

Comparison of evaluation methods for measuring pressure of compressionwear

Jee Hye Park and Jongsuk Chun[†]

Dept. of Clothing & Textile, Yonsei University, Korea

컴프레션웨어의 압박감 측정 방법 비교 연구

박지혜 · 천종숙[†]

연세대학교 의류환경학과

Abstract

The aim of this study was comparing measuring tools for detecting physical comfortness with variation of garment pressure. The measuring tools for detecting physical comfortness were EEG and survey questionnaire. Two low-pressure compressionwears and a commercial compressionwear (girdle) were tested. Results showed that the questionnaire survey well detected suffocation or motion comfortness. But it did not discrete the appropriate tightness of the compressionwears. The results of EEG analysis show that the absolute power of α -wave value was elevated with the low-pressure compressionwears. It also showed lower stress value. The high-pressure compressionwear presented decreased absolute power of α -wave value. It showed higher stress value. These results implicate that EEG can appropriately indicate the change of physical comfortness of compressionwear. The appropriate tightness of compressionwear can be measured with EEG analysis rather than survey questionnaire.

Keywords: compressionwear(컴프레션웨어), garment pressure(의복압), comfortness(쾌적감), EEG(뇌파)

1. Introduction

특정한 목적을 위해 의복압을 높이는 컴프레션웨어는 거들과 같은 여성용 파운데이션 의류 뿐만 아니라, 사이클링 팬츠와 같은 컴프레션 스포츠웨어로도 개발되어지고 있다. 인체에 일정한 압력을 장기간 주는 것은 건강에 해로울 수도 있으므로 컴프레션웨어는 생리적으로 장애를 나타내지 않는 허

용 한계 의복압(40g/cm², 3.92kPa)을 고려하여 제작된다(Jeong, 2005). Jeong(2002)은 의복압이 20~30g/cm²를 초과하면 불쾌감을 느끼기 시작한다고 하였으나, 컴프레션웨어를 착용했을 때 착용자가 느끼는 주관적인 구속감을 평가할 수 있는 기준을 표준화시키는 연구는 아직 미흡한 수준이다.

선행연구자들은 동일한 의복압에 대한 개인의 쾌적감 인지 차이에 영향을 미칠 수 있는 다양한 요소를 제시하였다(Na & Lee, 2010; Torgén & Swerup,

Received 3 July 2013, revised 29 July 2013, accepted 14 August 2013.

[†] Corresponding author (jschun@yonsei.ac.kr)

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

2002). 즉, 의복압의 정량적 값으로 개인이 느끼는 쾌적감의 정도를 평가하기 어렵다는 것이 지금까지의 주장이라 할 수 있다(Baek & Choi, 2007). 따라서 본 연구는 컴프레션웨어 착용에 따른 쾌적감의 정도를 객관적으로 비교 분석할 수 있는 방안을 모색하는 실험적 연구를 수행하였다.

본 연구는 컴프레션웨어 착용시 개인이 느끼는 쾌적감의 정도를 주관적으로 응답하는 방법과 뇌파 분석방법(EEG analysis)으로 측정하여 뇌파 분석방법이 컴프레션웨어의 압박감을 객관적으로 평가하는 적당한 방법인지 검토하였다.

II. Background

1. Compressionwears and garment pressure

컴프레션웨어는 스트레치 소재를 이용하여 신체에 균일한 압력을 가하거나 신체 부위별로 압박의 강약을 조절한 의류제품군이다. 컴프레션웨어는 수술 후 환자의 상처 치유를 돕는 의료 목적과 보정이 필요한 부위를 압박하여 신체 실루엣을 변화시키는 체형 보정 목적 이외에도, 최근에는 운동 시 근력을 증강시키고 생리적 부담을 완화시키는 목적으로 착용되고 있다(Kim & Song, 2010). 이러한 목적을 달성하기 위해 컴프레션웨어는 적절한 의복압을 유지하도록 제작되어야 한다. 의복압은 의류가 인체를 압박하는 정도를 측정 장비를 사용하여 측정하여 객관적으로 수량화한 값이다.

적절한 범위의 의복압은 의복 착용감을 좋게 하고 신체 활동을 용이하게 하며, 작업 능력을 향상시킬 뿐 아니라 건강의 유지 및 증진에도 도움이 된다(Na & Lee, 2010; Park & Chun, 2012). 예를 들어 화상 환자들이나 외상 수술 환자들은 수술 후 피부 조직의 빠른 회복을 돕기 위해 압박의류를 착용한다(Dirik et al., 2001; Engrav et al., 2010; Shelton et al., 1998; Tazelaar et al., 1999). 의료용 압박 스타킹은 수술 환자의 부종 방지에 도움을 주고(Hafner et al., 2000), 오랫동안 서 있는 직업의 여성들도 부종을 방지하고 하체 혈액순환을 원활하게 하기 위하여 압박기능이 있는 스타킹을 착용한다(Ng & Hui, 1999). 의복압과 쾌적감성의 관계를 연구한 선행연구는 일반적으로 생리적으로 장해를 나타내지 않

는 허용 한계 의복압을 $40\text{g}/\text{cm}^2(3.92\text{kPa})$ 라고 하였으며(Jeong, 2005), 의복압이 $20\sim 30\text{g}/\text{cm}^2$ 를 초과할 때 불쾌감을 느낀다고 하였다(Jeong, 2002).

