한국의류산업학회지
제11권 제6호, 2009
<연구논문>

J. Kor. Soc. Cloth. Ind.
Vol. 11, No. 6, pp.947-952(2009)

Skin Wettedness 분석을 통한 아웃도어웨어의 착용 쾌적성 평가

정정림[1] · 김희은[2]
[1]경북대학교 의류학과, [2]경북대학교 의류학과 경북대학교 장수생활과학연구소

Evaluation of the Wear Comfort of Outdoorwear by Skin Wettedness Analyses

Jeong-Rim Jeong[1] and Hee-Eun Kim[2]
[1]Dept. of Clothing & Textiles, Kyungpook National University; Daegu, Korea
[2]Dept. of Clothing & Textiles, Kyungpook National University, Center for Beautiful Aging, Kyungpook National University; Daegu, Korea

Abstract : The purpose of this study is to analyze skin wettedness(*w*) used as the rate index of thermal comfort, and to evaluate the wear comfort of outdoorwear. Skin wettedness is widely used to express the degree of thermal comfort. If skin wettedness exceeds a certain threshold, the body feels damp and discomfort. An experiment which consisted of rest(30 min), exercise(30 min) and recovery(20 min) periods was administered in a climate chamber with 10 healthy male participants. Two kinds of outdoorwears made of 100% cotton fabrics (Control) and specially engineered fabrics having feature of quick sweat absorbency and high speed drying fabric (Functional) were evaluated in the experiment. The condition of climate chamber was controlled according to the thermal insulation of 4 kinds of experimental ensembles(E1~E4). Total sweat loss, sweat loss absorbed into clothing and skin temperature were measured. Skin wettedness was calculated from the ratio of evaporative rate to the maximal evaporative capacity. Skin wettedness of 'Functional' was lower than 'Control' in the 3 kinds of ensembles(E1, E2, E4) because the materials of 'Functional' were composed of quick sweat absorbency and high speed drying fabrics, water vapour permeability and waterproof fabrics.

Key words: wear comfort, outdoorwear, skin wettedness, evaporative rate, maximal evaporative capacity

1. 서 론

신체가 더운 환경에 노출되거나 운동량이 증가되면 체내에서 열이 생산되며, 인체와 환경 사이에서 열 조화 유지를 위해 체온조절 과정이 발생하게 된다. 운동시 외분비샘에서 피부 표면으로 발생한 땀은 체온조절을 위해 증발하게 되고 이러한 땀의 증발은 열의 발산과 신체 온도의 조절에 중요한 방법이 된다(Amorim et al., 2006). 특히, 상대 습도가 높으면 증기압이 증가하고 이로 인해 신체 잠재 열발산능력이 감소하여 발한량이 증가하면서 피부젖음(skin wettedness ; *w*)이 높아지게 되고 이로 인해 불쾌감을 느끼게 되는 것이다(Atmaca & Yigit, 2006). 의복 소재의 수증기 저항은 인간-의복-환경의 시스템에서 신체의 열적 중립을 유지하게 하는 중요한 요소가 되고(Huang, 2006) 열 저항은 착용자에게 제공하는 열적 보호막의 양적인 평가를 의미하는데, 등산복과 같은 아웃도어웨어의 경우 신체와 환경 사이의 열과 수분의 이동이 쾌적성에 중요한 영향을 미치게 되므로 의복의 착용 쾌적성의 평가를 위해서 skin wettedness의 분석이 중요하다고 할 수 있다.

Skin wettedness는 열 쾌적성의 정도를 표현하는데 많이 사용되며(Fukazawa et al., 2004) 증발 열손실의 분석에 중요한 역할을 하는데, skin wettedness의 수치가 1.0일 때는 이론적으로 발한으로 인해 피부가 완전히 젖었을 경우를 의미한다(Lin & Deng, 2008). Havenith et al.(2003)의 연구에서는 skin wettedness가 역치를 초과한다면 신체는 습윤감과 불쾌감을 느낀다고 보고하였고, Nishi and Gagge(1977)는 이러한 역치가 신진대사량에 영향을 받으며 이를 "쾌적 역치(Comfort threshold)"로 설명하고 있다.

