

고온 다습한 환경에서의 주관적 착용 쾌적감과 관련 물성변인

김정화 · 홍경희* · 조승식

숙명여자대학교 의류학과 · *충남대학교 의류학과

Subjective Evaluation of Wear Comfort and Related Physical Variables under Warm and Humid Condition

Jong Hwa Kim · *Kyung Hi Hong · Seung Sik Cho

Dept. of Clothing and Textiles, Sookmyung Women's University

*Dept. of Clothing and Textiles, Chungnam National University

(1997. 5. 26 접수)

Abstract

Physical variables related to the subjective evaluation of wear comfort were explored. Experimental fabrics was those used in the previous paper where subjective sensations of women's thin shirts were reported. Fabrics include 100% cotton (unfinished), 100% cotton (water repellent finished), cotton/polyester 35/65 (unfinished), cotton/polyester 35/65 (peach skin finished), 100% polyester fabric(plain), 100% polyester crepe.

Among various physical properties of the experimental fabrics, heat & moisture transport properties and surface properties were chosen as important variables based on the regression coefficient. Especially, humidity at the microclimate in dynamic mode was highly correlated to the subjective evaluation and appeared to be a sensitive physical predictor, compared to dry thermal transmission rate or water vapor transmission rate. Surface characteristic parameters, however, did not show consistant trend in the prediction of the human's subjective sensation. Interaction between surface properties and humidity measurement was also observed.

I. 서 론

근래 섬유업계에서는 고기능, 고감각 섬유제품개발에 주력하여 새로운 섬유상품을 선보이고 있으나, 이러한 소재들은 개발당시 주로 물리적 성능만을 평가하여

상품화하기 때문에 소비자들에 의해 어떻게 인지되는지의 여부는 개발단계에서 충분히 검토되지 못하고 있는 실정이다. 그러나 날로 고도화 되어가는 소비자의 감성 수준을 만족시키기 위한 기능성 섬유제품개발에 있어서는 소재자체의 물성 뿐 아니라, 개발된 소재를 착용할 때 인체가 인지하는 주관적 쾌적감 및 기타의 감각도

개발계획시 중요하게 다루어져야 한다는 의견이 점차 대두되고 있다. 즉, 섬유제품에 대한 소비자의 감성 또는 요구를 과학적으로 분석하고 이를 구현할 수 있는 관련 물성요소의 정성적, 정량적 규명이 연구되면 새로운 섬유제품의 개발방향을 효과적으로 세울 수 있고, 이에 따라 제품의 어떠한 속성을 얼마나 바꾸어야 하는가에 대한 질적 양적 정보를 제공한다라는 측면에서 상품 개발 단계에 공헌하는 바가 크다고 할 수 있다.

근래 이러한 분야의 연구들 가운데, 직물의 물성과 주관적 감각을 연결한 실험적 연구들로는 직물의 역학/표면특성, 열·수분전달 특성과 관련된 촉감^{1-3,5,6)}, 태^{4,7,8)}, 온열감각, 쾌적감^{16,9-12)}에 관한 일련의 연구가 있으며, 그 대상 직물의 범위도 의의용 직물^{1-4,8-8)}부터 내의류¹²⁾, 각종 가공직물^{5,11)}까지 다양하다. 또한 이때의 방법론으로는 인자분석^{12,14)}, fuzzy transformation matrix^{7,8)}, 상관관계^{4,12-14)}, 회귀분석^{4,12-14)} 및 각종 정신물리학적인 수량화 방법¹⁾이 쓰이고 있다. 그러나, 직물상태에서의 성능평가는 종종 주관적 착용 쾌적감에 대한 예측력이 떨어지는 경우가 있다. 그것은 직물이 인체에 착용됨으로써, 직물 상태에서의 성능이외에 인체-의복-환경 시스템에서 부가되는 요소들의 상호작용이 커지고 체계적인 연구의 측정도 용이하지 않은 상황이 야기됨을 그 원인의 하나로 들 수 있다. 또한, 착용 쾌적감(wear comfort)이란 감각의 인지상태이나 오감처럼 확인될 수 있는 분리된 감각기관을 가지지 않을 뿐 아니라, 인체의 활동수준과 의복내 미세기후의 변화에 따라 다양한 착용감각을 유발할 수도 있기 때문에 단순한 물성으로 착용쾌적감을 예측하기가 어렵다.

지금까지의 연구에서 착용쾌적감은 열·수분전달 특성^{12,14-22)}에 따른 열적 쾌적감이 중요한 평가요인으로 알려져 왔는데 최근에는 직물의 열이나 수분 이동 특성 뿐 아니라 표면 특성, 압축특성, 무게, 두께, 유연성을 포함한 역학적 특성 등과의 관련성도 밝혀지고 있다²⁸⁾. 이중 표면 특성^{2,27-29)}은 표면접촉감을 유도하여 직물의 소비자 수용 여부에 매우 중요한 요소임이 밝혀지고 있다. 특히 발한시에는 피부에 접촉하는 의복층의 특성이 중요한 쾌적요인으로 지적되고 있다. 그러나 여러 가지 의복 종류에 대한 주관적 쾌적성과 관련하여 열, 수분 전달과 표면 특성 두 요소를 동시에 고려한 연구나 그들의 상대적인 기여도 연구는 매우 부족한 상태이다. 또한, 실제의 다양한 착용 상태에서의 주관적 차

용 쾌적감과 관련 물성들과의 통합적 연구가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 고온 다습한 환경에서의 여성용 블라우스에 대한 주관적 착용 쾌적감 평가에 대한 선행연구¹⁴⁾의 후속으로 다음과 같은 목적을 가지고 수행되었다. 첫째, 선행연구에서 피험자들이 실험의복의 착용 쾌적감을 다르게 인지한 이유를 열·수분전달 특성과 역학적/표면 특성을 포함한 직물의 물성적 요인을 가지고 분석하고, 둘째, 착용 쾌적감을 예측하는 주요 변수를 제시함으로써 의복의 착용 쾌적감 평가를 위한 기초 자료를 제공하고자 한다. 본 연구의 구성은 다음과 같다.

