

발한 및 피부온 분포를 적용한 흡한속건 T-Shirts의 착용생리반응

하지현 · 김희은

경북대학교 의류학과/장수생활과학연구소

Physiological Responses of Quick Absorbing/Drying T-shirts Designed with Sweating and Skin Temperature Distribution

Ji-Hyun Ha and Hee-Eun Kim

Dept. of Clothing & Textiles/Center for Beautiful Aging, Kyungpook National University; Daegu, Korea

Abstract : This study was investigated to evaluate the physiological responses on T-shirts manufactured with selected functional materials by body parts which were selectioned on the distribution of sweating and temperature change. Seven healthy men in twenties were participated in a climate chamber of $27\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ and $50\pm 1\%\text{RH}$. Three kinds of T-shirts named 'D1', 'D2' and 'Poly' were used as experimental clothings. Four kinds of functional materials of quick absorbing/drying were used in all section in 'D1', but two kinds of functional materials used partially in 'D2'. 'Poly' T-shirts used only polyester. In an experimental schedule of 90 minutes, which were consisted of 'Rest', twice of 'Exercise' and twice of 'Recovery' periods, the subjects walked on a treadmill with 60% of VO_2max . As a physiological responses, the microclimate temperature, surface temperature(skin, clothing) and sweat rate were measured. Temperature regulation was kept well in 'D1' rather than other T-shirts. The quick absorbing/drying T-shirts showed its performance well as the exercise goes on the second half. With these results in mind, 'D1' will be more effective for long hours exercise such as climbing rather than short hours exercise.

Key words: physiological responses, sweating, skin temperature, functional materials, quick absorbing/drying

1. 서 론

인간의 생활환경 기후는 지역에 따라 다르며 동일한 지역이라도 계절에 따라 크게 변한다. 이런 기후변화에 대응하기위해 의복은 인체의 생리적 기능을 보조하고 쾌적성을 유지시켜 주는 역할을 한다(中橋美智子, 吉田敬一, 1998). 의복은 추위와 더위로부터 신체를 보호하고 신체를 쾌적한 상태로 유지시켜 주어야 하는데 신체가 물이나 땀에 의해 옷이 젖은 상태가 되면 젖은 옷은 피부에 달라붙어 옷과 몸 사이에 공기층을 만들지 못하기 때문에 더운 날씨에도 추위를 느끼게 하며 심부온을 저하시킨다. 또한 운동으로 인해 땀이 발생하면, 불쾌감을 느끼는데 신체를 쾌적하게 유지하기 위해 수분의 확산을 용이하게 하는 것이 중요하다. 수분을 빠르게 흡수하고 건조되도록 하는 흡한속건의 기능은 쾌적성을 유지하기 위해 의복에 있어서 매우 중요하다(Ueda et al., 2006).

의복에 흡수되는 발한량은 직물의 물리적 특성이나 의복의 디자인, 공기 중의 습도, 기류 등의 환경요인이 관여한다(염희

경, 최정화, 1992). 연령에 따라서도 땀샘의 기능 저하로 인해 발한량이 감소하고(Inoue et al., 1991) 계절에 따라서 부위별로 발한량이 달라진다(Inoue et al., 1995). Havenith et al.(2008)에 의하면 운동시 상체의 경우 성별에 따라 발한량이 다르고 부위별로도 다르다. 또한 발한량은 운동강도에 따라 신체부위별로 다르다(Kondo et al., 1998). 의복은 외부의 온도 변화뿐만 아니라 부위에 따라 다른 발한량에 대처하고 피부온을 유지시키는 기능이 요구된다.

일반적으로 피부온은 서모커플(thermocouple)이나 서미스터(thermistor)등의 접촉형 온도계를 피부에 부착시켜 측정하는 방법이 많이 이용되나, 피부면에 장착하는 그 자체가 피부온에 영향을 미칠 수 있으며 피부온의 전체적인 분포를 충분히 파악할 수 없다는 단점이 있다(中橋美智子, 吉田敬一, 1998). 따라서 최근에는 신체 접촉 없이도 체온을 측정할 수 있고 한 번의 촬영으로 전체 온도 분포를 파악할 수 있는 서모그래피가 실용화되고 있다.

서모그래피는 적외선 카메라를 이용한 것으로 Clark et al.(1977), Nakayama et al.(1981), Torii et al.(1992), 는 서모그래피를 이용하여 피부온의 변화를 관찰하였다. 이아람(2009)은 서모그래피를 사용하여 운동 전 후의 피부온의 변화를 수치

Corresponding author; Hee-Eun Kim
Tel. +82-53-950-6224, Fax. +82-53-950-6219
E-mail: hekim@knu.ac.kr

화하고 비교분석을 통해 발한분포 모델을 연구하여 운동시 피부온 변화에 대처하기 위해 의복은 부위별로 다른 피부온에 능동적으로 대처할 수 있는 의복의 필요성을 강조하였다.

피부와 접한 의복의 소재성능이 피부온을 변화시키며 의복의 쾌적성을 좌우하므로(中橋美智子, 吉田敬一, 1998), 성능이 다양한 고기능성 소재들이 많이 개발되고 있다. 고기능성 소재를 이용한 아웃도어제품 시장이 급속도로 팽창하고 있지만 소재의 물리적 특성만을 평가하여 상품을 개발하고 있는 실정이므로 의복 착용에 따른 인체 생리반응의 변화도 함께 고려되어야 할 것이다.