그러나 지나치게 의복압이 높은 옷을 장기간 착용하였을 경우, 혈류량이 감소하여 근육피로와 혈류순환 장애가 일어나며, 신체 내 장기의 위치와 형태가 변형되어 소화불량이나 십이지장염 등이 발생할 가능성이 있고(Park & Kim, 1990), 요통과 부종, 성장 장애를 가져올 수도 있다(Baek et al., 2007). 따라서 의복압의 순기능을 활용하고, 역기능을 피하기 위하여 선행연구자들은 의복압과 쾌적감성의 관계를 주로 주관적 감각 평가 방법으로 분석하였다(Jeong & Kim, 2006; Kim & Hahm, 1994; Na & Lee, 2010; Shim & Choi, 1993). 동일한 의복압에 대해서 착용자가 느끼는 주관적인 구속감은 개인의 체지방, 근육조성, 비만도, 생리적 민감도, 개인적인 경험에 따라 다를 수 있다(Na & Lee, 2010). 즉, 개인의 자라온 환경이나 여러 가지 사회적 배경 및 생체 신경계의 상호 작용에 의해서도 주관적 쾌적감의 평가기준이 달라질 수 있고(Torgén & Swerup, 2002), 압력의 수치만으로 쾌적감의 정도를 평가하기 어려우므로(Baek & Choi, 2007) 인간이 느끼는 감성을 객관적으로 파악하기 위해 사용하는 측정 방법을 도입하여 컴프레션웨어 착용시 쾌적감의 측정 가능성을 연구하였다.

2. Features of EEG analysis

뇌파(EEG, Electroencephalogram)를 이용하여 인간의 감성을 측정하는 이유는 인간의 감성 및 심리적 상태 변화에 따라 주파수가 다른 뇌파 발생이 활성화되기 때문이다. 뇌파는 머리 표면에 부착한 전극을 통해 뇌에서 발생한 전압 변동을 측정된 전기신호이다(<http://www.laxtha.com/>). 이 방법은 가장 객관적이고 비 침습적이며, 연속적으로 대뇌의 활성화를 평가할 수 있는 방법으로 알려져 있다(Tonga & Thakor, 2009). 최근에는 의복의 착용감을 정량적으로 분석하기 위해 뇌파를 활용하고 있다(Jang et al., 2007).

뇌파와 감성의 변화를 분석한 선행연구에 따르면, 전두엽(frontal lobe)의 좌우 뇌파는 긍정적 감성과 부정적 감성에 따라 비대칭적으로 나타나며

〈Table 1〉 Features of EEG types

EEG type	Frequency (Hz)	Amplitude	Appearance condition and feature
δ -wave	0-4	20-200	-Morbid factor of encephaloma and encephalitis -Occur a sleeping state
θ -wave	4-8	5-100	-Sleeping or meditation
α -wave	8-13	5-100	-Strain relaxation, condition of comfortable -Concentrate or original accident
β -wave	13-30	20-200	-Disillusion state, superiority of insecurity or strain state -Occur public work

From. Jang et al.. (2007). p.161.

로(Dabidson, 1992; Kim & Kim, 2002), Yosida(1998)는 전두엽의 2채널 뇌파의 α 파의 변동을 이용하여 쾌적성과 정신적 각성도의 관계를 연구하였다. Musha 등(1997)은 10개 채널에서 측정된 θ , α , β 대역의 뇌파를 상호상관계수(cross-correlation coefficients)를 이용하여 4가지 감정으로 가시화시키는 ESAM(emotion spectrum analysis method) 방법을 개발하여 감정을 정량화하였다. 그러나 뇌파는 작은 스트레스에도 민감하게 반응하며, 개인에 따라 차이가 심하기 때문에 안정적인 데이터의 수집이 중요하다(Kim et al., 2002). 선행연구들은 인간의 뇌파를 주파수의 범위에 따라 인위적으로 구분하여 각각 델타(δ 파, 0~4Hz), 세타(θ 파, 4~8Hz), 알파(α 파, 8~13Hz), 베타(β 파, 13~30Hz)로 명명하였다(Table 1).

알파파(α -wave: 8~13Hz)는 의식이 있는 상태에서 뇌가 휴식할 때 발생하는 뇌파이다. 일반적으로 규칙적인 파동이 연속적으로 나타나며, 정신적으로 긴장이나 불안, 스트레스 상태가 지속될 때 비활성화 된다(Park, 2004). 알파파는 신체의 상태와도 관련이 있다고 알려져 있다. 근육이 이완되고 안정된 상태에서 활성화되며(Jang et al., 2007) 정신 및 육체적 긴장이 이완되어 스트레스가 해소되고 집중력과 기억력이 향상되는 것은 알파파의 활성화와 관련이 깊다(Anna, 1995). 인체에서 알파파를 측정하기 좋은 부위는 두정부와 후두부이다(<http://www.laxtha.com/>).

베타파(β -wave: 13~30Hz)는 의식적인 활동을 할 때 나타나는 뇌파로, 주로 전두부에서 많이 나타난다(<http://www.laxtha.com/>). 베타파는 불안한 상태나

긴장 시, 복잡한 계산 처리 시에 우세하게 발생하며(Jang et al., 2007), 13~20Hz를 저베타파로 20Hz 이상을 고베타파로 분리하여 분석한다. 저베타파는 생각하거나 학습, 암기, 계산 등과 같은 정신 활동 시 발생하므로 활동파라고 하기도 한다. 고베타파는 긴장, 흥분 상태가 지속될 때 활성화된다(Jang et al., 2007). 이러한 특성을 이용하여 선행연구에서는 알파파에 대한 고베타파의 비율을 사용하여 스트레스 지수(ST: Stress)를 측정한다(Park, 2004).

세타파(θ -wave: 4~8Hz)는 일반적인 수면 상태에서 활성화되는 뇌파이다(Park, 2004). 세타파는 기억력, 초능력, 창의력, 집중력, 불안 해소 등 많은 다양한 상태와 관련되어 있다고 보고되고는 있으나, 연구자들마다 실험 프로토콜과 피험자 특성이 조금씩 달라 각 대뇌피질 부위별 증감의 방향이 일치하지는 않는 등 아직은 표준화된 결과들이 다소 부족한 영역의 뇌파이다(<http://www.laxtha.com/>).

