

스포츠웨어 착용에 따른 운동시 온열생리반응에 미치는 영향

김태규 · 성수광

- 1) 한국봉제기술연구소 연구개발부
- 2) 대구가톨릭대학교 패션산업학전공

Physiological Responses to Different Exercise Intensities while Wearing Different Types of Sportswear Materials

Tae-Gyou Kim¹⁾ and Su-Kwang Sung²⁾

- 1) Institute Development Team, Korea Sewing Technology Institute, Daegu, Korea
- 2) Dept. of Fashion Industry, Catholic University of Daegu, Gyeongsan, Korea

Abstract : For the purpose of examining the relationship of physiological and subjective responses to different exercise intensities and varied types of sportswear material, under environmental condition $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ $50\pm 3\%$ RH, five men who wear four different kinds of sportswear which have same clothing cover area. The subjects exercised for 20 min with a 20 min pre-exercise rest period and another 20 min post-exercise recovery period. Throughout the 60 min. duration, we monitored the local skin temperature, rectal temperature, clothing microclimate and subjective sensation. The mean skin temperature was recorded to range from $33.5\sim 34.1^{\circ}\text{C}$ for the entire duration of the experiment with the highest temperature observed at the 7th min after starting the exercise. During the exercise intensity at THR 20, the lowest recorded temperature was at the 5th min of the recovery time and stabilized at the 10th min. However, in the exercise intensity condition at THR 70, the temperature declined steadily until the end of the experiment. With regard to clothing materials, cotton 100% and Polyester/Cotton blended fabrics knit(35/65) was $0.5\sim 0.7^{\circ}\text{C}$ maintained lower than Polyester 100% and polyester/Cotton blended woven fabrics (65/35). In the case of the rectal temperature at THR 70 in case of PET 100%, Polyester/Cotton blended woven fabrics (35/65) was higher $0.2\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ than other sportswear throughout the duration of the experiment.

Key words : sportswear, target heart rate(THR), thermal sensation, exercise intensity, rectal temperature

1. 서 론

의복의 쾌적감은 인체와 환경간의 열평형을 이룰 때 얻어지는 것으로 의복의 물리적 기능은 일상복의 경우보다 보호복이나 스포츠웨어에서 그 중요성이 더욱 필요하며, 스포츠웨어는 스포츠활동이 이루어지는 주변 환경과도 밀접한 상관을 가지는데 환경에 따라 소재 및 형태가 경기력에 직접적인 영향을 미칠 수 있다고 할 수 있으며, 인체의 열생리적 쾌적감을 충족시키는 스포츠웨어를 만드는 것은 쉬운 일이 아니다. 전문스포츠인은 비교적 짧은 시간에 최대 육체운동을 하지만 운동시간이 짧기 때문에 운동 중의 기후조건(온도, 습도, 풍속)은 거의 일정하다. 반면에 레저스포츠는 언제나 최대육체운동에 도달하는 것이 아니고 스포츠웨어를 장시간 또는 하루 종일 착용하는 경우도 빈번하므로 주위의 기후조건이 변할 수 있다. 따라서 레저스포츠를 위한 의복은 전문스포츠 의복보다 조절 범위를 더

크게 요구한다고 할 수 있다.

이러한 스포츠웨어와 관련된 국내외의 스포츠 연구로는 한랭환경의 스포츠 종목에서 가벼운 중량과 소재내 다량의 정지된 공기의 필요성을 규명한 연구(Huck · McCulloch, 1985), 활동에 필요한 의복신장성의 요구도를 밝힌 연구(Harada, 1982), 스포츠웨어 소재간의 물성비교연구(이정순 · 신혜원, 1997; 安田 외, 1983), 기본 태와 관련된 연구(김경희, 1992), 스포츠웨어 소재설계에 따른 역학적 특성(권오경 · 송민규, 2003), 소재 성능에 관한 연구(김성동 · 김삼수, 1995; 유해형 외, 1993; Latham, 1973) 등과 같이 스포츠웨어의 쾌적성을 평가하기 위해 쾌적성과 관계있는 물리적인 성질을 측정할 것이 대부분이다.

또한 스포츠 현장에서 스포츠웨어는 외부 환경조건의 정확한 정보 없이 생리적인 측면보다는 기능적인 측면을 강조 하고 (Keighley · Steele, 1980), 의복을 제조하는 기업에서는 신제품 개발은 중요한 기밀로 취급되어 쉽게 공개되지 않는 측면도 있지만 스포츠용품에 대한 생리학적, 역학적 면에서의 과학적인 분석은 공개되고 있으나(Frederick, 1986; 서국용, 1985; Luethi · Nigg, 1985), 스포츠웨어에 대해서는 이러한 기능 및

Corresponding author; Su-Kwang Sung
Tel. +82-53-850-3533, Fax. +82-53-854-4040
E-mail: sksung@cu.ac.kr

생리적인 면에서의 과학적인 분석이 공개된 예가 흔치 않다.

