투습방수의류의 착용쾌적성 평가

강인형 · 박호숙 · 이한섭*†

인하대학교 스포츠레저섬유연구센터, *인하대학교 섬유신소재전공

Assessment of Wear Comfort of Water-vapor-permeable (WVP) garments

Inhyeong Kang · Hyosuk Park · Han Sup Lee*†

Sports Leisure Textile Research Center, Inha University

*Dept. of Advanced Fiber Engineering, Inha University

접수일(2012년 4월 26일), 수정일(2012년 7월 17일), 게재확정일(2012년 9월 13일)

Abstract

This study evaluates wear comforts of water-vapor-permeable (WVP) garments through a measurement of various parameters such as skin and rectal temperatures, microclimate between skin and clothing, sweat rate, and subjective sensations (thermal, wet and comfort sensations) to correlate the physiological responses of the human body with its comfort feeling. Wear comfort during a specific exercise on a treadmill in a climatic chamber (temperature $T = 20 \pm 0.5^\circ\text{C}$ and relative humidity $H = 50 \pm 10\%$) were studied using eight men wearing seven sportswear outfits (a long sleeve shirts and a long pants) made with seven different WVP fabrics. A comfort sensation was found to be highly correlated with skin T ($p < .001$), microclimate (T and H) between skin and clothing ($p < .001$) and sweat rate ($p < .05$). A regression model correlating comfort sensations and physiological responses obtained from wearer trials could be established: $Y = 14.167 - 0.362 \times X1 + 0.424 \times X2 - 0.238 \times X3 - 0.561 \times X4 + 0.253 \times X5 + 0.214 \times X6 - 0.393 \times X7 + 0.023 \times X8 - 0.043 \times X9$. (Y = comfort sensation, $X1$ = forehead skin T , $X2$ = forearm skin T , $X3$ = hand skin T , $X4$ = thigh skin T , $X5$ = T of chest microclimate, $X6$ = T of thigh microclimate, $X7$ = chest sweat rate, $X8$ = H of back microclimate, $X9$ = H of thigh microclimate. The regression model obtained in this work can be used by manufacturers to objectively estimate the comfort sensation of sportswear before it is introduced to the consumer market. This study provides salient information to sportswear manufacturers and sportswear consumers.

Key words: Wear comfort, Water-vapor-permeable (WVP), Skin temperature, Microclimate, Sweat rate; 착용쾌적성, 투습방수, 피부온도, 의복기후, 발한량

I. 서 론

2010년 상반기 기준으로 우리나라 13세 이상 인구의 여가 · 취미 활동 참여에 대한 조사결과에 의하면, 여

행 · 레저(26.8%), 스포츠 · 건강(23.6%), 영화 · 음악 · 독서 등 감상(14.8%), 컴퓨터 · 인터넷(12.1%)의 순으로 나타나, 스포츠 · 레저 활동에 높은 관심을 반영하고 있다(Ministry of Culture Sports Tourism, 2010). 이는 이미 현대적인 삶의 4대 요소 중 하나인 스포츠 · 레저가 국민의식 속에 급속히 파고들어 일상의 한 부분을 차지하고 있고, 국민소득의 증가와 함께 2012년 7월, 주 5일 근무제가 전면 시행됨에 따라 스포츠 · 레저 산업에 대한 전 국민의 관심이 고조되고 있어 기능성, 고감성,

†Corresponding author

E-mail: hslee@inha.ac.kr

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업 중 지식경제 기술혁신사업(과제번호 10033501)으로 수행된 연구의 일부이며 이에 감사드립니다.

쾌적성을 최대한 살린 스포츠 의류, 용품이 기존 섬유 시장을 잠식해 가고 있다. Korea Federation of Textile Industries & Korea Fashion Association(2010) 결과를 활용한 2010년 패션시장규모에 의하면 의류시장의 경우 전복종에서 상승세를 탈 것으로 전망되는데, 특히 스포츠복과 내의, 외투류는 11% 대의 성장이 예측되고 있으며 스포츠 의류분야에서 괄목할 만한 성장이 나타나고 있다.

이에 스포츠 활동과 의류에 관한 수많은 연구가 이루어졌다. Pascoe et al.(1994a), Pascoe et al.(1994b)에 따르면 스포츠 활동에서 의류의 역할은 적절한 열균형을 형성하여야 하며 사용된 신소재는 서열환경에서 착용자가 좀 더 시원하고 건조느낌을 지속적으로 가지도록 하여야 한다고 하였고, Gavin(2003)은 스포츠 활동에서 의복은 열축적의 원인이므로 서열환경에서 신속한 땀 증발을 위해 방해요인을 없애야한다고 하였다. MacRae et al.(2011)은 스포츠 활동에서 쾌적성에 미치는 의복의 기능성 중 sizing system과 의복압을 거론하였고 Ali et al.(2011)은 스포츠 양말에서의 낮은 압력의 유효성에 대해 거론하였다. 반면, Gavin et al.(2001)은 중등열 환경에서는 의류소재가 스포츠 활동시 착용자의 열균형에 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. Gonzales et al.(2011)은 PET소재로 다양한 사이즈의 티셔츠 중 L 사이즈가 피부온도를 감소, 온열감을 상승시킨다고 보고하였다. Ha et al.(1995)은 PET와 면의 흡수성의 차이가 발한 생리에 영향을 미친다고 하였고 Li et al.(1988)은 티셔츠 착용시 서열환경에서는 온열감과 습윤감이 피부온도, 고막온, 심박수와 높은 상관성이 나타났다고 보고하였다.