델타파(δ -wave: 0~4Hz)는 깊은 수면 시에 나타나는 뇌파이다(Kim & Choi, 2001). 심신의 치유에 도움이 되며, 델타파 상태에서는 많은 양의 성장호르몬을 생성시킨다. 건강한 정상인인 경우, 뇌파 측정 시 눈을 깜박이거나 몸을 심하게 움직였을 때 발생하는 잡음(artifact)의 주파수 영역이 델타파 주파수 영역과 거의 일치하므로 마치 델타파가 증가한 것처럼 보일 수 있다. 따라서 보통 장시간 뇌파 측정실험을 할 경우, 눈 움직임과 몸 움직임을 필수적으로 발생하므로 보통 델타파의 파워 증감은 분석요소로 고려하지 않는다(<http://www.laxtha.com/>).

III. Methods

1. Subjects

피험자는 KS 거들 치수 70~94(허리둘레 70, 엉덩이둘레 94)에 해당하는 20대와 30대 초반의 미혼 여성이었다(n=12). 70~94 치수는 표준의류치수규격(KS K 9404, 2009)에서 제시한 국내 여성(15~70세)의 허리둘레와 엉덩이둘레 이원분포표 중 가장 높은 비중을 보이는 허리둘레(67~73cm)와 엉덩이둘레(89~95cm) 구간의 신체치수와 가장 근접한 치수이다. 선정된 피험자들의 허리둘레와 엉덩이둘레의 평균은 각각 70.8cm와 94.0cm이었다(Table 2).

2. Construction of experimental compression-wears

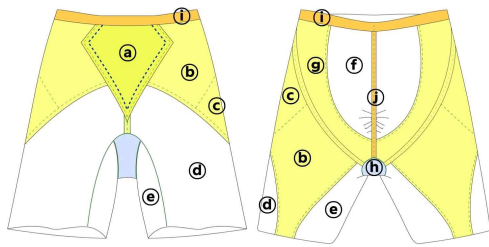
의복압의 차이에 따라 개인이 인지하는 쾌적감의 차이를 측정하는 방법을 연구하기 위해 실험복으로 신장율이 다른 소재를 사용하여 시판 거들보다 압박 정도가 낮은 두 가지 실험용 거들을 제작하였다. 실험복의 스타일은 밑단이 넓다리에 위치한 바지형 거들이었다. 실험용 거들(실험복 A, B)은 시판 거들(실험복 C)과 동일한 패턴으로 제작하였다. 실험복 A는 모든 부위를 신장율이 높은 소재(M1)로 제작하였다. 실험복 B는 신장율이 다른 소재를 신체 부위별로 배치하였다. 복부(a), 골반과 넓다리 뒤쪽(b), 넓다리 양옆 바깥쪽(c)에는 M2를 사용하였고, 둔부 하단을 감싸는 부위(g)에는 신장율이 낮은 소재(M3)를 사용하여 실험복 A보다 압박 정도를 강화하였다. 시판 거들인 실험복 C는 신장율이 각각 다른 3가지 소재(M4, M5, M6)으로 구성되었다. 복부(a)를 제외한 모든 부위에 M4를 사용하였고, 복부(a)에는 M5와 M6을 두 겹으로 사용

<Table 2> Body measurements of subjects

(n=12, Unit=cm)

Dimension		Mean (S.D.)	Maximum	Minimum
Girth	Waist	70.8 (1.55)	73.5	67.5
	Abdomen	88.3 (2.04)	91.6	85.1
	Hip	94.0 (1.65)	96.0	91.0
	Thigh	56.1 (1.59)	58.0	53.5
Length	Hip	21.3 (1.86)	24.6	19.2
	Crotch	27.9 (2.33)	31.4	23.0

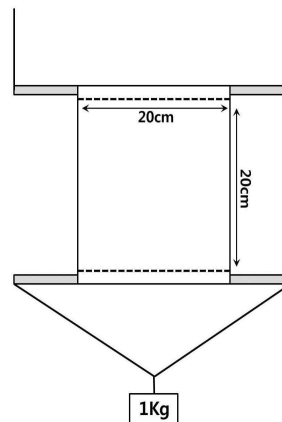
<Table 3> Construction of experimental compression-wears



Sample Parts	Experimental compressionwears		
	A	B	C
(a)	M1+M1	M2+M2	M6+M5
(b)	M1+M1	M1+M2	M4+M5
(c)	M1+M1+M1	M1+M2+M2	M4+M5+M5
(d)	M1	M1	M4
(e)	M1	M1	M4
(f)	M1	M1	M4
(g)	M1+M1	M1+M3	M4+M5

하였으며, 골반과 넓다리 뒤쪽(b), 둔부 하단(g)은 M4와 M5를 두 겹으로 사용하였다. 넓다리 양옆 바깥쪽(c)은 M4 한 겹에 M5소재 두 겹을 추가로 사용하였다(Table 3).

실험복 제작에 사용된 소재의 신장율은 KS K 0352(2010)에 따라 측정하였다(Fig. 1). 소재의 신장율은 1.0kg으로 3분 동안 하중을 준 상태에서 나타난 시험편의 길이 변화를 적용하여 측정 후 산출하



<Fig. 1> Elongation rate measuring tool

였다(Elongation rate(%)=(L₁-L₀)/L₀×100, L₀=Original fabric length, L₁=Elongated fabric length).

실험용 거들 제작에 사용된 3가지 소재(M1, M2, M3)의 신장율 특성은 다음과 같다. M1은 경사와 위사방향의 신장율이 매우 높은 소재였고(Warp 47%, Weft 29%), M2는 위사방향 신장율은 매우 높으나 경사방향 신장율이 약간 높은 소재(Warp 40%, Weft 14%)였다. M3는 경사와 위사방향의 신장율이 모두 낮은 소재(Warp 8%, Weft 4%)였다. M4, M5, M6은 시판 거들에 사용된 소재로, M4는 경사와 위사방향의 신장율이 11%였으며, M5는 위사방향 신장율(10%)보다 경사방향의 신장율(21%)이 더 큰 소재였다. M6은 경사방향 신장율은 작으나(4%) 보다 위사방향의 신장율이 매우 큰(31%) 소재였다(Table 4).

