

냉각조끼착용에 따른 인체의 온열생리학적 특성

권오경*, 김태규**

*경일대학교 의상디자인학과, **양산대학 패션디자인과

Thermophysiological Response of Human Body in Wearing Cooling Vest

Oh Kyung Kwon, Tae Kyu Kim

*Dept. of Clothing & Design, Kyungil University, **Dept. of Yongsan College

Abstract

To do this study, we produced cooling vest newly. : Rectal temperature was ascended approximately from 37.2°C to 38.05°C in lab, but wearing cooling vest, the temperature was descended 0.2 while wearing developed product compare with existing product. Mean skin temperature which was showed distribution from 32.8~36.5°C, it was descended 1.0~1.1°C, while wearing cooling vest and comparing with existing product, wearing developed product was lower 0.5°C. While wearing developed product, it was found that they had lower tendency than exiting product. Specifically in case of temperature within clothing(chest) 0.2~2.0°C in case of humidity within clothing 2~8% RH. Facts from above we confirmed that clothing microclimate had been improved and space was happened between body and garment in order to control. In subjective sensation, existing product made negative response during experiment period from participants, but developed product was nearing to comfortable area.

Keywords: cooling vest, clothing microclimate, rectal temperature,

1. 서론

다양한 온열조건에서의 인체반응은 주택의 난방기구의 온도조절장치와 흡사한 뇌의 아래 부위에 있는 조그마한 시상하부(Hypothalamus)의 특정한 방식으로 열을 생산하거나 발산함으로써 온열환경에 적응하며, 한서에 대응하기 위하여 착의량의 조절, 음식, 운동, 냉난방 등의 행동성 체온조절을 함으로써 인체의 환경적응 범위를 넓힐 수 있다(田村照子, 1981 ; 田中正敏, 1989).

이러한 조절기구에 의한 운반기구는 혈액이

담당하고 있으며, 생산되는 열을 신체 각부에 고루 전달함과 동시에 환경으로 유출될 수 있게 하나 기온이 거의 체온에 다다른 더운 날씨에는 신체에 유리하게 열교환을 한다는 것은 불가능해지며(Susan M., 1995), 환경기후의 상승시 노동은 발한의 증가와 함께 체온조절 및 체액조절에 대한 가중되는 생리적 부담이 커져 사고율 증가가 보고되기도 한다(Robinson K.E., 1973).

우리나라의 여름철은 25~35°C에 이르고 습도역시 70~90%RH에 이르고(중앙기상대, 1981~1990) 작업장은 아직도 air conditioning이

되어 있지 못한 곳이 많다. 특히 소방작업, 제철소나 염색공장과 같은 특수산업에서처럼 고열 작업 환경에의 작업들은 열적 스트레스 경감 및 작업의 효율화를 추구하고, 인체의 산열과 방열의 균형을 유지하기 위해서는 체온상승을 제어하는 수단으로 의복에 보조 냉각 시스템을 부가하는 것이 열평형 문제를 해결하는 것이 가장 실용적인 방법일 것이다.

이에 최근 국내에도 이러한 국부냉각 시스템의 하나로 cooling vest가 보급되고 있는 실정이나 냉각작용에 따른 인체생리학적 측면과 주관적 감각 등 쾌적성능의 효과과악 및 최적의복의 설계에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본연구는 고온다습한 환경에서 착용하는 Cooling Vest를 새로이 제작하여 기존제품과의 착용실험을 통해 인체생리학적 특성을 밝힘과 동시에 제 조건을 고찰함으로써 쾌적한 의복설계제작 응용의 자료제시와 기능성이 우수한 작업장용 cooling vest를 개발함에 목적이 있다.

2. 실험의복 제작

2.1. 소재선정 및 포켓제작

선행연구의 결과(권오경 등, 2000)에서 의복의 중량감 및 발한에 따른 과도한 습윤감이 지적되어 새로운 cooling vest를 설계제작하여 본 연구에 사용하였다.

착용감이 좋은 의복내 기후의 형성에는 인체로부터 의복을 통하여 환경으로 열, 수분, 공기의 이동이 좌우한다고 볼수 있으며, cooling vest의 냉매삽입부인 포켓부분은 냉매의 보존과 더불어 인체로의 냉기 유입을 전달하는 중요한 열·수분이동부위로서 소재를 새로이 선정·조합하여, 본 실험의 의복제작에 적용시켰으며, 제작한 포켓에 사용한 소재의 물성을 Table 1.에 제시하였다.

