

숯 날염가공한 방호복의 인체생리반응 및 쾌적성 평가

정명희[†] · 박순자* · 신정숙** · 小柴朋子*** · 田村照子***

경희대학교 의류디자인전공, *서울대학교 생활과학연구소, **상명대학교 의류학과
***日本 文化女子大學 服裝學部

Evaluation of Physiological Responses and Comfort of Protective Clothing Using Charcoal Printing

Myung-Hee Chung[†] · Soon-Ja Park* · Jung-Sook Shin**
Tomoko Koshiba*** · Teruko Tamura***

Dept. of Clothing Design, Kyunghee University
*Dept. of Clothing & Textiles, Seoul National University
**Dept. of Clothing & Textiles, Sangmyung University
***Home Economics, Bunka Women's University

(2006. 1. 16. 접수)

Abstract

The purpose of this study was to determine the practicability of an experimental protective clothing by identifying the human body's physiological responses to it as well as the human body's comfort level when wearing it, particularly with the use of a processed charcoal material. The experimental protective clothing came in two types: one whose outer side made use of polypropylene film, and the inner side, a non-woven rayon fabric; and one whose inner side made use of a non-woven fabric processed with charcoal with a 10% density. Experiments were conducted on five healthy adult women whose average age was 21. These experiments were conducted at a climatic chamber, in which the temperature and relative humidity were set below 28±1°C and 50±10%, respectively, and were measured within a period of 60min, consisting of a 20-min rest period, a 20-min exercise period, and a 20-min recovery period. Based on the results of this study, the efficiency of the processed charcoal material was reviewed, and a database requiring the production of more functional and comfortable protective clothing materials was established

Key words: Rectal temperature, Skin temperature, Sweating rate, Clothing microclimate, Subjective sensation; 직장온, 피부온, 발한량, 의복내 기후, 주관적 감각

I. 서 론

최근 생활수준의 향상과 더불어 기능성 · 쾌적성 · 건강지향성이 의복의 고부가가치의 요인으로 요구되

면서 천연소재를 응용한 친환경소재와 녹차, 대나무, 콩, 알로에, 비타민 등 여러 가지 스킨케어 기능을 함유한 건강쾌적소재들이 다양하게 연구보고 되고 있다(傍島, 2002; 鈴木, 2004; 林田, 2004a; 林田, 2004b). 그러나 이러한 소재들의 활용범위는 속옷이나 내의류를 포함한 일상복이 대부분이며, 더 나아가서는 스포츠웨어 정도에 머무르고 있는 실정으로, 특수한 환경의 작업복에의 활용은 미흡한 실정이다. 환경에 적합한 작업

[†]Corresponding author

E-mail: mhchung719@hanmail.net

본 논문은 학술진흥재단 연구비지원에 의해 수행되었음.
(KRF-2003-042-C20123)

복의 개선과 선택은 작업능률을 향상시킬 뿐만 아니라 작업자의 건강을 위해 필수적이다. 그러나 현실적으로는 작업복에 대한 정보부족, 경제적여건, 무관심 등으로 작업환경에 적절하지 못한 작업복을 착용하고 있는 경우가 대부분이다. 본 연구자들이 조사한 소각장 작업복의 현황분석 결과에서도 이러한 상황을 확인할 수 있었다(박순자 외, 2004a). 생활폐기물 소각장 작업복의 현황을 분석한 결과, 작업자들의 약 40%가 근무환경이 유해하지만, 현재의 작업복은 유해물질로부터의 인체보호 효과는 없다고 응답하였다. 또한, 현재 우리나라 소각장에서 착용되고 있는 부직포로 만든 일회용 작업복은 값이 저렴한 반면, 소재가 유해물질 차단 효과가 거의 없는 것으로 조사되었으며, 단지 착용함으로써 오염을 방지하거나 심리적인 안정감을 주고 있을 뿐임을 알 수 있었다(박순자 외, 2004a).

최첨단산업과 생활의 선진화를 추구하고 있는 현실에서 특수한 환경에 적합한 작업복의 개발은 선진사회의 필수 사항이라고 사료되는 바, 본 연구자들은 아직까지 연구대상으로서 수행한 적이 없는 생활폐기물 소각장의 방호복에 대한 연구를 진행하였다. 생활폐기물 소각장은 여러 가지 화학물질의 연소 등으로 다이옥신을 비롯한 각종 유해물질의 오염이 심한 작업장으로, 방호복의 형태는 유해물질이 인체에 침투하지 못하도록 인체를 감싸는 밀폐형이다. 따라서 방호복 착용 시 의복내 기후의 상승과 불쾌감을 피할 수가 없으므로, 될 수 있는 한 유해물질의 차단은 물론, 불쾌감을 적게 하여 작업자의 건강유지 및 작업능률의 저하를 막을 수 있는 방호복이 요구된다. 이에 우선적으로 국내의 방호복의 현황을 분석, 검토하여 방호성능 개선, 특히 다이옥신과 중금속 등의 차단을 위한 소재개발에 중점을 두고 연구를 진행하였다. 소재개발에는 솟을 사용하여, 먼저 솟이 지닌 기능과 특성을 가장 적합하게 활용할 수 있도록 하기 위하여 세탁성의 문제점을 고려할 필요가 없는 일회용 작업복 소재에 솟 날염가공을 하여, 원포와의 물리, 화학적 특성을 평가 검토하였다. 그 결과, 원포와 비교하여 공기투과도는 낮고, 음이온 발생효과는 없었으나, 흡습성, 흡수율, 탈취성, 항균성과 원적외선 효과는 크게 나타났다(신정숙 외, 2004). 또한 패치테스트에 의한 중금속 분석에서도 원포보다 솟 날염가공 소재가 중금속 차단성이 높다는 결과를 확인하였으며(박순자 외, 2004c), 특히 소각장에서 가장 심각

한 문제로 대두되고 있는 다이옥신 흡착에 있어서도 효과가 있음이 확인되었다(박순자 외, 2004b).

일상복과는 달리 방호복 착용의 최고 목적은 의복이 하나의 도구적인 역할을 하여 유해한 작업환경으로부터 인체를 보호함과 동시에 인체생리반응을 원활하게 유지시켜 작업능률의 저하를 방지하는 것이다. 솟 날염가공 소재의 유해물질 흡수효과는 상술한 바와 같이 선행연구를 통하여 확인되었으므로, 본 연구에서는 솟 날염가공소재로 제작한 방호복 착용을 통하여 인체와 의복과의 상호관련성을 유기적으로 고찰함으로써, 보다 건강하고 기능적이고 쾌적한 방호복의 설계와 개발에 유용한 데이터베이스를 구축하고자 방호복의 인체착용실험을 실시하였다.

