

한랭환경하에서 운동발한시 인체의 체온조절반응에 대한 내의소재의 생리학적 의의

권오경¹⁾ · 김태규¹⁾ · 손부헌¹⁾ · 박승한²⁾

1) 경일대학교 의상디자인학과

2) 영남대학교 체육교육학과

Physiological Effects of Different Underwear Materials Thermo- regulatory Response during Exercise with Sweating at Cold Environments

Oh Kyung Kwon¹⁾, Tae Kyu Kim¹⁾, Bu Hun Son¹⁾ and Sung Han Park²⁾

1) Dept. of Clothing & Design, Kyungil University, Kyungsan, Korea

2) Dept. of Physical Education, Youngnam University, Kyungsan, Korea

Abstract : This study conducted 4 different kinds of underwear materials, which were A (Cotton 100%), B (Wool 100%), C (Cotton/Wool, 50/50%) and D (Acrylic/Cotton, 50/50%) and were done in a climate chamber under cold ambient $10 \pm 1^\circ\text{C}$, $40 \pm 5\% \text{RH}$ by 6 male subjects who were in good health. Physiological parameters such as rectal and local skin temperature (forehead, forearm, hand, trunk, thigh, leg, foot, back and chest), heart rate, body weight loss, clothing microclimate, blood lactic acid concentration, and wearing sensation were measured. Started with a 15-min rest period, 15-min of exercise 1 (the condition of 4.5 mile/hr walking speed equivalent to with 8.5 Kcal energy consumption on the treadmill) period, 15-min rest period, exercise 2 (after 3minutes warming-up at 3.0, 3.7, 4.5, 5.2, 6.0, 6.7 mile/hr) until exhaustion period, and final 15-min of recovery period were performed. The results were as follows: The lowest mean skin temperature was acrylic/cotton in order of wool > cotton/wool > cotton > acrylic/cotton ($F=13.79$, $p<0.001$). Most of all skin temperature by parts of body had turned out in sequence of temperature wool > cotton/wool > acrylic/cotton > cotton. Fore arm part showed highest temperature about 32.43°C on wool and had a tendency approximately 1.8°C higher than cotton which had the lowest temperature, and had the biggest difference among garments in terms of skin temperature. The back temperature within clothing showed about 2°C higher than the chest temperature within clothing, but the back humidity within clothing showed about 4~12% higher than the chest humidity within clothing. Body weight loss by each garment was this sequence: cotton > acrylic/cotton > wool > cotton/wool.

Key words : underwear, thermoregulatory response, cold environments, clothing microclimate, thermal sensation.

1. 서 론

운동중 열생산은 운동량에 비례하여 증가하고 열생산에 따른 에너지가 얼마나 많이 손실되느냐 하는 것은 그 범위가 넓지만 운동강도, 운동시간, 상대습도, 환경온도, 의복 등의 요인에 좌우된다(Fox & Mathews, 1981).

인체는 운동중 막대한 열을 생성할 수 있으며 상대적으로 주위 환경에 빼앗기는 에너지 소비량을 줄일 수 있는 능력은 제한되어 있다. 따라서 추위에 노출되었을 때는 체온저하를 막기 위하여 체내에 열을 생성하고 생성된 열을 외부로 발산을 억제해야 한다.

그러나 열의 생성은 한계가 있으므로 열발산 억제가 체온저

하를 막는 방법이며 가장 근본적인 방법은 적절한 의복의 착용이다.

직물을 소재로 하여 의복(운동복)을 설계할 경우의 필요조건으로는, 운동에 따른 피부체표 변화량의 파악 및 이에 따른 의복 각 부위의 여유량 설정, 의복재료가 가지는 열절연성, 수분 이동 특성에 따른 보온성과 쾌적성을 들 수 있겠다.

동작시에 생기는 인체의 체표면적 변화량으로서 의복의 최저 여유량을 설정할 수 있으며, 이는 운동복의 기능성을 위하여 필수적으로 파악되어야 할 과제인 것이며, 운동시에 생기는 인간의 온냉환경에 대한 쾌적감이나 불쾌감은, 전신의 평균피부온과 심부온의 변화 및 발한량과 깊은 관계가 있으며 심부온의 변화는 온감각에, 피부온의 변화는 냉감각에 더 깊이 관련하고 있는 것으로 알려져 있다.

일반적으로 한랭환경에서 이루어지는 운동은 동계스포츠 몇 종목을 제외하곤 거의 없지만 영하의 환경온도에서 러닝 등의 운동을 하는 경우 의복의 조건이 체온조절에 큰 영향을 미치

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

는데 체온의 저하는 주로 발한에 의해서 의복이 젖을 경우 많이 나타난다.