3. Measuring garment pressure and physical comfortness

1) Measuring garment pressure

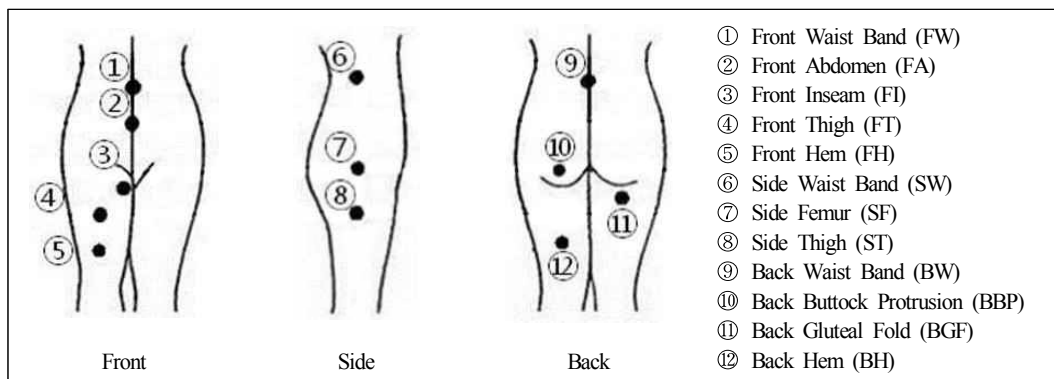
<Table 4> Elongation rate of fabric materials

Fabric material	Elongation rate(%)	
	Warp	Weft
M1	47	29
M2	40	14
M3	8	4
M4	11	11
M5	21	10
M6	4	31

의복압 측정부위는 선행연구(Narm & Lee, 2002)를 참조하고, 거들 착용 시 체형 보정이 필요한 부위와 불편을 많이 느끼는 부위를 고려하여 전면 5부위(①~⑤), 측면 3부위(⑥~⑧), 후면 4부위(⑨~⑫) 총 12부위로 선정하였다(Fig. 2). 본 연구의 실험복은 허리밴드의 위치가 인체 허리선 아래에 위치하므로 허리선 부위의 의복압은 실험복의 허리밴드선 위치에서 측정하였다. 의복압 측정 장비는 에어팩 타입의 의복압 측정기(AMI 3037, Sanko Tsusho Co, Ltd. Japan)이었다. 의복압 데이터 수집을 위해 각 측정점에서 5초 간격으로 6회 반복 측정하였고, 이를 3회 반복하였다.

2) EEG data collection and analysis

컴프레션웨어를 착용했을 때 인체가 느끼는 쾌적성의 정도를 객관적으로 측정하기 위하여 각각의 실험복을 착용한 상태에서 피험자의 뇌파 변화를 측정하였다. 뇌파 데이터는 Poly G-I(LAXTHA Inc., Korea) 기기를 이용하여 수집하였고, TeleScan(ver 3.03, LAXTHA Inc., Korea) 소프트웨어로 데이터를 가공하여 분석하였다. 뇌파의 활성도를 측정하는 EEG는 주변환경 및 인체 요인에도 영향을 받으므로 피험자들이 실험 당일에 중추 신경계 및 자율 신경계에 영향을 줄 수 있는 담배, 카페인, 약물, 알코올 섭취를 하지 않도록 하였다. 측정 환경은 측정 장비의 매뉴얼에 따라 실험실 온도(23~26℃)와 습도(50~65%)를 유지하였으며, 소음을 제한한 조용한 환경에서 실험을 진행했다. 피험자들은 의

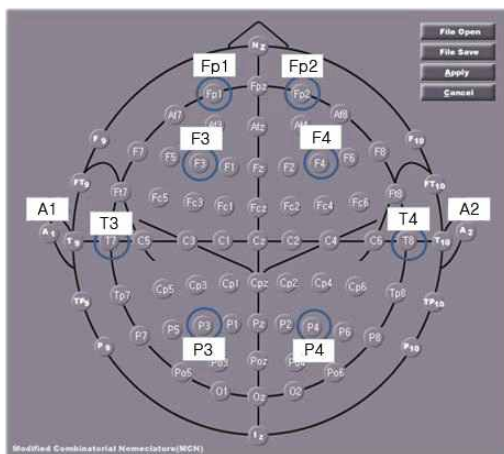


<Fig. 2> Measuring points of garment pressure

자에 앉아 안정을 취하고, 몸 움직임을 통제된 상태에서 뇌파를 측정했으며, 눈 움직임을 의한 잡음 혼입을 막기 위해 뇌파 측정 시 눈을 감도록 하였다(http://www.laxtha.com/).

전극 부착 위치는 10-20 국제 표준 전극배치법에 따라 두피의 8개 부위(Fp1, Fp2, F3, F4, T3, T4, P3, P4)로 설정하였다(Seo, 2010). 기준전극은 A1, 접지전극은 A2에 부착하였다(Fig. 3). 사용된 전극은 금으로 도포된 접시형태의 디스크 전극이며, 전극 부착 시 피부와의 접촉저항을 최소화하기 위해 먼저 알코올 솜으로 두피 표면의 이물질을 제거한 후 뇌파 전용 전극풀을 이용하여 접시전극을 부착하고, 그 위에 거즈를 살짝 덮어 전극풀이 빨리 굳지 않고 머리 표면에 잘 고정되어 있도록 처치하였다.

뇌파는 각 실험복을 착용한 상태에서 의자에 앉아 5분간 안정을 취한 후 측정하기 시작하였으며, 5분 10초 동안 연속 측정하였다. 수집된 데이터 중 초기 10초 동안 수집된 데이터는 불안정한 상태의 데이터로 간주하여 분석에서 제외하였다. 또한 극단값에 의한 분석자료의 불안정성을 배제하기 위하여 Fast Fourier Transform(FFT; 푸리에 변환)을 이용하여 4Hz 이하, 50Hz 이상의 파형은 여과하여 제거하였다. 가공된 뇌파는 각 주파수 영역대별로 파워 스펙트럼화하여 α 파와 β 파의 절대파워값($\alpha=8\sim 13\text{Hz}$, $\beta=13\sim 30\text{Hz}$)과 스트레스 지수(high β/α , high $\beta=20\sim 30\text{Hz}$, $\alpha=8\sim 13\text{Hz}$)를 분석하였다.



