

원단의 촉감에 따른 뇌파 특성 분석

이 소 영

건국대학교 의상디자인 전공 조교수

Analysis of EEG by Tactile Sensation of Fabric

So-Young Lee

Assistant Professor, Dept. of Apparel Design, Konkuk University

(투고일: 2014. 2. 7, 심사(수정)일: 2014. 4. 5, 게재확정일: 2014. 4. 15)

ABSTRACT

The purpose of this study is to measure the touching stimulus level of EEG for fabrics to create a reference data for product planning of clothes with touching characteristics of high satisfaction. The subjects were composed of 6 female college students and their EEG level was measured while they touched 6 kinds of Korean traditional silk fabric. The results are as follows: 1. *Shantung* and *Myoungju* showed the highest and the lowest values of alpha for the touching stimulus respectively. The fabric of *Shantung* showed high values of alpha, beta, theta, delta, gamma, high-beta and SMR for the touching stimulus. 2. The values of beta were the highest with *Shantung* and the lowest with *Nobangju* for the touching stimulus. 3. The highest values of theta and delta for the touching stimulus was assigned to *Shantung* and the lowest belonged to *Gabsa*. 4. The highest values of gamma for the touching stimulus was assigned to *Shantung* and the lowest belonged to *Gongdan*. 5. The highest value of SMR for the touching stimulus was assigned to *Santung*, and the lowest belonged to *Gongdan* and *Nobangju*. 6. The highest values of high-beta for the touching stimulus was assigned to *Shantung* and the lowest belonged to *Gabsa* and *Gongdan*.

Key words: EEG(뇌파), silk fabric(실크), tactile sensation(촉감)

I. 서론

원단의 촉감은 의복 착용 시 쾌적함에 영향을 미치는 주요 요인 중 하나이며 촉감에 대한 감성은 개인에 따라 다양하므로 소비자들의 감성을 만족시킬 수 있는 의류소재의 촉감은 의복에서 매우 중요한 요소이다.¹⁾ 따라서 의복을 구매하는 소비자들의 감성을 충족시킬 수 있는 패션의류 생산을 위해서는 만족도 높은 촉감의 의류소재 선택이 필수적이며 이를 위해 의복 촉감에 대한 감성 평가가 선행되어야 할 것이다.

감성 평가 시 활용되는 측정방법은 주로 언어표현이나 생리적 신호 등이며²⁾ 감성공학에서 이용되는 생체신호는 혈압, 심전도, 맥박, 근전도, 피부온도, 뇌파 등으로 감성이나 감정에 대한 연구에는 주로 뇌파가 많이 이용되고 있다.³⁾ 뇌파(EEG, Electroencephalogram)는 대뇌피질 표면에서의 전위의 변동현상을 전기적인 신호로 측정하여 기록한 것을 말하며 대뇌피질이나 두피상에 전극을 장착하여 검출하는데 전위변동의 크기는 정상인의 경우 10~200 μ V 정도이다.⁴⁾ 이는 생리적, 심리적인 두뇌 기능을 반영한 측정의 지표로써 정서의 상태를 수치나 도표로 해석 가능하게 하여 기쁨이나 쾌적함, 긴장과 스트레스 등의 심리적 반응을 보여주며⁵⁾, 델타(delta, 0.1~4Hz), 세타(theta, 4~8Hz), 알파(alpha, 8~12Hz), SMR(sensorimotor rhythm, 12~15Hz) 베타(beta, 15~40Hz), 감마(gamma, 40~300Hz+), 로우베타(low beta, 12~16Hz, 15~18Hz), 미들베타(middle beta, 18~24Hz), 하이베타(high beta, 24~30Hz, 30~40Hz)로 분류되나 뇌파의 설정값은 클리닉마다 차이가 있다.⁶⁾ 뇌파는 뇌의 활성화 부위에 따라서도 차이가 나타나 단순 계산 시에는 뇌의 전체부위가, 복잡한 계산 시에는 좌뇌가 활성화되고 SMR과 베타가 높게 나타나며⁷⁾, 허리압박에 따라 좌우 전전두엽에서 뇌파의 값이 다른 부위에 비해 높은 값을 보인다.⁸⁾

이와 같이 뇌파는 자극에 따른 인간의 정서나 신체 상태 등의 변화에 반응하므로 의복 소재로써의 원단 자극은 의복 선택이나 착용 시의 중요한 요소가 되고 있다. 또한 원단의 촉감 자극은 단순히 쾌,

불쾌만으로 분류되지 않는 복합적 특성을 갖고 있으나 촉감 특성에 따른 뇌파 연구들은 촉감자극의 쾌, 불쾌만의 정서에 중점을 둔 연구만 있을 뿐 원단의 촉감 특성에 따른 뇌파의 변화에 관한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 원단의 촉감 특성에 따른 뇌파의 특성을 파악하여 만족도 높은 촉감 특성을 가진 의복이나 관련 상품 기획 시 참고자료로 삼고자한다.

II. 이론적 배경

뇌파는 뇌의 기능적 변화를 나타내는 것으로⁹⁾ 알파파는 긴장이 이완되고 편안한 상태에서 나타나며 베타파는 각성상태나 일반적인 작업 시, 세타파는 명상상태나 창의적 정신활동 시, 델타파는 깊은 잠에 빠졌을 경우나 각성상태에서도 두뇌전체에서 발생하며 감마파는 고도의 인지작용 시나 극도의 흥분 시, SMR은 집중력이 높아질 때, 하이베타파는 불안하거나 긴장한 상태에서¹⁰⁾ 출현된다.

이와 같이 뇌파는 정신적, 물리적 자극에 반응하므로 뇌파와 관련된 연구들은 주로 의학 분야의 질병 및 정신관련 연구에 많이 이용되어, 간질¹¹⁾, 치매¹²⁾, 정신분열¹³⁾, 최면술¹⁴⁾ 등에 관한 연구가 주류를 이루어 왔다. 그러나 최근 인간의 정서 및 감성이 중요시됨에 따라 뇌파를 인간의 정서 및 감성과 연관시켜 분석하는 연구가 점차 증가하고 있다. 이러한 연구들은 크게 3가지 유형으로, 자극에 따른 뇌파의 특성 분석, 효능이나 효과 입증 도구로써의 뇌파 연구, 뇌파를 이용한 감성상태의 진단 등으로 분류될 수 있다. 자극에 따른 뇌파의 특성 연구에서는 주로 청각 자극¹⁵⁾, 시각 자극¹⁶⁾, 촉각 자극¹⁷⁾, 압박 자극¹⁸⁾ 등에 따른 뇌파를 분석하였다. 청각 자극 시 알파파가 감소하고 베타파가 증가¹⁹⁾하며 음악과 터널 통과시의 실내소음 비교 시 음악을 들려주었을 경우에 항스트레스지수가 더 높게 나타났으며²⁰⁾, 직물의 소리자극 시 델타파가 증가²¹⁾하고 슬로우알파가 감소되었으며 시끄럽고 탁하다고 평가될수록 슬로우알파의 감소량이 크게 나타났다.²²⁾ 시각 자극에 대한 반응으로 3d 동영상 시청 시 감마파가 좌우 후두엽