이에 본 연구는 현재 시판되고 있는 스포츠웨어를 이용하여 운동강도에 따른 인체생리 반응 및 주관적 감각을 규명함으로써 우수한 스포츠웨어 개발을 위한 기초적인 데이터를 제공하여 궁극적으로는 스포츠인들에게는 훈련계획 및 훈련의 환경범주 설계를 위한 기초 자료를, 소비자에게는 합리적인 스포츠웨어 선택을 유도하는데 그 목적이 있다.

2. 연구방법

2.1. 피실험자 및 착의 조건

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

착의 조건으로는 봄, 가을용 트레이닝복으로 시판되고 있는 스포츠웨어를 섬유 혼용율에 따라 4가지 소재로 동일한 피복면적의 것으로 착용하였으며, 각 구성소재의 물리적 특성을 Table 2에 각 착의조건에 의한 피복면적, 중량, Clo 값은 Table 3에 제시하였다.

2.2. 실험방법

피실험자는 식후 2시간이 경과한 후 기온 20°C, 습도 50% RH의 준비실에서 60분간 안정시킨 다음 일정 조건의 환경실험실에 입실시켜 체중을 측정하고, 측정 센서를 부착한 후 실험 의복을 착용케 하였다.

Table 3. Clothing area and calculated Clo value for ensemble

| | Ensemble | | | |
|--------------------------------|----------|--------|--------|--------|
| | A | B | C | D |
| Total Weight(g) | 1575.4 | 1625.7 | 1678.6 | 1678.8 |
| Clo value | 1.17 | 1.20 | 1.24 | 1.24 |
| Clothing area(m ³) | 2.671 | 2.622 | 2.431 | 2.456 |

Note) Clo = 0.740 × total weight(McCullough et. al., 1984)

입실 20분의 안정기후 20분간 운동, 20분간 회복기로 60분간 실시하였다. 이때의 운동강도는 트레드밀을 이용하여 피실험자 개인별 달리기속도는 예비실험을 통해 Treadmill(Quinton, U.S.A)의 경사도를 2% 수준으로 유지하고 주행속도를 2분마다 20m씩 증가하여 탈진상태까지 이르도록 하는 과정을 실시하였고, 수행중 목표심박수에 도달하는 속도를 기록하여 개인별 주행속도로 결정하여 본 실험에 임하였다.

목표심박수(target heart rate)의 계산은 최대 심박수에 안정시 심박수를 뺀 값에 운동강도를 곱하여서 그 결과를 안정시 심박수에 더하여 계산하였다. 최대심박수는 개인에 따라서 차이가 있으나 20대에서는 편차가 크지 않으므로 220(beats/min)에서 자기 연령을 뺀 값으로 하였다(Table 1). 이때의 운동강도는 각 피실험자에 대한 두 가지(THR 20, THR 70)로 나누어 실시하였다.

2.3. 측정항목

평균 피부온(Mean Skin Temperature)은 일본 요코하마 국립 대학에서 개발한 환경체온계(Environmental Thermometer,

Table 1. Physical characteristics of subjects

| Subjects | Age (year) | Height (cm) | Weight (kg) | Rohrer index | Body surface area(m ²) | Metabolic rate (kcal/m ² · hr) | Rest HR (beats/min) | Exercise Intensity | |
|----------|------------|-------------|-------------|--------------|------------------------------------|---|---------------------|--------------------|-------------------|
| | | | | | | | | THR 20(beats/min) | THR 70(beats/min) |
| S1 | 25 | 170 | 62 | 1.292 | 1.672 | 60.870 | 65 | 90.8 | 155.3 |
| S2 | 24 | 168 | 58 | 1.223 | 1.610 | 59.064 | 62 | 88.6 | 155.1 |
| S3 | 25 | 172 | 63 | 1.238 | 1.691 | 60.335 | 60 | 87.0 | 154.5 |
| S4 | 25 | 170 | 60 | 1.221 | 1.648 | 59.182 | 67 | 92.6 | 156.6 |
| S5 | 26 | 172 | 67 | 1.316 | 1.744 | 60.991 | 69 | 94.0 | 156.5 |
| Tatol | 25±0.70 | 170.4±1.67 | 62.0±3.39 | 1.258±0.043 | 1.673±0.049 | 60.08±0.92 | 64.6±3.65 | 90.6±2.85 | 155.6±0.92 |