따라서 한냉환경에서 운동을 하는 동안에는 체온을 유지하기 위해서 열보존에 적합한 옷을 선택하는 것과 인체표면이 젖지 않게 유지하는 것이 이상적이라고 할 수 있다. 근본적으로 한냉환경에서의 운동중 체온조절을 위해 제일 고려해야 할 사항은 운동복과 내의의 선택이다.

지금까지 쾌적한 내의라 함은 면과 같이 친수성이 커서 땀이나 분비물을 흡수·흡습하여야 하는 것으로 인식되어 왔으나 근래에는 새로운 의류소재의 개발과 내의에 대한 인식이 바뀌어져 발한량이 많을 때에는 소수성섬유와 같이 땀을 빠르게 흡수하여 외부로 방출시키는 것이 효과적인 내의 소재로 평가되고 있다(Holmer, 1991; McCullough, 1991; Wehner et al., 1988).

이는 흡습성이 높은 섬유는 수분을 섬유 내부에 보유하고 빨리 방출하지 못하는 반면에 소수성인 섬유는 수분을 보유하지 않고 빠르게 외부로 방출하여 의복 최내층을 건조하게 유지하기 때문이다.

특히 기온이 낮은 겨울철의 스포츠 활동이나 저온환경에서의 직업으로 인하여 발생하는 발한은 방출시키지 못하면 수증기가 의복내에서 응축되어 절연을 저하시키고 보온성이 감소되고 습윤에 의해 불쾌감을 유발한다.

그러나 겨울 저온환경에 대해 방한의 목적인 내의의 열적성능과 기능이 높음에도 불구하고 내의 소재에 대한 열적특성의 연구는 적으며(Peter, 1984), 특히 이에 대한 과학적 근거나 연구결과는 미흡하고 저온환경에서의 인체작용실험에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 저온환경에서의 내의 소재가 인체 생리에 미치는 영향과 운동시 발생하는 발한으로 인해 습윤된 각 내의 소재와 인체의 반응을 파악하고 쾌적한 의생활을 위한 기초자료를 제시할 목적으로 저온에서 내의 소재에 따른 직장온, 평균피부온, 의복내기후, 젖산농도 및 심리적 반응을 측정하고 이들 상호간의 관계를 분석 검토하였다.

2. 실험

2.1. 피실험자

피실험자는 건강한 성인 남자 6명으로서 신체적 특징은 Table 1과 같다.

Table 1. Physical characteristics of the 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
KT	28	172	68.1	1.338	1.756
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 = $\frac{W \times 1000}{H^3} \times 100$

b) Body surface area (m²) = $W^{0.444} \times H^{0.663} \times 0.008883$
 W : Weight (kg)
 H : Height (cm)

2.2. 실험 의복

실험복은 소재가 다른 겨울용 내의 A(cotton 100%), B(wool 100%), C(wool/cotton : 50/50%), D(acrylic/cotton : 50/50%)의 4가지 시료를 사용하였고 위의로는 겨울용 스포츠웨어(poly/cotton, 65/35)를 착용하였다.

실험의복의 소재구성과 clo(McCullough & Jones, 1984)값을 Table 2에 나타내었다.

2.3. 측정방법

피실험자는 식후 2시간이 경과한 후 기온 20°C, 습도 50% RH의 준비실에서 안정시킨 다음 체중을 측정하고, 측정 센서를 부착 후 실험의복을 착용케하여, 환경실험실에서 행하였으며, 환경조건은 10±0.1°C, 40±5% RH, 기류 0.1 m/sec 이하로 조절하여 피실험자의 신체적 리듬을 고려하여 동일한 시간대에서 실시하였다.

실험은 15분의 안정을 취한 후 Treadmill의 위에서 3.7 mile/hr의 속도로 15분간 Jogging후 다시 안정기를 15분을 가진 후 3.0 mile/hr에서 러닝을 시작하여 매 3분 경과시마다 속도를 3.7, 4.5, 5.2, 6.0, 6.7 mile/hr로 증가시켜 피실험자가 의지적으로 더 이상 운동을 지속할 수 없을 때까지 실시하였으며, 이때 Treadmill의 경사도는 0%에 고정시켰다.

측정은 실험시작시부터 피실험자의 온열환경에 대한 생리적, 심리적 반응을 기록하여 측정치로 하였으며, 측정항목은 피부온도, 직장온도, 발한량, 혈중 젖산농도, 의복기후(의복내 온도), 맥박수, 쾌적감, 온냉감, 습윤감, 피로감 등이다.