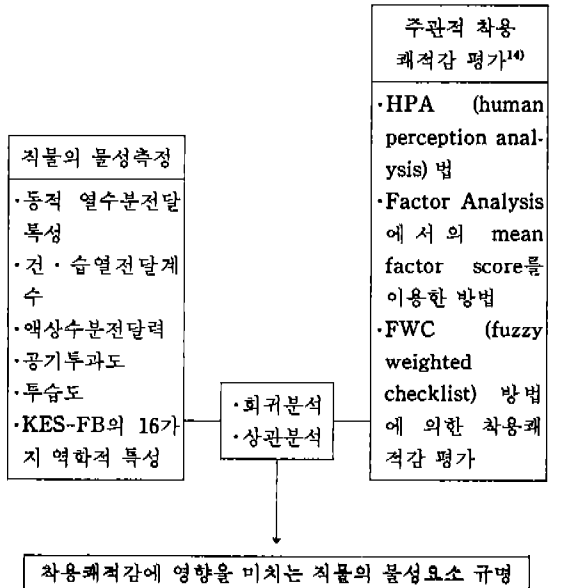


Fig. 1. Scope of the experiment

II. 연구방법

1. 주관적 쾌적감의 측정

선행연구¹⁴⁾에서 측정된 주관적 착용 쾌적감 실험을 간략히 요약하면 다음과 같다. Human Perception Analysis법을 이용하여 예비조사에서 24명으로부터 예비 요인 분석을 실시하였고 이로써 20개의 평가언어를 선정하였다. 본 실험에서는 36명의 피험자에게 고온 다습한 환경에서 간헐적인 신체 운동을 수행시키면서 본 실험과 동일한 소재의 블라우스에 대한 착용쾌적감을

Table 1. Characteristics of the samples

Char. Fabric	Fiber Component	Fabric Count wp×wf/ 5 cm	Weave	Yarn No.	Twist (t.p.m.)	Thickness (mm)	Weight (g/m ²)	Air Permeability (cm ³ /cm ² /sec)	Finish
COT	100% cotton	266×144	Plain	Ne 40	wp 550 wf 550	0.441	124.9	18.6	W/R*
COW	100% cotton	266×144	Plain	Ne 40	wp 550 wf 500	0.491	125.1	15.8	
PCB	65% polyester 35% cotton	272×144	Plain	Ne 45	wp 500 wf 450	0.460	108.3	29.9	
PCP	65% polyester 35% cotton	272×144	Plain	Ne 45	wp 500 wf 400	0.498	111.6	24.0	Peach
PEC	100% polyester	272×144	Plain (Crepe)	wp 75D wf 75D	wp 2100 wf 2110	0.386	94.2	368.0	Alkaline hydro- lysis
PET	100% polyester	420×382	Plain	wp 75D wf 75D	wp 10 wf 10	0.165	66.2	12.1	

*For W/R finishes DMDHEU (dimethylol dihydroxy ethylene urea) was used with MgCl₂.

7점척도를 이용하여 평가하게 하였다. 이것을 요인분석하여 주요차원을 추출하였고 각 실험 블라우스에 대한 평가를 요인점수(mean factor score)로 산출하여 Duncan의 다중비교로 통계적인 유의차를 검정하였다. 한편, 예비조사에서 요인분석한 결과 추출된 주요차원을 이용하여 모호가중 점검목록을 작성하고 전문가 20명에게 설문 조사하여 각 평가요인의 정규 가중치를 구하였다. 각각의 블라우스에 대한 36명 피험자의 언어평점과 정규가중치를 이용하여 모호합성 점수를 산출하였고 이 점수의 중앙값(median)을 이용하여 여러 가지 소재의 블라우스에 대한 주관적 평가값을 Duncan의 다중비교하였다. 본 논문에서는 물성자료와 연관시키고자 한 주관적 자료로 이들을 사용하였다.

2. 시 료

실험에 사용된 시료는 충남방직(주)에서 제공받은 것으로, 면 100%(COT), 면 100%에 발수가공(COW)된 것, 면(35%)/폴리에스터(65%) 혼방(PCB), 면(35%)/폴리에스터(65%) 혼방에 Peach 가공된 것(PCP), 폴리에스터 100%의 알칼리 감량가공된 Crepe 직(PEC)과 한국의류시험 검사소에서 구입한 폴리에스터 100%(PET) 등 6가지이며, 시료의 특성은 Table 1과 같다.

3. 실험방법

1) 동적 상태에서의 직물의 열·수분전달

실험은 25±1°C, 65±2%RH로 조절된 항온실에서

보온성 측정기(Yasuda Seiki Seisakusho, 日本)를 개조하여 소형 항온습습 챔버를 장치하고, 그 내부에서 실험하였다. 이때, 챔버내의 환경 조건은 29±0.5°C, 75±2%RH로 조절하였다. 땀 발생 모형은 셀룰로오스 스폰지를 장치한 원형 스테인레스 용기내부에 증류수를 공급하여 지속적으로 수분막을 유지하도록 하였고 이때 온도는 온도조절기를 이용하여 34°C를 맞추었다. 습도측정에는 의복 측정용 평판 센서(Shinyei Co. THP-B3 sensor, THT-B110 transmitter)를, 온도 측정에는 소형 thermistor(Thermometrics Co. AB6B2-BR16k103N)를 사용하였다. 실험직물의 내면에서 상대습도(HIM)와 온도(TIM) 데이터는 Data acquisition system과 Data Logger를 이용하여 매 30초마다 수집되었다. 실험 직물은 가정용 세탁기로 세탁한 후 건조기에서 완전 건조하여 75%RH를 유지하는 NaCl 포화액 용액이 설치된 데시케이터 속에 넣어 24시간 방치한후 실험에 사용하였다.

