

피부감각의 감성측정 기술 및 DB개발

Development of Measurement Technology and Database for
Emotion and Sensation Caused by Tactile Stimulation

연구기관

충남대학교

과학기술부

제 출 문

과학기술부 장관 귀하

본 보고서를 “피부감각의 감성측정 기술 및 DB 개발에 관한 연구” 과제의
보고서로 제출합니다.

1998. 11. 30.

주관연구기관명 : 충 남 대 학 교

총괄연구책임자 : 손 진 훈

연 구 원 : 이 임 갑, 최 상 섭

E. Sokhadze, 김 성 일

민 윤 기, 홍 경 희

박 세 훈, 오 애 령

이 경 화, 김 지 은

류 은 경, 박 경 진

요 약 문

I. 제 목

피부감각 감성 측정기술 및 DB개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

최근에 국내외적으로 인간이 제품에 대하여 가지는 정서상태를 관찰하여 이로써 제품과 정서상태의 상관관계를 밝혀보려는 감성공학적 연구들이 활발히 진행되고 있다. 현재까지 감성연구는 주로 시각과 청각 자극을 대상으로 수행되어 왔으나, 인간의 감각기관 가운데 가장 광범한 부위를 차지하고 있는 신체 표면인 피부에 관해서는 아직 연구가 미비한 상태에 있다. 따라서, 본 연구는 촉각에 주어지는 외부의 자극 조건의 변화에 따라 나타나는 인간의 육체적 및 심리적 반응을 측정하고 정량화 할 수 있는 촉각감성 기술을 개발하고자 한다. 즉, 피부감각을 통해 경험하게 되는 촉각 및 질감 감성을 지표화하고 축적된 연구결과를 data base로 구축하고자 한다. 특히, 피부감각에 대한 지표 개발을 생체 신호인 EEG, EP, GSR, EKG, 압력 분포 등을 통하여 생리적 측면과 주관적인 심리적 반응 (형용사 check list, 의미분법 등을 이용한)을 측정하여 신뢰롭고 타당한 감성 지표를 구하고 DB화시킨 기반 기술은 국내외에는 전무한 실정이다. 본 연구에서 축적된 기술을 산업제품에

활용하게 될 때, 국제적 경쟁력을 갖추게 되어 산업·경제적인 이득을 얻게될 뿐 아니라 사람에게는 보다 건강하고 쾌적한 생활을 영위하게 만드는 조건을 구성하게 될 것이다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

● 피부감각에 대한 심리적·주관적 반응 측정

피부감각과 관련된 감각과 감성 요소들을 추출하기 위하여 형용사 사전에서 피부 감각 및 감성과 관련된 형용사들을 선별한 후, 피험자들로 하여금 이들 형용사 간에 유사성 및 의미미분 평정을 하도록 하였다. 이렇게 수집된 자료를 가지고 군집분석과 다차원 척도 분석을 수행하였다.

● 직물촉감 감성에 관한 PET 및 ANS 반응

거친 질감과 부드러운 질감이 인간의 뇌에 어떤 형태의 활성화를 일으키는지를 알아보려고 건강한 여대생을 대상으로 아무 것도 만지지 않은 조건, 폴리에스터를 만지는 조건 (부드러운 조건), 및 사포를 만지는 조건 (거친 조건)에서 PET와 ANS를 측정하였고, 이들 세 조건의 역순으로 다시 한번 PET와 ANS를 측정하였다. 스캔은 단일 스캔 기법이 사용되었다.

● 재질에 따른 피부감성

피부자극에 의한 쾌/불쾌 감성의 생리적 지표를 추출하여 정량화하고 생리지표 모델을 개발하고자, 다양한 제품이나 생활환경의 소재로 사용되는 재질들을 피험자에게 제시하여 피험자에게 쾌/불쾌 감성을 유발시켰다. 이때의 뇌파 및 자율신경계 반응이 어떻게 변화하는지를 비교하였다. 실험 I과 II에서 다양한 재질을 자극으로 제시하여 뇌파 및 자율신경계 반응을 측정하고 쾌/불쾌를 주관적으로 평정하게 하였다. 이를 토대로, 가장 불쾌하다고 평정된 재질에 대해 측정된 뇌파와 심전도 반응을 분석하였다.

● 직물에 따른 촉각감성

다양한 직물자극에 의하여 유발된 주관적 긍정/부정의 감성과 이에 수반되는 뇌파 및 자율신경계 반응의 특정적 차이를 밝히고자 하였다. 먼저, 실험 I에서는 매우 유사한 직물자극을 사용하여 자극에 따른 감성과 뇌파의 특성을 비교하였고, 실험 II에서는 6종류의 상당히 다른 직물자극을 사용하여 주관적 감성 (긍정-부정)의 정도와 뇌파 및 HRV 특성을 비교하였다.

● 내의직물 촉각 감성에 따른 복합 생리반응 형판 및 패턴 모델 개발

내의용 직물 18종을 손으로 접촉시킬 때 유발되는 주관적 감성 평가를 토대로, 가장 선호되는 직물 3종 (폴리에스테르)과 가장 비선호되는 직물 3종 (면류)을 선정하여, 능동 접촉시 및 수동 접촉시의 다양한 생리신호반응 특성을 분석하여 유발 감성에 따른 복합생리지표 형판 및 패턴 모델의 개발을 시도하였다.

● 직물의 물성특성과 촉감감성과의 관계

고감성 의류상품의 개발을 위한 기초자료를 제공하고자, 폴리에스테르 직물에 대한 감각/감성을 1, 2 단계로 나누어 분석하였다. 1 단계에서는 젊은 여성 외의용 폴리에스테르 24종을 사용하여 감성 측정에 영향을 미치는 제 요인에 대해 검토하였고, 2 단계에서는 1 단계의 결과를 토대로 폴리에스테르 10종을 이용하여 환경에 따른 감각/감성과 물성 변인간의 관계를 규명하였다.

● 피부감각감성 DB 설계 및 구축

향후 감성연구의 총체적인 정보기술 플랫폼과의 호완성을 고려한 감성 DB를 구축하였다.

IV. 연구개발 결과

● 피부감각에 대한 심리적 · 주관적 반응측정

감각/감성 형용사들에 대한 피험자의 반응을 다차원 척도 분석을 수행한 결과, 감각과 감성에서 각각 3개의 주요 차원이 발견되었다. 감각에서는 ‘긴장-이완,’ ‘활동-비활동,’ ‘쾌-불쾌’ 등의 3가지 차원이 발견되었고, 감성에서는 ‘쾌-불쾌,’ ‘흥분-침잠,’ ‘안전-위험’ 등의 3가지 차원이 발견되었다. 군집분석의 결과, 감각에서 4개의 요소가 그리고 감성에서는 11개의 요소가 발견되었다. 즉, 감각에서는

‘부드러움,’ ‘단단함,’ ‘끈끈함,’ ‘거침’ 등이 발견되었고, 감성에서는 ‘편안감,’ ‘청결감,’ ‘독특성,’ ‘상쾌감,’ ‘불쾌감,’ ‘불결감,’ ‘남음,’ ‘평범함,’ ‘시원함,’ ‘고급감,’ 및 ‘섹시함’이 발견되었다.

● 직물촉감 감성에 관한 PET 및 ANS 반응

거친 질감은 우반구의 전두엽과 cingulate cortex를 활성화시켰고, 부드러운 자극을 만질 때는 거친 자극을 만질 때와 비교하여 우반구의 두정엽이 활성화되었다. 자율신경계의 반응을 살펴보면, 부드러운 자극은 심박률을 감소시켰고, 거친 자극은 심박률을 증가시켰다. 부드러운 자극은 호흡률을 감소시켰고, 거친 자극은 증가시켰다. 한편, 부드러운 자극은 피부온도를 다소 감소시킨 반면, 거친 자극은 증가시켰다. 부드러운 자극은 혈류량을 변화시키지 않았으나, 거친 자극은 증가시켰다. 부드러운 자극은 SCL을 증가시켰고, 크기가 큰 SCR을 유발시켰다.

● 재질에 따른 피부감성

여러 재질자극에 의해 유발된 쾌/불쾌 감성에 따른 뇌파의 α 파와 β 파의 상대적 출현량을 비교한 결과, 쾌 감성을 경험할 때는 불쾌 감성을 경험할 때보다 α 파의 상대적 출현량이 유의하게 더 많이 나타났고, β 파의 상대적 출현량은 유의하게 더 적게 나타났다. 한편, HRV의 분석결과, HF/LF가 쾌 감성 경험시에는 안정상태에 비하여 증가하지만, 불쾌 감성 경험시에는 안정 상태에 비하여 감소하는 것으로 나타났다.

● 직물에 따른 촉각감성

쾌 감성을 유발하는 직물의 경우, '부드럽다,' '편안하다,' '청결하다,' '상쾌하다,' '고급스럽다' 등의 형용사에서 높은 점수를 받았으며, 불쾌 (부정) 감성을 유발하는 직물의 경우에는 '단단하다,' '거칠다' 등의 형용사에서 높은 점수를 받았다. 쾌감성 유발 직물의 제시시에 좌 두정엽에서 theta파의 상대적 출현량이 유의미하게 높게 나타났으며, 좌 두정엽 및 좌 후두엽에서 slow alpha파가 높게 나타났고 slow beta파는 낮게 나타났다. 쾌 유발 직물의 제시시, HRV의 높은 주파수 대역의 상대 출현량이 높게 나타나 부교감 신경계가 활성화되었음을 보여주었다.

● 내의직물 촉각 감성에 따른 복합 생리반응 형판 및 패턴 모델 개발

폴리에스테르 내의직물 접촉시와 면 내의직물 접촉시에 자율신경계 반응 및 뇌파 상대 출현량이 유의한 차이가 나타났다. 동일한 직물의 능동 접촉시와 수동 접촉시에 자율신경계 반응 및 뇌파 상대 출현량 또한 유의한 차이가 나타났다. 선호/비선호 직물에 의한 생리반응의 차이는 능동 및 수동 접촉시에 일관되게 나타났다. 이들 결과를 토대로, 복합 생리지표형판 (선호/비선호 x 능동/수동접촉) 및 패턴모델 (선호/비선호)을 개발하였다.

● 직물의 물성특성과 촉감감성과의 관계

감각 용어에 대한 요인분석 결과, 표준과 고온 다습환경에서 1 요인으로 두께/무게, 2 요인으로 표면특성, 3 요인으로 강연성이 추출되었다. 감성적으로 상위로 평가된 직물과 하위로 평가된 직물을 가장 잘 변별하는 두 용어는 '하늘하늘하다'

와 ‘매끄럽다’였다. 변별력이 큰 물성 특성으로는 표면접촉특성인 총접촉 면적과 SMD였고, 이외에 WT와 LC가 있었다.

● 피부감각감성 DB 설계 및 구축

Microsoft 관계형 DB 관리시스템 Access를 사용하여, ‘피험자,’ ‘자극원,’ ‘평가’의 3 부분으로 DB를 설계하고, 정규화이론을 도입하여 피부감성 연구에 가장 효율적으로 판단되는 11개 table을 구성하였다. 정규화된 table들을 query를 통해 묶고 폼으로 나타내어 위에서 언급한 3 부분의 데이터를 편리하게 입력할 수 있도록 data 입력초기 화면을 구성하였다, 감성 DB에 있는 데이터를 ROLAP 형태로 다차원 분석하여 그 결과를 통계적 수치와 원차트로 보여주는 화면을 구성하였다. 정보 사용자의 요구에 따라 Bottom-up과 Top-down 분석을 자유롭게 선택할 수 있도록 분석 시스템을 구축하였다.

V. 연구개발 결과의 활용계획

본 연구에서는 피부에 주어지는 자극의 속성이 변화할 때, 그 결과로써 나타나는 신경계통의 변화에 따른 감성 상태를 평가할 수 있는 생리신호들을 파악하여 측정할 수 있는 시스템을 구성하고, 검출된 신호들로부터 의미있는 변수들을 추출해 낼 수 있는 분석기술을 개발하고자 하였다. 본 연구의 결과는 아래와 같이 경제산업적 및 기술적인 측면에서 그 기대되는 효과가 크다고 할 수 있다.

기술적인 측면에서의 기대효과:

- 현재는 인간의 주관적인 심리, 감성 상태를 객관적으로 평가하는 심리검사 방법과 인간의 주관적인 심리, 감성 상태를 객관적으로 조사하는 정신 상태 관측 평가를 통합한 실험 결과가 없으나 본 연구 결과로 두 가지를 통합한 실험 결과를 토대로 피부감각에 의한 감성을 지표화하고 DB를 구축할 수 있다.
- 국내의 감성공학 기술발전에 기여.

경제산업적 측면에서의 기대효과:

- 의류, 자동차, 가전/정보 기기 제품, 생활용품등 제품의 질감평가에 활용.
- 각종 제품의 질감 평가를 통한 고부가가치 제품의 감성 설계, 제품 생산 및 Quality control 가능
- 고부가 가치 제품 생산을 통한 국산 제품의 대외 경쟁력 확보 및 수출 신장

다음은 본 연구 결과의 활용방안이다:

- 피부감각 제품에 의해 유발되는 감성의 정량적 평가기술 분야
- 피부접촉이 요구되는 환경에서의 감성 효과진단 분야 (작업장, 주거, 수송, 병원장면 등)
- 정량화 되어진 데이터를 의류, 가전 제품, 자동차, 생활용품에 이용함으로써 소비자에게 보다 편한 제품을 제공할 수 있다.
- 피부접촉의류 생산 응용 분야 (감성 의류개발 및 디자인 과정에 활용)
- 노인용 피부감각 제품의 감성평가 및 생산 응용 분야

Summary

I. Title

Development of Measurement Technology and Database for Emotion and Sensation Caused by Tactile Stimulation

II. Purpose and Significance of the Study

Recently, a great deal of research efforts have been made to find out the relationships between products and emotion. The emphasis of the research, however, has been mainly on visual and auditory modalities and less on tactile modality. This research aimed to develop measurement technology that can measure and quantify the physiological and psychological responses to tactile stimulation. Specifically, this research attempted to develop the response indices of emotion and sensation caused by tactile stimulation as well as its database. There has not been an attempt that employed both physiological (i.e., EEG, EP, GSR, EKG, pressure distribution, etc.) and psychological measurements (i.e., adjective checklist, semantic differential

scales, etc.). The technology developed by the research can be applied not only to development of commercial products that are competitive in the international markets but also to creation of environments in which people enjoy healthy and pleasant life.

III. Contents and Scope of the Study

● Measurement of Psychological Responses to Tactile Stimulation

In order to derive components of emotion and sensation related to tactile modality, adjectives were first selected from Korean adjectives dictionary. Then similarity ratings were obtained between these adjectives. The adjectives were also rated in semantic differential scales (SDS). Finally, cluster analyses and multidimensional scaling were carried out on the similarity ratings and SDS data.

● Physiological Study on Tactile Sensation and Emotion Using PET and ANS Measures

To find out the effects of 'rough' texture and 'smooth' texture on the human brain activity, PET scan and ANS measurements were conducted on a female college student under three conditions: while she was touching (1)

nothing, (2) a pad of sandpaper, or (3) a pad of smooth polyester fabrics.

● Tactile Sensation and Emotion Induced by Different Materials

In a purpose of deriving quantitative indices of pleasant/unpleasant emotion and developing a model of physiological indices, EEG and ANS responses were measured through two separate experiments while the subjects were touching a variety of products and materials. Following this, the subjects rated their tactile feelings of pleasantness/unpleasantness on a scale. Analyses were done on EEG and cardiovascular responses to the one that induced the most unpleasantness among materials.

● Tactile Sensation and Emotion Induced by Different Fabrics

The study aimed to find out characteristics of psychological and several physiological (i.e., EEG and ANS) responses to a variety of fabrics. In experiment I, psychological, EEG and ANS responses to the very similar fabrics were measured, while psychological, EEG and HRV responses to the very different fabrics were measured in experiment II.

● Development of Physiological Template and Patterns Tactile Sensation and Emotion Using Underwear Fabrics

On the basis of psychological responses obtained while the subjects were

touching several underwear fabrics by hand, three most preferred and three least preferred fabrics were selected for collecting data. Then physiological responses were measured to these fabrics while the subjects were touching them actively and/or passively. we developed a template of physiological indices to emotion and sensation caused by the touch of underwear fabrics.

● Relationships Between Physical Characteristics and Tactile Sensation / Emotion

In order to provide basic data for development of high-quality fabric products, sensation and emotion in response to polyester fabrics were analyzed in two stages. In the first stage, 24 different polyester fabrics for woman's clothes were used to find out factors affecting emotion and sensation. In the second stage, 10 fabrics were selected on the basis of the results obtained in the first stage. Finally, relations were derived between physical characteristics and tactile sensation/emotion.

● Development and Design of Database for Tactile Sensation and Emotion

A database was built that took into consideration the compatibility with the collective database of Gamsung Project.

IV. Results

● Measurement of Psychological Responses to Tactile Stimulation

Multidimensional analyses on subjects' responses to sensation- and emotion-related adjectives showed that there were three major factors in both sensational and emotional systems. In the sensational system, three factors were 'tension/relaxation,' 'activity/inactivity,' and 'pleasantness / unpleasantness,' and in emotional system, they were 'pleasantness/unpleasantness,' 'excitement/depression,' and 'safety/risk.' On the other hand, cluster analyses showed that four factors (e.g., 'smooth,' 'hard,' 'sticky,' and 'rough') in sensational system and eleven factors (e.g., 'comfortable,' 'unique,' 'refreshing,' 'unpleasant,' 'dirty,' 'used,' 'cool,' 'high-classable,' and 'sexy') in emotional system were extracted.

● Physiological Study on Tactile Sensation and Emotion Using PET and ANS Measures

The rough sandpaper activated both the frontal lobe and the cingulate cortex, whereas the soft fabrics activated the right parietal lobe. The smooth fabrics reduced the heart rate and the skin temperature, while the rough sandpaper increased the heart rate, the skin temperature, and SCL.

● Tactile Sensation and Emotion Induced by Different Materials

When experiencing 'pleasantness' from several materials, a relative power spectrum of α -wave was significantly high than that of β -wave. On the other hand, analysis of HRV showed that HF/LF, in comparison to the stable condition, increased while 'pleasantness' was experienced but decreased while 'unpleasantness' was experienced.

● Tactile Sensation and Emotion Induced by Different Fabrics

If fabrics induced emotional sensation of 'pleasantness,' the fabrics were seemed to be 'smooth,' 'convenient,' 'clean,' 'refreshing,' 'high-classable.' However, fabrics inducing emotional sensation of 'unpleasantness' were evaluated with high scores on two emotional/sensational adjectives, 'hard' and 'rough.' When the fabrics inducing emotional sensation of 'pleasantness' were presented to the subjects, a relative power spectrum of theta-wave in the right parietal lobe and of high frequency area of HRV were significantly high.

● Development of Physiological Template and Patterns Tactile Sensation and Emotion Using Underwear Fabrics

There were significant differences in the relative power spectrum of EEG and ANS when subjects touched the polyester fabrics vs. the cotton fabrics.

There were also significant differences in the same measures between active touch and passive touch. Based upon these results, a physiological template (high preference/low preference x active/passive touch) and a patterns model (high preference/low preference) were developed.

● Relationships Between Physical Characteristics and Tactile Sensation / Emotion

Three factors were extracted from a factor analysis on sensation-related words. The first factor was named 'thickness/weight,' the second factor 'surface feature,' and the third factor 'hardness/softness.' Two words, 'soft' and 'smooth,' discriminated greatly the high-class and the low-class fabrics.

● Development and Design of Database for Tactile Sensation and Emotion

Using Access by Microsoft, a database was designed in separated parts with 'subject,' 'source of stimulus,' and 'evaluation.' Eleven tables were constructed, and the tables seems appropriate for studying tactile sensation/emotion. The tables were logically grouped by query language so that data entering from each part could be combined. Each data was analyzed by multidimensional analysis (in a form of ROLAP) and the results were presented in charts and figures. The analyses system was built with a choice

of bottom-up or top-down analyses depending upon the user's need.

V. Suggestions for Application

The results of the project are beneficial in the growth of the economic/industry and the technology.

Technological Aspects:

- Nowadays, there have not been experimental results that integrated psychological scaling methods and physiological measurement methods to evaluate humans' subjective psychological and emotional status. The project tried to integrate these two measurement methodologies. On the basis of the results, we built a database and indices to emotional responses resulting from tactile sensation.
- The results will contribute to the advances of emotion and sensibility engineering in Korea.

Economic and Industrial Aspects:

- The results can be applied to appraisal of the quality of products such as clothes, automobiles, information-related equipments, necessities of life,

etc.

- On the basis of the appraisal of quality using the emotion/sensibility database, one can design and produce high-quality products. Equally important, quality control is also possible.

The results would be applied to the following areas:

- Appraisal technological areas of quantifying human emotions induced by products related to tactile sensation
- Diagnosis of effects of human emotion in environments in which tactile contact is required
- Using the quantitative data, one can provide more convenient products for people including the elderly
- Clothes production/application area (development and design processes of emotion-effective clothes)

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	27
Chapter 2. Current Technological Trend	34
Chapter 3. Results of the Study	37
Chapter 4. Achievement of the Study	276
Chapter 5. Application of the Study	279
Chapter 6. References	283
Appendix	294

목 차

제 1 장	서 론	27
	제 1 절 연구개발의 목적	28
	제 2 절 연구개발의 필요성	29
	제 3 절 연구개발의 범위	32
제 2 장	국내외 기술개발 현황	34
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과	37
	제 1 절 피부감각의 생리적 기제	37
	제 2 절 감성 심리적 측정 방법	56
	제 3 절 생리적 측정 방법	65
	제 4 절 연구환경 및 측정 기술	106
	제 5 절 연구개발 수행 내용 및 결과 (종합)	117
	제 6 절 연구 I : 심리척도 개발	144
	제 7 절 연구 II : 식물촉각 감성에 관한 PET 및 ANS 연구	160
	제 8 절 연구 III : 재질에 따른 피부감성연구	167
	제 9 절 연구 IV : 식물에 따른 촉각감성 연구	178
	제 10절 연구 V : 내의식물 촉각 감성에 따른 복합 생리 반응 형판 (Template) 및 패턴 모델 개발	192
	제 11절 연구 VI : 식물의 물성특성과 촉각감성 연구	201
	제 12절 피부감각감성 DB 설계 및 구축	259
	제 13절 연구실적 목록	273
제 4 장	연구개발목표 달성도 및 대외기여도	276
제 5 장	연구개발 결과의 활용계획	279
	제 1 절 추가연구의 필요성	279
	제 2 절 타연구에의 응용	280
	제 3 절 기업화 추진 방안 및 활용 분야	281
제 6 장	참고 문헌	283
	유첨 : 피부감각 감성평가 및 해석시스템 개발	294

표 목 차

<표 2.1>	국내외 기술개발 현황	36
<표 3.1.1>	촉각지각의 정신물리학적 채널	43
<표 3.1.2>	기계적 수용기 섬유들의 유형	44
<표 3.3.2.1>	피부전기활동의 측정요소, 정의, 전형적 측정치	84
<표 3.5.1>	질감감성 심리평가척도에 사용된 형용사	122
<표 3.5.2>	내의류 직물의 KES 역학적 특성치	127
<표 3.5.3>	감성형용사를 예측하는 역학적 특성치	129
<표 3.5.4>	직물 선호/비선호 판정을 위한 자율신경계 반응 형판(Template) 모델	135
<표 3.5.5>	직물의 역학적 특성과 생리적 측정치와의 상관	138
<표 3.6.1>	감각 형용사의 다차원 분석 결과로 나타난 세 차원에 대한 좌표값	151
<표 3.6.2>	감성 형용사의 다차원 분석 결과로 나타난 세 차원에 대한 좌표값	152
<표 3.8.1>	쾌/불쾌 감성에 따른 alpha파의 t-test 결과	170
<표 3.8.2>	쾌/불쾌 감성에 따른 beta파의 t-test 결과	171
<표 3.9.1>	직물에 대한 주관적 평가결과	183
<표 3.10.1>	선호/비선호 감성의 판정을 위한 형판 (Template) 모델	198
<표 3.11.1>	1단계에 사용된 시료 특성	209
<표 3.11.2>	2단계에서 이용된 시료의 특성	210
<표 3.11.3>	실험직물의 물성특성 분석 종류와 방법	210
<표 3.11.4>	기본적 역학적 성질들의 역학적 특성치	215

<표 3.11.5> 주관적 실험 진행 조건	216
<표 3.11.6> 직물의 촉감 평가를 위한 설문지 (1차, 기준 제시)	218
<표 3.11.7> 직물의 촉감 평가를 위한 설문지 (2차)	219
<표 3.11.8> 1단계 실험에서 사용한 평가 용어 및 행동	220
<표 3.11.9> 2단계 실험에 사용한 감각용어와 해당 평가행동	220
<표 3.11.10> 시료의 물성 특성치 (1단계)	222
<표 3.11.11> 기준 제시여부에 따른 주관적 평정치(평균±표준편차)	224
<표 3.11.12> Blind vs. Open eye Test와 직물의 색에 따른 감각차	225
<표 3.11.13> 시료의 물성 특성치 (2단계)	226
<표 3.11.14> 요인분석결과	227
<표 3.11.15> 환경의 효과가 감각, 감성의 평균에 미치는 영향	228
<표 3.11.16> 직물이 감각, 감성에 미치는 효과	229
<표 3.11.17> 환경과 직물간 감각, 감성에 미치는 효과	230
<표 3.11.18> 감각간 상관계수(표준환경)	231
<표 3.11.19> 감각과 물성간 상관계수(표준환경)	232
<표 3.11.20> 감각간 상관계수(고온다습환경)	236
<표 3.11.21> 감각과 물성간 상관계수(고온다습환경)	237
<표 3.11.22> 환경별 감각용어에 의한 감성의 MDS분석결과	241
<표 3.11.23> 환경별 객관적 물성파라미터에 의한 감성의 MDS분석결과	242
<표 3.11.24> 감각용어 및 물성치에 의한 감성의 회귀분석결과 (표준환경)	244
<표 3.11.25> 감각용어 및 물성치에 의한 감성의 회귀분석결과 (고온다습환경)	244
<표 3.11.26> 물성치에 의한 감각용어의 회귀분석결과(표준환경)	244
<표 3.11.27> 물성치에 의한 감각용어의 회귀분석결과 (고온다습환경)	245
<표 5. 1> 직물촉감감성 판정을 위한 복합생리신호 형판(template) 모델	279

그림 목 차

〈그림 3.1.1〉	수용기-척수 체감각 경로	38
〈그림 3.1.2〉	척수-감각피질 체감각로	39
〈그림 3.1.3〉	평활피부의 구조	41
〈그림 3.1.4〉	평활피부에서 정신물리학적 채널의 주파수 반응	42
〈그림 3.1.5〉	수용기(우), 기계적 수용기 섬유(중양), 정신물리학적 채널 (좌)간의 관계	45
〈그림 3.1.6〉	신체부위에 대한 two-point threshold	46
〈그림 3.1.7〉	공간해상도와 신경섬유의 밀도	47
〈그림 3.1.8〉	체감각 피질의 감각 인체모형	49
〈그림 3.3.1.1〉	사인파(상단)와 뇌파 신호의 예(하단)	70
〈그림 3.3.1.2〉	국제 전극 배치법	73
〈그림 3.3.1.3〉	뇌파의 진폭 분석 방법	77
〈그림 3.3.1.4〉	상관분석(하단)과 파워 스펙트럼 분석(상단)	79
〈그림 3.3.1.5〉	뇌 활동의 위상학적 지도	81
〈그림 3.3.2.1〉	EDA측정을 위한 전극부착부위	82
〈그림 3.3.2.2〉	EDA의 주요구성요소	83
〈그림 3.3.2.3〉	심전도	86
〈그림 3.3.2.4〉	HRV 주파수 대역	89
〈그림 3.3.2.5〉	짧은 청각자극을 반복해서 제시했을 때 나타나는 blood volume, pulse amplitude, blood flow의 변화	91
〈그림 3.3.3.1〉	PET 스캔	96
〈그림 3.4.1〉	실험실 개요도	106
〈그림 3.4.2〉	EDA 전극 부착 부위	108
〈그림 3.4.3〉	심전도 전극 부착 부위	108
〈그림 3.4.4〉	생리 반응 측정 절차	108
〈그림 3.4.5〉	피부자극기의 구조 및 동작	110
〈그림 3.4.6〉	자극기의 제어를 위한 알고리즘의 flowchart	111

<그림 3.4.7>	피부자극에 대한 피험자의 주관적 감성평가를 위한 설문응답 시스템	113
<그림 3.4.8>	피부자극기 제어와 뇌파의 검출 및 분석을 위한 전체 시스템	113
<그림 3.5.1>	직물감성 연구의 체계도	119
<그림 3.5.2>	선호도 상·하위 직물 집단의 형용사 프로파일	125
<그림 3.5.3>	직물 선호/비선호에 따른 뇌파 (알파파) 상대출현량.	131
<그림 3.5.4>	직물 선호도에 따른 HRV 상대출현량.	133
<그림 3.5.5>	직물 선호/비선호 판정을 위한 자율신경계 반응 패턴	136
<그림 3.5.6>	사포를 만질 때에 활성화되는 뇌부위 (PET 스캔)	139
<그림 3.5.7>	폴리에스터를 만질 때에 활성화되는 뇌부위 (PET 스캔)	140
<그림 3.5.8>	데이터 베이스 입력 초기화면	141
<그림 3.5.9>	주관적 감성평가 분석결과 화면	142
<그림 3.5.10>	직물감성 연구를 위한 구체적인 목표와 접근방식	143
<그림 3.6.1>	형용사 적합성 사전조사 설문지의 일부	146
<그림 3.6.2>	감각 형용사 유사성 평정 설문지의 일부	147
<그림 3.6.3>	감성 형용사 유사성 평정 설문지의 일부	148
<그림 3.6.4>	형용사 의미 미분 평정 설문지의 일부	149
<그림 3.6.5>	‘긴장-이완’ 과 ‘쾌-불쾌’ 차원 좌표에 표시된 감각 형용사	153
<그림 3.6.6>	‘활동 - 비활동’ 과 ‘쾌 - 불쾌’ 차원 좌표에 표시된 감각 형용사	154
<그림 3.6.7>	‘긴장 - 이완’ 과 ‘쾌 - 불쾌’ 차원좌표에 표시된 감각 형용사	155
<그림 3.6.8>	‘쾌 - 불쾌’ 와 ‘흥분 - 침잠’ 차원좌표에 표시된 감성 형용사	156
<그림 3.6.9>	‘흥분 - 침잠’ 과 ‘안전 - 위험’ 차원좌표에 표시된 감성 형용사	157
<그림 3.6.10>	‘쾌 - 불쾌’ 와 ‘안전 - 위험’ 차원좌표에 표시된 감성 형용사	158
<그림 3.6.11>	감각 형용사의 군집분석 출력	159
<그림 3.7.1>	PET 실험장면	161
<그림 3.7.2>	피험자가 거친 자극을 만질 때에 관찰된 PET 스캔	163
<그림 3.7.3>	피험자가 부드러운 자극을 만질 때에 관찰된 PET 스캔	163

<그림 3.7.4>	거친 자극(사포)과 부드러운 자극(폴리에스터)에 대한 자율 신경계의 반응	165
<그림 3.7.5>	시간의 변화에 따른 부드러운 자극에 대한 EMG, 체온, HR, BVP, RESP, SCL의 변화	165
<그림 3.7.6>	시간의 변화에 따른 거친 자극에 대한 EMG, 체온, HR, BVP, RESP, SCL의 변화	166
<그림 3.8.1>	실험 I의 절차	169
<그림 3.8.2>	쾌/불쾌 감성에 따른 alpha파의 상대적 출현량의 비교	171
<그림 3.8.3>	쾌/불쾌 감성에 따른 beta파의 상대적 출현량의 비교	172
<그림 3.8.4>	실험 II의 절차	173
<그림 3.8.5>	HRV 스펙트럼	174
<그림 3.8.6>	쾌/불쾌 감성에 따른 HRV 분석 결과	175
<그림 3.9.1>	실험 절차	181
<그림 3.9.2>	쾌·불쾌 직물자극에 의해 유발된 theta파의 상대적 출현량의 비교	184
<그림 3.9.3>	쾌·불쾌질감자극에 의해 유발된 slow alpha파의 상대적 출현량의 비교	184
<그림 3.9.4>	쾌·불쾌 질감 자극에 의해 유발된 slow beta 파의 상대적 출현량 비교	185
<그림 3.9.5>	실시간으로 기록된 생리신호 반응의 모니터 화면	186
<그림 3.9.6>	Slow alpha파(왼쪽) 및 Fast alpha파(오른쪽)의 상대 출현량	187
<그림 3.9.7>	Slow beta파(왼쪽) 및 Fast beta(오른쪽)의 상대 출현량	188
<그림 3.9.8>	HRV 상대 출현량	189
<그림 3.10.1>	능동 및 수동접촉시의 자율신경계 반응	196
<그림 3.10.2>	능동 및 수동접촉시 P4에서의 뇌파 상대 출현량	197
<그림 3.10.3>	직물 선호/비선호 판정을 위한 뇌파 및 자율신경계 반응 패턴	199
<그림 3.11.1>	Bare Cluster에 응용된 Box-counting기법	207
<그림 3.11.2>	Box-counting기법이 fractal차원 결정에 응용된 사례 (이현영등, 1998)	208
<그림 3.11.3>	물성, 1차 감각, 감성간의 상관계수 (표준 환경)	234
<그림 3.11.4>	물성, 1차 감각, 감성간의 상관계수 (고온 환경)	234

<그림 3.11.5>	각종 1차 감각과 감성과의 관계를 표준화된 값	238
<그림 3.11.6>	표준환경에서 물성과 감성, 식물간의 관련성을 보여주고 있고 Row 1-10 까지는 실험 식물 10종이다.	239
<그림 3.11.7>	각종 1차 감각과 감성과의 상대적인 관계	240
<그림 3.11.8>	각종 물성특성과 감성과의 관계를 나타내고 있다.	240
<그림 3.11.9>	상위감성과 하위감성을 유발하는 식물의 감각용어의 프로파일	247
<그림 3.11.10>	상위감성과 하위감성을 유발하는 식물의 감각용어의 프로파일	247
<그림 3.11.11>	상위감성과 하위감성을 유발하는 식물의 물성파라미터의 프로파일	248
<그림 3.11.12>	상위감성과 하위감성을 유발하는 식물의 물성파라미터의 프로파일	248
<그림 3.11.13>	감성판별을 위한 주요 물성 형판 (표준환경-2단계)	250
<그림 3.11.14>	감성판별을 위한 주요 물성 형판 (고온다습환경-2단계)	250
<그림 3.11.15>	감성 판별을 위한 주요 물성 형판 (표준환경-2단계)	251
<그림 3.12.1>	데이터 베이스의 설계도	267
<그림 3.12.2>	데이터 베이스 입력 초기 화면	268
<그림 3.12.3>	분석 시스템	270
<그림 3.12.4>	주관적 평가 분석결과 화면	271
<그림 3.12.5>	생리신호 분석 결과 화면	272
<그림 3.12.6>	자극원별 데이터 베이스 점유율 화면	272
<그림 5.1>	식물 선호/비선호 판정을 위한 자율신경계 반응 패턴	280
<그림 5.2>	식물의 물성 특성과 심리적·생리적 감성간의 관계도	281

제 1 장 서 론

인간의 감정이나 정신세계에 대한 실체를 파악하고자 하는 노력은 오늘날 의학 뿐만 아니라 생물학, 물리학, 심리학, 인지과학, 사회학 등 여러 분야에서 주관심사로 등장하고 있다. 감성은 환경의 변화나 외부로부터의 물리적인 자극에 대한 인간 내부의 고차원적인 심리적인 체험으로 쾌적감, 고급감, 불쾌감 등에 대한 복합적인 감정이라 할 수 있다. 감성을 분류하고자 하는 노력은 오래전부터 있어왔으나 아직까지 얼마나 많은 감성이 있으며 그들이 어떻게 다르고 어떤 기준으로 구분되어야 하는지에 대한 명확한 연구결과는 없다. 다만 감성이란 감성을 유발하는 상황, 즉 환경의 변화 및 외부 자극으로 인하여 발생하는 인체의 반응으로 중추신경계와 말초신경계의 지배를 받으며, 이에 의한 신경계, 내분비계, 근골격계 등의 신체적인 반응과 생리적 변화를 수반한다는 것이 일반적으로 받아들여지고 있다.