Table 2. Characteristics of experimental garments

	Outer wear		Inner wear								
	shirt	short	A		B		C		D		Socks
			shirt	short	shirt	short	shirt	short	shirt	short	
Material	polyest/cotton (65/35%)		cotton (100%)		wool (100%)		wool/cotton (100%)		acrylic/cotton (50/50%)		cotton (100%)
Weight (kg)	0.666	0.401	0.144	0.142	0.243	0.176	0.165	0.162	0.185	0.188	0.049
Clo ^{a)}	0.640	0.385	0.139	0.137	0.234	0.170	0.159	0.150	0.178	0.180	0.047

a) clo = 0.961 × garment Weight(g)

	rest		rest		Recovery
Time(min.)	15	15	15	Until Exhaustion	15
Rectal Temp.(°C)	(every one min)				
Skin Temp.(°C)					
Microclimate(°C & %)(Temp.& Humid.)					
Heart Rate(beats/min)					
Lactate(mmol/l)					
Subjective Sensation	●	●	●	●	●
Body Wt Loss(g/hr)	●	●	●	●	●
Remark	●, ■ : measuring & check				

Fig. 1. Experimental schedules.

측정간격 및 실험과정을 Fig. 1에 나타냈다.

2.4. 측정항목

피부온도 및 평균피부온도 : 피부온도의 측정센서는 JIS T형의 φ0.1 mm 열전대를 사용하였으며, 측정 데이터는 Hybric Recorder(HR-2300, Yokogawa Electric제)에 의해 연속적으로 기록하였다.

측정부위는 이마, 전완, 손등, 발등, 하퇴, 대퇴, 옆구리의 7부위와 참고온도로 가슴, 등, 심부온도로는 직장온도를 연속 측정하여, 아래식에 의해 평균피부온도를 산출하였다.

$$\text{평균피부온도}(\bar{T}_s) = 0.07 T_{\text{head}} + 0.35 T_{\text{trunk}} + 0.14 T_{\text{arms}} + 0.05 T_{\text{hands}} + 0.19 T_{\text{thigh}} + 0.13 T_{\text{leg}} + 0.07 T_{\text{feet}}$$

의복기후 : 의복기후는 Sensitive Hygrometer(CHMT-2, Co-dix제)와 Linear Recorder(FWR-3701, Graphtec 제)를 사용하여 내의와 외의 사이의 온·습도를 가슴과 등 부위에서 연속 측정하였다.

발한량 : 발한량은 인체칭칭인 Multi-range Balance(KCC-150, Mettler제)를 사용하여 실험 전후의 체중을 측정하여 체중 감소량에서 발한량을 구하였다.

혈중젖산농도 : 혈중젖산농도는 각 안정기와 초반 운동후 그리고 후반운동 5분, 10분 경과후와 운동종료시에 Lactate Analysis(YSI 1500)를 이용하여 fingertip방법으로 혈액을 채취하여 측정하였다.

주관적 감각 : 주관적 감각은 Table 3의 도수척도표에 나타낸 것과 같이 온냉감 9단계, 쾌적감 5단계, 습윤감 7단계, 피로

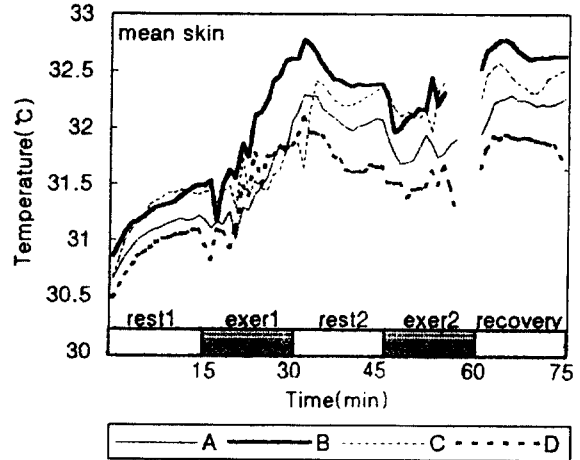


Fig. 2. A comparison of the effects of 4 kinds of clothing on mean skin temperature.

감 4단계를 실험중 15분 간격으로 피실험자에게 신고시켰다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 피부온도 및 평균피부온도

Fig. 2는 평균피부온도의 변화를 각 의복 종류에 대해 나타낸 것으로 의복별 평균피부온도 변화폭은 모두 일정한 경향을 보이며 실험 전체구간에서 B가 32.09±0.77°C로 가장 높았고 그 다음이 C로 31.89±0.78°C, A가 31.71±0.72°C였으며 가장 낮은 평균피부온도는 D로 31.47±0.67°C로 의복간의 유의차(p<0.01)가 인정되었다.

초반 안정기에서도 평균피부온도의 차가 어느 정도 확인되나 운동부하시 더욱 차가 뚜렷함을 알 수 있고 운동부하가 시작되는 시간때는 모든 의복이 오히려 평균피부온도의 뚜렷한 (P<0.01) 저하현상을 보였다.