2) 열전달계수

건열전달계수(DTT)는 아래 식 (1)과 (2)에서 V₂를 사용하여 구하였다.

$$V_1 = P/A(T_p - T_a) \tag{1}$$

P : 시험판의 소비전력(W/hr)

A : 시험판의 면적(m²)

T_p : 시험판의 온도(°C)

T_a : Chamber내의 기온(°C)

V₁ : 혼합 열전달 계수(W/m²·°C)

$$1/V_2 = 1/V_1 - 1/V_{bp}$$

$$\text{또는 } V_2 = V_{bp} \times V_1 / V_{bp} - V_1 \quad (2)$$

V_2 : 시료의 열전달 계수 ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

V_{bp} : 시험판의 열전달 계수 ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

습열전달계수(WTT)는 KS K 0446에 의거하되 다음과 같이 변형하여 보온성 측정기(Yasuda Seiki Seisakusho, 日本)를 이용하여 산출하였다. 즉, 보온성 측정기의 측정판 위에 수분의 증발을 막는 뚜껑을 덮은 담발생 모형을 올려놓은 후, 충분한 시간이 경과하여 안정상태가 되었을때, 뚜껑을 열고 실험직물을 덮은후, 피부모형의 온도를 $34^\circ C$ 로 유지하게 할 때 필요한 소비전력을 5회 측정하여 위의 식 (1)과 (2)에서 V_2 를 이용하여 구하였다.

3) 액상수분전달력

DIN 53924의 Vertical strip test법과 KS K 0815의 B방법(직립식 흡수법에 의한 수분이동 측정)을 사용하여 심지력(WIC: wickability)을 경위사 방향으로 각각 5매씩 측정하였다.

$$\text{Wickability} = (M \times H) / 100 \quad (3)$$

M : 함수율 (%)

H : 빨아올린 물의 높이 (mm)

$$M = (w - w_0 / w_0) \times 100 (\%) \quad (4)$$

w : 젖은 시료 무게 (g)

w_0 : 건조된 시료 무게 (g)

4) 투습도

KS K 0594에 있는 흡습법에 의거하여 기온 $40 \pm 2^\circ C$, 습도 $90 \pm 2\% RH$ 를 유지하는 항온항습 챔버를 이용하여 투습율(WVT)을 5회 측정하였다.

5) 공기투과도

KS K 0570에 있는 프라지어 법(Frazier Method)에 의거하여 공기투과도(AP)를 측정하였다.

6) 직물의 역학적특성

KES FB system을 사용하여 인장특성, 굽힘특성, 전단특성, 압축특성, 표면특성 및 두께와 무게의 항목에 대해서 총 16특성치를 표준계측 조건에서 3회씩 측정하여 통계 처리에 사용하였다.

7) 통계 분석

물성 측정치에 대한 SAS의 ANOVA와 Duncan의 다중비교방법, 이 때의 임계값을 주관적 평가치와 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 착용 쾌적감에 대한 물성그룹의 상대적 기여도

23개의 총괄적 물성특성치들을 열·수분전달특성, 인장특성, 굽힘특성, 전단특성, 압축특성, 표면특성, 무게·두께 등 7개의 대표적인 물성그룹으로 분류하여 분석하였다.

주관적 착용 쾌적감에 높은 기여도를 갖는 순서로 세 가지 물성 그룹을 선정하기 위하여 선행연구에서¹⁴⁾ 구한 총 착용쾌적감을 의미하는 MFS(요인점수)와 FCS(Fuzzy 통합 점수)에 대하여 각각의 물성그룹에 대한 결정계수(R^2)를 회귀식에서 구하여 Table 2에 나타내었다. 이는 세가지 특성치들이 서로 상호관련성이 크고 단위가 달라서 다중회귀분석의 상수의 크기로 상대적인 기여도를 평가하기 어렵기³⁷⁾ 때문에 구한 값이다.

Table 2. Important physical parameters related to the subjective sensations measured by factor analysis and fuzzy weighted checklist.

MFS (Mean factor score)		FCS (Fuzzy composite score)	
physical properties	R^2	physical properties	R^2
·Heat & Moisture transport	.47	·Heat & Moisture transport	.48
·Compression	.39	·Surface	.37
·Surface	.35	·Bending	.33

MFS에서는 중요한 물성 그룹이 열·수분전달특성, 압축특성, 표면특성 순으로 나타났으며, FCS에서는 열·수분전달특성, 표면특성, 굽힘특성으로 나타났다. 따라서 두가지 평가도구에 의한 총 착용쾌적감에 공통적으로 기여도가 높은 물성그룹은 열·수분전달특성, 표면특성인 것으로 나타났다. 표면특성그룹은 KES-FB system에서 MIU, MMD, SMD의 세가지 특성치로 대표되는 데 반하여 열·수분 전달특성에 속하는 개별물성들은 직물내면습도(HIM), 건열전달계수(DTT), 직물내면온도(TIM), 액상수분전달력(WIC), 습열전달계수(WTT), 투습도(WVT) 등으로 다양하게 측정하였기 때문에 이들 중 중요한 세가지 개별물성을 선택하기 위하여 각각의 요소들과 주관적 감각과의 상관관계를 살펴보았다(Table 3). Table 3에

Table 3. Correlation coefficient between subjective sensations and physical variables of the samples

Subjective score Physical Variables	mean factor score	fuzzy composite score	1st factor score*	2nd factor score	3rd factor score	4th factor score	5th factor score
Heat & Moisture transport properties	WVT** (r= .437**)	WVT (r= .498**)	HIM (r= -.447**)	DTT (r= .668****)	WVT (r= .766****)	HIM (r= -.486**)	DTT (r= .521**)
	HIM (r= -.341*)			WIC (r= -.593****)	DTT (r= .765****)	WVT (r= .410*)	WTT (r= .471**)
				WTT (r= .583****)	WTT (r= .717****)		WVT (r= .351*)
				WVT (r= .449**)	HIM (r= .491**)		WIC (r= -.343*)
					WIC (r= -.385*)		
					TIM (r= -.356*)		
Surface properties	SMD (r= .441**)	SMD (r= .374*)	MMD (r= -.508**)	MMD (r= .523**)	SMD (r= .634****) MMD (r= .398*)	SMD (r= .548****)	MMD (r= .344*)