흡수성섬유를 안점으로 사용될때는 수분전달 효과가 작게 나타남으로 New cooling

vest(New)의 냉매 포켓의 소재는 냉매 → 면 → P.E.T(net)→부직포(면)→부직포(P.E.T)→ Nylon → 쿨트 → P.E.T(coolmax, Mesh) → 피부로 선정 제작(Fig. 1)하여, 냉매의 견로시 생긴 수분을 면섬유가 흡수하고 잔여 수분은 보강된 부직포층이 피부로의 전이를 차단시키게끔 선정하였다.

특히 발한시에는 피부에 접촉하는 의복층이 중요한 쾌적요인으로 지적되므로 심지흡수력이 폴리프로필렌보다 현저히 높다는 coolmax mash(Kosiyanon R., 1986)를 안감전체로 삽입하여 피부에 밀착하지 않게 해줌과 더불어 발한에 의한 끈적임을 낮추고 피부와 의복 최내층 사이에 공극을 두어 포켓에서 유출되는 냉기를 의복 전체에 전달시켜 체열을 낮추는데 효과를 부여할 수 있게 하였다.

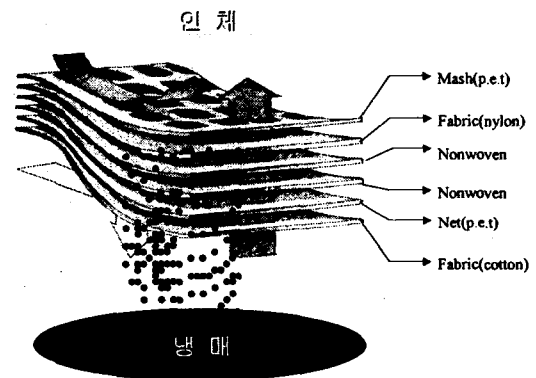


Fig. 1. Mixture of material for New pocket

2.2. New Cooling vest 제작

의복의 경량화측면에서 new cooling vest는 냉매의 삽입을 core부분에 확대하고 복부에 삽입되던 냉매는 제거하여 중량 줄였다(Fig. 2).

치수설정은 기존제품의 치수원형을 토대로 전체적인 실루엣, 피복면적 등은 기존제품과 동일하게 제작하였으나, 기능효과 및 디자인측면에서 냉매의 삽입구인 포켓을 의복내쪽으로 돌려 냉매삽입구에서 유출되는 냉기를 인체로 유입시켰으며 미관을 Simple하게 제시하였다.

또한 기존 vest의 허리여밈부분의 조작 불편

Table 1. Characteristics of experimental materials at pocket in new cooling vest

No.	fiber	weaves	weight (g/m ²)	thickness (mm)	qmax (W/cm ²)	heat keeping rate(%)	heat conductivity (W.cm/°C)
1	cotton	plain	99.7	0.22	0.28	22	18.7
2	p.e.t	net	59.1	0.23	0.24	24	14.3
3	cotton	nonwoven	54.7	0.22	0.22	58	7.8
4	p.e.t	nonwoven	49.4	0.34	0.14	38	8.7
5	nylon	plain	60.2	0.09	0.58	20	25.8
6	p.e.t	mash	60.2	0.22	0.13	34	16.2

