있는 바와 같이 체중감소량은 Cooling vest A, A1, A2 각각 720 g/hr, 725 g/hr, 728 g/hr였다. 그리고 혈압의 분포를 Fig. 8에서 보면 Cooling vest착용직후 최고혈압, 최저혈압 모두 약간 감소하다가 운동부하 및 시간경과와 더불어 서서히 증가하는 경향을 보였다. 이것은 일반적으로 피부혈관 반응은 일정한 평균피부온에서는 심부체온에 비례하여 증감하고, 또 그 반응은 심부온도가 일정할 때는 피부온이 높을수록 강하다는 선행연구자들의 결과(Benzinger etc., 1963, Wenger etc., 1975a, Wenger etc., 1975b)와 같은 것이다. 심박수는 환경온도, 운동부하량에 따라 민감하게 변하는 생리적 인자로서 운동강도에 따라 비례하고, 환경온도가 높을수록 증가한다.

Fig. 9에서 볼 수 있는바와 같이 인공기후실 입실 직후 Cooling vest착용 전에는 95~110 beats/min.였으나 Cooling vest 착용후 운동부하와 더불어 서서히 증가하여 A의복은 140 beats/min. A1은 130 beats/min, A2는 142 beats/min까지 상승하였다.

이상의 결과로 볼때 40°C의 고온환경 하에서 Cooling vest 착용시 쾌적조건을 위한 연구는 다각도로 검토할 필요가 있으며, A의복이 냉각팩의 사용량이 제일 많음에도 불구하고 A1의

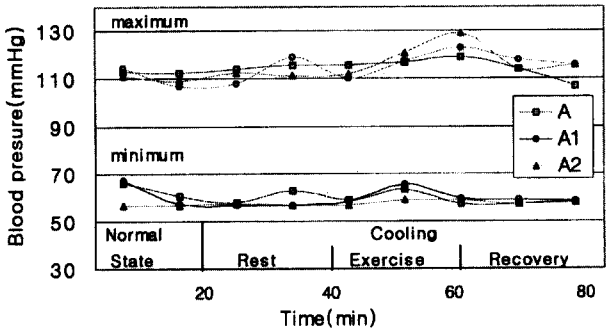

Fig. 8. A Comparison of the effects of local cooling on blood pressure in wearing cooling vest.

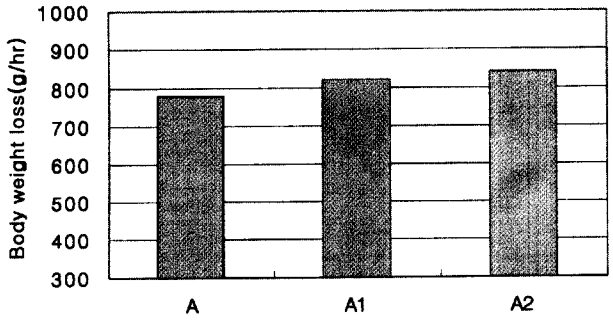

Fig. 7. A Comparison of the effects of local cooling on body weight loss in wearing cooling vest.

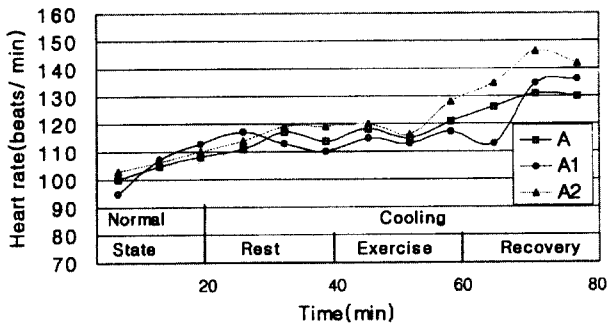

Fig. 9. A Comparison of the effects of local cooling on heart rate in wearing cooling vest.

복에 비해 생리적 부담이 큼은 의복중량이나 기타 착용조건을 종합해서 고려할 필요가 있음을 시사한다고 할 수 있다.

3.4. 주관적 감각

의복의 쾌적감은 착용자가 환경변화에 대하여 쾌적한 감정을 갖는 것을 의미하며 Hollis(1970)는 의복의 쾌적감의 개념을 '감각이나 의식에 스트레스가 없는 상태'로 정의하였다. 본 연구에서 40°C의 고온환경에서의 쾌적감은 의복간에는 유의차를 보이지 않았으며, 착용전에 비하여 초기에는 '쾌적하다'고 응답하였으나, 운동부하 및 시간경과와 더불어 모든 의복에 있어서 '불쾌하다'고 응답하였다. 그리고 온냉감에 있어서도 운동부하와 더불어 모든 의복에서 '약간 덥다'에서 '매우 덥다'로, 습윤감에 있어서도 '약간 습하다'에서 '매우 습하다'로 모든 주관적 감각에서 부정적인 착용감을 보였다.