에서 크게 증가하였으며²³⁾ 컬러 자극 시 색상에 따라 뇌파의 변화가 일어나 뇌의 부위별로 색상에 따른 활성부위와 뇌파가 달리 나타났다.²⁴⁾ 촉각자극 시에는 쾌 정서 유발 직물 접촉 시 왼쪽 전두엽과 두정엽에서 세타가 높게, 좌우 두정엽과 왼쪽 후두엽에서 슬로우알파가 높게 나타났으며²⁵⁾ 압박자극 시에는 뇌파값이 증가되어 좌우 전전두엽에서 높은 에너지 상승폭을 보였고 특히 오른쪽 전전두엽의 값이 왼쪽 전전두엽의 값보다 높게 나타났다.²⁶⁾

효능이나 효과 입증 도구로서의 뇌파연구는 마사지 전후의 뇌파 비교²⁷⁾, 의복의 쾌적성 평가²⁸⁾ 등이 있다. 마사지 후의 뇌파 분석 결과 등마사지보다 전신마사지에서 육체적, 정신적 스트레스 완화 효과가 높았으며²⁹⁾ 귀마사지 후 항스트레스와 정서지수 모두 증가³⁰⁾하였다. 또한 쾌적한 의복 착용 시 슬로우알파가 증가³¹⁾하였고 노년여성에 적합한 의복 착용 시 알파파 및 스트레스 지수 역개념인 알파/하이베타 값도 증가³²⁾하였다.

그 외 뇌파를 이용한 감성 상태 진단에 관한 연구에서 김동준, 우승진³³⁾은 허리압박에 관한 데이터 추출 후 상태별 평가 가능한 알고리즘을 개발하였고, 정연숙³⁴⁾은 안타까움, 분노, 공포의 감성을 감성평가 지수로 분류하였으며 염홍기 외³⁵⁾는 감정에 따른 뇌파 신호가 문자와 아바타로 표현되도록 하는 감정

인식 시뮬레이션을 제시하였다.

이와 같이 물리적, 감성적 자극에 따른 뇌파 분석 및 감성과 뇌파와의 관계 도출 등을 통한 다양한 연구가 꾸준히 진행되고 있으며 이를 실생활에 적용시키려는 노력도 계속되고 있다.

Ⅲ. 연구방법

1. 시료 선정

시료 선정을 위하여 한국 전통 견직물 30여종을 수집한 후 의류학 전공 대학원생 및 전문가 집단의 선호도를 토대로 예비실험을 거쳐 가장 많이 선정된 견직물 6종을 선정하였다. 시료는 초록색 계열로 통일하여 35cm×35cm의 크기로 제시하였으며 실험에 사용된 견직물의 물리적 특성은 <표 1>과 같다.

2. 피험자 선정

뇌파분석의 피험자는 의학적 질환이 없는 20대 여대생 6명으로 피험자의 신체적 특성은 <표 2>와 같다.

3. 뇌파실험

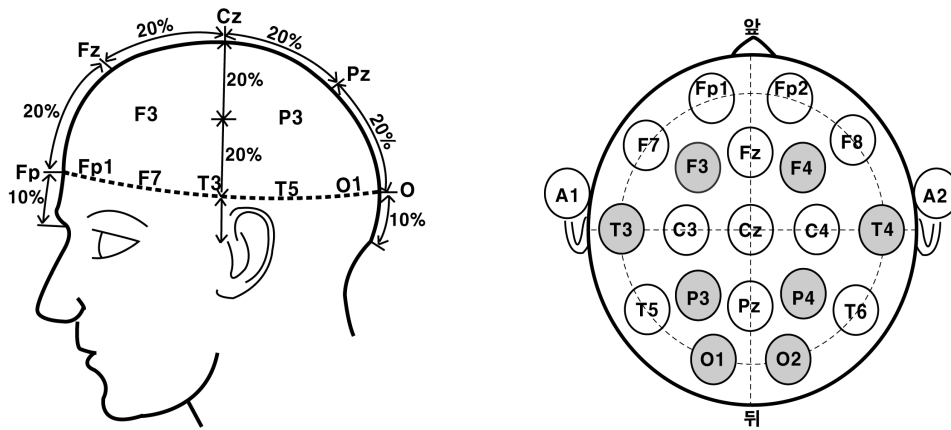
뇌파실험은 실내온도 20±1℃, 습도 50±10% RH의

<표 1> 시료의 물리적 성질

물성		원단	공단	산통	명주	감사	노방주	유통
조직			수자직	평직	평직	변형레노직	평직	평직
혼용율(%)			견100	견100	견100	견100	견100	견100
두께(mm)			0.25	0.21	0.18	0.13	0.15	0.21
무게(g/m ²)			124.9	83.7	67.6	33.6	29.2	62.1
변수(D)	경사		33.6	17.1/2	72.9	-	21.3	18.0/2
	위사		154.5	73.3/2	67.5/2	72.0	22.8/2	17.5/2
밀도(올/5cm)	경사		622.6	535.4	177.2	180.6	218.6	550.4
	위사		215.0	133.6	98.4	125.4	187.0	212.6
인장신도(%)	경사		14.6	16.7	9.6	12.1	18.2	16.7
	위사		18.7	11.0	8.5	14.4	14.5	16.7
인장강도(N)	경사		480.0	210.0	230.0	130.0	100.0	500.0
	위사		370.0	420.0	250.0	200.0	200.0	200.0

〈표 2〉 피험자의 신체적 특성

항목	피험자(나이)	S1(21세)	S2(22세)	S3(22세)	S4(22세)	S5(22세)	S6(22세)	평균	표준 편차
키(cm)		160.00	167.00	160.00	160.00	164.00	164.00	162.50	2.95
몸무게(kg)		48.00	63.00	60.00	58.00	50.00	52.00	55.17	6.01
BMI		18.75	22.58	23.44	22.66	18.59	19.33	20.74	2.23



〈그림 1〉 국제 10-20 system

의복환경실험실에서 이루어졌으며 3일 간격으로 각각 2회 실시하였다. 피험자들은 식사 2시간 경과 후 실험에 참가하였으며 본 실험 시작 20분 전에 입실하여 의자에 앉은 자세로 실험 시작 10분 전에 두피에 센서를 부착시킨 후 안정을 취하도록 하였다. 촉감자극이 없는 상태의 뇌파측정은 아무런 자극 없이 정적인 상태를 유지하게 하여 30초간 측정하였으며, 촉감자극 시의 뇌파측정은 견직물 6종을 피험자들에게 무작위로 제시한 후 손으로 촉감을 느끼도록 하여 원단별로 각 30초간 측정하였다. 측정된 뇌파 중 시작 후 10초, 종료 전 10초를 제외한 중간 10초를 연구 데이터로 이용하였다.

측정기기는 오스트리아 Schuhfried사의 Biofeedback 2000 x-pert wireless multi-module을 사용하였다. 측정위치는 〈그림 1〉과 같이 '국제 10-20 시스템(International 10-20 system)'에 따랐으며 오른쪽 귀밑을 기준전극으로 하여 F3(좌전두엽), F4(우전두엽), T3(좌측두엽 중부), T4(우측두엽 중부), P3(좌

두정엽), P4(우두정엽), O1(좌후두엽), O2(우후두엽)에 전극을 부착한 후 멀티모듈에 연결하였다. 측정뇌파는 알파(alpha, 8~12Hz), 베타(beta, 15~20Hz), 세타(theta, 4~8Hz), 델타(delta, 0.4~4Hz), 감마(gamma, 30~45Hz), SMR(sensorimotor rhythm, 12~15Hz) 하이베타(high beta, 20~30Hz)로, 0.038초당 1회씩 측정된 자료가 고속 푸리에 변환(FFT)되어 각 주파수 대역이 차지하는 상대적인 파워값이 자동 기록되었다.