현재까지 감성연구는 주로 시각 및 청각 자극을 대상으로 수행되어 왔다. 그러나 인간의 감각기관 (시각, 청각, 미각, 후각, 촉각) 가운데 가장 광범한 부위를 차지하고 있는 신체 표면인 피부에는 매우 다양한 외부의 자극이 입력되고 있으며, 의식적 및 무의식적 과정을 통하여 인간의 정서에 중요한 영향을 미치고 있다. 따라서 촉각에 주어지는 외부의 자극 조건의 변화에 따라 나타나는 인간의 육체적 및 심리적 반응을 측정하고 정량화 할 수 있는 촉각감성 기술의 개발은 일상생활에 있어서 육체적이거나 심리적인 부담을 최소화할 수 있는 안락하고 효율적인 환경 및 제품의 생산을 가능하게 하며, 궁극적으로 건강하고 쾌적한 생활의 구현, 즉 삶의 질 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 믿어진다.

제 1 절 연구개발의 목적

본 연구의 목적은 피부감각을 통해 경험하게 되는 촉각 및 질감 감성을 지표화하고 축적된 연구결과를 Data Base로 구축하는 것이다. 이를 위해서는 외부자극으로서의 재질 및 직물의 역학적 특성, 자극에 반응하여 인간의 내부에서 일어나는 심리적 경험으로서의 감성, 그리고 생리적 반응으로서의 뇌파, 자율신경계 반응간의 신뢰로운 관계를 확인해내고 예측식으로 완성하는 연구가 선행되어야 하며, 이들 세 요인의 측정치 및 관계를 연구자들뿐만 아니라 제품 및 환경에 응용하고자 하는 산업체에서도 용이하게 사용할 수 있도록 효율적인 Data Base로 구축해야 한다.

결국, 본 연구의 목적은 첫째, 감성경험과 관련되어 신경계(뇌파 및 자율신경계)의 변화에 따라서 나타나는 피부감각의 변화를 신뢰롭게 반영하는 생리신호들을 파악하고, 이들 생리지표 중에서 비침습적이고(non-invasive) 사용이 용이한 신호들을 측정하여 의미있는 변수들을 추출해낼 수 있는 분석방법을 개발하고 둘째, 심리적으로 경험하게 되는 주관적 감성을 정량적으로 평가할 수 있는 감성평가척도를 개발하여, 이들 감성측정치와 생리지표간의 관계를 함수로 구현하기 위한 생리신호 감성 형판 및 패턴 모델을 개발하는 것이다. 셋째, 연구에 사용된 재질 및 직물의 역학적 특성과 심리적 감성평정치 및 생리신호 측정치 그리고 이들간의 관계 등의 자료를 사회인구학적 변인에 따른 DB 모델로 개발하는 것이다.

본 연구의 목적을 요약하면 다음과 같다.

- ◆ 피부감각·감성의 표준화된 심리적·생리적 측정기술 개발
- ◆ 피부감성의 판정을 위한 종합생리신호 형판 (Template) 및 패턴 (Pattern) 모델 개발
- ◆ 직물의 물성 특성과 피부감성과의 관계 규명
- ◆ 피부감성 DB 구축

제 2 절 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

피부감각, 주로 촉각은 일차적 감각이며, 복합감각인 촉감, 질감((재료의 성격, 재질감, 감촉)에 기여하는 가장 중요한 요소중 하나이다. 이러한 촉각은 피부에 작용하는 역학적 자극을 감지하는 감각기능이며, 이를 세분하면 접촉 감각, 압각, 마찰감각, 중량감 및 충돌 감각으로 분류할 수 있다. 이를 기초로 인간이 감성적으로 느끼는 촉각/질감의 표현은 매끄러움, 부드러움, 딱딱함, 부피감, 뻣뻣함, 탄력성, 시원함 등 여러 가지 감성을 한국인은 표현한다. 피부감각은 말초(손등)의 신경 전달이 뇌에 전달되어 심리적 감성 평가를 하게 되며, 생리적 변화(중추 및 말초 신경계)도 동시에 일어나게 된다.

피부감각에 대한 지표 개발을 생체 신호인 EEG, EP, GSR, EKG, 압력 분포

(Pressure Distribution) 등을 통하여 생리적인 측면과, 주관적인 심리적 반응을 측정(형용사 Check list, Semantic Differential Method 등)하여 신뢰롭고 타당한 감성적 지표를 구하며, DB화시킨 기반 기술은 국내외에는 전무한 실정이다. 다만, 일본(Kawabata 교수팀, Watanuki 교수팀), 호주(Postle 교수팀) 등에서 직물 질감에 대한 촉감 평가 기술이 부분적으로 이루어졌으나, 아직 미진한 상태에 있다. 특히 전술한 일본과, 호주의 연구 결과가 다르게 나타났는데, 이는 민족, 문화, 생활 환경의 차이에 기인하는 것으로 외국의 결과를 그대로 우리 나라에 적용할 수 없음을 알 수 있고, 따라서 우리의 독자적인 지표 개발과 DB화가 이루어져야 한다.

2. 경제·산업적 측면

피부감각에 의한 감성 요소를 객관적으로 정량화하고 측정하는 본 연구의 기초적인 연구 결과가 모든 산업 분야에 직접적으로 응용될 수 있기 때문에 매우 중요한 의미를 갖는다. “좋다”, “예쁘다”, “사고 싶다”라는 결정은 시각적인 요소인 외관(appearance)뿐만 아니라, 손으로 만졌을 때의 촉감과 질감에 따라 결정된다. 특히 의복, 가전/정보 기기 물품, 생활 환경 용품, 자동차 등 대부분의 소재로 사용되는 섬유, 제지, 플라스틱, 금속가공면, 목재등은 촉감에 따라 감성이 다르게 나타난다. 즉, 본 연구의 결과(감성측정 지표 및 DB화)를 산업 제품에 활용하게 되면, 국제적 경쟁력을 갖추게 되고, 산업·경제적으로 커다란 이득을 얻게 될 것이다.

3. 사회·문화적 측면

인간의 삶의 질을 높여 줄 수 있는 환경을 제공하고, 쾌적하고 안락한 생활에 필요한 제품을 만들기 위해서는 주위의 환경조건에 따라서 변화되는 인간의 육체적 및 정신적 반응을 측정하여 제품의 개발에 응용해야 한다. 특히, 인간의 오감 가운데 가장 외부에 도출되어 있는 신체 표면인 피부에는 매우 다양한 외부의 자극이 입력되고 있으며, 촉각 대상의 식별에 큰 몫을 담당하고 있다. 즉, 촉각에 주어지는 외부의 자극 조건의 변화에 따라서 나타나는 인간의 육체적 및 정신적 반응을 측정하고 이를 정량화 할 수 있다면 일상생활에 있어서 육체적이거나 정신적인 부담을 줄이면서 보다 더 안락하고, 효율적인 환경 및 제품을 제공함으로써 건강하고 쾌적한 생활을 추구할 수 있을 것이다.

본 연구의 필요성을 요약하면 다음과 같다.

- ◆ 피부감각에서의 생리적 반응과 심리적 반응간의 관계를 규명하는 신뢰로운 감성지표를 규명하는 기반 기술의 확립을 통하여, 국제적으로 피부감성연구의 기술적·학문적 주도 및 기여
- ◆ 피부감각과 관련된 의류제품 및 생활제품의 개발에 감성적 평가 시스템을 제공함으로써 경제·산업적 경쟁력 제공
- ◆ 피부감각은 다른 감각에 비하여 인간의 심리적 및 육체적 쾌적감/건강에 보다 직접적인 영향을 미치며, 따라서 피부감성 연구는 삶의 질 향상에 크게 기여함으로써 사회·문화적 복지의 증진

제 3 절 연구개발의 범위

본 연구의 년차별 연구 목표 및 개발범위는 다음과 같다.

※ 년차별 연구 목표

1차년도 (`95)	<ul style="list-style-type: none"> · 피부감각 및 감성 심리척도 개발 · 피부감각 자극 제시기 개발 및 자극제시 방법의 표준화 · 감성생리신호의 측정 시스템 구축 및 측정기술 개발 · 생리신호 분석을 위한 다양한 해석기법 도입
2차년도 (`96)	<ul style="list-style-type: none"> · 피부감각 및 감성 심리척도 해석기법 개발 · 뇌파, 자율신경계 반응을 포괄하는 감성생리신호 최적 해석기법 개발 · 다양한 재질 및 직물에 대한 피부감성 DB 체계 구성
3차년도 (`97)	<ul style="list-style-type: none"> · 피부자극 제시, 생리신호 측정/분석/평가를 위한 통합 시스템 (integrated system) 모형 개발 · 감성에 영향을 주는 직물의 물리적/역학적 특성 규명 · 직물의 물리적 특성, 피부감각, 감성간의 함수관계 규명 · 피부감성 DB 체계 확립 및 자료입력

※ 연구 개발 범위

- 피부감각의 감성평가 심리척도 개발 (12 문항: 감각측정 4, 감성측정 8)
- 피부감성의 심리 요인 추출 (형용사 의미미분 척도)
- 생리신호 측정 시스템 확립
- 피부감각 자극제시기 개발 (passive & active touch)
- 피부감각자극 제시기술의 표준화
- 피부자극 환경의 변화에 따른 생리신호의 검출 및 분석
- 생리신호의 특징 및 변수 추출
- 감성생리신호 측정기술 확립 (EEG, ECG, EDA, Resp.)
- 생리신호의 피부감성지표 추출 (EEG, ECG, EDA, Resp, HR)
- 다양한 생리신호 분석기법의 개선 (FFT, Wavelet)
- 감성생리신호 분석기법의 개선 (time-frequency 차원 분석)
- KES 기법을 사용한 칩물의 물성 특성 평가
- 생리신호 지표를 포괄하는 단순하고 효율적인 감성평가 체계 구축
- 피부감각의 심리적 및 생리적 감성 반응간의 상관관계 도출
- 피부감성 DB 구조 설계 (물성특성, 감각특성, 심리척도, 생리신호)
- 피부감성 DB 체계 구축 및 자료 입력

제 2 장 국내외 기술개발 현황

● 피부감각에 대한 생리적 반응에 대한 연구현황

미국 등의 연구와 국내의 표준과학 연구원의 연구에 따르면, 긍정적인 피부감각 자극을 제시하면 α 는 후두엽에서 전두엽쪽으로 분포 확장하고 부정적인 피부감각 자극을 제시하면 β 파는 측두엽에 분포가 강하게 나타난다.

- 쾌자극을 제시하면 ECG (심전도)는 무자극 휴식시에 비해 심장박동 간격의 평균이 증가하는 것으로 나타났으며, 반면 불쾌자극은 차이를 보이지 않았다. 이로 인해 ECG 신호는 그 동안은 육체적, 정신적 부하를 측정하는 데 주로 사용되어 왔는데, 심장박동 간격과 관련한 척도들 (HR과 HRV)은 쾌/불쾌감의 피부감각 자극을 평가하는 데에도 유용하게 사용될 수 있다는 가능성을 보여주고 있다.
- GSR을 사용해서 촉각을 측정하면 순간성 특징만을 보이지 지속성 특징을 보이지 않았다. 부정적인 자극일수록 주기의 변화는 거의 없고 진폭만이 크게 나타난다. 결국 GSR의 파형에 대한 세심한 관찰 및 분석이 피부감각 자극의 평가에 좋은 척도가 될 수 있다는 것이 알려져 있다.
- 본 연구팀에서는 그 동안 인간 감성의 지표화를 위하여 여러 자극을 제시하고 EEG, GSR, EMG, ECG, ERP 등의 생리적 측정과 심리적 측정을 수행해 오고 있다. 이러한 Know-how로 본 피부감각에 대한 감성지표화에 대한 감성지표화 및 DB구축을 하고자 한다.

● 피부감각 (촉감)에 대한 주관적 평가 연구 현황

- Binns (1934)의 연구에서는 기술적, 사회적 배경이 다른 피험자를 대상으로 primary hand quality를 제안하지 않고 촉감이 가장 좋은 것에서 가장 나쁜 것까지 직접 순서를 매기도록 하여 피험자간의 차이를 연구한 결과 피험자간 차이가 발견되었다.
- Lundgram (1969)은 인간의 촉감을 4개의 센터로 분리시켜, 이 센터를 각각 표면 거칠기의 센서, 강연도, 유연도의 센서, 부피감의 센서, 및 열적인 센서 등으로 명명하였다. 그리하여, 이들 센서들로부터 정보와 판단이 결합하는 방식을 설명하였다.
- Vaughn 과 Kim (1975)은 직물의 주관적 평가와 역학적 성질간의 관계성을 연구하면서 촉감에 관련된 20개의 변수들을 객관적으로 측정하고 이들과 피험자의 주관적 평가와의 상관관계를 연구한 결과 20개중 14개의 변수들과 주관적 평가가 높은 상관이 나타났음을 밝혔다.

● 국내외에서 연구 혹은 개발추진 현황

표 2.1 피부자극에 의한 감성관련 생리신호의 측정기술 및 분석에 대한 국내외 기술개발 현황 (기술수준 비교는 국외기술을 100%로 했을 때의 국내기술 대비를 %로 나타낸 것임)

표 2.1 국내외 기술개발 현황

구분	대상기술명	국내	국외
기술 개발 동향	- 피부자극 속성의 변화에 따른 감성과 생리신호간의 상관성 분석	미개발	개발중(미국, 개발일본)
	- 피부감각 감성 측정, 평가기술 개발	미개발	응용단계 (미국, 일본)
	- 피부감각 감성측정 기기 개발	미개발	개발중 (미국, 일본)
	- 피부감각 감성을 고려한 제품 설계	개발중	응용단계 (미국, 일본)
기술 수준 비교	- 피부감각 감성의 측정을 위한 자극제시 기술	10%	100%
	- 생리신호의 측정 및 분석기술 · wavelet transformation	50%	90%
	· 카오스, 뉴럴 네트워크, 퍼지	60%	90%
	- 생리신호 해석 시스템의 개발 · DSP 기술	70%	100%
	· 주변기기화 인터페이스 기술	70%	100%
	· 평가 및 데이터 베이스 구축 기술	70%	100%

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 피부감각의 생리적 기제

피부는 살아있는 복잡한 구조로서 생존과 관련된 많은 정보를 입력하는 기능을 담당한다. 피부를 통해 경험하는 지각은 해로운 것으로부터 자신을 보호하는데 결정적인 역할을 한다. 피부에 있는 수용기들을 자극함으로써 발생하는 감각을 피부 감각이라 하며, 피부감각에는 다양한 감각들이 포함된다. 피부감각은 압력, 진동, 가열, 냉각 그리고 조직에 손상을 일으키는 사건과 같은 여러 형태의 자극에 반응한다. 압감각은 피부가 기계적으로 변형됨으로써 일어난다. 진동은 흔히 손가락이 거친 표면을 거슬러 움직일 때 잘 일어난다. 따라서 사람들은 사물의 거친 정도를 판단하기 위해 진동감각을 사용한다. 온 감각 및 냉 감각은 정상 피부 온도를 변화시키는 물체에 의해 생긴다.

체감각의 생리학적 기제에 대한 두 이론이 있다. 첫 번째, 특성화 이론 (specific theory)은 피부표면을 자극하는 다양한 형태의 에너지에 선택적으로 민감한 신경종말이 존재하고, 이 특정한 신경종말은 특정한 감각과 연합되어 있다는 것이다. 예를 들어, 촉감의 특정 수용기는 마이스너 소체(Meissner corpuscles)이고, 열의 특정 수용기는 루피니 소체(Ruffini corpuscles)이며, 동통의 특정 수용기는 자유신경종말(free nerve endings)이다. 두 번째, 패턴 이론(pattern theory)은 다양한 체감각은 중추신경계에 전달된 신경활동의 전체패턴에 의해 결정된다는 것이다. 지금까지는 체감각이 개별화되고 특성화된 반응 특성을 처리하는 감각 신

경섬유에 의해 자극된다는 이론이 지배적이었지만, 특정한 말초 감각섬유가 체감각 지각의 특성에 대한 기초를 형성하지만, 대부분의 촉각은 다양한 감각섬유들의 활동을 토대로 이루어진다. 따라서 어떤 연구자들은 어느 한 이론을 채택하기 보다는 앞서 말한 두 이론을 통합하여 체감각의 생리적 기제를 설명하기도 한다.

피부자극이 뇌에서 지각되는 과정인 체감각 경로는 다음과 같다. 피부를 어떤 형태로든 자극하면, 피부 수용기의 신경섬유에서 신경충동이 일어나고, 이 신경충동은 척수(spinal cord)로 입력된다. 피부기관에서 나온 체감각 신경섬유는 척수신경을 거쳐 중추신경계로 들어간다. 그림 3.1.1은 피부에 있는 수용기로부터 척수까지의 경로(pathway)를 보여준다. 손가락에 있는 수용기로부터 신호를 받은 신경섬유들은 배근(dorsal root)을 통하여 척수로 들어가고, 척수에서 시상(thalamus)으로 이동한다. 감각 신경섬유는 두가지 경로인 내측모대 경로(medial lemniscal pathway)와 척수 시상 경로(spinothalamic pathway)를 통하여 척수로 올라간다.

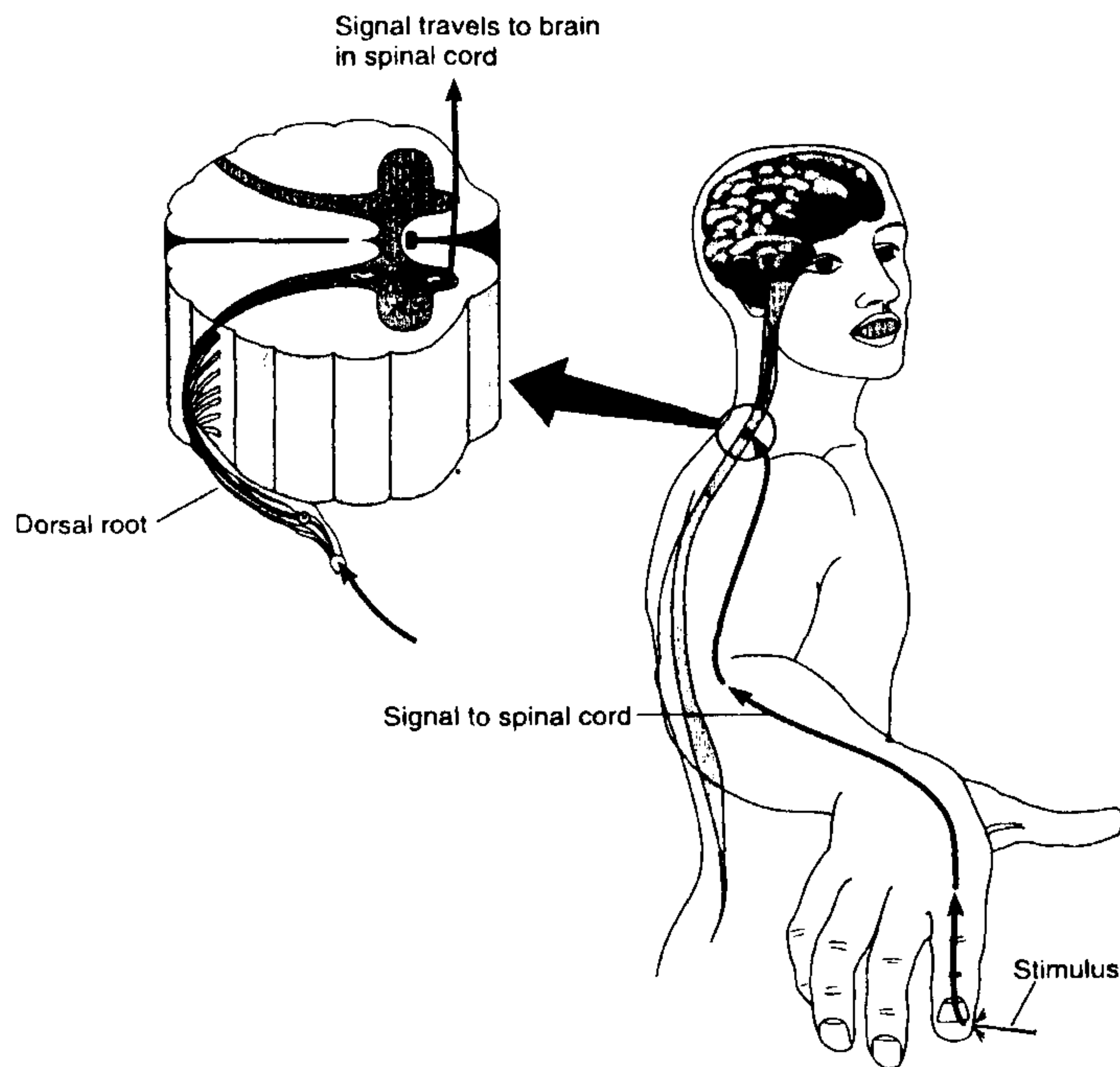


그림 3.1.1 수용기-척수 체감각 경로

내측 모대 경로는 촉각이나 고유감각(팔다리의 위치감각)과 관련된 신호를 보내는 큰 섬유이다. 즉, 미세한 촉각과 같은 정보를 전달하는 축색은 척수의 백질에 있는 후주(dorsal column)를 거쳐서 연수 하부의 신경핵으로 상행하여, 그곳에서 축색은 교차하여 내측모대를 통해 체감각 중계핵인 시상의 복후측핵(ventral posterior nucleus)으로 올라간다. 시상에서 일차 체감각 피질로 투사하는 축색은 이어서 이차 체감각 피질로 들어간다.

척수 시상 경로는 온도감각과 동통에 관련된 신호를 전달하는 작은 신경섬유로 구성되어 있다. 동통이나 온도감각의 정보를 전달하는 신경섬유 축색은 척수로 들어가자마자 다른 신경섬유와 시냅스한다. 이들 신경섬유의 축색은 척수의 반대쪽으로 교차하고, 척수시상로(spinothalamic tract)를 거쳐 시상의 복후측핵으로 상행한다. 앞서 설명한대로, 두 경로를 통해 들어온 섬유들은 척수에서 교차하여 시상의 복후측핵으로 들어간다. 시상에서 신호들은 두정엽에 있는 체감각 수용 영역으로 입력된다. 그림 3.1.2는 척수에서 체감각 피질에 이르는 체감각로를 설명한다.

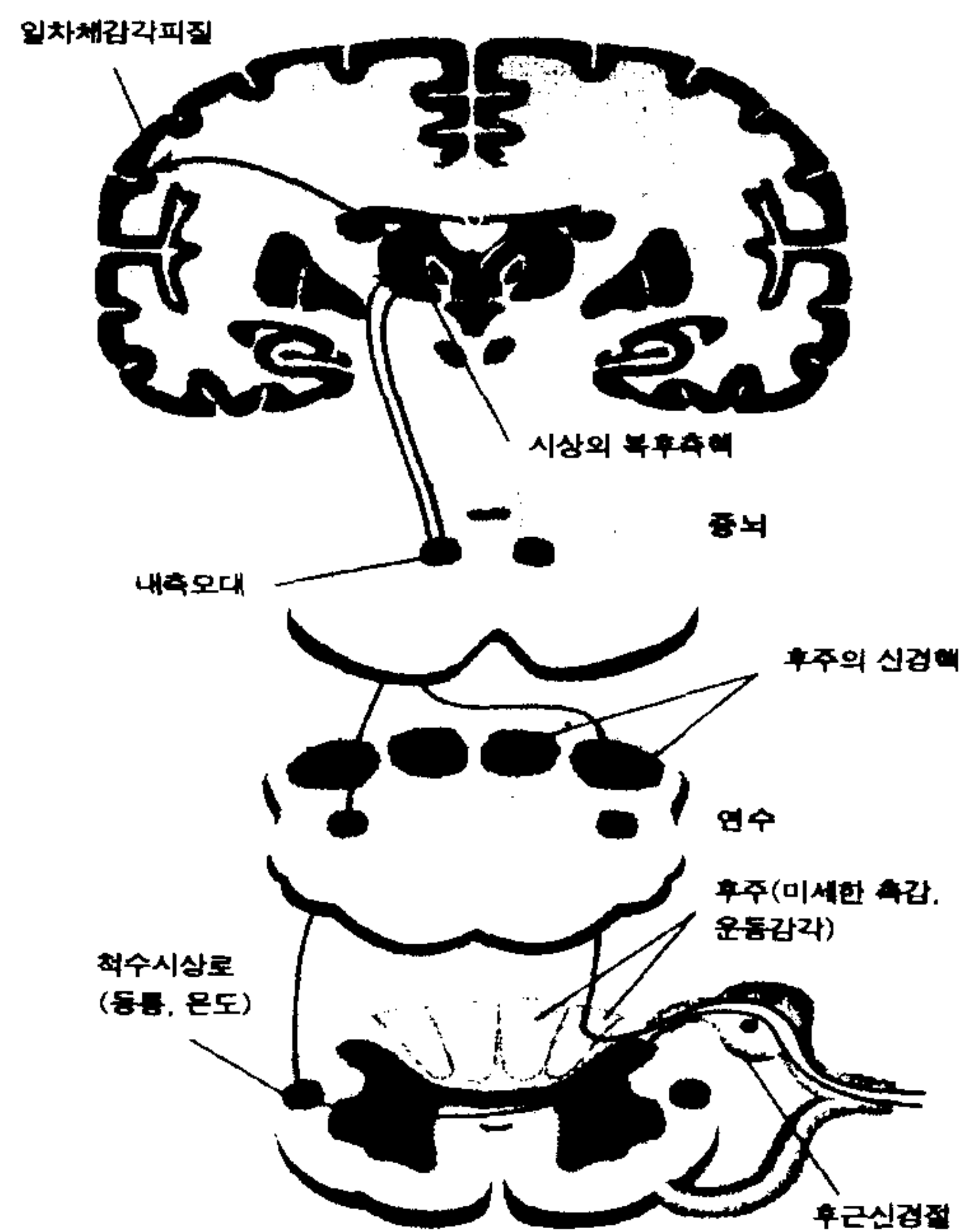


그림 3.1.2 척수-감각피질 체감각로

1. 피부와 피부 수용기 (The Skin and Its receptors)

우리가 당연하게 생각하는 피부는 복잡하고도 필수적인 신체기관이다. 우리는 피부없이 살 수 없으므로 광범위한 피부손상은 치명적인 결과를 가져온다. 따뜻한 체액에 담겨져 있는 신체의 세포들은 피부의 바깥층에 의해 유해한 환경으로부터 보호를 받는다. 피부는 땀을 내어 몸을 식히거나, 혈액순환을 제한하여 열을 보존함으로써 체온조절에 관여한다. 피부의 형태는 신체 전반에 걸쳐 다양하게 분포하는데, 점막에서부터 털이 있는 피부, 손바닥이나 발바닥과 같이 털이 없는 매끄러운 피부에 이르기까지 다양하다.

피부는 평활피부(glabrous skin, 손바닥이나 발바닥과 같은 털이 없는 피부), 유모피부(hairy skin), 점막구조(mucocutaneous)의 세 유형으로 분류된다. 피부의 세 유형은 기계적 특성(예를 들어, 가소성, 탄성, 두께 등)이 다르고, 이런 기계적 특성들은 또한 신체의 위치, 연령, 성, 종에 따라 다르다. 피부는 외피(epidermis)와 진피(dermis)로 구성되어 있으며, 이들은 근육, 인대, 뼈 등을 기준으로 구분된다. 외피는 층으로 된 비늘모양의 상피세포들로 구성되어 있다. 외피의 가장 바깥층인 각막층은 단단하고 각질화된 죽은 세포조직이고 외피는 가장 아래층에서 생성되어 수명이 다하면 바깥쪽으로 이동한다. 진피의 구성성분은 결합조직(connective tissue)과 배경물질(ground substance)이고, 진피는 유두층(papillary layer)과 망상층(reticular layer)으로 구성되어 있다. 유두층은 배경물질로 둘러싸인 모세관망에 collagenous elastin과 망상섬유(reticular fiber)로 구성되어 있고, 망상층은 피부표면에 평행하여 배열된 굵은 collagen bundle과 혈관, 신경섬유 사이의 elastin fibers 망으로 구성된다. 그림 3.1.3은 평활피부의 구조를 보여준다.

외피와 진피에는 피부 수용기(receptor)가 존재한다. 피부수용기에는 네가지 유형이 있으며, 각 수용기는 특정한 자극에 가장 잘 반응하고 특정한 지각과 연합되어 있다. 메르켈 수용기(Merkel receptor)는 외피와 진피의 경계에 위치하는 디스크 모양의 수용기이다. 마이스너 소체는 진피에서 상피쪽으로 도출되어 있는 작은 수용기이다. 루피니 소체는 원통 캡슐 내부에 많은 가지가 있는 섬유를 가진 수용기이다. 파치니 소체는 신경섬유를 둘러싸고 있는 층으로 된 양파처럼 생긴 캡슐모양이고, 피부내부의 깊숙히 위치하며 또한 장이나 관절과 같은 다른 많은 부위에서도 발견된다. 즉, 네 수용기는 수용기 영역의 크기와 피부에서의 위치, 물리적 속성이 서로 다르다. 이러한 수용기들의 차이점은 어떤 수용기와 연합된 신경섬유로 하여금 다른 유형의 자극에 더 잘 반응하도록 하며, 결국 다른 촉각지각을 일으킨다.