II. 연구방법

1. 환경조건

환경조건은 예비실험 온도 $26 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $60 \pm 10\%$, 실험실 온도 $28 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $50 \pm 10\%$, 기류 0.3m/sec 이하로 설정하였다. 실험은 일본문화여자대학의 인공기후실에서 실시하였다.

2. 피험자

피험자는 평균연령 23세, 체중, 신장 및 체표면적의 평균치가 49.78kg , 1.58m , 1.55m^2 , body mass index가 20.02인 보통체형의 건강한 성인 여자 5명을 대상으로 하였다. 월경주기는 월경기 1명, 황체기 2명, 난포기 2명으로, 각 피험자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다. 실험 중 피험자의 일주기리듬(circadian rhythm)의 영향을 최소화하기 위하여 동일 피험자에 한하여 동일한 시간대에 맞추어 실험을 실시하였다.

3. 실험복 조건

실험복의 소재는 일본 (주)메디텍 자판(MEDITEC JAPAN)에서 일회용 작업복 소재로 개발한 폴리프로필렌 스팬본드 부직포(겉쪽은 폴리프로필렌 미다공 필름, 안쪽은 레이온 부직포)를 사용하여, 가공하지 않은 원포에 솟 농도 10%로 날염가공을 하였다. 소재의 간단한 물리적 특성을 <Table 2>에 정리하였다.

실험복은 두 종류로 원포, 즉 가공을 하지 않은 부

Table 1. Physical characteristics of subjects

Subjects	Age(yr)	Weight(kg)	Height(m)	B.S.A.*(m ²)	B.M.I.***(kg/m ²)	Menstrual cycle
A.K.	24	45.45	1.57	1.59	18.44	L.p
A.M.	24	50.35	1.5	1.50	22.38	F.p
I.H.	22	51.77	1.64	1.53	19.25	M
K.M.	22	53.09	1.62	1.46	20.23	L.p
M.D.	22	48.23	1.56	1.66	19.82	F.p
Mean	23	49.778	1.578	1.548	20.024	
S.D.	1.095	3.016	0.05	0.079	1.478	

*Body surface area=weight^{0.425}×height^{0.725}×72.46

**Body mass index=weight/height²

Menstrual cycle=M: Menstruation, L,p: Luteal phase, F,p: Follicular phase

Table 2. Characteristics of fabric

Characteristics	NCF	CF
Thickness(mm)	0.282	0.372
Weight(g/m ²)	65.3	133.11
Moisture absorption(%)	2.152	9.726
Air permeability(cm ³ /cm ² /sec)	3.904	3.173
Thermal property(%)	35.1	36.2

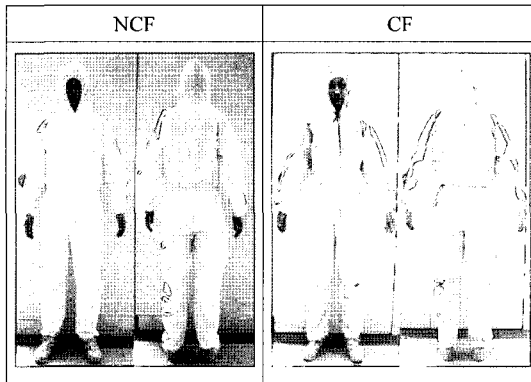


Fig. 1. Experimental clothing

직포로 제작한 방호복(이후 NCF로 표기)과 숯 날염가공한 부직포로 제작한 방호복(이후 CF로 표기)이다. CF는 숯 날염가공한 면을 안쪽으로 하여 제작하였다. 실험복의 사이즈는 일본 JIS 규격의 작업복 사이즈 기준치와 실제 시판되고 있는 방호복의 사이즈를 참고로 하여 수정 보완하였다. 본 실험의 방호복은 동일 사이즈로, 어깨너비(18inch)와 등길이(20inch), 엉덩이둘레(40inch)를 기준으로 제작하여 허리부위에 고무줄 넣어 조이는 콤팩트이선형태로 구성되었다(Fig. 1).

4. 측정항목

측정항목은 직장온, 피부온, 발한량, 체중감소량, 심박수, 혈압, 의복내 온도와 습도 및 주관적 감각 평가이다.

직장온과 피부온은 직장온과 피부온 센서를 데이터 콜렉터(Data Collector AM-7052, 일본 ANRITSU 사)에 접속하여 10초 간격으로 측정하였다. 피부온은 Hardy & Dubois의 7점식 측정법에 의해 이마, 가슴, 전완, 손등, 대퇴, 하퇴, 발등을 측정하였으며, 평균 피부온의 계산은 각 부위 면적의 안분비율에 의해 아래의 계산식을 사용하여 산출하였다.

$$T_{msk}=0.07T_{forehead}+0.35T_{chest}+0.14T_{forearm}+0.05T_{hand}+0.19T_{thigh}+0.13T_{leg}+0.07T_{foot}$$

발한량은 환기 캡슐법을 응용하여 개발된 발한 측정기(SKINOS, 일본 SKINOS사)의 캡슐을 가슴과 등 부위에 부착하여 1초 간격으로 측정하였다. 체중감소량은 정도가 0.001g인 전자식 체중계(F150S-XD, 일본 SARTORIUS사)를 사용하여 운동 전후 측정된 체중의 증량차에 의해 산출하였다. 심박수는 심박변동 측정 시스템(POLYGRAPH SYSTEM RM-6000, 일본 NIHON KOHDEN사)을 사용하여 송신기를 통해 전달되어 화면에 나타나는 심박수를 2분 간격으로 기록하였다. 혈압은 전자 손목 자동혈압계(LTDHEM-634, 일본 OMRON사)를 사용하여 운동 전과 운동 직후 2회 측정하였다. 의복내 온도와 습도는 의복내 온·습도센서를 데이터 스토커(Data Stocker, TR H-DM3, 일본 SHINYEI사)에 접속하고, 센서부분을 가슴과 등 부위에 접촉시켜 10초 간격으로 측정하였다. 주관적 감각평가는 일본공조학회 온냉감 소위원회

Table 3. Scale of subjective rating

Thermal sensation	Humidity sensation	Comfort sensation
3 Hot	3 Very damp	
2 Warm	2 Damp	
1 Slightly warm	1 Slightly damp	
0 Neutral	0 Neutral	0 Comfortable
-1 Slightly cool	-1 Slightly dry	-1 Slightly uncomfortable
-2 Cool	-2 Dry	-2 Uncomfortable
-3 Cold	-3 Very dry	-3 Very uncomfortable

척도를 참조로 수정 보완하여, 온열감과 습윤감은 -3에서 +3까지 7단계, 쾌적감은 0에서 -3까지 4단계로 평가하였다(Table 3). 각각의 주관적 감각은 5분 간격으로 측정하였다.