다수의 연구보고에도 불구하고 Ji and Rhee(1995)과 Park and Park(2002)이 거론한 스포츠 웨어에 있어서 성분표시 오류의 불만족을 비롯하여 Sports Leisure Textile Research Center of INHA Univ.(2005)에 의하면 스포츠·레저 의류구입시 소비자가 느끼는 어려운 점 중, ‘기능성 비교평가’가 과반수 이상(55.0%)으로 가장 어려워하는 것으로 나타났고 향후 ‘기능성 비교평가’ 중 “쾌적성”의 객관적인 라벨을 부착할 경우, 중요하게 고려하겠다는 응답이 96%에 달했다. 현재 스포츠·레저 의류의 기능성 비교평가가 가능한 품질표시의 구성은 투습성, 방수성, 발수성, 내수도 등 소재물성 평가결과가 주를 이루고 있으나 소비자가 그를 이해하는 수준은 그다지 만족스럽지 않을 뿐만 아니라 의류형태의 완제품에서의 품질표시는 아직 이루어지고 있지 않다. 특히

정부나 각종 검사기관에서 실시한 평가에 합격했음을 나타내는 증표에는 성능, 용도, 용법, 안전성, 보관법 등에 관한 표시, 각종 설명서나 의류에 붙어있는 취급 표시방법 등의 설명표시, 정보표시, KC마크(Korea Certification Mark)의 규격표시 등이다. 특히 Kim(2002)은 의류제품 품질표시는 소비자의 알 권리와 소비자 보호를 위해 만들어져 시행되는 내용으로 이의 중요성을 알고 구매하는 집단의 제품에 대한 만족도가 높다고 보고하고 있다.

스포츠 웨어의 쾌적성을 객관적으로 평가하기 위한 전반적인 실험계획 및 본 연구의 범위를 <Fig. 1>에 나타낸다. 쾌적성 지수를 산출하기 위해 본 연구에서는 먼저, 인체착용평가와 주관적 감각평가를 중심으로 실시하였고 다음으로 주관적 감각평가의 쾌적감에 영향을 미치는 인체착용평가 측정변수를 도출하여 회귀모형을 산출하였다. 최근 기능성 스포츠 레저 의류소재의 특징으로 속건성 쿨링시스템, 저항의 최소화, 초경량 컴포트블, 투습방수기능을 들 수 있고(Baik & Kim, 2005), 이 가운데 수요가 급증하고 있는 투습방수외의류의 착용에 따른 쾌적성을 피부온도, 직장온도, 의복 내 온습도, 발한량, 주관적 감각을 중심으로 평가하여 스포츠 웨어 착용 쾌적성 품질표시를 위한 기초를 마련하고자 하였다.

II. 실험방법

1. 피험자

피험자는 운동경력이 없고 심장 등 병력이 없는 건강한 20대 남성 8명이다. 평균 나이(24.13 ± 1.64 세), 신장(176.9 ± 5.57 cm), 체중(69.80 ± 7.79 kg), 체표면적(1.87 ± 0.09 m²)의 피험자는 모두 금연자로 전일부터 커피와 알코올 섭취를 피하도록 하였다.

Fig. 1. Schematics of overall wear comfort test.

2. 실험조건

피험자의 생체리듬의 변화를 최소화하기 위해 동일한 시간대에 착용실험을 실시하였다. 실험에 사용한 실험의복은 7종이며 <Table 1>에 대표적인 투습방수소재 6종 및 방수소재 1종의 특성을 나타내었다. 실험의복의 형태는 긴팔셔츠와 긴바지이며 동일형태, 동일사이즈로 제작하였다. 실험은 온도 $20\pm1^{\circ}\text{C}$, 습도 $50\pm10\%$ R.H., 기류 0.1 m/s 이하의 인공기후실(EBL-5HW2P3A-23, TABAI ESPEC, 일본)에서 실시하였다. 또한 피험자에게는 실험의복의 정보를 일절 제공하지 않았고 실험의복 제시는 무작위로 실시하였다.

3. 실험방법

피험자는 실험실에 도착 후 컨디션을 보고하고 제시된 실험의복을 착용한 후 의자에 앉는다. 측정항목에 따라 센서를 부착한 후, 1구간: 안정1기(60분), 2구간: 운동1기(20분), 3구간: 안정2기(10분), 4구간: 운동2기(50분), 5구간: 안정3기(30분)의 5구간으로 총 170분간 실시하였다. 안정은 의좌식 자세로, 운동은 5.0km/h 의 속도로 트레드밀(Q-StressTM TM55, Quinton, 미국)에서 실시하였다. 실험순서는 <Fig. 2>와 같다.

측정항목은 피부온도, 직장온도, 의복 내 온습도, 국

소발한량, 온열감, 습윤감, 쾌적감이다. 피부온도는 피부온도측정기(LT-8A, Gram Co., 일본)를 사용하여 이마, 가슴, 등, 위팔, 아래팔, 손등, 허벅지, 종아리, 발등의 9부위에서 1분 간격으로 측정하여 Hardy & Dubois에 의한 계산식을 이용하여 평균 피부온도를 산출하였다. 의복 내 온도 및 습도는 의복 내 온습도측정기(LT-8B, Gram Co., 일본)를 사용하여 가슴, 등, 위팔, 허벅지의 피부와 실험의복 사이의 공기층에서 1분 간격으로 측정하였다. 국소발한량은 발한량측정기(SRP7-2000, SKINOS, 일본)를 사용하여 가슴과 등에서 1분 간격으로 측정하였다. 주관적 감각평가로 온열감, 습윤감, 쾌적감의 3항목은 일본공조위생공학회 온냉감 소위원회 시안을 참조하여 온열감은 9단계, 습윤감은 7단계, 쾌적감은 5단계로 평가하였다. 주관적 감각평가는 5분 간격으로 측정하였다. 주관적 감각평가 척도를 <Table 2>에 나타내고 실험의복을 <Fig. 3>에 나타낸다.