<Fig. 3> Location of EEG electrode

3) Measuring subjective comfortness

3개의 실험복을 각각 착용했을 때 피험자가 느끼는 신체적 쾌적감을 설문 조사를 통해 측정하기 위한 평가 항목은 답답함(Suffocation feeling)과 움직임의 불편함(Motion discomfort), 조임의 적절성(Appropriate tightness)이었다. 피험자들은 실험복을 착용한 후 5분 동안 자유롭게 활동 동작을 취해본 후 평가하였다. 평가 부위는 허리, 배, 엉덩이, 넓다리부위였으며, 각각 5점 척도(전혀 그렇지 않다=1, 매우 그렇다=5)로 평가하였다. EEG 측정값과 주관적 쾌적감은 통계분석 프로그램인 PASW Statistics 18을 이용하여 분석하였다. 통계적 분석 방법은 ANOVA와 Scheffe 사후검정이었다.

IV. Results and Discussion

1. Garment pressure

12개 측정점에서 측정한 의복압의 평균은 실험복 C(2.60kPa)가 실험복 A(1.87kPa)와 실험복 B(1.89kPa)보다 유의하게 높았다($P<0.01$). 실험복 A와 B는 복부(② Front abdomen), 넓다리부위(③ Front inseam, ④ Front thigh, ⑧ Side thigh), 밑단부위(⑤ Front hem, ⑫ Back hem), 엉덩이부위(⑩ Back buttock protrusion)에서 비슷한 수준의 의복압을 나타냈다. 대퇴골점(⑦ Side femur)은 실험복 A가 실험복 B보다 약간 낮은 수준이었고($P<0.01$), 불기고랑점(⑪ Back gluteal fold)은 실험복 B가 실험복 A보다 낮은 수준이었다($P<0.001$). 각 측정점의 의복압은 실험복 A는 허리앞점(①, 2.13kPa), 허리옆점(⑥, 3.76kPa), 대퇴골점(⑦, 2.28kPa), 불기고랑점(⑪, 2.13kPa)을 제외한 모든 부위에서 불쾌감을 느끼지 않는 의복압(1.96kPa 이하)을 나타냈다. 실험복 B도 허리앞점(①, 2.07kPa), 허리옆점(⑥, 3.93kPa), 대퇴골점(⑦, 2.58kPa)을 제외한 모든 측정점에서 1.96kPa 이하의 낮은 의복압을 보였다. 실험복 C는 거의 모든 측정부위에서 불쾌감을 느낄 수 있는 수준의 의복압인 1.96kPa(20g/cm²) 이상의 의복압이 나타났으며, 그 중 허리옆점(⑥, 4.71kPa)의 의복압은 생리적으로 장애가 나타날 수 있는 허용 한계 의복압(3.92kPa)을 초과하였다. 대퇴골점(⑦, 3.20kPa)과 살점(③, 2.58kPa), 넓다리앞점(④, 2.74kPa), 엉덩이돌출점(⑩, 2.49kPa),

<Table 5> Garment pressure of experimental compressionwears (n=12, Unit=kPa)

Measuring points		Experimental compressionwear			F-value	Post-hoc
		A	B	C		
Waist	① Front Waist Band (FW)	2.13(0.77)	2.07(0.59)	2.42(0.63)	0.957	-
	⑥ Side Waist Band (SW)	3.76(0.83)	3.93(1.06)	4.71(1.39)	2.417	-
	⑨ Back Waist Band (BW)	1.80(1.06)	1.71(1.00)	2.00(0.82)	0.296	-
Abdomen	② Front Abdomen (FA)	1.38(0.40)	1.51(0.36)	2.06(0.40)	10.280***	A, B<C
Hip	⑦ Side Femur (SF)	2.28(0.56)	2.58(0.47)	3.20(0.81)	6.648**	A≤B≤C
	⑩ Back Buttock Protrusion (BBP)	1.47(0.43)	1.61(0.42)	2.49(0.53)	17.304***	A, B<C
Thigh	③ Front Inseam (FI)	1.65(0.41)	1.66(0.54)	2.58(0.85)	8.730**	A, B<C
	④ Front Thigh (FT)	1.78(0.38)	1.78(0.45)	2.74(0.49)	18.835***	A, B<C
	⑤ Front Hem (FH)	1.37(0.38)	1.35(0.30)	2.17(0.59)	13.419***	A, B<C
	⑧ Side Thigh (ST)	1.29(0.41)	1.25(0.35)	2.08(0.77)	9.030**	A, B<C
	⑪ Back Gluteal Fold (BGF)	2.13(1.01)	1.80(0.39)	2.58(0.48)	3.884*	B≤A≤C
	⑫ Back Hem (BH)	1.44(0.33)	1.47(0.36)	2.19(0.49)	13.281***	A, B<C
Average		1.87(0.44)	1.89(0.40)	2.60(0.52)	9.902***	A, B<C

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001

볼기고랑점(⑫, 2.58kPa)에서도 2.45kPa 이상의 높은 의복압이 나타났다(Table 5).

2. Objective evaluation by EEG analysis

컴프레션웨어 착용시 착용자가 반응하는 쾌적감의 차이를 객관적으로 분석하기 위해 뇌파 분석을 실시하였다. 뇌파의 α 파와 β 파의 절대파워값($\alpha=8\sim 13\text{Hz}$, $\beta=13\sim 30\text{Hz}$)과 스트레스 지수(high β/α , high $\beta=20\sim 30\text{Hz}$, $\alpha=8\sim 13\text{Hz}$)를 분석 지표로 선정하여 분석하였다.