Fig. 3은 직장온도 및 피부온도의 의복별 변화경향을 나타낸 것이다. 직장온도를 제외한 모든 피부온도에서 의복간의 유의차(P<0.01)가 인정되었다.

이마는 30.64°C로 C가 가장 높은 온도를, D가 29.9°C로 가장 낮은 온도를 보였다.

이마의 온도는 어떤 의복 착용방법이 쾌적한 상태인가를 판

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

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

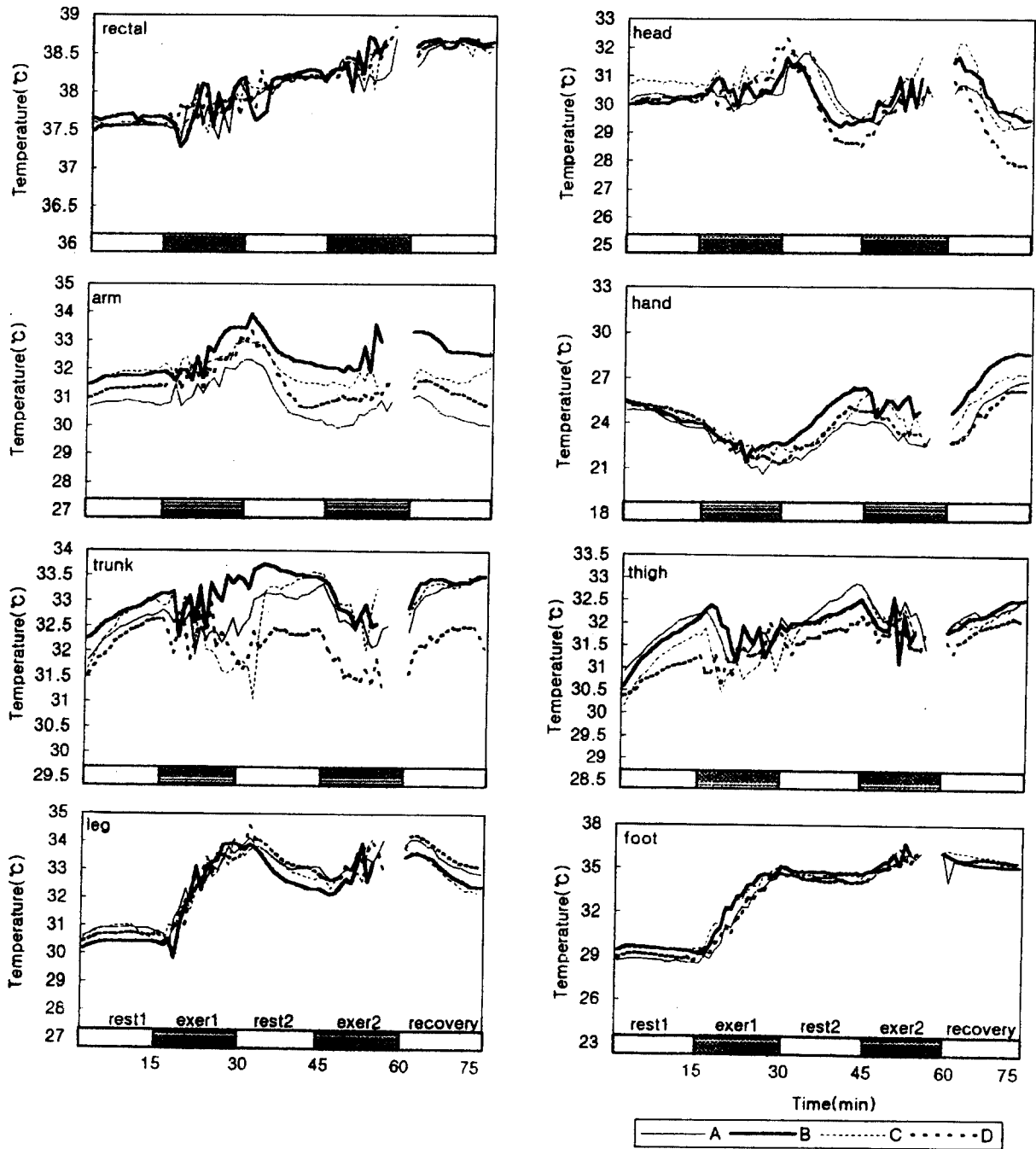


Fig. 3. A comparison of the effects of 4 kinds of clothing on rectal and local skin temperature.

정하는 지표로 취급되며 일반적으로 쾌적한 환경에서의 이마 온도는 33°C~34°C라고(米田, 1974) 알려져 있으나, 모든 의복간에 쾌적온도와 일치하는 보여 지지 않았다.