Note) Rohrer index = $\frac{W \times 1000}{H^3} \times 100$

Body surface area(m²) = $W^{0.444} \times H^{0.663} \times 88.83$

Metabolic rate(kcal/m² · hr) = $(591.620 + 3.815W + 2.434H - 1.689A)/24 \times 1.2$

W : Weight (kg), H : Height (cm), A : Age(year)

THR= 「(Heart rate max-Rest heart rate)×Exercise intensity」 +Rest heart rate Heart rate max=220-Age

Table 2. Characteristic of clothes material

| | Sports wear | | | | Basic garment | | | |
|-----------------------|--------------|------------------------|------------------------|------------|---------------|------------|------------|------------|
| | A | B | C | D | runing shirt | brief | scoks | shoes |
| Materials(%) | polyester100 | polyester65, cotton 35 | polyester35, cotton 65 | cotton 100 | cotton 100 | cotton 100 | cotton 100 | polyuletan |
| Weave structure | plain | plain | interlock | interlock | interlock | plain | rib | - |
| Weight (g/piece) | 798.9 | 849.2 | 902.1 | 902.3 | 84.3 | 85.2 | 50.0 | 557 |
| Thickness (mm) | 1.54 | 1.51 | 1.12 | 1.10 | 0.61 | 0.62 | 1.21 | - |
| Moisture Regain(%) | 0.83 | 0.31 | 6.5 | 7.03 | 7.03 | 7.03 | 7.03 | - |
| Thermal Resistance(%) | 56.76 | 50.85 | 58.31 | 58.15 | - | - | - | - |

YM-2)를 이용하여 이마, 전완, 손등, 발등, 하퇴, 대퇴, 옆구리의 7부위를 1분 간격으로 연속 측정하여, 각 부위 면적의 안분 비율에 의해 다음 식으로 산출하였다(Hardy · Dubois 1938).

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

직장온도(Rectal Temperature)는 피부온도와 동일한 측정기구와 측정센서를 사용하였으며, 센서를 직장 약 12 cm속에 삽입하여 1분 간격으로 연속 측정하였다. 의복 내 기후는 의복기후온습도계(CHMT-2, Codix Co.제)와 Linear Recorder(FWR-3701, Graphtec Co.제)를 사용하여 흉위 피부 및 등 피부와 의복 사이를 1분 간격으로 연속 측정하였다. 주관적 감각으로 전신 온냉감을 실험 중 10분 간격으로 피험자에게 질문하여 응답을 기록하였다.

2.4. 통계처리

실험측정치는 SPSS(Statistical Package for the Social Sciences) 통계패키지를 이용하여 각 항목에 대하여 착의 조건(4조건)과 시간을 주요인으로서 하는 반복이 있는 2원 배치분산분석(repeated measures ANOVA)을 실시 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 평균피부온도 및 직장온도

Fig. 1은 스포츠웨어 착의 조건별 평균피부온도의 경시변화를 제시한 것으로 THR 20운동부하조건에서는 실험 전반에 걸쳐

급격한 상승 또는 하락은 보이지 않았으나 안정 시에는 미미한 상승을 그리고 운동개시 7~10분 지점부터 점진적인 상승의 변화가 동일하게 나타나 가벼운 운동이라도 시간이 경과함에 평균 피부온도 변화에 영향이 있음(P<0.01)을 알 수 있다. 착의조건간의 주 효과에서는 유의한 차를 보이지 않았으나 실험전반에 걸쳐 착의조건 A와 B가 C와 D보다 0.5~0.7°C 높은 온도를 유지하였고, 시간과 착의조건 간의 교호작용에서 유의차(P<0.05)가 인정 되었다.

THR 70에서는 시간 경과에 의한 유의(P<0.01)하고 시간과 착의조건간의 교호작용에도 유의한 차(P<0.05)가 나타났다. 운동 개시 후 나타난 온도 상승은 회복기 4분에서 최고 상승점을 보이며, 이때의 온도분포를 보면 A(34.15±0.49)>B(34.02±0.80)>C(33.86±0.38)>D(33.63±0.38)의 순으로 평균피부온도의 쾌감영역인 31.5~33.5°C(三浦, 1951)를 상회함을 알 수 있었으며, 폴리에스테르 혼용율이 높은 순으로 높게 나타났다.