4. 통계처리 및 분석

뇌파의 측정값은 SPSS 19.0 for windows를 이용하여 각 뇌파의 파워값에 대한 평균 및 표준편차 등의 기술통계 및 분산분석을 실시하였으며 분산분석 결과 유의차가 인정된 항목은 사후분석(Duncan test)을 실시하였다. 또한, 각 원단의 촉감특성과 뇌파와의 관계를 분석하기 위하여 원단의 요인별 촉감

〈표 3〉 시료의 주관적 촉감평가

요인		원단별 촉감평가 점수(Duncan)					
		공단	산통	명주	갑사	노방주	유통
요인 1	얇다	2.08(d)	3.74(c)	3.87(bc)	4.34(a)	4.09(ab)	3.68(c)
	가볍다	2.32(d)	3.96(bc)	3.98(bc)	4.30(a)	4.19(ab)	3.83(c)
	사각거린다	2.74(c)	3.55(b)	3.47(b)	4.40(a)	4.53(a)	2.60(c)
	거칠다	2.13(d)	3.34(b)	3.09(b)	3.83(a)	4.09(a)	2.45(c)
	오돌도돌하다	1.77(c)	3.15(ab)	2.81(b)	3.36(a)	3.51(a)	2.81(b)
요인 2	딱딱하다	3.15(b)	2.58(c)	2.68(c)	3.23(b)	3.83(a)	2.21(d)
	뻣뻣하다	3.08(c)	3.32(c)	3.09(c)	3.19(b)	4.26(a)	2.21(d)
	강하다	3.58(a)	2.70(bc)	2.70(bc)	2.92(b)	3.32(a)	2.47(c)
요인 3	탄력이있다	2.74	2.47	2.58	2.53	2.49	2.62
	보송보송하다	3.32(a)	2.79(b)	2.77(b)	2.38(c)	2.17(c)	3.06(ab)
	따뜻하다	3.42(a)	2.32(c)	2.23(c)	1.87(d)	1.77(d)	2.77(b)

* Duncan test: a>b>c

특성과 뇌파간의 상관관계분석(spearman rho)을 실시하였다. 뇌파 분석 시의 촉감 특성은 선행연구의 주관적 촉감평가 결과³⁶⁾를 토대로 본 연구자가 요인 별로 재정리(표 3)하여 사용하였다.

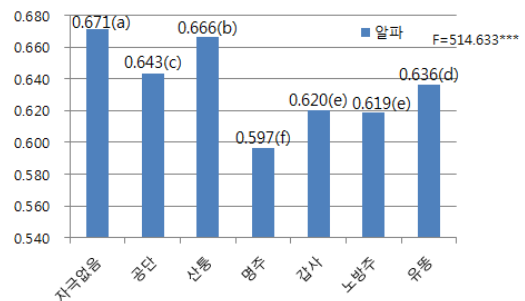
나 산통에서는 알파값이 가장 높게, 명주에서는 알파값이 가장 낮게 나타났으며 산통과 유사한 두께감을 갖는 유통의 촉감자극 시에는 알파값이 중간정도 수준의 값을 보였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 원단의 촉감자극에 따른 알파값

촉감자극에 따른 알파값은 〈그림 2〉와 같이 자극 없음(a)〉산통(b)〉공단(c)〉유통(d)〉갑사·노방주(e)〉명주(f)의 순으로, 원단의 촉감자극이 없을 경우에 가장 높게 나타났으며 산통의 촉감자극 시 가장 높게, 명주의 촉감자극 시 가장 낮게 나타났다. 아무런 원단의 자극이 없을 경우에 알파값이 높게 나타나 긍정적 자극 제시 시 알파파가 증가³⁷⁾한다는 결과와는 차이를 보였으나 소리자극에 따라 슬로우알파값이 감소³⁸⁾한다는 결과와는 ‘자극에 따른 알파값 감소’라는 점에서 동일한 결과를 보였다.

원단 특성이 유사한 갑사와 노방주는 촉감자극 시 동일한 알파값을 보였으나 산통과 명주는 상반된 결과를 보였다. 산통과 명주는 중량감과 강연도가 유사하며 두께감과 표면재질에서만 근소한 차이가 있



*** $p < .001$, Duncan test: a>b>c

〈그림 2〉 촉감자극에 따른 원단별 알파값의 비교

원단의 촉감특성과 알파값과의 상관관계 분석 결과 〈표 4〉와 같이 공단(뻣뻣하다+), 갑사(얇다+, 사각거린다+), 노방주(얇다+, 가볍다+, 사각거린다+, 뻣뻣하다+, 요인3-)의 촉감특성과 알파값은 높은 상관을 보였으나, 가장 높은 알파값을 보인 산통과 가장 낮은 알파값을 나타낸 명주, 중간수준의 알파값을 보인 유통 등의 촉감특성과 알파값과는 상관

을 보이지 않았다. 노방주와 갑사는 촉감특성에 따른 알파값이 동일한 수준으로 나타났으며 요인3의 촉감 특성인 '보송보송하다'와 '따뜻하다'의 촉감평가 점수는 동일하였으나, 알파값과의 상관관계 분석 결과 노방주는 요인3의 촉감특성과 부(-)의 상관을 보였으며 갑사는 요인3의 어느 항목과도 상관을 보이지 않아 노방주는 요인3의 '탄력이 있다', '보송보송하다'와 '따뜻하다'의 특성 간 상호작용과 얇고 가볍고 사각거리며 뽀뽀한 특성이 알파값에 영향을 미쳤으며 갑사는 얇고 사각거리리는 특성이 알파값에 영향을 미친 것으로 판단된다.

이와 같은 결과를 종합해 보면, 원단의 자극이 없는 경우에는 알파값이 가장 높게 나타나며 갑사나 노방주와 같이 얇고 가볍고 뽀뽀하며 사각거리리는 촉감자극에는 알파값이 낮아짐을 알 수 있다. 그러나, 갑사나 노방주보다 덜 뽀뽀하며 두께감이 높은 공단의 경우에도 '뽀뽀하다'와 높은 상관을 보이며 알파값이 가장 낮게 나타나, 원단의 두께나 뽀뽀한 특성 등에 따라 알파값이 영향을 받으나 그러한 특성의 크기에 따라 알파값이 비례하거나 반비례하지는 않으며 각 원단의 두께감이나 강연도 등을 포함한 기타 세부적 특성이 복합적으로 작용하여 알파값에 영향을 미친 것으로 판단된다.