선행연구로 Bakkevig and Nielsen(1994, 1995)는 텍스타일의 구조와 인간의 체온조절 반응과 열적 쾌적감에 관한 연구, Ha et al.(1995)는 섬유 소재특성에 따른 온열생리반응에 관한 연구, Park et al.(2006)는 야구복에 사용된 소재의 차이가 투구 스피드 및 생리적 반응에 미치는 영향에 대한 연구를 실시하였다. 이러한 선행연구들은 소재와 온열생리반응과의 관계를 의복 전체에 단일한 소재를 사용한 의복에 대한 연구에만 초점을 맞추고 있어, 부위에 따른 발한 및 피부온 분포를 고려하여 부위별로 소재를 다르게 사용한 의복에 관한 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 운동 전후의 신체 부위별 발한 및 피부온 분포영역에 따라 구획을 나누어 서로 다른 흡한속건 소재

를 조합하여 제작한 스포츠웨어의 착용실험을 통해 인체 생리 반응을 평가하고자 하여 체온조절에 효율적인 스포츠웨어 제작의 기초자료로 쓰고자 한다.

2. 연구 방법

2.1. 피험자

본 실험에는 신체 건강한 20대 남자 대학생 7명이 피험자(연령: 25.0±1.41세, 키: 175.7±2.06 cm, 체중: 67.7±2.63 kg, BMI: 21.9±1.12, BSA; 1.8±0.03)로 참가하였다. 피험자들에게 실험 방법 및 실험 내용에 관하여 설명하고 피험자의 동의를 얻어 실험을 실시하였다. 피험자는 실험 기간 동안 금주·금연을 하고 강도 높은 운동을 삼가하고 규칙적인 생활을 하도록 하였으며, 식후 2시간 경과 후에 실험에 참가하도록 하여 대사 활동에 따른 영향을 배제하였다. 체온의 일내리듬을 고려하여 같은 시간대에 총 3회의 의복착용실험을 실시하였고 각 실험 간에는 최소 2일의 휴식기간을 설정하였다.

2.2. 실험의복

실험의복의 제작을 위해 선행연구의 발한 분포(Havenith et al., 2008)와 피부온 분포(이아람, 2009)를 바탕으로 구획을 설정한 티셔츠 디자인 선을 도출하여 물리적 특성을 달리하는 소

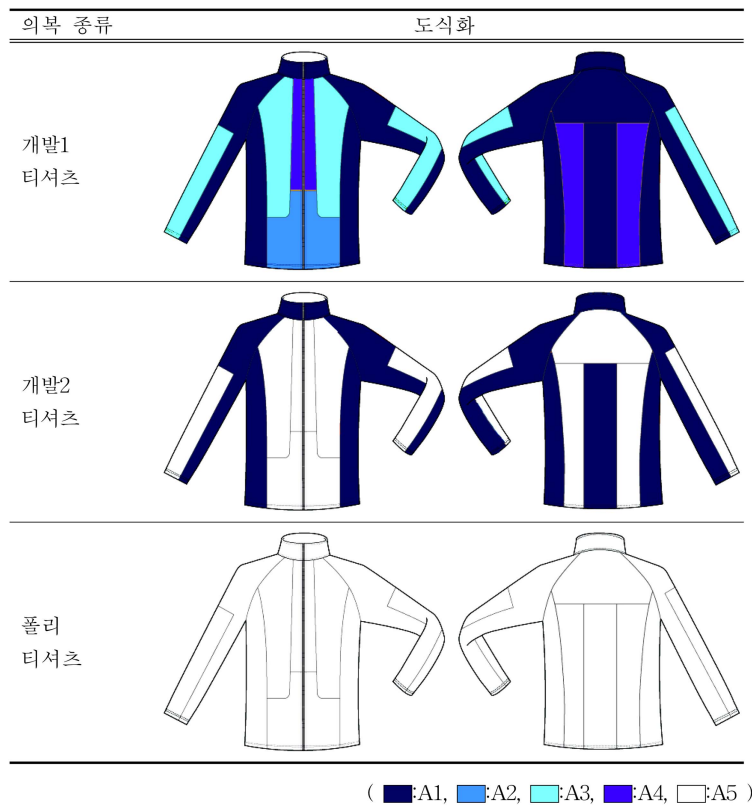


Fig. 1. 3종 실험의복의 도식화

Table 1. 소재의 물리적 특성

샘플	A1	A2	A3	A4	A5
혼용률(%)	폴리에스테르100	폴리에스테르46.5 코코나 53.5	폴리에스테르100	폴리에스테르92 폴리우레탄8	폴리에스테르100
두께(mm)	0.65	0.79	0.70	0.89	0.58
무게(mg/cm ²)	15.10	15.18	16.65	19.42	20.77
투습도(g/m ² ·h)	353	325	259	280	277
공기투과도 (cm ² /min/cm ²)	10860	9636	7548	2306	3035
흡수속도 (mm)	경사 110 위사 100	140	110	136	0
보온성(%)	23.2	20.5	11.9	18.3	19.2
건조속도(분)	160	220	235	295	165

제를 사용한 긴팔 실험의복(개발1 티셔츠, 개발2 티셔츠, 폴리 티셔츠)을 제작하였으며 <그림 1>에 도식화를 나타내었다.

실험의복 제작에 사용된 소재는 물리적 특성을 <표 1>에 나타내었다.