4. 결과분석

실험결과와 분석구간을 결정하기 위해 전체 170분 실험 중 거의 전체구간에 해당하는 60~170분, 운동1기에 해당하는 60~70분, 운동2기에 해당하는 90~100분, 120~130분, 120~140분 구간에서 실험의복의 주관적 쾌적감과 투습도와와의 상관을 분석하였다. 이에 높은 상관

Table 1. Characteristics of samples

	Fiber type	Density (pick/in.)		Film description	Weight (g)	Thickness (mm)	WVT (g/m^2 24hr)
		warp	weft				
K1	N66/DTY	111	90	Micro porous structure-coating	0.56	0.20	2526.6
K3	PE/DTY	154	105	Hydrophilic non-porous structure-laminating	0.58	0.17	1793.6
SP6	PE100%	270	189	compound management	0.53	0.20	2325.4
P6	PA51%, CO49%	151	78	Micro porous structure-laminating	0.77	0.34	1171.9
G20	Nylon	240	147	High-density fabric	0.21	0.06	2994.5
G21	PE	102	84	Waterproofing finishing (PU coating)	0.43	0.11	291.1
NANO	Nylon100%	-	-	NANO film	0.41	0.26	3532.6

Fig. 2. Exercising protocol.

Table 2. Scales of subjective sensations

Thermal sensation	Wet sensation	Comfort sensation
9. Very hot	7. Very wet	5. Very comfortable
8. Hot	6. Wet	4. Comfortable
7. Warm	5. Slightly wet	3. Neutral
6. Slightly warm	4. Neutral	2. Slightly uncomfortable
5. Neutral	3. Slightly dry	1. Very uncomfortable
4. Slightly cool	2. Dry	
3. Cool	1. Very dry	
2. Cold		
1. Very cold

Fig. 3. Different samples.

($R^2=0.96$)이 나타난 운동2기의 120~140분 구간을 분석 구간으로 결정하였다. 각 측정항목의 결과는 120~140분 구간에서 피험자 8명의 평균치와 표준편차를 사용하였다. 통계분석은 SPSS(Ver 18.0)과 Excel을 이용하여 One-way ANOVA로 실시하였고 사후분석방법은 Duncan 방법을 사용하였다. 인체착용평가 측정변수가 쾌적감에 미치는 영향을 분석하기 위해서는 상관분석과 다중회귀분석을 실시하였다. 유의수준은 $p<0.05$ 로 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 피부온도와 평균 피부온도

<Fig. 4>에 이마, 가슴, 허벅지 피부온도를 나타내었다. 이마의 피부온도는 안정1기에 일정한 온도에 다다른 후, 운동1기에서 빠른 속도로 감소하였다. 비피복

Fig. 4. Skin temperature of forehead (A), chest (B) and thigh (C) during the total experimental process using different samples.

부위인 이마와 손등에서는 운동과 함께 동반되는 정신적 흥분으로 운동시작 직후에 발한이 급증하여 피부온도가 감소한다는 선행연구와 일치하였다(Miyagawa et al., 1985). 가슴에서는 전체적으로 운동기에서 감소, 운동 후 안정기에서는 증가하였다. 운동에 의한 온열성 발한이 시작되어 수분 증발에 필요한 열 흡수로 피부온도가 감소하였음을 알 수 있다. 이는 운동부하에 따른 체간부의 발한은 부위에 따라 달라지고 시간경과에 따라 다소 낮아지는 경향을 나타낸다(Miyasita, 1979/1988)는 결과와도 일치하였다. 허벅지의 피부온도는 가슴과 다른 현상을 보이며 안정기 30분부터 피부온도가 서서히 감소하여 운동 시작 10분 후부터 증가, 회복기에서 감소하였다. 안정기에서 이미 시작된 발한에 의한 수분 증발이 보행운동으로 인한 대류의 영향으로 실험의복의 개구부와 의복직물을 통해서 원활하게 이루어진 것으로 생각된다.

<Table 3>에 운동2기 중 120~140분 동안의 각 피부온도에 대한 평균치와 표준편차를 나타낸다. 가슴, 등, 위팔, 아래팔, 손등, 허벅지의 피부온도에서 실험의복에 따른 차이가 유의하게($p<.001$) 나타났고 특히 가슴, 위팔, 허벅지에서 NANO소재 실험의복이 유의하게 낮게 나타나 소재의 물성특성 중 투습성이 가장 우수한 소재의 경우 운동기에서 그 영향을 현저하게 확인할 수 있었다.

2. 직장온도

직장온도의 구간에 따른 변화는 안정1기~안정2기에

서 감소하다가 운동2기 시작 직전부터 증가하여 30분 후부터 감소, 실험 종료에는 초기온도를 회복하였으나 실험의복에 따른 차이는 나타나지 않았다.

3. 국소발한량

<Fig. 5>에 등, 가슴 발한량의 결과를 나타낸다. 전체적으로 운동1기 시작 10분 후 급격히 증가하다가 안정2기 시작과 함께 급격히 감소, 운동2기에서 급격한 증가를 보이다가 안정기에서 급격히 감소하였다. 60% VO2 max. 수준 운동에서는 운동 15분 전후에 발한이 시작되고 피부온도가 감소한다(Nam, 1995). 운동 10분 후 급격히 증가한 발한은 60% VO2 max. 수준 운동보다 낮았으나 운동에 의한 발한의 결과는 직장온과 피부온도와 비례하여 증가하였다(Nadel, 1980).

<Table 4>에 운동2기 중 120~140분 동안의 각 발한량에 대한 평균치와 표준편차를 나타낸다. 가슴의 발한량에서 실험의복에 따른 차이가 유의하게($p<.05$) 나타났고 K3, Nano 실험의복에서 발한량이 유의하게 낮았다.