<표 4> 알파값과 원단별 촉감특성과의 상관관계

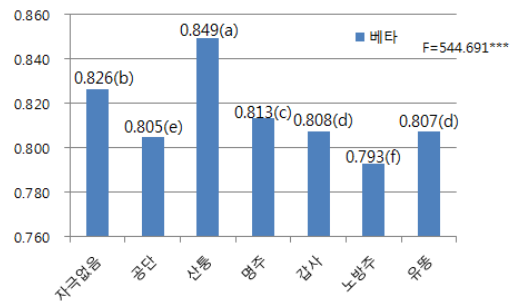
원단	요인	촉 감 특 성 (상관계수)
공단	2	뽀뽀하다(.878*)
갑사	1	얇다(.840*)
	1	사각거리다(.891*)
노방주	1	얇다(.828*)
	1	가볍다(.828*)
	1	사각거리다(.828*)
	2	뽀뽀하다(.828*)
	3	요인3 전체(-.886*)

* $p < .05$

2. 원단의 촉감자극에 따른 베타값

촉감자극에 따른 베타값은 <그림 3>과 같이 산통(a)>자극없음(b)>명주(c)>갑사·유통(d)>공단(e)>노

방주(f)의 순으로, 산통의 촉감자극 시 가장 높게 나타났으며 노방주의 촉감자극 시 가장 낮게 나타났다. 그러나 노방주와 표면재질 특성이 유사하며 중량감과 강연도에서 다소 차이를 보이는 갑사의 촉감자극 시에는 베타값이 원단 중 중간정도의 수준을 보였다. 또한 원단의 촉감자극이 없는 경우의 베타값은 산통 다음으로 높게 나타났으며 두께감, 무게감, 표면재질, 강연도 등에서 모두 상반된 특성을 지니고 있는 갑사와 유통의 촉감자극에 따른 베타값은 동일하게 나타났다.



*** $p < .001$, Duncan test: a>b>c

<그림 3> 촉감자극에 따른 원단별 베타값의 비교

원단의 촉감특성과 베타값과의 상관관계분석 결과 <표 5>와 같이 산통(얇다-), 명주(딱딱하다+), 갑사(얇다+, 보송보송하다+), 노방주(뽀뽀하다+), 유통(탄력이 있다-)의 촉감특성과 베타값은 높은 상관을 보였으나, 공단의 촉감특성과 베타값은 상관을 보이지 않았다. 원단의 촉감자극에 따라 가장 높은 베타값을 나타낸 산통의 촉감특성은 '얇다'와 부(-)의 상관을 보여 산통의 두께 특성이 베타값과 관계가 있음을 알 수 있으며 가장 낮은 베타값을 보인 노방주는 뽀뽀한 촉감특성으로 인해 베타값이 낮아졌음을 알 수 있다.

그러므로, 산통과 갑사의 두께감, 명주와 노방주의 강연도, 유통의 탄력성 등이 베타값에 영향을 미친다고 할 수 있으며 공단 촉감자극 시의 베타값은 원단의 촉감특성이 아닌 기타 요인에 의해 낮게 나타난 것이라 판단된다.

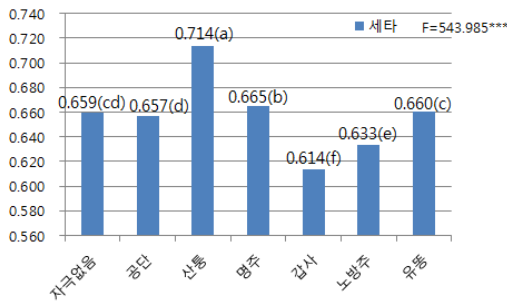
〈표 5〉 베타값과 원단별 촉감특성과의 상관관계

원 단	요 인	촉 감 특 성 (상관계수)
산통	1	얇다(-.828*)
명주	2	딱딱하다(.845*)
감사	1	얇다(.838*), 보송보송하다(.833*)
노방주	2	뻣뻣하다(.828*)
유통	3	탄력이있다(-.845*)

* $p < .05$

3. 원단의 촉감자극에 따른 세타값

촉감자극에 따른 세타값은 〈그림 4〉와 같이 산통(a)〉명주(b)〉유통(c) ≥ 자극없음(cd)〉공단(d)〉노방주(e)〉감사(f)의 순으로 산통의 촉감자극 시 가장 높게, 감사의 촉감자극 시 가장 낮게 나타났으며 원단의 촉감 자극이 없을 경우의 세타값은 중간정도 수준의 값을 보였다. 두께감이나 중량감, 표면재질 등에서 두드러진 특징이 없는 원단인 산통과 명주에서는 세타값이 높게 나타났으며, 두께감이나 중량감, 표면재질, 강연도 등에서 특징이 강한 원단인 노방주나 감사의 경우에는 세타값이 낮게 나타났다.



*** $p < .001$, Duncan test: a>b>c

〈그림 4〉 촉감자극에 따른 원단별 세타값의 비교

원단의 촉감특성과 세타값을 상관관계분석한 결과 〈표 6〉과 같이 공단(얇다-, 오돌도돌하다-), 명주(얇다+, 강하다-), 감사(사각거리다+), 노방주(뻣뻣하다+), 유통(탄력이있다-)의 촉감특성과 세타값은 높은 상관을 보였으나, 산통의 촉감특성과 세타값을 보이지 않았다.

따라서 가장 높은 세타값을 보인 산통은 촉감 자

극으로 인해 세타값이 높게 나타난 것이 아닌 기타 특성으로 인해 세타값에 영향을 미친 것으로 판단되며, 원단의 촉감자극이 없는 경우나 공단과 같이 두께감과 표면재질의 특성이 강하지 않은 원단, 명주와 같이 두드러지지 않는 두께감이나 강연도를 지닌 원단의 촉감자극에서 세타값은 중간 이하의 값을 보이며, 감사와 노방주와 같이 사각거리고 뻣뻣한 특성이 강한 원단의 촉감자극 시에는 세타값이 낮아짐을 알 수 있다.

〈표 6〉 세타값과 원단별 촉감특성과의 상관관계

원 단	요 인	촉 감 특 성 (상관계수)
공단	1	얇다(-.845*)
	1	오돌도돌하다(-.828*)
명주	1	얇다(.880*)
	2	강하다(-.883*)
감사	1	사각거리다(.878*)
노방주	2	뻣뻣하다(.828*)
유통	3	탄력이있다(-.845*)

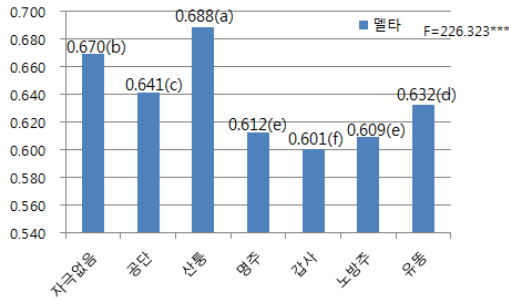
* $p < .05$

4. 원단의 촉감자극에 따른 델타값

촉감자극에 따른 델타값은 〈그림 5〉와 같이 산통(a)〉자극없음(b)〉공단(c)〉유통(d)〉명주·노방주(e)〉감사(f)의 순으로, 산통의 촉감자극 시 가장 높게 나타났으며 감사의 촉감자극 시 가장 낮게 나타났다. 원단의 촉감자극이 없는 경우의 델타값은 베타값에서와 마찬가지로 산통 다음으로 높게 나타났다.