Skin wettedness를 분석한 선행 연구를 살펴보면, Candas et al.(1979)은 신체의 skin wettedness와 땀의 유효 증발량의 관계를 파악하였고, Atmaca and Yigit(2006)은 다양한 환경에서 상대습도가 피부온과 skin wettedness에 미치는 영향을 연구하였다. Fukazawa et al.(2004)는 신체 17개 부위에 대해서 3종류의 cold-protective clothing의 착용에 따른 skin wettedness를 분석함으로써 의복시스템에서 열과 수증기의 동시 이동을 발한 마네킹을 이용하여 평가하였으며, Tsutsumi et al.(2007)은 덥고 습한 환경에서 중립 환경으로 이동하였을 때 습도가 인간의 쾌적성과 생산성에 미치는 영향을 평가하기 위해 skin wettedness, 주관적인 쾌적감 및 습윤감을 평가하였다.

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

선행 연구들은 skin wettedness와 발한의 관계를 평가하거나 외부 환경의 변화, 특히 습도의 변화가 쾌적성에 미치는 영향을 평가하기 위해 skin wettedness를 분석하였으나, 기능성 의복, 특히 아웃도어웨어의 착용에 따른 쾌적성 평가를 위해 skin wettedness를 분석한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 아웃도어웨어의 쾌적성 평가에 신체와 환경 사이의 열과 수분의 이동이 중요한 역할을 한다는 사실을 바탕으로, 쾌적성 평가의 지표로 사용되고 있는 skin wettedness의 분석을 통하여 아웃도어웨어의 착용 쾌적성을 평가하고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 피험자 및 실험조건

본 연구에 참여한 피험자는 20대 남성 10명(신장 177.45±2.09 cm, 체중 72.58±3.44 kg, 연령 24±2.79세)으로, 실험에 참가하기 전 모든 피험자에게 실험 참가에 대한 동의서를 받았으며, 피험자는 실험 전 24시간 동안 높은 강도의 운동을 삼가도록 하였고 알코올 섭취와 흡연, 약의 복용을 금하도록 하였으며 규칙적인 수면 형태를 유지하도록 하였다. 본 연구에 사용된 실험 의복은 흡한속건, 투습방수, 체온조절 등의 기능을 가진 소재로 제작된 'Functional' 의복과 대조군으로 면 100%로 제작된 'Control' 의복으로 이루어져 있고 각 실험 의복 아이템은 내의, 티셔츠, 바지, 자켓 2종으로 구성되어 있다. 실험 의복의 특징 및 도식화는 Table 1에, 실험 의복의 물리적 특성은 Table 2에 나타내었다. 실험시의 의복 구성은 의복 조합(E1, E2, E3, E4) 4종류로 되어 있는데, 의복을 단품으로 착용했을 때와 중첩으로 착용했을 때의 효과를 비교하기 위해 4종류의 의복 조합으로 구성하였다. 실험 의복의 조합 방법, 실험시의 인공기후실 온도조건, KS K ISO 15831에 준하여 써멀마네킨을 이용하여 측정한 보온성을 Table 3에 나타내었다. 인공기후실의 온도 조건은 1 clo 보온성의 기준(田村照子, 2004)에 맞추어 의복 조합별로 설정하였다. 피험자는 상대습도 50±5%, 기류 0.1 m/sec, 의복 조합에 맞는 온도 조건으로 설정된 인공기후실에서 30분간의 Rest기 동안 기좌위 자세로 휴식을 취하였으며, 30분간의 Exercise기에서는 VO_{2max}의 50%의 강도로 트레드밀 운동을 실시하고, 20분간의 Recovery기 동안 다시 기좌

Table 1. 실험 의복의 특징 및 도식화

의복		Functional		Control
		혼용율	특징	혼용율
내의		레이온 64% 폴리에스테르33% 폴리우레탄 3%	흡한속건 체온조절	Cotton 100%
티셔츠		폴리에스터 92% 폴리우레탄 8%	흡한속건	Cotton 100%
바지		나일론 88% 폴리우레탄 12%	흡한속건 투습방수	Cotton 100%
자켓I		폴리에스테르 100%	투습방수 흡한속건	Cotton 100%
자켓II		나일론 49% 폴리에스테르 24% 폴리우레탄 27%	체온조절 투습방수	Cotton 100%