****p ≤ .0001 ***p ≤ .001 **p ≤ .01

*1st factor score (thermal and contact sensation due to sweat), 2nd factor score (weight & thickness), 3rd factor score (recovery properties), 4th factor score (surface properties), 5th factor score (thermal sensation due to quick touch)

**WVT (Water vapor transmission), WIC (Wickability), DTT (Dry thermal transmission), WTT (Wet thermal transmission), HIM (Humidity of inside microclimate), TIM (Temperature of inside microclimate), SMD (Geometrical roughness), MMD (Mean deviation of MIU)

Table 4. Heat & moisture properties of the samples and subjective sensations

HIM		DTT		WVT		Subjective Sensation ¹⁴⁾	
Mean (%RH)	Duncan grouping (Critical Range: 3.13)	Mean (W/m ² ·°C)	Duncan grouping (Critical Range: 2.66)	Mean (g/m ² ·24hr)	Duncan grouping (Critical Range: 0.8)	Mean factor score	Duncan grouping
95.38	PET ^a	19.50	PEC ^a	919.6	PEC ^a	0.590	PEC ^a
94.50	PCP ^a	10.63	PET ^b	484.9	COT ^b	0.168	PCP ^{ab}
94.01	PCB ^a	6.82	COT ^c	473.9	PCP ^c	0.157	COT ^{ab}
92.90	PEC ^{ab}	6.63	PCB ^{cd}	472.1	PCB ^d	0.112	COW ^{ab}
90.41	COW ^{bc}	6.61	COW ^{cd}	467.8	COW ^e	-0.150	PCB ^b
89.50	COT ^c	4.09	PCP ^d	430.0	PET ^f	-0.876	PET ^c

*different letters are significantly different at α=0.05 level

서와 같이 총쾌적감이나 각각의 요인에서 공통적으로 상관성이 높은 변수는 열·수분 전달 변인중에서 WVT, HIM과 DDT였고, 표면특성에서는 SMD와

MMD였다. 추후의 분석에서는 선정된 이들 개별 물성치들을 중심으로 주관적 감각간의 관련성을 검토하였다.

2. 직물의 열·수분전달 특성과 주관적 감각

실험직물 6종이 HIM, DDT, WVT값과 주관적 감각에 유의한 차이가 있는 가를 SAS의 ANOVA를 이용하여 분석한 결과 $p < 0.01$ 이하에서 모두 유의차가 인정되어 Duncan의 다중비교를 실시하였고 그 결과를 Table 4에 나타내었다.

Table 4에서 HIM은 직물내면에서의 상대습도 연속 데이터 중 선행연구¹⁴⁾에서 피험자들이 설문에 해당감각을 응답한 시점에 해당하는 데이터(실험개시후 7분)를 대표적으로 제시한 것이다. 이것은 대표적인 열·수분 전달특성치와 선행연구에서 수행한 주관적 감각치와의 관련성을 같은 시점에서 검토하기 위함이었다. 직물의 건열전달 계수(DTT)와 투습도(WVT)는 동적 데이터가 아니므로 이와 관련없이 해당 직물의 평형상태 차이를 사용한 것이다.

먼저, 직물종류에 따른 상대습도는 PET, PCP, PCB^a > PEC^{ab} > COW^{bc} > COT^c의 순으로 폴리에스테르 함유직물들이 습하게 나타났으며, COW, COT가 건조한 것으로 나타났다. 이 결과는 Hong 등의 선행연구¹⁸⁾ 결과와 일치하는 경향으로 나타났다. 본 실험결과 직물 내면에서의 PET는 COT에 비하여 상대습도가 6% 가량, COW 보다는 5% 가량 유의한 차이를 보였으며 COT과 PEC는 3~4% 가량의 유의한 차이를 보였다. 또한, Li 등¹⁷⁾은 모와 같은 흡습성이 큰 직물은 섬유 내부에서의 수분흡습이 커서 환경과 수분교환이 낮아 폴리에스테르보다 피부접촉시 보다 높은 온도를 유지하고, 따라서 피부접촉시 피부온의 강하가 작아 소수성 직물보다 덜 습하게 인지된다고 하여 본 실험에서와 같이 변을 함유하는 직물의 쾌적성이 높은 결과를 뒷받침해 주었다.

DUNCAN의 다중범위 검정에서 나타난 평균비교에 대한 임계값(number of means critical range)은 3.13(%RH)로써 표본간 평균 차이의 절대값이 3.13보다 크면 대응되는 모평균들 간에 차이가 있다고 결론을 내릴 수 있다. 이는 습도센서의 정밀도($\pm 2\%RH$)로 볼 때 타당한 결과임을 알 수 있었다. 또한, 선행연구에서 피험자들이 PET와 COT, PET와 COW의 착용쾌적감을 다르게 인지한 결과를 뒷받침해 주는 것으로 볼 수 있다.

여기에서 한가지 주목할 만한 것은 표면상태가 크레

이프 조직이나, 피치스킨 가공 등으로 특이한 PEC, PCP 등은 HIM의 커서 직물의 내면이 습한 데도 불구하고 Table 4에서 주관적 평가시 Mean factor score가 커서 쾌적한 영역(a그룹)에 속하고 있다는 점이다. 즉, 특별한 표면 효과가 있는 PEC(크레이프직)와 PCP(피치스킨)를 제외한 네가지 직물은 PET, PCB, COW, COT순으로 HIM의 크기가 줄어들고 있으며, 주관적 쾌적감은 반대로 증가하고 있는 데 이러한 네가지 직물의 순서는 선행 연구 결과¹⁸⁾와 같은 맥락인 반면, 표면특성이 특이한 PEC와 PCP 직물의 경우는, 주관적 착용감이 수분에 대한 감각뿐 아니라 표면특성에도 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 이러한 관계를 보다 쉽게 알아볼 수 있도록, 주관적 감각치(MFS)와 직물간의 HIM과의 관계를 Fig. 2에 도시하였다. 여기서 MFS와 HIM 값은 하나의 축에 상대적으로 표시하기 위해 Y축에는 얻어진 자료를 그대로 쓰지 않고 전체 샘플값을 대상으로 표준화하여 나타내었다.