델타값은 노방주나 감사와 같이 두께감과 중량감이 낮고 표면재질이 사각거리며 거칠고 오돌도돌한 원단의 촉감자극 시, 또는 명주와 같이 원단 중 중간 이하의 두께와 덜 오돌도돌한 특성을 가진 원단의 촉감자극 시에 중간 이하의 수준으로 낮게 나타났다. 원단의 두께감과 중량감이 높고 표면 거칠기나 오돌도돌함 등이 약한 공단의 촉감자극 시에는 델타값이 산통 다음으로 높게 나타났으며 비교적 얇다고 평가된 명주와 노방주는 감사 다음으로 델타값이 적게 나타났다. 또한 산통의 촉감자극 시에는 델타값이 가장 높게 나타났으나 이와 중량감과 표면재질은 유사

하나 두께가 다소 두꺼운 명주의 촉감자극 시에는 중간 이하의 수준으로 나타났다.



*** $p < .001$, Duncan test: a>b>c

〈그림 5〉 촉감자극에 따른 원단별 델타값의 비교

원단의 촉감특성과 델타값의 상관관계를 분석한 결과 〈표 7〉과 같이 명주(따뜻하다-), 갑사(사각거린다+), 노방주(뻣뻣하다+)의 촉감특성과 델타값은 높은 상관을 보였으나, 공단, 산통, 유통의 촉감특성과는 상관을 보이지 않았다. 이를 원단별 촉감자극에 따른 델타값의 크기와 관련시켜 살펴보면, 델타값이 중간수준 이상으로 높게 나타난 산통, 공단, 유통 등의 촉감특성은 델타값과 상관을 보이지 않았으나 중간 이하의 낮은 델타값을 보인 명주, 갑사, 노방주는 델타값과 상관을 보였다. 또한 델타값과 음의 상관을 보인 명주의 ‘따뜻하다’ 특성은 산통과 동일한 수준이었으나 산통의 촉감특성과 델타값은 상관을 보이지 않아 산통의 델타값이 높게 나타난 것은 촉감특성의 영향이 아닌 다른 요인에 의한 결과라 생각되며 갑사는 사각거리는 표면재질의 영향으로 델타값이 낮게 나타났음을 알 수 있다.

〈표 7〉 델타값과 원단별 촉감특성과의 상관관계

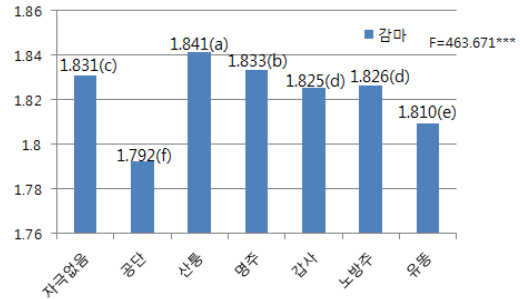
원 단	요 인	촉 감 특 성 (상관계수)
명주	3	따뜻하다(-.828*)
갑사	1	사각거린다(.878*)
노방주	2	뻣뻣하다(.828*)

* $p < .05$

5. 원단의 촉감자극에 따른 감마값

촉감자극에 따른 감마값은 〈그림 6〉과 같이 산통(a)>명주(b)>자극없음(c)>갑사·노방주(d)>유통(e)>공단(f)의 순으로, 산통의 촉감자극 시 가장 높게 공단의 촉감자극 시 가장 낮게 나타났다.

두께감, 중량감이 높고 표면재질이 부드러운 특성이 있는 공단의 촉감자극 시 감마값이 가장 낮았으며 이보다 두께감과 중량감, 표면재질의 거칠기가 다소 낮은 유통의 촉감자극 시에도 공단 다음으로 낮은 감마값을 보였다. 또한 두께감과 중량감이 낮으며 표면재질이 거칠고 오돌도돌한 특성을 지닌 갑사와 노방주의 촉감자극 시에는 중간정도 수준의 감마값을 나타냈으며 이와 상반된 특성의 유통과 공단의 촉감자극 시에는 낮은 감마값을 보였다.



*** $p < .001$, Duncan test: a>b>c

〈그림 6〉 촉감자극에 따른 원단별 감마값의 비교

원단의 촉감특성과 감마값의 상관관계 분석 결과 〈표 8〉과 같이 감마값은 요인1의 촉감특성과만 상관을 보여, 명주(요인1전체+), 갑사(얇다+, 사각거린다+), 유통(요인1전체+)의 촉감특성과 감마값은 높은 상관을 보였으나, 공단, 산통, 노방주의 촉감특성과는 상관을 보이지 않았다. 명주와 산통은 요인1 중 두께감과 표면재질에서만 차이가 있으며 기타 촉감특성이 동일하나 산통의 촉감자극과 감마값 간의 상관이 없는 것으로 보아 명주의 두께감과 표면재질을 포함한 요인1의 각 항목별 특성들이 상호작용하여 감마값에 영향을 미친 것으로 판단된다.

따라서 가장 높은 감마값을 보인 산통과 가장 낮

은 감마값을 보인 공단, 중간정도 수준의 감마값을 보인 노방주의 경우에는 촉감 자극의 영향이 아닌 기타 요인으로 의해 감마값에 영향을 미친 것을 알 수 있으며, 명주와 유평의 촉감자극에 따른 감마값은 요인1 전체의 영향을, 갑사의 촉감자극에 따른 감마값은 요인1 중 '얇다'와 '사각거린다'의 영향을 받았음을 알 수 있다.

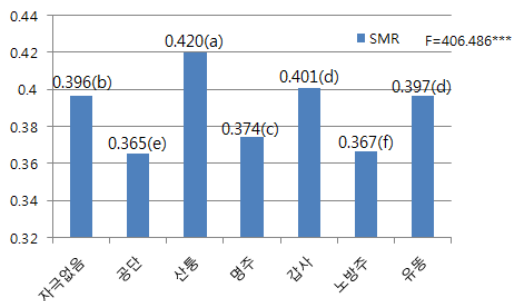
<표 8> 감마값과 원단별 촉감특성과의 상관관계 분석

원 단	요 인	촉 감 특 성 (상관계수)
명주	1	요인1 전체(.829*)
갑사	1	얇다(.828*)
	1	사각거린다(.878*)
유평	1	요인1 전체(.886*)

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

6. 원단의 촉감자극에 따른 SMR값

촉감자극에 따른 SMR값은 <그림 7>과 같이 산통(a)>갑사(b)>자극없음·유평(c)>명주(d)>공단·노방주(e)의 순으로 산통이 가장 높게, 공단과 노방주가 가장 낮게 나타났다. 두께감, 중량감, 표면재질의 특성이 모두 상반되며 원단 재질의 '강하다'는 특성에서만 공통점을 가지고 있는 공단과 노방주는 가장 낮은 SMR값을 보였으며, 강연도의 특성에서만 다소 차이를 보이는 갑사와 노방주의 경우 강하다고 평가된 갑사의 촉감자극 시 SMR의 값이 산통 다음으로 높게 나타났으나 가장 딱딱하고 뻣뻣하고 강하다고 평가된 노방주의 촉감자극 시에는 SMR값이 가장 낮게 나타났다.