Table 2. 실험 의복의 물리적 특성

			내의	티셔츠	바지	자켓I	자켓 II	비고
밀도	F	경사	(wale) 52.0	(wale) 41.0	182.8	138.0	141.4	(올/2.54)
		위사	(course) 39.0	(course) 23.0	139.0	112.0	92.0	
	C	경사	(wale) 39.0	(wale) 41.0	91.5	27.0	48.0	
		위사	(course) 38.0	(course) 42.0	70.5	24.0	40.0	
조직	F		평편	평편	능직	평직	평직	
	C		평편	평편	능직	평직	평직	
두께	F		0.945	0.891	0.554	0.227	0.808	(mm)
	C		0.515	0.479	0.510	0.373	0.360	
무게	F		19.247	19.419	20.039	10.098	23.413	(mg/cm^2)
	C		17.710	15.402	32.223	17.101	20.010	
열저항	F		0.045	0.045	0.051	0.139	0.108	($m^2 \cdot {}^oC/W$)
	C		0.076	0.075	0.067	0.090	0.069	

Table 3. 인체 착용 평가를 위한 의복 조합 방법 설정

조합	내의	티셔츠	바지	자켓 I	자켓 II	총중량(kg)	실험실 온도조건[1)](°C)	보온성(clo)[2)]	
								F	C
E1		●	●			0.643	20.0±1	0.978	1.059
E2		●	●	●		1.056	18.5±1	1.398	1.291
E3	●	●	●		●	1.500	16.5±1	1.463	1.414
E4	●					0.541	20.5±1	0.798	0.802

1) 1 clo 보온성의 기준(田村照子, 2004)에 맞추어 설정
2) 써멀마네킨 이용하여 측정한 전체 보온성(KS K ISO 15831)

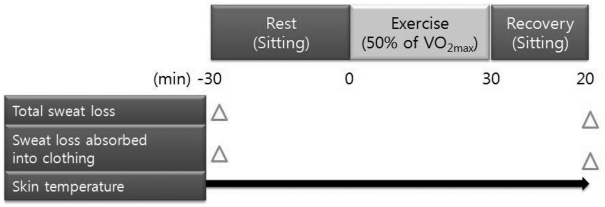

Fig. 1. 실험 프로토콜

위 자세로 휴식을 취하였다. 구체적인 실험 프로토콜은 Fig. 1에 나타내었다.

2.2. 측정항목

측정항목으로는 전체 발한량, 의복에 흡수된 발한량, 피부온이 있으며, skin wettedness는 3종류의 측정항목 결과를 사용하여 산출하였다. 전체 발한량은 운동 전후의 체중을 측정하여 그 차이로 계산하였으며, 의복에 흡수된 발한량은 운동 전후의 의복 무게의 차이로 산출하였다. 피부온은 LT-8A(Gram Corporation, Japan)를 사용하여 이마, 가슴, 전완, 손등, 대퇴, 종아리, 발등의 총 7부위를 측정하였고, 평균 피부온은 면적 비율에 따른 Hardy and Dubois(1938)의 계산식으로 계산하였다.

Skin wettedness는 피부로부터의 최대 증발량에 대한 유효 증발량의 비로, Candas et al.(1979)의 식을 사용하여 계산하였고 그 식은 다음과 같다.

$$\textit{Skin wettedness} = E_{sk} / E_{max}$$

여기에서 E_{sk}는 유효 증발량으로,

$$E_{sk}(W \cdot m^{-2}) = \frac{m_{sw} - m_{dr}}{A_D} \times L$$

m_{sw}: 전체 발한량 ($g \cdot h^{-1}$)
m_{dr}: 무효 발한량 ($g \cdot h^{-1}$)
A_D: 체표면적(m^2) = 0.00718×체중(kg)$^{0.425}$×신장(cm)$^{0.725}$ (Dubois & Dubois, 1916)
L: 물의 잠열 계수, 0.67 $W \cdot h \cdot g^{-1}$ (田村照子, 2004)