압박 정도가 다른 3종의 실험복을 착용한 상태에서 측정된 α 파의 절대파워값($\alpha=8\sim 13\text{Hz}$) 변화를 분석한 결과, α 파 발생이 활발한 실험복은 실험복 A($63.302\mu\text{V}^2$)와 실험복 B($60.685\mu\text{V}^2$)였다. 반면

에 α 파가 가장 적게 발생한 실험복은 실험복 C($55.449\mu\text{V}^2$)이었다. 이는 압박이 낮은 실험복 A와 B가 휴식 상태에서 근육의 이완을 도와주고, 심리적인 안정을 주므로 α 파의 발생을 증가시켰다고 해석할 수 있다. 반대로 실험복 C는 휴식상태에서도 높은 압박으로 근육을 긴장시키므로 마음을 안정시키는 α 파의 활성도가 낮아졌을 가능성이 있다.

3종의 실험복 착용에 따른 β 파 생성은 저 압박 의류(실험복 A, B)를 착용했을 때보다 의복압이 높은 실험복 C를 착용했을 때 상대적으로 증가하였다. 신체 부위별로 의복압을 조정된 실험복 B를 착용했을 때 β 파가 가장 적게 발생했고($23.769\mu\text{V}^2$), 실험복 C를 착용했을 때 가장 높게 나타났다($25.236\mu\text{V}^2$).

스트레스 지수(ST: Stress)는 압박 수준이 높은 실

<Table 6> EEG analysis of experimental compressionwears (n=12)

Evaluation EEG value	Experimental compressionwears			F-value	Post-hoc
	A	B	C		
Absolute power of α-wave (Unit= μV^2)	63.304(45.89)	60.685(41.20)	55.449(42.31)	0.147	-
Absolute power of β-wave (Unit= μV^2)	24.877(12.37)	23.769(14.44)	25.236(12.93)	0.045	-
Stress value	0.436(0.58)	0.382(0.42)	0.552(0.65)	0.347	-

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001

험복 C를 착용했을 때 가장 높게 나타났으며(0.552), 신체부위별로 압박 수준을 조절한 실험복 B를 착용했을 때 가장 낮았다(0.382)(Table 6).

3종의 실험복을 착용하고 측정한 α 파, β 파의 절대파워값과 스트레스 지수는 통계적으로 유의차를 나타내지는 않았으나, 평균값의 비교를 통해 압박 정도에 따른 객관적 쾌적감의 경향을 파악할 수 있었다. 그 결과, 과도한 의복압을 주는 컴프레션웨어(실험복 C)는 스트레스 지수를 증가시키나 신체부위별로 압박 수준을 조절한 컴프레션웨어(실험복 B)는 심리적인 안정감을 주고 스트레스를 낮추어 주는 옷이 될 수 있음을 확인하였다.

3. Subjective evaluation for physical comfortness

압박 정도가 다른 의류를 착용했을 때 느끼는 쾌적감의 정도를 답답함(suffocation feeling)과 움직임의 불편함(motion discomfort), 조임의 적절성(appropriate tightness)의 항목으로 나누어 평가한 결과, 답답함(suffocation feeling)과 움직임의 불편함(motion discomfort)은 허리부위, 복부, 엉덩이부위, 넓다리부위 전체에서 세 실험복 간에 유의한 차이를 나타냈다($p \leq 0.001$). 그러나 조임의 적절성은 실험복 간

차이가 뚜렷하게 나타나지 않았으며, 허리 부위에 서만 유의한 차이를 나타냈다($p \leq 0.01$). 의복압으로 인한 답답함(suffocation feeling)은 실험복 A는 1.3~1.4로 매우 낮았으며, 실험복 B도 1.8~2.1로 낮게 나타났다. 또한 부위에 따른 차이도 거의 없었다. 그러나 실험복 C에 대해서는 3.5~4.3으로 매우 크게 답답함을 느낀 것으로 나타났다. 특히 허벅지 부위(thigh)는 4.3의 높은 수준의 답답함을 느낀 것으로 나타났다. 활동의 불편함(motion discomfort)도 실험복 A의 경우 1.3~1.6으로 매우 낮았으며, 실험복 B도 1.8~1.9로 낮은 수준이었다. 그러나 실험복 C는 3.2~3.8의 비교적 높은 수준의 활동제한을 느끼는 것으로 평가되었다. 이는 허벅지 부위(front thigh: 2.74kPa, side femur: 3.20kPa)가 매우 높은 의복압을 나타낸 결과(Table 5)와 관련이 있을 것으로 사료된다. 반면, 평균 1.87~1.89kPa 정도의 압박 수준이 낮은 컴프레션웨어(실험복 A, B)를 착용했을 때 피험자들은 답답함이 거의 없고(1.4~2.0), 동작의 불편함도 거의 없었다(1.5~1.8)(Table 7).

위와 같은 결과는 주관적인 설문조사로 답답함이나 활동의 불편함을 비교적 분명하게 평가할 수 있음을 보이며, 의복압이 높은 허벅지부위가 답답함과 불편함을 느끼는 부위임을 나타낸다. 또한 조

<Table 7> Subjective evaluation of physical comfortness

(n=12)

Physical comfortness		Experimental compressionwears			F-value	Post-hoc
		A	B	C		
Suffocation feeling	Waist	1.3(0.49)	1.8(0.62)	3.6(1.00)	31.818***	A, B<C
	Abdomen	1.4(0.67)	2.1(1.00)	3.8(0.72)	28.694***	A, B<C
	Hip	1.3(0.49)	1.9(0.95)	3.5(0.80)	24.797***	A, B<C
	Thigh	1.3(0.65)	2.1(0.90)	4.3(0.87)	41.607***	A, B<C
Motion discomfort	Waist	1.3(0.89)	1.8(0.75)	3.3(0.78)	20.429***	A, B<C
	Abdomen	1.6(0.67)	1.9(1.16)	3.2(0.83)	10.033***	A, B<C
	Hip	1.5(0.67)	1.9(0.90)	3.3(0.98)	14.878***	A, B<C
	Thigh	1.5(0.67)	1.8(0.97)	3.8(0.83)	28.360***	A, B<C
Appropriate tightness	Waist	3.5(0.90)	4.0(0.74)	2.6(0.79)	9.327**	C<A, B
	Abdomen	3.2(0.72)	4.0(0.85)	3.3(0.98)	3.164	-
	Hip	3.3(0.89)	3.7(0.89)	3.8(0.94)	0.951	-
	Thigh	3.3(0.75)	3.8(0.83)	3.1(1.08)	0.117	-