Fig. 2에는 운동강도별 스포츠웨어간의 경시변화에 따른 직장온도의 변화를 나타내었다. THR 20에서는 운동기의 온도 분포들이 실험시작의 온도 분포보다도 오히려 낮아(P<0.01) 심부온의 상승을 도모할 정도의 운동 강도가 아닌 아주 경량의 운동임을 알 수 있다. 착의 조건에서는 뚜렷한 유의차는 인정되지 않았으나, 실험전반에 A>B>C>D의 순으로 직장온도가 높았다. THR 70에서는 전 착의 조건이 최고·최저치의 차이가 1.0~1.1°C를 보여(P<0.01) 20°C 이상의 기온에서 중이상의 운동은 근육온도를 증가시켜 체내로 전도되어 직장온도가 증가한다(Saltin, 1970)는 연구와 같은 결과를 나타내었다. 착의 조건 간

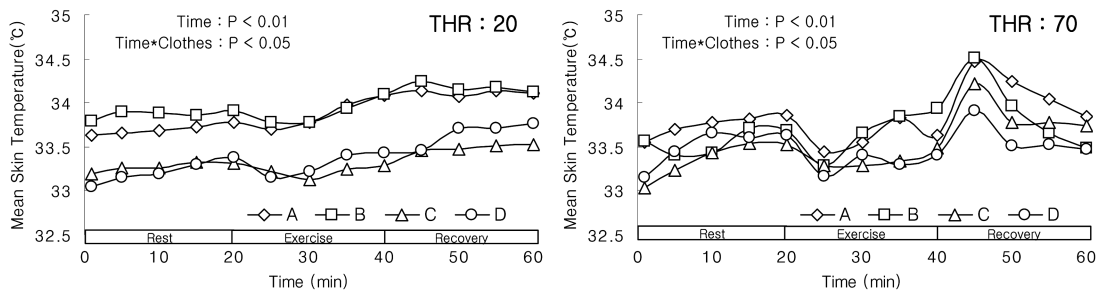


Fig. 1. Changes in mean skin temperature. P<0.01, P <0.05 indicates significant main effect(time or clothes) and interaction with ANOVA.

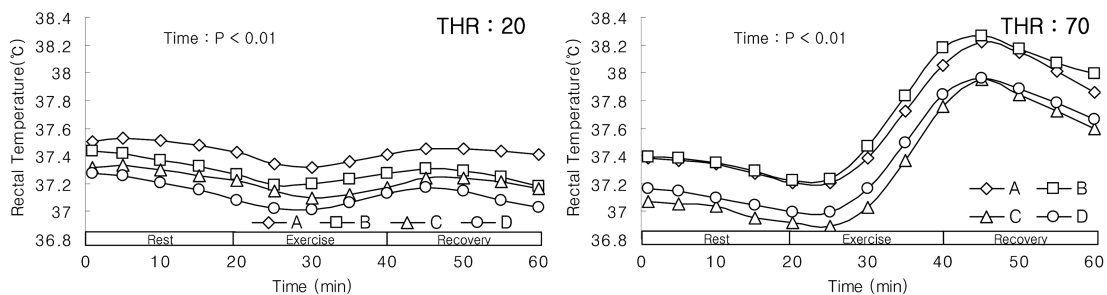


Fig. 2. Changes in rectal temperature. P<0.01 indicates significant main effect(time or clothes) and interaction with ANOVA.

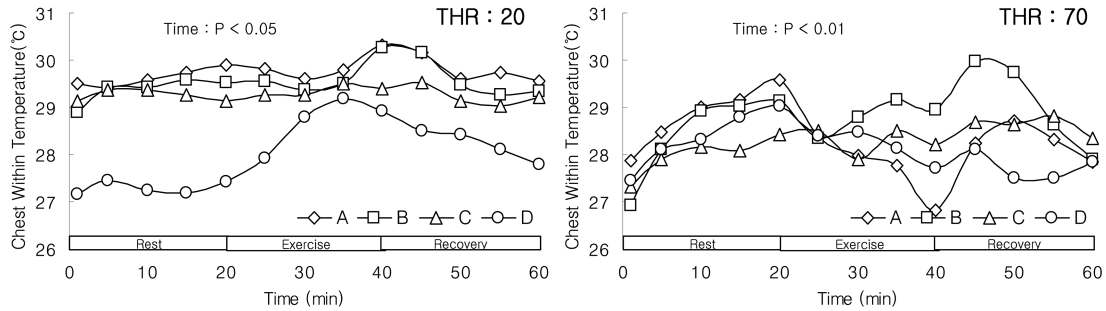


Fig. 3. Changes in chest within temperature. P<0.01, P <0.05 indicates significant main effect (time or clothes) and interaction with ANOVA.