E_{max}는 최대 증발량으로,

$$E_{max}(W \cdot m^{-2}) = h_e \times (P_{s,sk} - P_a)$$

h_c: 증발 열전도 계수($W \cdot m^{-2} \cdot kPa^{-1}$) = 16.5×$h_c$
h_c: 대류 열전도 계수($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$) = 8.3×($v_a^{0.6}$)
v_a: air velocity ($m \cdot s^{-1}$)
$P_{s,sk}$: 피부표면의 수증기압(kPa) = (1.92×T_{sk} − 25.3)×133.29×10^{-3} (27°C<평균피부온<37°C일 때)
P_a: 주위 공기의 수증기압(kPa)
주위 공기 절대온도로 수증기압 산출(立天文台, 2009)

2.3. 자료 분석

본 연구에서 얻어진 자료들은 통계분석 프로그램인 SPSS 10.1을 이용하여 전산처리하였으며, 모든 자료에 대해 평균과 표준편차를 산출하였다. Skin wettedness 값의 'Functional'과 'Control' 간의 차이에 대한 유의차 검증은 paired *t*-test를 사용하였고, 유의수준은 5% 이내로 하였다.

3. 연구결과 및 고찰

본 연구에서는 흡한속건, 투습방수, 체온조절 등의 기능을 가진 아웃도어웨어의 기능성을 착용 쾌적성과 관련하여 평가하고자 하는 것이 목적이므로, 각 의복 조합별로 'Functional'과 'Control'의 skin wettedness를 중점적으로 비교·평가하고자 하였다. Table 4는 4종류의 실험 의복 조합의 skin wettedness(*w*)를 계산한 결과를 나타내고 있는데, Candas et al.(1979)의 식에 따라 항목별로 계산하여 마지막으로 *w*를 산출하였다.

3.1. 유효 증발량(E_{sk})

피부에서 외부 환경으로의 수분 이동은 기상 수분과 액상 수분으로 나눌 수 있는데, 기상수분은 의복의 개구부나 섬유 사이로 빠져나가는 수분, 또는 섬유로 일단 흡습된 후 빠져나가는 수분 등으로 구성되고, 액상수분은 섬유에 흡수된 수분, 피부에 남아 존재하는 수분인 잔류한, 피부에서 떨어지는 수분, 즉 유실한 등으로 구성된다. 기상 수분과 액상 수분 중 섬유에 흡수되었다가 증발하는 수분을 증발한이라 하는데 체온조절의 측면에서 유효한 것이라 하여 유효발한이라 하고, 나머지 증발하지 않고 의복이나 피부에 남아있거나 피부에서 떨어지는 유

Table 4. 실험 의복 조합에 따른 skin wettedness(w) 계산 결과

		m_{sw}	m_{dr}	A_D	E_{sk}	h_e	$P_{s,sk}$	P_a	E_{max}	w
E1***	F	263.40	14.68	1.89	88.17	34.40	4.887	2.323	88.202	1.00
	C	313.80	30.71	1.89	100.35	34.40	4.891	2.402	85.622	1.17
E2*	F	239.70	21.20	1.89	77.46	34.40	4.771	1.889	99.141	0.78
	C	296.90	36.82	1.89	92.20	34.40	4.665	1.883	95.701	0.96
E3	F	263.91	30.64	1.89	82.69	34.40	4.615	1.488	107.569	0.77
	C	250.41	35.22	1.89	76.28	34.40	4.605	1.489	107.190	0.71
E4	F	313.40	15.98	1.89	105.43	34.40	4.980	2.401	88.718	1.19
	C	350.00	26.10	1.89	114.82	34.40	4.891	2.575	79.670	1.44

*는 'Functional'과 'Control' 사이의 유의차
* $p<0.05$, *** $p<0.001$

실한 등은 체온 조절의 측면에서 무효한 것이라 하여 무효발한이라 한다(田村照子, 2004).