4. 의복 내 온도

<Fig. 6>에 가슴, 허벅지 부위에서의 의복 내 온도를 나타내었다. 가슴에서는 전체적으로 운동1기 시작과 함께 증가, 안정2기에 감소하였다가 다시 운동2기 시작 10분 후까지 점차 증가하였다. 전술한 바와 같이 운동기에서는 발한으로 가슴 피부온도가 하강하였고 피부온도가 하강하기 전 일어난 방열은 피부와 의복 사이의 공기층

Table 3. Skin temperature during a 120-140 min trial using different samples

Parts	Sample	K1	K3	SP6	P6	G20	G21	NANO	F-value
		mean±S.D.	mean±S.D.	mean±S.D.	mean±S.D.	mean±S.D.	mean±S.D.	mean±S.D.	
Skin temperature	forehead	34.13±0.65	33.96±0.85	34.03±0.75	34.00±0.41	34.07±0.65	33.95±0.23	34.11±0.41	0.439
	chest	32.24±1.33	32.44±1.45	32.24±1.55	32.48±1.50	32.33±0.90	33.71±0.98	31.89±1.50	5.895***
	back	32.26±0.97	32.79±0.95	32.57±0.96	33.27±0.76	32.27±1.16	34.65±0.89	32.50±1.09	23.951***
	upper arm	31.23±1.07	31.92±1.71	31.85±1.06	31.92±1.06	31.43±1.09	32.53±1.27	30.93±0.52	6.728***
	forearm	30.89±1.00	31.27±0.99	30.47±0.78	30.67±1.17	30.17±0.89	31.15±0.98	30.77±0.59	5.395***
	hand	30.45±1.03	31.53±1.04	30.88±1.23	30.66±1.49	30.38±1.35	31.14±1.04	31.40±0.58	4.721***
	thigh	32.51±0.71	33.30±0.60	32.59±0.62	33.21±0.89	32.45±0.63	33.44±0.84	32.41±0.98	11.098***
	calf	33.72±0.92	33.46±0.96	33.49±0.65	33.63±0.77	33.18±0.52	33.61±0.61	33.31±0.91	1.879
	foot	36.04±0.22	36.13±0.32	35.95±0.53	35.93±0.35	35.99±0.22	35.94±0.34	35.93±0.28	1.489
	mean	32.65±0.47	32.89±0.65	32.54±0.50	32.77±0.55	32.44±0.34	33.33±0.56	32.43±0.68	10.805***

*** $p<.001$

Fig. 5. Sweat rate at back (A) and chest (B) during total experimental process using different samples.

Table 4. Sweat rate during a 120-140 min trial performed using different samples

Parts	Sample	K1	K3	SP6	P6	G20	G21	NANO	F-value
		mean±S.D.	mean±S.D.	mean±S.D.	mean±S.D.	mean±S.D.	mean±S.D.	mean±S.D.	
Sweat rate	chest	0.64±0.44	0.48±0.33	0.61±0.37	0.56±0.46	0.57±0.37	0.75±0.51	0.73±0.49	1.606*
	back	0.53±0.20	0.49±0.21	0.51±0.38	0.54±0.30	0.50±0.23	0.75±0.38	0.52±0.31	2.901

* $p<.05$

Fig. 6. Temperature of microclimate at chest (A) and thigh (B) during the total experimental process using different samples.

Table 5. Temperature and relative humidity of microclimate during a 120-140 min trial performed using different samples

Parts	Sample	K1	K3	SP6	P6	G20	G21	NANO	F-value
		mean±S.D.	mean±S.D.	mean±S.D.	mean±S.D.	mean±S.D.	mean±S.D.	mean±S.D.	
Micro-climate temperature	chest	33.03±0.99	34.01±1.12	32.89±1.30	33.82±1.02	32.76±1.01	34.79±0.58	32.77±1.22	17.608***
	back	32.91±1.59	33.68±1.22	32.86±0.95	33.81±0.96	32.92±1.44	34.98±1.06	32.52±0.75	16.650***
	upper arm	29.95±1.47	30.76±2.10	29.85±0.87	30.54±1.58	29.61±1.69	31.39±2.41	29.36±1.17	5.824***
	thigh	30.69±0.98	31.47±0.91	31.74±1.10	31.70±0.84	30.43±1.20	32.89±1.38	30.56±0.21	20.126***
Micro-climate humidity	chest	70.07±17.81	78.33±15.92	59.10±20.51	70.30±21.24	63.29±16.97	87.14±14.46	72.79±25.69	7.432***
	back	73.45±17.01	85.45±17.64	71.65±17.46	77.67±19.29	66.84±16.03	93.83±4.49	73.04±18.05	10.212***
	upper arm	53.13±10.36	77.60±17.17	55.49±11.64	68.55±17.87	45.79±11.39	97.47±13.26	51.83±21.33	46.059***
	thigh	49.82±6.46	71.43±11.27	58.35±16.82	66.46±16.44	41.58±4.35	94.53±3.31	40.72±6.43	102.682***

*** $p<.001$

의 온도를 상승시켜 의복 내 온도를 상승시켰다. 그러나 허벅지에서는 보행운동으로 인한 인체움직임으로 강제대류의 영향력이 커져(Bouskill et al., 2002) 발한에 의한 수분 증발이 원활하게 일어났고, 이의 영향으로 의복 내 온도가 감소하였다. 안정2기, 3기 초기의 허벅지 의복 내 온도 증가는 정지된 대류의 영향으로 생각된다.

<Table 5>에 운동2기 중 120~140분 동안의 각 의복 내 온도에 대한 평균치와 표준편차를 나타낸다. 가슴, 등의 의복 내 온도에서 G21, P6-K3, G20-K1-SP6-Nano 순으로 실험의복에 따른 차이가 유의하게($p<.001$) 낮게 나타났다. 위팔에서는 G21, K3-P6-K1-SP6, G20-Nano 순으로, 허벅지에서는 G21, SP6-P6-K3, K1-Nano-G20 순으로 실험의복에 따른 차이가 유의하게($p<.001$) 낮게 나타났다.