*** $p < .001$, Duncan test: a>b>c

<그림 7> 촉감자극에 따른 원단별 SMR값의 비교

원단의 촉감특성과 SMR값의 상관관계를 분석한 결과 <표 9>와 같이 명주(요인1전체-), 갑사(얇다-, 보송보송하다-), 유평(가볍다-, 요인2전체+, 따뜻하다-)의 촉감특성과 SMR값은 높은 상관을 보였으나, 공단, 산통, 노방주의 촉감특성과는 상관을 보이지 않았다. SMR값이 높게 나타난 산통과 명주는 요인1의 '얇다'와 '오돌도돌하다'에서만 근소한 차이가 있으며 나머지 촉감특성은 유사하나, 상관분석 결과 산통이 SMR값과 상관을 보이지 않는 점으로 보아 산통의 SMR값이 높게 나온 것은 촉감의 특성이 아닌 기타 요인에 의한 것이라 판단되며 명주는 요인1의 특성으로 인해 SMR값에 영향을 미친 것이라 생각된다. 따라서 촉감자극에 따라 가장 높은 SMR값을 보인 산통과 가장 낮은 SMR값을 보인 노방주, 노방주 다음으로 낮은 값을 보인 공단은 촉감 자극이 아닌 기타 특성에 의해 SMR값에 영향을 미친 것이라 판단된다.

<표 9> SMR값과 원단별 촉감특성과의 상관관계 분석

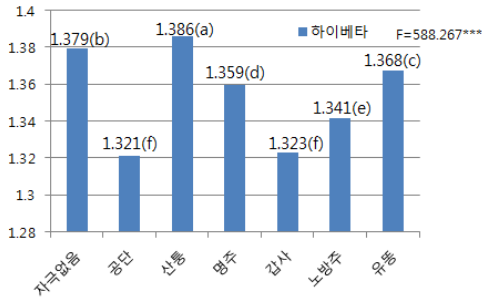
원 단	요 인	촉 감 특 성 (상관계수)
명주	1	요인1 전체(-.943**)
갑사	1	얇다(-.828*)
	3	보송보송하다(-.926**)
유평	1	가볍다(-.845*)
	2	요인2 전체(.829)
	3	따뜻하다(-.880)

* $p < .05$, ** $p < .01$

7. 원단의 촉감자극에 따른 하이베타값

촉감자극에 따른 하이베타값은 <그림 8>과 같이 산통(a)>자극없음(b)>유평(c)>명주(d)>노방주(e)>갑사·공단(f)의 순으로 산통의 촉감 자극 시 가장 높게, 공단의 촉감자극 시 가장 낮게 나타났다. 원단의 촉감 자극이 없는 경우의 하이베타값은 베타값, 델타값에서와 마찬가지로 산통 다음으로 높게 나타났으며 산통과 유사한 특성을 가진 명주는 중간 정도의 수준으로 나타났다. 공단과 갑사는 두께감, 중량감, 표면재질 등에서 상반된 값을 보였으며 '딱딱하다'는 특성에서만 공통점을 보였으나 촉감자극 시에는 두

원단의 하이베타값이 동일한 수준으로 낮게 나타났다.



*** $p < .001$, Duncan test: a>b>c

〈그림 8〉 촉감자극에 따른 원단별 하이베타값의 비교

원단의 촉감특성과 하이베타값의 상관관계 분석 결과 〈표 10〉과 같이 하이베타값은 갑사(얇다-, 거칠다+), 유통(얇다-)의 촉감특성과만 상관을 보였으며, 공단, 산통, 명주, 노방주의 촉감특성과는 상관을 보이지 않았다. 따라서 하이베타값은 갑사의 얇은 두께와 거친 촉감특성, 유통의 두께감 등의 영향으로 가장 낮게 나타난 것으로 판단되며 나머지 원단들은 하이베타값과 촉감특성과의 상관을 보이지 않아 하이베타값은 원단의 촉감특성을 크게 반영하지 않는 뇌파임을 알 수 있다.

〈표 10〉 하이베타값과 (원단별) 촉감특성과의 상관관계 분석

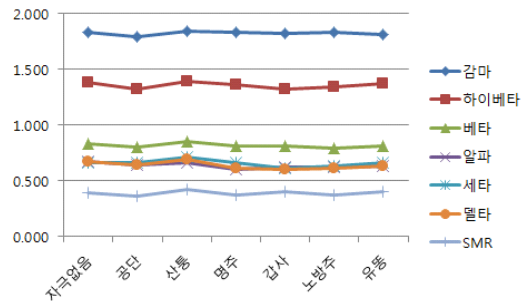
원 단	요 인	촉 감 특 성 (상관계수)
갑사	1	얇다(-.828*)
	1	거칠다(.845*)
유통	1	얇다(-.833*)

* $p < .05$

8. 원단별 뇌파의 특성 분석

원단의 촉감자극에 따른 뇌파를 비교해보면 〈그림 9〉와 같이 산통의 촉감자극 시에 모든 뇌파가 가장 높았으며 갑사의 촉감자극 시에는 세타, 델타, 하이베타 값이 가장 낮았다. 그러나 원단의 촉감특성을 뇌파에 잘 반영하는 원단의 순서는 뇌파값의 크기와는 달리 갑사>유통·명주>노방주>공단>산통 순으로,

갑사는 모든 뇌파와 상관을 보였으며, 유통은 베타, 세타, 감마, SMR, 하이베타와, 명주는 베타, 세타, 델타, 감마, SMR과, 노방주는 알파, 베타, 세타, 델타와, 공단은 알파, 세타와, 산통은 베타와 상관을 보였다. 따라서 갑사는 실험 원단 중 촉감 특성을 뇌파에 가장 잘 반영하는 원단이라 할 수 있으며 산통은 촉감특성이 뇌파에 가장 잘 반영되지 못하는 원단이라 할 수 있다. 또한 갑사와 노방주는 모든 뇌파에서 중간 이하의 값을 보여 두 원단의 공통적 특성인 사각 거리며 오돌도돌한 표면특성 및 강도나 두께 등의 특징이 뇌파에 작용된 것이라 생각된다.



〈그림 9〉 촉감자극에 따른 원단별 뇌파값의 비교

V. 요약 및 결론

본 연구는 원단의 촉감 특성에 따른 뇌파의 특성을 파악하여 만족도 높은 촉감 특성을 가진 의복이나 관련 상품 기획 시 참고자료로 삼고자하였으며, 한국의 전통 견직물 6종의 촉감자극에 따른 뇌파의 특성을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 원단의 촉감자극 시 전반적으로 뇌파가 높게 나타나는 원단과 낮게 나타나는 원단이 뚜렷하게 구분되었다. 촉감자극 시 산통 원단에서는 알파, 베타, 세타, 델타, 감마, 하이베타, SMR 값이 모두 높게 나타났으며 명주는 각 뇌파가 낮은 값부터 높은 값까지 골고루 분포하였고 공단과 유통은 중간이나 중간 이하의 값을 보였다. 원단의 촉감자극이 없는 경우의 뇌파는 알파값이 가장 높게 나타났으며 베타값, 델타값, 하이베타값은 산통 다음으로 높게 나타났으나 세타값은 중간 수준 이하의 값을 보였다. 원단의 촉감

특성과 뇌파와의 상관관계 분석 결과, 뇌파는 촉감의 자극 뿐 아니라 기타 요인에 의해서도 영향을 받아 변화됨을 알 수 있다.

2. 알파값은 원단의 촉감자극이 없는 경우에 가장 높게 나타났으며 원단의 촉감자극 시에는 산통의 촉감자극 시 가장 높게, 명주의 촉감자극 시 가장 낮게 나타났다. 상관관계분석 결과 촉감자극에 따라 알파값에 영향을 미치는 원단은 공단, 감사, 노방주였다.