본 연구에서는 유효 증발량(E_{sk})의 산출을 위해 체표면적에 대한 전체 발한량(m_{sw})과 무효 발한량(m_{dr})의 차이에 물의 잠열계수를 곱하였는데, 이에 먼저 m_{sw}의 결과를 살펴보면, m_{sw}은 E3 의복 조합을 제외한 나머지 3종류의 의복 조합에서 'Functional'이 'Control'에 비해 적게 나타났다. 의복 조합 E1과 E4의 경우, 'Control' 내의와 티셔츠의 열저항값이 'Functional'보다 높게 나타났으므로 'Control'보다 전체 발한량이 더 높게 나타난 것으로 보이며, 의복 조합 E2의 경우, 티셔츠 위에 중첩 착용한 자켓의 열저항값에서 'Functional'이 'Control'보다 높게 나타났음에도 불구하고 'Functional'의 발한량이 적게 나타났는데 이는 신체에서 발생하는 땀을 신속히 흡수하여 외부 환경으로 배출하는 흡한속건성을 갖춘 소재로 인해 발생한 결과로 보인다. Fukazawa et al.(2004)은 cold-protective clothing의 착용에 따른 skin wettedness를 분석함으로써 의복시스템에서 열과 수증기의 동시 이동을 발한 마네킹을 이용하여 평가하였는데, 130 $g \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$과 같은 많은 양의 발한이 발생될 경우 열과 수분의 이동 밸런스가 방해받고 의복에 많은 양의 응축이 발생하므로 인체가 불쾌감을 느낄 수 있다고 보고하고 있다. 본 연구에서는 모든 의복조합의 전체 발한량이 Fukazawa et al.(2004)의 연구 결과 보다 많이 발생하였으므로 운동 후 피험자의 쾌적감과 습윤감에 부정적 영향을 끼친 것으로 판단할 수 있다. 다음으로, m_{dr}은 발생한 땀이 증발되지 않고 의복에 흡수되거나 피부에 남아있는 땀으로서, 4종류의 의복 조합 모두 'Fucntional'이 'Control'보다 적게 나타났다.

3.2. 최대 증발량(E_{max})

최대 증발량(E_{max})은 평균피부온과 외부 환경의 습도에 따라 다르게 나타나는데(Candas et al., 1979), 본 연구에서는 의복 조합에 따른 외부 환경의 습도는 일정하게 설정하였으므로 평균피부온의 변화에 영향을 많이 받는다고 할 수 있다. 이에 실험 시간에 따른 평균피부온과 E_{max}의 변화를 Fig. 2와 3에 각각 나타내었다. 평균피부온의 변화를 살펴보면, 의복 조합 E1