5. 의복 내 습도

<Fig. 7>에 가슴, 허벅지 부위의 의복 내 습도를 나타내었다. 전체적으로 발한량과 마찬가지로 운동1기 시작 10분 후부터 증가하여 안정기에서 감소하였다. 운동으로 발한이 시작되고 특히 방수원단 G21을 제외한 모든 의복에서 운동2기 가슴의 의복 내 습도는 60~80% 범위로 발한과 관계있는 변화를 보이며 운동 중 발한량의 증가가 의복 내 습도를 상승시킨 것으로 생각된다. 운동2기 허벅지의 의복 내 습도는 40~70% 범위에서 나타나 보행운동으로 인한 대류의 영향으로 의복 내 습도가 상대적으로 감소하였다.

<Table 5>에 운동2기 중 120~140분 동안의 각 의복 내 습도에 대한 평균치와 표준편차를 나타낸다. 가슴, 등, 위팔, 허벅지의 의복 내 습도에서 실험의복에 따른 차

이가 유의하게($p<.001$) 나타났다. 피부온도와 마찬가지로 허벅지에서 Nano가 유의하게 낮게 나타나 소재 투습성의 영향을 현저하게 확인 할 수 있었다.

Cho and Ryu(2000)은 의복착용시 인체에서의 수분이 충분히 배출되지 않으면 의복 내 습도가 상당히 높아져 인체에 불쾌감을 유발하고 장시간 착용으로 인한 발한이 동반되면 지속적인 수분 전달이 가능한 소재가 필요하다고 하였고 Kim(1987)은 투습성은 의류의 쾌적성에 관한 중요한 요소로서 습도의 상승한랭시 결로결빙을 막아주는 기능이며 인체로부터 발산되는 수증기의 통과가 주된 역할로 발한량 이상의 투습성을 갖는 의류 소재가 바람직하다고 하였다.

6. 주관적 감각평가

온열감은 운동기에서 증가, 안정기에서는 감소하였고, 습윤감은 안정1기부터 운동2기까지 지속적으로 증가한 후 안정3기에서 급격하게 감소하였다. <Fig. 8>에는 쾌적감을 나타낸다. 전체적으로 쾌적감은 운동2기에서 급격히 감소한 후 안정기에서 증가하여 20분 후에는 회복되는 것으로 나타났다. 쾌적감은 발한량과 관계가 있고 발한량이 많을수록 쾌적하지 않게 나타났다.

<Table 6>에 운동2기 중 120~140분 동안의 각 주관적 감각평가에 대한 평균치와 표준편차를 나타낸다. 주관적 평가에서는 온열감($p<.05$), 습윤감과 쾌적감($p<.001$)에서 실험의복에 따른 차이가 유의하게 나타났고 Nano 소재의 실험의복에서 습윤감이 유의하게 낮게 쾌적감이 유의하게 높게 나타났다.

피부와 의복 사이, 의복과 의복 사이에 형성되는 의복내 온습도는 덥다, 축축하다 등 온열감, 습윤감에 깊이 관여하여 착의시의 쾌적감을 판단하는 중요한 요인

Fig. 7. Relative humidity of microclimate at chest (A) and thigh (B) during the total experimental process using different samples.

Table 6. Subjective sensations during a 120-140 min trial performed using different samples

Parts	Sample	K1	K3	SP6	P6	G20	G21	NANO	F-value
		mean±S.D.	mean±S.D.	mean±S.D.	mean±S.D.	mean±S.D.	mean±S.D.	mean±S.D.	
Subjective sensation	Thermal	5.69±1.28	5.50±1.02	5.78±1.16	5.03±1.26	5.16±1.25	5.84±0.85	5.06±1.37	2.818*
	Wet	5.09±0.69	5.41±0.71	5.34±0.55	5.16±0.45	5.25±0.67	6.44±0.62	5.06±0.50	19.896***
	Comfort	2.81±1.09	2.44±0.84	2.81±1.09	2.69±0.97	2.66±1.18	1.38±0.66	2.84±1.14	8.573***

* $p<.05$, *** $p<.001$

Fig. 8. Comfort sensations during the total experimental process using different samples.

이 된다. 실험의복 간의 쾌적감의 차이는 인체착용평가의 인체생리반응에 상응하는 결과로 특히 피부온도, 의복 내 습도, 발한량이 투습방수소재 간에 유의미한 차이를 보인 운동2기 120~140분에서 쾌, 불쾌 간에 유의미한 차이를 나타내 인체착용평가의 인체생리반응 결과와 쾌적감 간의 관련성을 시사하였다.

7. 쾌적감과 인체착용평가 측정항목 간의 상관관계 및 회귀분석

1) 쾌적감과 인체착용평가 측정항목 간의 상관관계

<Table 7>은 쾌적감과 인체착용평가 측정항목 간에 상관관계를 나타낸다. 쾌적감과 상관이 있는 독립변수로 상관계수 0.2 이상이면 상관관계가 존재하는 것으로 판단하였고 유의확률 $p<.05$ 이면 상관계수가 통계적으로 유의하다고 판단하였다. 이에 쾌적감과 상관이 있는 독립변수로 피부온도는 허벅지($p<.05$)에서, 의복 내 습도는 위팔, 허벅지($p<.001$)에서 발한량은 가슴($p<.05$)에서 나타났다.