및 의복과 인체 밀착조정의 편의를 위해 velcro fastener를 허리와 옆구리에 장착하였다

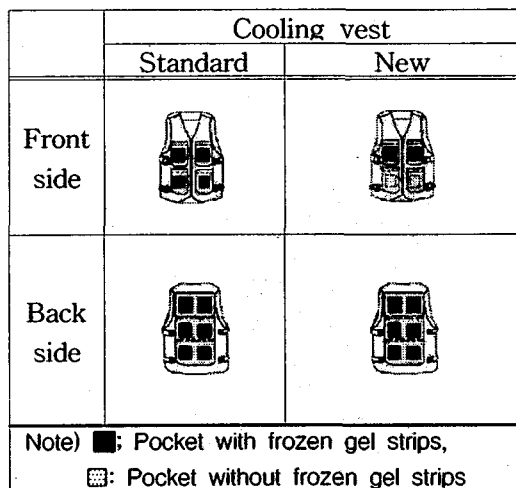


Fig. 2. Diagram of cooling vest used for experiments

2. 실험방법

3.1. 피실험자 및 실험의복

피실험자는 건강한 성인 남자 6명으로 본 실험에 사용한 시료는 새로 제작한 제품과 고온·고열환경에서 많이 착용하고 Cooling Vest(국내 ; I회사제품)를 대상으로 실시하며, 실험의복의 구성은 작업현장에서 착용하는 형식을 고려하여 작업복 + Cooling Vest + 모자 + 장갑 + 작업화 등으로 구성하였다. 각 실험의복의 의복소재 및 중량을 Table 2에 나타냈다.

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*	Standard	Cotton 100%	1.914
	New	OUT : Cotton 100% IN : P.V.C	1.430
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 layer 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.

3.2. 실험방법 및 측정항목

피실험자는 식후 3시간이 경과한 시점에서 준비실(20±℃, 50±3%RH)에서 60분간 안정시킨 후 인체에 온·습도 감지센서를 부착 후 준비된 기초실험의복을 착용하고, 일정 온·습도 조건으로 설정된 인공기후실(40±℃, 70±3%RH)에 입실하여 20분간 안정을 취한 후 cooling vest를 착용하고 20분간 휴식기, 20분간 3.5mile/hr의 속도로 운동, 20분간의 회복기 순서로서 80분 경과시의 생리적, 심리적 반응을 측정하였다.

직장온도 및 피부온도의 측정은 센서 JIS T

형의 ϕ 0.1mm 열전대를 사용하였으며, 측정데이터는 Hybrid Recorder (HR-2300, Yokogawa Electric Co.)에 의해 연속적으로 기록하였다.

피부온도의 측정항목으로는 직장온, 피부온 4점(전완, 대퇴, 하퇴, 가슴)으로 평균피부온도는 각 부위의 안분 비율을 고려한 다음식 (Ramanathan, 1964)에 의해 산출하였다.

$$\text{평균피부온도}(T_s) = 0.3T_{\text{Chest}} + 0.3T_{\text{forearm}} + 0.2T_{\text{thigh}} + 0.2T_{\text{leg}}$$

의복기후는 Sensitive Hygrometer (CHMT-2, Codix Co.)를 사용하여 내외의 사이의 온·습도를 가슴과 등 부위에서 연속 측정하였고, 발한량은 인체천칭인 Multi-range Balance (KCC-150, Mettler Co.)를 사용하여 실험 전후의 체중을 측정하여 체중감소량에서 발한량을 구하였다.

심박수는 Blood pressure manometer (HEM-705CP, Omron Co.)를 사용하여 10분간격으로 측정하였으며 주관적 감각은 온냉감 9단계, 쾌적감 5단계, 습윤감 7단계, 피로감 4단계를 실험 중 10분 간격으로 피실험자에게 신고시켰다.

4. 결과 및 고찰

4.1. 직장온도 및 평균피부온도

경시변화에 따른 두 의복간 직장온의 변화 경향을 Fig. 3에서 살펴보면 입실시 약 37.2°C 이었으며 휴식-운동-회복기를 거치는 동안 서서히 증가하여 운동 직후 상승폭이 커져 80분 후에는 38.05°C까지 증가하였다.

운동부하는 가벼운 도보정도로서 적음에도 직장온의 증가폭이 큰 정맥환류에 의한 체온 상승과 더불어 환경온의 영향을 받은 것으로 사료되며, 일반 작업복 착용시(Cooling vest 미 착용)의 고온환경에서의 직장온 상승폭이 2.1°C 임 (Kwon et al, 1997)에 비해 소폭의 증가를 보임은 Cooling vest 착용의 냉각효과에 의한 것

으로 생각되며, cooling vest 착용후 New는 Standard에 비해 0.1~0.2°C 더욱 낮은 분포를 실험종료시 까지 이어지는 것을 알 수 있다.