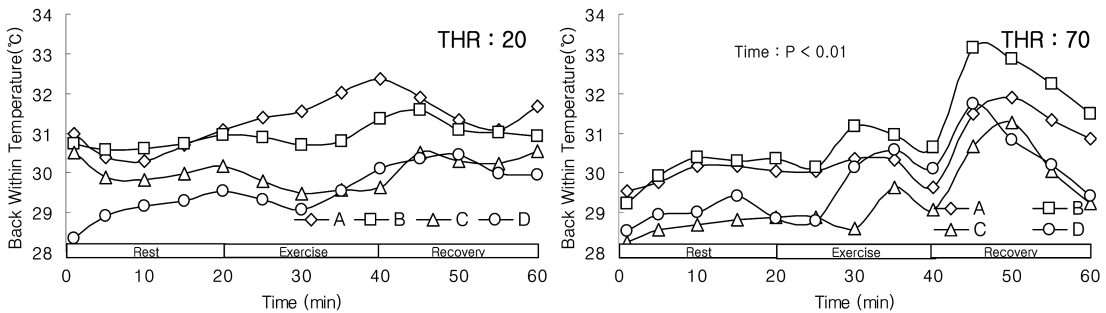


Fig. 4. Changes in back within temperature. P<0.01 indicates significant main effect (time or clothes) and interaction with ANOVA.

에서는 뚜렷한 유의차는 보이지 않았으나 착의조건 B가 가장 높은 분포를 보인 반면, D는 가장 안정된 경시변화가 유지됨을 알 수 있으며, 심부온도의 하나인 직장온도는 신진대사의 경로와 속도를 조절하는 중요한 인자로 체온을 일정하게 유지하여 인체의 신체기능의 항상성을 유지함에 0.1°C의 변화나 차이는 생리적으로 충분한 의미를 가진다고 볼 때 20°C, 50%RH에서 THR 70의 운동시 착의조건 D가 체온조절이 가장 우수하다고 볼 수 있다.

3.2. 의복내 기후

Fig 3은 운동강도에 따른 스포츠웨어 소재간의 의복내 가슴 온도의 변화 분포를 나타낸 것으로, THR 20에서는 실험 시작시 의복에 따른 가슴부위의 평균온도가 27.5~29.5°C의 분포에서 운동 종료시에는 28.9~30.3°C로 상승하였다가 회복기에는 27.3~29.6°C로 약간 하강을 보이며 시간 경과에 의한 통계적인 유의차(P<0.05)가 인정되었으나 착의 조건에 따른 유의차는 인정되지 않았다.

THR 70에서는 안정기 26.9~27.9°C의 온도 분포에서 시작하여 운동 종료시 26.8~29.0°C로 약간 상승한 후 실험 종료시에는 27.8~28.4°C로 약간 하강하였으며, 착의 조건 A가 가장 큰 폭의 변화경향이 나타났다. 이는 피부에 잔류하는 땀의 증발과 운동 동작에 따른 소재 접촉의 전도가 폴리에스테르소재의 영향이 가장 크게 작용된 것이라 사료된다. 또한 착의 조건에 의한 통계적 유의차는 확인되지 않았으나, B가 가장 높은 분포를 D가 가장 낮은 온도 분포의 경향을 보여주었다.

Fig 4는 의복내 등온도의 경시변화를 운동 조건별로 나타낸 것으로 두 운동 조건의 전체적인 온도 분포가 28~33°C의 범위에서 변화를 보이고 의복내 가슴온도보다 0.5~1.5°C 상회하였다. THR 20의 운동강도를 살펴보면 전 착의조건에서 급격한 온도변화를 볼 수 없었으며, 시간 및 착의 조건 모두 통계적 유의성은 없었다. THR 70에서는 실험 시간 경과에 따른 통계적 유의(P<0.01) 하였으며, 착의 조건 간에는 유의성이 나타나지 않았으나, 회복기 7~9분에 B가 31±1.52°C로 가장 높은 온도를 보였다.

Fig 5는 운동강도 및 스포츠웨어의 착의 조건 간의 의복내 가슴습도의 경시변화를 나타낸 것이다. THR 20은 전 착의 조건이 50%RH 이하에서 변화를 보여 운동에 대한 뚜렷한 습도의 상승이 나타나지 않아 발한을 동반하지 않을 정도의 아주 경량의 운동임을 알 수 있으며, 착의 조건간의 통계적 유의차는 나타나지 않았으나, D가 다른 착의 조건보다도 높은 습도 분포를 유지하였지만 변화의 기복은 가장 적게 나타났다.