2) 쾌적감과 인체착용평가 측정항목 간의 회귀분석

<Eq. 1>과 <Table 8>은 120~140분 동안 인체생리평

가 측정항목이 쾌적감에 미치는 영향을 나타낸 다중회귀분석의 결과이다. 비표준화계수 B를 회귀식의 계수로 간주하였고 유의확률 $p<.05$ 이면 회귀계수로 판단하였다. 모형의 유의성에 대해서는 F-value의 유의확률 $p<.05$ 이면 유도된 회귀모형이 유의미하다고 판단하였다. 회귀식의 상수는 14.167이며 X_1 의 회귀계수는 -0.362이다. X_1 의 회귀계수의 유의성을 검정하는 t값, -3.495의 확률적 표시인 유의확률은 0.001이므로 $\alpha = 0.05$ 에서 이 회귀계수는 통계적으로 매우 유의미하다고 볼 수 있다. 마찬가지로 $X_2 \sim X_9$ 의 회귀계수도 통계적으로 매우 유의미하다고 볼 수 있다. 회귀모형은 다음과 같다.

$$Y = 14.167 - 0.362 \times X_1 + 0.424 \times X_2 - 0.238 \times X_3 - 0.561 \times X_4 + 0.253 \times X_5 + 0.214 \times X_6 - 0.393 \times X_7 + 0.023 \times X_8 - 0.043 \times X_9 \quad \dots \text{Eq. 1.}$$

여기서 Y = 쾌적감, X_1 = 이마의 피부온도, X_2 = 아래팔의 피부온도, X_3 = 손등의 피부온도, X_4 = 허벅지의 피부온도, X_5 = 가슴의 의복 내 온도, X_6 = 허벅지의 의복 내 온도, X_7 = 가슴의 발한량, X_8 = 등의 의복 내 습도, X_9 = 허벅지의 의복 내 습도이다.

3) 쾌적감과 인체착용평가 측정항목 간의 회귀식 분석

개발된 회귀모형에서 표준화된 각 변수의 크기를 살펴보면 온도에서는 피부온도 > 의복 내 온도 순으로 나타났다. 피부온도는 체표면적이 커서 피복면적도 넓은 허벅지 > 아래팔 순으로 나타났고 다음으로 비피복 부위이나 정신적 발한이 나타나는 손등 > 이마 피부온도 순으로 나타났으며 의복 내 온도는 가슴 > 허벅지 순으로 나타났다. 의복 내 습도는 허벅지 > 등 순으로 나타났다.

표준화된 각 변수의 방향을 살펴보면 이마의 피부온도(X_1), 손등의 피부온도(X_3), 허벅지의 피부온도(X_4), 가슴의 발한량(X_7), 허벅지의 의복 내 습도(X_9)는 쾌적

Table 7. Correlation analysis of physiological responses and comfort sensation in wearer trials

			Comfort				Comfort
Skin temperature	forehead	correlation coefficient	-.085	Micro-climate temperature	chest	correlation coefficient	-.018
		p-value	.203			p-value	.789
	chest	correlation coefficient	-.061		back	correlation coefficient	-.109
		p-value	.361			p-value	.105
	back	correlation coefficient	-.007		upper arm	correlation coefficient	-.061
		p-value	.918			p-value	.362
	upper arm	correlation coefficient	-.044		thigh	correlation coefficient	-.065
		p-value	.517			p-value	.333
	forearm	correlation coefficient	.102	Sweat rate	back	correlation coefficient	-.092
		p-value	.126			p-value	.169
	hand	correlation coefficient	.019		chest	correlation coefficient	-.205*
		p-value	.779			p-value	.002
	thigh	correlation coefficient	-.213***	Micro-climate humidity	chest	correlation coefficient	-.078
		p-value	.001			p-value	.246
	calf	correlation coefficient	.132		back	correlation coefficient	-.131
		p-value	.049			p-value	.050
	foot	correlation coefficient	-.004		upper arm	correlation coefficient	-.302***
		p-value	.958			p-value	.000
	mean	correlation coefficient	-.066		thigh	correlation coefficient	-.371***
		p-value	.326			p-value	.000
Rectal temperature		correlation coefficient	-.099	Comfort sensation		correlation coefficient	1
		p-value	.138			p-value	

* $p < .05$, *** $p < .001$

Table 8. A regression model of physiological responses and comfort sensation in wearer trials

Independent variable		Non-standardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	p	F	p	R ²	adj. R ²
		B	SE	β						
a constant		14.167	5.883		2.408	0.017	15.901	.000	0.401	0.376
Skin temperature	forehead	-0.362	0.109	-0.205	-3.495	0.001				
	forearm	0.424	0.104	0.376	4.066	0.000				
	hand	-0.238	0.099	-0.257	-2.419	0.016				
	thigh	-0.561	0.093	-0.438	-6.064	0.000				
Microclimate temperature	chest	0.253	0.059	0.290	4.305	0.000				
	thigh	0.214	0.060	0.262	3.574	0.000				
Sweat rate	chest	-0.393	0.176	-0.153	-2.228	0.027				
Microclimate humidity	back	0.023	0.005	0.385	5.123	0.000				
	thigh	-0.043	0.004	-0.801	-9.624	0.000				

감에 음의 영향(-0.205, -0.257, -0.438, -0.153, -0.801, $p < .001$)을 나타낸다. 아래팔의 피부온도(X_2), 가슴의 의복 내 온도(X_3), 허벅지의 의복 내 온도(X_6), 등의 의복

내 습도(X_8)는 쾌적감에 양의 영향(0.376, 0.290, 0.262, 0.385, $p < .001$)을 나타낸다. 쾌적감에 음의 영향을 나타낸 이마, 손등은 피부 부위가 아닌 노출 부위이나 정신

적 발한이 나타나는 부위이고 허벅지에서는 이미 발한이 시작되어 피부온도가 낮을수록 쾌적하다. 발한에 의한 수증기가 의복을 통과하여 가슴, 허벅지의 의복 내 온도는 높을수록 쾌적하다. 반면 쾌적감에 양의 영향을 나타낸 아래팔은 운동보행에 의한 대류의 영향으로 발한이 늦추어진 상태여서 피부온도는 높으나 쾌적하다. 또한 부의 영향을 나타낸 허벅지에서는 이미 발한이 시작되어 의복 내 습도가 낮을수록 쾌적하다.