흡한속건 폴리에스테르 소재 4종(A1, A2, A3, A4)과 일반 폴리에스테르 소재 1종(A5)이다. ‘개발1 티셔츠’는 부위별 발한 및 피부온 분포에 따라 구획을 나눠 흡한속건 소재 4종을 조합하여 제작하였으며, 흡수성과 통기성이 필요한 겨드랑이 부분과 발한량이 가장 많고 온도가 가장 높은 등 윗 부분과 등 중앙 부분에 5종의 소재에 대한 물리적 특성 조사 결과 ‘투습도’, ‘공기투과도’ 그리고 ‘흡수속도’와 ‘건조속도’에서 가장 좋은 결과를 나타낸 A1를 사용하였고 온도가 가장 낮은 배부분에 예비실험결과 주관적 감각 평가에서 보온성이 가장 좋다고 답한 A2, 그리고 나머지 부분에 A3와 A4를 조합해 제작하였다. ‘개발2 티셔츠’는 A1와 A5 2종의 소재로 제작하였으며 발한량이 가장 많고 온도가 가장 높은 등 중앙 부분과 흡수성과 통기성이 필요한 겨드랑이 부분에만 A1를 사용하고 나머지 부분은 가격측면에서 유리한 A5를 사용하여 효율성과 구매성을 고려하여 제작하였다. 그리고 ‘폴리 티셔츠’는 일반적으로 많이 사용되고 있는 A5를 의복 전체에 사용하여 비교군으로 제작하였다.

실험시에는 반바지, 양말, 운동화를 기본 의복으로 착용하였으며, 그 위에 실험의복으로 T-Shirts를 착용하였다.

2.3. 실험방법

실험은 27±0.5°C, 50±1%RH로 설정된 인공 기후실에서 20분간의 Rest기, 20분간의 Exercise 1기, 10분간의 Recovery 1기를 보내고 이어서 20분간의 Exercise 2기와 20분간의 Recovery 2기로 총 90분으로 구성되어 있다. 피험자는 Rest기, Recovery기에 의자에 앉아 편안한 자세를 취하였으며, Exercise 기에는 VO₂max 60% 수준의 Treadmill 운동을 실시하였다.

측정항목으로 의복내 온도는 피부 온도 측정기(LT-8B, Gram Corp.,Japan)를 사용해 1분 간격으로 측정하였으며, 표면온도는 적외선 카메라 (Infrared thermographic camera, T-200 (FLIR System, Sweden)를 사용하여 서모그래피로 도출하였으며 피부 표면온도는 ①, ② 지점에서 일시 탈의하여 촬영하였고, 의복 표면온도는 ①~⑥ 지점에서 착의 상태로 촬영하였다. 전신 발한량은 인체 천평(Mettler Toledo ID3, Germany)를 이용하여 실험 전후의 체중차에서 계산하였으며, 무효발한량은 실험시 착용한 의복과 수건에 묻은 땀량을 의미한다. 국소 발한량은 환기캡 슬랩을 이용한 발한량 측정기(SKD -2000 Perspiration Meter, Skinos Co., Ltd Japan)로 전완 부위에서 4회 측정하였다.

실험 프로토콜은 <그림 2>와 같다.

2.5. 데이터 분석

표면온도는 열화상 카메라로 촬영된 이미지를 Quick Report Software(FLIR System, Sweden)로 분석하여 색상에 따른 온도

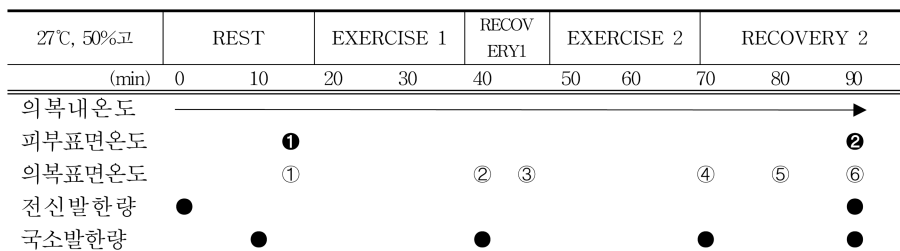


Fig. 2. 실험 프로토콜

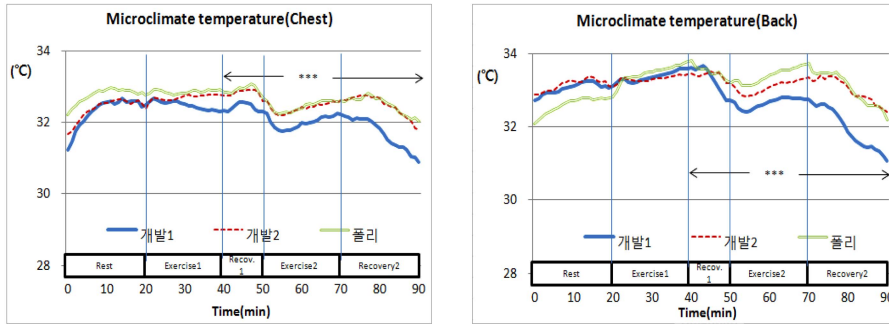


Fig. 3. 의복내 온도의 경시적 변화 (좌: 가슴, 우: 등)

를 추출하였다. 의복내 온도와 발한량 데이터는 통계분석 프로그램인 SPSS 17.0 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하고, 정규성 검정, 일원배치 분산분석, 반복측정 다변량 분석을 실시하였다. 3종 실험의복간의 차이의 검정을 위해 의복내 온도와 발한량에 대해서는 시간변화를 고려하지 않은 경우에는 일원배치 분산분석을 사용하였고 시간변화를 고려한 경우에는 반복측정 다변량 분석을 실시하였다. 모든 자료들의 유의차 검정은 유의확률 5%에서 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 의복내 온도

<그림 3>은 가슴과 등부위의 온도를 나타낸 그래프로 피험자 7인의 평균값을 표시하고 있다.

인공기후실 입실후 Rest기에 상승이 있었으며 Exercise 1기에 온도가 서서히 상승하였고 Recovery기에 피험자의 움직임이 정지되면서 대류현상도 정지되어 약간의 상승현상이 초기에 나타났으나 이후 온도가 하강하였으며 Exercise 2기 초에도 여전히 하강하였다. Exercise기 초기에 온도가 하강하는 것은 신체의 움직임에 의해 신체와 의복사이의 공기가 풀무와 같이 밖으로 내보내지면서 의복내의 따뜻한 공기와 외부의 찬 공기사이의 교환이 일어나 의복내 온도가 하강하는 것으로 보인다.

