〔연구논문〕

ISSN 1225-1151 (Print)
ISSN 2234-0793 (Online)
Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles
Vol. 44, No. 6 (2020) p.1037~1052
https://doi.org/10.5850/JKSCT.2020.44.6.1037

현 환경미화원용 안전작업복의 착용감 평가 -공적으로 공급된 환경미화원복을 중심으로-

박순자† · 傳法谷郁乃* · 小柴朋子*

인하대학교 다문화융합연구소, *神奈川大學 建築學科

Evaluation on Wear Sensation of Safety Clothing for Current Street Cleaners -Focusing on Publicly Supplied Safety Clothing for Street Cleaners-

Soonja Park† · Ayano Dempoya* · Tomoko Koshiba*

Convergence Institute for Multicultural Studies, Inha University .
*Dept. of Architecture, Kanagawa University

Received March 2, 2020; Revised (May 25, 2020; June 27, 2020); Accepted July 20, 2020

Abstract

This study evaluates the comfort and suitability of safety clothing. We made three safety clothes ‘y’, ‘lg’, ‘lgH’. Only ‘y’ made with fluorescence fabric has passed International Standards (ISO 20471). A wearing test investigated the physiological response and subjective sensations at 30°C and 50% RH, six men participated. Mean skin temperature and tympanic temperature showed significant difference with experimental course ($p<.05$). The micro-temperature (Tm) showed significant differences between three garments on the thigh ($p<.01$). When wearing ‘lg’, Tm was the highest. Micro-humidity indicated the interaction between clothing and the experimental course on the chest with no significant difference; however, there was a low tendency when wearing ‘lgH’ after the second half of exercise. The sweat rate indicated a significant difference between ‘lg’ and ‘lgH’ at 20 minutes of exercise ($p<.05$). Three sensations showed significant differences with the time ($p<.01$), there was also a tendency to feel hotter and more humid when wearing ‘lg’. Skin sensation showed significant differences between pre-experiment and post-experiment ($p<.05$), ‘y’ was the most preferred. The ‘lg’ with long-sleeved currently worn in Korea tended to feel hotter, more humid and more uncomfortable than ‘y’. It indicates that there is room for improvement in Korean safety clothing.

***Key words*:** Safety clothing, Wearing test, Subjective sensation, Street cleaner, International Standards; 안전의복, 인체착용평가, 주관적 감각, 환경미화원, 국제기준

†Corresponding author
E-mail: park2000sj@naver.com
This work was supported by the Ministry of Science and Techonology of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2017R1A2B1005737).

I. 서 론

교통사고 예방과 감소를 위하여 선진국들은 고시인성의 안전의복 착용에 관한 규정을 법제화하여 시행하고 있다(American National Standards Institute, 2016; International Organization for Standardization

ⓒ 2020, The Korean Society of Clothing and Textiles. All rights reserved.

[ISO], 2013a, 2013b; Japanese Industrial Standards [JIS], 2015). 또한 현재 안전의류 소재나 제품 수출 시에는 국제기준에 근거한 국가별, 바이어별로 요구되는 성능수준에 부합하는 인증을 요구하고 있다. 게다가 앞으로는 일반인인 보행자, 자전거 이용자, 어린이, 장애인, 고령자 등 교통약자를 위한 안전의복이 국제표준 고품질 안전의복 기준에 준하여 개발, 착용이 요구되는 상황이다(Japan Safety Appliances Association [JSAA], 2017; Japan Traffic Safety Education Association [JATRAS], 2016; Korean Agency for Technology and Standard [KATS], 2016b).

최근 우리나라는 플랫폼 노동자 등 야간 근로자가 증가하고 있고, 게다가 환경미화원이 야간이나 어두운 새벽에 작업하는 환경을 감안할 때 특히 민간위탁 환경미화원의 교통사고율이 높아(Moon et al., 2020), 국제규정에 부합되는 안전의복(warning clothing, safety clothing) 착용에 의한 교통사고 예방 대책이 더욱 요구되고 있다. 고시인성 안전의복(high-vis clothing)은 어두운 곳에서 착용자를 주위 배경과 구별하여 여러 각도에서 명확하게 볼 수 있도록 규정하여 잠재적으로 위험한 상황에서 발생하는 사고를 방지하는 역할을 한다(ISO, 2013b; Kim, 2010).

이에 본 연구는 특히 어두운 때 도로변에서 업무를 수행하는 도로교통상의 작업자의 안전과 작업의 효율성, 보행자와 교통약자의 보행횡단 시 안전성을 높일 수 있는 안전의복을, 국제기준에 부합하는 소재와 디자인으로 생체 동작 표출이 가능하도록 가시성을 높여 국제기준에 준하는 안전의복을 샘플로서 제작하여 착용평가 함으로써 국제수준의 안전의복 보급에 도움이 되는 자료를 제공하고자 한다. 왜냐하면 국제규정에 부합되는 고시인성 안전의복이 기상악화 시나 야간작업 시에 이를 착용하는 것이 사고의 예방과 감소에 도로시설 설치보다 손쉽고 더 실효성이 있을 것으로 예상되기 때문이다(Wood et al., 2015; Yoon et al., 2018). 그리하여 본 연구는 ISO 20471 규정에 부합되는 도로교통 안전의복 소재의 물성에 관한 연구(Park & Choi, 2018; Park, 2019b) 및 설계와 시작(試作) 연구(Park, 2019a)를 이미 수행하여 인체착용실험을 하는 단계에 이르렀으므로 인체착용실험으로 이를 평가하여 국제표준과 비교하여 개선점을 밝히려고 한다.

현재 환경미화원과 도로상의 작업자들은 안전의복을 착용하고 있으나 국제기준에 부합되는지 검토한 연구는 아직 찾아볼 수 없다. 따라서 도로교통상의 업무 수행자 및 보행자를 위한 안전의복을 국제규정에 부합하도록 개발하기 위하여 연구자는 교통사고율이 높은 환경미화원이 현재 착용하고 있는 춘추/여름용 안전작업복을 국제기준에 기반을 두어 제작하였다. 이를 인체착용실험을 통하여 착용감과 인체적합성을 국제기준을 통과한 소재로 제작한 환경미화원복과 비교, 분석함으로써 개선점을 제시하고자 한다.

기온이 30°C를 웃도는 더운 환경에 노출되어 작업을 할 경우는 인체의 발한이 의복을 투과하여 외기환경으로 얼마나 효과적으로 잘 방출되느냐에 따라 착용자의 주관적 감각을 좌우하게 되며, 이는 관능평가의 결과로 이어진다(Nam, 2007). 이를 증명하기 위하여 본 연구에서는 안전의복 소재인 형광직물의 열, 수분, 공기 이동 특성을 조사하여 국제 안전의복 디자인 규정(ISO, 2013a)에 부합하도록 안전의복을 제작하였다. 이어서 30°C 웃도는 인공기후실에서 실제 작업을 시뮬레이션한 운동을 부하하여 인체의 생리반응과 의복기후 및 의복의 착용감을 관능평가 척도로 조사하여, 현재 착용 중인 환경미화원용 안전작업복의 착용감을 평가하고 개선점을 파악하여 국제규격에 부합되는 안전의복의 보급에 도움이 되고자 한다. 더운 환경 하에서 작업복의 착용감은 그 의복 착용 시 의복내온습도의 상승으로 인한 불쾌감을 피할 수 없으므로 이 불쾌감을 낮추어 작업자의 건강 유지 및 작업능률의 저하를 막을 수 있도록 개선이 필요하다(Chung et al., 2006a, 2006b; Yoon et al., 2018).