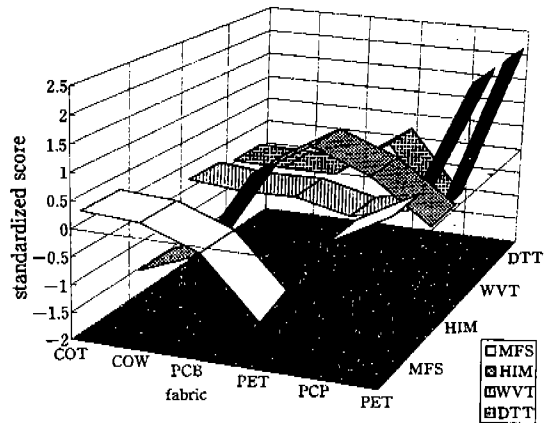


Fig. 2. Mean factor scores of subjective sebsation and various heat and moisture properties of the samples across the tested fabric samples. (All data are standardized.)

Table 4에서 PET와 폴리에스테르와 면의 혼방인 PCB직물의 HIM의 차이는 1.37% RH로서 둘 다 같은 a그룹에 속하여 차이가 없는데도 불구하고도 주관적인 착용감에서는 b, c 그룹으로 차이를 인지하여 PET의 경우 착용쾌적감이 매우 저하됨을 볼 수 있었는데 이것이 Fig. 2에도 잘 나타나 있다. 이 결과와 유사한 예는 Plant 등¹⁹⁾의 연구에서도 볼 수 있었는데 흡습성

이 서로 다른 직물의 습기인지에 대한 연구 결과 인체가 습기인지의 변화를 느끼는 직물의 수분함량은 평형 수분율에서 2% 정도의 증가량만으로도 충분하다고 보고하였다. 즉, 습기인지는 수분이 섬유내부에 결합되어 있는 경우보다 섬유표면에 자유액상 수분으로 존재할 때 커지므로, 포화수분율이 1% 이하인 폴리에스테르의 경우 건조상태(평형수분율)에서 2% 초과수분량의 변화가 있을 때, 피험자들을 습기 인지에 빠른 상승을 나타낸다고 하였으며, 반면에 포화수분율이 35%인 모는 75%RH에서 16%의 초과수분량이 가해져도 액상 수분이 존재하지 않기 때문에 습기 인지는 초과수분량의 증가에 따라 점진적인 증가현상을 나타낸다고 보고하였다. 이러한 선행연구는 본 실험에서 HIM의 차이가 적어도 주관적으로 다르게 느낄 수 있다는 결과를 뒷받침해 주고 있다. 이 밖에도 본 실험에서의 PET의 표면이 꼬임이 없이 평활하여 실제 피부면에 접촉면적이 커서 불쾌감을 촉진할 수도 있다고 보인다.

열전달 계수(DTT)는 열전도율보다 쾌적감 평가에 실용적인 데이터를 부여한다²¹⁾고 선행연구에서 언급하였는데, 본 연구에서도 Table 4에서와 같이 상관계수가 비교적 높게 나온 항목이다. 직물의 건열전달 계수는 단위 시간당 직물을 통한 열의 흐름량을 비교해 본 결과, $PEC^a > PET^b > COT^c > PCB$, $COW^d > PCP^e$ 의 순서로 PEC가 건열 전달계수가 가장 크고, PCP가 건열 전달계수가 가장 작은 것으로 나타났다. PEC가 가장 큰 건열전달 계수를 나타낸 것은 필라멘트 강연사의 꼬임수가 커서 섬유간의 합기량이 저하되었고, 직물구조의 특성에 의해 투습성, 공기투과도도 크고 이에 따라 수분확산과 열손실량이 크게 나타난 것으로 생각된다. 반면에 PCP는 피치가공으로 인한 표면잔털의 정지공기층 효과로 열, 수분확산의 시간이 지연되어 열손실량이 가장 작게 나타나 Hollies⁹⁾의 보고와 일치하였다. 즉, 열 손실을 차이에 대한 중요한 변수는 섬유조성보다는 직물의 표면특성 중 평활성이라고 보고한 선행 실험결과와 일치하였다. PEC 다음으로 건열 전달계수가 크게 나타난 직물은 PET로서, 실험직물중 밀도가 가장 높고, 무게·두께가 가장 작으며, 표면이 매끄러운 특성 때문인 것으로 보인다. PET의 경우는 건열 전달 계수는 커도 HIM과 표면의 평활성으로 인해 불쾌감이 증진된 것으로 나타났다.

DUNCAN의 다중범위 검정에서 나타난 평균비교에

대한 임계값(number of means critical range)은 $2.66(W/m^2 \cdot ^\circ C)$ 이었으며, 피험자들이 주관적 감각에서 다르다고 인지한 인접한 두 섬유간(PCB와 PET)의 물리량은 $4.00(W/m^2 \cdot ^\circ C)$ 으로 나타났다. 즉, 건열전달 계수의 변화에 비해 착용쾌적감의 차이가 HIM의 경우와 비교할 때 비교적 민감하여 Fig. 2에서도 PCB와 PET에서 DTT의 변화에 비해서 MFS의 변화가 컸다.

직물의 투습성(WVT)은 $PEC^a > COT^b > PCP^c > PCB^d > COW^e > PET^f$ 의 순서로 나타나 PEC가 가장 큰 투습도를 보였으며 직물 밀도가 가장 치밀한 PET가 가장 낮은 투습도를 나타내었다. 또한 면 100%인 COT가 면/폴리에스테르 혼방직물인 PCP, PCB보다 공기투과도는 낮으나, 투습성이 좋은 것으로 나타났다. 따라서 투습도는 공기투과도 이외의 요인 즉, 섬유자체의 흡습성이 작용하여^{18,20)}, 흡습성이 좋은 직물이 투습도가 높음을 알 수 있다. 이 결과는 또한, 섬유의 종류가 조직이 치밀한 직물의 투습도에 중요한 영향을 미쳐서 투습속도는 섬유의 특성에 따라 달라진다고 보고한 Rees²⁰⁾의 연구 결과와 일치하였다. 즉, Rees는 치밀한 조직의 방풍 면직물은 공기투과도는 낮으나 면섬유의 친수성으로 인해 투습도가 높게 나타남을 보고한 바 있다. 또한, 井上²⁴⁾도 친수성직물의 경우 packing factor가 큰것이 흡습성이 크고 투습성은 작으며, 소수성 직물의 경우 투습성은 피복도에 반비례 한다고 하여 섬유의 화학적 조성과 조직의 상호작용을 언급한 바 있다. 한편, COW는 섬유조성이 COT와 같으면서도 발수가 공제로 인한 직물기공의 폐쇄와 섬유표면의 화학적 성질, 수분율의 변화로 COT에 비해 투습저항이 크게 나타난 것으로 보인다.