5. 실험순서

피험자는 우선 예비실에 입실하여 30분 이상의 안정을 취한 후, 실험실에 입실하여 실험복을 착용한 후 앉은 자세로 안정기 40분, 운동기 20분, 운동 후 다시 앉은 자세로 회복기 20분을 거쳐 실험을 종료하였다. 속옷으로는 동일형태의 면100% 반소매 메리야스와 팬티를 착용하였다. 실험은 총 80분간 실시하였으나, 그 중에서 데이터 측정은 안정기 20분, 운동기 20분, 회복기 20분간 총 60분간 측정하였다. 운동은 트레드 밀(TREAD MILL, DC-130, 일본 SEISHUDO사)을 사용하여 2mile/h(약 106보/분)의 걷기운동을 실시하였다.

6. 통계분석

실험은 random으로 하였으며, NCF와 CF 각각의 착용 조건하에서 1인 2~3회 반복 실시하였으며, 실시한 데이터의 평균치를 결과로써 사용하였다. 모든 데이터는 엑셀에 의한 이원 배치분산분석법으로 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

모든 결과는 피험자 5명의 평균치와 표준편차로 검토하였다.

1. 직장온

<Fig. 2>는 직장온의 결과를 나타낸 그래프이다.

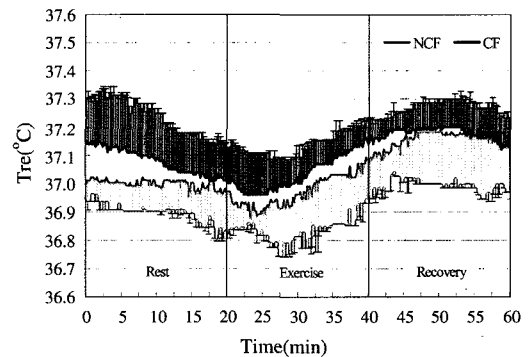


Fig. 2. Rectal temperature(Mean±S.D., n=5)

NCF보다 CF가 약간 높은 수치를 나타내었으나, 유의한 차이는 아니었다. 안정기 시점에서는 CF가 약 0.15°C정도 높은 수치를 나타내었으나, 그 차이는 점점 줄어들어 회복기 약 11분 후부터는 거의 같은 수치를 유지하였다. NCF와 CF 각각의 평균치는 안정기 37.0°C/37.08°C, 운동기 36.97°C/37.04°C, 회복기 37.16°C/37.18°C이었으며, 전체적인 평균치는 NCF와 CF 각각 37.04°C와 37.10°C를 나타내었다. 시간별 변동은 안정기 시점부터 서서히 감소하다가 운동 약 5분 후부터는 증가하였으며, 회복기 약 6분 후부터 다시 서서히 감소하는 경향을 나타내었다.

운동시에는 근육의 사용으로 인해 체온이 상승하지만, 혈관활동과 그에 의한 발한 등에 의한 방열을 통하여 다시 일정한 체온으로 돌아온다. 藤島 외(1981)는 26°C에서 운동부가시의 체온변동을 검토한 결과, 체온은 운동 약 6~9분 후부터 증가하였다고 보고하였다. 近藤과 池上(1986)는 15°C, 25°C, 35°C의 환경 조건에서 운동 시의 체온을 검토한 결과, 15°C, 25°C에서의 체온상승은 거의 같은 경향을 나타내었으나, 35°C에서는 다른 환경에서보다 크게 상승하여 고온 환경에서의 체온상승은 환경온과 깊이 관계한다고 지적하였다. Johnson et al.(1974)은 운동 시의 체온상

승은 비온열성 자극에 의한 피부혈관수축과 온열성 자극에 의한 피부혈관확장에서 산열량이 방열량보다 크기 때문에 나타나는 경향이라고 지적하였다. 본 실험에서 환경과 운동강도는 NCF와 CF 모두 동일한 조건이다. 따라서 유의한 차이는 아니지만, NCF와 CF와의 수치적 차이는 소재의 물리적 특성에 따른 비온열성자극에 의한 결과라고 사료된다. 즉, NCF보다 CF의 흡습성과 보온성이 높음으로 인해 의복내 기후조건이 달라졌고, 이러한 결과는 동일한 운동조건하에서 생산되는 체열을 피부혈관활동에 의해 체표면으로 이동시키는 과정과 전해진 열을 방산하는 과정에서 의복내 기후조건의 차이를 부가시켜 나타난 결과라고 본다.

2. 평균피부온

<Fig. 3>은 평균피부온의 결과이다. NCF보다 CF가 약간 높은 수치를 나타내었으나, 유의한 차이는 아니었다. 안정기 시점에서 CF가 약 0.25°C 정도 높은 수치를 나타내었는데 이러한 차이는 회복기까지 계속되었다. NCF와 CF 각각의 평균치는 안정기 34.85°C/35.06°C, 운동기 34.85°C/35.09°C, 회복기 34.91°C/35.11°C로 비슷한 수치를 나타내었으며, 전체적인 평균치는 NCF와 CF 각각 34.8°C와 35.0°C이었다. 시간별 변동은 안정기 시점부터 서서히 증가, 운동직후에는 감소, 운동 약 5분 후부터 다시 증가, 운동 약 12분 후부터는 다시 감소, 운동종료 후 다시 서서히 증가하는 경향을 나타내었다.