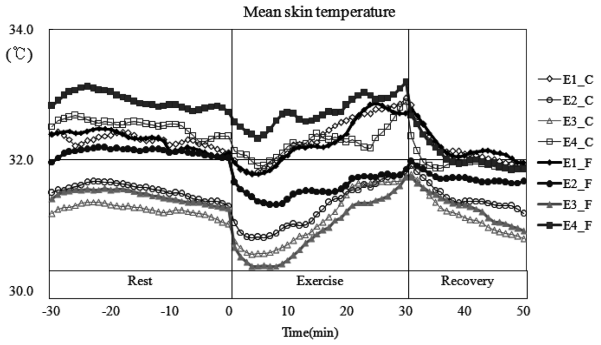

Fig. 2. 실험의복 종류(Functional, Control)와 의복조합(E1~E4)에 따른 평균피부온의 변화

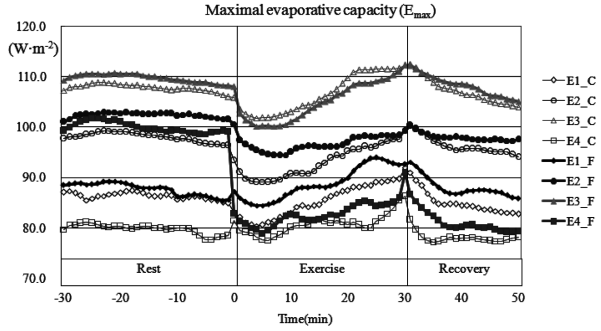

Fig. 3. 실험의복 종류(Functional, Control)와 의복조합(E1~E4)에 따른 최대증발량의 변화

은 실험 전체 구간에 걸쳐 'Functional'과 'Control'의 변화가 비슷하게 나타났고, 의복 조합 E2와 E4의 경우 전반적으로 'Functional'이 'Control'보다 높게 나타났으며, 의복 조합 E3은 운동 전과 후에는 'Functional'이 'Control'보다 높게 나타났으나 운동 구간에는 'Control'이 'Functional'보다 높게 나타났다. 시간에 따른 E_{max}의 변화를 살펴보면 평균피부온과 유사한 결과가 나타났으나, 10분마다 측정된 공기 온도의 변화로 주위 공기의 수증기압(P_a)의 차이가 나타나 평균피부온과 동일한 결과는 나타나지 않았다. 의복 조합 E1의 E_{max}는 평균피부온의 변화와 달리 전반적으로 'Functional'이 'Control'보다 높게 나

타났으며, 의복 조합 E2, E4의 경우 평균피부온과 마찬가지로 'Functional'이 'Control'보다 높게 나타났고, 의복조합 E3에서는 운동 전과 후에 'Functional'이 'Control'보다 높게 나타났으나 운동 구간에는 'Control'이 'Functional'보다 높게 나타났다. 실험 전구간의 E_{max} 평균값은 4종류 의복 조합 모두에서 'Functional'이 'Control'보다 높은 값을 나타내었다.

3.3. Skin wettedness(w)

의복조합 E1의 경우, 'Control'의 열저항값이 'Functional'보다 약 1.5배 정도 높아 m_{sw}, m_{dr}, E_{sk} 또한 'Control'보다 적게 나타났고, 그로 인해 'Functional'의 skin wettedness값이 낮게 나타난 것으로 보인다. 반면에 의복 조합 E2의 경우, 티셔츠 위에 중첩 착용한 'Functional' 자켓I의 열저항값이 'Control'보다 약 1.5배 정도 높았음에도 불구하고 'Functional'의 m_{sw}와 m_{dr}이 'Control'보다 낮게 나타났는데, 이는 흡한속건성을 가진 자켓I의 특성상 운동으로 발생한 땀이 의복에 응축되어 있지 않고 신속히 외부 환경으로 발산되어 의복을 착용한 인체와 환경사이의 열과 수분의 이동에 기여하여 나타난 현상으로 보인다. 또한 'Functional'의 E_{sk}가 'Control'보다 적게 나타났으나 'Functional'의 평균피부온이 더 높게 유지되어 E_{max}값 또한 높은 경향을 보였으므로 'Functional'의 skin wettedness값이 낮게 나타난 것으로 보인다. 의복내 기후와 외부 환경 사이에서 공기를 교환하는 것은 습성 및 건성 열손실에 유의한 영향을 미치므로(Havenith et al., 1990; Bouskill et al., 2002), 운동으로 인해 땀이 발생할 때 신체를 쾌적하게 유지하기 위해서는 의복의 벤틸레이션을 증가시켜 의복을 통한 수분 확산을 용이하게 하여 skin wettedness의 증가를 억제하는 것이 중요하다(Ueda et al., 2006). 의복 조합 E2의 경우 단품으로 착용한 의복 조합보다 의복의 layer로 인한 정지공기층이 많이 형성되지만, 운동으로 발생한 땀이 의복에 응축되어 있지 않고 신속히 외부 환경으로 발산되어 의복을 착용한 인체와 환경사이의 열과 수분의 이동이 원활히 이루어져 의복을 구성하는 섬유와 섬유 사이의 통로가 벤틸레이션의 중요한 역할을 함으로서 공기 교환이 신속히 이루어져 skin wettedness가 낮게 유지된 것으로 보인다.