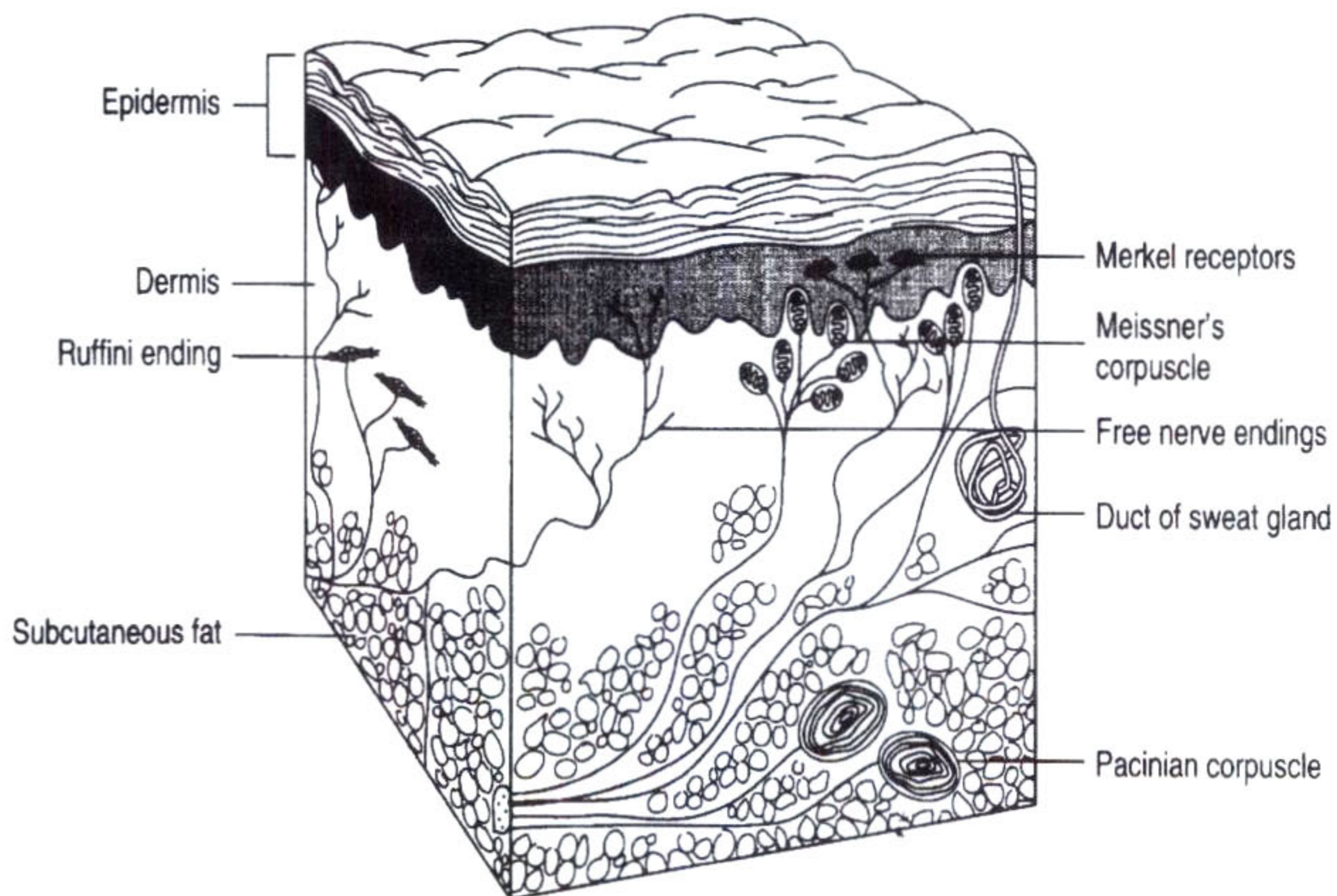


그림 3.1.3 평활피부의 구조

2. 촉각의 정신물리학과 생리학 (The psychophysics and physiology of Tactile perception)

피부에 기계적으로 가해진 자극은 개별적인 채널을 통해 지각된다. 이러한 개별적인 채널을 생리학적으로 설명하면, 피부에 제시된 특정한 자극에 민감한 네가지 다른 유형의 수용기(receptor)가 있고, 이 수용기들과 연합된 네가지 유형의 기계적 수용기 섬유(mechanoreceptive fiber)들이 있다. 채널을 정신물리학적으로 설명하면, 각 채널은 다른 주파수의 촉각자극에 가장 잘 반응하고, 결과적으로 다른 촉각지각을 일으킨다.

S. J. Bolanowski와 그의 동료들은 평활피부에서 촉각자극을 담당하는 네가지 다른 유형의 채널을, 유모피부에서 세유형의 채널을 구분하였다. 그림 3.1.4는 각 채널이 촉각 자극의 주파수에 어떻게 반응하는지를 보여준다. 각 채널의 곡선은 피부에서 감각을 느끼는 역치(threshold)와 피부에 제시된 촉각자극의 주파수를 나타낸다.

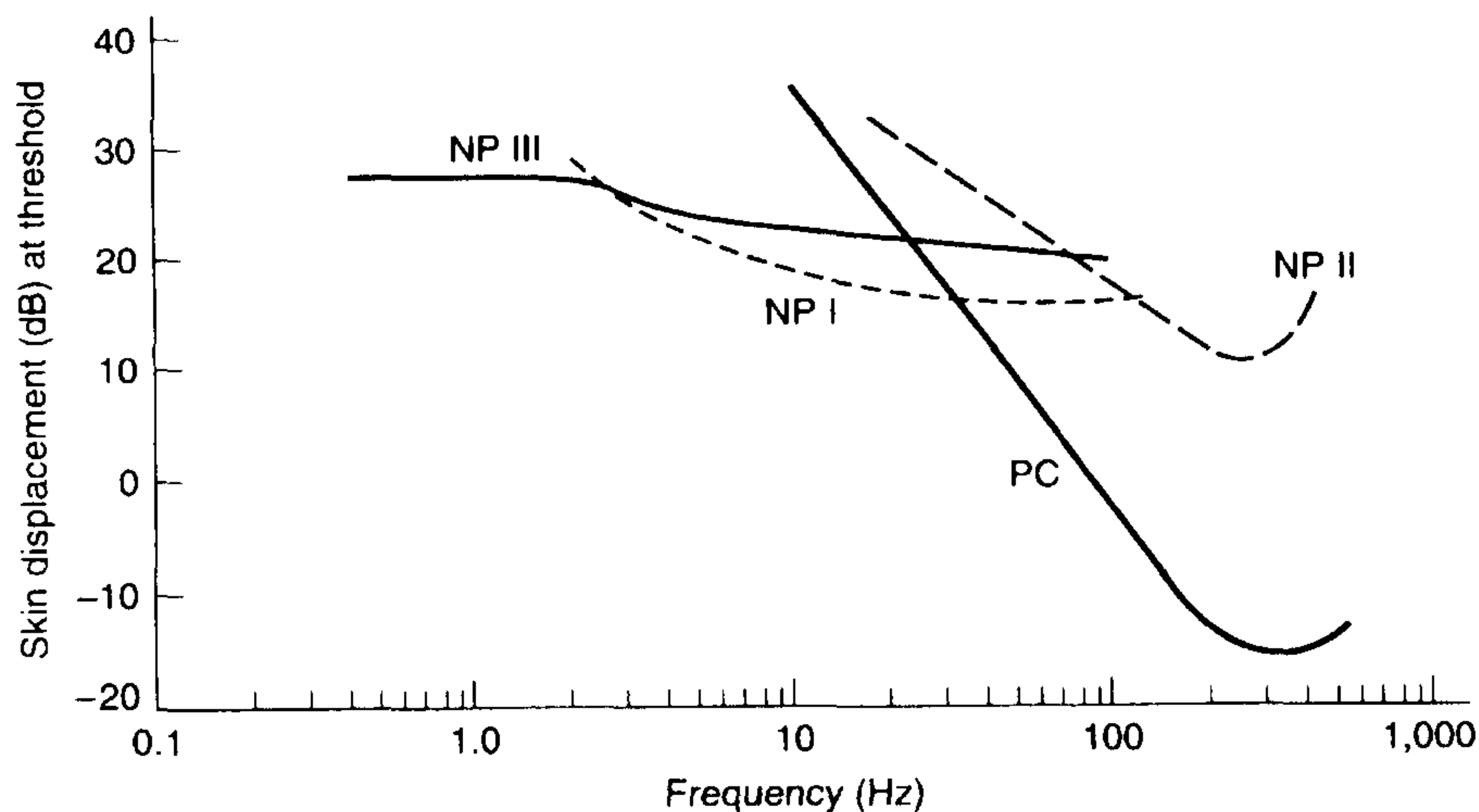


그림 3.1.4 평활피부에서 정신물리학적 채널의 주파수 반응

네 채널들은 0.4Hz에서 500Hz이상의 범위에서 반응한다. 각 채널은 특정한 유형의 촉각지각과 관련되어 있다. 예를 들어, NP III는 낮은 주파수에 반응하며 압력 (pressure)의 지각과 관련있고, PC 채널은 높은 주파수에 반응하며 진동 (vibration)의 지각과 관련되어 있다. 표 3.1.1에는 ① 채널의 이름, ② 각 채널에 반응하는 주파수 범위, ③ 각 채널과 연합된 수용기, ④ 각 채널과 관련된 촉각지각에 따른 채널들에 관한 설명이 제시되어 있다.

표 3.1.1 촉각지각의 정신물리학적 채널

channel	Best Frequencies	Receptor Structure	Perception
NP III	0.3 ~ 3Hz	Merkel receptors	Pressure
NP I	3 ~ 40Hz	Meissner corpuscle	Flutter
NP II	15 ~ 400Hz	Ruffini corpuscle	Buzzing
PC	10>500Hz	Pacinian corpuscle	Vibration

(PC: "Pacinian corpuscle", NP: "non-Pacinian")

촉각에 대한 네 유형의 신경학적 채널은 피부에 있는 신경섬유들의 활동을 기록하면서 확인되었다. 이러한 네 유형의 섬유들은 기계적 자극에 반응하기 때문에 기계적 수용기 섬유(mechanoreceptive fiber)라고 부른다. 기계적 수용기 섬유들은 표 3.1.2에 제시되어 있다. 표 3.1.2는 ① 수용기 이름 : 반응이 빠르게 (RA=rapidly adapting fiber), 느리게(SA: slowly adapting fiber) 순응하느냐, ② 각 섬유의 수용기 영역의 크기, ③ 각 섬유와 관련된 수용기, ④ 각 섬유가 가장 잘 반응하는 자극에 따라 기계적 수용기 섬유들의 특성을 설명한다.

신경섬유 유형과 촉각지각간의 관계는 신경섬유내 마이크로 자극

(microstimulation)을 사용한 연구에서 보고되었다. 이것은 단일한 신경섬유를 선택적으로 발화시키기 위해 전극을 통해 자극을 가하고, 동일한 전극을 통해 그 신경섬유에서 발생한 활동전위를 기록하는 방법이다. RA I을 전기자극하면 피험자들은 간헐적인 두드림을 보고한다. 손가락에서는 한번의 전기충동으로 감각을 일으키지만 손바닥에서는 감각을 느끼기 위해서 반복적인 전기충동이 요구된다. PC 신경섬유들은 한번의 전기충동으로 감각을 일으키는데 불충분하기 때문에 반복적으로 전기충동을 가해야 한다. 따라서 진동감각을 유발하기 위해 초당 10~80번의 전기충동이 요구된다. SA I 섬유는 실험결과, 압력을 지각하므로 압력 감각을 일으키기 위해서 초당 3~10번의 전기충동이 필수적이다. SA II 섬유들에서는 이런 전기자극으로 어떤 감각도 일으키지 못하였다. SA II 섬유들의 전기기록 결과에서 의도적인 피부자극없이 초당 5~20 spikes의 자발적인 활동이 일어난다는 것을 알 수 있었다. 아마도 SA II 섬유는 다른 섬유와는 다른 감각특성을 가진 자극에 반응하는 듯하다.

표 3.1.2 기계적 수용기 섬유들의 유형

Type of Fiber	Receptive Field Size	Receptor Structure	Best Stimulus
SA I (slowly adapting)	Small	Merkel receptors	Pressure
RA I (rapidly adapting)	Small	Meissner corpuscle	Taps on Skin
SA II (slowly adapting)	Large	Ruffini corpuscle	Stretching of Skin or Movements of Joints
PC (rapidly adapting)	Large	Pacinian corpuscle	Rapid vibration

위의 표에서, 빠르게 순응하는 두 유형의 섬유(RA I 과 PC)와 느리게 순응하는 두 유형의 섬유(SA I 과 SA II), RA I 과 SA I 은 좁은 수용기 영역을 가지고, PC

와 SA II는 넓은 수용기 영역을 포함한다는 것을 알 수 있다. 또한 기계적 수용기 섬유(수용기 구조와 가장 민감한 자극은 네 유형의 정신물리적 채널의 수용기와 지각과 관련이 있다는 것을 알 수 있다. 다시 말하면, 생리학적 채널과 정신물리학적 채널의 관계를 알아보기 위해서, 표 3.1.1과 표 3.1.2의 마지막 두 행을 비교해 본 결과, 생리학적 채널과 정신물리학적 채널이 매우 유사하다는 것을 확인할 수 있었다. 그림 3.1.5에 생리학적 채널과 정신물리학적 채널의 관계성에 대한 자세한 설명을 그림으로 제시하고 있다.

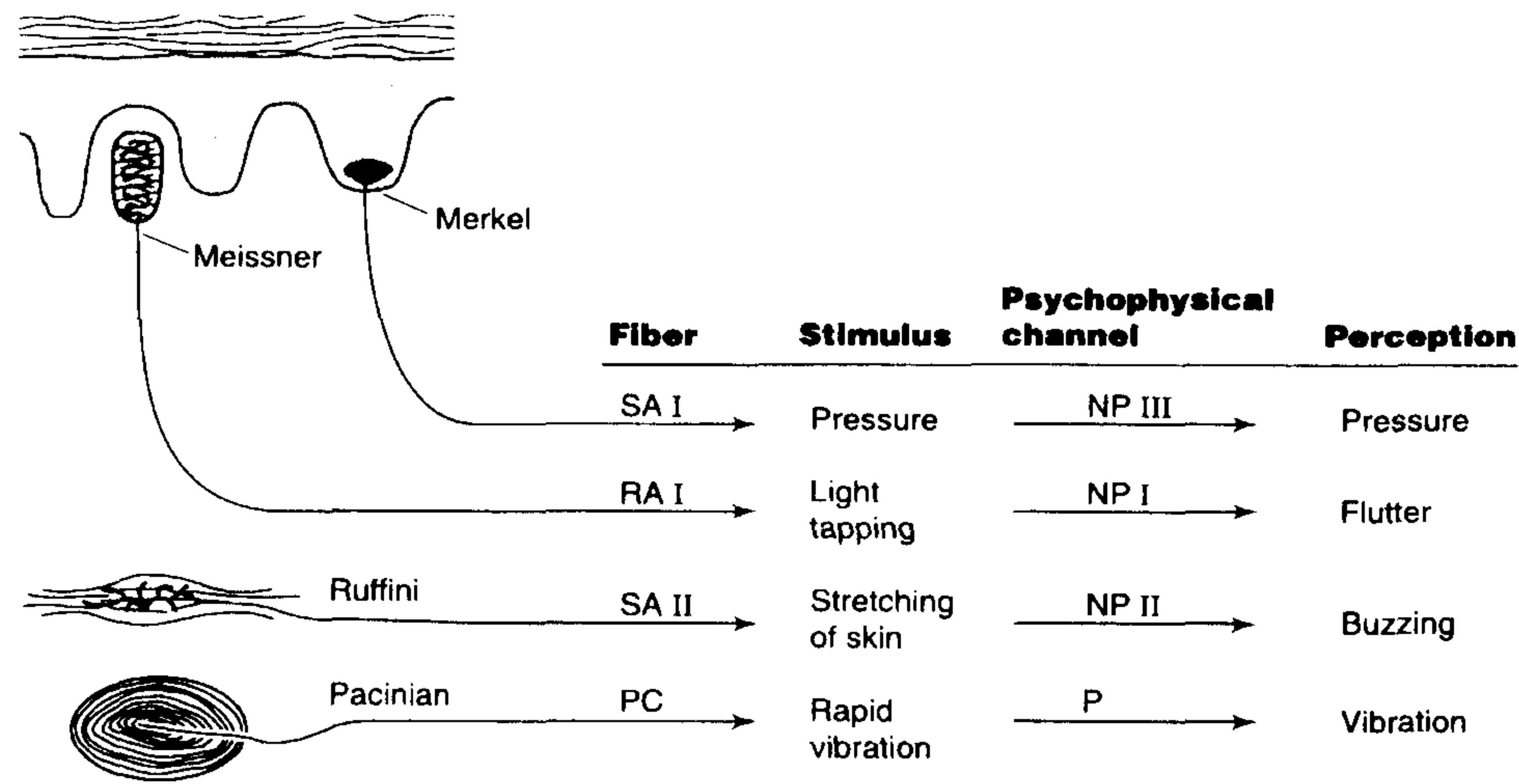


그림 3.1.5 수용기(우), 기계적 수용기 섬유(중양), 정신물리학적 채널(좌)간의 관계

3. 신경 정보처리 (Neural processing)

촉각지각에 대한 연구결과를 바탕으로 체감각에서 신경의 정보처리와 지각의 관계를 살펴보자. 촉각 예민함(tactile acuity)은 신체부위에 따라 다르다. 손과 손가락같은 신체부위는 팔다리나 등과 같은 부분보다 촉각지각이 더 예민하다. 피부

의 공간적 예민함을 측정하는데는 두가지 방법이 있다. 첫 번째, 위치측정의 오류 (error of localization)는 피부에 어떤 자극을 제시하고 접촉지점을 정확히 구분해내는 방법이다. 두 번째 방법은 피부에 접촉하는 두 지점을 구별할 수 있는 최소의 거리를 측정하는 두 점의 역치(two-point threshold)이다. 이러한 두가지 방법을 사용하여 신체부위마다 피부의 공간적 예민함이 다르다는 것을 발견하였다. 그림 3.1.6은 two-point threshold가 신체부위에 따라 얼마나 다른지를 보여준다. 그림에서 two-point threshold는 팔이 엄지손가락보다 10배나 크다는 것을 알 수 있다. 이런 결과는 시각체계에 대한 결과와 유사하다. 뛰어난 공간 변별력을 가지는 부위(촉각에서는 손가락:fingers, 시각에서는 중심와:fovea)는 매우 예민하다.

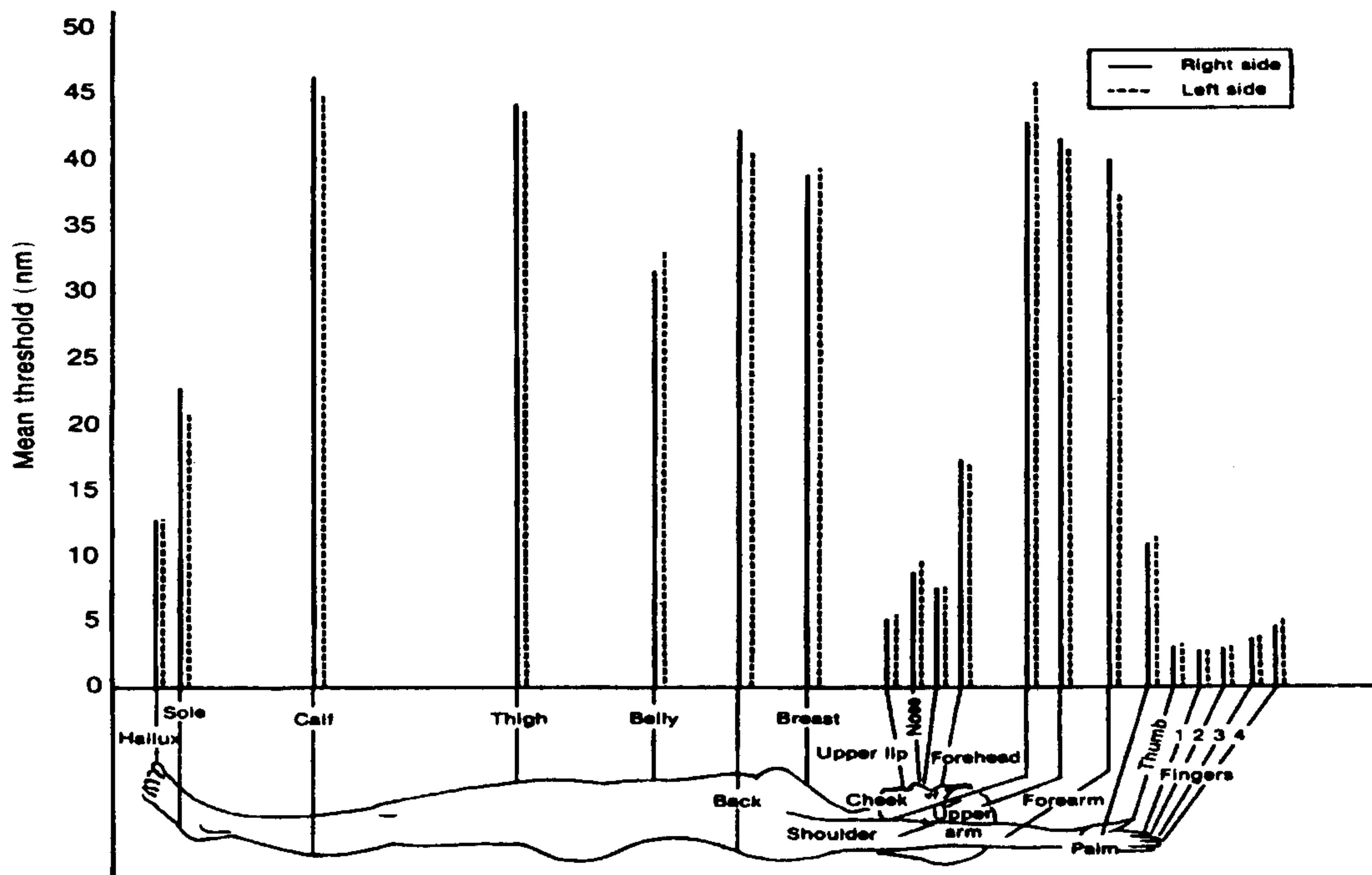


그림 3.1.6 신체부위에 대한 two-point threshold

신체부위에 따른 예민함 차이를 생리학적으로 관련시키는 한가지 방법은 신체부위의 수용 영역(receptive fields)의 크기를 비교해보는 것이다. RA I과 SA I은 작은 수용 영역을 가지고 있었다. Vallbo와 Johansson(1978)은 작은 수용 영역에서

의 밀도는 손보다 손가락에서 더 높다는 것을 발견하였다. 또한 Vallbo와 Johansson은 two-point threshold의 크기와 RA I과 SA I 섬유들에 대한 작은 수용 영역의 밀도 사이에 밀접한 관계가 있음을 발견하였다. 즉, 작은 two-point threshold을 가지는 신체부분은 작은 수용 영역을 가진다. 그림 3.1.7은 손바닥과 손가락의 부분에서 측정된 공간 해상도(two-point threshold와 역관계, 역치가 낮을수록 공간해상도는 좋음)와 동일한 세부분에서 신경섬유의 밀도를 보여준다. 손바닥은 공간해상도가 낮고(two-point threshold가 크고, 낮은 예민함) 신경섬유의 밀도도 낮은 반면, 손가락 끝에서는 공간해상도가 높고(two-point threshold가 작고, 예민함) 신경섬유의 밀도가 높다는 것을 볼 수 있다.

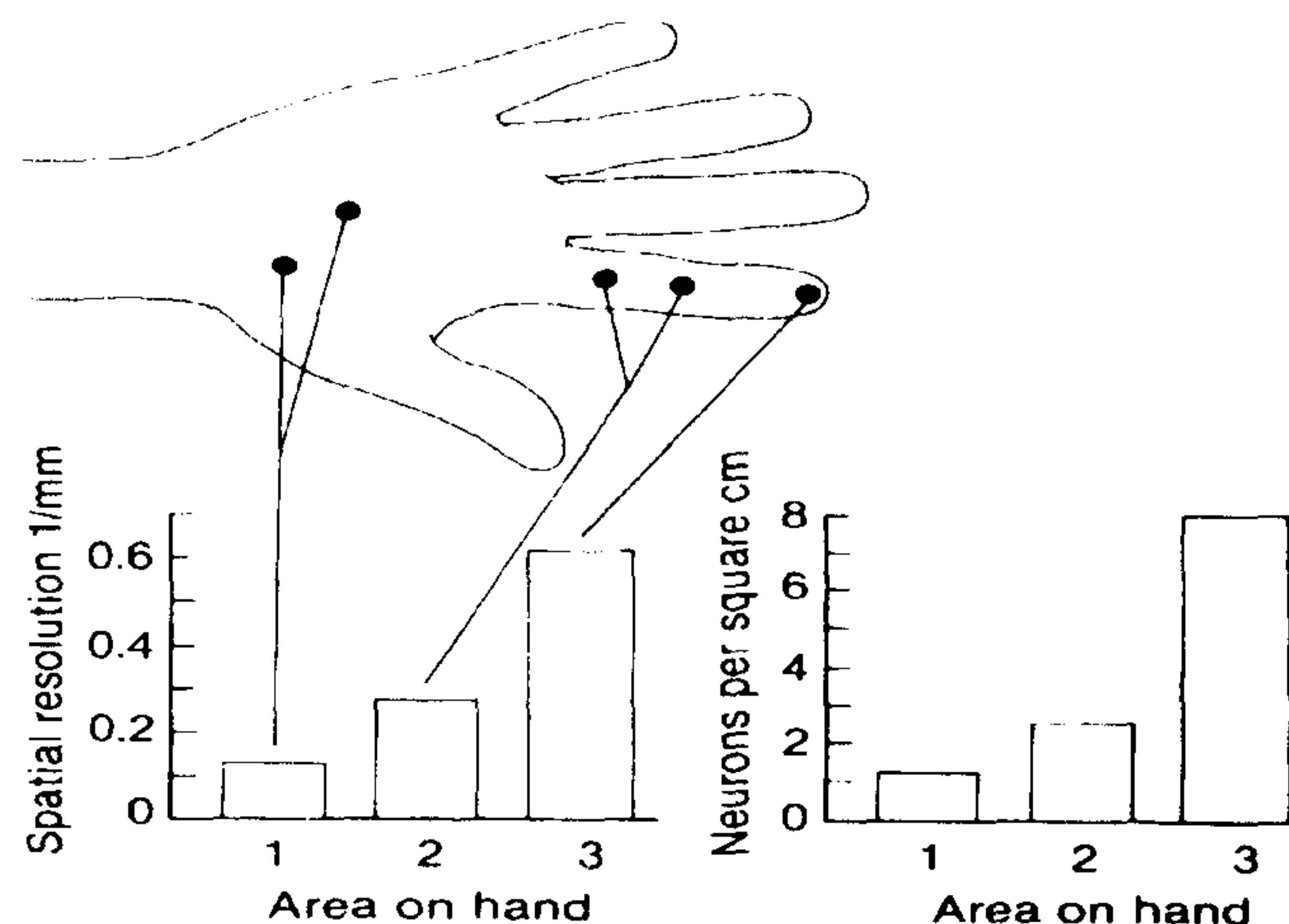


그림 3.1.7 공간해상도와 신경섬유의 밀도

촉각의 예민함을 생리학적으로 관련시키는 다른 방법은 체감각 피질이 신체의 다양한 부분에 대해서 얼마나 많은 공간을 할당하고 있는지를 확인하는 것이다. 예민한 신체부분이 피질에서 넓은 영역에 차지하고 있는지를 살펴봄으로써 피질의 생리학과 촉각 예민함의 관계를 알아볼 수 있다. 예민함과 피질에서 공간과의 관계는 시각체계의 확대 요인(magnification factor)과 유사하다. 뛰어난 시각각과 추상체(cone) 수용기가 밀집되어 있는 중심와는 그것의 크기와는 전혀 상관없이 피질영역에 표상된다. 중심와의 피질영역은 중심와에 맺힌 물체상의 세밀한 부분을 지각하

는데 필요한 여분의 신경 정보처리를 제공하기 위해 확대된다. 신체의 각 부분과 상응하는 피질의 영역을 측정해보면 피부감각에서도 시각에서와 유사한 상황을 볼 수 있다. 그림 3.1.8에 신체표면을 묘사하는 체감각 피질이 제시되어 있다. 이러한 대뇌 피질의 묘사를 '인체모형(homunculus)'이라고 부른다. 뇌의 한 지점과 신체의 한 지점간의 관계는 피질의 매우 좁은 영역에 가벼운 전기자극을 가하고, 감각을 어디에서 느껴졌는지 사람들에게 물어봄으로써 확인할 수 있다. Penfield와 Rasmussen(1950)이 간질발작의 원인이 되는 뇌종양을 제거해야하는 환자들의 뇌에 전기자극하여 얻어진 결과를 그림 3.1.8로 나타내었다. 이런 외과수술의 문제점은 체감각 영역과 운동영역을 손상시키지 않고 종양을 제거하는 것이다. 따라서 종양을 제거하기 전에, 의사들은 각 환자 뇌의 체감각과 운동 영역을 나타내는 지도를 그린다.

그림 3.1.8의 인체모형은 피부의 어떤 부분이 뇌의 얼마나 넓은 부분에 묘사되는가를 보여준다. 예를 들어, 손가락이 차지하는 피질영역은 팔 전체가 차지하는 영역만큼 넓다. 그림 3.1.5와 그림 3.1.7을 비교해보면, 피부의 two-point threshold와 피부에 대한 피질의 묘사간의 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다. 작은 two-point threshold를 가지는 피부 부분은 피질의 넓은 영역에 묘사된다. 다시 말하면, 촉각 예민함을 가지는 피부는 피질의 넓은 영역에 의해 묘사된다. 또한, 세밀한 부분을 잘 변별하는 신체 부분은 피질의 넓은 영역을 차지한다.

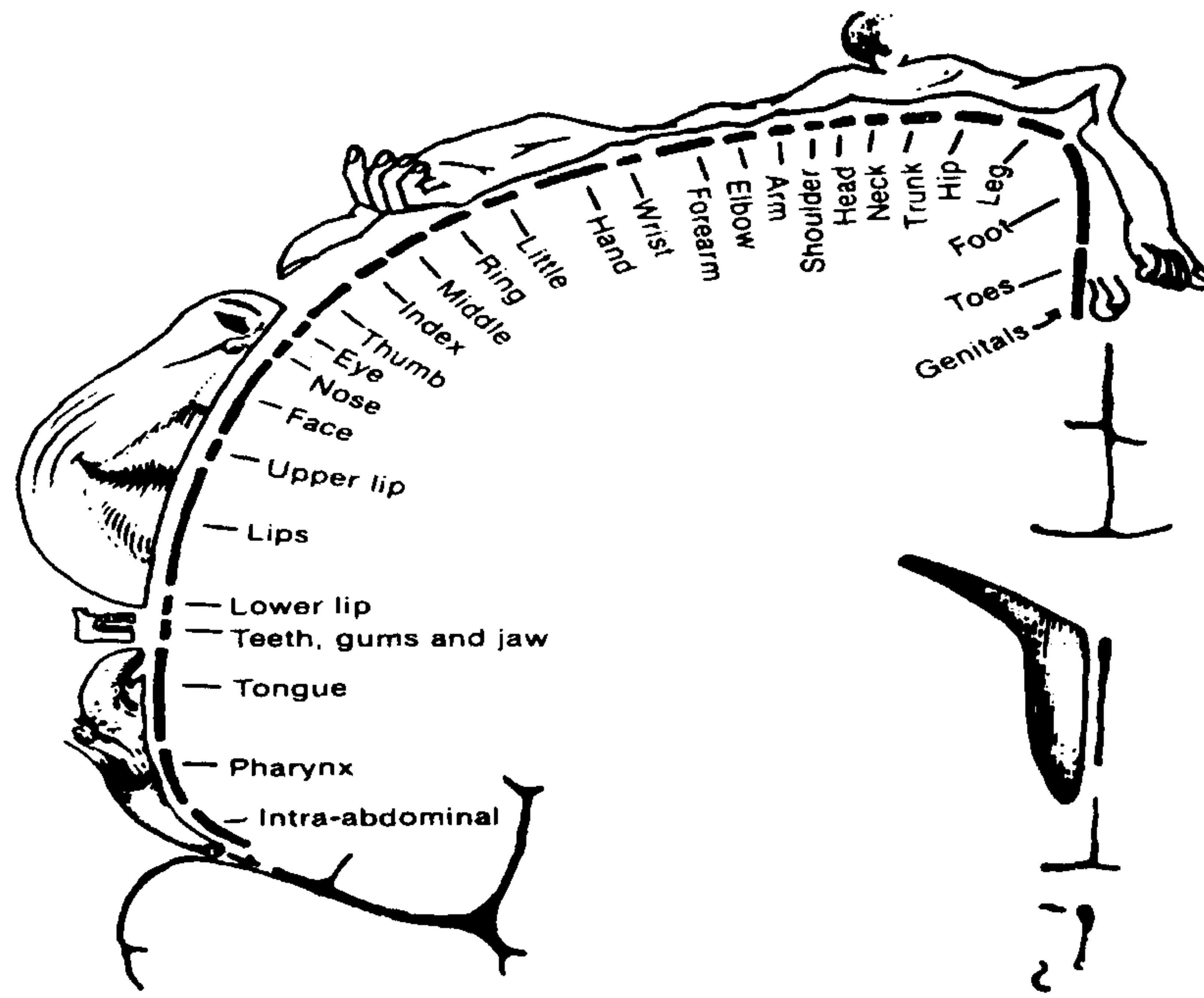


그림 3.1.8 체감각 피질의 감각 인체모형

많은 연구결과들은 원숭이 신체에 대한 체감각 피질의 감각 인체모형 종류가 적어도 4종류 이상 존재한다는 것을 보고하였다(Kaas & Pons, 1988; kandel & Jessell, 1991). 다양한 표상들이 존재하는 명백한 이유는 감각 피질내에서 다른 영역은 다른 기능을 수행한다는 것이다. 예를 들어, 한 영역은 형태를 변별하는데 전문화되어 있고, 다른 영역은 식물(결)을 변별하는 기능을 담당한다.