이는 환경기온의 대류, 복사에 의한 열 이동의 영향을 받는 것으로 추측돼 발한에 의한 냉각과 대사에 의한 열소모를 줄이기 위해서는 사지말단부위의 피복과 동시에 다른 구성요소를 고려할 필요가 있을 것으로 여겨진다.

손등은 B>C>D>A의 순으로 온도가 높았으며 부위별 피부 온도 중 가장 낮은 온도로 나타났다. 다른 피부온도와 비교해

보면 전반 운동시의 하강범위가 가장 길게 지속되고, 운동 부하 시간이 증가됨에 따라 느린 상승폭은 노출된 부위로서 운동시 손등작에 따른 차가운 기류의 영향을 직접 받는데 기인 하리라 사료된다.

팔부위는 B가 32.43°C로 가장 높았으며 가장 낮은 A보다 1.8°C정도 높은 경향을 보이며 피부온도 중 의복간에 가장 많은 차이를 보였다.

발등은 온도 변화의 차가 가장 큰 부위로 운동에 의한 혈류 증대와 운동화의 압박이 나머지 피부온도와 다른 방열저항의

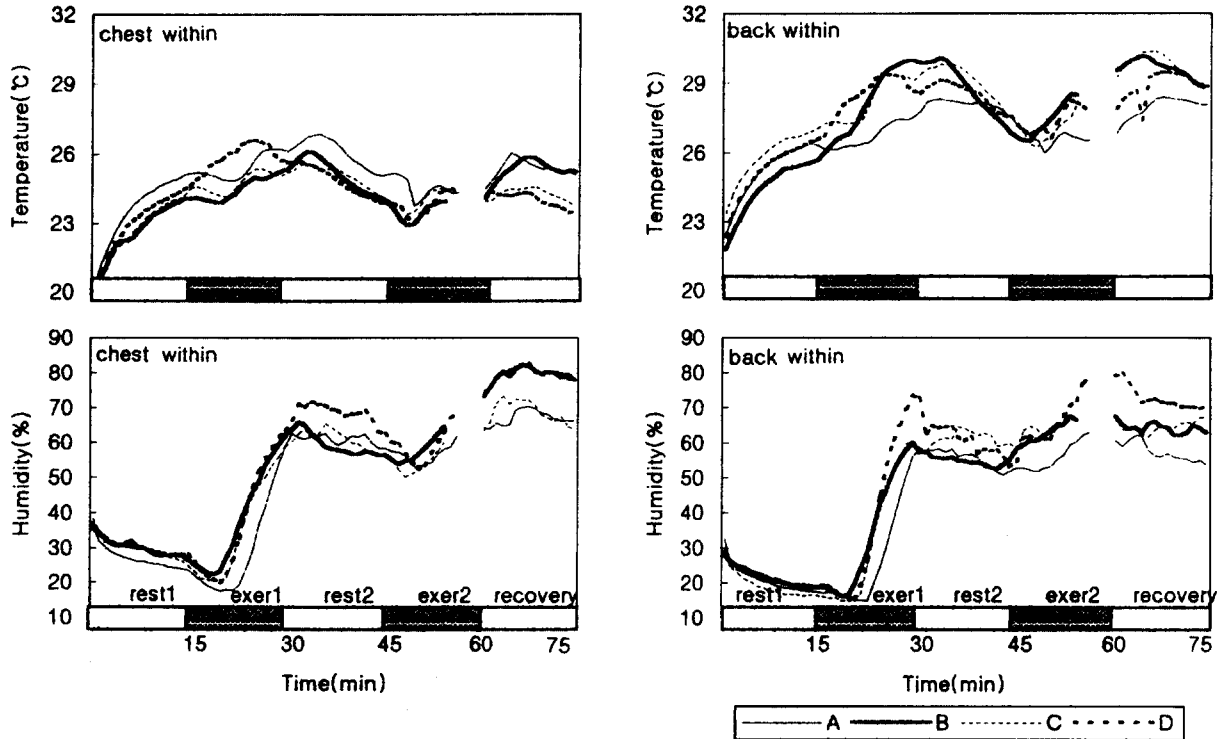


Fig. 4. A comparison of the effects of 4 kinds of clothing on clothing microclimate temperature and humidity.

원인이라 사료된다. 피부온도의 변화폭은 발등 > 손등 > 하퇴 > 팔의 순으로 사지 말초부로 근접할수록 변화폭이 크며, 피부온도를 부위별로 비교하면, 두부 > 구간부가 높고 상지, 하지의 순으로 저하하는 것을 알 수 있다.

이는 인체의 사지말초부는 환경온도의 온도변화에 따라서 피부 혈류량이 구간부보다 크게 변화하며 그 변화폭은 상지부보다 하지부에서 더 크다는 연구(Witzleb E., 1983)와 일치한다.