8. 산출된 쾌적감 지수

<Eq. 1>에서 산출된 실험의복의 쾌적감을 <Fig. 9>에 나타내었다. 실험의복의 쾌적감은 1.0~5.0의 범위에서 형성되고 쾌적감의 값이 클수록 쾌적하다. 섬유소재의 투습성뿐만 아니라 발한이 시작되는 시점을 중심으로 피부온도 및 의복 내 습도가 낮거나 높고 의복 내 온도가 높고 발한량이 낮은 Nano소재 실험의복의 쾌적감이 3.01로 나타났다. 즉 G21, K3-G20-P6-K1-SP6-Nano 순으로 실험의복의 쾌적감 지수가 유의하게($p < .05$) 높아 쾌적하게 나타났다.

9. 산출된 쾌적감 지수와 소재투습도와의 관계

이상에서 <Eq. 1>에서 산출된 실험의복의 쾌적감의 신뢰성을 확보하기 위하여 사용한 투습방수소재의 특성이 가장 뚜렷하게 반영되고 쾌적감과 관계가 있는 소재의 투습성과 쾌적감의 관계를 <Fig. 10>에 나타낸다. 투습성과 쾌적감 간에는 높은 상관($R^2 = 0.956$)을 보여 투습성이 클수록 쾌적한 느낌을 주는 것으로 나타났다. 이로써 산출된 쾌적감 지수의 신뢰성을 확인하였다.

본 실험에서는 동일사이즈, 동일디자인으로 실험복을 제작하여 1매수 착용방법으로 의복디자인의 요소 및

Fig. 9. Wear comfort during a 120-140 min trial performed using different samples.

Fig. 10. The relation between wear comfort and Water Vapor Transmission Rate, WVTR(g/m² 24hr) during a 120-140 min trial performed using different samples.

착용방법의 다양성을 철저히 배제하였다. Park et al. (2007)이 보고한 투습방수소재의 투습성은 의복의 쾌적성을 평가할 때 매우 중요한 요소라는 결과와도 일치하여 본 연구에서 산출된 쾌적감 지수에서는 소재의 투습도만이 극대화되어 반영되었다. 그러나 실제 의복설계에 있어서 디자인 요소의 다양성, 사이즈의 다양성, 소재의 다양성, 착용방법의 다양성 등을 배제하기란 거의 불가능하다. 이에 대해서는 Ushioda(1999)가 스포츠 활동시 발한에 의한 소재물성치의 변화가 쾌적성에 영향을 미치기 때문에 디자인 측면이 중요하다고 보고한 바 있다.

IV. 요약 및 결론

옥외용 스포츠 의류소재에 혁신적인 발전을 가져온 계기가 된 투습방수소재 의류를 착용할 경우 인체가 느끼는 쾌적성은 섬유소재의 투습성, 의복을 통한 열전달 및 수분 전달특성 등의 인자에 영향을 받는다.

이에 스포츠 레저 의류구입시 활용가능한 기능성 비교평가 중 쾌적성 평가의 기초를 마련하고자 인체착용평가를 실시하여 먼저, 쾌적감에 영향을 미치는 인체착용평가 변수를 구하였고 다음으로 주관적 감각평가 측정변수를 구하였으며 마지막으로 인체착용평가 항목과 주관적 감각평가의 쾌적감과 관계식을 산출하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 실험의복에 따른 차이가 유의미하게 나타난 인체착용평가 항목은 피부온도, 의복 내 온습도, 발한량이다. 피부온도는 가슴, 등, 위팔, 아래팔, 손등, 허벅지에서 유의미하게($p < .001$), 의복 내 온습도는 가슴, 등, 위팔, 허벅지에서 유의미하게($p < .001$), 발한량은 가슴에

서 유의미하게($p<.05$) 나타났다.

2. 실험의복에 따른 차이가 유의미하게 나타난 주관적 감각평가 항목은 온열감($p<.05$), 습윤감과 쾌적감($p<.001$)이다.

3. 인체착용평가 측정변수와 주관적 감각평가의 쾌적감으로 산출된 관계식은 다음과 같다.

$$Y = 14.167 - 0.362 \times X_1 + 0.424 \times X_2 - 0.238 \times X_3 - 0.561 \times X_4 + 0.253 \times X_5 + 0.214 \times X_6 - 0.393 \times X_7 + 0.023 \times X_8 - 0.043 \times X_9$$

여기서 Y = 쾌적감, X_1 = 이마의 피부온도, X_2 = 아래팔의 피부온도, X_3 = 손등의 피부온도, X_4 = 허벅지의 피부온도, X_5 = 가슴의 의복 내 온도, X_6 = 허벅지의 의복 내 온도, X_7 = 가슴의 발한량, X_8 = 등의 의복 내 습도, X_9 = 허벅지의 의복 내 습도이다.

4. 인체착용평가 측정변수와 주관적 감각평가의 쾌적감으로 산출된 관계식에서 얻어진 실험의복의 쾌적감 지수는 1.0~5.0의 범위에서 형성되고 쾌적감 지수를 클수록 쾌적하다. NANO소재 실험의복의 쾌적감이 3.01로 나타났고 방수소재의 경우는 1.89로 나타났다.

5. 이상에서 산출된 실험의복 쾌적감 지수와 소재의 투습성 간에는 높은 상관($R^2=0.956$)을 보여 쾌적감 지수의 신뢰성을 확인하였다.