개발1 티셔츠는 실험이 진행됨에 따라 다른 2종의 실험의복보다 낮은 온도를 유지하였으며 실험후반으로 갈수록 그 차이가 더욱 뚜렷하였다($p < 0.001$). 실험의복간의 이러한 온도 차이는 가슴부위의 경우 Exercise 1기 중반부터 나타났고 등부위에서는 Recovery 1기 중반부터 나타났는데 이는 대류의 효과를 등 부위보다 가슴부위에 더 직접적으로 받아 가슴부위에서 반응이 빨리 나타난 것으로 보인다. 등부위 역시 운동을 함으로써 혈관확장이 일어나면서 방열이 일어나면서 발한으로 인한 증발이 일어나지만 가슴부위와 같이 맞바람으로 인한 강제대류현상의 미약으로 증발이 일어나지 않아 온도가 상승한 것으로 생각된다. 강미정 외(2007)은 가슴부위의 온도가 등부위의 온도보다 낮은 것에 대해 의복의 인체 밀착도가 등부위에서 상대

적으로 높아 운동시 증가한 발한이 밀착된 의복소재로 더 흡수되어 의복내 수분량의 증가가 의복내의 등 부위의 온도를 상승시킨 것으로 설명하고 있다.

3.2. 서모그래피에 나타난 표면온도

3.2.1. 피부 표면온도

<그림 4>는 Exercise 1기 전(①)과 Recovery 2기 20분경과 후(②) 시점에서 피부 표면온도를 파악하기 위해 실험의복을 일시 탈의한 상태에서 적외선 카메라로 촬영한 전형적인 예이고, 그림에 표시한 상체전면의 가슴, 배부위와 상체후면의 어깨, 등허리, 액외부위의 평균 피부온을 <표2>에 나타내었다. 서모그래피를 통한 전반적인 피부온 변화 형태를 <그림 4>를 통해 주로 관찰하였으며 <표2>에 나타난 수치는 서모그래피상에서 추출한 것으로 다양한 결과값이 추출될 수 있다.

가슴부위, 손목부위와 등부위에 파란색으로 보이는 심박수 센서와 피부온 센서가 위치하고 있어 피부 표면온을 관찰할 수 없다. 상체전면에서 Exercise 1기 전(①)에 가슴부위는 높은 온도를 나타내었고 나머지 부위는 균일한 온도분포를 보였다. Recovery 2기 20분경과 후(②)에는 가슴과 배부위는 온도가 하강하였는데 3종의 실험의복 중 개발1 티셔츠의 온도 하강 정도가 가장 적은 것으로 나타났다. 이는 개발1 티셔츠의 경우 가슴과 배부위에 땀을 잘 흡수하고 발산시키는 기능성 소재가 적용되어 발한으로 인한 피부온의 하강현상이 적게 발생한 때문으로 보인다.

상체후면에서 Exercise 1기 전(①)에 등허리부위는 낮은 온도분포를 나타내지만 Recovery 2기 20분경과 후(②)에 등허리부위는 온도가 상승하였고 상완 액외부위와 어깨부위에 전반적으로 온도가 하강한 것을 관찰할 수 있었다.

3종의 실험의복 중 개발1 티셔츠가 운동 전 후의 온도변화 정도가 가장 적은 것으로 나타났는데 이는 개발1 티셔츠의 경우 액외부위와 어깨에 사용된 소재가 땀을 빠르게 흡수하고 건조되도록 하여 피부에 남은 땀량이 적어 땀의 증발로 인한 피부온의 하강현상이 적게 발생하여 피부온의 dry heat loss를 통한 체온조절 역할이 잘 이루어져 의복이 체온 조절 기능을 잘

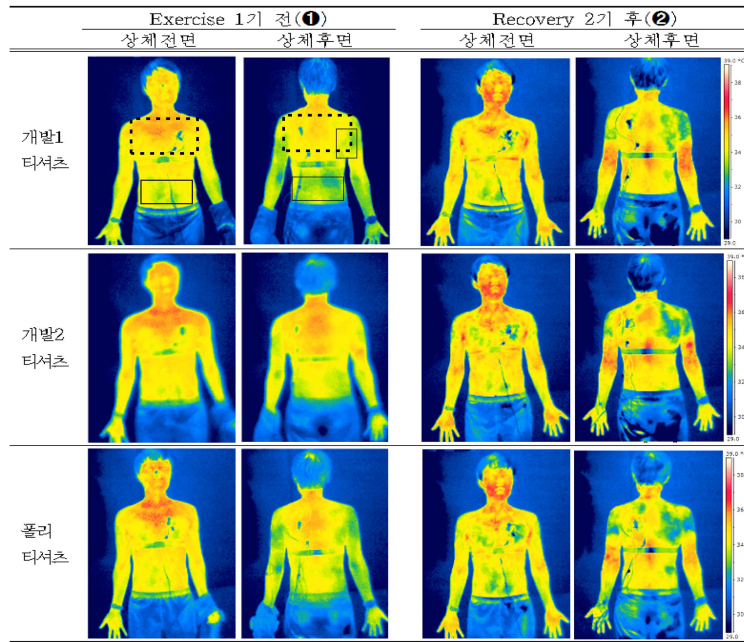


Fig. 4. 적외선 카메라로 촬영한 3종 실험의복의 탈의시의 상체부위의 피부온 분포 이미지

Table 2. 상체전면과 상체후면의 평균 피부온

실험의복	Exercise 1기 전(①) 피부온(°C)					Recovery 2기 20분경과 후(②) 피부온(°C)				
	상체전면		상체후면			상체전면		상체후면		
	가슴	배	어깨	등허리	액와	가슴	배	어깨	등허리	액와
개발1	34.9	33.9	34.3	33.5	33.3	34.6	33.7	34.2	34	33.1
개발2	35	34.3	34.7	33.9	33.6	34.4	34.0	34.2	34.4	33.1
폴리	35.3	34	34.4	34.1	33.4	34.3	33.4	34.0	34.6	33.0

수행하고 있다는 것을 의미한다.