대퇴부위에서는 A가 32.03°C로 가장 높은 경향을 보이며, B > C > D 순으로 온도변화의 폭은 30~32°C로 대퇴부위와 함께 가장 안정된 피부온도로 나타났으며 이는 core에 근접하는 부위(渡邊 등, 1976)이기 때문으로 해석된다.

인체의 체내온인 직장온도는 환경온도변화에 따라 거의 변화 없이 일률적인 분포를 보이나, 심부온도인 직장온도의 0.1°C 변화는 체내의 화학반응이 진행되는 내부의 온도로서 신진대사의 경로와 속도를 조절하는 중요한 인자로 체온을 일정하게 유지하여 인체의 여러 신체기능의 항상성을 유지하므로 생리적으로 충분한 의미를 갖는다고 볼 수 있고 운동부하 시작지점의 0.2~0.5°C의 하강과 실험 종료시 까지 1°C이상 상승됨은 운동이 신체적으로 강한 방열을 유도함을 알 수 있다.

C, D가 38.08°C의 직장온도를 보였으며 A는 0.05°C, B는 0.02°C 정도 낮은 분포가 나타났으나, 의복간의 유의함은 인정되지 않았다.

3.2. 의복내 온·습도

Fig. 4는 가슴과 등부위의 내의와 외의 사이의 의복기후 변

화를 나타낸 것이다.

의복내온도는 실험전구간에 걸쳐 庄司(1954) 등이 지적한 의복내 쾌적영역인 31~33°C는 모든 소재에 대해 나타나지 않았으며, 가슴부위의 A(25.02±2.04)가 가장 높았고 다음으로 D(24.33±1.50) > B(24.24±1.74) > C(24.15±1.50)의 순으로 유의차를 보였다. 등부위의 의복내온도는 A가 역으로 가장 낮은 온도를 보였고, 다음이 B와 D, 가장 높은 온도는 C로 가슴과 등의 의복내온도 모두 의복간 유의차(p < 0.01)가 인정되었다.

또한 등부위가 가슴부위보다 약 2~4°C 높게 나타났으며 실험이 계속 진행됨에 따라 그 변화폭은 거의 일정한 경향을 보였다.

가슴, 등의 피부온도가 32~33.9°C를 나타내던 A는 의복내온도가 가장 많은 하락을 보여 발한에 의한 내의의 열전도율이 가장 많이 증가한 결과로 해석된다.

가슴과 등부위의 의복내습도는 의복내온도와는 역으로 가슴이 오히려 등보다 4~12%정도 높은 경향을 보이며 휴식기에 그 차가 더욱 뚜렷함을 알 수 있다. 이는 신체 구간부의 각 부위중 등은 고온저습이고, 가슴의 온도는 저온이며 가슴은 외기의 영향을 받기 쉽다는 것을(성수광, 1997) 알 수 있으며 이와 같은 경향은 Kwon 등(1998)의 연구결과와 같은 것이다.

또한 초반 운동부하 시작 기점 5분 경과시까지 하락을 보이다가 운동시 상승하고 휴식기에 하강을 보이는데 이는 운동과 함께 의복내의 공기층은 대류의 증가로 인한 외부 공기유입으로 초기에 의복내기후가 강하하는 것으로 Vokac 등의 연구(Vokac, et al., 1973)와 일치한다.

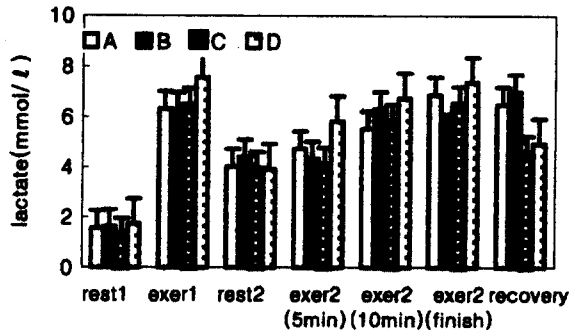


Fig. 5. A comparison of the effects of 4 kinds of clothing on lactate.

3.3. 혈중젖산농도 및 발한량

혈중젖산 측정은 근운동의 무산소적 대사의 지표이며 피로의 화학적원인으로 평가되는 중요한 지표가 된다(이강평, 1985)고 알려져 있으며, 실험중의 농도변화는 Fig. 5에 나타난 것과 같다.

모든 의복간에 증감의 변화는 비슷한 경향을 보였으며, 의복간의 젖산농도차는 뚜렷하게 볼 수 없으나, 시간 경과에 따른 유의차(P<0.01)는 인정되었다.