DUNCAN의 다중범위 검정에서 나타난 평균비교에 대한 임계값(number of means critical range)은 $0.8(g/m^2 \cdot 24hr)$ 이었으며, 위에서 비교한 PCB와 PET의 투습도의 차이는 $42.07(g/m^2 \cdot 24hr)$ 로 나타났다. 즉, 투습도의 차이는 Fig. 2에서와 같이 주관적 평가에 선행적으로 반영되지 않음을 알 수 있었다. Fig. 2에서 보이는 바와 같이 그 차이가 확실히 다른 PEC나 피치가공으로 표면의 성격이 확실히 다른 PCP를 제외하면, 열·수분전달 측정치중에서 WVT나 DTT보다 HIM의 경우에 물성치와 주관적 평가간 역상관적인 대응성이 좋았다. 즉, HIM값이 증가하면, 주관적 착용감의 평가가 떨어지게 나타났다.

Table 5. Surface properties of the samples and subjective sensations

MIU		MMD		SMD		Subjective Evaluation ¹⁾			
						rough		slippery	
Mean	Duncan grouping (Critical Range: 0.024)	Mean	Duncan grouping (Critical Range: 0.017)	Mean (μm)	Duncan grouping (Critical Range: 0.481)	Mean	Duncan grouping	Mean	Duncan grouping
0.180	PCP ^{a*}	0.037	PET ^a	6.830	PEC ^a	5.33	PEC ^a	5.53	PET ^a
0.165	PEC ^{ab}	0.023	PEC ^{ab}	4.480	PCB ^b	4.31	COT ^b	3.36	PCP ^b
0.153	COT ^b	0.015	COT ^b	4.390	COT ^b	4.28	PCB ^b	3.19	PEC ^{bc}
0.151	PET ^b	0.014	PCB ^b	4.053	COW ^{bc}	4.14	COW ^b	3.17	COW ^{bc}
0.147	PCB ^b	0.013	COW ^b	3.690	PCP ^c	3.42	PCP ^c	3.00	PCB ^{bc}
0.145	COW ^b	0.011	PCP ^b	3.610	PET ^c	1.83	PET ^d	2.83	COT ^c

*different letters are significantly different at $\alpha=0.05$ level

이와같이 세가지 수분 전달 특성치와 주관적 착용감 각의 상관계수는 Table 3에서와 같이 WVT가 HIM보다 다소 컸으나, 직물간의 형태적인 물성차이가 크지 않거나 특이한 표면특성의 변화가 없는 유사한 직물간에는 물성치간의 차이가 주관적 감각에 가장 밀접하게 반영되는 것은 직물 내면에서의 동적 수분 전달(HIM)인 것으로 확인되었다. 좀더 세부적인 분석은 후후연구에서 범위를 조직적으로 확대하고 이에 대한 주관적 평가를 병행하여 각종 정신물리화적인 방법론으로 분석하여 차이 역치(differential threshold)를 구해야한다.

3. 직물의 표면특성과 주관적 감각

표면특성과 관련된 주관적 감각은 총체적인 감각을 나타내는 중요한 점수와의 관련성이 수분 전달 특성보다 떨어져 종합감각 이전의 표면특성 용어들과 직접 비교하여 보았다. 세가지 역학적 특성치의 측정 결과와 관련 감각을 Table 5에 나타내었다.

평균 마찰계수(coefficient of friction: MIU)에 대한 DUNCAN의 다중범위 검정에 나타난 평균비교에 대한 임계값(number of means critical range)은 0.024이었고 직물간의 순서는 PCP^a, PEC^{ab}, COT^b, PET^b, PCB^b, COW^b의 순으로 PCP와 PEC가 큰 그룹으로 나타났다. 이는 피치기공과 크레이프지의 특성으로 인한 PCP와 PEC의 표면상태를 물성변인은 잘 설명해 준 결과이다. 그러나, MIU측정치와 감각 평가치들간에는 일치하지 않는 결과를 보였다. 즉 “매끄럽다”의 감각언어에서 피험자들은 PET를 가장 매끄러운

직물로 인지하였으며, COT를 가장 매끄럽지 않은 직물로 인지하였다. 일반적으로, 직물의 질감이나 쾌감을 고찰한 선행연구의 결과들을 살펴보면, 직물의 표면이 부드럽고 매끄러울수록 쾌적하게, 거칠고 까실까실할수록 불쾌하게 인지된다고 보고하고 있으나, 본 연구에서는 상반되는 결과를 보여 주었다. 즉, 피험자들이 가장 까실까실하다고 인지한 PEC가 쾌적한 직물(Table 4)로 인식되었는데 이것은 본 연구와 같은 고온 다습한 환경에서 발한이 유도될때 피부와의 접촉면적이 감소하여 쾌적하게 인지된것으로 생각되며, 반면에, PET가 가장 불쾌한 직물로 나타난 것은 필라멘트사로 밀도가 높고 조직이 치밀한 PET 직물표면의 매끄러운 특성으로 인해 직물이 액상발한과 함께 피부에 밀착됨으로써, 접촉면적이 증대되어 불쾌감이 커진 것으로 생각된다. 이같은 결과는 환경이 덥고 습할 때는 직물이 피부에 들러붙지 않고 직물과 피부사이의 접촉점이 작을 때 쾌적하다고 하는 여러 선행연구들^{2,6,35,36)}과 일치하는 결과였다.