3.2.2. 의복 표면온도

<그림 5>는 적외선 카메라로 촬영한 3종 실험의복의 상체부위의 의복표면 온도 분포 이미지이다. 3종 실험의복의 상체전면부위의 의복표면 온도는 실험이 진행됨에 따라 온도가 하강하는 모습을 보인다. 개발1 티셔츠의 경우 Recovery 2기 10분경과 후(⑤)보다 Recovery 2기 20분경과 후(⑥)에 온도가 상승하는 모습을 관찰할 수 있었고, 이 때 촬영한 탈의시의 상체전면 이미지(<그림 4>)에서도 Exercise 1기 전(①)보다 Recovery 2기 20분경과 후(②)에 피부온이 상승한 모습이 관찰되어 개발1 티셔츠 착용시 체열발산이 잘 이루어지는 것으로 보인다. 폴리 티셔츠는 Recovery 2기 10분경과 후(⑤)보다 Recovery 2기 20분경과 후(⑥)에 온도가 하강하였고 이때 탈의시의 상체전면 이미지(<그림 4>)에서도 Exercise 1기 전(①)보다 Recovery 2기 20분경과 후(②)에 피부온이 하강한 모습이 관찰되어 체열발산이 잘 이루어지지 않은 것으로 보인다.

3종의 실험의복의 상체후면부위의 의복표면 온도에서 어깨부

위의 온도는 Exercise전에는 전체적으로 온도가 하강하였고 Exercise후에는 온도가 상승하였다. 등허리부위의 온도는 Exercise1기 후(②)에는 온도가 하강하였고 Exercise2기 후(④)에는 다시 온도가 상승하는 모습을 관찰할 수 있었다. Recovery 2기 20분경과 후(⑥)에서 흡한속건 소재 4종으로 제작된 개발1 티셔츠는 실험이 진행됨에 따라 등부위의 전체적인 표면온도가 하강하였다. 이는 땀이 의복 소재에 흡수된 후 증발하면서 외기로 열방출이 이루어져 전체적인 의복표면 온도가 하강한 것으로 보인다. 개발2 티셔츠는 흡한 속건 소재가 사용된 등 아래 중앙부위에 집중적으로 땀이 흡수되어 부분적으로 온도가 하강 현상이 발생하였고, 폴리 티셔츠는 땀이 흡수되지 못하고 흘러내려 등허리 부위에서 흡수가 이루어져 부분적인 온도 하강현상이 발생한 것으로 생각된다.

3.3. 의복표면온도와 의복내 온도의 비교

<그림 6>는 가슴과 등부위의 의복표면온도를 적외선 카메라로 촬영한 것과 가슴과 등부위의 의복내 온도를 비교하여 나타낸 그래프이다. 의복표면 온도는 적외선 카메라를 촬영한 시점

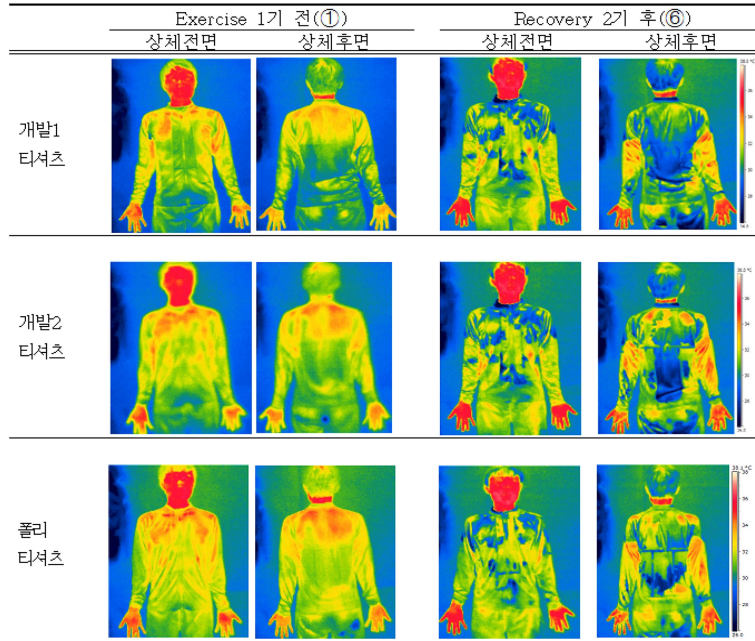


Fig. 5. 적외선 카메라로 촬영한 3종 실험의복의 상체부위의 의복표면 온도 분포 이미지

에 의복내 온도 센서가 부착된 부위의 의복표면온도를 Quick Report Software(FLIR System, Sweden)를 통해 값을 찾아내었고 그 시점에 있어서의 의복내 온도는 LT-8B(Gram Corp., Japan)로 연속 측정된 값에서 발췌하였다.