전반 운동후의 젖산 농도는 6~7.8 mmol/l 정도의 수치를 보였으며, 후반 운동 종료시는 운동부하의 강도가 더욱 높은 것에 반해 수치는 비슷하거나 오히려 낮은 경향을 보였다. 또한 젖산은 회복 시간이 1시간 이상 소요된다는 연구(Astrand et al., 1970, Reichard et al., 1961)와 같이 본 연구에서도 모든 의복이 회복시 15분 경과에서도 안정상태로 돌아오지 않음을 알 수 있다. 의복 D는 전·후 운동부하 종료시 가장 높은 수치를 보여 근피로 현상이 빨리 나타남을 알 수 있다.

Fig. 6은 피험자들의 체중 감소량의 평균을 의복 소재별로 제시하였다.

발한량에 있어서 의복별차는 B(228.89±35.06) > D(212.26±35.31) > C(197.02±35.18) > A(186.66±39.93)의 순으로 유의(P<0.01)하여 의복내습도와 같은 양상을 보임은 A는 D에 비해 발한을 흡수한 결과로 보온성이 저하되고 열전달이 쉬워 환경으로 열방산이 증대되었다.

3.4. 주관적 감각

저온 환경에서의 온냉감, 쾌적감, 습윤감, 피로감에 대한 경시에 따른 의복별 주관적 감각을 신고시켰다. 이들 신고 결과로부터 온냉감의 경향을 고찰해 보면, 전, 후 운동부하에서는 의복간에 뚜렷한 차이는 보이지 않았으나 후반 안정기와 휴식기에서 B가 "덥다"로 나타났으며, 그 다음이 혼방인 C와 D가 "따뜻하다"쪽으로 A가 가장 "서늘하다"에 근접함을 보여 의복내 기후와 발한량의 결과와 같음을 알 수 있었다.

이는 운동시에 발생한 발한의 증발로 인해 피험자는 서늘하게 느껴진다고 답하여 발한에 의한 흡착열이 D가 다른 내의소재에 비해 결합이 강함에 기인한 것으로 A는 가장 약한 것으로 보인다.

쾌적감은 모든 의복에서 중립점에서 시작하여 운동부하시에

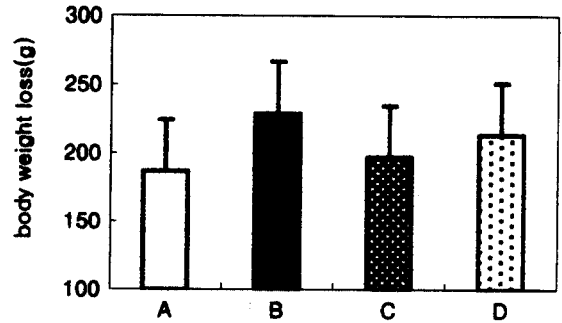


Fig. 6. A comparison of the effects of 4 kinds of clothing on body weight loss.

불쾌영역에 근접하여 다시 안정기가 되면 빠른 회복을 보였다. 내의 소재에 따른 경향을 보면 A소재는 불쾌영역으로의 상승 경향이 가장 크고, D소재가 가장 완만함을 보였다. 이는 흡수에 따른 흡착열의 영향으로 해석된다.

습윤감은 B가 가장 중립점에 위치하며, 모든 의복이 근소하여 뚜렷한 변화를 확인할 수 없었다.

운동부하 실시이후부터 실험종료시 휴식기의 피로감에서는 C가 가장 피로하다에 근접하였으며, 이는 실험 종료후 피실험자들과의 인터뷰에서 나타난, 운동시 중량감과 운동부하 증가시 구속력을 가장 느끼게 하는 것이 C라는 결과와도 일치하여 운동부하 증가에 의한 발한 축적이 소재와 피부면의 밀착에 기인한 것으로 사료된다.

이상의 연구결과에서 볼 때, 한냉에서 운동으로 인한 발한이 수반되었을 경우 생리적 반응, 의복내 기후, 심리적 반응 모두가 쾌적영역을 벗어나 불쾌영역으로 작용하나, 운동부하에 따른 발한이 수반됨으로써 cotton소재의 불쾌영역으로서 상승경향이 큼에 비해 wool소재는 완만한 경향을 보였다. 이로 흡수에 다른 소재의 흡착열 영향에 의한 주관적 감각의 결과로 해석된다.