의류의 쾌적성을 객관적으로 측정하여 그 방법을 증명하는 것은 소비자의 이해를 돕는 것으로 이어진다. 이 쾌적성은 소비자들의 실용적인 경험과 상당히 일치하여 구입당시부터 의류의 쾌적성 예측이 가능하다. 소재와 의복생산자는 판매의 관점에서 제품의 부가 가치를 인체생리적 기능을 객관적으로 증명 가능하고, 더욱이 가격과 성능의 비교가 가능한 표시제로 고품질, 고가격대인 제품의 판매가 가능하다. 소비자들은 이 쾌적성 품질표시를 이용하여 생리적으로 적합한 상품을 적절하게 선택, 구입이 가능할 것으로 기대된다. 본 연구는 투습방수소재의 물리적 특성을 비롯하여 인체착용평가를 우선적으로 실시하였다. 이를 시작으로 스포츠 웨어에 나날이 수요가 급증하고 있는 투습방수소재의 쾌적성에 대한 보다 구체적인 후속연구, 발한셔말마네킨 평가를 통하여 생산자뿐만 아니라 소비자들의 쾌적성 확보에 다가가는 유용한 데이터를 축적해 나가고자 한다.

References

- Ali, A., Creasy, R. H., & Edge, J. A. (2011). The effect of graduated compression stocking on running performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1385-1392.
- Baik, C. E., & Kim, S. Y. (2005). Study on the fabric trend in Hi-Tech functional active sportswear. *Journal of Korea Fashion & Costume Design Association*, 7(1), 55-63.
- Bouskill, L. M., Havenith, G., Kuklane, K., Parsons, K. C., & Withey, W. R. (2002). Relationship between clothing ventilation and thermal insulation. *Journal of AIHA*, 63(3), 262-268.
- Cho, J. H., & Ryu, D. H. (2000). The wearing sensation of men and women in sports wear with waterproof and water vapor permeable fabrics. *Journal of Korean Association of Human Ecology*, 9(1), 47-61.
- Gavin, T. P. (2003). Clothing and thermoregulation during exercise. *Sports Medicine*, 33(13), 941-947.
- Gavin T. P., Baginton, J. P., Harms, C. A., Ardelt, M. E., Tanner, D. A., & Stager J. M. (2001). Clothing fabric does not affect thermoregulation during exercise in moderate heat. *Medical Science Sports Exercise*, 33(12), 2124-2130.
- Gonzales, B. R., Hagin, V., Guillot, R., Placet, V., & Groslambert, A. (2011). Effect of polyester jersey on psychophysiological responses during exercise in a hot and moist environment. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(12), 3432-3438.
- Ha, M. J., Tokura, H., & Yamashita, Y. (1995). Effect of two kinds of clothing made from hydrophobic and hydrophilic fabrics on local sweating rates at an ambient temperature of 37°C. *ERGONOMICS*, 38(7), 1445-1455.
- Ji, H. K., & Rhee, E. Y. (1995). Consumer dissatisfaction in clothing buying process. *Journal of Korean Society of Clothing and Textiles*, 19(1), 149-160.
- Kim, K. J. (1987). Moisture transpiration and water proofing finish. *Journal of Korean Fiber Society*, 24(6), 153-162.
- Kim, M. S. (2002). The study on the consumers quality evaluation on the apparel. *Journal of Korea Fashion & Costume Design Association*, 4(2), 103-126.
- Korea Federation of Textile Industries & Korea Fashion Association. (2010). *KFI Trend*. Seoul: Author.
- Li, Y., Keighley, J. H., & Hampton, I. F. G. (1988). Physiological responses and psychological sensations in wearer trials with knitted sportswear. *ERGONOMICS*, 31(11), 1709-1721.
- MacRae, B. A., Cotter, J. D., & Liang, R. M. (2011). Compression garments and exercise: Garment consideration, physiology and performance. *Sports Medicine*, 41(10), 815-843.
- Ministry of Culture Sports Tourism. (2010). *Leisure Activities among the Korean in 2010*. Seoul: Author.

- Miyagawa, T., Ogawa, T., Asayama, M., & Yamasita, Y. (1985). Sweating response to abrupt changes in work load. *Nihon Seirigaku Zasshi*, 47(1), 17–24.
- Miyasita, M. (1988). *Physiology of exercise* (H. Y. Won, Trans.). Seoul: Myoungi. (Original work published 1979)
- Nadel, E. R. (1980). Circulatory and thermal regulation during exercise. *Federation Proceeding*, 39(5), 1491–1497.
- Nam, S. N. (1995). The variety of skin temperature and rectal temperature during 30 minute of 60% VO₂ maximal exercise. *Journal of Society of Living Environment System*, 2(2), 83–88.
- Park, H. J., & Park, J. O. (2002). A comparative study of dissatisfaction towards imported and domestic clothing. *Journal of Korean Society of Clothing and Textiles*, 26(2), 364–375.
- Park, Y. M., Koo, K., Choe, J. D., & Kim, E. A. (2007). Waterproof and breathable textiles for improvement of thermal comfort by dual complex coating of ceramics. *Journal of Korean Fiber Society*, 44(4), 211–219.
- Pascoe, D. D., Bellingar, T. A., & McCluskey, B. S. (1994a). Clothing and exercise II: Influence of clothing during exercise/work in environmental extremes. *Sports Medicine*, 18(2), 94–108.
- Pascoe, D. D., Shanley, L. A., & Smith, E. W. (1994b). Clothing and exercise I: Biophysics of heat transfer between the individual, clothing and environment. *Sports Medicine*, 18(1), 38–54.
- Sports Leisure Textile Research Center of INHA Univ. (2005). *Study of satisfaction on sports leisure wear consumers*, Incheon: Author.
- Ushioda, H. (1999). Wear comfort and evaluating methods by sports wear in hot environment. *Proceedings of Journal of the Japan Research Association for Textile End-Uses, Japan*, 18, 5–7.