Ohnuki and Nakayama(1982)는 운동 시의 피부온 감소는 대사에 의한 산열량과 상관관계가 있다고 지적하였다. 森谷(1987)는 운동부가 시 피부온은 운동 초기에는 감소하고, 어느 정도 후에 증가하는 경향으로

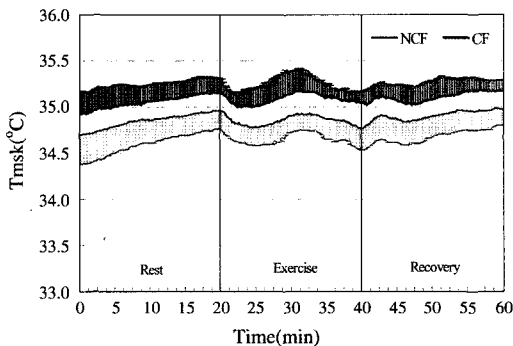


Fig. 3. Mean skin temperature(Mean±S.D., n=5)

부터 피부온에 관여하는 말초혈관수축은 작업근의 부위에서 강하게 나타난다고 추측하였다. 鳥井 외(1987)는 운동 중의 피부온 감소는 발한에 의한 열방산이 주요 원인이라고 지적하였다. 본 실험 결과에서는 NCF와 CF 모두 동일한 변동을 나타내었는데, 운동초기의 피부온 감소는 작업근의 확대에 따른 말초혈관수축이, 운동 중의 피부온 상승은 근혈류량의 증가 및 근육온도의 상승에 의한 방사열로 피부혈관확장이, 다시 감소하는 현상은 발한에 의한 열방산이 원인이었을 것으로 사료된다.

3. 발한량

<Fig. 4>는 가슴과 등부위 발한량의 결과이다. 가슴과 등부위 모두 NCF와 CF간에 약간의 차이는 있었으나 유의한 차이는 나타나지 않았다. NCF와 CF 각각의 평균치는 가슴부위가 안정기 0.023mg/0.031mg, 운동기 0.092mg/0.101mg, 회복기 0.052mg/0.059mg로 운동기에서 높은 수치를 나타내었으며, 전체적인 평균치는 NCF와 CF 각각 0.056mg과 0.064mg을 나타내었다. 등부위에서는 안정기 0.030mg/0.018mg, 운동기 0.154mg/0.133mg, 회복기 0.079mg/0.076mg

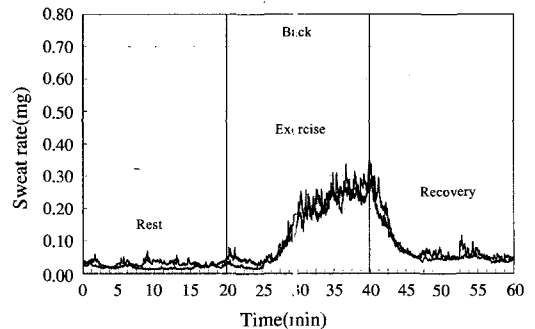
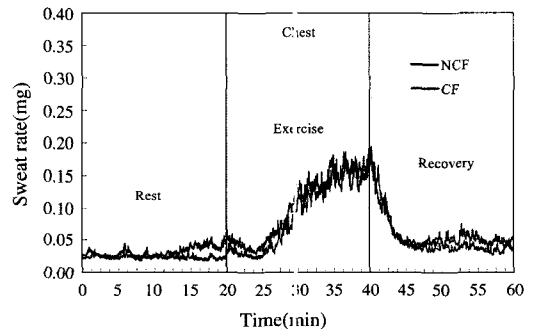


Fig. 4. Sweat rate(Mean, n=5)

로 가슴부위와 같이 운동기에서 높은 수치를 보였고, 전체적인 평균치는 NCF와 CF 각각 0.088mg과 0.76 mg을 나타내었다. 시간별 변동은 안정기에는 일정한 수치를 유지하였으며, 운동직후 약간 감소하다가 운동 약 5분 후부터 급격히 증가, 약 12분 후부터는 서서히 증가하였다. 이러한 발한량의 증가는 운동종료 직후에 최고치를 나타낸 후 급격히 감소하여 회복기 약 5분 후부터 다시 일정한 수치를 나타내었다.

인체로부터는 한서에 관계없이 끊임없이 수분증산이 일어나고 있고, 특히 서열환경에서는 발한에 의한 체열방산을 통하여 일정한 체온이 유지된다. 官側 외(1985)는 운동부가 시의 발한반응은 온열성 요인만이 원인이 아니라 운동량에 동반하는 정신적 흥분에 따른 교감신경계반응의 증감에 크게 영향을 받으며, 교감신경계반응의 정도가 발한의 개인차에 상당히 관여한다고 지적하였다. 본 실험 결과에서도 다른 항목보다도 발한량에서 개인차와 부위차가 보다 현저하게 나타났다. 유사한 연령과 동일한 성(性)임을 고려할 때, 생활습관, 간선수의 차이와 官側 외(1985)이 지적한 바와 같이 운동에 의한 정신적 긴장감에 따른 교감신경계 활동의 차이에 의한 결과라고 본다.

Nielsen(1938)은 환경온도가 5~29°C 사이에서 체온은 환경온도에 관계하지 않고 운동강도에 따라 규정되지만, 일정한 환경조건에서의 발한량은 체온의 상승에 비례하여 증가한다고 보고하였다. 鳥井 외(1987)는 운동시의 체온과 발한속도의 변화는 환경조건과 운동강도에 의해서는 일정한 경향을 나타내지만, 피부온은 혈류량의 변화, 환경요인 등의 원인으로 그렇지만은 않다고 지적하였다. 본 실험에서 발한량은 운동초기에는 감소하다 증가하였는데, 이것은 긴장감에 의한 피부혈관수축현상과 안정 시의 정적자세에서 동적자세로 바뀌면서 발생한 강제기류에 의한 결과라고 추측된다. 또한, 운동 중의 발한량 증가는 체온유지를 위한 근혈류량의 증가에 의한 산열의 습윤방산에 의한 것이라고 사료된다.