가슴부위의 의복표면온도와 의복내 온도를 보면 개발1 티셔츠의 경우 Exercise 1기 전(①) 촬영시점에서 의복표면온도와 의복내 온도의 온도차는 0.16°C였고 운동을 진행하면서 의복표면온도와 의복내 온도 사이에 약간의 온도차가 발생하지만

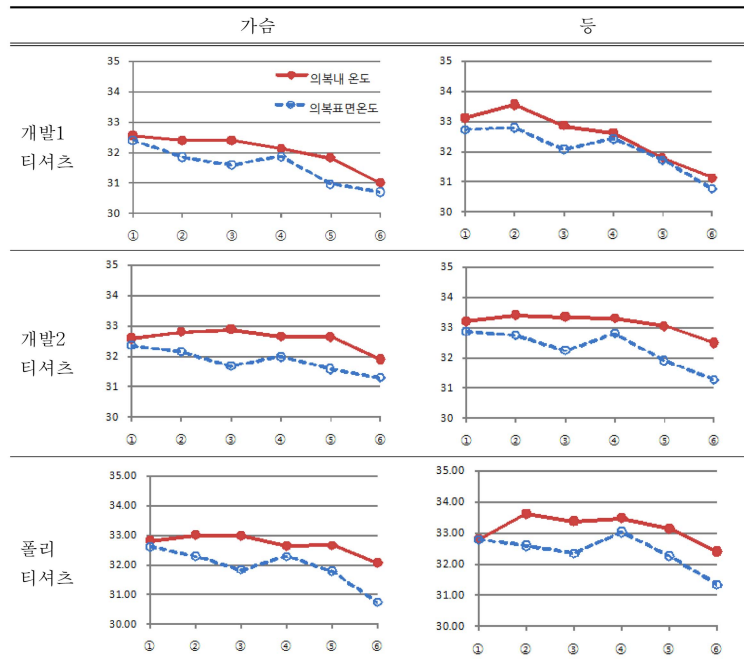


Fig. 6. 의복표면 온도와 의복내 온도
- ①-⑥은 실험 프로토콜의 표면온도 촬영 시점

Exercise 2기 후(④)에 온도 격차가 줄어들었고 Recovery 2기 후(⑥)엔 0.30°C의 온도차를 보인다. 반면 폴리에스테르가 포함된 개발2 티셔츠와 폴리 티셔츠는 대체적으로 비슷한 온도 분포를 보인다. 개발2 티셔츠와 폴리 티셔츠는 Exercise 1기전(①) 촬영시점에서 의복표면온도와 의복내 온도 사이에 온도차는 0.23°C, 0.23°C였다. 실험이 진행될수록 온도 격차가 발생하였고 Exercise 2기 후(④)에 온도 격차가 줄어들었지만 다시 온도차가 생기면서 Recovery 2기 후(⑥)에는 의복표면온도와 의복내 온도 사이의 온도차가 개발2 티셔츠의 경우 0.61°C, 폴리 티셔츠의 경우 1.33°C의 차이를 보였다. 3종의 실험의복 중 개발1 티셔츠가 0.30°C로 가장 낮은 온도차를 보여 외부로의 열교환이 가장 잘 이루어지는 것으로 생각된다.

등부위의 의복표면온도와 의복내 온도를 보면 개발1 티셔츠의 경우 Exercise 1기 전(①) 촬영시점에서 의복표면온도와 의복내 온도의 차가 0.26°C였고 운동을 진행하면서 의복표면온도와 의복내 온도 사이에 온도차가 발생하지만 Exercise 2기 후(④)부터 두 그래프가 거의 일치하는 모습을 보이고 Recovery 2기 20분경과 후(⑥)에는 0.33°C의 온도차를 보인다. 개발2 티셔츠와 폴리 티셔츠는 가슴부위와 마찬가지로 대체적으로 비슷한 온도 그래프를 보인다. 2종의 실험의복은 Exercise 1기 전(①)에 의복표면온도와 의복내 온도 차가 0.01°C, 0.33°C였고 실험이 진행될수록 온도 차가 발생하였고 Exercise 2기 후(④)에 온도 격차가 줄어들었지만 실험이 진행되면서 다시 온도차가 생겨 Recovery 2기 20분경과 후(⑥)에는 개발2 티셔츠의 경우 1.22°C, 폴리 티셔츠의 경우 1.07°C의 온도차를 보였다. 등부위 역시 가슴부위와 마찬가지로 3종의 실험의복 중 개발1 티셔츠가 0.33°C로 가장 낮은 온도차를 보였다.

가슴부위와 등부위에서 의복표면온도와 의복내 온도의 차가 3종의 실험의복 중 흡한속건 소재로 제작된 개발1 티셔츠에서 가장 작게 나타났고 이는 개발1 티셔츠 착용시에 외부의 열교환이 가장 활발하여 체열발산 효과가 크게 나타난 것으로 보인다. 이러한 결과는 임순, 정명희(2005)의 연구에서 흡수성이 좋은 소재는 방수량을 크게하여 수분 증발에 의한 열 이동을 용이하게 하여 의복내 기후조건을 적절하게 조절해 준다는 결과와 일치한다.

3.4. 발한량

본 실험에서 총발한량은 실험전후의 탈의상태의 체중을 측정 한 전신 발한량을 의미하며, 무효발한량은 실험하는 동안 피험자의 몸에서 흘러나오는 땀을 흡수시킨 수건, 바지, 양말, 실험 의복의 실험전후의 무게의 차를 계산한 값이다. 유효발한량은 총발한량에서 무효발한량의 차로 계산하였고 유효발한률은 유효발한량에서 총발한량을 나누어 100을 곱해준 값으로 하였다.

개발1 티셔츠는 유효발한률은 94.27%로 가장 높으며, 개발2 티셔츠의 유효발한률은 93.38%를 나타내었고, 100% 폴리에스테르로 이루어진 폴리 티셔츠는 유효발한률은 92.43%로 가장 낮은 결과를 나타내었다.