마찰계수의 평균편차(Mean deviation of MIU: MMD)에 대한 DUNCAN의 다중범위 검정에 나타난 평균비교에 대한 임계값(number of means critical range)은 0.017이었고 직물간의 순서는 PET^a, PEC^{ab}, COT^b, PCB^b, COW^b, PCP^b의 순으로 PET, PEC가 나머지 네가지 직물에 비해 큰 값을 나타내어 주관적 감각과 잘 일치하지 않는 결과를 보였다. MIU, MMD와 관련된 주관적 감각평가치를 직물별로 나타낸 Fig. 3에서 보이는 바와 같이 MIU와 MMD는 거의 변

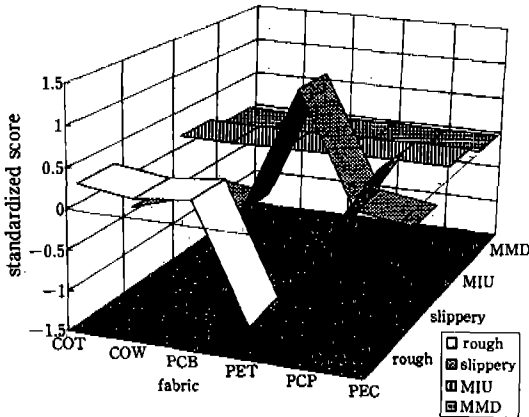


Fig. 3. Surface-related sensations, MIU and MMD of the samples across the tested fabric samples. (All data are standardized.)

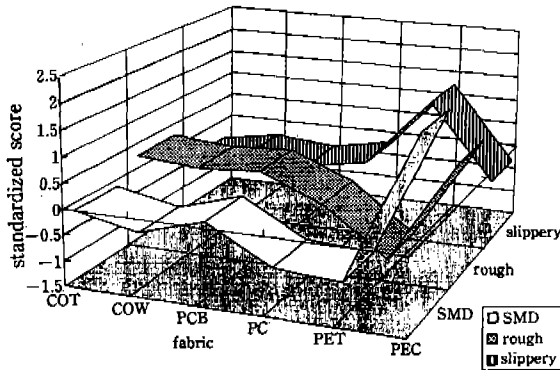


Fig. 4. Surface-related sensations and of the samples across the fabric samples. (All data are standardized.)

화가 없는 반면에 까실까실하다나 매끄럽다는 차이가 있어서 이러한 용어들과 MIU 또는 MMD는 대응성이 낮게 나타났다.

세가지 표면특성치 중에서 주관적 착용 쾌적감과 가장 높은 상관계수를 나타낸 것은 평균조도의 표준 편차 (geometrical roughness: SMD)로서 (Table 3), Fig. 4에서 보이는 것과 같이 MIU나 MMD에 비하여 비교적 주관적 평가와 상관성이 있다. 이는 직물의 질감을 예측하는 중요한 측정도구는 SMD, WC, Qmax 라고 보고한 연구³⁴⁾와 일치한 결과이다. 그 순서는 PEC^a, PCB^b, COT^b, COW^{bc}, PCP^c, PET^c로서 SMD 값이 가장 큰 PEC는(평균 SMD=6.83 μm) 주관적으로도

가장 거칠게 평가되었다. 그러나 차이가 두드러진 PEC를 제외하면 SMD의 차이와 주관적 감각 평가와의 관련성도 일치하지 않았다. DUNCAN의 다중범위 검정에서 나타난 평균비교에 대한 임계값(number of means critical range)은 0.48(μm)이었으나, 주관적 감각에서 피험자들은 PET와 PCP 간의 0.08(μm)의 차이도 변별하여 인지하는 것으로 나타났다. 즉, SMD의 측정치에서 차이를 보이지 않은 COW, PCB, PET들간의 감각평가에서 피험자들이 COW, PCB, PET순으로 세 직물간의 까실까실한 표면상태를 변별하여 인지한 것을 볼 때, 표면 요철과 거칠기에 대한 감각을 물리적인 값으로 설명하는데 종래의 SMD가 충분한 것은 아니라는 것을 보여주었다. 표면특성을 마찰계수 등의 물성변인으로 예측하기가 다른 역학적 특성보다 어려운 것은 선행연구³⁸⁾에서도 언급된 바 있다. 이와같이 표면에 관련된 주관적 감각량을 효과적으로 분석할 측정도구가 부족한 상태임이 확인되어 후속연구에서는 동일 시료에 대하여 표면특성을 정량화 하는 방법을 달리하여 그들 값과 관련된 주관적 평가에 관한 연구 결과를 발표하고자 한다.

IV. 결 론

본 연구는 선행연구¹⁴⁾에서 피험자들이 여섯가지 블라우스용 직물에 대하여 착용쾌적감을 다르게 인지한 이유를 물성적 요인으로 분석하고 주관적 감각과 이들 상호간의 관계를 규명하며, 착용 쾌적감을 예측하는 주요 변수를 제시함으로써 의복의 착용 쾌적감 평가를 위한 기초 자료를 제공하고자 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 종합적인 착용 쾌적감을 중요한 점수나 Fuzzy 통합점수로 계산하여 종속변수로 하고, 물성특성의 그룹을 독립변수로 하여 주관적 착용 쾌적감에 대한 영향력을 예측해 본 결과, 공통적으로 기여도가 가장 큰 물성특성은 열·수분전달 특성이었으며, 다음으로는 표면특성인 것으로 나타났다.

둘째, 열·수분전달특성 중에서 주관적 쾌적감을 예측하기 쉬운 물성특성은 동적인 상태에서 직물내면에서의 수분의 양(HIM)과 건열 전달 현상(DTT), 두습도(WVT)였다. HIM은 상대적으로 높아질수록 불쾌감이 커지는 것으로 나타났으며 2% RH 내외의 차이도

주관적인 착용감의 차이를 초래하였다. 건열전달계수와 투습도는 클수록 쾌적한 것으로 인지되었는데 물성의 차이는 시료간 유의하게 나타났어도 주관적으로는 그 차이를 물성의 유의한 차이만큼 예민하게 인지하지 못했다.