4. 체중감소량

<Fig. 5>는 체중감소량의 그래프이다. 적게는 약 41g/m²hr에서 많게는 약 62g/m²hr까지 개인차가 나타났으나, 전체적으로 NCF와 CF간의 유의차는 보이지 않았다. 피험자 5명의 평균치에서 NCF보다 CF가 약 0.194g/m²hr 더 많이 감소하였다. 유의한 차이는 아니

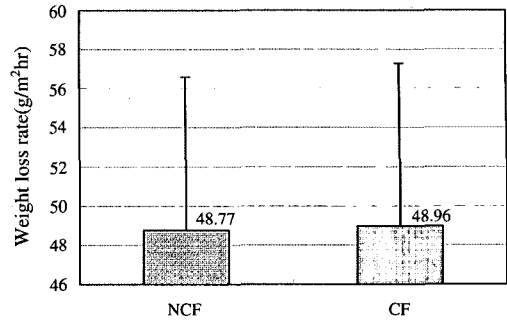


Fig. 5. Weight loss rate(Mean±S.D., n=5)

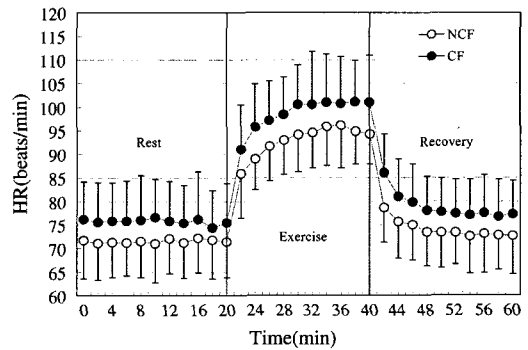


Fig. 6. Heart rate(Mean±S.D., n=5)

었지만 이러한 차이는 인체로부터의 수분증발량에 의한 것으로, 발한과 운동 중의 호흡을 통한 수분증발량의 차이에 의한 결과라고 사료된다.

5. 심박수

<Fig. 6>은 심박수의 결과이다. NCF보다 CF에서 높은 수치를 나타내었으나, 유의한 차이는 아니었다. NCF와 CF 각각의 평균치는 안정기 72회/분, 76회/분, 운동기 93회/분, 99회/분, 회복기 74회/분, 79회/분으로 운동기에서 높은 수치를 나타내었으며, 전체적인 평균치는 NCF와 CF 각각 79회/분과 84회/분을 나타내었다. 시간별 변동은 안정기에서는 일정한 수치를 유지하다가 운동직후 급격히 증가한 후 서서히 증가하여 운동 약 16분에 최고치를 나타내었다. 운동종료와 함께 다시 급격히 감소한 후 서서히 일정한 수치로 회복하였다.

운동부가에 따라서 증가하는 심박수의 조절에는 자율신경계가 관여하며, 저항도 운동과 고강도 운동시에는 각각 미주신경활동의 억제와 교감신경활동의 부활

에 의존한다(中村와 山本, 1991; Mazzeo & Marshall, 1989; Yamamoto et al., 1991). 曾根 외(1993)와 林 외(1995)는 대부분의 경우, 운동 후의 심박수는 운동 전의 수치로 회복되지만, 그렇지 않는 경우도 있는데, 운동강도가 적을수록 운동 후의 교감신경활동은 운동 전과 동일한 활동 레벨로 회복하지만, 강도가 높은 운동 후일수록 교감신경활동은 흥분한 상태를 유지하여 안정 시보다 높은 심박수를 나타낸다고 지적하였다. 본 실험의 운동강도는 중강도 정도의 운동에 속하며, 심박수의 변동은 운동과 함께 증가하여, 회복기에는 안정기의 수치보다 약간 높은 수치를 나타내었다. 이러한 결과는 운동강도와 더불어 운동에 따른 피험자의 정신적 부담에 의한 교감신경활동의 흥분에 의한 것으로 사료된다.

6. 혈압

NCF와 CF 각각의 최고혈압/최저혈압은 운동 전 106/63, 107/65와 운동 후 113/68, 114/72로 유사한 수치를 나타내었다. NCF와 CF 모두 운동 전보다 운동 후의 혈압이 약간 높았으나, 유의한 차이는 나타나지 않았다.

혈압은 운동강도에 따라 증가하고, 심박수에 비례하여 나타난다. 운동강도의 증가에 따른 최대혈압의 증가는 안정 시를 120mmHg라고 할 때 200mmHg까지 이르는 변화를 나타낸다. 이러한 혈압의 증가 현상은 전체적인 말초저항(Total peripheral resistance: TPR)의 감소 없이도 운동증가에 따른 심박출량의 증가에 의해 나타난다. 반면, 운동 중의 최소혈압은 운동강도에 관계없이 커다란 변화를 나타내지 않는다(池上, 1997). 본 실험에서의 혈압은 심박수의 결과와 동일한 경향으로, 운동 전보다 운동 후의 수치가 약간 높게 나타나면서 심박수와 상호관련성을 시사하였다. 즉, 운동에 의한 혈관확장과 혈류량의 증가는 심박출량을 증가시켰으며, 이러한 현상으로 흥분한 교감신경활동은 운동 후 회복기에도 안정기의 수준으로는 회복되지 않아 안정기보다 약간 높은 심박수를 나타내었는데, 혈압도 심박수와 유사한 경로에 의한 결과라고 사료된다.

7. 의복내 온도 및 습도

<Fig. 7>은 가슴과 등부위 의복내 온도의 결과이다.

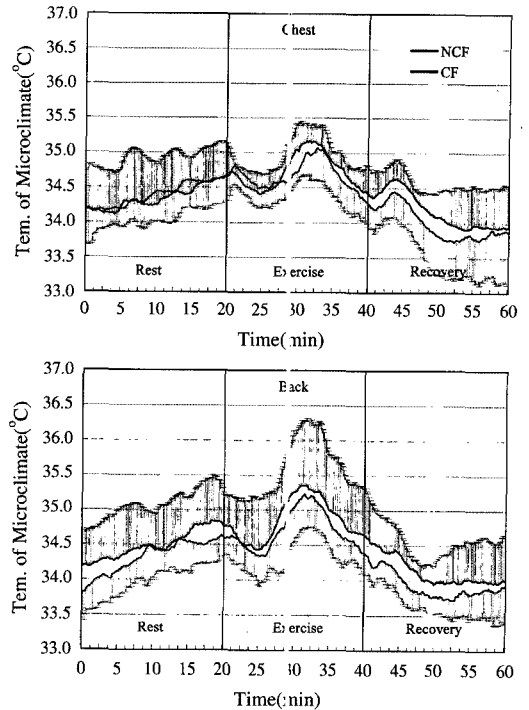


Fig. 7. Temperature of microclimate(Mean±S.D., n=5)

가슴과 등부위 모두 NCF보다 CF가 약간 높은 수치를 보였으나, 유의한 차이는 아니었다. NCF와 CF 각각의 평균치는 가슴부위가 안정기 34.39°C/34.35°C, 운동기 34.67°C/34.73°C, 회복기 34.00°C/34.18°C로 운동기에서 높은 수치를 나타내었으며, 전체적인 평균치는 NCF와 CF 각각 34.35°C와 34.42°C를 나타내었다. 등부위에서는 안정기 :34.33°C/34.49°C, 운동기 34.71°C/34.86°C, 회복기 33.93°C/34.14°C로 가슴부위와 같이 운동기에서 보다 높은 수치를 보였고, 전체적인 평균치는 NCF와 CF 각각 34.32°C와 34.50°C를 나타내었다. 시간별 변동은 안정기에는 서서히 증가하였으며, 운동직후 감소, 약 5분 후부터 다시 증가, 약 12분 후부터는 다시 감소하였다.