또한 체감각 피질에서 지도들은 피부를 많이 자극하여 피질에 도달하는 지각을 증가시킴으로써 변경될 수 있다. Jenkins와 Merzenich(1987)는 피부의 특정 영역을 계속 자극하면(피부자극을 증가시키면), 그 피부영역으로부터 신호를 수용하는 피질영역이 확장된다는 것을 발견하였다. 이들은 원숭이에게 한 손가락의 특정한 위치를 많이 사용해야하는 과제를 수행하는 훈련을 시킴으로써 이러한 효과를 증명하였다. 훈련받기 전에 측정된 손가락의 피질영역 지도와 훈련받은지 3개월 후 측정된 지도를 비교해 보면, 자극된 손가락을 표상하는 피질영역이 훈련 후 매우 확장

되었다는 것을 볼 수 있다. 따라서 이러한 연구결과는 그림 3.1.7의 감각 인체모형은 안정적이고 영구적인 것이 아니라, 경험에 의해서 변경될 수 있다는 것을 보여준다.

Clark과 동료들(1988)은 피질의 조직화가 ① 신체의 특정부위를 얼마나 많이 사용하였는가뿐 아니라 ② 신체의 인접한 부분의 자극이 얼마나 동시에 일치되는가에 의해 영향 받는다고 주장하였다. Clark의 실험은 인접한 손가락을 포상하는 피질의 영역사이에 가느다란 경계선이 있다는 사실을 가정하고 수행되었다. 정상적인 뇌에는 두 손가락 사이에 불연속적인 경계, 즉 두 손가락의 자극 모두에 반응하는 신경섬유가 없는 영역이 존재한다는 것이다. 이러한 피질의 분리된(경계) 영역은 다른 손가락들이 동시에 일치된 자극을 항상 경험하지 않는다는 사실을 반영한다. 잘 일치된 자극을 제시하면, 지도에서 불연속을 제거할 수 있을 것이다. Clark은 왼손의 세 번째와 네 번째 손가락을 함께 봉합함으로써 coordination에 성공하였다. Clark이 7개월 후에 피질의 지도를 측정하였을 때, 두 손가락을 포상하는 영역간의 경계가 사라졌고, 많은 신경섬유들이 두 손가락의 자극에 반응하는 것을 발견하였다. 두 손가락은 하나로 변하였다. Jenkins과 Clark의 결과를 통해 피질의 조직화가 ① 피질에 도달하는 신호들의 존재와 ② 신체의 다른 부분에서 피질로 도달하는 신호들간의 관계에 달려있음을 알 수 있다.

4. 능동적 터치 (Active touch)과 수동적 터치(Passive touch)

앞서 설명한 촉각 관련 연구들은 대부분 실험가들이 수동적인 피험자에게 자극을 제시하여 측정한 결과들이다. 피부에 제시된 자극에 피험자들은 움직임없이 그

자극을 지각해야 한다. 이러한 터치를 수동적 터치(passive touch)라 한다. 그러나 일상생활에서 사람들은 손가락으로 물체를 만지면서 물체의 윤곽이나 특성을 지각한다. 이런 과정을 능동적 터치(active touch)라 한다. 능동적 터치는 물체에 대한 자유로운 만짐이라고 정의할 수 있다. 능동적 터치는 피부감각뿐 아니라 손가락과 손의 위치와 움직임의 감각을 지각하는 다른 생리적 과정을 포함한다. 팔다리의 위치와 관련된 감각은 고유감각(proprioception)이라 하고, 팔다리의 운동감각은 운동감각(kinesthesia)라고 부른다. 능동적 터치는 피부감각뿐 아니라 운동감각과 고유감각 등을 포함하고 있기 때문에 피부감각 연구에서 중요시되지 않았었다. 그러나 Katz(1925)는 결(texture)과 형태(form)를 지각하는데 움직임의 중요성을 강조하였다. 특히 거칠기(roughness)와 부드러움(smoothness)을 지각할 때 수동적 터치보다 능동적 터치가 더 적절하며, 형태지각에서도 능동적 터치가 표면을 더 잘 구별한다고 주장하였다.

팔다리와 관절의 위치와 운동의 지각은 관절에 있는 수용기와 근육방추 수용기(muscle spindles receptors: 근육섬유들에 얽혀 있는 느리게 순응하는 기계적 수용기 섬유들)가 관여한다. 근육 방추 수용기들은 근육 길이의 변화에 민감하므로, 근육이 늘어나면 이런 수용기들이 발화하게 되고 팔다리의 위치를 지각하게 된다. 근육 방추의 발화가 팔다리 위치를 지적해준다는 사실은 촉각 착각(tactile illusion)을 일으킨다. 팔에 진동자극을 가하면, 팔이 다른 위치로 움직인 것과 같은 감각을 느끼게 된다. 팔이 움직이거나 근육이 늘어난 경우와 같이, 진동자극이 방추 수용기들을 발화시킴으로써 팔이 움직인 것과 동일한 느낌을 지각하게 된다.

특정한 자극에만 반응하는 피부감각 신경섬유들처럼, 관절이나 근육에 있는 신경섬유들은 특정한 팔다리의 움직임과 위치에 반응한다. Gardner와 Costanzo(1981)는 관절에 있는 수용기에서 입력받는 원숭이의 체감각 피질에서 신경섬유의

활동을 기록하여 세가지 유형의 신경섬유가 존재한다는 것을 확인하였다. 첫 번째, 빠르게 순응하는 신경섬유는 특정한 방향으로의 움직임에만 반응한다. 두 번째, 느리게 순응하는 신경섬유는 팔다리가 움직였을 때 반응하지만 또한 특정한 위치를 유지할 때에도 반응한다. 세 번째 신경섬유는 팔다리의 위치가 최대로 유지되었을 때 발화한다. 이 신경섬유는 움직임때보다 위치가 고정되었을 때 가장 잘 반응하므로 위치 신경섬유(positional neurons)라고 부르기도 한다. 능동적 터치를 통한 지각은 손이나 손가락의 움직임과 위치에 반응하는 신경섬유들과 압력이나 진동과 같은 특성을 감지하는 기계적 수용기 섬유들과 같은 피부감각 신경섬유의 발화에 달려있다.

능동적 터치에 대한 정신물리학적 연구에서 중요한 관심중의 하나는 능동적 터치와 수동적 터치를 비교하는 것이다. Gibson(1962)은 능동적 터치와 수동적 터치를 구분하는 것이 두 터치 방법에 따라 경험하는 것과 지각하는 정보의 종류가 다르기 때문에 중요하다고 제안하였다. 또한 능동적 터치는 만져진 물체(object)와 관련있는 반면, 수동적 터치는 피부에 경험된 감각(sensation)과 관련있다고 지적하였다. 예를 들어, 뾰족한 물체로 피부를 자극하면(수동적 터치), 사람들은 “피부에서 찌르는 감각을 느낀다”고 말하지만, 뾰족한 물체의 끝을 스스로 만지면(능동적 터치), “뾰족한 물체를 느낀다”고 말한다. 능동적 터치와 수동적 터치를 구분하는 또 다른 예는 물체의 표면에 걸쳐 손을 움직였을 때(능동적 터치) 물체가 움직이는 것으로 지각하지 않지만(물체가 움직였더라도), 피부에 놓여진 물체를 움직였을 때(수동적 터치) 움직이는 물체를 지각한다는 것이다.

능동적 터치와 수동적 터치를 구별할 수 있는 많은 특성들이 있다. 특히 능동적 터치의 중요한 특성은 “의도적(purposive)” 이라는 것이다. 사람들이 친숙하지 않은 물건을 만져보는 목적은 그것의 모양을 파악하고자 하는데 있다. 의도성은 능동

적 터치의 경험을 결정하는 중요한 요소이다. 능동적 터치는 수동적 터치에는 없는 다른 특성을 포함한다. 손이나 손가락으로 물체를 만졌을 때는 피부에 있는 수용기 뿐 아니라 관절이나 건에 있는 수용기들이 자극되어 활성화되는 반면, 수동적 터치 시에는 피부에 존재하는 수용기만을 자극시킨다.

이와 같은 여러 가지 특성들로 능동적 터치와 수동적 터치를 구별할 수 있었다. 그렇다면 능동적 터치와 수동적 터치의 촉각 능력 또한 매우 다를 것이다. Gibson(1962)은 능동적 터치가 수동적 터치보다 물체에 대한 정보를 수집하는 능력에 있어서 더 뛰어나고 주장하였다. 그는 자신의 주장을 증명하기 위해 다양한 모양의 쿠키 절단기를 확인하는 실험을 하였다. 다양한 모양의 쿠키 절단기를 능동적으로 만졌을 때 피험자들은 쿠키의 모양을 단 한번에 95% 정확하게 맞추었지만, 단지 쿠키 절단기를 피부에 놓았을 때 피험자들은 한번에 49%만 정확하게 알아맞춘다는 결과를 보여주었다. 그러나 다른 연구에서 능동적 터치가 수동적 터치보다 항상 더 정확하게 확인하지 않는다는 것을 발견하였다. Schwartz, Perez와 Azulaz(1975)는 Gibson의 쿠키 절단기를 이용한 실험을 반복하였는데, 수동적 터치에 한 조건을 첨가시켰다. 첨가된 한 조건은 피험자는 손가락을 움직이지 않고, 실험가가 피험자의 손가락에 쿠키 절단기를 움직여주는 것이다. Gibson의 결과와 마찬가지로, 쿠키 절단기를 피부에 단지 놓아두기만 한 경우에 피험자들이 쿠키 모양을 확인하는 것은 어려운 것으로 나타났다. 그러나 쿠키 절단기를 피험자의 손에 움직여준 경우, 피험자들은 한번에 93% 정확하게 쿠키 모양을 확인하였다. 따라서 Schwartz 등은 능동적 터치와 수동적 터치의 주관적 경험은 다를지라도, 수동적 터치는 피험자의 손에서 자극이 움직이는 경우에 한해서 능동적 터치와 동등할 정도로 자극에 대한 정보를 제공해줄 수 있다고 논의하였다. 즉, 이것은 의도나 목적없이 피부에서 물체의 움직임은 모양을 구별하는데 중요하다는 것을 보여주는 결과이다.

다른 연구에서도 움직이는 자극에 근거한 수동적 터치는 능동적 터치와 동등하

게 물체를 확인한다는 결과를 보고하였지만, 여전히 많은 연구들은 능동적 터치가 물체를 더 잘 확인한다는 결과를 보고하고 있다. 예를 들어, Heller(1986)는 피험자들에게 세가지 조건에서 점자 점 패턴을 확인하도록 하였다. 세가지 조건은 각각 능동적 터치, 수동적 터치, 움직임이 있는 수동적 터치이다. 실험 결과는 능동적 터치는 다른 두가지 유형의 수동적 터치보다 모양을 더 잘 확인한다는 것을 보여주었다. 요약해 보면, 능동적 터치는 수동적 터치와는 다른 생리적 기제를 통해 물체를 지각하며, 두 터치 방법을 통해 지각된 주관적 경험도 다르다. 피부감각 연구에서는 능동적 터치가 고유감각이나 운동감각 등 다른 정보를 포함하고 있기 때문에 수동적 터치를 사용하고자 하지만, 능동적 터치는 수동적 터치보다 더 많은 정보를 제공해준다는 장점을 가지고 있어 두 터치 방법을 병행하여 연구하거나, 보완된 수동적 터치 즉, 피부에 제시되는 자극을 움직여주는 방법을 포함시키기도 한다.

삼차원 물체를 확인하는데 있어서는 능동적 터치가 수동적 터치보다 확실히 뛰어난 방법이다. 만짐으로써 삼차원 물체를 확인하는 능력은 haptic perception이라고 부른다. 삼차원 물체를 확인하고자 할 때, 사람들은 세가지 개별적인 체계를 사용한다. 세가지 개별적인 체계는 ① 감각(sensory), ② 운동(motor), ③ 인지(cognitive)로 구성된다. 감각은 촉각, 온도, 감촉(결)과 같은 피부감각과 손이나 손가락의 운동이나 위치를 감지하는 것이다. 운동은 손가락이나 손을 움직이는 것을 말한다. 인지는 물체를 확인하기 위한 감각과 운동체계에 의해 제공되는 정보에 대한 사고과정이다. 이런 과정에 관한 정신물리학적 연구는 대부분 일반적인 피험자들이 단지 터치에 의해서 1~2초내에 물체를 정확하게 확인한다는 결과를 보여주었다(Klatzky, Lederman, & Metzger, 1985). Lederman과 Klatzky(1987,1990)은 물체를 확인하기 위한 피험자들의 손 움직임으로 관찰하여 피험자들이 많은 다른 움직임을 사용한다는 것을 발견하였다. 이런 과정을 탐색적 절차(exploratory procedures: EPs)라고 부르며, 탐색적 절차의 유형은 피험자에게 판단하도록 요구되

는 물체의 특성에 따라 다르다. 탐색적 절차의 예로는 표면 문지르기(lateral motion), 누르기(pressure), 구부리기(enclosure), 테두리를 따라 만지기(contour following) 등이 있다. 사람들은 주로 결(texture)을 지각하기 위해서 표면 문지르기(lateral motion)와 테두리 따라 만지기를 사용하지만, 정확한 모양을 판단하기 위해서 구부리기와 테두리 따라 만지기를 사용한다.

제 2 절 감성 심리적 측정 방법

감성과 관련한 자극지각에 대한 시스템 공학적 해석을 위해서는 여러 정신측정 법이나 심리 척도법을 이용하여 신뢰롭고 타당한 척도를 제작하고 해석하는 것이 필수적이다. 다음에 제시된 방법들은 감성 연구에 있어 유용할 것이다.

1. 척도법 (Scaling)

구조화된 질문의 한 가지 유형으로 느낌 (혹은 감성)의 정도를 측정하기 위해 척도화된 반응 (scaled response)을 사용하는 것이다. 척도화된 반응이란 상이한 가중치가 부여되어 있는 대안 반응을 말한다. 가중치는 각 반응 간의 심리적 거리 (강도)의 측정치이다. 즉, “매우 강한”이란 대안 반응은 “강한”이란 대안 반응보다 더 큰 정적 가중치를 갖는 것이다. 가중치가 부여된 반응은 구조화된 반응간에 얼마나 많은 차이가 있는 가 하는 것을 보여주기 때문에 측정치의 정확도를 높여준다. 예컨대, 다음의 예에서, 대안 코드 (1에서 5)는 등간격을 갖는다. 대안의 오른쪽에 있는 “가중치”는 그 척도 상에서 연구에 기초하여 타당화된 상이한 간격을 갖는다. 따라서, “잘 모르겠다”의 반응조차도 가중치 (중간 지점에서)를 갖는다.

방금 들은 음악이 스트레스를 해소시켜 준다고 생각하는가 ?	
척도화된 반응	(가중치)
5-- 매우 그렇다	8
4-- 그렇다	7
3-- 잘 모르겠다	5
2-- 그렇지 않다	3
1-- 전혀 그렇지 않다	2

또 다른 유형의 구조화된 질문으로 평가 척도 (rating scale)를 들 수 있다. 이 척도는 평정자에게 단어, 절, 혹은 진술문을 제시하고 그것에 대해 평정자 자신의 느낌 정도를 나타내도록 묻는다. 예컨대, 리커트 척도는 어떤 진술문에 대한 “동의 (agreement)”의 정도를 다섯 개 (혹은 여섯 개)로 구분하여 평가시킨다.

가장 잘 알려진 의미변별 (semantic differential)은 반대 형용사들로 구성된 7 점 평가 척도 상에서 대상에 가지는 느낌을 평가하도록 한다. 예컨대, 평정자는 묻는 대상에 대한 자신의 느낌을 나타내는 지점에 표시를 하게 되고, 그 지점에 할당되어 있는 점수가 그 느낌의 점수가 된다.

방금 들은 자동차 경적소리에 대한 느낌은 ?	
좋은 _____	싫은 _____
유쾌한 _____	불쾌한 _____
긴장되는 _____	평온한 _____

또 다른 평가 척도의 예는 단어 짝 대신에 “진술문”을 제시하여 그 진술문에 대

해 동의의 정도를 평가하게 하는 것이다. 예컨대, 이러한 척도 상에서 수치 (1에서 5)는 “강하게 동의한다”에서 “강하게 부정한다”의 연속선상의 어느 지점을 나타낸다.

방금들은 자동차 경적소리에 대하여: 동의 1 2 3 4 5 부정
유쾌한 느낌을 준다 -----
긴장하게 만든다 -----

2. 명명 (Nominal) 측정

어떤 질문은 명명적 반응을 일으킬 수 있다. 가장 단순한 형태의 명명 측정은 한 대상을 다른 대상과 구분 짓게 하는 분류의 명칭을 제시하는 것이다 (예, 남자 혹은 여자). 반응은 상호 배타적이다. 명명적 반응에 할당된 수치를 가지고 수학적 인 비교를 할 수 없다. 즉 어떤 유목이 다른 것보다 크거나 작다고 할 수 없고 단지 그 유목들은 다른 것으로 말할 수 있다.

3. 서열 (Ordinal) 측정

명명적 반응과는 달리, 반응 유목의 수가 한 반응이 다른 반응보다 크다는 의미를 갖도록 질문을 구성한다면, 측정력을 증가시킬 수 있다. 서열적 측정치는 어떤

종류의 순서로 자료를 순위화 할 수 있게 한다. 간단한 서열적 측정 방법으로 주관적 순위화 (subjective ranking)이 있다. 예컨대, 만일 4가지 경적소리를 듣고 가장 유쾌한 음을 내는 순으로 번호 (즉, 1번은 가장 유쾌한 음을 의미하고 4번은 그중 가장 덜 유쾌한 음을 의미한다)를 매기도록 했을 때, 모든 평정자들이 매긴 순위를 비교하여 그 대상들에 대한 어떤 통계적 비교 의미를 추출할 수 있다.

또 다른 순위 평가법으로 일대 비교법 (paired-comparison method)이 있다. 이 방법은 Fechner의 선택법 (Wahl methode)에서 유래한 것으로, 일군의 동종 대상, 예컨대, 어떤 대상에 대해 가장 아름다운 것, 가장 잘 되었다고 생각되는 것을 보통 하나씩 선택시켜 이와 같은 것을 다수의 평정자에게 행하게 하여 선택된 횟수만큼의 득점을 준다. 만약 어느 평정자가 하나만 선택할 수 밖에 없어서, 2개 혹은 3개를 고를 때, 1/2점 또는 1/3점을 준다. 그리하여 각 대상에 대해 총득점을 계산한다. 이것을 큰 쪽에서부터 작은 쪽으로 배열하여 순위를 결정한다.

n개의 대상을 평정할 때, 두 개의 자극 조합을 작성한다. 이들 조합의 수는 $nC_2 = n(n-1)/2$ 이며, 이들 자극의 짝을 무선 순위로 제시한다. 그리하여 짝 가운데 어느 것이 보다 “아름다운가”, “보다 바람직한가”, “보다 좋은가” 등의 평정을 하게 한다. 이러한 평정을 짝 전체에 대해 행하게 하고 그 결과를 통계적으로 처리한다.

이 방법은 각 자극 짝에 대해 대소의 평정만 하면 되기 때문에 다른 방법에 비해 용이하며, 따라서 신뢰도가 높은 자료를 얻을 수 있지만, 자극의 수가 많아지면 비교할 짝의 수가 크게 증가하기 때문에 많은 시간과 노력이 든다는 단점이 있다.

4. 간격 (Interval) 측정

서열적 측정의 한 가지 단점은 순위간의 차이의 정도를 말할 수 없다는 것이다. 즉 순위 1과 2간의 차이가 순위 3과 4간의 차이와 동일한 지를 말할 수 없다. 비록 각 순위간의 수치적 간격이 동일할 지라도, 그 간격이 동일하다고 말할 수는 없다.

간격 측정은 반응들간의 거리를 나타낼 수 있다. 등 간격은 측정의 연속선상에서 동일한 정도나 거리를 나타낸다. 이러한 간격 측정으로 등현간격법 (Method of equal appearing intervals)이 있다. 이 방법은 일련의 자극에 대하여 평정자의 주관적인 양적 판단에 의존하는 방법이다. 평정자로 하여금 어떤 주어진 속성에 대해서 그 지시에 있어서 명시적이든 암시적이든간에 등간척도 수준에서 판단하도록 요구된다. 정신물리학에서는 이러한 방법을 절대적 판단법 (method of absolute judgment)이라 부른다. 일련의 자극을 평정자에게 제시하고 이 각 자극이 소유하고 있는 주어진 속성의 정도에 관해서 직접적인 양적 판단을 요구한다. 이 때에 평정자는 이러한 양적 판단을 할 수 있다고 가정한다.

어떤 측정에 관심이 되고 있는 심리적 변수를 나타내는 각종의 진술문을 작성하여 한 카드에 한 진술문을 적어 넣어 평정자가 각 진술문을 분류하기 편리하게 한다. 카드에 적은 진술문과 함께 이 진술문을 분류하는데 사용될 분류유목카드 11장을 마련하여 A부터 K (혹은 1부터 11)까지의 부호를 붙인다. A카드는 대상에 대해 가장 부정적인 태도나 느낌을 나타내는 진술문을 나타내고 반대로 가장 긍정적인 느낌을 나타내는 진술문을 K에 분류하고, 중간의 F카드는 중립적인 것으로 대상에 대해 긍정 또는 부정적인 느낌을 둘다 나타내지 않는 진술문을 배정하도록 지시한

다. 각 평정자에게 카드에 의해 대표되는 11개의 유목에 따라서 각 진술문의 긍정적 및 부정적인 태도의 정도를 판단하여 분류하도록 지시한다.

5. Scalogram 분석 (Guttman 척도)

Guttman의 척도는 흔히 반응 접근법 (response approach)에 속하는 척도 제작법이다. 즉 어떤 주어진 속성에 대해서 서열, 등간성, 또는 비율을 객관적으로 판단하는 심판자의 입장이 아니라 평정자는 어떤 속성을 대표하는 자극 (또는 진술문)에 대해서 자신의 주관적인 느낌을 반영하도록 고안된 척도이다. Guttman 척도의 특징은 주어진 자극의 척도화 뿐 아니라 평정자의 반응 형태에 따라서 그들에게 어떤 서열적인 척도를 제공하게 된다.

어떤 대상에 대한 느낌이나 태도 등을 Guttman 척도로 만들고자 할 때, 그 대상과 관련된 여러 문항을 수집하고 이 문항들에 피험자를 결합시키는 것이다. 즉, 평정자나 문항 혹은 두 가지를 다 하나의 심리적 연속선상에 순서화 함으로써 문항에 대한 평정자의 반응을 이 순서에 의해 설명 배열 할 수 있다.

Guttman 척도는 하나의 주어진 대상의 속성에 따라서 평정자를 서열로 순위를 정할 수 있다는 것이다. 이러한 가정 하에서 척도화 하고자 하는 관심의 속성을 나타내는 일련의 문항을 수집하거나 제작하게 된다. 이러한 척도화를 위한 문항 선정 과정은 문항에 대한 평정자의 반응이 가정된 한 연속선상에서 다양하게 그 위치를 나타낼 수 있도록 해야 한다.

이 때에 각 문항은 한 속성을 나타내는 연속선을 그 문항에 대한 답지의 수 만큼 이 연속선을 몇 개의 유목으로 나누어 준다고 가정한다. 그리고 문항의 각 답지와 이 한 답지가 차지하는 연속선상의 한 유목은 일 대 일의 관계를 갖는다고 가정한다.

일련의 문항에 대한 평정자의 반응이 하나의 척도를 형성하고 있느냐의 여부를 판정하기 위한 분석 과정을 Guttman은 scalogram 분석이라 불렀다. scalogram 분석이란 일련의 문항에 대한 평정자의 반응형태 분석을 의미한다. 여기서 반응형태란 평정자가 문항에 대해서 반응한 일련의 반응을 말한다. 예컨대, n개의 이지 선택형 문항의 경우에 각 문항에 대해서 2 가지 반응이 가능하므로 결국 2^n 개의 반응형태가 있을 수 있다. 그러나 이 반응 형태가 하나의 척도를 형성하고자 할 때에는 단지 n+1의 반응형태만이 나타나야 한다. 그리하여 주어진 속성을 측정해주고 있다고 생각되는 연속선상에서 문항의 답지의 한계선 (또는 위치)을 결정할 수 있기 위해서는 n+1개의 기대되는 반응형태 이외에는 다른 이상반응 형태가 생기지 말아야 한다. 비록 완전한 Guttman 척도를 얻기는 매우 어렵지만, 이 방법은 최종 척도를 개발해 내는데 있어 유용하다.

6. 형용사 체크리스트 (Adjective Check List; ACL)

심리학에서 흔히 “자기 (self)” 혹은 “성격”을 평가하기 위해 특별하게 개발된 기법으로, 철자 순으로 배열된 많은 형용사 가운데 자기 혹은 자신의 성격을 가장 잘 기술하고 있는 형용사를 체크하도록 한다.

이들 형용사들은 측정하고자 하는 몇 가지 요인 차원을 구성할 수 있다. 각 차원을 구성하고 있는 형용사 가운데 체크된 수 (혹은 특별한 점수 체계에 의해 계산된 점수)가 그 차원의 점수가 된다. 이들 형용사 군집 (cluster)들은 합리적, 이론적 근거에 의해 구성되어야 한다.

감성 연구와 관련하여 이 방법은 감성의 구조 차원 (요인 분석이나 군락 분석 등을 통해)을 발견하거나 어떤 개념과 관련하여 초기 척도를 제작하는 유용한 도구가 될 수 있다.

7. 오피니언 평가법 (Opinion evaluation method)

오피니언 평가법은 어떤 대상의 속성 (혹은 그것의 사용 경험)과 관련하여 심리적으로 내제되어 있는 느낌이나 인상을 나타내도록 하는 방법으로 관능검사라 할 수 있다.

예컨대, 전화 회선의 정보전달능력 뿐 아니라 통화에서 사용자의 느낌이나 인상을 오피니언 평가법에 의해 평정할 때, 고품질의 통화에 대해 변별력이 높기 때문에 실제 전화사용 장면에서 가깝다.

이 경우에, 오피니언 평가는 회화 오피니언 평가 (양방향 통화)와 청취 오피니언 평가 (일방향 통화)라는 두 개의 범주로 나뉘어 진다. 회화 오피니언 평가는 z 어떤 특성을 가진 전화 연결망을 구성하고 한 쌍의 평정자들로 하여금 대화를 나누게 한 다음, 오피니언 시험 절차에 따라 품질 척도 반응지에 통화품질을 평가하도

록 한다. 청취 오피니언 시험은 사전에 녹음된 음성시료 (sound source)를 특정 레벨로 설정된 시험회선에서 재생시켜 평정자에게 들려주고 난 후, 전반적인 통화품질에 대해 오피니언 평가를 하도록 하는 것이다. 오피니언 평가척도의 예는 다음과 같다.

1. 품질 오피니언 척도

- A. 아주 좋다
- B. 좋다
- C. 보통이다
- D. 나쁘다
- E. 아주 나쁘다.

2. 음 크기에 대한 선호도 척도

- A. 아주 크게 선호한다
- B. 크게 선호한다
- C. 선호한다
- D. 작게 선호한다
- E. 아주 작게 선호한다

3. 청취노력 정도

- A. 아주 편한 느낌으로 통화가능; 노력이 필요없다
- B. 상대방의 이야기에 주의할 필요는 있지만 노력할 필요는 없다.
- C. 적당한 노력이 필요하다
- D. 상당한 노력이 필요 (통화는 가능하지만 익숙하지 않은 단 알아듣기 어렵다)
- E. 상당한 노력을 기울이지 않으면 통화가 어렵다

제 3 절 생리적 측정 방법

1. 뇌파 반응

뇌파란 뇌세포 집단의 미세한 전기활동을 두피에 전극을 부착하여 유도하고 이를 증폭시켜 전위를 종축으로, 시간을 횡축으로 해서 기록한 것이다.

뇌파를 측정하는 방법으로는 ① 두피 표면에 부착한 전극으로부터 유도된 두피 뇌파(보통 뇌파라 함. electroencephalogram, EEG), ② 대뇌피질의 표면에서 유도된 피질뇌파(electrocorticogram, ECoG), ③ 뇌실 내에 전극을 삽입해서 유도하는 심부뇌파(depth EEG) 등이 있다.

뇌파는 뇌의 율동적 전기활동을 뇌파계(electroencephalograph)로 증폭하여 기록한 것으로 수시로 변화하는 뇌의 기능상태를 잘 나타내므로 오늘날 뇌파에 대한 연구는 신경과, 정신과, 뇌외과, 신경생리학, 심리학은 물론 내과, 소아과, 정형외과 등에서도 폭넓게 응용되고 있다.

가. 대뇌피질 뇌파발생의 기원

뇌는 좌우의 대뇌반구(cerebral hemisphere), 소뇌(cerebellum), 뇌간(brain stem) 등으로 구성되며, 두 개의 대뇌반구는 뇌량(corpus callosum)으로 연결되어 있다. 대뇌반구의 아래에는 시상(thalamus), 시상하부(hypothalamus)로 된 간뇌

(diencephalon)가 있다.

뇌에는 약 140억 개의 신경세포(neuron)가 존재하며 신경세포는 세포체(soma)와 나무의 가지같이 나누어진 수상돌기(dendrite) 또는 한 개로 길게 늘어진 축삭(axon)으로 되어 있다. 신경세포의 전기현상에는 안정막전위(resting membrane potential), 시냅스후 전위(postsynaptic potential), 활동전위(action potential) 등이 있다.

(1) 안정막전위 (resting membrane potential)

안정시 신경세포의 안쪽은 바깥쪽에 비해 대략 -75mV 정도의 전위차를 유지하고 있는데, 이를 안정막 전위라 부른다. 이는 세포의 바깥쪽에 Na^+ , Cl^- 의 농도가 높고 K^+ 의 농도는 낮지만, 세포의 안쪽은 반대로 K^+ 의 농도가 높고 Na^+ , Cl^- 의 농도가 낮은데 기인한다.

(2) 활동전위 (action potential)

한 신경섬유내에서 정보가 전달될 때는 안정막 전위가 일시적으로 급격히 변화하는데, 이를 활동전위라 한다. 전기자극으로 축삭의 막전위를 탈분극시켜서 막전위가 흥분 역치에 도달하면 나트륨 통로가 열리고, 확산력과 전기력에 의해 Na^+ 이 세포안으로 밀려 들어온다. 더 많은 양이온이 유입될수록 막전위가 감소하다가 어느 순간 역전되어 막의 내부가 양전하를 띠게 된다. 나트륨통로는 일시적으로 열렸다가 곧 다시 닫힌다. Na^+ 이 유입됨으로써 생기는 막전위의 탈분극(depolarization)은 칼륨통로를 활성화시키고, 이에 따라 K^+ 이 축삭바깥으로 유출되어 농도구배를 낮춘다. K^+ 이 유출되면 막전위가 순식간에 안정 수준으로 되돌아

온다. 보통 이러한 활동전위는 축색이 세포체에서 시작되는 곳에서 발생하여, 크기가 변화되지 않고 무수축색을 따라 연속적으로 전달되어 축색의 종말에 도달한다.

(3) 시냅스후 전위 (postsynaptic potential)

축색의 앞끝은 다른 신경세포의 세포체나 수상돌기에 접해 있고, 이 부분에 작은 틈이 있다. 이 부분을 시냅스 틈(synaptic cleft)이라 한다. 활동전위가 시냅스 종말에 도달하면 아세틸콜린(acetylcholine)이나 노아드레날린(noradrenaline) 등의 화학적 물질이 방출되고 시냅스의 간격을 사이에 두고 인접한 신경세포의 세포체나 수상돌기에 전위변화를 일으킨다. 이것이 시냅스후전위(postsynaptic potential)이다.

시냅스후 전위에는 두 종류가 있고, 세포막 전위가 영전위에 가깝게 탈분극(depolarization)을 나타내는 것과 반대로 영전위에서 멀어지는 과분극(hyperpolarization)을 나타내는 것이 있다. 탈분극은 뉴런을 흥분시켜, 활동전위를 더 잘 일어나게 하기 때문에 흥분성 시냅스후 전위(excitatory postsynaptic potential, EPSP)라 하고, 과분극은 활동전위의 발생을 억제하므로 억제성 시냅스후 전위(inhibitory postsynaptic potential, IPSP)라고 부른다. 억제성 시냅스후 전위와 흥분성 시냅스후 전위는 둘 다 전압은 낮으나 활동전위가 쉬지 않고 연속해서 시냅스에 도달하면 각각 쌓여서 크게 되고, 또 같은 신경세포에 동시에 생긴 흥분성 시냅스후 전위와 억제성 시냅스후 전위도 쌓이면 크게 된다. 세포의 밖에서 보면 흥분성 시냅스후 전위는 음성, 억제성 시냅스후 전위는 양성으로 작용하여 양자가 동시에 작용하였을 때는 +와 -로 각각 상쇄된다. 하나의 신경섬유는 수많은 입력을 받을 수 있기 때문에 한 신경섬유가 받는 흥분성 시냅스후 전위와 억제성 시냅스후 전위의 총합이 어떤 문턱값(threshold)을 넘느냐, 아니냐에 따라 그 신경

섬유가 활동전위를 발생시키느냐 아니냐가 결정되며, 이로 인한 정보가 다음 신경 섬유로 계속해서 전달될 수 있다.