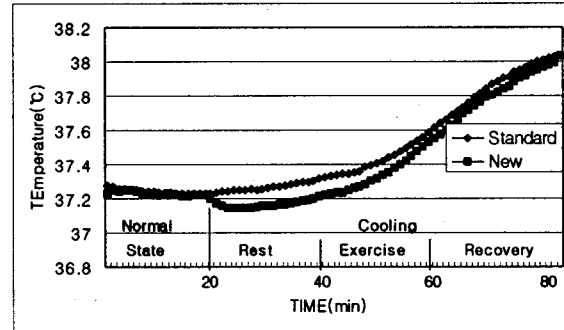


Fig. 3. A Comparison of the effects of local cooling on rectal temperature in wearing cooling vest

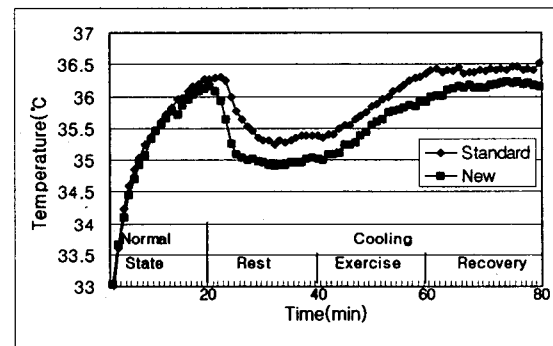


Fig. 4. A Comparison of the effects of local cooling on mean skin temperature in wearing cooling vest

국소별 피부온에서는 두 Cooling vest 착용시 모두 온도저하 및 상승둔화가 나타났으며, 특히 New가 11부위중 3부위는 거의 같은 분포를 보이나 9부위에서 0.2~1.2°C 정도 더 하락하는 경향을 보여 새로운 cooling vest의 설계의도에 따른 그 효과가 나타나는 것으로 보인다.

평균피부온도는 입실직 후 32.8~33.0°C에서 20분 경과 후에는 36.1~36.3°C 까지 증가경향을 보이다가 Cooling vest 착용시 1.0~1.1°C 하락을 보인 후 서서히 증가하여 운동부하와 더불어 급격히 증가하였으며, 실험종료시에는

Standard는 36.5, New는 36.2까지 상승하였다 (Fig. 4).

각구간별 두의복간의 평균피부온도에서는 cooling vest 미착용시 고온환경에서의 허류학장에 의한 급격한 증가를 보이다가, cooling vest 착용직후 냉각효과에 따른 즉각적인 반응으로 하락이 나타나 New는 착용시점 4~8분사이, Standard는 10~14분사이에 최저온도가 보여진다. 이러한 냉각효과와 반응이 New에서 더욱 빠름은 냉매삽입구 포켓의 소재조합이 Standard에 비해 냉기의 유출진행이 원활하게 이루어짐이라 사료된다.

4.2. 의복기후

경시변화에 따른 의복내 온·습도 변화의 측정값들이 각 측정된 부위에 따라 Fig. 5. 6.에 제시하였다.

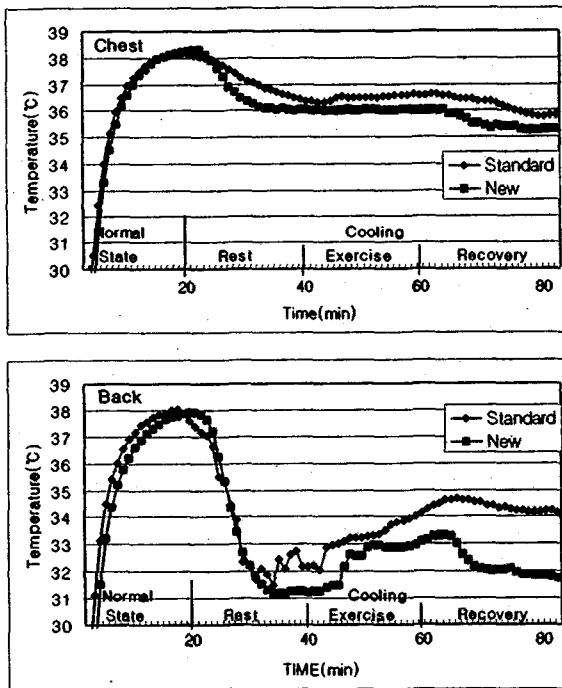


Fig. 5. A Comparison of the effects of local cooling on temperature within clothing at chest(upper) and back(lower) level in wearing cooling vest