<Fig. 8>은 가슴과 등부위 의복내 습도의 결과이다. 가슴과 등 부위 모두 NCF보다 CF가 약간 높은 수치를 보였으나, 유의한 차이는 나타나지 않았다. NCF와 CF 각각의 평균치는 가슴부위가 안정기 53%/54%, 운동기 57%/61%, 회복기 76%/82%로 운동 후 회복기에서 높은 수치를 나타내었으며, 전체적인 평균치는 NCF와 CF 각각 62%와 66%를 나타내었다. 등부위에서도 안정기 52%/55%, 운동기 59%/64%, 회복기 77

%/83%로 가슴부위와 같이 회복기에서 보다 높은 수치를 보였고, 전체적인 평균치는 NCF와 CF 각각 63%와 67%를 나타내었다. 시간별 변동은 안정기에는 서서히 감소하였으며, 운동 약 5분 후부터 급격히 증가하여 운동종료 약 3분 전후를 최고치로 하여 다시 서서히 감소하는 경향을 나타내었다.

의복내 기후는 덥다, 서늘하다, 축축하다 등의 온열감과 습윤감에 깊이 관계하며, 착의시의 쾌적성을 판단하는 중요한 기준 중의 하나이다. 의복내의 온도가 급격하게 높아지면 습윤감을 느끼게 되고, 온도가 저하하면 차가움을 느끼며, 온도와 습도 모두 높으면 온열감이 크게 작용한다(原田, 1986). 쾌적한 의복내 기후는 온도 $32\pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $50\pm 10\%$, 기류 $25\pm 15\text{cm/sec}$ 의 표준치를 나타내는 영역으로 표준의복기 후라고도 한다(田村, 1991a). 본 실험 결과에서도 의복내 기후는 주관적 감각평가의 결과와 상호 관계함을 알 수 있었다. 즉, 의복내 온도는 안정기시점으로부터 NCF와 CF 각각 33.8°C 와 34.3°C 로써 표준치를 넘어섰으며, 의복내 습도는 운동 약 5분 정도까지는 표준치 내의 수치를 나타내었다. 이에 상응하여 감각

평가의 결과에서도 안정기에서 NCF와 CF 모두 온열감은 0~1 사이(어느 쪽도 아니다~조금 따뜻하다), 습윤감도 0~1 사이(어느 쪽도 아니다~조금 축축하다), 쾌적감은 0~1(쾌적하다~조금 불쾌하다)를 나타내었다. 그 후, 의복내 습도가 70% 이상으로 급격히 증가한 운동기 후반부터 회복기에서는 감각평가도 온열감은 1~2 사이(조금 따뜻하다~따뜻하다), 습윤감도 1~2.5 사이(조금 축축하다~매우 축축하다), 쾌적감은 -1~2.5 사이(조금 불쾌하다~매우 불쾌하다)를 나타내었다. 이러한 결과로부터 의복내 기후는 주관적 감각평가에 영향을 미친다는 것을 확인하였다.

8. 주관적 감각평가

<Fig. 9>, <Fig. 10> 및 <Fig. 11>은 온열감, 습윤감 및 쾌적감의 결과를 나타낸 그래프이다. 온열감, 습윤

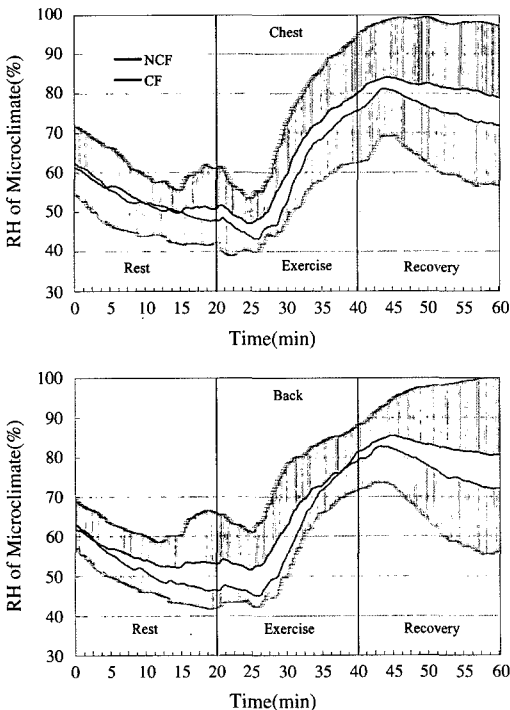


Fig. 8. Relative humidity of microclimate(Mean±S.D., n=5)

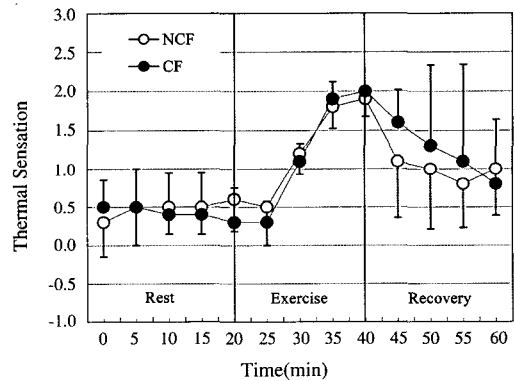


Fig. 9. Evaluation of thermal sensation(Mean±S.D., n=5)

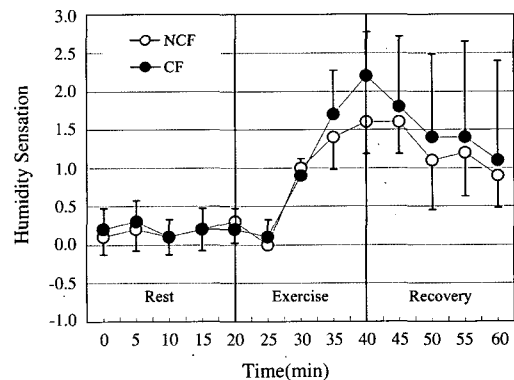


Fig. 10. Evaluation of humidity sensation(Mean±S.D., n=5)

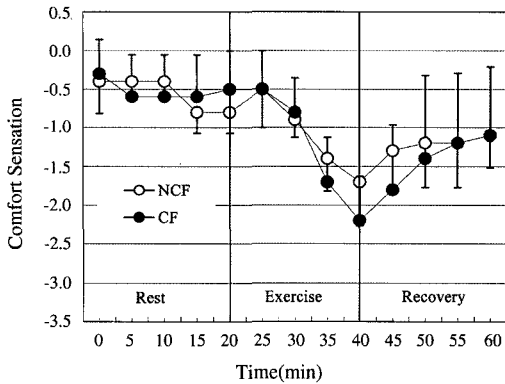


Fig. 11. Evaluation of comfort sensation(Mean±S.D., n=5)

감 및 쾌적감 모두 NCF와 CF간에 거의 유사한 수치를 나타내고 있으며, 유의한 차이는 보이지 않았다.