부가하여 아직 국내에서는 수행되지 않은 재귀반사 필름으로 의복면적의 20%(국제기준 분류 3등급)를 차지하는 안전작업복 착용 시 인체와 환경과의 열, 수분 이동의 측면에서 상호관련성을 유기적으로 고찰함으로써, 보다 건강하고 기능적이고 쾌적한 안전작업복을 설계하고 개발하는데 유용한 기초자료를 제공하고자 한다. 즉 도로상의 작업자와 보행자용 안전의복의 디자인은 착용자의 신체 윤곽을 신속하게 인지할 수 있도록 규정한 '고시인성 국제기준 디자인 가이드라인'(KATS, 2016b)에 준하며, 활동 시 3등급의 고가시성(KATS, 2016b) 안전의복의 착용감을 평가하여, 보급 시에 반영이 필요한 자료로 제공하고자 한다. 그리하여 차세대 도로교통 작업복

에 반드시 요구되는 가시성을 높이기 위해 성인용 신체 동작을 고려하여 재귀반사 소재를 부착한 재킷과 바지의 안전의복을 제작하고 최종적으로는 인체착용실험을 통하여 ISO 20471(ISO, 2013a)에 제시된 '생리적 성능-투습저항과 열저항' 항목에 역점을 두어 KS K ISO13688의 4.4(편안함)(KATS, 2014)의 인체공학적 요구사항을 충족시키는지 여부를 검토한다. 따라서 본 연구에서 평가하고자 하는 요소들 중에서도 착용 시의 인체에 부가되는 부담감을 파악하기 위해 생리반응, 의복내기후와 주관적 감각 등에 중점을 두고 평가하여 시작복(trial clothing)의 성능을 국제기준과 비교, 분석함으로써 차이점을 밝혀, 안전의복의 성능을 국제기준에 부합되도록 하는데 본 연구의 목적을 두었다.

II. 연구방법

1. 의복소재

의복소재는 국제기준을 통과한 국외 형광직물인 y(노랑)와 우리나라에서 현재 착용 중인 환경미화원복의 형광직물 lg(연두)로 그 특징은 <Table 1>에 제시하였다. 소재의 물성실험으로는, 발한이 일어나는 더운 환경 하에서의 착용감에 크게 영향을 미치는 흡습성, 투습성, 통기성을 테스트하였는데, 수분율은 KS K 0220(KATS, 2016a)에, 투습율은 KS K 0594 (KATS, 2015)에, 공기투과도는 ISO 9237:1995(ISO, 1995)에 의해 측정하였다(Table 2). 또한 여기에 부착되는 재귀반사 소재는 국내 R사의 제품으로 국제기준을 통과한 사각무늬 필름과 민무늬 필름을 사용하였다(Park & Choi, 2018).

2. 실험복 제작

본 연구에서는 국제기준을 통과한 국외의 형광직물 y 소재의 긴소매 재킷+긴바지 1벌과 국내 S사의 환경미화원복용 형광직물 lg로 긴소매 재킷+긴바지의 동일한 형태 1벌 및 동일 소재와 형태로 반소매 재킷+긴바지 1벌, 모두 3종의 실험복을 제작하였다. 실험복 사이즈는 현재 우리나라 환경미화원복의 다량을 생산하고 있는 S사의 'L'사이즈로 통일하고<Table 3>, 디자인은 노랑과 연두색 형광직물에, 안전의복에 관한 국제표준(ISO, 2013a)에서 제시한 부위에, 규정에 따라 5cm 폭의 재귀반사 필름을 부착하여 제작하였다(Fig. 1).

3. 인체착용실험

1) 환경조건 및 실험스케줄

인체착용실험은 환경온도 30.5±1°C, 습도 50±10%, 무풍의 인공기후실에서 2019년 7월 22일에서 31일까지 일본의 대학(원)생인 성인남자 6명을 대상으로 <Table 4>, 센서 장착 후 안정 10분-트레드밀 4.2 km/h 보행 운동 20분~회복 10분 코스로 실시하였다. 측정

Table 1. Characteristics of fluorescent fabrics

Materials	Weave construction	Thickness (mm)	Fabric account (warps × wefts)/5 cm	Weight (g/10 cm^2)
PET 65%/Cotton 35% (Conductive yarn 1 cm interval in warp included) (Yellow)	Twill (Gaberdine)	0.38	273.6 × 124.0	2.64
PET 78% (Stretch yarn 16% included)/ Cotton 22% (Light-green)	Fancy plain (Warp rip weave)	0.27	313.0 × 210.6	2.68

Table 2. Physical properties of fluorescent fabrics

Materials	Moisture regain (%)	Water vapor permeability ($g/m^2 \cdot 24$ h)	Air permeability ($cm^3/min/cm^2$)
PET 65%/Cotton 35% (Conductive yarn 1 cm interval in warp included) (Yellow)	3.68	10,885	179.0
PET 78% (Stretch yarn 16% included)/ Cotton 22% (Light-green)	2.41	9,886	41.7

Table 3. Sizes of safety clothing for man

Measurement item	Total
Size	L
No.	100
Shoulder length (cm)	50.0
Arm length (cm)	58.5
Short-sleeved length (cm)	26.0
Upper garment length (cm)	66.0
Chest circumference (cm)	114.5
Waist circumference (cm)	86.5
Hip circumference (cm)	112.0
Lower garment length (cm)	101.5

항목과 조사항목 및 실험스케줄은 <Table 5>에 제시하였다. 실험 시 속옷으로 민소매 런닝과 트렁크, 양말은 매번 모두 동일한 것으로 통일하였고, 그 위에 각 실험복을 착용하였다. 인공기후실의 환경온도를 30°C로 설정한 이유는, 우리나라에서 현 환경미화원복은 춘추와 여름이 동일 소재로 제작되어 공용하고 있기 때문이다. 하복용 반소매(lgH)가 있기는 하나, 한낮에 내리쬐는 뜨거운 태양광 하에서 작업할 때는 강한 자외선이 직접 피부에 닿는 것을 차단하기 위해 긴소매 상의도 착용하고 있어 한여름이 아닌 (초)여름에 해당하는 기온에 초점을 맞추었다. 습도도 고습이 아닌 중정도의 습도로 설정하여 춘추/하복 공용 시의 환경조건을 고려하여 전문가 3명이 검토 후 환경온습도를 설정하였다. 피험자 6명 모두 남성으로 선정한 이유는 현재 우리나라 도로상의 미화 및 음식물쓰레기 수거 업무를 담당하는 환경미화원복 착용자의 대부분이 남성이기 때문이다.

2) 측정항목

(1) 피부온(Tsk)

피부온의 측정기기는 Gram사(일본)의 온도 로가-LT8A이며 그 센서는 LT- ST8-12로, Ramanathan(1964)의 4점법에 의해 흉부, 상완, 대퇴, 하퇴에서 10초 간격으로 측정한 후 평균피부온으로 분석하였다.

(2) 이내온(Tty)

이내온은 Techno Next사(일본)의 Bluetooth 송신기 BL100으로 비접촉 고막온 센서에 의해 5분 간격으로 측정하여 그 평균치로 분석하였다.

(3) 의복내온습도

의복내온습도(Micro-climate)는 T&D사(일본)의 측정기 RTR-53A로 흉부, 상완, 등(back), 대퇴부에서 10초 간격으로 측정한 후 5분간의 평균치로 분석하였다.

(4) 발한량

측정기기는 Techno Next사(일본)의 Bluetooth 송신기 BL100으로 발한 센서 TPL-S에 의해 캡슐법으로 등 부위(견갑상부)에서 10초 간격으로 측정한 후 5분간의 평균치로 분석하였다.

의복에 부착된 무효발한량은 Shimadzu Corporation (일본)의 전자천칭 UW620H로 실험 전과 후에 측정하여 전후의 차로 해석하였다.

y lg lgH Scene of wear test

Fig. 1. Three types of safety work clothes, and scene of wear test.

Table 4. Characteristics of subjects

Subject	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	BSA* (m^2)	BMI** (kg/m^2)
A	23	175.0	75.1	1.92	24.52
B	22	174.0	59.5	1.72	19.65
C	21	175.0	74.4	1.90	24.29
D	21	171.5	64.6	1.76	21.96
E	21	181.5	65.6	1.85	19.91
F	24	170.0	57.7	1.67	19.97
Mean	22	174.5	66.2	1.80	21.72
S D.	1.15	3.65	6.66	0.09	2.05

*: Body Surface Area (BSA) = $weight^{0.425} \times height^{0.725} \times 0.007184$ (From DuBois)
**: Body Mass Index (BMI) = $weight/height^2$

Table 5. Experimental schedule and the calculating spots of mean values

–10	–5	0	5	10	15	20	25	30	35	40 (min)
Sensor	Attaching	Sitting (Pre)			Exercise (Walking)				Sitting (Post)	
Tty		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Ts		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Micro-clothing	Temperature	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Micro-clothing	Humidity	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Sweat	Rate	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Thermal	Sensation	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Humidity	Sensation	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Comfort	Sensation	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Weight	Loss	△								△
Preference		△								△
Likability		△								△

(5) 체중감소량

A&D사(일본)의 전자천칭 GP100KS에 의해 실험 전과 후에 측정하여 그 차로 분석하였다.