THR 70에서는 운동기 3~5분에서 최저를 보이며 습도의 빠른 증가를 보여 운동기 종료 후 회복기 3분에서 최고 습도를 유지하면서 시간에 따른 유의차(P<0.01)가 인정되었다. 이러한 급속한 습도상승은 운동에 의한 발한의 개시점을 알려주는 것으로 사료되고, 운동강도 증가에 있어 결국 체온조절을 위한 발한율은 체온 상승과 비례함(Saltin et al., 1970)으로 가장 높은 운동강도에서 대부분의 가장 높은 온도 분포를 보여준 제품 A와 B에서 더욱 발한이 증가하는 것으로 사료된다.

Fig. 6은 운동강도 및 착의 조건간의 의복내 등습도의 경시

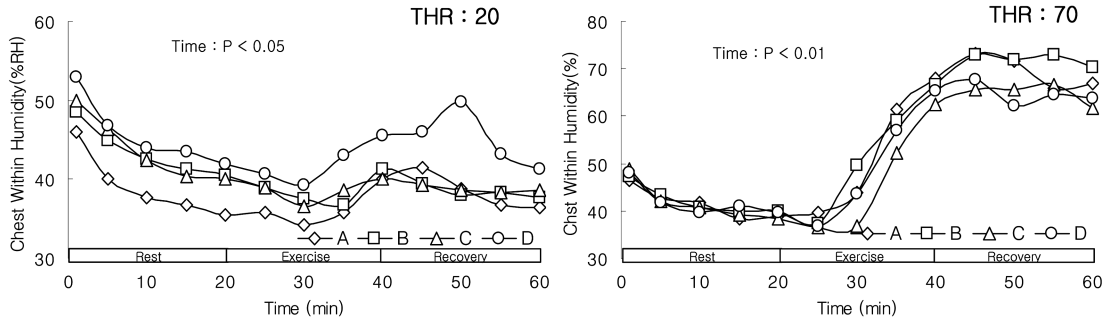


Fig. 5. Changes in chest within humidity. P<0.01, indicates significant main effect (time or clothes) and interaction with ANOVA.

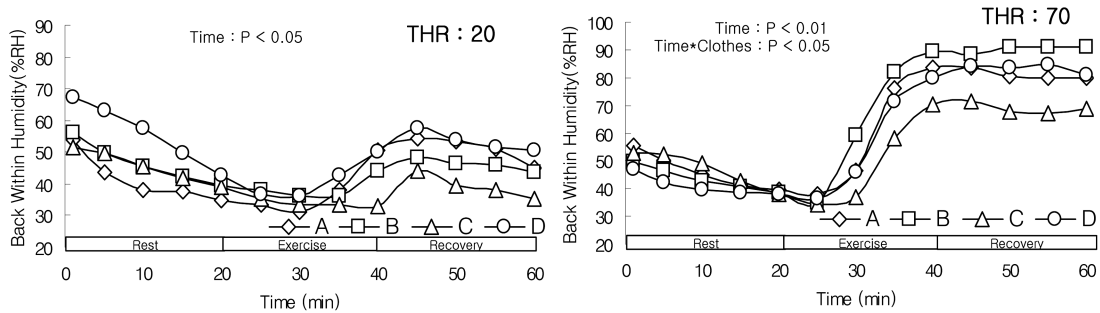


Fig. 6. Changes in back within humidity. P<0.01, P<0.05 indicates significant main effect (time or clothes) and interaction with ANOVA.

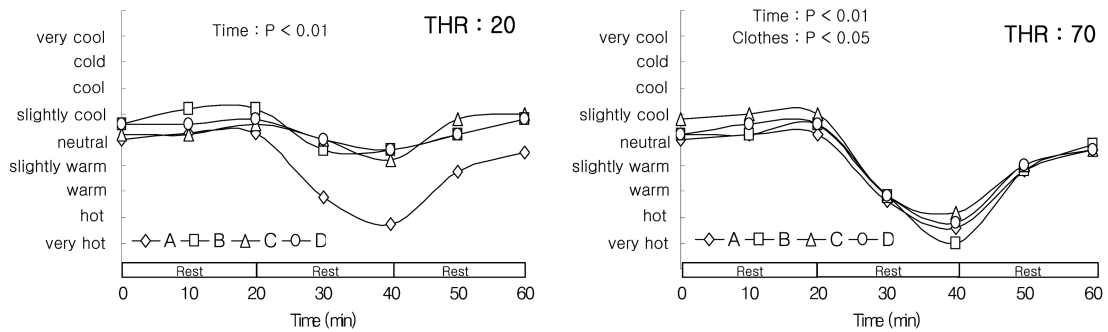


Fig. 7. Changes in whole body thermal sensation. P<0.01, P<0.05 indicates significant main effect (time or clothes) and interaction with ANOVA

변화를 나타낸 것이다.