1=strongly disagree, 2=disagree, 3=neither agree nor disagree, 4=agree, 5=strongly agree

임의 적절함(appropriate tightness)은 설문조사 방식으로 차이를 파악하기 어려운 항목임을 시사한다. EEG의 변화를 분석한 결과, 저 압박 컴프레션웨어(실험복 A, B) 착용 시 α 파의 절대파워값이 실험복 C 착용 시보다 증가하고, 스트레스 지수는 감소한 본 연구의 결과는 압박 수준이 1.9kPa 내외인 컴프레션웨어를 착용했을 때 착용자들이 신체적인 제한을 느끼지 않으며, 정신적으로도 긴장이 이완되고 스트레스가 해소되며, 안정상태를 유지할 수 있음을 확인한 결과이다.

V. Conclusion

본 연구는 뇌파 데이터(EEG)가 의복의 압박 정도에 따른 신체적인 쾌적감을 정량화시킬 수 있는지 그 효용 가능성을 확인하기 위해 압박 정도가 다른 압박의류를 착용하였을 때 나타나는 의복압과 뇌파의 특징을 비교 분석하였다. 또한 설문지를 이용하여 압박 수준이 다른 압박의류를 착용하였을 때 느끼는 답답함과 활동의 불편함, 조임의 적절성을 파악하고, 컴프레션웨어 착용시 인체가 느끼는 쾌적감을 정량적으로 수치화시킬 수 있는 척도로서 뇌파 데이터의 사용 가능성을 확인하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 압박 정도가 각기 다른 실험복 3종의 착의 테스트를 시행하였고, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, α 파의 절대파워값과 스트레스 지수를 척도로 하여 측정된 뇌파(EEG) 분석 데이터는 컴프레션웨어의 객관적 착용감을 측정할 수 있는 분석 방법이었다. 본 연구의 결과는 선행연구에서 소리에 대한 쾌적감(Shin et al., 2012; Yong et al., 2007)과 온도에 대한 쾌적감(Ha et al., 2010; Lee et al., 2012)을 평가하는 뇌파 영역으로 주로 사용하였던 α 파의 절대파워값이 컴프레션웨어의 의복압에 따른 쾌적감을 파악하는 데 유용함을 보여준다. 전체적으로 압박 수준이 높은 실험복 C를 착용했을 때 높은 수준의 답답함(3.8)과 동작의 불편(3.5)을 느낀다고 응답했으며, 이때 뇌파의 변화를 분석한 결과 α 파의 생성이 가장 저하되었고, 스트레스 지수는 가장 높게 나타났다. 이는 압박 수준이 높은 의류를 착용했을 때 느끼는 답답함과 동작의 제한성

이 착용자에게 정신적인 긴장과 불안, 스트레스를 유발함을 의미한다.

둘째, 의복압이 1.9kPa 이하를 유지하는 컴프레션웨어는 답답함이나 착용의 불편함을 느끼지 않는 수준이었다. 즉, 1.9kPa 이하의 의복압에서는 신체적, 정신적으로 긴장이 이완되고 스트레스가 해소되며, 안정 상태를 유지하게 됨을 알 수 있었다. 이는 α 파의 절대파워값이 상승하고, 스트레스 지수가 감소하는 것으로 증명하였다.

셋째, 컴프레션웨어 착용 시 느껴지는 조임의 적절성은 설문지 법으로 측정이 어려운 평가방법이었다. 이는 의복압의 적절성의 평가기준이 개인의 체지방과 생리적 민감도, 경험 등 여러 가지 사회적 배경 및 생체 신경계의 상호 작용의 영향을 받을 수 있다는 선행연구의 주장에서 근거를 찾을 수 있다. 따라서 이러한 평가항목은 개인의 체성분 요소와 과거 경험 등을 고려한 섬세한 분석 방법을 통해 파악할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구의 결과는 뇌파(EEG 데이터) 분석을 이용한 객관적인 쾌적감 분석 방법이 설문 조사로 파악한 주관적인 쾌적감과 유사한 결과를 보이므로, 뇌파로 평가하는 스트레스 지수를 사용하여 컴프레션웨어의 착용감을 평가할 수 있음을 시사한다.

또한, 본 연구에서는 뇌파 데이터를 뇌의 위치에 따라 8개 채널로 수집한 후 8개 채널의 평균을 구하여 비교 분석하였다. 그러나 뇌의 영역에 따라 불편함에 반응하는 뇌의 위치와 적정성에 반응하는 뇌의 위치가 다를 수 있으므로, 후속 연구에서는 뇌파 데이터를 채널 별로 분석할 필요가 있다.

References

- Anna, W.(1995). *High performance mind*. New York: Tarcher Putnam.
- Baek, Y. J., & Choi, J. W.(2007). Selection of the measurement points for garment pressure of the girdle and the all-in-one. *The Korean Journal of Community Living Science*, 18(4), 609-616.
- Baek, Y. J., Choi, J. W., & Lee, K. S.(2007). Selection of the measurement points for the garment pressure of the brassier and the waist-nipper.