(6) 주관적 감각

주관적 감각조사는 온냉감, 습윤감, 쾌적감을 실험시간 동안 5분 간격으로, 피부에 닿는 촉감에 대한 선호도와 호감도를 실험 전과 후에 구두로 응답받아 분석하였다(Table 6).

3) 통계분석

SPSS Version 24에 의해 기술통계와 분산분석(ANOVA)으로 유의차를 검증하였고, Bonferroni의 다중비교 검증(Bonferroni Correction)으로 실험코스(시간)에 따른 유의차 검증에 의해 분석하였다. 또한 주관적 감각에서는 항목에 따라 상관분석과 회귀분석을 행하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 형광직물의 수분 및 공기 이동에 대한 성능

국제기준을 통과한 외국의 T사 소재인 노랑 'y'와 국내의 연두 'lg' 색상 형광직물의 물리적 특성은 <Table 1>에 제시한 바와 같이 섬유의 조성과 조직, 두께, 밀도 및 단위면적당 무게에서 차이를 나타내고 있다. 또한 y는 경사에 1 cm 간격으로 전도성 원사(conduc-

Table 6. Subjective sensation rating chart

Thermal sensation	Humidity sensation	Comfort sensation	(Skin contact) Preference	(Skin contact) Likability
3 very hot			3 very good	3 very like
2 hot			2 good	2 like
1 slightly hot			1 slightly good	1 slightly like
0 neutral	0 neutral	0 neutral	0 neutral	0 neutral
	–1 slightly damp	–1 slightly uncomfortable	–1 slightly bad	–1 slightly dislike
	–2 damp	–2 uncomfortable	–2 bad	–2 dislike
	–3 very damp	–3 very uncomfortable	–3 very bad	–3 very dislike

tive yarn)를 포함하여 직조되었으나, 2종의 무게는 거의 동일하다. 소재의 물리적 성능에서 수분율은 국제기준을 통과한 일본 T사 소재인 노랑의 y가 3.68%, 한국 T사의 연두색 lg가 2.41%로 조사되어 y가 lg의 1.5배 높았다. 투습도는 y가 10885(g/m^2 · 24 h), lg가 9886(g/m^2 · 24 h)로 조사되어 y가 lg보다 약 10% 높은 것으로 나타났다. 공기투과도는 y가 179(cm^3/min/cm^2), lg가 41.7(cm^3/min/cm^2)로 y가 lg보다 약 4.3배 높은 것으로 나타났는데 이는 섬유의 혼용률과 밀도 및 조직의 차이에 기인하는 것으로 추정된다. 수분과 공기의 이동 특성에서 y가 3가지 성능에서 모두 우수함을 알 수 있었다.

2. 인체착용실험

인체착용실험에서 분석한 측정항목으로는 피부온, 이내온, 의복내온습도, 등 부위의 발한량(캡슐법)을 측정하고, 체중감소량과 총무효발한량 및 주관적 감각을 5분마다 기록하였다. <Table 5>의 실험스케줄에서 구분한 바와 같이 매 5분간의 평균치로 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 피부온(Tsk)

피부온은 흉부, 등, 상완, 대퇴 4부위의 평균피부온($\bar{T}$sk)으로 이원분산분석(2-way ANOVA)에 의해 분석하였다. 그 결과 안정-운동-회복의 실험코스에 따른 유의차가 나타났고(p<05), 다중비교검증에서는 유의차를 보이지 않았으나 lg 착용 시 높은 경향을 보였으며 y, lgH 착용 시에는 낮은 경향을 보였다(Fig. 2). 이 결과는 의복형태와 피복면적이 다른 의복을 착용한 선행연구 결과와 일치하였다(Jeong & Tokura, 1989).

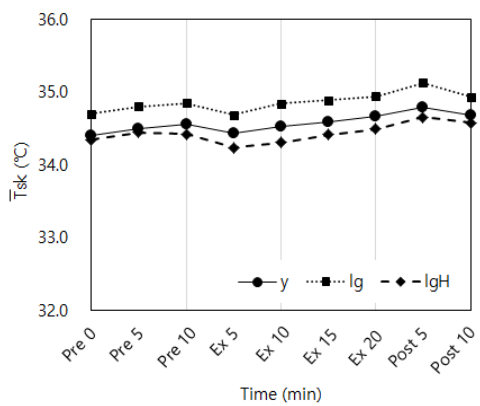


Fig. 2. Changes of mean skin temperature.

2) 이내온(Tty)

비접촉 고막온 센서로 측정한 이내온은 2원배치 분산분석 결과, 안정 시와 운동 시에 유의차를 보였고(p<.05), 다중비교검증에서는 유의차가 나타나지 않았다(Fig. 3). 또한 회귀분석에서 Tty와 온열감과는 정적인 중 상관관계(r=0.54)를 보였다.

3) 의복내온도(Tm)

<Fig. 4>의 의복내온도는 상완, 흉부, 대퇴에서 안정-운동-회복 간에 유의차를 보였고(p<.01), 인체 부위별 차이도 나타나 특히 상완에서는 운동 시에 가장 낮고 흉부에서도 낮은 경향을 보임을 알 수 있다. 대퇴부에서는 착의 복종 간에 유의차가 나타났다. 대퇴부에서 착의조건에 따른 일원배치 분산분석(one-

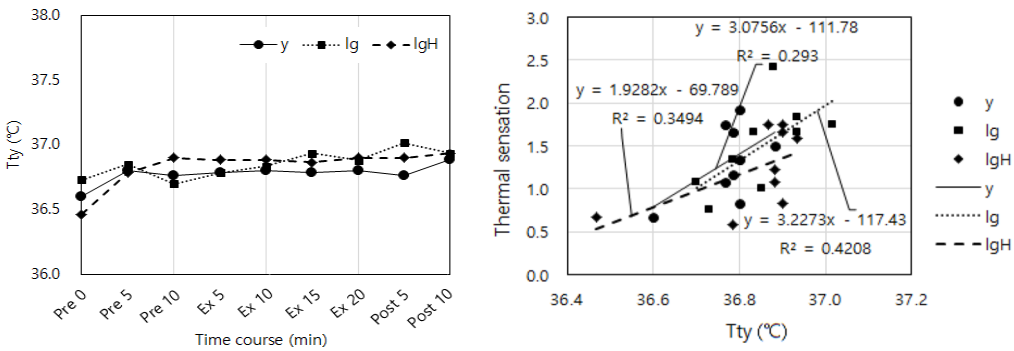


Fig. 3. Changes of Tty, and the correlation between Tty and thermal sensation.

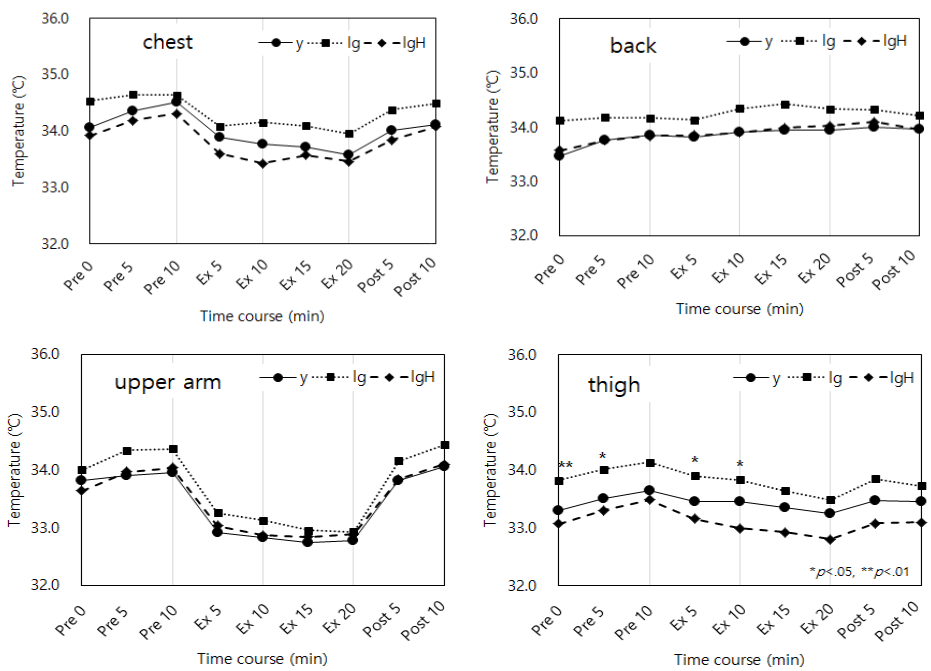


Fig. 4. Changes of Tm on the chest, back, upper arm and thigh.