의복 조합 E3의 경우, E_{sk}가 'Functional'에서 높게 나타났으나 실험 전체 구간에 걸친 평균피부온과 E_{max}값에서 'Functional'와 'Control'의 차이가 나타나지 않았으므로 skin wettedness에서도 'Functional'과 'Control' 사이에 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 체온 조절의 기능을 가진 'Functional' 자켓II의 열저항값이 'Control'에 비해 1.5배 정도 높았으므로 운동으로 발생된 땀의 발산이 방해를 받아 skin wettedness값에서 'Functional'과 'Control' 사이에 차이가 없다고 나타난 것으로 보인다. 많은 양의 땀이 발생하는 경우, 의복을 착용한 인체와 환경사이의 열과 수분의 이동 밸런스가 방해되고 이 때 발생한 땀이 의복에 응축되어 불쾌감을 유발할 수 있다. 특히, 낮은 온도의 환경에서 땀의 응축이 발생한다면 수분의 열전도로 인해 신체에서 환경으로 열이 빠져나가게 되므로 낮은 온냉감으로 인한 불쾌감을 유발할 수 있다(Fukazawa et al., 2004). 그러므로 skin wettedness값과 실제로 보고된 주관적 습윤감 및 쾌적감을 비교한다면 인체-의복-환경의 시스템에서 열과 수분의 이동 및 인체의 열 중립 환경에 대한 연구에 기여할 수 있을 것이다.

의복 조합 E4의 경우, 비록 유의차는 나타나지 않았지만 'Functional'의 skin wettedness가 'Control'에 비해 낮게 나타난 것으로 보아 피부 표면에 땀이 적게 남아 있는 것을 알 수 있다. 이는 'Control'의 열저항값이 'Functional'보다 약 1.5배 정도 높았기 때문에 'Functional'의 m_{sw}, m_{dr}, E_{sk}가 낮게 나타나고 'Functional'의 평균피부온이 'Control'보다 더 높게 나타나 'Functional'의 skin wettedness가 낮게 나타난 것으로 보인다.

결과적으로 'Functional' 아웃도어웨어 착용시가 'Control' 착용시에 비해 발한량이 적고 평균피부온이 높게 유지되어 skin wettedness가 비교적 낮게 나타났으므로 운동으로 발생한 피부 표면의 땀이 'Functional' 아웃도어웨어에 신속히 흡수되고 외부 환경으로 발산되어 착용자에게 쾌적성을 제공한 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 쾌적성 평가의 지표로 사용되고 있는 skin wettedness의 분석을 통하여 아웃도어웨어의 착용 쾌적성을 평가하였는데, 그동안 많이 시도되지 않았던 skin wettedness 분석을 통해 아웃도어웨어의 착용 쾌적성을 평가한 점에서 독창적이며, 아웃도어웨어 외의 기능성 의복의 착용 쾌적성 평가에도 활용할 수 있을 것으로 보인다. 본 연구의 결과, 'Functional' 아웃도어웨어 착용 시 'Control'에 비해 skin wettedness가 낮게 나타났고, 특히, 흡한속건의 기능을 가진 아웃도어웨어 착용 시 유의하게 낮은 값을 나타내었다. Skin wettedness의 증가는 끈적함을 나타내는 "stickiness"로 지각되어 불쾌감으로 나타날 수 있으므로 아웃도어웨어 제작시 피부 표면의 땀을 신속히 흡수하여 외부 환경으로 발산할 수 있는 소재를 사용하여 skin wettedness의 수치를 감소시켜야 할 것이다.

본 연구에서는 흡한속건, 투습방수, 체온조절 등의 기능을 가진 아웃도어웨어의 착용 쾌적성을 평가하고자 하는 것이 목적이므로, 각 의복 조합별로 'Functional'과 'Control'의 skin wettedness는 비교·평가하였으나 본 실험에 사용된 의복 아이템의 모든 조합으로 실험을 실시한 것이 아니었으므로, 후속 연구를 통해 다양한 의복 조합에 대한 skin wettedness를 분석하여 인체의 쾌적성 유지를 위한 최적의 의복 조합을 제시할 수 있을 것이다.