운동시에는 대부분 근육활동에 의하여 방열량보다 많은 산열량으로 인하여 열적균형이 깨지게 된다. 이러한 열적균형 상태를 회복하기 위해 체내에서는 피부혈관 확장을 통해 혈류량을 증가시켜 체내의 열을 체표면으로 이동시키고, 발한작용으로 인체로부터의 열을 외부로 증발시킴으로써 체온증가를 막는다. 운동시의 체온유지에 효과적인 증발에 의한 방열의 정도는 환경조건이나 착의조건에 의해 크게 좌우되며, 결과적으로 온열감과 습윤감 및 쾌적감에 영향을 끼친다(登倉, 1984; 平田, 1996). 본 연구의 결과에서도 주관적 감각치는 인체생리반응과 의복내 온도 및 습도의 변화와 같이 NCF와 CF 서로 유사한 경향과 수치를 나타냄으로써, 인체생리반응과 의복내 기후와의 상호관련성을 확인할 수 있었다.

본 실험결과에서 나타난 인체생리반응, 특히 감각치에 깊이 관계할 것으로 예측하였던 체온과 피부온, 의복내 기후와 체중감소량에서는 NCF와 CF간에 약간의 수치적 차이만을 나타내었고, 유의한 차이는 보이지 않았다. 그러나 민감한 인체반응에서 약간의 수치적 차이가 주관적 감각치에 미치는 영향을 우려하였으나, 주관적 감각평가, 즉 온열감, 습윤감과 쾌적감의 결과에서도 NCF와 CF간에 유의차는 보이지 않고 거의 비슷한 경향을 나타내었다. 이러한 결과로부터 인체생리반응의 결과에서 나타난 NCF와 CF간의 수치적 차이는 쾌적감에 영향을 미치는 범위가 아니라는 것을 확인할 수 있었다.

착용자의 입장에서 볼 때 방호복의 우선적인 목적

은 유해물질의 차단일 것이다. 특히, 소각장에서는 유해물질은 물론, 심한 악취 또한 작업상의 저해 요인이 될 수 있다. 그러나 이러한 목적을 위해 인체생리반응과 쾌적감을 무시한 방호복을 착용한다면 오히려 역효과를 가져올 수도 있다. 본 착용실험 결과를 통하여 숯 날염가공 소재의 방호복과 기존 방호복과의 인체생리반응에서는 거의 유사한 경향을 나타내며 유의차가 없는 것이 확인되었고, 특히 주관적 감각평가에 있어서도 유의한 차이가 없음을 확인하였다.

선행연구에서 숯 날염가공소재의 유해물질 흡착력, 탈취성, 항균성 등이 높다는 것은 확인된 결과로서, 본 연구를 통하여 나타난 일련의 결과와 함께 숯 날염가공 방호복의 보다 폭 넓은 응용가능성이 제시되었다. 즉, 숯이 지닌 특성을 알린다면 유해물질과 악취 등으로부터 보호받을 수 있으며, 숯의 농도와 가공방법을 고려하여 사용한다면 NCF보다 쾌적한 조건의 방호복으로서의 역할이 가능할 것으로 사료된다. 또한, 숯 날염가공에 의한 피부온의 증가, 방호복 표면온도의 증가는 숯이 지닌 흡열성과 원적외선 효과를 확인해주는 결과로써 숯 가공에 의한 통기성의 저하, 보온성의 증가라는 물리적 성과와 더불어 고려할 때, 고온환경보다는 저온환경의 작업장의 작업복으로 보다 효율적인 것으로 예측된다. 본 연구결과를 바탕으로 보다 기능적이고 쾌적한 방호복 개발을 위한 보다 폭넓은 연구를 진행하고자 한다.

IV. 결론 및 제언

과학과 산업의 발달로 인해 작업상 유해환경에 장시간 노출될 확률이 높아지고 있는 현실점에서 방호복 착용 시의 불편감을 줄이고 작업능력의 저하를 막기 위한 의복의 소재와 형태개선 등의 연구는 더욱 절실하게 요구되고 있다. 이에 본 연구에서는 유해물질 흡착, 탈취성, 항균성, 흡습성 등 숯 날염가공 소재가 지닌 효율성을 검토한 선행연구에 이어서 숯 날염가공 소재로 제작한 일회용 방호복의 착용효과를 검토하여, 보다 기능적인 방호복 개발에 필요한 데이터베이스를 구축하고자 인체실험에 의한 인체생리반응 및 쾌적성 평가를 실시하였다.

본 실험의 주요 결과는 다음과 같다.

1. 직장온은 안정기시점에서 CF가 약 0.15°C 높게 출발하였으나, 회복기에서는 거의 같은 수치를 나타내었다. NCF와 CF간의 유의차는 없었으며, 변화치

는 NCF보다 CF가 안정적인 변화치를 나타내었다.

2. 평균피부온에서도 NCF보다 CF가 약 0.2°C 높은 수치를 나타내었으나, 유의한 차이는 보이지 않았다. 변화치는 두 조건 모두 비슷한 수치와 경향을 나타내었다.

3. 발한량은 NCF와 CF 모두 비슷한 수치를 나타내었고, 유의한 차이는 보이지 않았다. NCF와 CF 모두 가슴보다 등부위의 발한량이 많았다. 체중감소량에서도 NCF와 CF간에 유의한 차이는 보이지 않았다.

4. 심박수는 NCF보다 CF가 약 4beats/min 높게 나타났으나, NCF와 CF간의 유의한 차이는 보이지 않았다. 혈압에서도 NCF와 CF간에 비슷한 수치를 나타내었으며, 유의한 차이는 나타나지 않았다.