활동전위는 뇌파에 비해 그 크기가 상당히 크며, 지속기간이 훨씬 짧다. 활동전위는 개별세포에 아주 가까이 또는 세포속에 삽입한 전극을 통해 기록할 수 있다. 피질 표면에 위치한 뇌파전극은 아무리 작은 전극이라 할지라도 신경섬유의 크기에 비하면 매우 크고, 이러한 전극을 사용하여 기록한 피질의 전기적 활동은 수백 또는 수천개의 세포에서 나온 활동이 합쳐진 것을 나타냄이 틀림없다. 수많은 세포의 격발(discharge)이 완전하게 동기화(synchronize)를 이룬다는 것은 거의 불가능하며, 피질의 뇌파가 수많은 활동전위로 구성되어 있을지는 매우 의심스럽다. 여기에 대한 증거는 Li & Jasper의 연구에서 나왔는데, 그들은 고양이를 깊이 마취시켜 활동전위가 완전히 소멸될때에도 뇌파를 여전히 기록할 수 있었다. 현재까지 나온 증거는 대부분 피질에서 기록된 전위는 추체 신경섬유(pyramidal neuron)이 세포체의 큰 수상돌기에서 발달한 흥분성 시냅스후 전위와 억제성 시냅스후 전위에 기인한다는 것을 시사한다. 흥분성 및 억제성 시냅스 후 전위의 비교적 느린 시간 경과(time course)는 뇌파와 잘 비견되며, 이들의 가중(summation)은 피질의 상층에서 하층으로 이동함에 따라 이들 신경섬유의 기둥 구조(columnar structure)에 의해 촉진된다.

알파파와 서파수면 형성에서 리듬성 있는 파의 존재는 관련된 신경요소가 리듬성 있게 격발하고 있음을 의미한다. 만일 개별 신경섬유들이 무선적으로 격발(discharge)한다면, 각 전위들이 상쇄되어 아무런 파도 생성할 수 없기 때문이다. 다수의 신경세포가 시간적으로 일치해서 활동하는 경우를 동기화(synchronization)라 하며 뇌파상에서는 고진폭 서파 등의 전위변화로서 나타난다. 반대로 신경세포들이 시간적으로 각각 활동할 하여, 리듬성 뇌파가 불규칙적이고 전압이 낮은 활동

으로 변화되는 현상을 비동기화(desynchronization)라 한다.

나. 뇌파 측정 방법

(1) 뇌파의 구성요소

(가) 주파수 (frequency)

$$\text{주파수} = \frac{1,000 \text{ msec}}{\text{주기(msec)}}$$

일정한 주기(1초간)에서 나타나는 파의 횟수를 말하며, 단위로는 Hz(Hertz) 또는 C/S(cycle per second, CPS)로 표시된다.

뇌파에서 취급하는 좁은 의미에서의 뇌파활동은 μV 급 전위 (몇 μV 에서 몇 백 μV)와 0.5Hz에서 몇 백 Hz의 주파수를 이용하고 있으며, 이 때에 뇌파 활동의 고영역이 몇 백 Hz에 미친다고 하는 것은 고주파(고차원 주파수 성분)를 포함한 수치이다.

(나) 주기 (period)

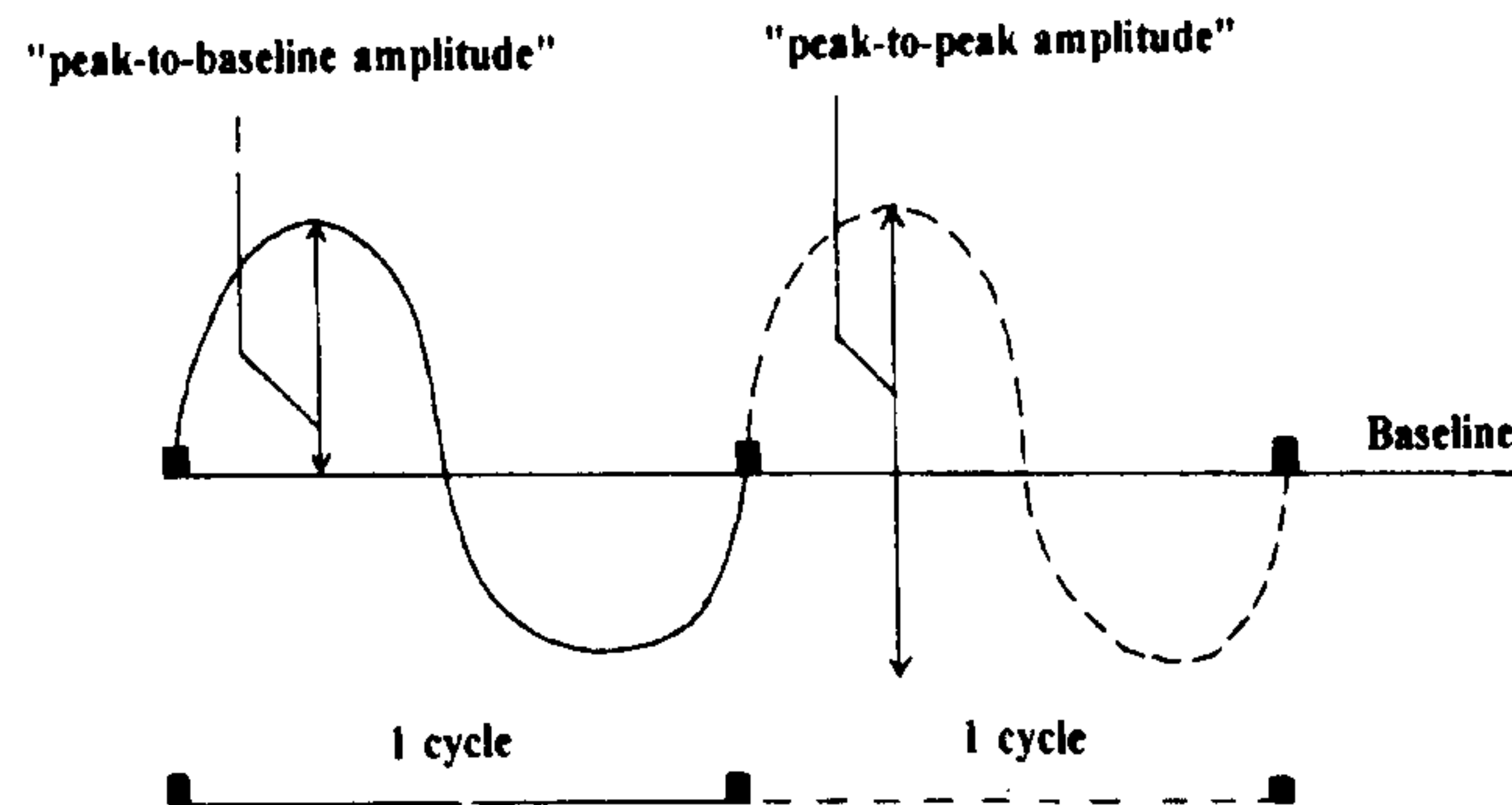
파의 계곡과 계곡 또는 산과 산을 연결하여 그 간격을 주기라 하고, 이것을 연결하는 지속시간(duration)을 msec의 단위로 표시한다.

(다) 진폭 (amplitude)

진폭은 파의 계곡과 계곡을 연결한 선에 대해서, 산의 정점으로부터 기저선 (baseline)에 수직선을 내려긋고 그것과 만나는 점까지의 거리(h)를 잰다.

(라) 위상 (phase)

위상은 뇌파간의 위치와 시간적 관계를 말하며, 뇌파계의 극성은 심전계와 반대로 기저선에서 위로 흔들리는 파형을 음성파(negative wave), 아래로 흔들리는 파형을 양성파(positive wave)라고 한다.



EEG signal

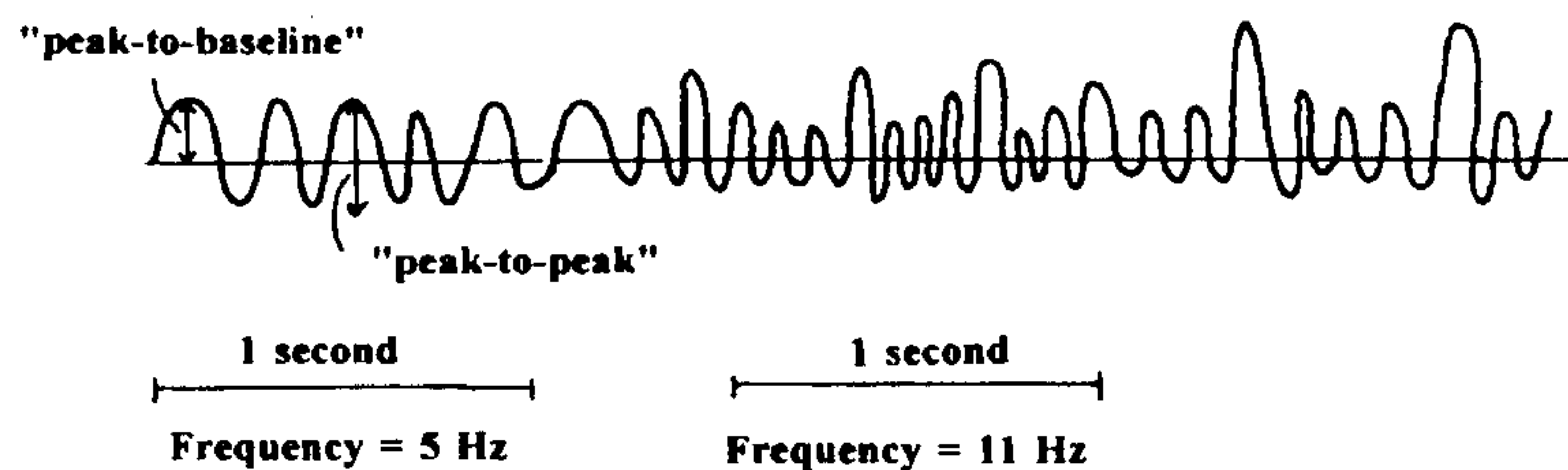


그림 3.3.1.1 사인파(상단)와 뇌파 신호의 예(하단)

(1) 뇌파 기록

(가) 전극 (electrode)

뇌파를 유도하기 위해 이용되고 있는 두피전극(scalp electrode)에는 두피 위에 부착시키는 평판자극과 두피 내에 찌르는 침전극이 있다. 전극으로서는 뇌파의 파형을 변함없이 유도할 수 있는 것으로, 부착 고정하기 쉽고, 잡음이 들어가기 어렵고, 고통이나 불쾌감 없이 안정되고, 장시간 이용할 수 있는 것이어야 한다.

평판전극 (plate electrode) : 가장 많이 이용하고 있는 것으로서, 직경이 7-10 mm 정도의 은판, 스테인레스, 또는 염화은 피막으로 덮여진 금속으로 원형 접시 모양으로 만들어져 있고 볼록한 면에 도선을 붙인 것이다. 먼저, 부착부위의 두피를 노출시켜 알코올 솜으로 두피의 지방이나 오염을 닦아내고, 그것에 전극풀을 직경 10 mm 정도의 원추상으로 바른 후, 그 위에 전극을 누르고 gauze 등으로 고정한다. 이 방법은 피험자에게 고통을 주지 않고 감염의 우려도 없다는 점에서 좋으나, 전극풀에 의해 모발이 더러워지거나 전극부착과 전극풀을 씻어내는데 시간이 많이 걸리는 것이 단점이다. 접촉저항을 낮게 해야 하므로, 전극 부착 후 접촉저항을 측정하여 접촉저항이 10 K Ω 이하가 되도록 한다.

침전극 (needle electrode) : 침전극은 스테인레스제의 굵기 1/4 주사침 정도의 침전극에 도선을 붙인 것으로 두피를 알코올 솜으로 소독한 후, 두피 내에 3 mm 정도 끼워 넣어 움직이지 않도록 고정한다. 이것은 사용법이 간단하지만 침은 사용전에 반드시 소독해야하며, 다소의 통증이 있고 불안감을 갖게하여 긴장을 유발시키며, 또 감염(혈청감염 등)의 문제도 있어 일반적으로 잘 사용하지 않는다.

(나) 전극 배치법

전극의 배치법은 국제 뇌파학회(국제뇌파·임상신경생리학회 연합) 방식에 의한 10-20 전극법(Montreal법, Jasper법)과 Gibbs(Illinois법), Cohn법, Aird법 등 여러 가지가 있으나 현재는 국제적으로 10-20 전극법이 표준화되어 일반화되어 있다.

10-20 전극법 (ten twenty electrode system) : 비근(nasion, N)에서 후두극(inion, I)까지의 정중선상을 10%와 20%로 분할하고 좌우와 외이공 사이도 10%와 20%로 나누는 그 교점을 Cz로 한다. 양이공와 비근 및 후두극을 연결하는 머리의 원주선을 생각하여 그 좌우 각각을 10%와 20%로 나누어 전극 위치를 결정한다. 즉, 10% 위의 원주상에 Fp₁, Fp₂, F₇, F₈, T₃, T₄, T₅, T₆, O₁, O₂가 결정된다. 더욱이 F₇과 F_z의 중심점에 F₃, F₈과 F_z의 중심점에 F₄가 결정되고 T₅, P_z의 중심점에 P₃, T₆와 P_z의 중심점에 P₄가 결정된다. T₃와 Cz의 중심점에 C₃, T₄와 Cz의 중심점에 C₄가 결정된다. 정중선 상에는 F_z, Cz, P_z을 붙일 수 있게 된다. 좌우는 대칭이 되어 보통 왼쪽은 홀수, 오른쪽은 짝수가 붙여지고 왼쪽 귀는 A₁, 오른쪽 귀는 A₂로 한다. 결국 19개의 전극을 좌우 대칭으로 부착하고 양쪽 귀에 2개를 부착하여 총 21개의 전극을 사용한다.

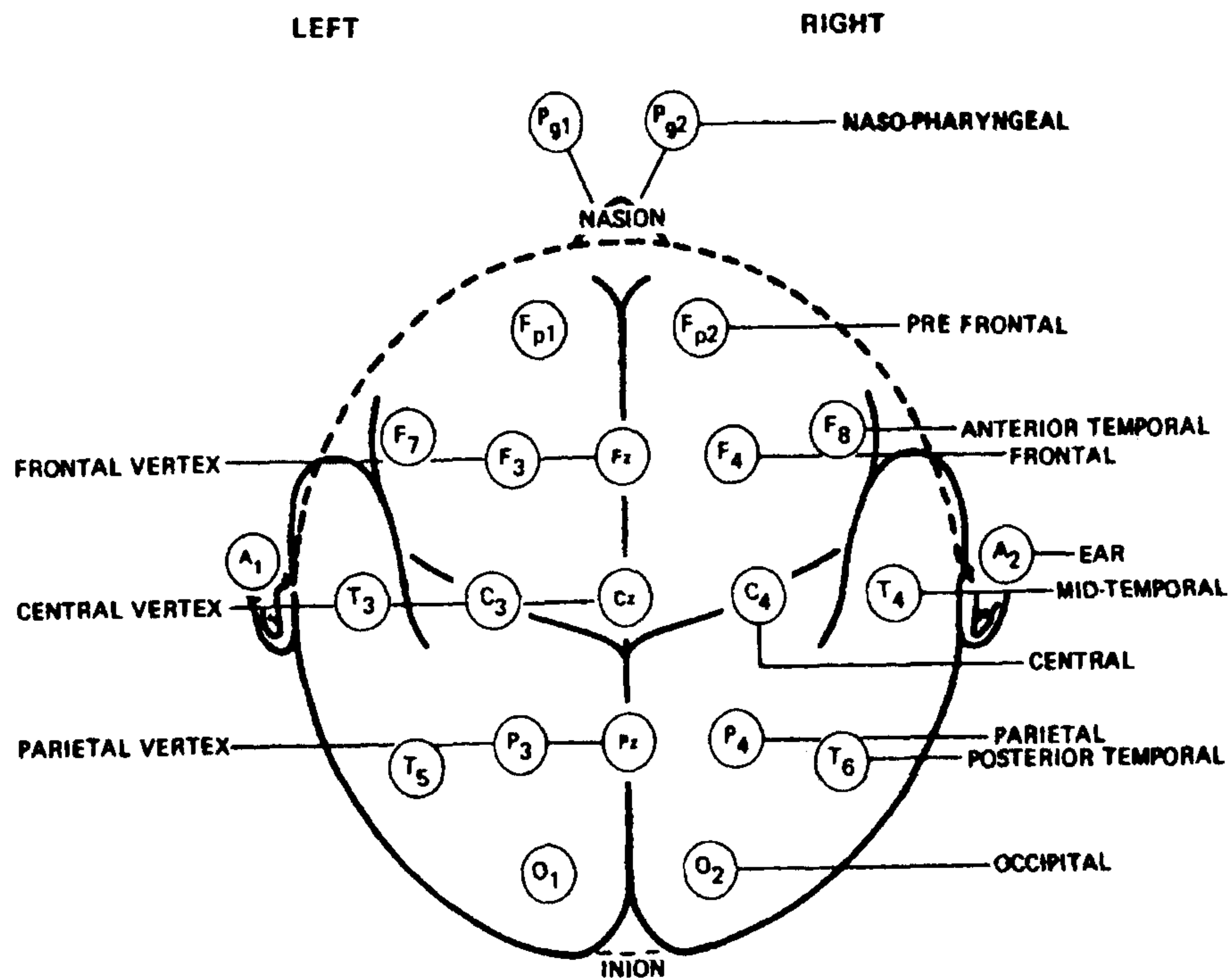


그림 3.3.1.2 국제 전극 배치법

(다) 유도방법

뇌파는 서로 다른 두 부위간의 전위차를 기록하는 것으로서, 두 개의 입력전극 (Grid₁, Grid₂, G₁, G₂)이 있으며 이 두 개의 입력전극에 들어온 전위차를 증폭하여 기록한다. 뇌파활동이 있는 두피 부분에 부착하는 전극은 활성전극(active electrode)이라고 하며, 뇌파활동이 없는 귓볼(ear lobe) 부분에 붙은 전극은 비활성 전극(inactive electrode) 또는 기준전극(reference electrode)이라고 한다.

단극유도법 (monopolar or unipolar recording, MP) : 뇌파계의 입력전극 G₁에 뇌파활동이 있는 부위(활성전극, active electrode)에 붙인 전극코드를 연결하여 G₂에 뇌파활동이 없는 부위에 붙인 전극과 결합하는 유도법이다. 그러나, 뇌파가 전혀 파급되어 있지 않은 부위는 이론상 있을 수 없으므로 보통은 귓볼에 붙은 전

극을 비활성전극으로서 이용하여 G_2 에 입력한다. 이 유도법을 단극유도라 한다. 두 피상의 전극을 G_1 으로 깃볼의 기준전극을 G_2 로 입력하면 깃볼 부분은 뇌파 활동전위가 없게 보여지므로, G_1 에 입력한 전극위치의 뇌활동 변화가 기록된다.

쌍극유도법 (bipolar recording, BP) : 기준전극을 사용하지 않고, 두피상에 두 개의 활성전극을 G_1 과 G_2 로 입력해서 전위차를 기록하는 방법으로, 이상뇌파의 발생 부위를 추정하는데 유효하다.

(라) 뇌파의 파형

① 델타파 (delta wave)

델타파는 유아의 각성시 및 아동, 성인의 깊은 수면시 뇌의 여러 부위에서 나타나며, 병적으로는 뇌종양, 뇌염, 의식장애 등에서 볼 수 있다.

Delta (δ)

Frequency: 3 Hz or slower

Amplitude: Variable

Location: Variable



② 테타파 (theta wave)

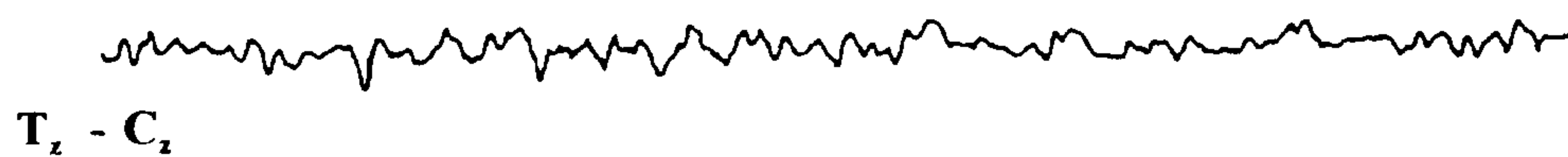
성인보다는 아동의 자발전위기록에서 빈번하게 나타난다. 성인은 경계심이 감소 되었을 때 나타난다. 전두엽, 측두엽에서 두드러지게 나타나며, 즐겁거나 불쾌한 정서 경험을 할 때나 졸릴 때 나타난다.

Theta (Γ)

Frequency: 4-7 Hz

Amplitude: Variable

Location: Variable



③ 알파파 (alpha wave)

눈을 감고 편안한 자세로 조용히 앉아 있는 거의 모든 사람에게서 나타난다. 알파파는 후두엽-두정엽 부위에서 쉽게 기록된다. 일반적으로 알파파는 각성이나 인지 활동에 의해 소실된다.

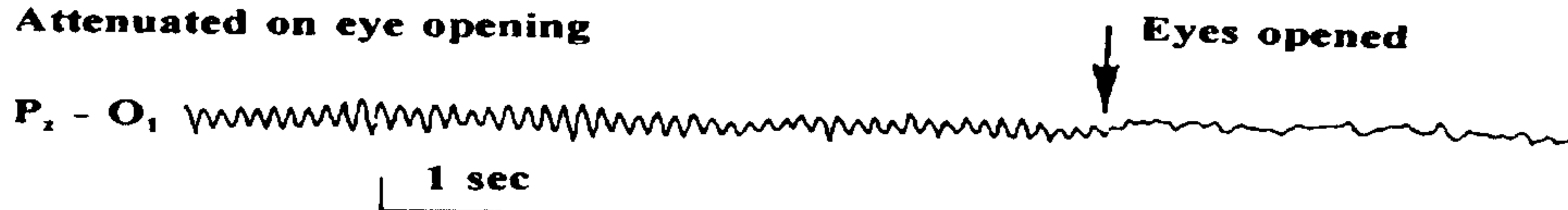
Alpha (α)

Frequency: 8 - 12 Hz

Amplitude: 10 - 150 μ V

Location: Occipital/parietal regions

Attenuated on eye opening



Waxing and waning of alpha



④ 베타파 (beta wave)

베타파는 전두엽, 중심엽, 측두엽에 비교적 많이 나타난다. 불안, 긴장, 암산 등의 정신활동 및 신체적 활동을 하게 되면, 알파파가 억제되고 (α -blocking), 진폭이 작은 속파가 증가한다. 즉, 베타파는 정신활동과 각성시에 나타난다.

Beta (β)

Frequency: 15 Hz and up

Amplitude: Up to 25 μ V usually, but higher at times

Location: Typically frontal regions, but also posterior dominant



다. 뇌파의 분석방법

뇌파 신호의 분석은 주로 시간 영역과 주파수 영역에서 이루어진다. 시간 영역 분석(time-domain analysis)은 진폭의 측정을 기본으로 하고, 시간에 따라 신호의 진폭에 대한 평균값을 구하는 상관분석(correlational analysis)이 그 대표적인 예이다. 주파수 영역 분석(frequency-domain analysis)은 시간영역에서의 자료들을 푸리에 변환을 통해 주파수 영역의 값으로 변환함으로써 이루어진다. 대표적인 방법은 파워 스펙트럼 분석(power spectrum analysis)이 있고, 이것은 주로 최고 주파수, 평균 주파수, 최고 주파수 진폭, 진폭의 변화율 등의 변인을 설정하여 분석한다.

(1) 진폭 분석 (amplitude analysis)

진폭 분석의 가장 단순한 방법은 평균 진폭값을 구하는 것이다. 우선 기록 간격 (scoring interval)을 결정하고(예를 들면, 자극제시 후 10초), 기록 간격내에서 모든 최고점 대 최고점 진폭(peak-to-peak amplitude)을 측정하여, 평균 진폭값을 구한다. 그림 3.3.1.3에 5초동안의 진폭 분석 방법을 설명하고 있다.

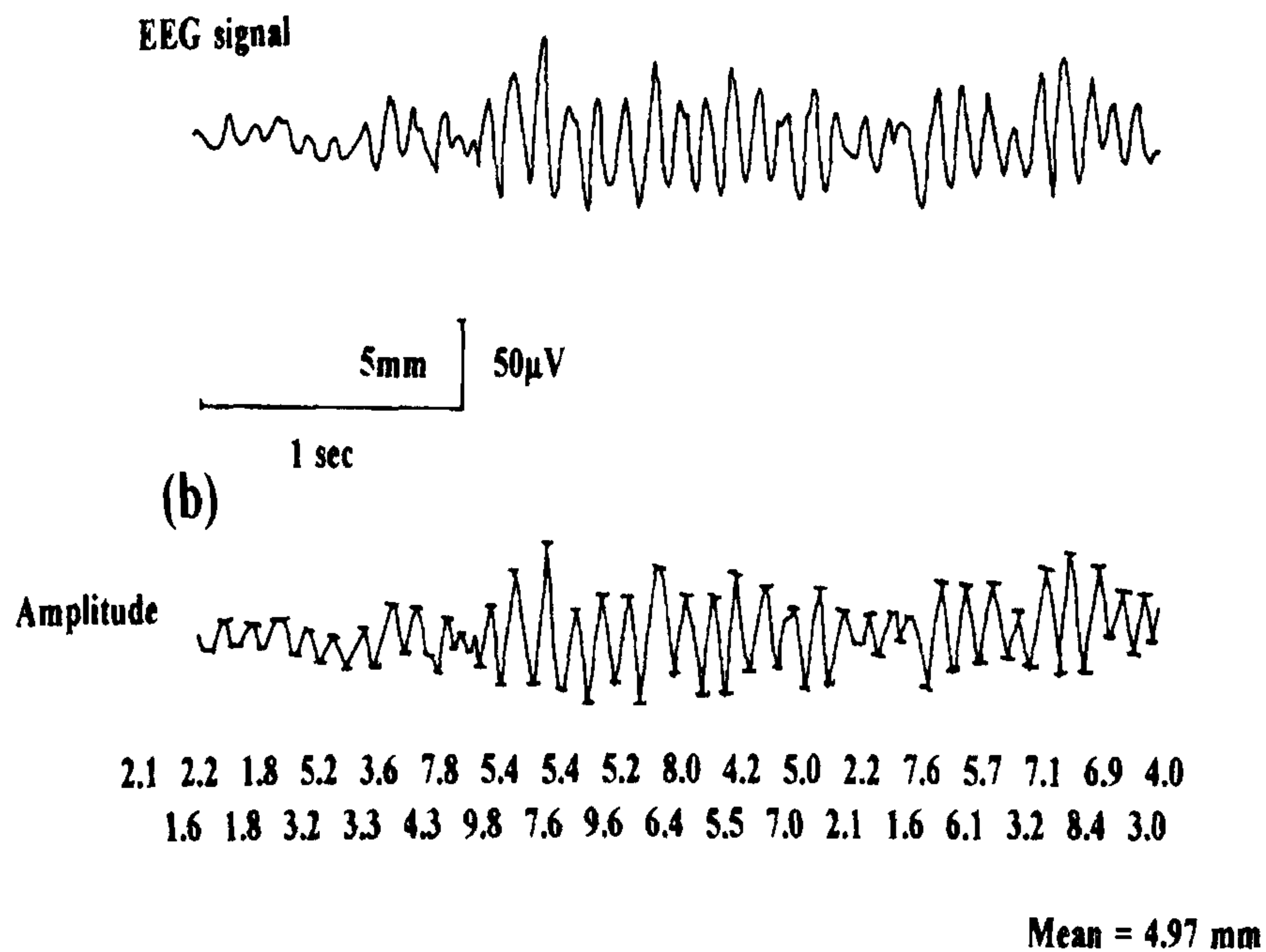


그림 3.3.1.3 뇌파의 진폭 분석 방법

(2) 상관분석 (correlational analysis)

상관분석방법은 동일한 부위에서 발생하는 두 뇌파신호의 유사성의 정도를 계산하는 것이다. 이 방법은 주로 뇌파의 리듬성이나, 좌우반구 대칭 부위에서 유도된 뇌파의 주기, 진폭의 차이를 보기 위해서 사용된다. 그림 3.3.1.4(하단)에 상관분석의 예를 제시하였다.

상호 상관 분석(cross-correlation analysis) : 상호 상관 분석은 다른 위치에서 기록된 유사한 뇌파신호를 분석하는 기법이다. 예를 들어, 두정엽에서 발생한 알파파는 전두엽에서 알파파보다 30-50초 지연될 수 있다. 상호 상관 분석은 두 부위에서 기록된 뇌파의 유사한 활동과 두 신호들간의 시간지연에 대한 정보를 제공한다. 상호 상관 분석의 한 예는 좌반구와 우반구의 동일한 부위(예를 들어 F3, F4)에서 측정된 뇌파신호의 비교이며, 이 방법은 좌우반구의 기능차이를 나타내는 대뇌 편측성을 알아보기 위해 사용된다.

자기 상관 분석(auto-correlation analysis) : 자기 상관 분석은 한 뇌파신호내에서 시간이동에 따른 변화를 비교하는 방법이다. 이 분석방법은 주로 뇌파신호의 주기성(periodicity)을 탐지하는데 사용된다. 예는 단일한 뇌파신호에서 시간에 따른 알파파의 “waxing and waning”이다. 즉, 알파파의 규칙적인 시간 간격은 자기 상관 분석으로 알아볼 수 있다.

(3) 파워 스펙트럼 분석 (Power spectral analysis)

주파수 분석은 진폭 분석보다 더 일반적인 분석 방법이며, Fast Fourier Transform(FFT)은 가장 일반적인 기법이다. FFT 기법은 각 주파수에 대한 상대적 기여도를 분리함으로써 뇌파신호의 파워 스펙트럼을 결정하고, 이런 절차를 통하여 분석하는 방법을 스펙트럼 분석이라 한다. 분석결과는 다른 주파수에 대해서 “파워(power)”나 세기(intensity)로 나타난다. 그림 3.3.1.4(하단)는 안정상태동안 기록된 전형적인 뇌파신호의 파워 스펙트럼 결과를 보여준다.