way ANOVA) 결과에서는 안정 시(pre 0, 5)와 운동 실시 5분과 10분 시점(ex 5, 10)에서 lg가 lgH 착용 시보다 유의하게 의복내온도가 높았고, 상완, 흉부, 등 부위도 유의한 차이는 아니었으나 lg 착용 시 높은 경향을 보였다(Fig. 4). 이는 걷기 운동으로 의복내온도는 다른 부위보다 낮으나 운동으로 인해 생산된 열이, 통기성이 y보다 상대적으로 매우 낮은 lg 소재의 긴 소매 형태의 안전작업복을 착용했을 때 가장 높게 나타나게 하는 요인으로 추측된다. 발한이 많은 부위는 땀의 증발로 피부온을 낮추고 이는 의복내온도에도 영향을 미쳐 본 착용실험에서는 등(back) 부위의 의복내온도가 흉부보다 낮게 나타났으며, 또한 상체보다 하체와 상지를 움직이는 걷기 운동으로 인하여 특히 등 부위에는 ventilation의 영향도 미치지 않은

패턴을 보여주고 있다(Park & Kang, 2014).

4) 의복내습도

<Fig. 5>에서 의복내습도를 절대습도로 살펴본 결과, 흉부, 등, 상완, 대퇴 모든 부위에서 안정 시와 운동 시의 유의차를 보였고(p<.01), 부위별로는 대체로 등>흉부>상완>대퇴 순으로 나타나 체간부와 사지부의 패턴에서도 차이가 나타남을 알 수 있었다. 특히 흉부에서는 착의와 시간의 상호작용이 있는 것으로 나타나 흉부에 대하여 일원배치 분산분석 결과 유의차는 없었으나 운동 15분(ex 15)과 20분(ex 20) 시점 및 운동 후 안정(post 5) 시점에서 lgH 착용 시 낮은 경향을 보였다. 4부위에서 절대습도 자체는 운동 10분(ex 10)을 기점으로 점차 상승하는 경향을 보여 체간부가 사지보다 높고, 운동 종료 5분(post 5) 후까지 그 상태가 지속되는 유사한 패턴을 보였다(Fig. 5). 운동 시 가장 많이 발한하는 부위는 등 부위로 의복내습도도 가장 높게 나타난 결과는 선행연구 결과와 일치하였다(Park, 1992; Park & Son, 1999).

5) 발한량

(1) 캡슐법에 의한 측정

발한량은 인체 부위에 따라, 안정 시와 운동 시와 같이 활동에 따라 차이가 있고, 안정 시에도 자세에 따라 차이를 보인다(Ogawa et al., 1979). 인체의 부위 중에서 운동 시 발한량이 가장 많은 부위인 등 부위에서(Park, 1992), 캡슐법으로 측정한 발한량에 대하여 이원배치 분산분석 결과, 안정-운동-회복 코스에 따른 유의차를 보였고(p<.01), 운동 20분(ex 20) 시점에서 3종의 의복조건에 대한 일원배치 분산분석 및 다중비교검증 결과 lg와 lgH 착용 시 유의차가 나타나(p<.05) lg 착용 시 발한량이 많았다(Fig. 6). 발한량 즉 절대습도가 운동 10분(ex 10)에서 1.0 mg/cm^2 · min. 이상~회복기 5분(post 5)까지 1.8 mg/cm^2 · min.에 최고점에 달하고 그 후 감소하였다. 이 시간대에 주관적 감각도 최저 1.0(약간 더움) 이상~최고 2.5(더움~매우 더움 사이) 상태를 나타내는 것으로 조사되었다. 습윤감에서는 운동 10분(ex 10)에서 습윤감이 상승하여 –1.0(약간 습함)을 넘어 운동 20분(ex 20)에서 최고치

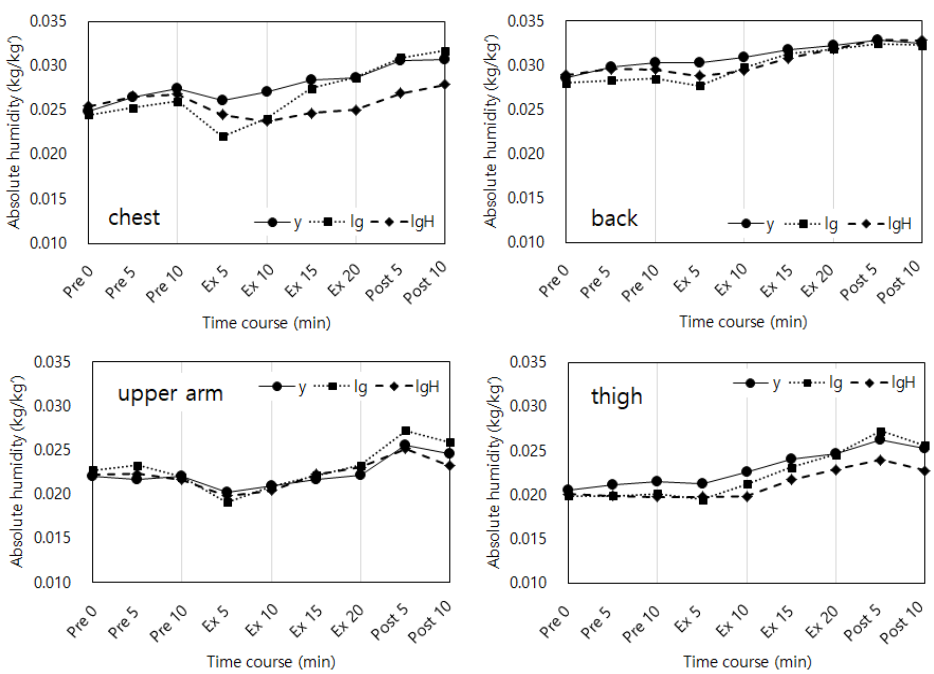


Fig. 5. Changes of micro-humidity on the chest, back, upper arm and thigh.

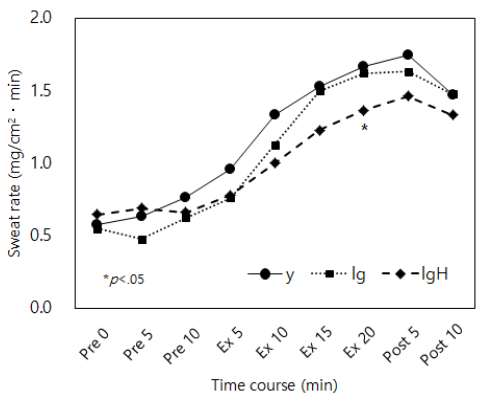


Fig. 6. Changes of sweat rate on the back with capsule.

(–1.7: lgH~–2.3: lg 최고)를 나타내고 회복기에는 낮아지는 패턴을 나타내었다. 쾌적감도 습윤감과 동일한 패턴을 나타내며 운동 10분(ex 10)에서는 특히 lg에서 –1.3(약간 불쾌)을, 운동 20분(ex 20)에서는 –2(불쾌)를 초과하는 불쾌감을 느끼는 것으로 조사되었으나 회복기에는 불쾌감이 감소하여 –1.5(약간 불쾌~불쾌)로 y와 유사한 수준을 나타내었다. 나머지 두 복종에서는 운동 10분(ex 10) 후에서 회복기에도 그리 큰 차이를 나타내지 않고 약 –1.5로 나타나 유사한 불쾌감을 나타내었다.