3. 베타값은 산통의 촉감자극 시 가장 높게, 노방주의 촉감자극 시 가장 낮게 나타났으며, 촉감자극에 따라 베타값에 영향을 미치는 원단은 산통, 명주, 감사, 노방주, 유통 등으로 공단을 제외한 모든 원단의 촉감과 상관을 보였다.

4. 세타값은 산통의 촉감자극 시 가장 높게, 감사의 촉감자극 시 가장 낮게 나타났다. 촉감자극에 따라 세타값에 영향을 미치는 원단은 공단, 명주, 감사, 노방주, 유통 등으로 세타파는 산통을 제외한 모든 원단의 촉감과 상관을 보였으며 원단의 요인별 촉감 특성에도 다양하게 반응하였으므로 원단의 촉감특성을 가장 잘 반영하는 뇌파라 할 수 있다.

5. 델타값은 세타값과 마찬가지로 산통의 촉감자극 시 가장 높게, 감사의 촉감자극 시 가장 낮게 나타났으며, 상관관계분석 결과 촉감자극에 따라 델타값에 영향을 미치는 원단은 명주, 감사, 노방주로 나타났다.

6. 감마값은 산통의 촉감자극 시 가장 높게, 공단의 촉감자극 시 가장 낮게 나타났으며 상관관계분석 결과 촉감자극에 따라 감마값에 영향을 미치는 원단은 명주, 감사, 유통으로 나타났다.

7. SMR값은 산통의 촉감자극 시 가장 높게, 공단과 노방주의 촉감자극 시 가장 낮게 나타났으며 상관관계분석 결과 촉감자극에 따라 SMR값에 영향을 미치는 원단은 감마값에서와 마찬가지로 명주, 감사, 유통으로 나타났다.

8. 하이베타값은 산통의 촉감 자극 시 가장 높게, 공단과 감사의 촉감자극 시 가장 낮게 나타났으며 상관관계분석 결과 촉감자극에 따라 하이베타값에 영향을 미치는 원단은 감사와 유통으로, 하이베타값은 조사 원단 중 가장 원단의 촉감특성을 반영하지

못하는 뇌파라 할 수 있다.

이와 같이 뇌파는 원단의 촉감 특성 및 기타 요인에 의해 특징적으로 변화되며 원단의 미세한 차이점에도 민감하게 반응하므로, 원단의 촉감특성 뿐 아니라 원단의 물리적 성질이나 기타 특성들에 따른 다각도의 뇌파 연구가 계속되어야 할 것이다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 뇌파와 원단 간의 특성을 일상생활에 적용시킨다면 좀 더 감성을 만족시킬 수 있는 일상생활 영역에 도움이 될 수 있을 것이다. 본 연구 결과를 의생활에 적용시켜, 긴장의 이완이나 편안함이 요구되는 휴식복의 경우에는 알파파가 높게 나타난 산통이나 공단 소재를 사용하여 제작하는 것이 바람직할 것이며 예술가들의 창의적 작품 활동 시의 작업복으로는 세타파가 높게 나타난 산통이나 명주 소재의 의복이 도움이 될 수 있을 것이다. 또한 고도의 인지작용이나 강한 집중력이 요구되는 수험생이나 전문가들의 의복소재로는 감마값과 SMR값이 높게 나타난 산통 소재가 적합하며, 강한 집중력이 요구되는 작업을 할 경우의 의복소재로 SMR값이 낮게 나타난 공단이나 노방주 소재는 적합하지 않을 것으로 생각된다. 또한 하이베타값이 낮게 나타난 감사의 얇고 거친 촉감특성은 불안감 및 긴장 해소에 도움이 되므로 불안장애 환자나 기타 안정을 요하는 환자복 등으로 적합할 것으로 생각된다.

이러한 연구결과를 바탕으로 원단을 좀 더 특징적으로 세분화시켜 분석한다면 원단에 따른 다양한 뇌파의 특성을 추출할 수 있을 것이다. 본 연구는 소수의 피험자와 한정된 원단으로 원단의 촉감특성에 따른 뇌파의 특성만을 연구하였으나, 후속 연구에서는 좀 더 다수의 피험자와 다양한 원단을 대상으로 원단의 촉감, 피험자들의 주관적 감성, 뇌파를 관련시켜 복합적 감성을 추론할 수 있는 측정 도구로서의 뇌파 연구를 다각도로 진행시켜야 할 것이다.

참고문헌

- 1) Li, Y. (2001), The science of Clothing Comfort, *Textile Progress*, 31(1/2), p. 2;
이은주 (2007), 전통 견직물의 촉각적 감성요인, *감성과학*, 10(1), pp. 99-111;
이안래, 이은주 (2011), 견직물의 역학적 성질과 색채