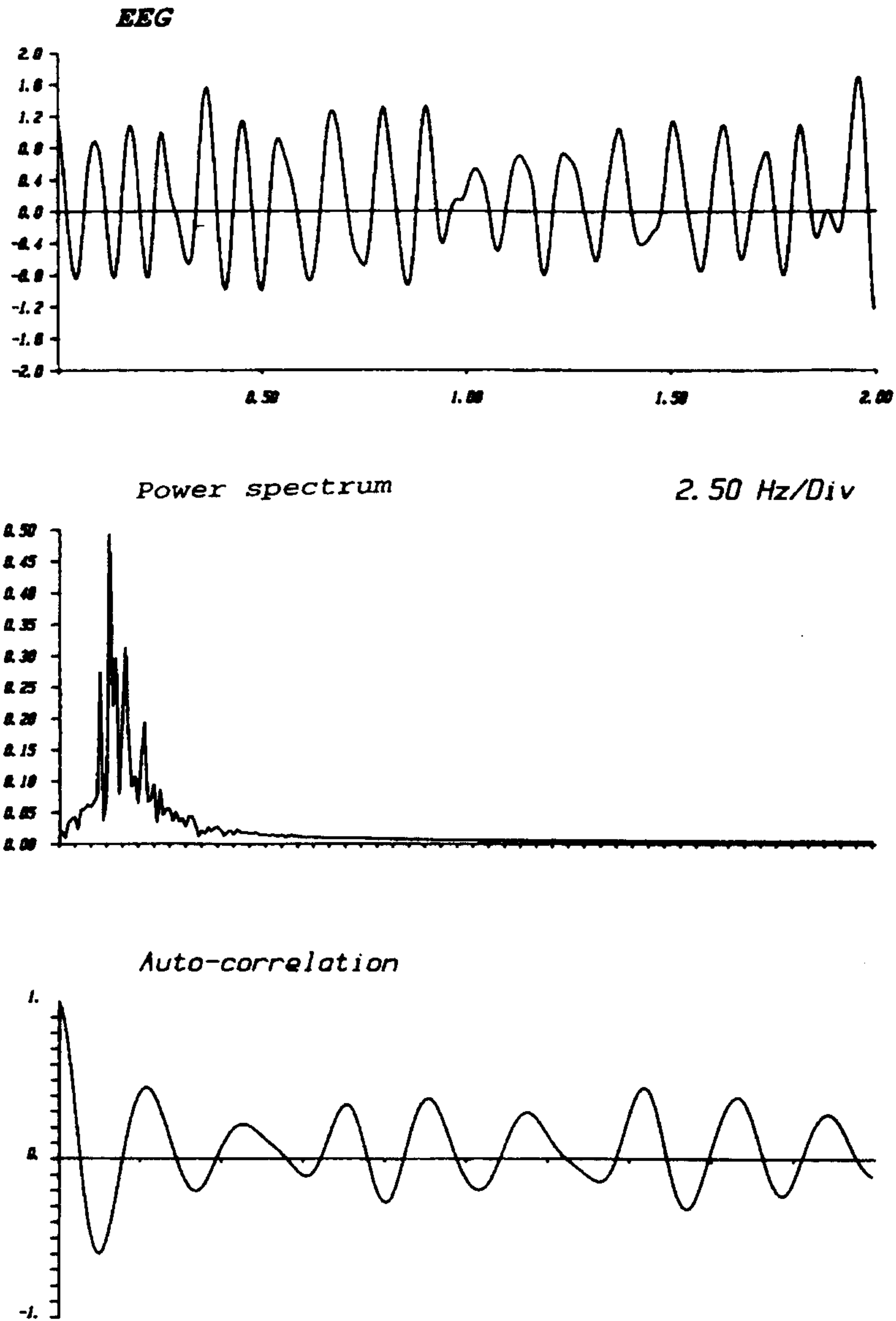


그림 3.3.1.4 상관분석(하단)과 파워 스펙트럼 분석(상단)

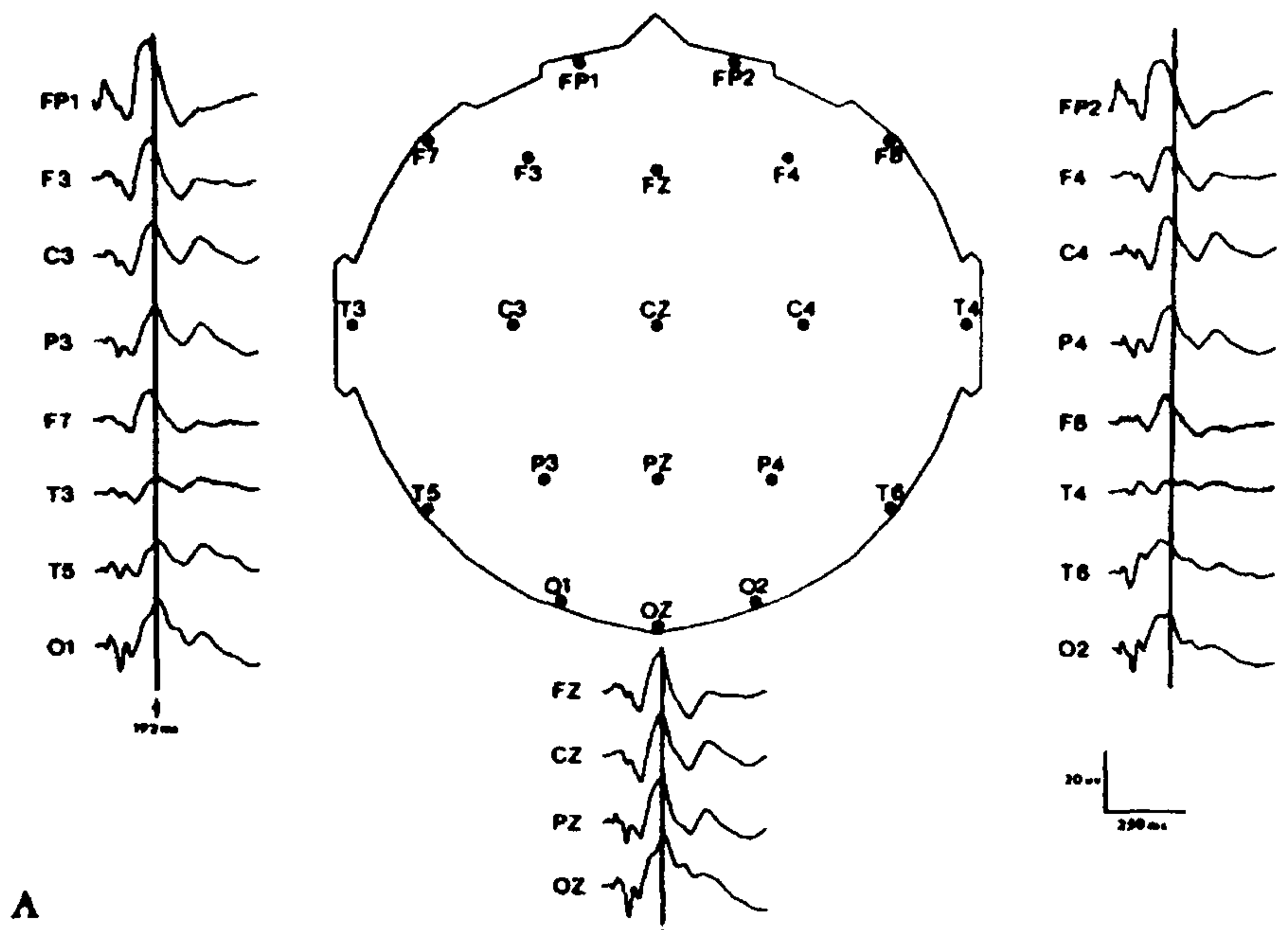
(4) 일관성 분석 (coherence analysis)

일관성 분석은 여러 뇌파 신호들간에 Pearson 적률 상관계수(Pearson's product-moment correlation coefficients)를 구하여, 각 주파수에서 상관정도를 알아보는 방법이다. 즉, 일관성 분석은 두 뇌파신호의 주파수간에 관계성을 측정하는 것이다. 높은 상관계수는 두 뇌파신호의 주파수가 유사하다는 것을 나타내고,

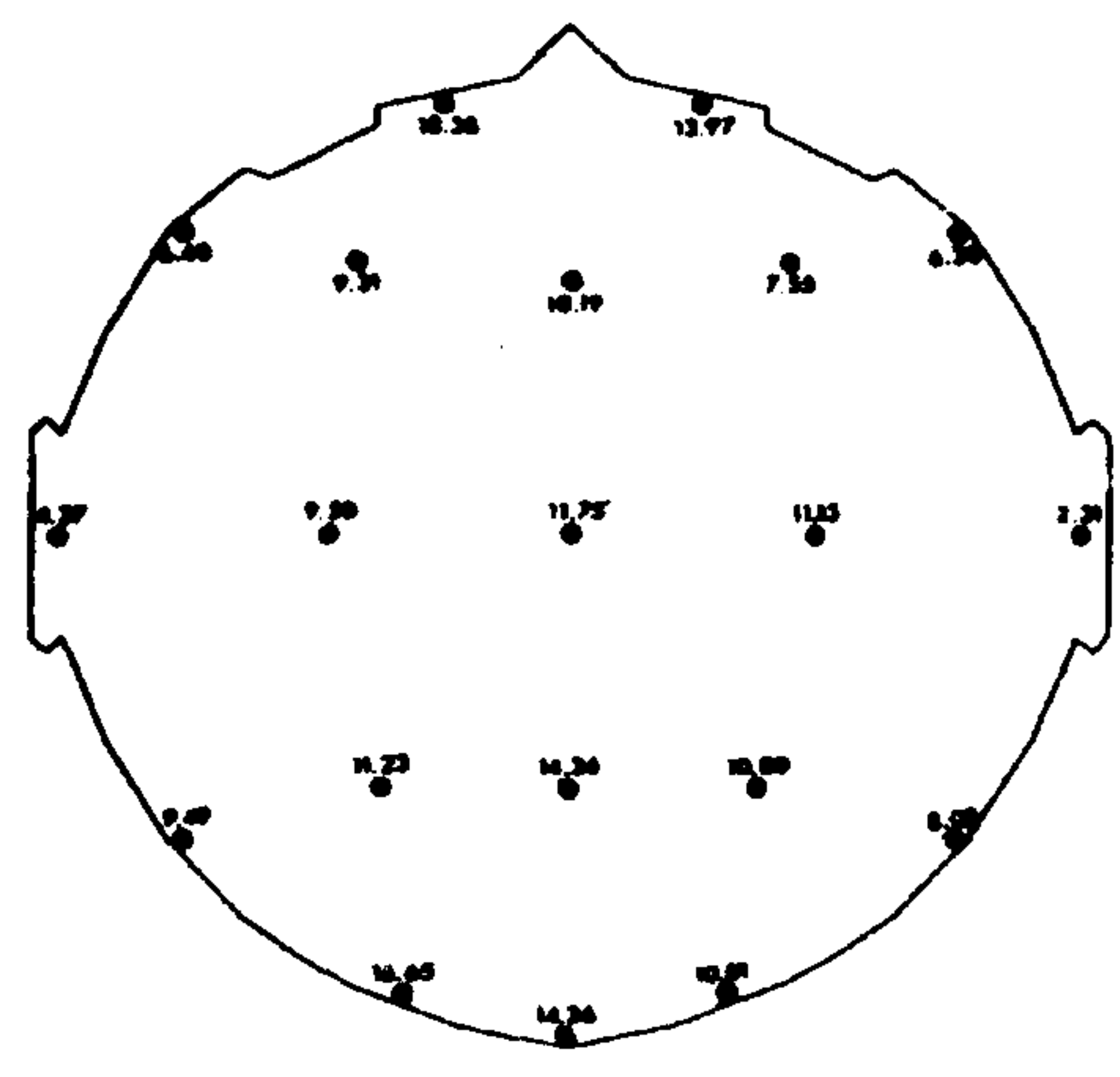
이것은 두 신호의 활동패턴이 대칭적임을 의미한다. 일관성 분석은 주로 대뇌반구 편측성에 대한 연구에서 사용된다.

(5) 뇌파 활동의 위상학적 매핑 (Topographical Mapping of EEG Activity)

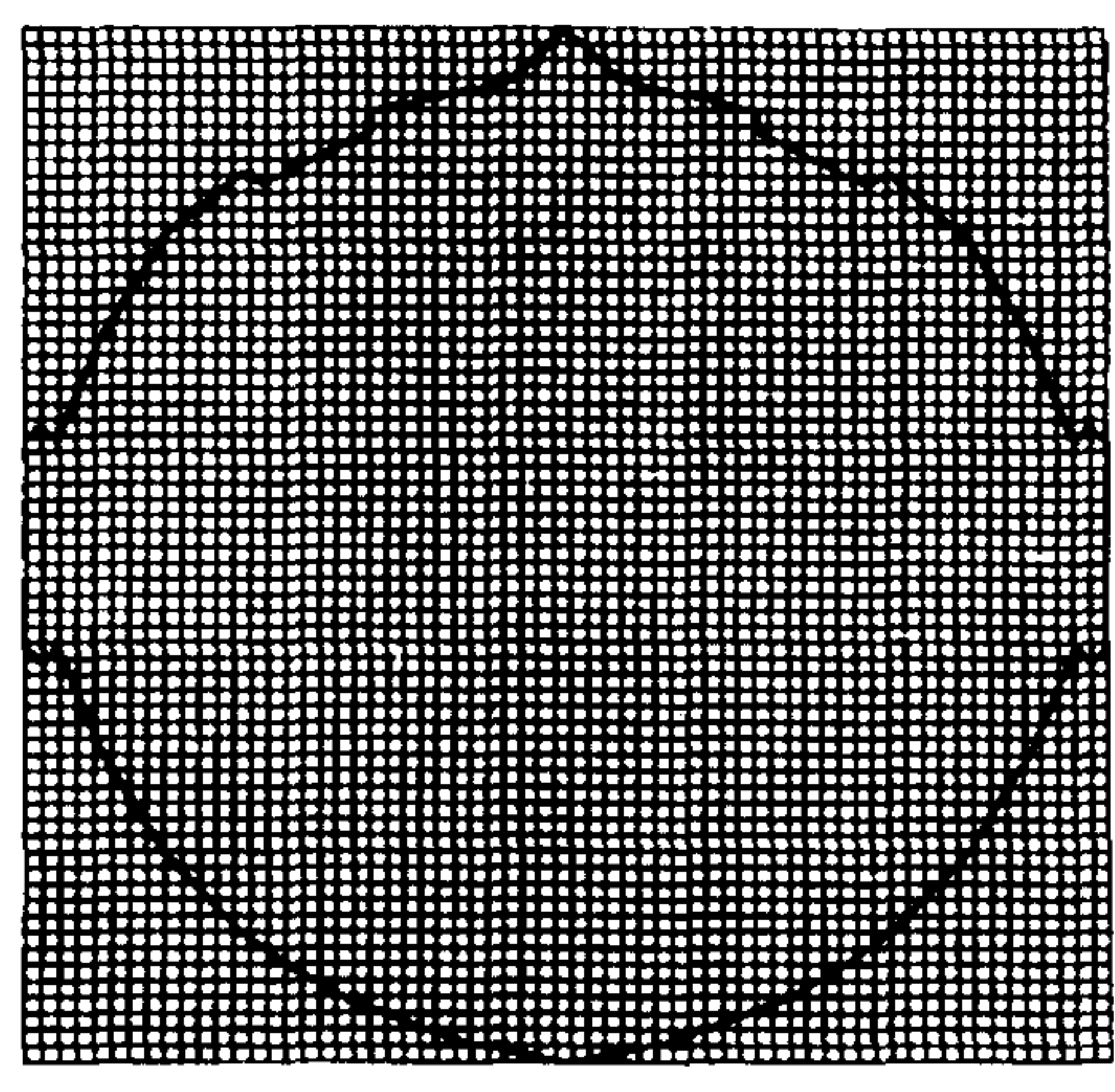
뇌전기 활동 매핑(Brain electrical activity mapping, BEAM)은 뇌파신호를 분석하는 새로운 기법이다. 이것은 많은 뇌부위에서 뇌파의 주파수나 유발전위(event-related potential)의 진폭 등을 동시 분석(simultaneous analysis)하는 방법이다. 분석결과는 뇌파나 유발전위 신호의 주파수와 진폭에 대응하는 값들을 보여주는 “지도(map)”로 나타난다. 이런 값들은 “색 부호화(color-coded)”되는데, 빨강이나 초록은 뇌파의 고주파를 표현하고 파랑이나 흰색은 저주파를 나타낸다. 즉 뇌전기활동 매핑 기법은 제시된 자극에 대한 피질 활동의 공간적 정위(spatial localization)를 나타내는 지도이다. 뇌전기 활동 매핑 지도는 시간에 따른 뇌활동을 보여주기 위해 특정한 간격을 두고, 예를 들면 매 500 msec마다 업그레이드된다. 이것은 피험자가 특정한 자극을 처리할 때나 과제를 해결할 때, 어느 뇌부위의 뇌활동이 어떻게 정위(localization) 이동하는가를 보여준다. 그림 3.3.1.5는 뇌전기 활동 매핑 기법을 설명한다.



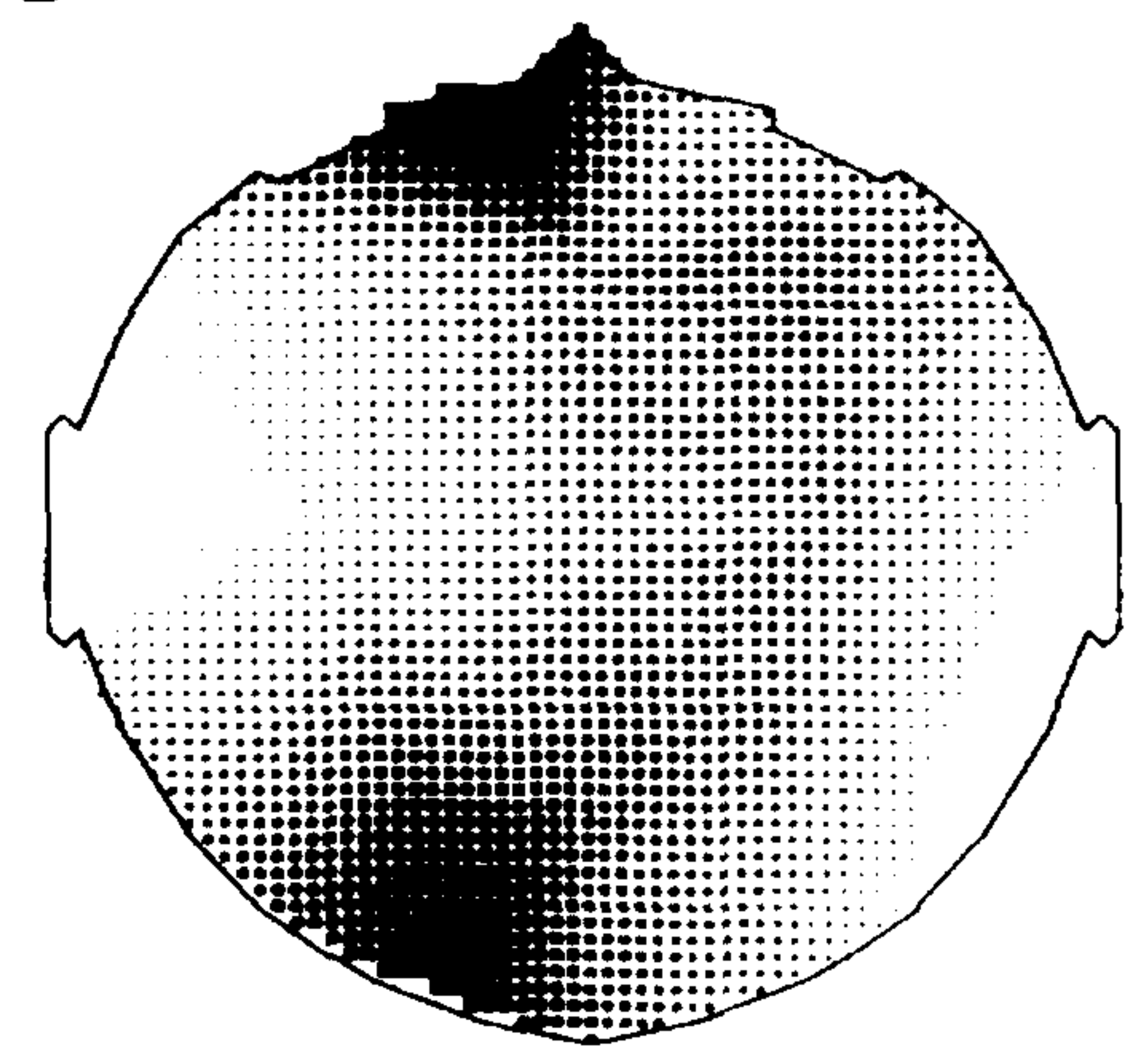
A



B



C



D

그림 3.3.1.5 뇌 활동의 위상학적 지도

2. 자율신경계 반응

가. 피부전기활동 (Electrodermal Activity: EDA)

다양한 생각과 정서들은 다양한 전기적, 생리적 신호를 유발한다. 심리적 과정들은 신경계에 영향을 미치고, 이로 인하여 결과하는 변화는 우리 몸의 가장 큰 기관인 피부에서 측정할 수 있다. 전통적으로 피부에서 측정되는 파라미터들은 피부전기활동(EDA)으로서 피부전도반응(skin conductance response: SCR) 및 피부전도수준(skin conductance level: SCL) 등으로 대표된다. EDA 측정을 위한 전극부착 부위가 그림 3.3.2.1에 표시되어 있다.

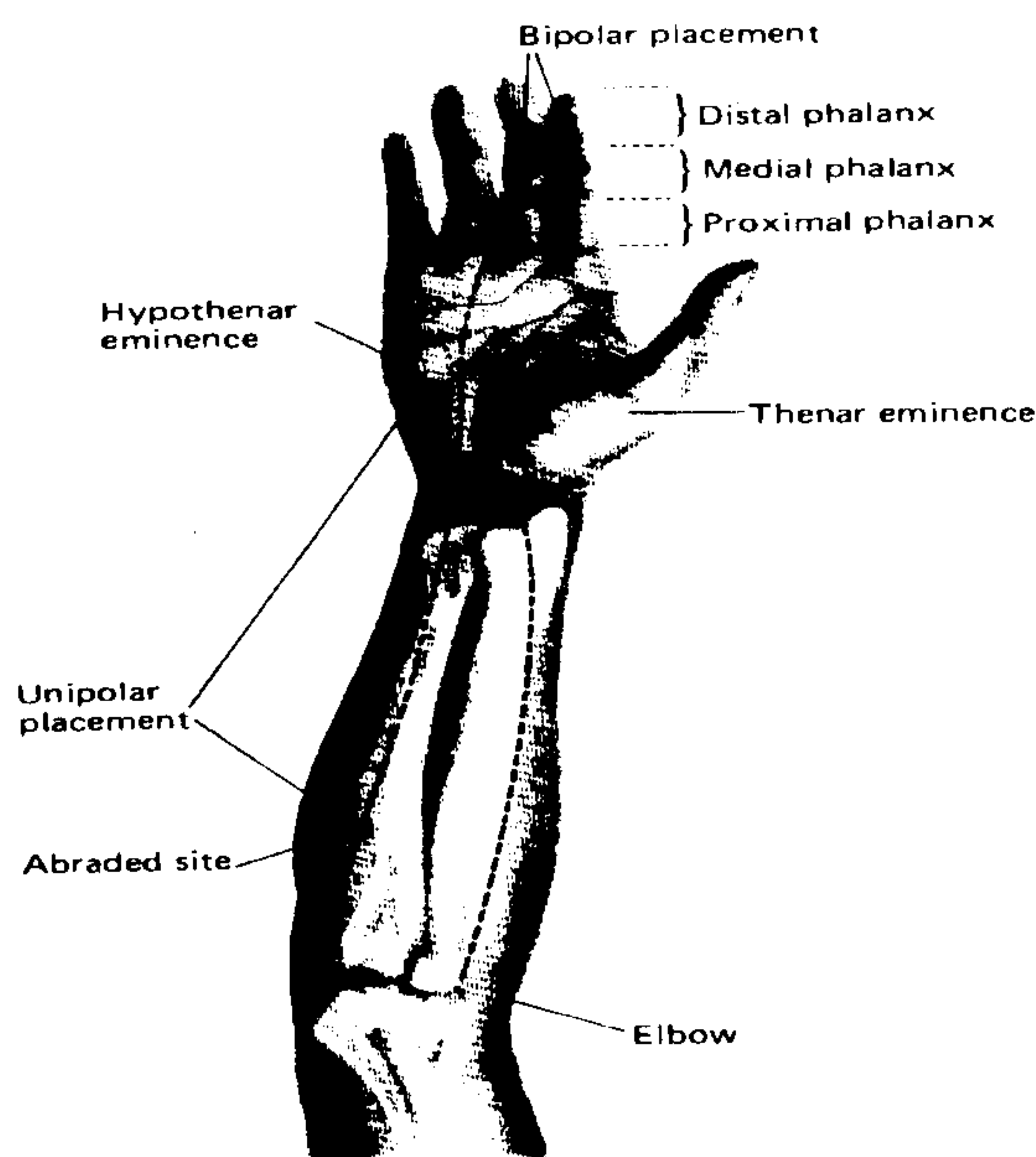


그림 3.3.2.1 EDA 측정을 위한 전극부착부위

피부전기활동은 2 요소로 나누어 볼 수 있다. 즉, 피부전도반응(SCR)과 피부전도수준(SCL)이다. SCR은 순간적인 피부전도변화의 측정값이며, 이에 비해서 SCL은 비교적 오랫동안 유지되는 기저선 전도수준의 측정값이다. SCL의 단위는 microSiemens(μS), 또는 micromho이다. 숫자가 클수록 전도성이 높은것을 의미한다. Siemens값은 일반적으로 전극면적 1 cm^2 를 기준으로 한 것이다. Siemense값은 저항(ohm)의 역수이다. (Simense의 또다른 표현인 mho는 저항의 단위인 ohm을 역순으로 배열한 것이다).

SCL값은 각성수준, 전극크기, 피부접촉, 기구종류, 습도, 온도 등 여러요인의 영향을 받는다. 대부분의 EDA 측정기구들의 윈도우는 보통 $0.5-50 \mu S$ 범위이다. $5-10 \mu S$ 보다 큰 값은 비교적 높은 값으로 간주되며, $1 \mu S$ 보다 작은 값은 비교적 낮은 값으로 평가된다. (3/8인치 마른 전극을 손톱의 반대쪽 표면에 부착했을 때를 기준으로 함)

EDA 파라미터들의 간단한 개념 및 전형적인 값이 표 3.3.2.1에 제시되어 있으며, EDA의 주요 요소들은 그림 3.3.2.2에 나타나 있다.

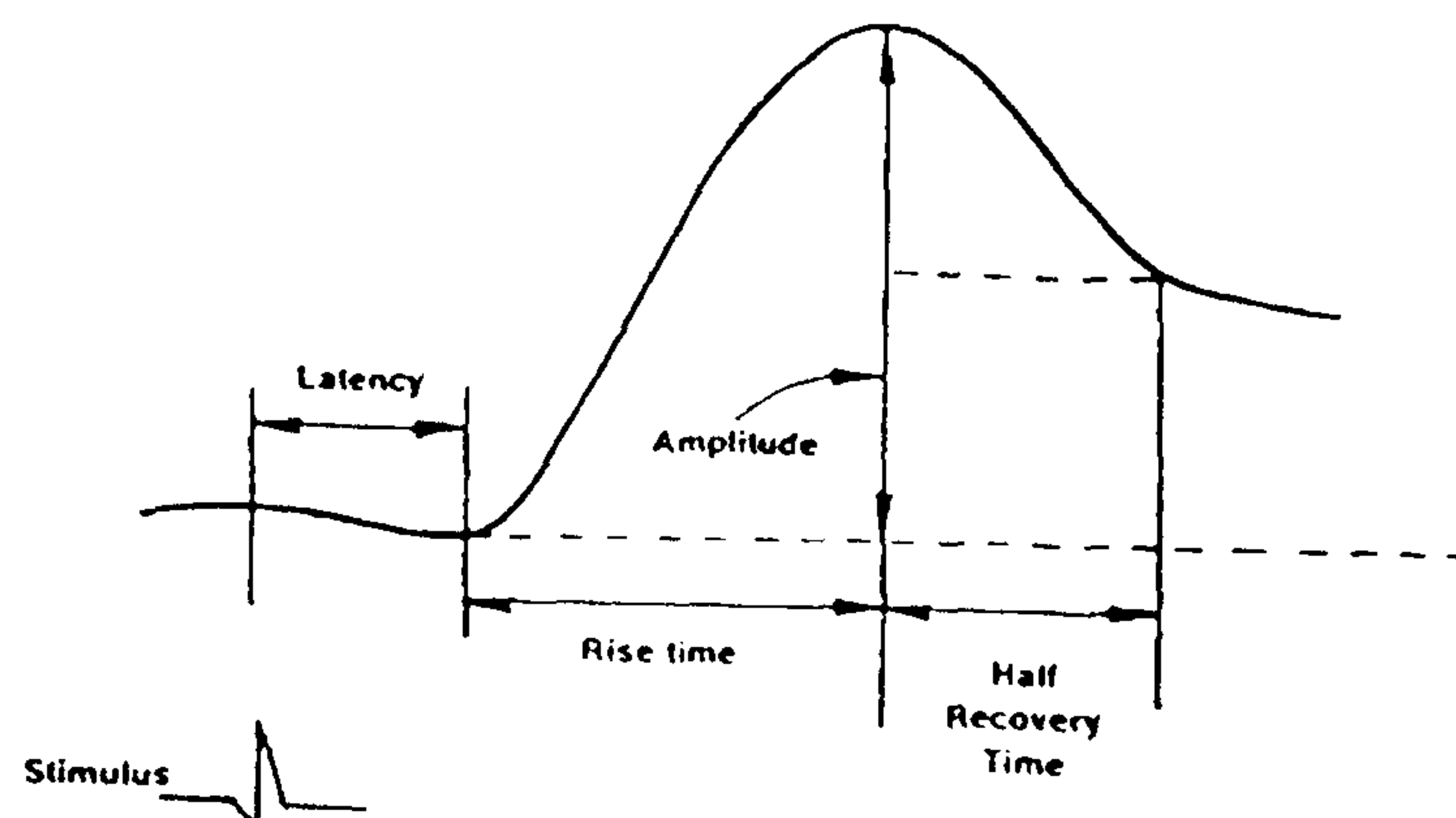


그림 3.3.2.2 EDA의 주요구성요소

표 3.3.2.1. 피부전기활동의 측정요소, 정의, 전형적 측정치

Measure	Definition	Typical Values
skin conductance level (SCL) change in SCL	tonic level of electrical conductivity of skin gradual changes in SCL measured at two or more points in time	2-20 μ S 1-3 μ S
Frequency of NS-SCRs	number of SCR in absence of identifiable eliciting stimulus	1-3 per min
ER-SCR amplitude	phasic increase in conductance shortly following stimulus onset	0.2-1.0 μ S
ER-SCR latency	temporal interval between stimulus onset and SCR initiation	1-3 s
ER-SCR rise time	temporal interval between SCR initiation and SCR peak	1-3 s
ER-SCR half recovery time	temporal interval between SCR peak and point of 50% recovery of SCR amplitude	2-10 s
R-SCR habituation (trials to habituation)	number of stimulus presentations before two or three trials with no response	2-8 stimulus presentations
ER-SCR habituation (slope)	rate of change of ER-SCR amplitude	0.01-0.5 μ S per trial

거짓말 탐지기(lie detector)를 사용하여 정서 유발 여부를 판단하는 경우에서 보듯이, EDA가 자율신경계 각성수준의 지표로 사용될 수 있다는 보고들이 있다 (Dawson et. al, 1990, Furedy, 1993). EDA는 유발된 정서의 쾌/불쾌 여부를 판단하기에는 어려움이 있지만, 정서상태에서의 각성수준을 판단하는데는 매우 타당한 것으로 여겨지고 있다. EDA가 유발된 정서의 종류(예를 들어 공포, 분노, 놀람 등)를 판정하는데 사용하기에는 문제점이 있지만, 자극에 대한 정서반응이 예민하게 변화하기 때문에 다른 심리생리지표들보다 이점에 있어서 보다 나은 지표라고

할 수 있다 (Boucsein, 1992).

Dawson 등(1990)은 EDA의 장점을 다음과 같이 제시하고 있다.

- (1) 다른 ANS 반응과는 달리 EDA는 교감신경계활동을 직접적으로 나타내준다. 왜냐하면, 분비선 땀샘(eccrine sweat glands)은 전적으로 자율신경계중 교감신경계의 통제를 받으며, 부교감신경계의 영향을 전혀 받지 않기 때문이다.
- (2) EDA는 신체적 움직임의 영향을 거의 받지 않으며, 조용하고 안정된 상태에서도 호흡에 의한 영향이 매우 작다. 반면에 심박률은 호흡에 크게 영향을 받는다.
- (3) Skin Conductance Response(SCR: 피부전도반응)은 정서를 유발하는 단일자극에 대해서도 매우 예민하게 변화한다.
- (4) EDA는 자극의 강도 및 유발된 정서의 지속정도를 예민하게 반영한다.
- (5) EDA에 있어서 개인차는 행동/성격 유형 및 심리장애를 판정하는데 매우 신뢰로운 지표가 된다.

EDA는 청각자극에 의하여 유발된 정서 상태를 연구하는데 유용한 것으로 보인다. 실험장면에서 유발된 긍정정서 상태와 부정정서 상태에서의 SCR 측정치들, 즉 amplitude, magnitude, amplitude rise time은 유의미한 차이를 보여준다. 혐오적/불쾌 자극 제시시에 이들 측정치들이 훨씬 높다. 한편, SCR의 반응개시 잠재기 및 SCL의 절반 회복시간은 긍정적/유쾌 자극에서 더 길게 나타난다. 부적 자극을 반복해서 제시할 경우 EDA는 계속해서 유발되지만(크기는 점차 작아짐), 긍정자극을 반복제시할 경우에는 금방 습관화되어 EDA가 거의 나타나지 않는다. Levenson 등(1990) 또한 비슷한 결과를 보고하였다. 긍정정서와 부정정서 상태의 EDA가 뚜렷하게 달랐다. 즉 부정정서 상태에서 훨씬 높은 EDA를 보여주었다.

Boucsein(1992)은 tonic EDA 파라미터들과 phasic EDA 파라미터들을 종합적으로 사용할 경우 정서의 종류를 판별해 내는 것도 가능할 것이라는 기대를 표현한 바 있다.

나. 심장활동(Heart Activity)

(1) 심전도(Electrocardiogram : ECG)

심실과 심방의 주기적 수축은 심전도 상에서 관측될 수 있다. 심전도는 심장근육세포의 활동전위에 의해서 발생하는 전류를 피부에 접촉시킨 전극으로부터 기록한 것이다(그림 3.3.2.3).