- The Korean Journal of Community Living Science*, 18(3), 445-453.
- Dabidson, R. J.(1992). Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion. *Brain and Cognition*, 20, 125-151.
- Dirik, E., Aydin, A., Kuruk, S., & Sahin, B.(2001). Limb girdle muscular dystrophy type 2A presenting with cardiac arrest. *Pediatric Neurology*, 24(3), 235-237.
- Engrav, L. H., Heimbach, D. M., Rivara, F. P., Moore, M. L., Wang, J., Carroufer, G. J., Costa, B., Numhom, S., Calderon, J., & Gibran, N. S.(2010). 12-year within-wound study of the effectiveness of custom pressure garment therapy. *BURNS*, 36, 975-983.
- Ha, H. Y., Kim, D. G., Kum, J. S., Chung, Y. H., & Kim, D. S.(2010). Compare of thermal comfort sensation between elders and youngs from indoor thermal environment in cooling. *The Proceedings of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems*, 2010(10), 205-208.
- Hafner, J., Lüthi, W., Hänsle, H., Kammerlander, G., & Bueg, G.(2000). Instruction of compression therapy by means of interface pressure measurement. *Dematology Surgery*, 26, 481-487.
- Jang, G. S., Park, S. K., Song, M. J., & Shin, H. (2007). The environmental auditory and visual information effects on the traffic noise perception by using electroencephalogram. *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, 17(2), 160-167.
- Jeong, J. R., & Kim, H. E.(2006). Comparative evaluation of clothing pressure and subjective sensation exerted by foundation. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 30(11), 1531-1537.
- Jeong, J. R.(2005). Effect of skin pressure exerted by foundation on physiological responses and subjective sensory evaluation. Unpublished master's thesis, Kyungpook University, Daegu.
- Jeong, M. S.(2002). The effect of physical characteristics of foundation knitted fabrics of the clothing pressure and the wearing sensation. Unpublished doctoral dissertation, Keimyung University, Daegu.
- Kim, D. J., Kang, D. K., Kim, H. H., Yi, S. H., Ko, H. W., & Park, S. J.(2002). A study on the human sensibility evaluation technique using EEGs of 4 emotions. *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, 51(11), 528-534.
- Kim, D. S., & Choi, J. W.(2001). *Electroencephalogram*. Seoul: Korea medical
- Kim, H. E., & Hahm, O. S.(1994). The clothing pressure of the bodysuits on various sizes and movement. *Journal of the Korean Society of Living Environmental System*, 1(2), 129-138.
- Kim, H. H., & Kim, D. J.(2002). A study on the comfortableness evaluation using 4-channel EEGs. *The Proceedings of the KIEE*, 2002(11), 7-10.
- Kim, T. G., & Song, M. K.(2010). Effect of wearing compression clothing on body shape. *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 12(2), 233-239.
- Korean Agency for Technology and Standards(2009). *Sizing systems for foundation garments: KS K 9404*. Seoul: Ministry of Commerce, Industry and Energy.
- Korean Agency for Technology and Standards(2010). *Test method for stretch properties of stretch woven fabrics: KS K 0352*. Seoul: Ministry of Commerce, Industry and Energy.
- Lee, H. J., Choi, Y. R., & Chun, C. Y.(2012). Effect of indoor air temperature on the occupants' attention ability based on the electroencephalogram analysis. *大韓建築學會論文集 計劃系*, 28(3), 217-225.
- Musha, T., Terasaki, Y., Faque, A., & Ivanisky, G. A. (1997). Feature extraction from EEGs associated with emotion. *Artif Life Robotics*, 1, 15-19.
- Na, Y. J., & Lee, D. W.(2010). Clothing pressure sensation and discomfort experience of skinny jean. *Korean Living Science Association*, 19(4), 655-

- 665.
- Nam, Y. J., & Lee, J. O.(2002). A study on feeling of wearing and clothing pressure of custom-made girdles. *The Korean Fiber Society*, 39(4), 503-513.
- Ng, S. F. F., & Hui, C. L. P.(1999). Effect of hem edges on the interface pressure of pressure garments. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 11(5), 251-261.
- Park, B. W.(2004). Research of brain function optimization according to the band by EEG correlation. *The Proceedings of the Korean Society of Jungshin Science*, 21, 103-108.
- Park, J. H., & Chun, J. S.(2012). The change of garment pressure and body measurement by material of women's girdle. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 31(3), 455-461.
- Park, Y. D., & Kim, H. E.(1990). A study on the influence of wearing - girdle on the various physiological function. *Journal of the Korean Home Economics Association*, 28(1), 1-7.
- Seo, D. W.(2010). *알기 쉬운 뇌파*[Easy-to-understand brain wave]. Seoul: Koonja.
- Shelton, F., Barnett, R., & Meyer, E.(1998). Full-body interface pressure testing as a method for performance evaluation of clinical support surfaces. *Applied Ergonomics*, 29(6), 491-497.
- Shim, B. J., & Choi, S. H.(1993). Studied on garment restraint (III). *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 17(2), 197-206.
- Shin, T. J., Lee, Y. J., & Lee, S. K.(2012). Sound quality evaluation of turn-signal of a passenger vehicle based on brain signal. *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, 22(11), 1137-1143.
- Tazelaar, D. J., Neumann, H. A. M., & Roos, K. P. (1999). Long cotton wool rolls as compression enhancers in macrosclerotherapy for varicose vein. *Dematology Surgery*, 25, 38-40.
- Tonga, S., & Thakor, N. V.(2009). *Quantitative EEG analysis methods and clinical application*. Boston: ARTEC HOUSE.
- Torgén, M., & Swerup, C.(2002). Individual factors and physical work load in relation to sensory thresholds in a middle-ages general population sample. *Eur J Appl Physiol*, 86, 418-427.
- Yong, H. J., An, S. K., Kang, S. M., Leem, M. H., Jang, T. S., & Choe, T. B.(2007). The effect of sound wave pattern on changes of electroencephalography in sound therapy. *Korean Journal of Aesthetics and Cosmetology*, 5(2), 73-81.
- Yosida, T.(1998). The estimation of mental stress by I/f frequency fluctuation of EEG. *Brain Topography*, 771-777.
- <http://www.laxtha.com/>