4. 결 론

저온환경에서의 발한을 유도한 운동시 내의 소재에 대한 인체의 온열생리적 반응과 열적쾌적성에 미치는 요인의 관계를 규명하고 의복의 성능평가를 위한 과학적 해명에 기여할 목적으로 4종의 내의 소재를 대상으로 기온 10±1°C, 습도 40±5% RH의 환경조건하에서 실시하여 체온조절계특성 및 주관적 감각을 파악하고, 이들 특성치들 간의 분석을 통하여 아래와 같은 결론을 얻었다

1. 의복별 평균피부온도에서는 wool이 32.09±0.77°C로 가장 높았고 그 다음이 cotton/wool로 31.89±0.78°C, cotton이 31.71±0.72°C였으며 가장 낮은 평균 피부온도는 acrylic/cotton로 31.47±0.67°C로 의복간의 유의차(p<0.01)가 인정되었다.
2. 피부온도중 손 등을 비롯한 대부분의 부위에서 wool > cotton/wool > acrylic/cotton > cotton의 순으로 높았으며, 팔부위는 wool이 32.43°C로 가장 높았으며 가장 낮은 cotton보다

1.8°C정도 높은 경향을 보이며 피부온 중 의복간에 가장 많은 차이를 보였다.

3. 의복기후에 있어서 가슴부위의 소재별 의복내온도는 cotton > acrylic/cotton > wool > cotton/wool의 순으로 높았으며, 등부위의 소재별 의복내온도는 cotton/wool > wool > acrylic/cotton > cotton로 가슴과 등의 온도는 반대경향을 보였으며, 부위별 의복내온도로 등부위가 가슴부위보다 높았다. 가슴과 등부위의 의복내습도는 의복내온도와는 반대로 가슴부위가 등부위보다 높았으며, 휴식기에 그 차가 더욱 뚜렷하였다.

4. 한냉환경하에서의 운동시 소재별 의복의 발한량은 wool > acrylic/cotton > cotton/wool > cotton의 순으로 나타났다.

5. 한냉환경하에서의 흡습에 의한 소재별 주관적 감각은 운동발한시 습윤에 의한 소재별 온냉감 및 습윤감에 있어서 wool소재가 우수하고 흡착열의 완충효과로 인해 감각의 변화 폭이 가장 작게 나타난 반면 cotton소재는 가장 증감의 폭이 뚜렷하였다.

참고문헌

이강평 (1985) "운동생리학". 수문사, 서울, p. 132.
 성수광 (1997) "의복환경학". 대건출판사, 대구, p. 143.
 米田幸雄 (1974) "衣服衛生學". 化學同人, 東京, p. 69.
 渡邊ミチ, 田村照子, 天野美保 (1976) Thermographyによる皮膚溫測定(第1報) 環境溫度25°Cにおける成人女子の皮膚溫分布. 文化女子大學 紀要, 7, 157-164.
 庄司 光, 金子ふさ, 木下千代 (1954) 皮膚溫, 衣服下氣溫の季節的變動 (第2報) 皮膚溫分布に關する諸要因. 大阪市立大學 家政學部 紀要, 2(2), 87-104.

Astrand P. O. and Rodahl K. (1970) "Textbook of work physiology". McGraw-Hill Book cl., New York, pp. 288-297.
 McCullough E.A., and Jones B.W. (1984) A comprehensive data base for estimating clothing insulation. *Institute Environmental Research Technical Report* 84-01, Kansas State University, pp.1-45, pp.95-98.
 Fox E.L. and Mathews D.K. (1981) "The Physiological Basis of physical education and athletics". Saunders College Publishing, Philadelphia, pp. 455-475.
 Holmer I. (1991) Protective clothing for the extreme cold. *Proceedings of 2nd International Symposium on Clothing Comfort Studies in Mt. Fuji.*, pp. 61-79.
 Kwon O.K., Kwon A.H., Masako K., Chio H. and Hiromi T. (1998) The effects of local cooling on thermophysiological response in participants wearing dust-free garments. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 4(1), 57-67
 McCullough E.A. (1991) Transient thermal response of different types of clothing due to humidity step changes. *Proceedings of 2nd International Symposium on Clothing Comfort Studies in Mt. Fuji*, pp. 1-22.
 Peter H. (1984) Wool underwear for warmth and comfort. *Wool Science Review*, 61, 47-60.
 Reichard G.A., Issekutz B. Jr., Kimbel P., Putnam R.C., Hochella N. J. and Weinhouse S. (1961) Blood glucose metabolism in man during muscular work. *J. Appl. Physiol.*, 16(6), 379-392.
 Wehner J.A., Miller B. and Rebenfeld L. (1988) Dynamics of water transmission through fabric barriers. *Textile Res. J.*, 58(10), 581-592.
 Witzleb E. (1983) "Functions of the vascular system Human Physiology". Springer-Verlag, New York, pp. 398-455.
 Vokac Z., Kpke V. and Keul D. (1973) Assessment and analysis of bellows ventilation of clothing. *Textile, Res. J.*, 43, 474-482.
 (1999년 1월 13일 접수)