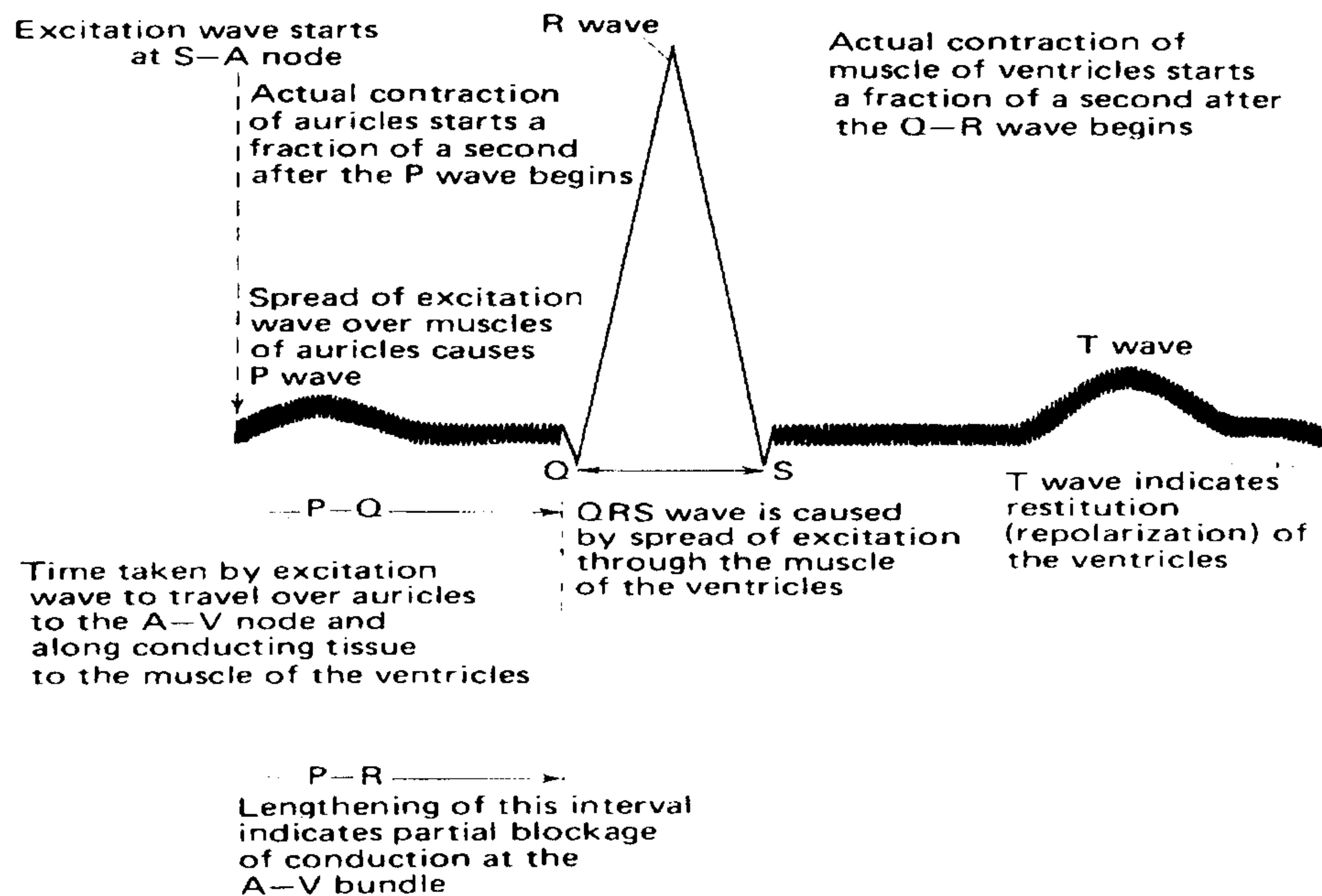


그림 3.3.2.3 심전도

심전도는 Sinoatrial(SA) node의 수축에서부터 시작한다. P wave는 심방전체에 근육수축이 확산되면서 심실이 수축하기까지 이르는 과정을 나타내준다. QRS complex는 P wave로부터 140-160 msec 후에 발생하는 심실의 수축과정이다(즉, 심장수축기). 심실의 최대수축은 R wave의 최고점에서 일어난다. 따라서 연속하여 발생하는 두 R wave간의 시간(R-R interval)으로부터 심박률을 정확하게 계산해 낼 수 있다.

QRS complex에 이어서 T wave가 나타난다. T wave는 심실이 다음 수축과정을 시작하기 위한 준비로서 재분극(repolarization)하는 시기이다. Q wave에서 T wave까지의 경과 시간(탈분극: depolarization) 약 300 msec이다. 심박율이 70 bpm(분당 70회)일때 R-R interval은 약 850 msec이므로 재분극시간은 약 500 msec가 된다. 따라서 각 심박주기에서 심장은 탈분극, 즉 수축기(systolic phase), 상태보다 재분극, 즉 이완기(diastolic phase), 상태에 더 오랫동안 있게 된다. 심박간격(interbeat interval: IBI)은 BPM(beats per minute: 분당 심박률)으로부터 쉽게 구할 수 있다. BPM과 IBI간에는 역수관계가 성립한다.

$$\text{즉 BPM} = (60 \times 10^3) / \text{IBI} \text{ (단위는 milisecond)}$$

(2) 호흡주기와 관련한 심박률 변화 (respiratory sinus arrhythmia: RSA)

미주신경활동(부교감신경계)이 심장에 미치는 영향, 즉 vagal tone은 RSA로부터 구해진다. RSA는 자연적으로 발생하는 호흡률과 R-R timing 사이의 상응관계이다. 즉 호흡주기를 준거로 한 심박률의 변화를 의미한다. 이는 심장에 가해지는 부교감신경계의 영향을 상당히 정확히 반영한다.

들숨동안에 SA node의 미주신경의 활동이 아주 미약해지는 것으로 보고되어 왔다. 즉 R-R interval이 짧아지는데 이는 미주신경(부교감신경계)의 활동이 미약해져서 심장을 이완상태로 유지하는 통제력이 약화되기 때문이다. 날숨동안에는 R-R interval이 길어지고 심박률은 감소한다. 이러한 상태를 심박의 부정합(arrhythmia), 즉 분산(variability)이라고 하는데, 호흡주기에 상응하여 변화한다. Atropine을 주사하여 미주신경이 심장에 미치는 영향을 차단하면 심박률 분산이 감소한다. RSA, 또는 이와 유사한 호흡-심박 상호관계 측정치는 때로 HRV(heart rate variability)라고 부르기도 한다 (Porges & Byrne, 1992).

(3) 심박률 분산(Heart Rate Variability : HRV)

HRV는 자율신경계 반응에 있어서의 중추신경계의 역할, 나아가 심리적 과정과 생리적 기능과의 관계를 연구하는 지표로서 사용된다. HRV는 몇 개의 특징적인 주파수대에 집중되어 있다(그림 3.3.2.4).

건강한 성인에 있어, 휴식상태에서 호흡관련 RSA 주파수 대역은 일반적으로 0.15Hz에서 0.4Hz에 분포한다. 연령이나 육체적 활동의 정도에 따라 달라질 수 있다. R-R interval을 기준으로 한 HRV 주파수는 보다 낮은 주파수 대역에서 나타나기도 하는데 0.1Hz 요소를 포함해서 0.15-0.40Hz 대역을 잦은 주파수(low frequency : LF)라고 명명하고 있다. HRV의 LF는 주로 교감신경계의 활동에 의해 나타나는 것으로 보인다. 한편 0.04-0.15Hz 대역은 높은 주파수(high frequency : HF)로 분류할 수 있다. 미주신경계(부교감신경계)가 활성화 되면 심장근육 반응이 빨라짐으로써 HF가 증가하고, 교감신경계가 활성화되면 심장반응이 느려짐으로써 LF가 증가한다. 0.04Hz 이하의 매우 낮은 주파수(very low frequency) 대역은 체온의 변화와 관련하여 나타나는 것으로 여겨지고 있다.

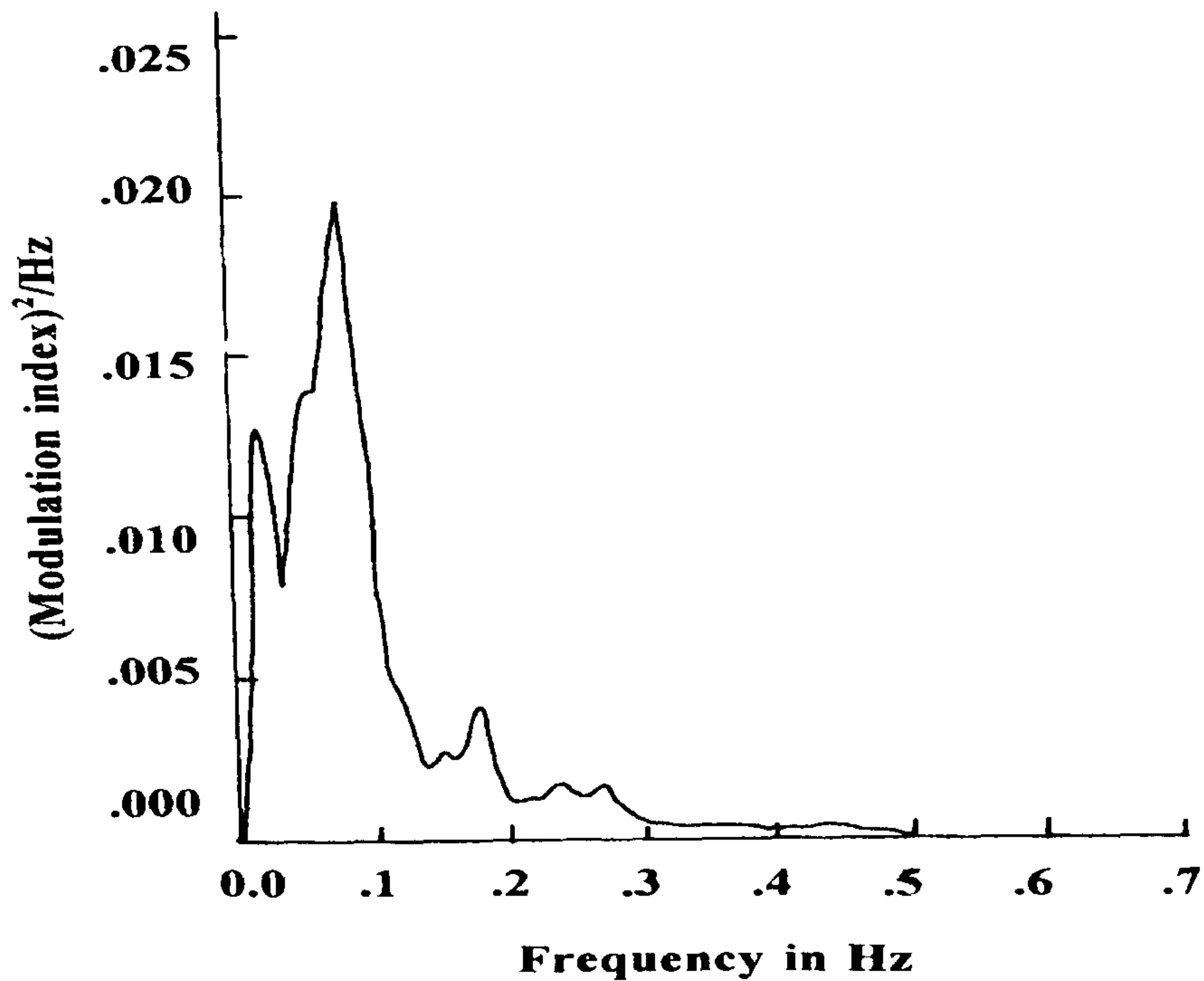


그림 3.3.2.4 HRV 주파수 대역

인간의 심장에 미치는 교감 및 부교감(미주) 신경계의 영향을 직접 측정할 수 없으므로, LF HRV의 변동에 관한 해석은 간접 증거들을 통해서 얻어진 것이다. 특 심장교감신경계 시냅스 활동을 약물을 사용하여 차단하면 LF HRV가 증가하며, 혈관확장제를 투여하여 교감신경계가 활성화 될 경우에도 LF HRV가 증가한다.

LF HRV는 주로 SA node에 대한 교감신경계의 영향이 커졌음을 의미하며, HF HRV는 부교감신경계의 영향이 커졌음을 의미하므로 LF와 HF의 상대출현량(HF/LF ratio)은 부교감신경계와 교감신경계의 상대적 균형 상태를 보여준다고 할 수 있다.

HRV는 정신적 부하나 정서상태 등의 지표로 사용될 수 있다. 수행과제에 대한 (정신적)노력이 증가하면 HRV는 감소한다. 정서유발자극에 대해서도 HRV는 민감한 변화를 보여주는 것으로 보인다. 다만 HRV 분석을 통해서 인지적 부하와 정서

영향을 간단하게 구분하는 기술은 아직 개발되지 않고 있다.

(4) 펄스 이동 시간(pulse transit time : PTT)

PTT는 좌심실에서 혈류가 방출될 때의 혈압의 변화율을 측정하는 것이다. 즉 R wave 정점에서의 펄스가 말초(예를 들어 손가락)의 특정지점까지 도달하는데 걸리는 시간의 변화를 측정, 비교하게 된다. PTT는 심장에 대한 교감신경계의 영향을 측정하는 지표로 사용된다. 즉 교감신경계가 활성화 되어 심장에 미치는 영향력이 커지면 심장의 수축이 증가하여 혈류 방출량이 증가하고, PTT는 줄어들게 된다. Obrist 등(1979)의 보고에 의하면, PTT는 수축기 혈압의 변화에 상응하여 변화한다. 즉 정신적 부하나 운동, 그리고 스트레스에 의하여 혈압이 증가하면 PTT(펄스 이동 시간)는 빨라진다.

(5) 광혈량도(photoplethysmography)

혈량도는 손가락이나 이마에서의 혈류량의 변화를 기록하는 것이다. 말초 혈류량의 변화는 phasic 및 tonic으로 구분해 볼 수 있다. phasic 변화는 심장이 수축 할때마다의 박동간(beat-to-beat) 혈류량의 변화를 의미하는 것으로 pulse volume, 즉 pulse amplitude 변화를 지칭한다. Tonic 변화는 이보다는 긴 시간에 걸친 변화로서 blood volume의 변화이다.

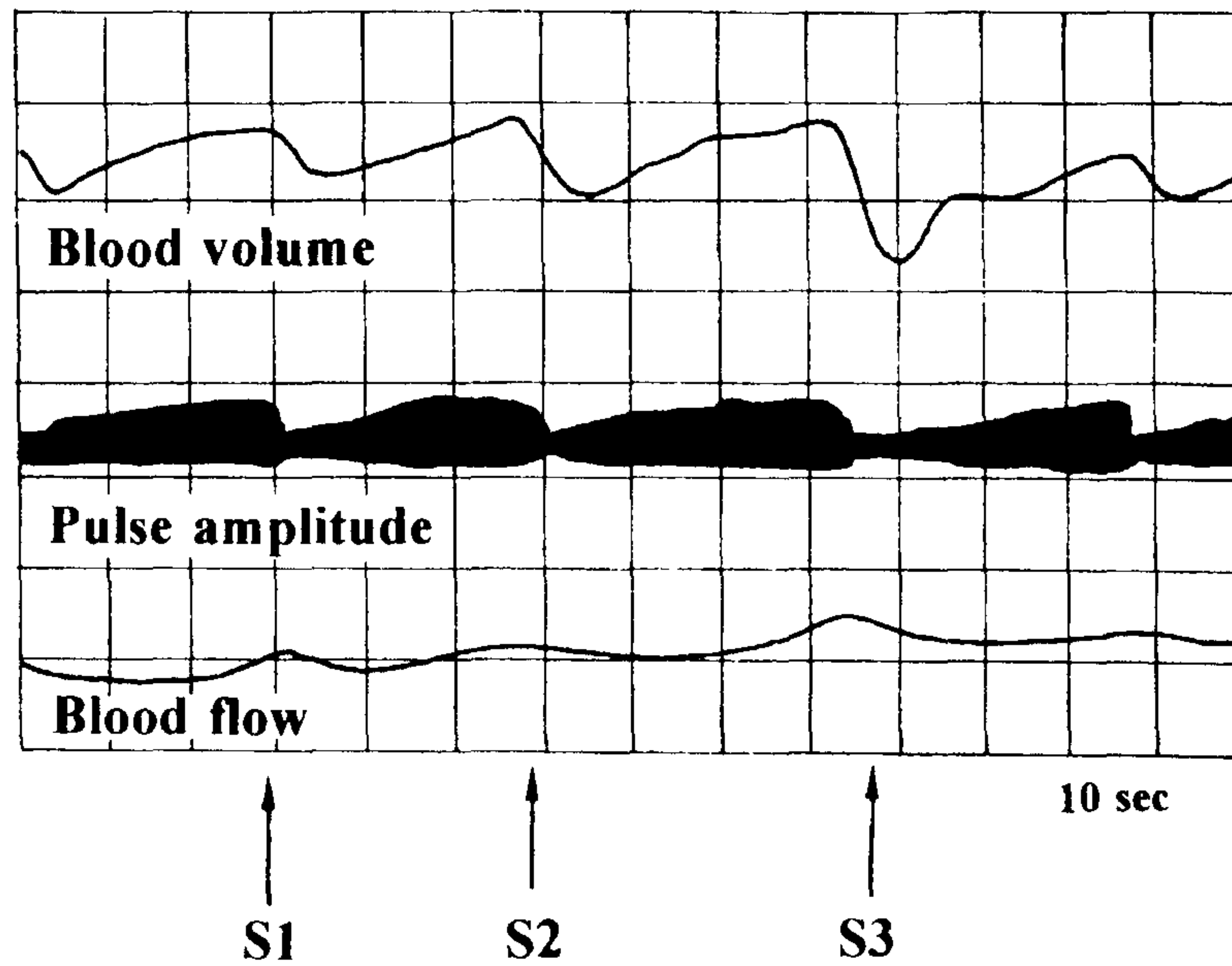


그림 3.3.2.5 짧은 청각자극을 반복해서 제시했을 때 나타나는 blood volume, pulse amplitude, blood flow의 변화

그림 3.3.2.5는 짧은 청각자극을 반복해서 제시했을 때 나타나는 blood volume, pulse amplitude, blood flow의 변화를 보여준다. pulse amplitude의 증가는 말초 혈관의 확장(vasodilation)을 의미하며, 감소는 수축(vasoconstriction)을 의미하는 것으로 각각 교감신경계의 억제와 활성화에 기인한다.

혈량을 통해서 혈관확장과 수축을 측정하는 방법으로서는 흔히 엄지 손가락의 한쪽에 LED(light-emitting diode)를, 다른 쪽에는 센서를 부착한다. LED에선 방사된 적외선은 센서에서 감지되는데, 감지된 광량은 (센서부착부위)말초혈관에 흐르는 혈류량에 상응한다. 혈류는 빛을 흡수하므로, 혈류량이 많으면 감지되는 광량이 줄어들게 된다. 이렇게 해서 기록된 혈량을 광혈량도 (photoplethysmography)라고 부르기도 한다 (Jenainings et.al, 1980)

다. 호흡(Respiration)

호흡에는 횡경막, 늑간근육 및 복근육이 관여하고 있으며 모두 수의적으로 (voluntarily) 통제 가능하며, 동시에 자율신경계의 통제하에 불수의적으로 (involuntarily) 작동한다. 들숨을 통해서 O_2 를 공급받으며 날숨을 통해서 CO_2 를 배출한다. O_2 의 공급은 호흡관련 근육의 운동에 비례하는데, 안정상태에서는 0.2 liter/kg/h, 운동중에는 4 liter/kg/h에 달한다. 가슴이나 배 둘레에 변형계이지(strain gauge)를 부착하여 들숨과 날숨동안의 변형계이지의 길이가 늘어나고 줄어드는 것을 기록하여 분당 호흡률을 계산하게 된다. 더미스터(thermistor : therm + transistor)를 코아래에 부착하여 들숨과 날숨의 온도차이에 따른 전기저항의 증감으로 호흡률을 계산하는 방법도 있다. 제 3의 방법은 capnometer를 사용하여 날숨 중의 C 농도 변화를 측정하는 것으로 가장 정확한 호흡측정방법이다.

호흡은 통상적으로 불안상태에서 증가하고 깊어진다. 또 과호흡 증상과 공황발작(panic attack)간에는 밀접한 관련이 있는 것으로 보고된 바 있다.

3. Positron Emission Tomography (PET)

가. 뇌 이미징 기술에 대한 개관

측정 기술의 발달로, 뇌의 기능을 시각적으로 보여주는 여러 가지 방법들이 뇌 연구에 사용되고 있다. 이런 이미징 기술들에는 PET, fMRI(functional Magnetic Resonance Imaging), MEG(Magnetoencephalography) 등이 있다. 이미징 기술은 피험자가 인지적인 혹은 정서적인 정보를 처리할 때, 신경활동이 증가한 뇌의 영역을 선택적으로 보여줌으로써 뇌의 활동 모양을 보여 준다.

현재 존재하는 이미징 기술은 대개 비침습적(noninvasive)이다. 다시 말해, 두 개골 아래에서 일어나는 뇌의 활동, 즉 혈류량이나 대사율을 탐지하는 센서가 두개골 바깥에 놓여 있게 된다. 그러나 PET의 경우에는 혈관에 방사성 동위원소를 주사하므로 완전하게 비침습적인 방법은 아니다.

이들 이미징 기술이 사용됨에 따라서, 인간의 뇌를 살아있는 상태(in vivo)와 기능적인 수준에서 관찰할 수 있게 되었다. 이는 심리학과 감성 과학에 새로운 기회가 열렸음을 의미한다. 이미징 기술은 인간의 뇌가 감각적 인지적 그리고 정서적인 자극에 대하여 어떤 뇌의 부위가 활성화되는지를 보여줌으로써, 뇌의 어떤 부위가 특정 종류의 자극에 대하여 반응하는지를 보여 준다. 이런 의미에서 이미징 기술은 뇌의 공간적인 영역들이 각각 다른 기능을 담당한다는 “국재화 이론(localization theory)”의 시각과 밀접한 관련이 있다. 예를 들어 McCarthy, Blamire, Block 등(1993)은 피험자들에게 단어 혹은 단어 군을 제시하고 그에 적절

한 동사를 생성하도록 하고 fMRI를 이용하여 뇌활동을 측정하였는데 그 결과 좌반구의 등외측쪽 전 전두엽(dorsolateral prefrontal) 피질에서 독특한 활성 패턴을 관찰하였다. 즉, 동사의 생성 혹은 언어의 생성을 담당하는 부위를 찾았다고 볼 수 있다.

그러나 이런 뇌 이미징 연구의 결과의 해석에서 주의할 점은, 어떤 특정 자극에 대해 혈류량이 증가하고 대사율이 증가한 뇌의 부위를 찾았다고 해서 그 자극에 대한 정보처리를 담당하는 뇌의 부위 모두를 찾은 것은 아니라는 점이다. 더욱 엄격하게 보면, 혈류량 증가와 대사량 증가라는 변화를 초래한 뉴런활동이 일어난 곳과 그런 변화가 관찰된 곳이 반드시 일치한다는 보장도 없다. 어떤 자극에 대해서 뇌의 어떤 부위는 활성화되고 어떤 부위는 억제될 수도 있는데, 대개의 뇌 이미징 기술은 억제된 부위를 찾아내기 힘들다. 단, PET은 대사율이 저하된 곳을 찾아낼 수 있는 장점을 가지고 있다.

뇌 이미지 기술들은 다양한 형태의 측정 방법을 사용하고 있다. 예를 들면, 뇌의 각 부위에서 혈류량이 어떻게 변하는지를 보기도 하고, 뇌 세포의 글루코오스(glucose) 대사를 보기도 하고, 뇌에 있는 양성자를 고주파의 라디오 펄스에 노출시킨 후 이들이 생성하는 전위 변화를 측정하기도 하고, 두피의 여러 위치에서 자기장을 기록하기도 한다. 이들 방법들은 뇌의 서로 다른 측면들을 측정하며, 따라서 뇌 기능의 다른 측면에 대하여 민감한 정도가 다르다. 어떤 방법을 선택하는냐는 각 기술이 가지고 있는 다음 특징들에 의해 좌우된다: 시간적 공간적인 민감도, 선택성, 대조성(Clinthorne, Leahy, Mareci와 Moses, 1992). 민감도는 이미징 기계의 성능 즉 연구자가 보고자 하는 것을 탐지하는 능력과 관련된다. 예를 들어, PET의 민감도는 이미징 기계의 공간적인 정밀도, 즉 얼마나 작고 세밀하게 활동차이를 국지화하여 탐색할 수 있느냐와 관련된다. 선택성은 이미징 기술이 상존

하는 노이즈로부터 활동을 얼마나 잘 구분하느냐를 말한다. 대조성은 뇌에서 측정되는 물리적 활동의 범위와 관련된다. 예를 들어, 뇌의 특정 영역으로 흘러드는 혈액의 분포가 정상의 경우와 비정상의 경우에 동일하다면, 이 기술은 정상 상태와 비정상 상태를 구분하는데 있어 대조성이 낮다고 할 수 있다.

여러 기술을 비교할 때 고려해야 할 또다른 점은 기능적 이미징과 구조적 이미징의 차이이다. 예를 들어, PET 기술은 뇌의 다른 영역이 담당하는 “기능”에 대한 이미지를 만들어 낸다. 반면, CT(Computerized Tomography)나 MRI(Magnetic Resonance Imaging) 기술은 뇌의 해부학적인 “구조”에 대한 이미지를 만들어 낸다. 기능적 이미지를 만드는 기기 들은 기능적 변화가 일어나는 정확한 해부학적 위치를 자동적으로 생성해 주지는 않는다. 보통 이런 기능적 이미지들은 일단 수집된 후 해부학적 이미지들과 결합된다. 그러나 비교적 최근에 등장한 fMRI(functional MRI)는 구조적 정보와 기능적 정보를 동시에 기록하여 보여준다.

뇌 이미징 기술은 다양한 분야에 적용되어 새로운 연구 결과들을 생성하고 있다. 몇 가지만 예를 들어보자면, 주의(Posner, 1993), 심상(Kosslyn, Alpert 및 Tompson, 등, 1993), 정신분열증 같은 정신 질환(Gur와 Pearlson, 1993) 등의 분야를 들 수 있다.

나. PET

PET 기술은 혈류에 방사능 트래이서를 주입하여 뇌에 흘러드는 혈액의 흐름을 추적하는 기술이다. 방사능 트래이서를 탐지할 수 있는 장치가 뇌의 바깥쪽 주변에 배치된다. 뇌의 어느 부위에서 신경활동이 일어나면 즉 정보처리가 일어나면 그렇지 않은 부위보다 많은 혈액이 흘러든다. 혈액이 흘러들면, 혈액 속에 있는

방사능 트레이서도 함께 흘러들므로, 탐지기는 혈액 공급의 증가를 탐지할 수 있게 된다.

PET 스캔은 뇌의 활동 수준이 다양한 색으로 표현된, 컴퓨터가 생성한 그림을 말한다. 관습적으로 붉은 색은 높은 수준의 활동을 나타내고, 파란색은 낮은 수준의 활동을 나타낸다. <그림 1>은 피험자가 청각과 관련된 인지 과제를 수행할 때 나타나는 PET 이미지를 보여준다.

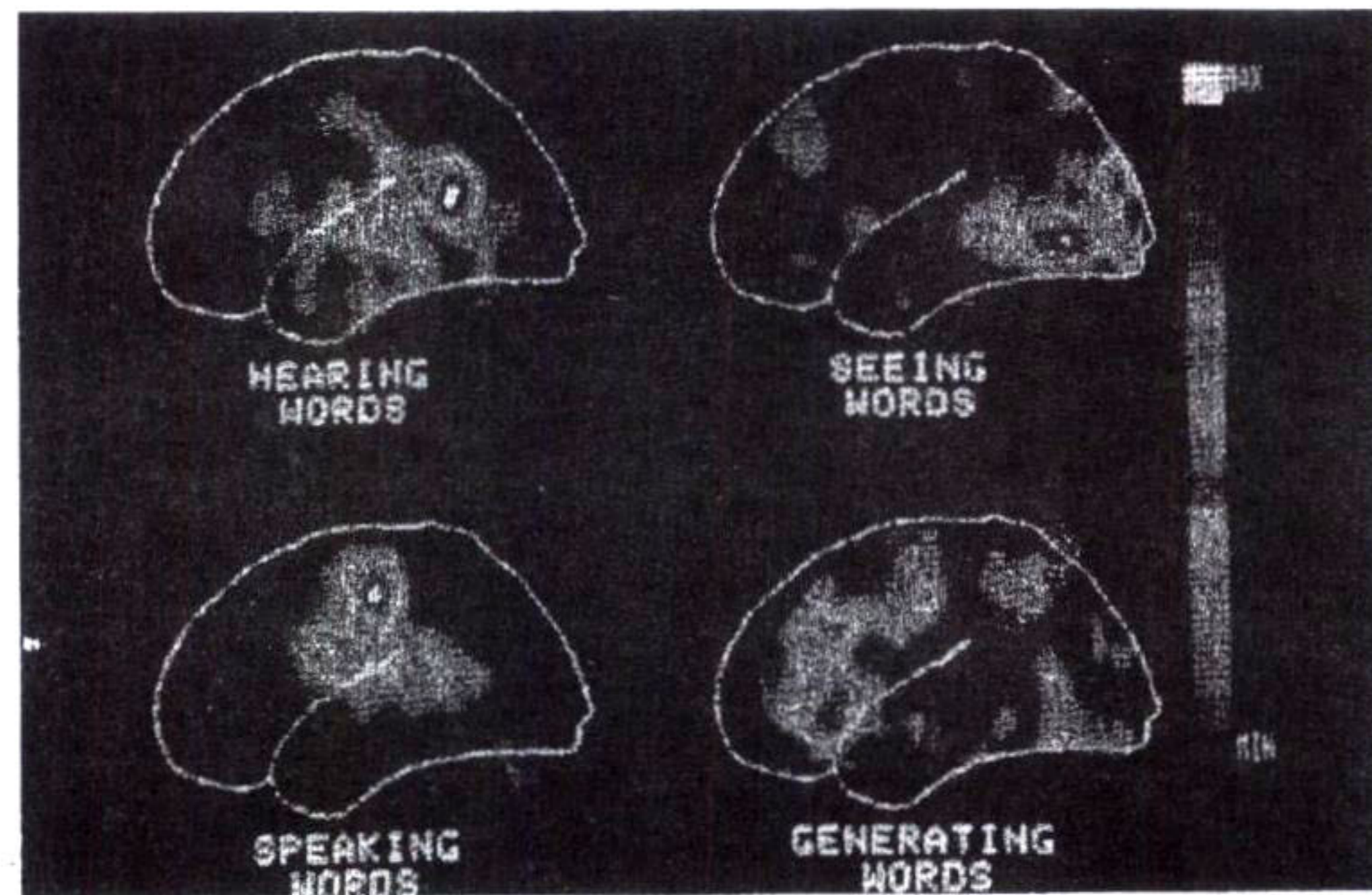


그림 3.3.3.1 PET 스캔

인지적 혹은 감성적 과제에 의한 뇌의 활동에 대한 이미지를 어떻게 만들 수 있을까? 피험자가 복잡도가 다른 일련의 과제들을 수행할 때의 PET 이미지들이 만들어졌다고 치자. 복잡한 과제에 대한 이미지에서 단순한 과제에 대한 이미지를 뺄 수가 있다. 이렇게 하여 만들어진 이미지는 복잡한 과제를 수행할 때 추가로 관련되는 뇌의 부위를 나타내게 된다. 마찬가지로, 정서가 관련된 과제에 대하여 얻은 이미지로부터 중성적인 과제에 대한 이미지를 빼면, 정서 정보 처리에 관여되는 뇌의 부위를 알 수 있게 된다. 여기서 “빼는” 작업을 위한 방법은 많은 경우 Statistical Parametric Mapping(SPM)을 이용한다(Friston, 1994). SPM 이미지는

두 이미지의 각 화소에 대해 t-검증을 하여 만들어진다. 이 t-통계치 이미지는 z-점수로 환산되어, 두 조건 사이에서 유의한 차이를 보이는 화소들을 여러 가지 색으로 표현하기도 한다.

다. PET을 이용한 대사율 연구와 혈류량 연구

PET 이미징을 이용하여 뇌의 여러 부위에 흘러드는 혈액의 분포를 측정할 수도 있고, 뇌세포의 글루코스(glucose) 소모의 변화를 측정할 수도 있다. 뇌의 뉴런들은, 몸의 다른 세포와는 달리, 글루코스만을 연료로 사용한다. 물론 뇌세포의 대사에는 글루코스가 산소와 함께 참여한다.

뇌세포가 활동을 하면 더 많은 에너지를 필요로 한다. 다시 말해 대사 수요가 더 커지고, 따라서 그 부위에 더 많은 글루코스가 공급된다. PET을 이용한 혈류량 연구에서는 산소의 동위원소 ^{15}O 가 트레이서로 사용되고, 대사율 연구에서는 18-F-fluoro-2-deoxyglucose (^{18}F -FDG)가 트레이서로 사용된다. FDG는 양전자(positron)를 방출하는 동위원소 ^{18}F 와 표지(label)되면, 혈류의 자연 글루코스를 모방하게 된다. 그러나 FDG는 뇌에 의해서 완전하게 대사 되지는 않으므로 트레이서 성분이 뇌에 축적된다. 따라서 ^{18}F -FDG 트레이서를 추적하여 양전자의 방출을 측정하면 뇌의 여러 부위에서 일어나는 대사율과 대사활동에 대한 추정이 가능하다 (Raichle, 1986).

뇌의 각 부위에서 일어나는 혈류를 연구하는데 가장 많이 쓰이는 방법은 방사성 원소로 표지된 물(H_2^{15}O)을 혈액으로 주사하는 방법으로 단일 스캔 기법(single-scan technique)라고 불린다. 이 기법은 산소의 방사성 동위원소인 ^{15}O 를 트레이서로 사용하는데, ^{15}O 는 뇌에 도달하면 양전자를 방출한다. 어떤 부위의 혈

류는 그 부위의 글루코스 소비에 비례한다(Hartshorne, 1995). 따라서 글루코스의 소비가 증가한 부위에서 더 많은 양전자가 방출된다. 그 결과 뇌세포의 활동에 따라서 혈류가 변화한다.