특히 피로감에 있어서도 '약간 피로하다'에서 '매우 피로하다'로 응답하여 Cooling vest 의복 착용에 있어서 개선해야 할 많은 문제들을 호소하였다. 그러나 모든 Cooling vest중 대부분의 응답자들이 A1의복이 착용감에 있어서 가장 좋은 것 같다고 하였으며, 특히 A의복에 있어서는 중량감이 느껴짐을 불만요인으로 들었으며, 모든 의복에 있어서 착용시의 불편함, 냉각팩의 삽입부분의 결로현상 등을 지적하였다.

4. 결론 및 제안

고온환경 하에서 작업자의 피로를 경감시키고, 작업효율을 높이기 위해 착용하는 Cooling vest의 온열생리학적 특성을 규명하고, 착용시의 문제점을 파악하기 위하여, 온도 40°C, 습도 70%RH로 조절된 인공기후실에서 냉각팩의 삽입량을 달리한 3점의 Cooling vest 착용실험을 실시하였으며, 그 특성치를 비교・고찰하여 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 고온환경(40°C, 70%RH)에서의 Cooling vest착용 시의 직장온도는 37.2°C~38.05°C의 범위를 가지며, 부위별 냉각팩 삽입량을 달리한 의복별 직장온은 A2>A>A1순으로 높았으며, 평균피부온도는 36.5°C~37.28°C의 분포를 나타냈으며 의복별로는 A2>A1>A 순으로 높게 나타났다.

2. 고온환경 하에서 Cooling vest 착용시의 의복기후에 있어서 의복내 온도는 착용 전에 비하여 현저한 효과가 인정되었으며, 의복내 습도는 착용 전에 비하여 13%RH정도 상승하였다.

3. 착용감에 있어서 대부분의 피험자(5명중 4명)들이 냉각팩 삽입량이 최대인 A의복보다는 냉각부위를 고려하여 삽입량을 줄인 A1의복이 쾌적감 및 피로감 측면에서 좋다고 응답하였다.

이상의 결과로부터 고온환경 하에서의 Cooling vest 착용은 열적스트레스 감소에 효과가 있음을 알 수 있으나, 의복내 습도의 증가에 따른 불쾌감 개선을 위한 냉각팩 삽입 포켓부위의 결로현상 방지를 위한 적정 소재의 조합에 대한 연구 및 착용감에 있어서 냉각효과를 증진시키기 위한 인체의 냉각부위의 밀착을 고려한 의복의 설계 및 작업시 기능성을 고려한 복합적인 연구가 수행되어야 할 것이다.

감사의 글: "이 논문은 1999년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 지원되었음"(KRF-99-041-D00475)으로, 이에 감사드립니다.

참고문헌

三浦豊彦 (1967) 夏季における筋勞作と精神作業の至適溫度につて, 冷房の至適溫度に關する實驗的研究(第9報). *勞動科學*, **43**, 495-519.

中山昭雄 (1981) "溫熱生理學; 體溫調節中樞". 理工學社, 東京, pp.253-280.

Benzinger T. H., Kitzinger, C. and Pratt, A. W., (1963) The human-thermostat, in "Temperature, Its Measurement and Control in Science and Industry"(J. D. Hardy, ed.). Reinhold Book Corporation New York, 13, pp.637-665.

Cannon W. B.(1963) "からだの知惠". 世界教養全集33, 平凡社, 東京, pp.156-157.

Eichna L. W. (1950) Thermal regulation during acclimatization in hot, dry(desert type) environment. *Amer. J. Physiol.*, **163**, 585-597.

Gagge A. P. (1969) Comfort and thermal sensations and associated physiological responses during exercise at various ambient temperatures. *Environ. Res.*, **2**, 209-229.

Hardy J. D. and Dubois E. F. (1938) The technic of measuring radiation and convection. *J. Nutr.*, **15**, 461-475.

Hollies N. R. S. and Fourt L. (1970) "Clothing comfort and Function". Marcel Dekker, New York, pp.1-12.

Inoue S. and Mrakami N. (1976) Unit responses in the medulla obongata of rabbit to changes inl ocal and cutaneous temperature, *J. Physiol.*, **259**, 355-361.

Kwon O. K., Kato M. and Tokura H. (1997) Effects of head cooling on salivary lactic acid and thermal physiological response during intermittent handgrip exercise in the subjects wearing dust-free garment. 5th Scandinavian Symposium on protective clothing(in Elsinore, Denmark), 96-100.

Kwon O. K., Kwon A. H., Kato M., Hayashi C., and Tokura H. (1998) The effects of local cooling on thermophysiological response in participants wearing dust-free garments. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, **4**, 57-67.

Wenger C. B., Roberts M. F., Nadel E. R. and Storwijk J. A. J. (1975a) Thermoregulatory control of finger blood flow. *J. Appl. Physiol.*, **33**, 1078-1082.

Wenger C. B., Roberts M. F., Storwijk J. A. J. and Nadel E. R. and (1975b) Forearm blood flowduring body temperature transiens produced by leg exercise. *J. Appl. Physiol.*, **38**, 58-63.

Wilkerson J. E. (1972) Critical temperature of unacclimatized male caucasians. *J. Appl. Physiol.*, **33**, 451-455.

Wyndham C. H. (1973) The physiology of exercise under heat stress. *Ann. Rev. Physiol*, **35**, 193-220.

(2000년 5월 19일 접수)