세제, 표면특성을 나타내는 물성요소인 SMD, MIU, MMD의 측정치와 감각 평가치들간에는 그 대응성이 낮게 나타나 직물의 표면특성을 설명하는 객관적 물성 측정방법의 개발이 요구된다고 하겠다. 그 중에서는 SMD가 주관적인 평가 용어와 가장 상관이 높았으나, SMD의 측정치에서 차이를 보이지 않은 COW, PCP, PET들간의 감각평가에서 피험자들이 COW, PCP, PET 순으로 세 직물간의 까실까실한 표면상태를 변별하여 인지한 것을 볼 때, 표면 요철 또는 거칠기에 대한 감각을 설명하는데 종래의 SMD분석방법이 충분하지 않다는 것을 보여주었다.

네제, 피치스킨 가공(PCP)이나 크레이프 직물(PEC)과 같이 특별한 표면효과가 첨가되었을 때에는 열·수분전달 현상 및 관련 감각간에 상호작용이 작용하는 것을 알 수 있었다. 후속연구에서는 표면 효과와 열·수분전달 효과에 관련된 보다 체계적인 연구계획과 실험 분석이 요구된다.

참 고 문 헌

- 1) M.M. Sweeney, D.H. Branson, *Text. Res. J.*, **60**(8), 447 (1990).
- 2) A.R. Gwosdow, J.C. Stevens, L.C. Berglund & J.A.J. Stolwijk, *Text. Res. J.*, **56**, 574 (1986).
- 3) P. Kennis, *Text. Res. J.*, **64**(12), 722 (1994).
- 4) T.J. Mahar, P. Wheelwright, R.C. Dhingra and R. Postle, *Text. Res. J.*, **60**(1), 7 (1990).
- 5) S. L. Paek, *Text. Res. J.*, **47**, 487 (1978).
- 6) N.R.S. Hollies, *J. Text. Inst.*, **80**, 1 (1989).
- 7) M. Raheel, J. Lin, *Text. Res. J.*, **61**(1), 31 (1991).
- 8) M. Raheel, J. Lin, *Text. Res. J.*, **61**(2), 79 (1991).
- 9) N.R.S. Hollies, A.G. Custer, C.J. Morin & M.E. Howard, *Text. Res. J.*, **48**, 553 (1979).
- 10) 정수경, 충남대학교 석사학위논문, (1992).
- 11) P. Radhakrishnaiah, S. Tejatanalet, A.P.S. Sawhney, *Text. Res. J.*, **63**(10), 573 (1993).
- 12) S. Sukigara, T. Fujimoto, M. Niwa, *日本纖維學會誌*, **49**(6), 294 (1993).
- 13) 김종준, 전동원 and R. L. Barker, *한국섬유공학회지*, **33**, 11, 974 (1996).
- 14) 김정화, 조승식, *한국의류학회지*, **20**(2), 362 (1996).
- 15) Y. Li, B.V. Holcombe, F. Aparcar, *Text. Res. J.*, **62**(11), 619 (1992).
- 16) A.M. Schneider, B.N. Hoschke, B.N. Goldsmid, *Text. Res. J.*, **61** (1992).
- 17) Y. Li, A.M. Plante, B.V. Holcombe, *Text. Res. J.*, **65** (6), 316 (1995).
- 18) K. Hong, S.M. Spivak, N.R.S. Hollies, *Text. Res. J.*, **58**(12), 697 (1988).
- 19) A.M. Plante, B.V. Holcombe, L.G. Stephens, *Text. Res. J.*, **65**(5), 293 (1995).
- 20) J.O. Kim, S.M. Spivak, *Text. Res. J.*, **64**(2), 112 (1994).
- 21) 나미희, 연세대학교 대학원 의류학과 석사학위 논문, (1992).
- 22) 정찬주, 이순원, *한국의류학회지*, **12**(3), 285 (1988).
- 23) J.H. Wang, H. Yasuda, *Text. Res. J.*, **61**(1), 10 (1991).
- 24) H.N. Yoon, A. Buckley, *Text. Res. J.*, **54**(5), 289 (1984).
- 25) R.T. Harper, J.S. Bruno, E.J. Blanchard, G.A. Gautreaux, *Text. Res. J.*, **46**(7), 82 (1976).
- 26) M.M. Adler, W.K. Walsh, *Text. Res. J.*, **54**(6), 334 (1984).
- 27) R.N. DeMartino, H.N. Yoon, A. Buckley, *Text. Res. J.*, **54**(7), 447 (1984).
- 28) N.L. Markee, K.L. Hatch, H.I. Maibach, R.L. Barker, P. Radhakrishnaiah, S.S. Woo, *Text. Res. J.*, **60**(8), 490 (1990).
- 29) 홍경희, 김재숙, 박춘순, 박길순, 이영선, 김재임, *한국의류학회지*, **18**(3), 327 (1994).
- 30) 박미영, 충남대학교 석사학위논문, (1994).
- 31) 권오경, 성수광, *한국섬유공학회지*, **29**(7), 13 (1992).
- 32) M.M. Adler, W.K. Walsh, *Text. Res. J.*, **54**(6), 334 (1984).
- 33) W.H. Rees, 3rd Shirley International Seminar Textile for Comfort. Shirley Institute, (1971).
- 34) 井上 榮, *家政學會誌*, **21**, 103 (1970).
- 35) J.H. Mecheels, R.M. Demeler, E. Kachel, *Text. Res. J.*, **16**, 375 (1966).
- 36) R.N. DeMartino, H.N. Yoon, A. Buckley, *Text. Res. J.*, **54**, 602 (1984).
- 37) J. Neter & W. Wasserman, *Applied Linear Statistical Model*, pp. 267-268, Richard D. Irwin, Inc., Illinois, (1974).
- 38) R.L. Barker & M.M. Scheininger, *Text. Res. J.*, **52**, 615-620 (1982).