- 특성을 이용한 촉감각/감성이미지 예측모델, *감성과학*, 14(1), pp. 127-136.
- 2) 정효일, 김태수, 황유선 (2011), 감성진단칩: 인간 감성 측정을 위한 바이오칩 기술의 진화, *감성과학*, 14(1), p. 158.
 - 3) 김동준 (2004), 성격에 따른 뇌파의 특성 분석에 관한 연구, *창주대학교 산업과학연구*, 22(1), pp. 185-191; 조원학 (2011), 감성공학적 제품설계를 위한 다양한 인체 생리신호의 평가 및 정량화 기법에 관한 연구, 성균관대학교 대학원 박사학위논문.
 - 4) 신상균 (1998) 유발뇌파의 감성평가 지수에 관한 연구, 명지대 대학원 석사학위논문, p. 4.
 - 5) 이에영 (2011), 컬러가 인간의 생리·정서적 반응에 미치는 효과, 창원대학교 대학원 박사학위논문, p. 4.
 - 6) David A. Kaiser (2006), What is Quantitative EEG?, *Journal of Neurotherapy*, 10(4), p. 39.
 - 7) Kwon, H., Cho, J., Lee, E (2009), EEG Asymmetry Analysis of the Left and Right Brain Activities During Simple versus Complex Arithmetic Learning, *Journal of Neurotherapy*, 13(2), pp. 109-116.
 - 8) 김동준, 우승진 (2005), 허리압박의 변화에 따른 뇌파 특성에 관한 연구, *산업과학연구*, 22(3), pp. 219-224.
 - 9) 김대식, 최장욱 (2001), *뇌파검사학*, 서울: 고려의학, p. 4.
 - 10) 이에영 (2011), *op. cit.*, pp. 35-36.
 - 11) Drury I, Beydoun A. (1998), Interictal epileptiform activity in elderly patients with epilepsy, *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 106, pp. 1019-1030; 박현석, 이두수, 김선일 (1998), 웨이브렛과 신경회로망을 이용한 EEG의 간질파형 검출, *전자공학회논문지*, 35(2), pp. 218-226; Hughes JR, Zialcita ML. (1999), EEG and epilepsy in the elderly compared to a younger group, *Clin EEG Neurosci*, 30, pp. 126-131; 류현정 (2001), 부분 간질 환자에서 간질양 뇌파와 정상뇌파의 비선형적 비교분석, 이화여자대학교 대학원 석사학위논문; Smith SJM. (2005), EEG in the diagnosis, classification and management of patients with epilepsy, *J Neurol Neurosurg Psychiatry, Suppl*, 2, pp. 2-7; 정유진 (2007), 소아 간질 환자에서 수면뇌파와 각성 뇌파의 간질파 발현율의 비교, 부산대학교 대학원 석사학위논문; Philip Watson et al. (2012), Retrospective study of sensitivity and specificity of EEG in the elderly compared with younger age groups, *Epilepsy & Behavior*, 25, pp. 408-411.
 - 12) 고효진 외 (2000), 알츠하이머형 치매환자 뇌파의 시공간적 패턴분석, *신경정신의학*, 39(2), pp. 402-411; Hogan, M.J., et al. (2003), Memoryrelated EEG power and coherence reductions in mild Alzheimer's disease, *International Journal of Psychophysiology*, 49, pp. 147-163; Bonanni L., et al. (2008), EEG comparisons in early Alzheimers disease, Dementia with Lewy Bodies and Parkinson's Disease with dementia patients, *Brain*, 131, pp. 690-705; Ponomarova N., Korovaitseva G, Rogaev E. (2008), EEG alterations in non-demented individuals related to apolipoprotein E genotype and risk of Alzheimers, *Neurobiol Aging*, 29, pp. 819-827; 한동욱, 서병도, 손영민 (2008), 치매에서 정량적 뇌파 검사의 유용성, *대한물리치료과학회지*, 15(3), pp. 9-17; Fonseca, L.C. et al. (2011), EEG Theta and Alpha Reactivity on Opening the Eyes in the Diagnosis of Alzheimer's Disease, *Clinical EEG and Neuroscience*, 42(3), pp. 185-189.
 - 13) Merrin, E.L. (1996), Negative symptoms and EEG alpha in schizophrenia, *Schizophrenia research*, 19 (2,3), pp. 151-161; Danos, p. et al. (2001), EEG alpha rhythm and glucose metabolic rate in the thalamus in schizophrenia, *Neuropsychobiology*, 43, pp. 265-272; 정주영 외 (2003), 다채널 뇌파의 웨이블릿 계수와 신경망을 이용한 정신분열증의 판별, *의공학회지*, 24 (2), pp. 99-106; 신철진 (2008), 정신분열병 환자의 항정신병 약물치료 전후의 뇌파 소견의 변화, *충북의대학술지*, 18(1), pp. 1-14; Jalili, M., Knyazeva, M.G. (2011), EEG based functional networks in schizophrenia, *computers in biology and medicine*, 41(12), pp. 1178-1186; 성경애, 이승환, 김현택 (2011), 정신분열병 환자에서 보이는 감마 진동의 이상, *대한정신약물학회지*, 22 (1), pp. 15-20.
 - 14) Montgomery, D.D, Dwyer, K. V., & Kelly, S.M. (2000), Relationship between QEEG relative power and hypnotic susceptibility, *American Journal of Clinical Hypnosis*, 43, pp. 71-75; 고용철 (2004), Fractal analysis of EEG in hypnosis, 한양대학교 대학원 박사학위논문; Fingelkurts, An. A., et al. (2007), Cortex functional connectivity as a neurophysiological correlate of hypnosis, *Neuropsychologia*, 45, pp. 1452-1462; David white, et al. (2009), EEG correlates of virtual reality hypnosis, *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 57(1), pp. 94-116; Baghdadi, G., Nasrabadi, A.M. (2012), EEG phase synchronization during hypnosis induction, *Journal of medical engineering & technology*, 36(4), pp. 222-229.
 - 15) 조원학 (2011), 감성공학적 제품설계를 위한 다양한 인체생리신호의 평가 및 정량화 기법에 관한 연구, 성균관대학교 대학원 박사학위논문; 전상호 (2012), 뇌파를 이용한 KTX 실내소음에 따른 스트레스 분석, 부경대학교 대학원 석사학위논문; 조수민 (2006), 한국 전통 건직물 소리에 대한 생리적·심리적 반응, 연세대학교 대학원 석사학위논문;

- 조자영 외 (2001), 직물 마찰음에 대한 심리생리적 반응, *감성과학*, 4(2), pp. 79-88.
- 16) 김석희 (2011), EEG를 이용한 3D 영상 시청시의 뇌파변화 분석 연구, 서울과학기술대학교 산업대학원 석사학위논문:
이애영 (2011), 컬러가 인간의 생리·정서적 반응에 미치는 효과, 창원대학교 대학원 박사학위논문.
- 17) 김지은 외 (1998), 직물촉각자극에 의해 유발된 정서와 EEG 특성, *한국감성과학회지*, 1(1), pp. 153-160.
- 18) 김동준, 우승진 (2005), 허리압박의 변화에 따른 뇌파 특성에 관한 연구, *산업과학연구*, 22(3), pp. 219-224.
- 19) 조원학 (2011), 감성공학적 제품설계를 위한 다양한 인체생리신호의 평가 및 정량화 기법에 관한 연구, 성균관대학교 대학원 박사학위논문.
- 20) 전상호 (2012), *op. cit.*, p. 27.
- 21) 조수민 (2006), *op. cit.*, p. 65.
- 22) 조자영 외 (2001), *op. cit.*, p. 85.
- 23) 김석희 (2011), *op. cit.*, p. 21.
- 24) 이애영 (2011), *op. cit.*
- 25) 김지은 외, (1998), *op. cit.*, p. 157.
- 26) 김동준, 우승진 (2005), *op. cit.*, p. 223.
- 27) 최아름 (2011), 스웨디시 마사지가 스트레스완화와 뇌파에 미치는 영향, 호서대학교 문화복지상담대학원 석사학위논문:
정나래, 김영란 (2011), 귀마사지가 뇌파에 미치는 영향, *대한피부미용학회지*, 9(4), pp. 211-224.
- 28) 정정림, 김희은 (2009), 아웃도어웨어의 착용 쾌적성 평가를 위한 심전도 및 뇌파분석, *한국의류학회지*, 33(10), pp. 1665-1672:
방하연, 김희은 (2012), 뇌파·심전도 분석을 통한 노년기 여성의 의복 착용 쾌적성 평가, *한국의류산업학회지*, 14(6), pp. 1010-1017.
- 29) 최아름 (2011), *op. cit.*, p. 74.
- 30) 정나래, 김영란 (2011), *op. cit.*, pp. 221-222.
- 31) 정정림, 김희은 (2009), *op. cit.*, p. 1671.
- 32) 방하연, 김희은 (2012), *op. cit.*, p. 1014.
- 33) 김동준, 우승진 (2011), 뇌파를 이용한 허리 압박감 평가 기술, *전기학회논문지*, 60(6), pp. 1190-1195.
- 34) 정연숙(2005), 유발뇌파의 감성지수 평가에 관한 연구, 관동대학교 대학원 석사학위논문.
- 35) 엄흥기 외(2008), EEG 신호의 Power Spectrum을 이용한 사람의 감정인식방법, *한국지능시스템학회논문지*, 18(2), pp. 251-256.
- 36) 이소영(2013), 한복 전통 견직물의 촉감에 따른 인체 생리반응, *한류디자인포럼* 40, pp. 39-48.
- 37) 조수민 (2006), *op. cit.*, p. 102.
- 38) 조자영 (2001), 청각적 감성의류 소재 개발을 위한 생리학적 접근, 연세대학교 대학원 석사학위논문, p. 48.