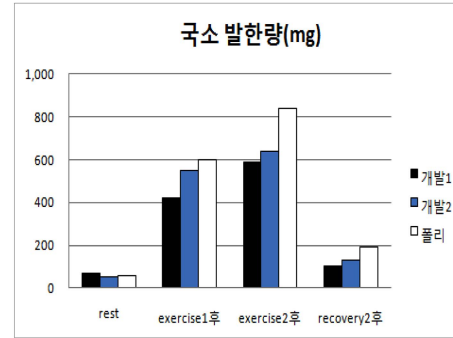


Fig. 7. 3종 실험의복의 국소 발한량

Bakkevig and Nielsen(1995)은 증발량은 소재와 텍스타일 구조에 영향을 받고 이런 것이 쾌적감에도 영향을 미친다고 보고하고 있다. 최근에는 의복의 착용 쾌적감을 높이기 위해 친수성이 낮은 합성섬유에 모세관 구조를 도입하여 다양한 가공 방법으로 합성섬유를 친수화시킨 흡한 속건 소재가 개발되고 있다(조길수, 2009).

개발1 티셔츠는 폴리에스테르를 가공하여 개발된 흡한속건 소재로 만들어져 심지 흡수력이 높아 땀을 신속히 흡수하고 대기 중으로 발산시킬 수 있어 낮은 발한량과 높은 유효발한률을 나타내었다. 폴리 티셔츠의 경우 폴리에스테르로 제작되어 땀이 의복에 흡수된 후에는 대기 중에 발산되지 못하고 의복에 그대로 남아 있어 높은 발한량과 낮은 유효발한률을 보이고 있다.

국소 발한량의 측정은 전완 부위에 환기캡슐을 부착시켜 4차례 측정하였으며 <그림 7>은 시간변화에 따른 3종 실험의복의 국소 발한량을 그래프로 나타낸 것이다. Rest기의 국소 발한량은 기본적인 피부표면의 습도로 보이며 운동이 진행될수록 3종의 실험의복 모두 국소 발한량이 증가하였으며 Recovery 2기 후에는 다시 발한량이 감소하였다. 개발1 티셔츠는 Exercise 1기 후와 Exercise 2기후에는 420 mg, 590 mg로 증가하였고 Recovery 2기 후에는 Rest기와 비슷한 수준으로 감소하였다. 이는 개발1 티셔츠가 흡한 속건 소재로 만들어져 발생된 땀이 흡수되어 피부에 잔류되는 땀의 양이 적은 것으로 판단된다. 폴리 티셔츠는 Exercise 1기 후와 Exercise 2기후에는 600 mg, 840 mg로 증가하고 Recovery 2기 후에는 감소하였지만 3종의 실험의복 중 국소 발한량이 가장 많았다. 폴리 티셔츠는 친수성이 낮은 폴리에스테르로 만들어져 흡수성이 좋지 못하여 땀이 피부표면에 흘러내리거나 많은 양이 피부에 잔류한 것으로 보인다. 특히 Exercise 2기에 3종의 실험의복 간에는 유의한 차이가 존재하였다(p<0.01).

4. 결 론

본 연구에서는 발한 및 피부온 분포영역에 따라 소재를 다르게 사용한 스포츠웨어를 제작하고 착용 인체 생리 반응을 측

정하여 착용 쾌적성을 평가하고자 하였다.

착용 실험을 통해 발한 및 피부온 분포에 따라 소재를 달리 사용하여 의복을 제작하는 것은 체온유지 및 체열발산의 측면에서 체온 조절에 긍정적인 효과를 부여하였고, 쾌적한 스포츠웨어 제작 시에 참고 자료가 될 수 있을 것이다. 기존의 연구에서는 의복 전체에 단일한 소재를 사용한 연구에 초점을 맞추고 있다. 따라서 부위에 따른 피부온 분포에 적절하게 대처할 수 있도록 부위별로 기능성 소재를 다르게 배치한 디자인의 의복에 대한 연구가 요구되고 있는 시점에 시의적절한 연구이다. 물리적 특성 평가와 함께 착용 쾌적성 실험을 동시에 실시한 본 연구는 소재들의 물리적 특성만으로 평가하여 개발되고 있는 기존의 스포츠웨어와 차별화가 된다.

본 연구에서는 착용 평가를 위해 3종의 실험의복 '개발1' 티셔츠, '개발2' 티셔츠, '폴리' 티셔츠를 제작하였다. 3종의 실험 의복 제작에 사용된 소재는 폴리에스테르를 원료로 가공을 한 흡한속건 소재 4종을 선정하고, 비교군으로 가공이 되지 않은 100% 폴리에스테르 소재 1종을 선정하였다. 실험의복으로는 발한 및 피부온 분포를 고려해 흡한속건의 성능을 가진 4종의 소재가 모두 사용되도록 디자인한 개발1 티셔츠, 효율성과 구매성을 고려하여 발한 및 피부온 분포영역에 따라 흡한속건 성능을 가진 1종의 소재를 사용하고 나머지 부위는 폴리에스테르를 조합하여 디자인한 개발2 티셔츠, 대조군으로 일반적으로 많이 사용되고 있는 폴리에스테르로 1종의 소재만으로 이루어진 폴리 티셔츠를 제작하였다. 본 연구는 일상생활에서 소비자들이 아웃도어웨어 구매시의 가격대까지 고려하여 실험의복을 제작한 것이 특징이다.