Gagge et al.(1969)는 skin wettedness가 0.3일 때 인체가 쾌적감을 유지한다고 보고하였는데, 본 연구 결과 모든 의복 조합에서 0.3보다 높은 수치를 나타내었으므로 운동 시 발생하는 땀으로 인한 불쾌감이 발생한 것으로 보이므로 후속 연구를 통

해 실제 주관적으로 느낀 쾌적감과의 비교를 통해 분석하는 것이 필요하겠다. 또한 본 연구에서는 신체 전신에서 발생한 발한량을 중심으로 skin wettedness를 분석하였으나 후속 연구로 신체 부위별 skin wettedness를 분석하여 국소 감각을 평가하는 것이 필요하겠다.

참고문헌

Amorim, F. T., Vimieiro-Gomes, A. C., Machado-Moreira, C. A., Magalhaes, F. C., Rosa, M. S., Prado, L. S., & Rodrigues, L. O. C. (2006). Is sweat rate during steady state exercise related to maximum oxygen uptake?. *Journal of Thermal Biology*, *31*(6), 521-525.

Atmaca, I., & Yigit, A. (2006). Predicting the effect of relative humidity on skin temperature and skin wettedness. *Journal of Thermal Biology, 31*(5), 442-452.

Bouskill, L. M., Havenith, G., Kuklane, K., Parsons, K. C., & Withey, W. R. (2002). Relationship between clothing ventilation and thermal insulation. *AIHA Journal, 63*(3), 262-268.

Candas, V., Libert, J. P., & Vogt, J. J. (1979). Human skin wettedness and evaporative efficiency of sweating. *Journal of Applied Physiology, 46*(3), 522-528.

Dubois, D., & Dubois, E. F (1916). A formula to estimate the approximate Surface area if height and weight be known. *Archives of International Medicine*, *17*, 863-871.

Fukazawa, T., Lee, G., Matsuoka, T., Kano, K., & Tochihara, Y. (2004). Heat and water vapour transfer of protective clothing systems in a cold environment, measured with a newly developed sweating thermal manikin. *European Journal of Applied Physiology, 92*(6), 645-648.

Gagge, A. P., Stolwijk, J. A., & Saltin, B. (1969). Comfort and thermal sensations and associated physiological responses during exercise at various ambient temperatures. *Environmental Research, 2*(3), 209-229.

Hardy, J. D., & DuBois, E. F. (1938). The technic of measuring radiation and convection. *Journal of Nutrition*, *15*(5), 461-475.

Havenith, G., Heus, R., & Lotents, W. A. (1990). Clothing ventilation, vapour resistance and permeability index: change due to posture, movement and wind. *Ergonomics, 33*(8), 989-1005.

Havenith, G., Ueda, H., Sari, H., & Inoue, Y. (2003). Required clothing ventilation for different body regions in relation to local sweat rates. In R. Rossi (Ed.), *Proceedings of 2nd European Conference on Protective Clothing,* pp. 212-217.

Huang, J. (2006). Thermal parameters for assessing thermal properties of clothing. *Journal of Thermal Biology, 31*(6), 461-466.

Lin, Z., & Deng, S. (2008). A study on the thermal comfort in sleeping environments in the subtropics-Developing a thermal comfort model for sleeping environments. *Building and Environment, 43*(1), 70-81.

Nishi, Y., & Gagge, A. P. (1977). Effective temperature scale for use in hypo- and hyperbaric environments. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, *48*(2), 97-107.

Tsutsumi, H., Tanabe, S., Harigaya, J., Iguchi, Y., & Nakamura, G. (2007). Effect of humidity on human comfort and productivity after step changes from warm and humid environment. *Building and Environment*, *42*(12), 4034-4042.

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.

田村照子. (2004). *衣の科シリズ -衣環境の科*, 東京: 建帛社.

立天文台 編. (2009). *理科年表*(机上版 第82册), 東京: 丸善株式社.

(2009년 7월 21일 접수/ 2009년 9월 22일 1차 수정/ 2009년 10월 15일 2차 수정/ 2009년 10월 15일 게재확정)