(2) 체중감소량 및 총무효발한량

발한량을 또한 실험 전후의 체중감소량과 총무효발한량으로 살펴본 결과, 체중감소량은 y, lg, lgH 3종의 실험복 사이의 유의차는 나타나지 않았다(Fig. 7(a)). 총무효발한량의 값에서도 y, lg, lgH의 3복종 간에 유의차를 보이지 않았다(Fig. 7(b)). 평균 체중감소량은 lgH(199.4 g)≫y(172 g)>lg(168.8 g) 순으로 나타났으나, 표준편차는 lgH>lg>y 순으로 나타났다(Fig. 7(a)). 그래서 총무효발한량은 y(20.6 g)>lg(18.5 g)>lgH(15.4) 순으로 많았다.

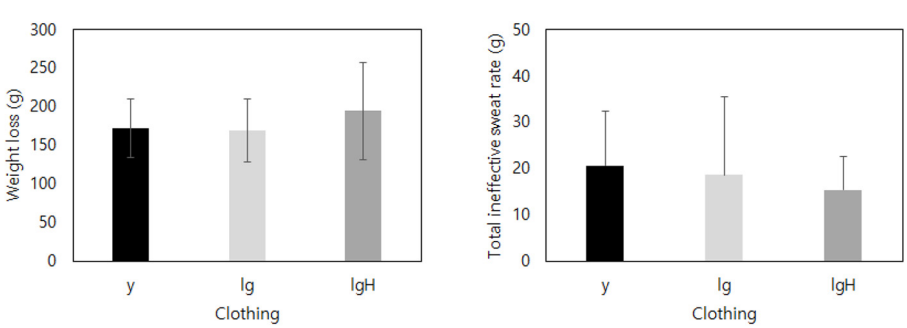
6) 주관적 감각

(1) 온냉감

온냉감을 0(중립)~3(매우 더움)의 4단계 척도로 조사하였는데, 이원분산분석의 결과 안정-운동-회복의 실험코스에 따른 유의차가 나타났다(p<.01). 그러나 다중비교검증에서는 유의차를 보이지 않았다. <Fig. 8(a)>에서 안정기와 운동 초기에는 3종의 실험복에서 그리 큰 차이를 보이지 않았으나, 운동 20분(ex 20) 시점에서는 lg(2.4: 더움~매우 더움)>y(1.9: '더움'에 매우 근접)≥lgH(1.8: 약간 더움~더움 근접) 순으로 온열감을 느껴 lg 착용 시는 '덥다(2.0)'를 웃도는 최고의 서열감을 느끼는 것으로 나타났다. 그러나 실험 종료 시점에서는 lg가 빠르게 회복되어 모두 1.5(y: 약간 더움~더움)~1.7(lg: 약간 더움~더움 근접)에 포함되어 의미 있는 차이는 보이지 않았다. 온열감과 발한량과의 관계를 회귀분석한 결과, <Fig. 8(b)>와 같이 lg가 온열감을 더 느끼고 lgH는 실험코스에 따라 급속히 증가하는 경향을 보이기는 했으나, 복종에 상관없이 모두 유사하게 매우 높은 정적 상관(r=0.903~0.97)을 나타내어 발한량이 많을수록 온열감도 더 많이 느끼고 있음을 보여주었다(p<.01)(Table 7)(Fig. 8).

(2) 습윤감

습윤감은 0(중립)~–3(매우 습함)의 4단계로 조사



(a) (b)

Fig. 7. Mean values and standards deviation of sweat rate.

되었는데, 습윤감에서도 안정 시와 운동 시에 유의차를 보였다(p<.05). 다중비교검증 결과, 초기 안정 시점(pre 0)과 운동 실시 20분 시점 간(p=.041), 안정 5분(pre 5) 시점과 운동 20분(ex 20) 시점 간(p=.043)에서 5% 수준에서 유의차를 보였다. 이는 운동에 의한 발한량 증가에 기인하여 유의차가 나타난 것으로 보인다. 그러나 습윤감에서도 lg 착용 시 가장 급격히 증가하여 운동 종료 시점에서는 lg(–2.3: 습함~매우 습함) ≫y(–1.9: 습함에 매우 근접)≥lgH(–1.7: 약간 습함~습함에 근접) 순으로 lg는 –2(습함)를 상회하며 최대 차이를 나타냈으나 운동 후에는 빠르게 회복되어 3종 모두 –1.8~–1.7(습함에 근접)로 차가 최소로 나타났다(Fig. 9(a)).

이 결과는 20분간의 트레드밀 위에서 4.2 km/h의 약간 센 강도의 보행 운동을 함으로써 발한량의 증가를 초래하여 습윤감이 높아졌고, 이 수분이 흡습성, 투습성, 통기성이 다른 소재에, 또 형태도 긴소매와 반소매라는 다른 착의조건에 의해 수분 증발의 차이를 가져와 습윤감에서 최대 차이를 나타낸 것으로 추측된다. <Fig. 9(a)>에서 보여주듯이 운동 20분(ex 20) 시점에서 느끼는 습윤감의 순서는 lg>y>lgH 순으로 나타났으며, lg 착용 시 습윤감을 가장 많이 느끼고 다음으로 y가 습윤감을 느끼는 것으로 나타났다. 본 실험에서는 20분간의 운동부하이나, 실제 환경미화원들은 작업현장에서 더 오랜 시간을 휴식 없이 작업하고 있으므로 더욱 습윤감을 느껴 이것이 불쾌감으로 이어진다는 것을 <Fig. 9>–<Fig. 10>에서도 보여주고 있다.

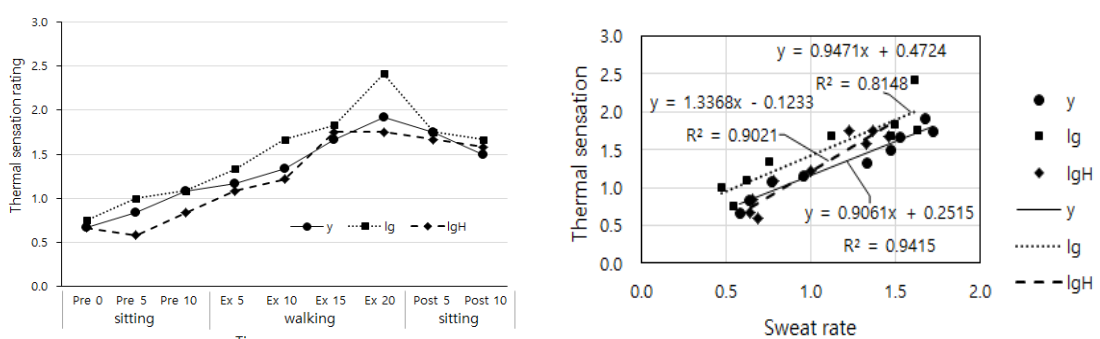
<Fig. 9(b)>에 제시한 바와 같이 약간의 차이는 있으나 다른 착의조건에서 발한량과 습윤감은 3종 착용 시 모두 유사하게 발한량이 많아지면 습윤감도 커지는 매우 높은 상관(r=–0.965~–0.989)을 나타내었고 유의차도 보였다(p<.01)(Table 8).

(3) 쾌적감

쾌적감은 0(중립)~–3(매우 불쾌)의 4단계로 조사되었다. 쾌적감에서도 실험코스에 따른 유의차를 보였다(p<.01). 다중비교검증 결과, 안정 시작점(pre 0)과 운동 10분 시점(ex 10) 간(p<.05), 안정 시작점(pre 0)과 운동 15분(ex 15) 시점 간(p<.05), 안정 시작점(pre 0)과 운동 20분(ex 20) 시점 간(p<.01) 및 운동 5분(ex 5) 시점 간(p<.05), 안정 5분(pre 5) 시점과 운동 20분(ex 20) 시점 간에 유의차(p<.05)를 보여 다른 주관적 감각보

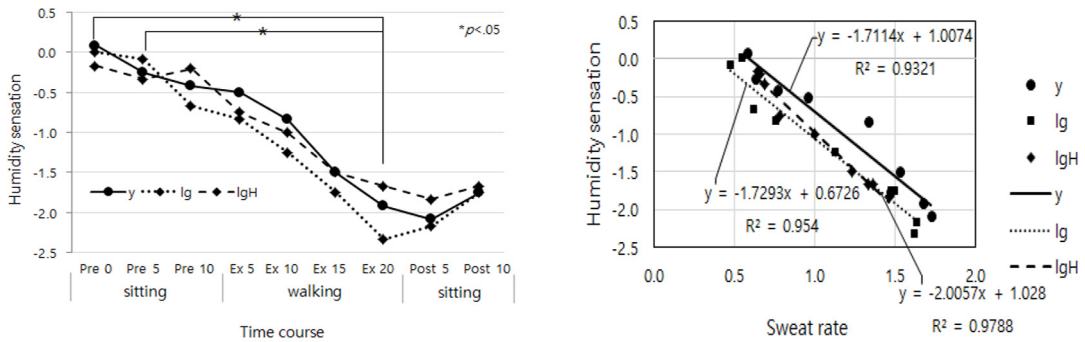
Table 7. Pearson's Correlation between sweat rate and thermal sensation

Thermal sensation and sweat rate	y	lg	lgH
r	0.970	0.903	0.950
t	10.615	5.550	8.033
df	7	7	7
p value	.000	.001	.000



(a) (b)

Fig. 8. Subjective thermal sensation, and correlations between sweat rate and thermal sensation.