THR 20에서 등습도의 증가시점은 운동 시작 12~13분에서 가슴습도보다 4~5% 낮은 분포 (31.0~35.5%RH)를 보이다가 점차 뚜렷한 증가경향을 나타냈고 운동 종료 후 회복기 3~5분에서 하강곡선을 나타냈다(P<0.05).

THR 70에서는 운동시작 3~5분에서 모든 착용조건들이 최저 습도를 나타내며 급상승하다가 운동 종료 후 회복기 3분에서 최고 습도를 나타내며 회복기에서도 높은 습도를 계속 유지함을 보여 운동에 의해 의복내 습도가 증가 하였다(P<0.01).

또한 안정기에서는 착용조건간의 차가 적게 나타난 반면 운동 시작시점부터 점차적인 변화차가 생겨 회복기에서는 확연한 차이(P<0.05)가 나타났고, 착용의 조건 A와 B는 의복내 습도 변화가 C와 D보다 차가 더욱 크게 나타나는 것을 알 수 있어 운동에 의해 의복내 습도의 외부 유출이 상대적으로 낮음을 알

수 있었다.

3.3. 주관적감각

주관적감각으로는 운동별 착용조건간의 온냉감을 측정하였으며, 그 결과를 Fig 7에 나타내었다. THR 20에서는 전 착용 조건이 'slightly cool'과 'neutral' 수준의 느낌을 실험 종료시점까지 이어져 실험 시간이 경과함에 있어 유의한(P<0.01) 것으로 나타났고 착용의 조건에 의한 유의차는 인정 되지 않았으나 착용의 조건 A가 안정기 이후 운동기에는 'hot' 측면에 근접하였다.

THR 70에서는 모든 의복에서 안정기에 'neutral'의 경향에서 운동기의 종료시점에서는 'hot'과 'very hot'의 경향을 보이다가 회복기의 종료시에는 'neutral'의 경향으로 시간의 경과에 따른 유의(P<0.01)를 보였으며, 운동동료시점인 40분에는 착용

조건 간에 있어 B가 가장 'very hot'에 근접하며 A>D>C의 순으로 착의 조건 간에도 차이(P<0.05)가 있음을 알 수 있었다.

4. 결 론

스포츠웨어의 소재에 따른 운동강도별 인체생리반응과 주관 적감각에 미치는 영향 및 이들의 상호관련성을 규명할 목적으로, 환경조건 20±1°C 60±3%RH에서 건강한 성인 남자 5명 에게 동일한 피부면적을 가진 4종류의 스포츠웨어를 착용하게 하여 각각 다른 운동강도조건으로 20분간의 안정, 20분간 운동, 20분간 회복기 합계 60분간의 평균피부온도, 직장온도, 의복내 기후, 주관적감각인 온냉감을 측정 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 평균피부온도는 THR 20은 회복기 10분부터 안정된 평균 피부온도가 나타났으나, THR 70에서는 운동부하 후 실험종료 까지 지속적인 온도하락이 지속되었다. 소재별로는 면100% 편 물과 폴리에스테르/면혼방(35/65%)편물이 폴리에스테르100% 직물과 폴리에스테르/면혼방(65/35%)직물의 소재보다 0.5~0.7°C 가 낮게 유지되었다.

2. 직장온도는 실험시작시 37~37.2°C의 분포였으며 THR 70 에서 1.0~1.1°C 상승되었고, 폴리에스테르100% 직물, 폴리에 스테르/면혼방(35/65%) 편물이 전 구간에 있어 다른 스포츠웨어 보다 높게 나타났다.

3. 의복내 기후는 경량의 운동 조건인 THR20에서는 스포트 웨어간의 온도 및 습도의 변화차가 적게 나타난 반면 THR 70의 운동조건인 회복기에서 스포츠웨어간의 습도는 유의 적으로 차이가 나타나며, 폴리에스테르100% 직물과 폴리에스테르/ 면혼방(65/35%)직물이 면100% 편물과 폴리에스테르/면혼방(35/ 65%)편물의 소재보다 높게 유지되었다.