개발1 티셔츠는 실험 프로토콜에 따라 운동이 진행될수록 다른 실험의복에 비해 의복내 온도가 낮게 유지되어 등산이나 운동 후 땀이 발생하였을 때 땀을 효과적으로 발산해 주는 것을 알 수 있다. 서모그래피로 파악된 피부표면온도에서 개발1 티셔츠는 운동 후 휴식시 피부온의 하강정도가 적은 것으로 나타났는데 이는 기능성 소재를 사용해 땀의 증발로 인한 피부온의 하강현상이 적게 발생한 것으로 나타나 심부온이 높게 유지되어 항상성 유지에 도움이 될 것으로 보인다. 서모그래피로 확인한 의복 표면온도에서도 개발1 티셔츠가 외부의 열교환이 가장 활발하여 체열발산 효과가 큰 것으로 파악되었고 이를 통해 의복환경이 쾌적하게 유지되어 운동을 지속적으로 할 수 있을 것으로 생각된다. 발한량에서 개발1 티셔츠는 낮은 발한량과 높은 유효발한률을 보여 땀의 발생률은 적으면서 증발효과가 커서 체온조절의 역할이 우수하다는 것을 알 수 있어 운동을 쾌적하면서 효과적으로 할 수 있게 해준다는 것을 의미한다.

의복내 온도, 표면온도, 발한량 등의 생리적 반응 측정 결과 개발1 티셔츠는 다른 실험의복보다 체온의 항상성 유지측면에서 긍정적인 결과를 나타내었다. 개발1 티셔츠는 운동 후반으로 갈수록 흡한속건 소재의 기능을 발휘하는 것으로 판단되어 단시간의 운동보다 등산과 같은 장시간의 운동시에 착용하면 더 효과적일 것으로 생각된다.

온열 생리 반응에서 부위별 발한 및 피부온의 분포와 변화를 더 세밀하게 관찰한다면 고가의 원단인 흡한속건 소재를 최소한으로 사용하고도 최대의 효과를 누릴 수 있어 산업측면에서 경제성을 발휘할 수 있으며 고가의 고기능성 스포츠웨어의 대중화를 통해 스포츠 활성화와 국민건강에 이바지 할 수 있을 것이다. 본 연구는 상의 디자인에 국한되었지만 추후에는 하의 디자인에도 피부온 및 발한 분포에 따라 기능이 다른 소재를 적용한 연구가 이어진다면 건강 유지나 안전 기능 그리고 스포츠 기록의 향상에 기여할 수 있을 것이며 체온을 효율적으로 조절할 수 있는 쾌적한 스포츠웨어 제작의 기초 자료가 될 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

이 논문은 2008년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2008-313-C00996).

참고문헌

- 강미정, 권영아, 김태규. (2007). 건강 쾌적 니트의류가 온열생리반응에 미치는 영향. *한국의류학회지*, 31(11), 1645-1652.
- 염희경, 최정화 (1992). 의복형태에 따른 성인여성의 발한반응에 관한 연구. *한국의류학회지*, 16(4), 405-416.
- 이아람. (2009). *운동 전후 피부온의 부위별 변화에 대한 서모그래피 분석*. 경북대학교 대학원 석사학위논문.
- 임순, 정명희. (2005). 비타인 E 소재의 인체생리반응 및 쾌적성 평가. *복식문화연구*, 13(3), 406-413.
- 조길수. (2009). *최신의류소재*. 서울: 시그마프레스, p. 218.
- 中橋美智子, 吉田敬一. (1998). *新しい衣服衛生*. 東京: 南江堂.
- Bakkevig M. K., & Nielsen R. (1994). Impact of wet underwear on thermoregulatory responses and thermal comfort in the cold. *Ergonomics*, 37(8), 1375-89.
- Bakkevig M. K., & Nielsen R. (1995). The impact of activity level on sweat accumulation and thermal comfort using different underwear. *Ergonomics*, 38(5), 926-939.
- Clark, R. P., Mullan, B. J., & Pugh, L. G. C. (1977). Skin temperature during running- a study using infra-red colour thermography. *Journal of Physiology*, 267, 53-62.
- Ha, M., Yamashita, Y., & Tokura, H. (1995) Effects of moisture absorption by clothing on thermal responses during intermittent exercise at 24°C. *European Journal of Physiology*, 71(2-3), 266-271.
- Havenith, G., Fogarty, A., Bartlett, R., Smith, C. J., & Ventenat, V. (2008). Male and female upper body sweat distribution during running measured with technical absorbents. *European Journal of Applied Physiology*, 104(2), 245-255.
- Inoue, Y., Nakao, M., Araki, T., & Murakami, H. (1991). Regional differences in the sweat responses of older and younger men. *Journal of Applied Physiology*, 71(6), 2453-2459.
- Inoue, Y., Nakao, M., Okudaira, S., Ueda, H., & Araki, T. (1995). Seasonal variation in sweating responses of older and younger

- men. *European Journal of Applied Physiology*, 70(1), 6-12.
- Kondo, N., Takano, S., Aoki, K., Shibasaki, M., Tominaga, H., & Inoue, Y. (1998). Regional differences in the effect of exercise intensity on thermoregulatory sweating and cutaneous vasodilation, *Acta Physiologica Scandinavica*, 164(1), 71-78.
- Nakayama, T., Ohnuki, Y., & Kanosue, K. (1981). Fall in skin temperature during exercise observed by thermography. *Japanese Journal of Physiology*, 31(5), 757-762.
- Park, S. J., Tokura, H., & Sobajima, M. (2006). Effects of moisture absorption of clothing on pitching speed of amateur baseball players in hot environmental conditions. *Textile Research Journal*, 76(5), 383-387.
- Torii, M., Yamasaki, M., Sasaki, T., & Nakayama, H. (1992). Fall in skin temperature of exercising man. *British Journal of Sports Medicine*, 24(1), 29-32.
- Ueda, H., Inoue, Y., Matsudaira, M., Araki, T., & Havenith, G. (2006). Regional microclimate humidity of clothing during light work as a result of the interaction between local sweat production and ventilation. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 18(4), 225-234.

(2011년 2월 13일 접수/ 2011년 5월 12일 1차 수정/
2011년 5월 12일 게재확정)