(a) (b)

Fig. 9. Subjective humidity sensation, and correlations between sweat rate and humidity sensation.

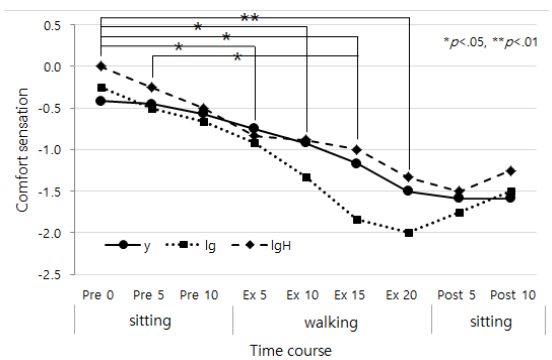


Fig. 10. Subjective comfort sensation with time course.

Table 8. Pearson's Correlation between sweat rate and humidity sensation

Humidity sensation. and sweat rate	y	lg	lgH
r	–0.965	–0.977	–0.989
t	9.802	12.054	17.981
df	7	7	7
p value	.000	.000	.000

다 시간 즉 실험코스에 따라 큰 차이를 보였다. 이런 경향은 운동 종료 5분 후까지도 이어져(p<.05) 정도는 약해지고 차이도 감소했으나 불쾌감이 지속됨을 알 수 있어 선행연구 결과와 일치하였다(Chung et al., 2006a, 2006b; Park & Son, 1999). 즉 쾌적감은 안정 시에는 복종 간 유사한 경향을 보였으나, 운동 종료 지점에서는 lg(–2.0: 불쾌)≫y(–1.5: 약간 불쾌~불쾌) >lgH(–1.3: 약간 불쾌에 근접)로 차이를 보였으며, 종료 시에는 –1.6(y: 약간 불쾌~불쾌), lg(–1.5: 약간 불쾌~불쾌), lgH(–1.3: 약간 불쾌에 근접)로 3종의 차가 감소하는 것으로 나타났다. 이와 같이 습윤감과 쾌적감은 변화 패턴이 매우 유사하여, lg 착의 시가 발한의 증가 시점 이후 지속적으로 불쾌감을 가장 많이 느낀 것(–2.0: 불쾌)으로 조사되었다. y와 lgH는 유사한 패턴을 보이며 약간 불쾌감을 느끼는데 그쳤다(Fig. 10).

이 결과로부터 운동 즉 작업 시에 습윤감이 급증하는 것을 줄이기 위하여 형광직물의 섬유조성을, ISO (2013a) 기준을 통과한 형광직물과 비교해 비율이 낮은 면(cotton)과 같은 흡습성, 투습성, 내구성이 좋은 섬유의 혼용비율을 높일 필요가 있고 밀도도 고려할 필요가 있음을 알 수 있다(Table 2). 더욱이 더운 환경에서 작업할 때는 열, 수분, 공기의 이동을 원활히 할 수 있는 의복을 착용할 필요가 있는데, 여름철에는 그러한 성능이 주관적 착용감에 큰 영향을 미친다는 것을 보여주고 있으므로, 이를 고려하여 의복내기후는 소재에서 개선하는 것이 작업자의 인체에 부담을 덜어주어 작업을 지속시키는데 도움이 될 것으로 판단된다(Nam, 2007; Park et al., 2019). 왜냐하면 안전의복은 디자인과 형태, 재귀반사 테이프의 부착 너비와 면적 및 위치까지 ISO(2013a)에 제시하고 있으므로 이 요소들은 거의 동일하기 때문이다. 본 실험 연구 결과에 의하면 온열환경조건이 유사한 환경에서의 안전작업복은 긴소매보다 반소매 상의를 착용하고 작업을 하는 것이 온열적 부담이 적어 바람직하다. 그렇지만 주로 여름철 한낮의 직사일광 하에서 거리의 미화를 담당하는 환경미화원들에게는 자외선 차단도 고려하지 않을 수 없으므로 긴소매의 안전작업복을 착용하는 작업자도 있기 때문에 안전작업복의 주 소재인 형광직물을 투습성, 통기성 및 흡습성이 국제기준을 통과한 소재와 유사한 정도로 향상되도록 품질을 개선하는 방법을 도모 하는데 힘을 기울여야 한다는 것을 시사하고 있다.

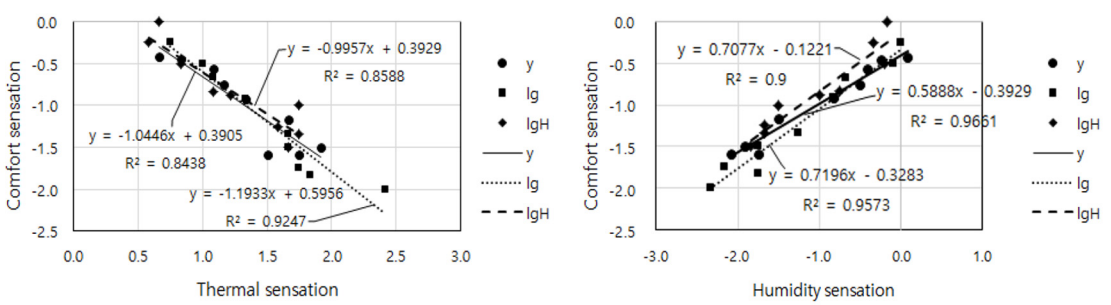
<Fig. 11(a)>의 회귀선을 <Table 6>의 척도(온열감은 +수치가, 습윤감은 –수치가 클수록 심함)에 의하여 살펴보면 쾌적감과 온열감은 복종에 관계없이 온열감이 높을수록 쾌적감이 모두 저하된다는 것을 나타내고 있다. 쾌적감과 습윤감과의 상관관계에서도 복종 간에 모두 매우 높은 상관관계(r=0.95~0.98)<Fig. 11(b)>와 유의차(p<.01)를 나타내어 습윤감이 더할수록 쾌적감도 나빠짐을 보여주고 있다(Table 9).

이 세 가지 주관적 감각의 결과는 선행의 환경미화원을 대상으로 설문조사로 발표한 Park(2018)의 착용감에 대한 결과와 유사하였다.

(4) 피부접촉감

① 선호도(Preference of skin contact)

피부접촉 선호도는 –3(매우 나쁨)~3(매우 좋음)으로, 호감도는 –3(매우 싫음)~3(매우 좋음)의 각 7단계



(a) (b)

Fig. 11. Correlations between comfort sensation and thermal sensation, and humidity sensation.