4. 온냉감은 THR 20의 낮은 운동조건에서는 스포츠웨어간 의 유의차는 인정되지 않았으나, 높은 운동조건인 THR 70에 서는 의복간의 유의차가 인정되어 운동 강도에 따른 스포츠웨 어의 온열적 착의감이 달랐다.

이상의 결과로부터 20°C 50%환경에서는 폴리에스테르100% 직물과 폴리에스테르/면혼방(65/35%) 직물인 스포츠웨어는 운 동에 의한 온열 생리적 반응이 빠른 반응을 보임을 알 수 있 으며, 워밍업 등의 빠른 체온상승을 요하는 용도로 적합할 것 으로 사료되고, 면의 혼용율이 높은 편물인 스포츠웨어는 의복 내 온도와 의복내 습도, 온냉감 등이 쾌적 영역에 근접함을 보 여 레저용 및 생활 스포츠웨어에 적합할 것으로 사료되어진다.

본 연구에는 현재 시판 중인 스포츠웨어 4종을 선정 평가되 었으나, 이외의 다양한 스포츠 종목과 고기능성을 가진 의복들 이 생산 중에 있으므로, 이에 금후는 더욱 다양한 종류의 스포

츠웨어의 기능성 및 착용성능을 고려한 복합적인 평가와 검토 가 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

권오경 · 송민규 (2003) 스포츠자켓용 나일론/면 교직물의 설계조건 에 따른 역학적 특성과 태. *한국의류산업학회지*, 5(3), 267-272.

김경희 (1992) 습윤이 투습방습코팅된 나일론 직물의 기본태와 외관 성능에 미치는 영향. *승실대학교 대학원 석사학위논문*.

김성동 · 김삼수 (1995) 투습방수 나일론 직물의 기능성 부여가공에 관한 연구. *한국섬유공학회지*, 7(1), 23-31.

서국웅 (1985) Ball의 충격후 Tennis Racket의 진동특성과 Racket 진동이 Tennis Elbow를 유발할 가능성. *한양대학교 대학원 박사 학위논문*.

유혜형 · 김영호 · 조현태 · 심현주 · 이광배 (1993) 투습방수코팅 나 일론 직물의 보온성 향상. *한국섬유공학회지*, 30(3), 250-258.

이정순 · 신혜원 (1997) 시판되는 폴리우레탄 코팅포의 물성. *한국의 류학회지*, 21(8), 1346-1352.

米田新雄 (1974) “衣服衛生學”. 化學東人, 東京, p.69.

三浦運一 (1951) *日新醫學*. 38, 9, 551.

安田 武 · 横山宏太郎 · 井尻登喜子 (1983) 透濕性防水布の性能 に關する一考察. *日本纖維製品消費科學會誌*, 24(11), 486-491.

中橋美智子 · 吉田敬一 (1997) “新しい衣服衛生”. 南江堂, 東京, pp.38-45.

平林由果 · 菅屋潤壹 · 鈴木一乃 · 石丸園子 · 西山哲成 · 西村直 記 (2000) スポーツウェア用編地の放熱特性, および肌離れ 性に関する?究. 第2報. *日本生理人類誌*, 5(1), 23-30.

Frederick, E.C. (1986) Biomechanical consequences of Sport Shose Design. *Exer. Sport Sci. Rev.*, 14, 375-400.

Harada, T. (1982) Pursuit of Comfort in Sportswear. *JTN*, 22-23.

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

Huck, J. and McCullough, E.A. (1985) Insulation Characteristics of Outdoor garments and fabric systems. *Home Economics Res. J.*, 13, 324-333.

MuCukkough, E.A. and Jones, B.W., (1984) A Comprehensive Data base for Estimating Clothing Insulation, Institute Environmental Research Technical Report”. Kansas State University, USA, pp.95-98.

Keighley, J.H. and Steele, G. (1980) An assessment of the functional and design requirements of clothing used to protect the human body(part 1). *Clothing Res. J.*, 8(1), 28-45.

Latham B.J. (1973) The structure of shirting fabrics in relation to comfort in wear. *Clothing Res. J.*, 1(2), 3-27.

Luethi, S.M. and Nigg, B.M. (1985) The Influence of Different shoe Constructions on Discomfort and Pain in Tennis. *Biomechanics IX-B*. uman K. Champaign, Illinois, 149-153.

Saltin, B., Gagge, A.P. and Stolwik, J.A.S. (1970) Body temperature and sweating during thermal transients caused by exercise. *J. Apple Physiol.*, 28, 318-327.

(2006년 1월 25일 접수)