5. 의복내 온도는 NCF와 CF 모두 비슷한 수치와 경향을 나타내면서 유의차는 없었다. NCF와 CF 모두 가슴보다 등부위의 의복내 온도가 높았다. 의복내 습도에서도 NCF보다 CF가 약간 높은 수치를 나타내었으나, 유의한 차이는 아니었다. NCF와 CF 모두 가슴과 등부위에서 비슷한 수치를 나타내었다.

6. 주관적 감각평가는 온열감, 습윤감, 쾌적감 모두 비슷한 감각치를 나타내면서 유의한 차이는 보이지 않았다.

인체실험 결과, 모든 측정항목에서 NCF와 CF간에 유의한 차이는 나타나지 않았다. 숲 날염가공으로 인해 나타난 두께의 변화, 흡습성, 보온성의 증가는 심박수와 직장온, 평균피부온 등의 결과에 약간의 차이를 나타내었으나, NCF와 CF간의 유의차는 보이지 않았고, 약간의 수치적인 차이는 인체에 영향을 주거나 작업능률에 저해되는 범위는 아니었다. 이것은 온열감, 습윤감, 쾌적감의 주관적 감각평가에서도 유사한 수치가 나타났다는 것으로도 확인할 수 있었다. 본 연구결과를 통하여 숲 날염가공 소재 방호복의 효율성과 활용도가 기대되는 바, 추후 현재 작업장에서 착용되고 있는 각종 방호복과의 비교 연구를 통하여 보다 기능적이고 쾌적한 방호복 개발에 유효한 데이터를 제공하고자 한다.

참고문헌

- 박순자, 신정숙, 정명희. (2004a). 생활폐기물 소각장 작업자의 작업환경과 작업복 현황 분석. *한국의류학회지*, 27(8), 992-1003.
- 박순자, 신정화, 신정숙, 정명희, 안윤경. (2004b). 생활폐기물 소각장 작업복 샘플의 다이옥신 분석. *한국의류학회지*, 28(2), 354-363.
- 박순자, 신정숙, 정명희, 田村照子, 小紫朋子. (2004c). 생활폐기물 소각장 작업복의 중금속 분석. *한국의류학회지*, 28(2), 115.
- 신정숙, 박순자, 정명희, 田村照子, 小柴朋子. (2004). 숲 날염에 의한 부직포의 특성 변화. *한국의류학회지*, 28(2), 303-311.
- 정명희, 신정숙, 박순자, 田村照子, 小紫朋子. (2004). 숲 날염한 방호복의 인체생리 반응 및 쾌적성 평가. *한국의류학회지*, 28(2), 114.
- 정명희. (2003). 의복과 건강-인체의 온열생리적 관점에서-. *한국생활환경학회지*, 10(4), 222-228.
- 池上晴夫. (1997). *身体機能の調節性*. 東京: 朝倉書店.
- 近藤徳彦, 池上晴夫. (1986). 環境温が持久性運動時の体温調節に及ぼす影響. *体力科学*, 35, 229-240.
- 小柴朋子, 田村照子, 鄭明姬, 申貞淑, 朴順子, 小西武四. (2004). 着用實驗による防護服の快適性評価. 第28回 人間-生活環境系シンポジウム報告集, 29-32.
- 鈴木洋行. (2004). 各種天然素材纖維の開発. *繊維と工学*, 60(1), 3-6.
- 傍島光郎. (2002). 自然のやすらぎ素材. *繊維消誌*, 43(3), 185-188.
- 曾根涼子, 山崎丈夫, 藤井宣晴, 鍋倉賢治, 池上晴夫. (1993). 激運動後における呼吸性心周期変動の回復過程. *体力科学*, 42, 465-474.
- 田村照子. (1991a). *基礎被服衛生學*. 東京: 文化出版局.
- 田村照子. (1991b). 着衣の快適性に關する温熱生理學的研究. *日本家政學會誌*, 44(9), 703-712.
- 登倉尋實. (1984). 快適さの温熱生理學. *繊維消誌*, 25(7), 340-344.
- 藤島和孝, 太田裕造, 小室史恵. (1981). 運動負荷時の体温調節反應に關する研究. *デサントスポーツ科学*, 1(1), 136-141.
- 森谷繁. (1987). 最大運動負荷時の体温と血液組成の変動. *日生氣象誌*, 26(3), 135-142.
- 鳥井正史, 山氣昌廣, 佐々木隆. (1987). Thermographyによるsubmaximal自転車駆運動の上肢皮膚温の觀察. *生理人類誌*, 6(1), 21-24.
- 中村好男, 山本義春. (1991). 健康の維持増進のための適正な運動強度の探索. *体力研究*, 77, 82-91.
- 官側敏明, 小川徳雄, 朝山正己, 山下由果. (1985). 運動負荷急変に対する発汗反應. *日生氣象誌*, 47, 17-24.
- 林直享, 中村好男, 村岡功. (1995). 一過性の運動中および運動後の自律神経系活動に及ぼす運動強度の影響. *体力科学*, 44, 279-286.
- 林田隆夫. (2004a). エコロジー, 環境保全, スーパー繊維ほか. *繊維消誌*, 45(2), 107-117.
- 林田隆夫. (2004b). ヒーリング, ユニークな健康繊維, 変色・再

- 掃反射、高感性. 織消誌, 45(1), 28-36.
- 原田隆司. (1986). 衣服内気候の科学と衣生活. 織消誌, 27(5), 200-207.
- 平田耕造. (1996). 体温調節系の動きと温冷感・湿潤感. 織維工学, 49(5), 269-273.
- Johnson, J. M., Rowell, L. B., & Brengelmann, G. L. (1974). Modification of the skin blood flow body temperature relationship by upright exercise. *J. Appl. Physiol.*, 37(6), 880-886.
- Mazzeo, R. S., & Marshall, P. (1989). Influence of plasma catecholamines on the lactate threshold during graded exercise. *J. Appl. Physiol.*, 64, 82-91.
- Nielsen, M. (1938). Die regulation der körpertemperature bei muskellarbeit. *Skand. Arch. Physiol.*, 79, 193-230.
- Ohnuki, Y., & Nakayama T. (1982). Fallin forearm skin temperature during grade working on a treadmill. *Japan J. Physiol.*, 25, 525-536.
- Yamamoto, Y., Hughson, R. L., & Peterson, J. C. (1991). Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. *J. Appl. Physiol.*, 71, 1136-1142.