Table 9. Pearson's Correlation between comfort sensation and thermal sensation, and humidity sensation

Comfort and humidity sensation	y	lg	lgH	Comfort and thermal sensation	y	lg	lgH
r	0.983	0.978	0.949	r	–0.919	–0.962	–0.927
t	14.130	12.534	7.936	t	6.150	9.272	6.526
df	7	7	7	df	7	7	7
p value	.000	0.000	0.000	p value	0.000	0.000	0.000

로 조사하였다. 실험복의 피부접촉감에 대한 전반적인 선호도는 실험 전과 후에 유의차를 보였다(p<.05) (Fig. 12(a)). 실험 전과 후의 실험복의 평균차는 y(1.25: 약간 좋음 초과)>lgH(1.13: 약간 좋음)>lg(0.5: 중립~약간 좋음 사이) 순으로 나타나 y를 가장 선호하는 것으로 나타났다. 피부접촉감에 대한 전반적인 선호도는 y가 1.2로 가장 좋았고 실험 후에는 neutral(0)에 가까워지는 감각치(0.08)를 보였다. 나머지도 0.8(lgH)~0.5(lg)로 neutral 이상을 보였으나 운동으로 인해 종료 시에는 lg(0)≥y(–0.1)>lgH(–0.3: 중립에서 약간 나쁨 쪽으로 이동)에 이르렀다. lg 선호도는 실험 전부터 가장 낮은 값(0.5: 중립~약간 좋음)을 나타내었으나 운동 실시 후에는 가장 높은 값(0.0)을 나타내어 실험 전후의 변화가 가장 작았다. 그러나 소재가 동일한 반소매 lgH는 실험 전에는 y와 lg의 중간값(0.83)을 나타내었으나 실험 후에는 가장 낮은 값(–0.3)을 나타내어 실험코스에 따라 차이가 컸다. 또한 lgH는 실험 후의 선호도도 가장 낮게 나타나, 고온에서의 운동에 의한 발한으로 전완을 덮는 PET 78%의 긴소매 착용 시 땀을 즉시 흡수(wicking)한 반면, 고온에서 반소매 착용 시에 피부에 잔류해 있는 땀의 증발이 늦어 피부에 머물러 있는 영향 때문으로 추측된다.

② 호감도(Likability of skin contact)

호감도도 선호도와 마찬가지로 실험 전과 후의 유의차를 보였고(p<.01), 복종 간의 차는 y=lgH(1.0: 약간 좋음)>lg(0.67: 중립~약간 좋음)로 나타났다. 피부접촉에 의한 실험 전 호감도의 순서는 y>lgH>lg였으나 실험 후에는 y>lgH=lg로 나타나, 피부접촉에서 느끼는 호감도에서 y는 실험 전후 모두 가장 좋아하는 것으로 나타났다. lg는 선호도와 마찬가지로 실험 전부터 가장 낮은 호감도(0.67)를 보였으나 실험 후에는 lgH=lg가 neutral(0)을 나타내어 소재가 동일한 긴소매와 반소매 착용 시 호감도에서는 차이가 나타나지 않았다(Fig. 12(b)).

이상에서 살펴본 바와 같이 안전작업복의 디자인은 국제기준에 제시하고 있어 크게 디자인상에서 변화를 주기는 용이하지 않을 것으로 판단된다. 왜냐하면 시인성을 높이기 위하여 부착하는 재귀반사 필름 비율은 정해진 면적과 부위를 크게 벗어날 수 없기 때문이다. 그러므로 쉽게 오염이 되는 앞단 아래와 소맷부리, 바지 끝 등 일부 좁은 범위 내에서 오염이 잘 드러나지 않는 색상 등으로 변화를 줄 수 있을 것이다. 구성상에서는 눈에 잘 띠지 않는 겨드랑이나 바지 안쪽 옆 솔기 일부에 망(mash)을 대어 통기성을 높이는 제작방법 등을 생각해볼 수 있다. 소재 측면에서는 착용작업자의 온열감과 습윤감을 줄이고 쾌적감을 향상시키기 위하여 형광직물의 섬유조성 비율에서 흡습 · 투습성을 높이는 방법으로 면섬유 혼용율을 높임과 동시에 투습 · 통기성을 높이기 위해 밀도와 조직에서 지나치게 조밀하지 않도록 고려할 여지가 있다. 이를 제조사에 직조 시 반영하도록 기초데이터를 제공하는 것이 착용감이 좋은 고품질의 안전작업복으로의 개선을 위하여 바람직하다고 사료된다.

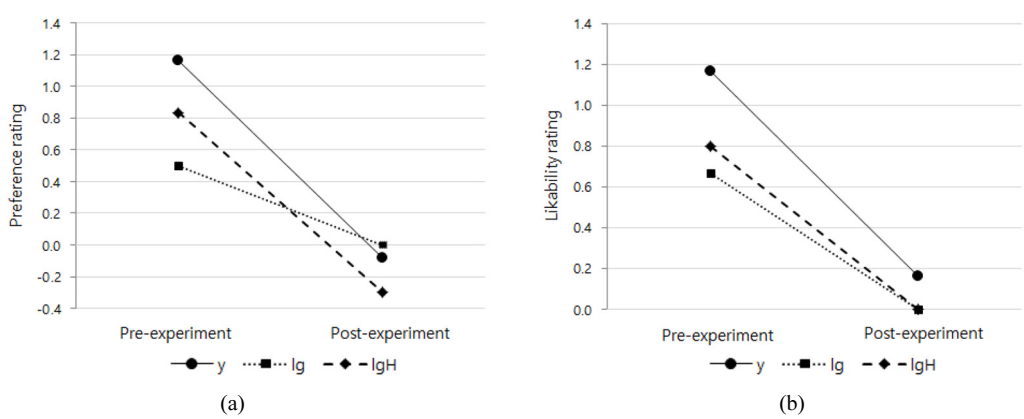


Fig. 12. The preference and likability on the skin contact.

IV. 결 론

도로교통 사고의 예방과 사고율 감소를 위한 국제 표준에 부합되는 고시인성 안전의복의 착용을 권장하기 위하여, 또한 도로교통상 작업 시 착용하는 안전작업복의 쾌적성과 적합성을 검토하기 위하여 환경미화원의 춘추/여름용 3종의 안전작업복을 제작하여 인체착용실험으로 평가하였다. 국제기준을 통과한 형광직물로 제작한 'y' 및 현재 서울시 환경미화원 대다수가 착용하고 있는 긴소매 'lg'와 반소매 'lgH'를 착용한 성인 남자 6명을 대상으로, 환경 온도 30℃, 습도 50% RH, 무풍의 인공기후실에서 안정-운동-회복의 실험코스에 따른 인체 생리반응과 주관적 감각 및 선호도를 평가한 결과는 다음과 같다.

첫째 평균피부온($\overline{T}$sk)과 이내온(Tty)에서는 안정-운동-회복 실험의 시간적 코스에 따른 유의차가 나타났고(p<.05), 피부온은 lg 착용 시 높은 경향을 보였다.

둘째, 의복내온도는 흉부, 상완, 대퇴에서 실험코스에 따른 유의차를 보였고(p<.01), 대퇴부에서는 착의복종 간에도 유의차가 나타나(p<.01), 안정 초기와 운동 5분 및 운동 10분 시점에서 lg 착용 시 의복내온도가 가장 높았다. 의복내습도도 흉부, 등, 상완, 대퇴 4부위에서 실험코스에 따른 유의차를 보였고(p<.05), 특히 흉부에서는 착의와 실험코스와의 상호작용이 나타났으나 착의에 의한 유의차는 없는 것으로 나타났다.

셋째, 발한량은 실험코스에 따른 유의차를 보였는데(p<.01), 운동 20분 시점에서 lg와 lgH 착용 시 유의차가 나타나(p<.05) lg 착용 시 발한량이 더 많았다. 체중감소량과 총무효발한량에서 체중감소량은 lgH≫y≥lg 순으로, 무효발한량은 y≥lg>lgH 순으로 많았으나 복종 간 유의차는 나타나지 않았다.

넷째, 온열감은 실험코스에 따라 유의차를 보였는데(p<.01), 운동 20분 시점에서는 lg>y≥lgH 순으로 나타나, 특히 운동 시 lg 착용으로 온열감을 더 느끼는 경향을 보였다. 습윤감에서는 실험코스에 따른 유의차를 보였는데(p<.01), 안정 시와 운동 20분 시점 간에 유의차를 보였다. lg 착용 시 운동으로 인하여 습윤감이 급격히 증가하여 운동종료 시 최고의 습윤감을 보였고, 회복기에는 그 차가 크게 감소하였다. 쾌적감에서도 안정 시와 운동 전 구간 사이에 유의차를 보여(p<.01) 다른 주관적 감각보다 실험코스에 따른 유의차가 가장 많은 구간에서 나타났다. 쾌적감은 습윤감과 유사한 패턴을 나타내었으며, lg 착용 시 가장 불쾌감을 느꼈다. 이 불쾌감은 운동 종료 5분 후까지 이어져 약한 불쾌감이 지속되는 경향을 보였다.