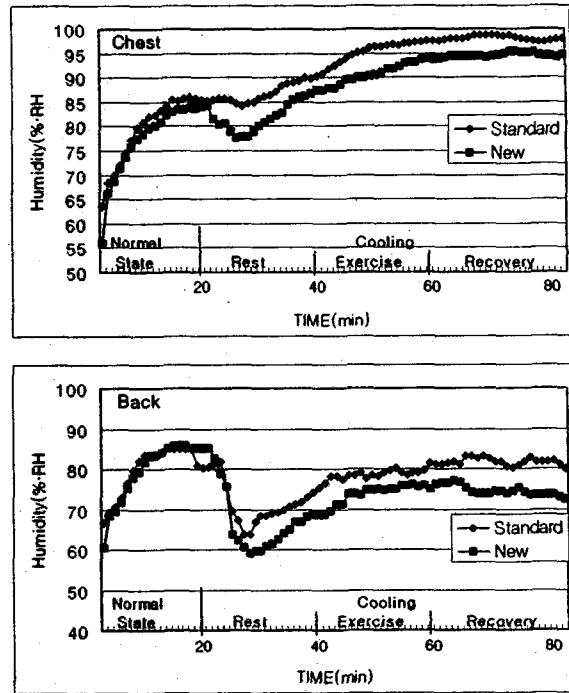


Fig. 6. A Comparison of the effects of local cooling on humidity within clothing at chest(upper) and back(lower) level in wearing cooling vest

의복내 온도의 전체적인 분포를 보면 인공 기후실 입실 직후 Cooling vest 착용 전에는 가슴과 등부위 모두 30.8°C 정도에서 38°C까지 상승하였으나 Cooling vest 착용 후엔 급격히 감소하여 가슴부위는 36.°C, 등부위에서는 30.0°C까지 하강하였다.

이와 같이 가슴부위의 의복내 온도보다 등부위의 의복내 온도의 하강폭이 큰 냉각팩의 삽입량과 Cooling vest의 인체접촉면적에 따른 의복의 구조적 요인으로 사료된다. 이들의 온도 변화 경향은 운동부하와 더불어 그다지 현저한 변화를 보이지 않음을 알 수 있다. 의복내 가슴 온도 분포를 보면 cooling vest의 착용에 따른 하락이 두의복간 모두 지속적이며, New는 운동부하에 따른 온도의 상승은 볼수 없었다. 안정기와 회복기 구간 10분경과시에 두의복간 온도차가 가장 큰 양상으로 0.2~2°C의 차를 유지하며 실험종료시까지 이어짐이 확인되었다.

의복내 등온도에서는 두의복간의 온도차가

cooling vest 착용직후 12분(실험시작32분)에서 시작되어 실험종료시까지 지속적으로 나타나 종료시점에는 4.2℃까지 온도차가 나타났다.

한편 의복내습도변화에서 입실 직후 60%RH 내외에서 Cooling vest착용 전에는 85%RH정도까지 빠른 증가를 보였으며, New 습도는 Standard보다 Cooling vest착용시 2~8%RH정도의 하락폭이 큼을 알 수 있다.

특히 New의 의복내 등습도는 착의전보다도 25%RH까지 하락을 보이기도 하였으며, 이는 New의 안감부착에 의한 수분이동이 습도증가 안배를 위한 인체와 의복간의 공극이 이루어졌기 때문이라 사료된다.

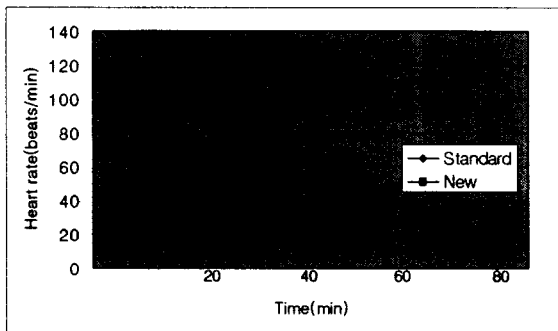


Fig. 7. A Comparison of the effects of local cooling on heart rate in wearing cooling vest

4.3. 발한량 및 심박수

발한량은 실험직전과 실험종료시의 피험자의 체중감소량으로 측정하였으며, Standard가 $392.0 \pm 181g/hr$, New가 $376 \pm 105g/hr$ 였다.