다섯째, 안전작업복을 착용했을 때의 피부접촉감에 대한 전반적인 선호도와 호감도는 실험 전과 후에 유의차를 보였으며(p<.05), y를 전반적으로 가장 좋아하는 것으로 나타났다. 운동 후에는 습한 상태가 지속되어 피부접촉감에 대한 호감도도 y>lgH=lg 순으로 좋은 쪽에서 중립으로 변화하는 경향을 보였다.

현재 우리나라에서 착용하고 있는 긴소매의 환경미화원복(lg)은 특히 기온이 30℃를 웃도는 여름철에는 안정 시보다는 작업 시에, 국제기준을 통과한 소재(y)로 제작한 안전작업복보다 더 덥고, 더 습하며, 더 불쾌하게 느끼는 경향을 보였다. 따라서 착용만족감을 향상시키기 위해서는 형광직물의 투습 · 흡습성, 통기성 측면에서의 개선이 필요함을 시사하고 있다.

References

American National Standards Institute. (2016, February 5). ANSI/ISEA 107-2015 American National Standards for High-Visibility Safety Apparel and Accessories. *International Safety Equipment Association.* Retrieved from https://safetyequipment.org/ansiisea-107-2015

Chung, M.-H., Park, S.-J., Shin, J.-S., Koshiba, T., & Tamura, T. (2006a). Evaluation of physiological responses and comfort of protective clothing using charcoal printing. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, *30*(6), 981-991.

Chung, M.-H., Park, S.-J., Shin, J.-S., Koshiba, T., & Tamura, T. (2006b). A study on wearing test of protective clothing against a toxic substance. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, *30*(11), 1626-1635.

International Organization for Standardization. (1995). ISO 9237:1995 Textiles. Determination of the permeability of fabrics to air. *ISO*. Retrieved from https://www.iso.org/standard/16869.html.

International Organization for Standardization. (2013a). ISO 20471:2013 High visibility clothing — Test methods and requirement. *ISO*. Retrieved from https://www.iso.org/standard/42816.html

International Organization for Standardization. (2013b). ISO 20471:2013(en) High visibility clothing — Test methods

and requirement. *ISO*. Retrieved form https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:20471:ed-1:v2:en

Japan Safety Appliances Association. (2017). 一般利用者向け高視認性安全服規格 [2017 Standard for high-visibility safety clothing for general users]. *Japan Safety Appliances Association*. Retrieved from https://jsaa.or.jp/wp/wp-content/uploads/2017/11/091b55876d0fa69adef2fed45a6bfd47.pdf

Japan Traffic Safety Education Association. (2016). 児童及び自転車通学者向け 高視認 性安全服 認証及び推奨制度のご案内 [Standard for children's high-visibility safety clothing]. *JATRAS*. Retrieved from http://www.jatras.or.jp/koushininsei2/index.html

Japanese Industrial Standards. (2015). JIS T 8127: 2015 High visibility warning clothing. *kikakurui.com.* Retrieved from http://kikakurui.com/t8/T8127-2015-01.html

Jeong, W. S., & Tokura, H. (1989). Effects of wearing two different types of clothing on body temperatures during and after exercise. *International Journal of Biometeorology*, *33*(2), 77-81. doi:10.1007/BF01686281

Kim, M.-h. (2010). A study for developing the prototype of LED-safety vest. *The Research Journal of the Costume Culture*, *18*(3), 488-498. doi:10.29049/rjcc.2010.18.3.488.

Korean Agency for Technology and Standards. (2014). KS K ISO13688 Protective clothing — General requirements. *Korean Standards & Certifications.* Retrieved from https://standard.go.kr/KSCI/standardIntro/getStandardSearchView.do?menuId=919&topMenuId=502&upperMenuId=503&ksNo=KSKISO13688&tmprKsNo=KSKISO13688&reformNo=03

Korean Agency for Technology and Standards. (2015). KS K 0594 Testing methods for water vapour permeability of textile fabrics. *Korean Standards & Certifications.* Retrieved from https://www.standard.go.kr/KSCI/standardIntro/getStandardSearchView.do?menuId=919&topMenuId=502&upperMenuId=503&ksNo=KSK0594&tmprKsNo=KSK0594&reformNo=05

Korean Agency for Technology and Standards. (2016a). KS K 0220 Measuring methods for moisture in textiles : Oven method. *Korean Standards & Certifications.* Retrieved from https://www.standard.go.kr/KSCI/standardIntro/getStandardSearchView.do?menuId=919&topMenuId=502&upperMenuId=503&ksNo=KSK0220&tmprKsNo=KSK0220&reformNo=11

Korean Agency for Technology and Standards. (2016b). KS K ISO20471 High visibility clothing — Test methods and requirements. *Korean Standards & Certifications.* Retrieved from https://standard.go.kr/KSCI/standardIntro/getStandardSearchView.do?menuId=919&topMenuId=502&upperMenuId=503&ksNo=KSKISO20471&tmprKsNo=KS_K_NEW_2015_1243&reformNo=00

Moon, D. H. (Producer), Kim, H. N. (Writer), & Choo, D. D. (Director). (2020. January 23). 다큐 시선 - 길 위로 출근합니다 [Docu Sisun - Come on the way to work]. *EBS TV*. Retrieved form https://www.ebs.co.kr/tv/show?lectId=20221559

Nam, y. l. (2007). *Prediction of comfort properties of shirts fabrics* (Unpublished master's thesis). Yonsei University, Seoul.

Ogawa, T., Ito, M., Miyagawa, T., & Asayama, M. (1979). Regional differences in occurrence of thermal sweating. *Japanese Journal of Biometeorology*, *16*(1), 22-29. doi:10.11227/seikisho1966.16.22

Park, S. J. (1992). *Study on the distribution and variation factors of evaporation rate on the human body for designing the comfortable clothing* (Unpublished doctoral dissertation). Bunka Gakuen University, Tokyo.

Park, S. J. (2018). Analysis of current wearing status and satisfaction of warning clothing for road cleaner and traffic workers. *Family and Environment Research*, *56*(4), 347-360. doi:10.6115/fer.2018.025.

Park, S. J. (2019a). Making of road traffic safety clothing for adults in accordance with international standards. *Proceeding of 2019 20th Biennial International Congress ARAHE*, *China*, 160.

Park, S. J. (2019b). An evaluation of the suitability of fluorescent fabrics and retroreflective materials for road traffic warning clothing in compliance with international standards. *Fashion and Textiles*, *6:*34. doi:10.1186/s40691-019-0190-4

Park, S. J., & Choi, C. W. (2018). A comparative analysis on properties of retroreflective materials for road traffic warning clothing. *International Textile and Apparel Association (ITAA) Annual Conference Proceedings*, 106. Retrieved from https://lib.dr.iastate.edu/itaa_proceedings/2018/posters/106/

Park, S. J., Dempoya, A., & Koshiba, T. (2019). Evaluation on wear sensation of safety clothing for current sanitation workers based on international standards. *Proceedings of the Korean Home Economics Association*, *Fall Conference*, *Korea*, 216.

Park, S. J., & Kang, I. H. (2014). Assessment of wear comfort and the development of one-piece dresses with persimmon juice dye-printed fabrics. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, *38*(1), 73-86. doi:10.5850/JKSCT.2014.38.1.73

Park, S. J., & Son W. K. (1999). The effect of differences between Gal-Ot and undyed clothing, and clothing types on wear sensation. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, *23*(1), 30-41.

Ramanathan, N. L. (1964). A new weighting system for mean

surface temperature of the human body. *Journal of Applied Physiology*, *19*(3), 531-533. doi:10.1152/jappl.1964.19.3.531

Wood, J., Cliff, D., & Burgess-Limerick, R. (2015). Translating road safety research on night-time visibility to the context of mining. *Proceedings of 15th Coal Operators' Conference*, *Australia*, 312-315.

Yoon, J.-A., Oh, Y., Oh, H. W., & Lee, Y. (2018). Development of energy-harvesting based safety apparel for night workers. *The Research Journal of the Costume Culture*, *26*(4), 503-518. doi:10.29049/rjcc.2018.26.4.503.

박 순 자

인하대학교 다문화융합연구소 연구교수

傳法谷郁乃

神奈川大學 建築學科 특별조교

小柴朋子

神奈川大學 建築學科 연구위원