심박수는 환경온도, 운동 부하량에 따라 민감하게 변하는 생리적 인자로서 운동강도에 따라 비례하고, 환경온도가 높을수록 증가함에 따라 인공기후실 입실 직후 Cooling vest착용 전에 비해 분당 9~10정도까지 빠른 상승이 보였다.

구간별 심박수의 변화에서는 Cooling vest 착용후 운동부하전까지 Standard가 분당 6.2의 상승을 보인 반면 New는 오히려 분당 3.6정도 하락을 보였고, 두의복간의 차는 분당 6~10정도 실험종료시까지 이어짐이 확인된다.

4.4 주관적감각

온냉감에 있어서도 운동부하와 더불어 대부분의 경시변화에서 '덥다'와 '매우 덥다'로 나타나, New 착용시의 안정기에서는 '따뜻하다'로 응답하였다. 습윤감에 있어서도 거의 전구간에서 '습하다'에서 '매우 습하다'로 모든 주관적 감각에서 부정적인 착용감을 보이고, 피로감에 있어서도 '약간 피로하다'에서 '매우 피로하다'로 응답하였으나, 운동부하후 두의복의 감각치가 가장 크게 차이를 보이고 있다. 착용실험 종료후 응답자 대부분이 cooling vest 의복 착용에 있어서 New의 착용감이 더욱 좋은 것 같다고 답하였으며, 특히 New는 운동부하중에도 냉감을 느낀다는 응답자가 많았으나, Standard는 운동부하후 중량감을 더욱 느낀다는 지적이 많았다.

5. 결론

본 연구에서는 고온다습한 환경에서 착용하는 Cooling Vest를 새로이 제작하여 기존제품과의 착용실험을 통해 인체생리학적 특성을 밝힘과 동시에 제 조건을 고찰함으로써 쾌적한 의복설계제작 응용의 자료제시를 목적으로 착용실험을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 직장온은 입실시 약 37.2℃에서 38.05℃까지 상승하나, cooling vest 착용후 기존제품에 비해 개발제품 착용시 0.2℃ 하락하였다. 32.8~36.5℃의 분포를 보인 평균피부온도는 Cooling vest착용시 1.0~1.1℃ 저하되었으며, 기존제품에 비해 개발제품의 착용시가 0.5℃더 낮게 나타났다.

2. 개발제품의 착용시 의복내 가슴온도에서는 0.2~2.0℃, 의복내습도에서는 2~8%가 기존제품보다 낮은경향을 보여 의복내 기후가 개선되었으며 의복의 습도증가 안배를 위한 인체와 의복간의 공극이 이루어졌다.

3. 주관적감각에서 기존제품을 모든 실험구간에서 부정적응답을 보였으나 개발제품에 있어 더욱 쾌적영역에 근접하였다.

이상의 결과로부터 고온다습환경하에서 작업시 신개발제품의 착용이 기존제품에 비해 열적스트레스 감소 및 착용감개선에 효과적임이 확인 되었다.

참고 문헌

- 田村照子(1981) 基礎被服衛生學, 文化出版局, 東京, pp221.
- 田中正敏(1989) 寒冷環境の人體影響について、
第13會 人間-熱環境界 symposium 報告書, pp94-97.
- Susan M. Watkins, Clothing(1995) The portable Environment(second Edition), Iowa State University Press, pp20, pp76-78
- Robinson K.E.,(1973) "Air Conditioning, Industrial Hygine and Toxicology." Interscience Pub., New York.
- 중앙기상대,(1981~1990) "기상연보", 중앙관상대, 서울.
- 권오경, 김태규, 김진아(2000) 고온환경 하에서 착용하는 인체냉각 보조도구로서의 Cooling Vest 연구(1), 한국의류산업학회, 2(3), pp265-271.
- Ramanathan, N.L.,(1964) A new weighting system for mean surface temperature of human body, J. Appl. Physil., 19, 531-533.
- Kosiyanon R.,(1986) "How COOLMAX Keeos You Cool and Dry While the Heat Is On", Fibers Marketing Center, Du Pont Comany.
- 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.