혈류를 연구하는 다른 방법은 지속상태 들숨 기법(steady-state inhalation technique)이라고 불리는 것으로 피험자로 하여금 $C^{15}O_2$ 를 흡입하게 하여 ^{15}O 를 추적하여 혈류량을 측정한다. 이 기법은 주로 뇌혈관에 관련된 병을 평가하는 데 사용된다. 이 기법은 한번 스캔하기 위해 걸리는 시간이 10-15 분이므로 둔감화(Habituation)의 영향이 고려되어야 한다. 반면, 단일 스캔 기법은 스캔에 걸리는 시간이 1 분 이하이므로 자극 제시 시 둔감화에 의한 영향은 염려하지 않아도 된다.

라. 양전자 방출과 광전자 소멸

PET은 양전자를 방출하는 방사성 동위원소로부터 방사성을 측정하는 정량적인 방법이다. 양전자는 방출된 후 뇌조직에서 멀리가지 못하며(수 mm이내), 곧이어 전자와 충돌하여 소멸되면서 2 개의 고에너지 광전자를 형성한다. 양전자가 소멸되면서 2 개의 고에너지 광전자는 180 도 격리된다. 이 180도-격리된 광전자가 동시(coincidence) 감지 기기에 탐지되는 것이다. 뇌의 어느 부위가 활발할수록, 뉴런은 더 많은 글루코스를 필요로 한다. 그 결과 그 부위에 혈류가 증가하고, 방사성 물이 더 많이 보내지고(^{15}O 연구의 경우), 따라서 그 부위에서 더 많은 양전자가 방출된다.

방사성 동위원소가 소멸하는데 걸리는 시간 때문에 ^{18}F -FDG PET 연구는 40-45분 이내에 재수행될 수 없지만, ^{15}O 연구는 약 10분이 지나면 재수행이 가능하다. 공

간적인 시간적인 정밀도를 살펴보면, PET 혈류(¹⁵O) 측정방법이 시간적 정밀도에서 우수한 반면 공간적인 정밀도에서는 다소 뒤떨어진다(두 측정방법의 공간적 정밀도는 모두 수 mm 이내이다). 한 피험자를 대상으로 PET 연구를 너무 많이 하지 않는 것이 좋은데 그 이유는 방사성에 의한 위험 때문이다. 그러나 이 위험의 정도는 아주 낮은 것으로 7-10 회 동안 스캔을 받을 때 누적되는 방사능의 양은 여객기의 여승무원이 1년 6개월 동안 받는 방사능의 양에 불과하다.

PET 데이터는 보통 전교련(anterior commissure)과 후교련(posterior commissure) 사이의 중심선(midline)을 기준으로하는 뇌좌표체계(brain atlas coordinate system)로 전환된다. 이런 방법으로, PET의 기능적인 데이터가 뇌의 구조에 “매핑(mapping)”된다.

마. 피질 아래의 이미징

PET 기술은 피질 부위와 피질아래 부위 모두에 사용될 수 있으며, 뇌의 다양한 부위의 신경전달 물질의 농도도 이미징할 수 있다. 예를 들어, 파킨슨 환자의 흑질(substantia nigra)에 도파민이 고갈된 것을 이미지로 보여주어, 다른 방법으로 연구된 결과들을 시각적으로 확인시켜줄 수도 있다.

바. PET 이미징과 불안

Fredrikson, Wik, Greitz 등(1993)은 혈류량을 측정하는 PET 연구를 통해서, 뱀 공포증을 가지고 있는 피험자들에게 뱀이 등장하는 짧은 비디오를 보여주었더니, 뇌의 후두엽에 있는 시각 영역에서 혈류량이 증가함을 발견하였다. 이 결과는 공포 불안이 시각 역치를 낮추어서 시각 체계가 무서운 불안 자극을 빨리 발견하기

위해 극도로 민감해졌다고 해석할 수 있다.

불안증 환자를 대상으로 한 PET 연구들의 결과를 보면 완전한 일관성을 보이지 않는다. 예를 들어, Reiman, Raichle, Butler, Herscovitch 등(1984)의 결과에 의하면, 불안 발작(attack)이 일어날 때 측두엽의 극점(pole) 근처에서 혈류량이 가장 많이 증가한다. 반면 Johanson, Risberg, Silverskiold와 Smith(1986)의 연구에 의하면, 뇌의 좌반구의 fronto-orbital 부위에서 혈류량이 가장 많이 증가한다. Reiman 등(1984)은 후에 자신들의 데이터를 취소하였는데 그 이유는 그 결과가 피험자의 턱 움직임에 기인한 것일 수 있기 때문이었다. 실제로, 이를 짹 깨물 때의 PET 이미지는 불안 발작 시의 PET 이미지와 유사하다(Drevets, Videen, MacLeod, 등, 1992). 이는 불안 반응 시에 보통 안면 근육에 변화가 많이 일어나기 때문이다.

Reiman 등(1984)의 연구, Jonanson 등(1986)의 연구와 Fredrikson 등(1993)의 연구를 비교할 때 눈에 띄는 점은 Fredrikson 등은 구체적인 대상에 대한 공포증이 있는 환자들을 연구하였고, Reiman 등과 Jonanson 등은 일반 불안증을 가진 환자를 연구하였다는 것이다. 구체적 공포증을 가진 환자들은, 정서적으로 각성이 증가하는 것 외에, 공포 상황에서 지각적인 탐색 패턴이 달라질 수 있다. 임상 경험에 의하면, 예를 들어 거미에 대한 공포증을 가진 환자들은 방에 들어가면 방의 구석구석을 훑어본다고 한다. Fredrikson 등의 연구에서, 아마도 이런 과도하게 민감한 지각 상태가 후두엽의 시각 영역에서의 혈류량의 증가로 탐지되었을 수 있다.

사. 주의와 PET 이미징

Posner와 Petersen(1990)에 의하면, 선택적인 주의를 뇌의 세 체계와 관련이 있

으며, 이들 각 체계는 고유하게 기능적으로 국재화되어 있다. 이 세 체계의 첫째는 전방 주의 신경망(anterior attention network)으로, 목표 자극이 다른 자극들과 혼합되어 있는 상황에서 목표 자극의 탐지에 관여하며, 생각의 흐름을 통제하는 일 및 언어의 의미론적 분석의 일에도 관여한다. Posner(1992)에 의하면, 좌반구의 전전두엽(prefrontal) 피질을 포함한 전방 주의 신경망은 의미 처리에 중요한 역할을 담당한다. 전두엽 피질의 세로 중심선(longitudinal midline)에 있는 전방 대상회전(anterior cingulate gyrus) 또한 시각 자극의 처리에 중대한 역할을 한다. 예를 들어, 피험자가 단어 목록을 제시받고 목록에 몇개의 동물 이름이 나타나는지를 추적하라는 지시를 받았을 때, 전방 대상회전이 활성화된다.

둘째 체계는 후방 주의 신경망(posterior attention network)으로, 단어의 (의미가 아닌) 시각적 형태에 대한 분석에 관여하고 또 공간적 위치에 대한 주의의 전환에 관여한다. 이 체계는 자극이 가지고 있는 시각적인 특징들의 추출에 관련되어 있다. 이 체계는 두정엽, 시상베계(pulvinar) 영역, 중심선의 위둔턱(superior colliculus)을 포함한다. Posner(1992)의 가설에 따르면, 이들 영역이 시각적 공간적 주의의 전환을 담당하는 회로를 구성하는 것 같다. 두정엽이 인지적인 작업을 처리하고, 좌우반구 사이의 주의 전환을 준비한다. 그러면, 중심선의 위둔턱이 전환을 실제로 수행하는 일을 하고, 시상베계가 마침내 공간의 특정한 초점 지역에 주의를 집중시킨다.

셋째 체계인 각성 주의 체계(vigilance attention network)는 우반구의 전두엽을 포함하며, 피험자가 반응시간 실험 같은 상황에서 “준비”라는 지시를 받았을 때 활성화된다. 따라서 이 체계는 피험자가 시간을 두고 각성 상태를 유지하는 일에, 예를 들어 레이더 화면을 감시하는 일을 할 때, 관여하는 것으로 보인다.

위의 결과들은 PET의 연구들을 개관한 후 Posner가 내린 결론과 가설이며,

Pardo, Fox와 Raichle(1991)도 이에 일관된 해석을 제안하고 있다. 즉 우반구의 전두엽이 손상된 환자들은 경고 신호 후에 각성을 유지하지 못하고, 좌반구에 비슷한 손상을 입은 환자들은 각성을 유지할 수 있다. 결론적으로 좌우반구의 전두엽이 각성에 비대칭적인 역할을 하고 있어 보인다.

아. 촉각 자극에 의한 뇌의 활성화

(1) 진동 촉각 자극에 대한 뇌의 활성화

이제 피부 감각 자극을 뇌가 어떻게 처리하는지를 PET 혹은 다른 뇌 이미징 기술을 사용하여 연구한 결과들을 살펴본다. 피부 감각의 연구에서 가장 많이 사용되어온 자극 방법은 진동 자극을 사용하는 것인데, 그 까닭은 자극의 강도가 피부와 그 아래에 존재하는 mechanoreceptor들을 모두 자극할 만큼 강하기 때문인 것으로 보인다. Burton 등(1993)은 진동 자극을 각 손과 발에 가하고 PET 스캔으로 뇌의 활성화된 부위를 관찰하였다. 그 결과, 자극이 한 쪽에만 가해졌음에도 활성화된 부위는 좌우반구 양쪽에서 나타났다. 즉, 좌우반구의 SI complex(anterior parietal cortex), 실비우스 열구(Sylvian fissure) 근처의 두정 판개(parietal operculum)에 있는 SII로 생각되는 부위 및 도(insula) 부위에서 활성화가 관찰되었다. 인간의 양쪽 반구에서 SI 부위의 활성화가 관찰된 것은 다소 의외의 결과인데, 그 이유는 왼손의 SI complex에는 손 감각영역이 다른 쪽 반구와 연결이 되어있지 않을 뿐 아니라 양측성(bilateral) 수용 영역을 갖는 뉴런도 없기 때문이다 (Kaas, 1990).

그러나 Burton 등(1993)의 실험에서, 진동 자극에 의한 SI의 활성화는 자극받은 손의 반대편 반구에서 더 많이 관찰되었는데 이는 인간의 SI 영역에 있는 뉴런 중

양쪽에 반응하는 뉴런의 종류가 상대적으로 수가 작거나 혹은 SI 영역의 한 부위에 국한되어있음을 시사한다고 볼 수 있다. 한편, 다른 부위들 즉 열구 근처의 두정 판개에 있는 SII로 생각되는 부위 및 도(insula) 부위의 활성화가 좌우반구에서 관찰된 것은 원숭이의 이들 부위에서 양측성 수용야를 갖는 뉴런들의 비율이 높다는 결과와 일치한다.

(2) 감각 운동 패러독스(Sensory Motor Paradox)

진동을 이용한 촉각 자극이나 감각-운동 과제를 이용한 실험에서는 SI 활성화가 잘 관찰되지만, 좀 더 순수한 자극, 예를 들면, 전기를 이용한 피부 자극(Ingvar, 1975)이나 von Frey hair를 이용한 3-5 Hz의 촉각 자극을 이용한 실험에서는 SI 부위의 활성화가 잘 관찰되지 않는다. 이를 Ingvar는 감각 운동 패러독스라고 불렀다.

이에 대한 만족할 만한 설명은 아직 제안되지는 않았지만, Paulesu, Frackowiak 와 Bottini(1997)는, 본 감성 공학 과제와 관련있는, 흥미로운 가설을 제기하고 있다. 그들의 가설에 따르면, SI는 단순하고 단조로운 자극을 지각하는 데에서는 중요한 역할을 하지 않고, 질감의 지각같은 좀더 미묘하고 복잡한 촉각 변별 과제에서 중요한 역할을 한다는 것이다. 임상 사례 보고(Adams와 Victor, 1989)에 의하면, SI의 손상이 촉각, 통각, 온도, 진동 등의 지각에는 별 영향을 미치지 않지만, 질감의 지각같은 좀더 미묘하고 복잡한 촉각의 지각에는 영향을 미친다는 것이다.

Paulesu, Frackowiak와 Bottini(1997)의 가설을 뒷받침하는 다른 PET 연구로 Ibanez 등(1995)의 연구를 들 수 있다. 이 연구에서 연구자들은 피험자들에게 촉각 자극의 빈도(frequency)를 변화시켜가면서 SI 부위의 활성화를 관찰하였다.

즉, 휴식상태에서, 혹은 0.2, 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20 Hz로 자극을 변화시켰다. 그 결과, 자극의 빈도가 2 Hz 이상일 때만 SI에서 유의한 활성화가 관찰되었고, 4 Hz에서 고원에 도달하였다. 한편 연구자들이 SII라고 생각하는 부위에서는 20 Hz의 자극에서만 활성화가 관찰되었다. Paulesu, Frackowiak와 Bottini(1997)의 가설을 검증하기 위해서는 더 많은 연구가 뒤따라야 하겠지만, 본 과제와 관련하여 관심을 갖고 지켜볼 가설이라 생각된다.

(3) 질감(texture)의 변별과 PET

사물의 미세(microgeometric) 특성과 거대(macrogeometric) 특성 지각에 따른 뇌의 활성화를 연구한 실험으로 Ledberg 등(1995)과 Roland 등(1996)의 연구를 들 수 있다. 여기서 미세 특성이란 물체의 모양을 바꾸지 않는, 표면상의 작은 변이를 말하며, 거칠기 등이 이 범주에 속한다. 거대 특성이란 사물의 크기와 모양을 정의하는 특징을 말한다. Roland와 Mortensen(1987)에 의하면 미세 특성은 빠르게 순응하는 Pacinian 피부 수용기와 일반 광폭 수용기에 의해 지각된다. 반면, 모양과 길이는 느리게 순응하며 좁은 반응대와 좁은 반응야를 갖는 수용기에 의해 지각된다. Roland(1987)에 의하면 두정 판개의 손상은 거칠기의 변별에 장애를 가져오고, 두정엽의 앞부분의 손상은 길이와 모양의 변별에 장애를 가져온다. Roland와 동료들은 피험자들에게 오른손을 사용하게 하고, (1) 구별되는 거칠기를 가진 두 원통을 제시하고 두 대안 중 하나를 강제로 선택해야하는 변별 과제를 주거나, (2) 다른 길이의 원통을 제시하고 두 대안 중 하나를 강제로 선택해야하는 변별 과제를 주거나, (3) 자극이 주어지지 않은 채로 물체를 만지는 듯한 동작을 하게 하였다. 물론 이 셋째 조건은 관절 수용기나 근육 방추(spindle)로부터의 피드백을 통제하기 위한 조건이었다. 그 결과, 두 과제를 수행할 때 공통적으로 좌반구의 중앙의 뒤쪽 구(sulcus)의 전방과 후방 구순(lips)이 활성화되었고 이 활성화는 BA 2와 BA

5로 생각되는 부위에 까지 연장됨을 발견하였다. 그러나 길이 변별 과제 수행시에는 좌반구의 supramarginal gyrus, 양반구의 각회전(angular gyri)에서, 좌반구의 전운동 피질에서 추가적으로 활성화가 발견되었다. 또한 미세 특성 변별 과제 수행시에는 두정판개가 활성화됨을 발견하였다(Ledberg et al., 1995; Roland et al., 1996).

제 4 절 연구환경 및 측정 기술

1. 실험실

실험실은 가로 12m, 세로 6m의 소음이 차단된 방음실 (소음 35 dB 이하)로, 외부로부터 뇌파에 들어올 수도 있는 잡음과 교류 등의 artifact는 접지하여 차단되었다. 방음실 중앙에는 피험자가 앉을 안락의자가 있고, 의자의 왼쪽에는 피부자극기가 설치되어 있으며, 오른쪽에는 반응 button들이 놓여있어, 피험자의 정면에 놓여있는 PC 화면으로부터 제시되는 반응 문항에 대해 피험자 자신의 감성 변화를 반응할 수 있도록 하였다. 방음실의 오른쪽에는 외부의 주 실험자와 통신할 수 있도록 인터폰이 설치되어 있었다. 보조 실험자는 피험자와 함께 방음실에 있게 되며 실험을 보조하였다. 방음실에 인접한 장비실에는 각종 실험장비 (컴퓨터, 음향시설, 생리 측정 및 기록 장치 등)가 운영되며, 실험자는 이곳에서 지시 및 장비 조작을 하였다. 실험실의 개요도를 그림 3.4.1에 제시하였다.

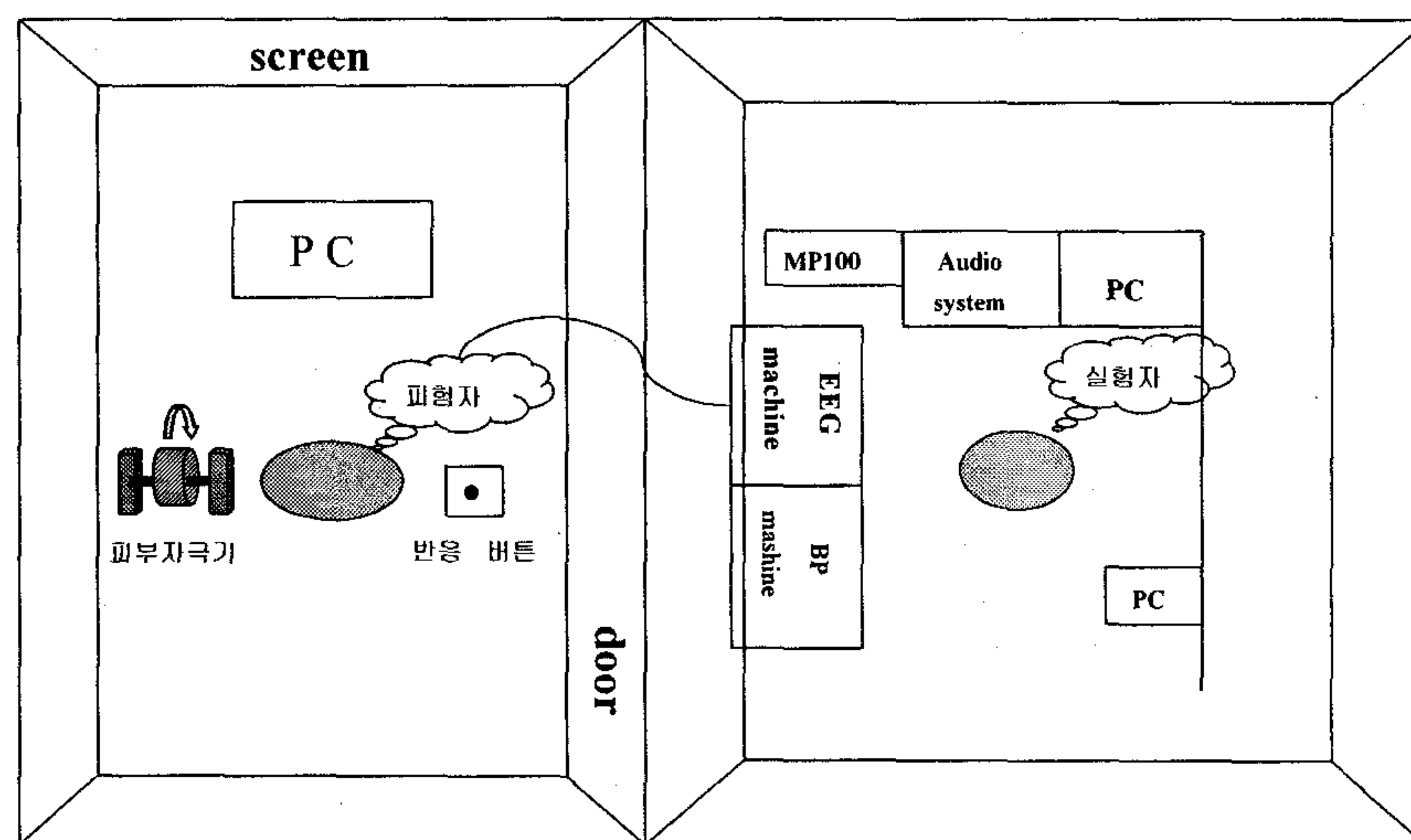


그림 3.4.1 실험실 개요도

2. 실험장비

가. 뇌파 측정 장치

뇌파장치로는 Grass사의 'Neurodata Acquisition System (Model 12)'과 Biopac Systems사에서 제작한 'MP100WS'를 사용하였다. 자료의 입력 및 분석은 MP100WS의 소프트웨어 부분인 'AcqKnowledge (ver. 3.2)'를 사용하였다. 두피에 부착한 전극은 명상전극 (cup electrode)을 사용하였으며, Elefix EEG paste (Nihon Koden Co.)를 사용하여 전극을 고정시켰다. 전극의 부착 위치는 Jasper (1958)에 의해 처음으로 발표된 국제 전극 배치법인 International 10/20 electrode system에 따랐다.

그 위치는 동측의 귓볼 (A1, A2)을 기준 전극으로 하여 F3, F4, O1, 및 O2지점에서 단극유도법으로 뇌파를 측정하였다. 단극유도법은 활성전극이 위치해 있는 뇌의 전위 변동의 절대치에 가까운 파를 기록하고, 부위별 전위를 비교하기 쉬운 장점을 가지고 있다. 전극을 부착할 두피는 omni prep. (OMNI, Pat. No. 4)을 이용하여 이 물질을 제거한 후 적당량의 전극풀을 두피에 바르고 전극을 전극풀로 채운 뒤 두피에 붙이고 그 위에 거즈를 덮어 고정시켰다. 귓볼 전극 (ear lobe)은 클립형의 전극으로 역시 전극풀을 채운 뒤 귓볼에 끼워 고정하였다.

나. 자율신경계 측정 장치

자율신경계 측정 장치로는 Biopac System사에서 제작한 Biopac amplifier를 사용하였다. 자료의 입력과 분석은 MP100WS의 AcqKnowledge (ver. 3.2)를 사용하였

다. 심박은 Lead I을 기준으로 하여 오른 쪽 팔목에 기준을 잡고 왼쪽 팔목에서 측정하였다. 호흡은 갈비뼈가 끝나는 배 부위에 strain guage를 부착하여 측정하였고, 피부 전도는 왼손 검지와 중지에 전극을 부착하여 신호를 측정하였다. 자율 신경계 측정 부위는 그림 3.4.2와 3.4.3에 각각 제시하였다.

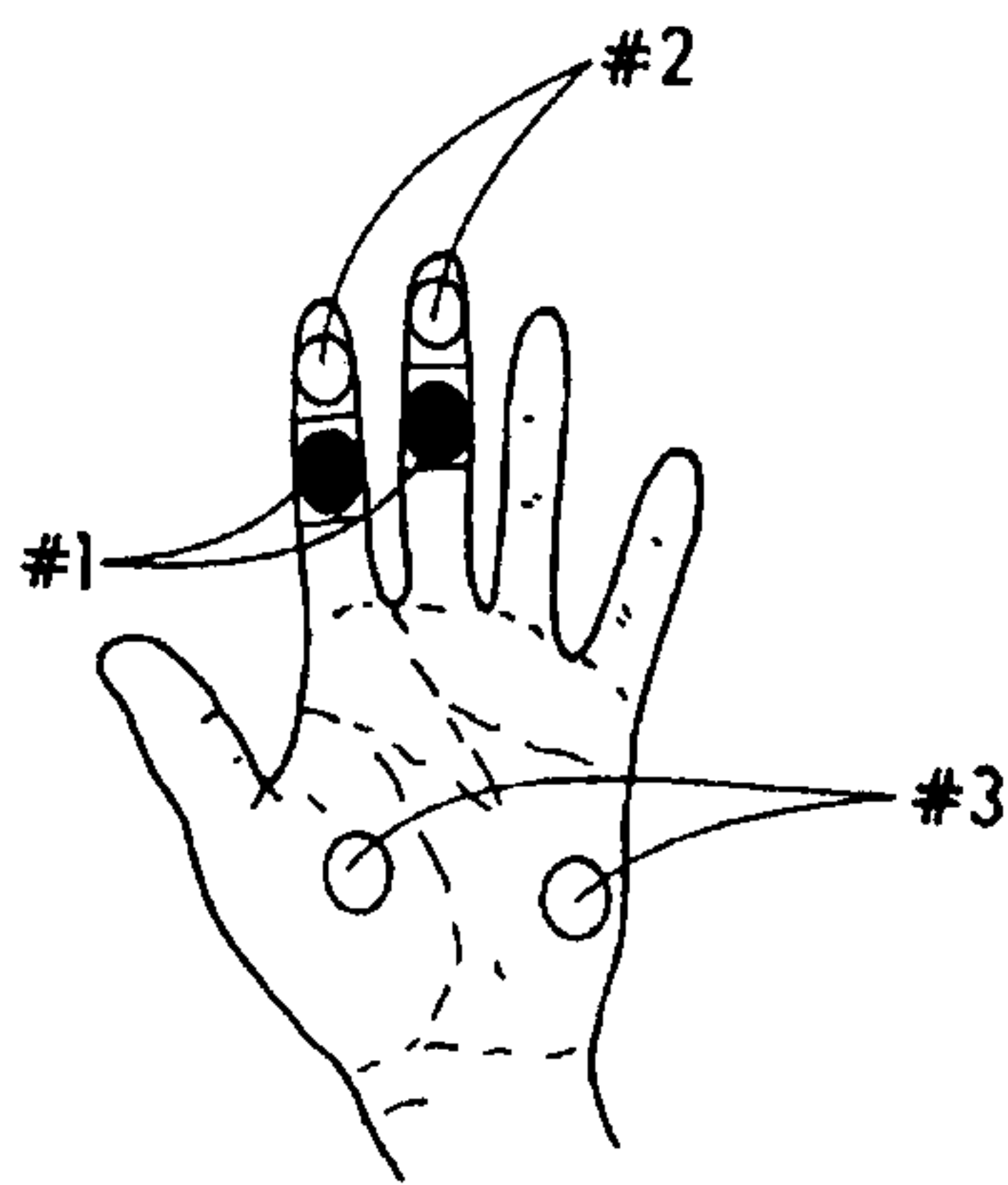


그림 3.4.2 EDA 전극 부착 부위

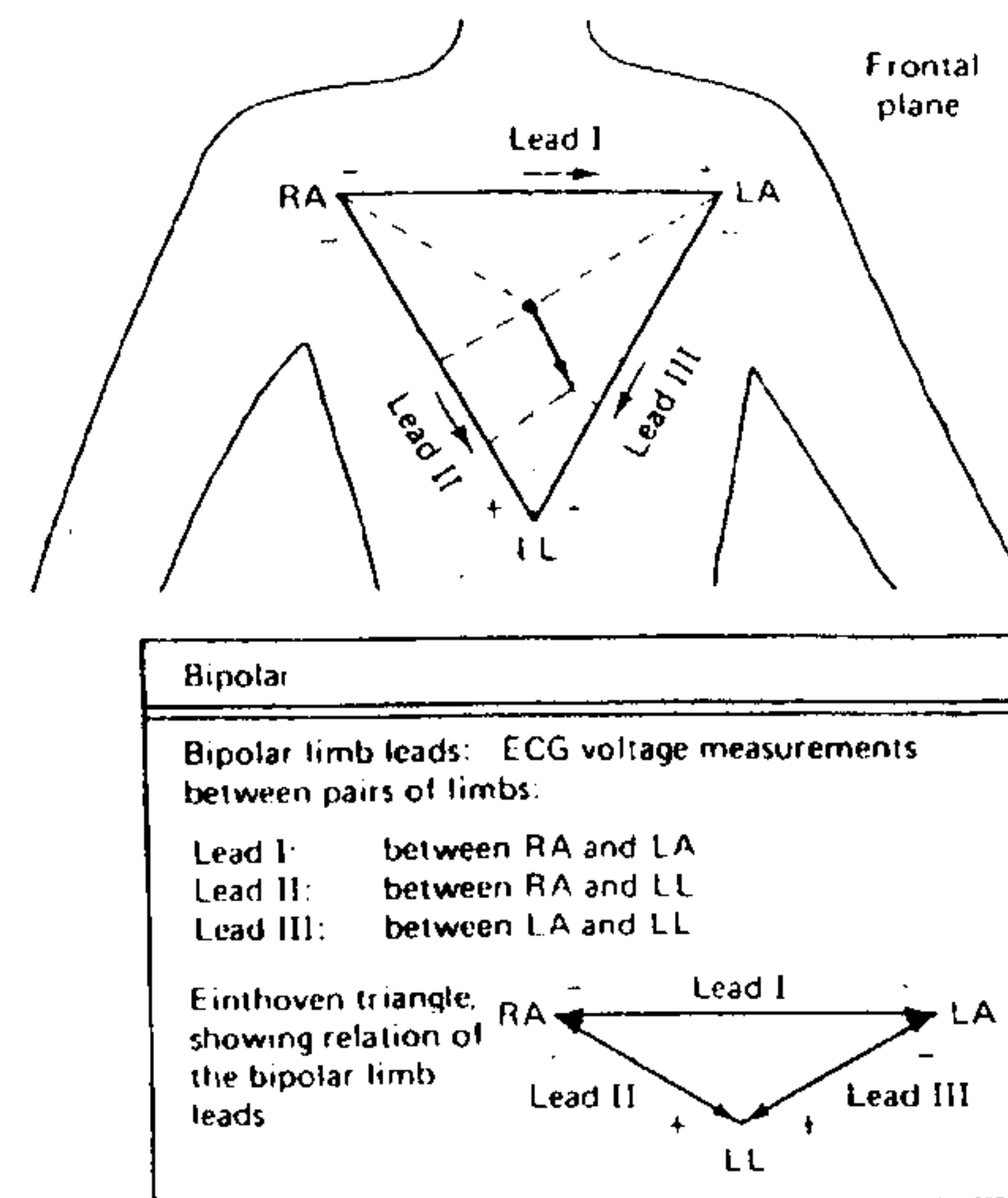


그림 3.4.3 심전도 전극 부착 부위

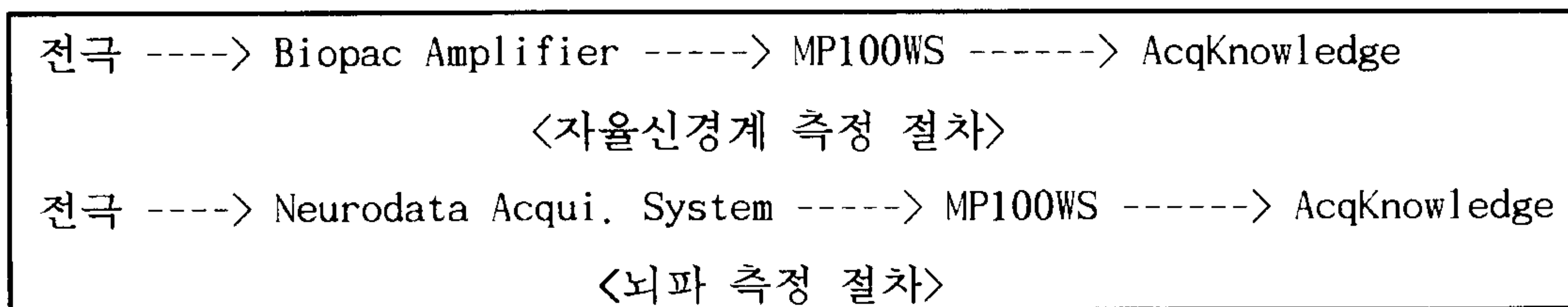


그림 3.4.4 생리 반응 측정 절차

다. 피부자극기 개발

피부에 자극을 제시하기 위한 자극기를 설계하였으며, 이를 그림 3.4.5에 제시

하였다. 이는 피험자가 손을 고정시킬 수 있는 고정대, textile을 부착하여 손바닥에 자극을 제시하는 자극부, 그리고 자극부에 의해서 손바닥에 가해지는 자극강도와 자극속도를 조절할 수 있는 이동부로 이루어져 있다. 자극기는 자극제시의 각 단계에 맞추어 자극을 종류별로 제시할 수 있도록 설계되었다. 이를 위하여 상하 높이 조절이 가능한 기존의 DC모터 제어장비와 자극판의 롤러 회전용 스테핑 모터를 함께 사용하여 자극기를 설계하였다. 즉, 피부자극기는 모터 구동부와 수평높이 조절부로 나뉘어지는데, 수평 높이 조절부는 자극판에 압력센서 (Force Sensing Resistor; FSR)를 설치하여 level 1과 level 2에 해당하는 두 단계의 자극환경에 맞추어 설정된 자극압력을 감지하도록 하였으며, 자극판이 압력센서에 의해 자극압력을 감지하여 LED가 ON되면 자극제시판을 멈추도록 하였다. 모터 구동부는 피검자의 측정부위에 자극 제시판이 닿은 상태에서 자극 제시판에 설치되어 있는 롤러 (길이 15-20 cm, 지름 10 cm)가 회전하게 하여 자극을 제시하도록 제작된 회전 운동부에 해당하며, PC 상에서 속도와 회전수를 제어할 수 있도록 하였다. 이때, 자극기의 모터 회전시 발생하는 소음을 최소화하였으며, 모터의 회전 속도 및 자극 시간 설정을 메뉴화하여 자유롭게 설정할 수 있도록 프로그램화 하였다. 그리고 주어진 실험조건을 무작위의 순서로 제시하기 위하여 컴퓨터를 이용하여 제어하는데, 그에 대한 알고리즘이 그림 3.4.6의 flowchart에 나타나 있다.

Motor Control : Speed & Revolution

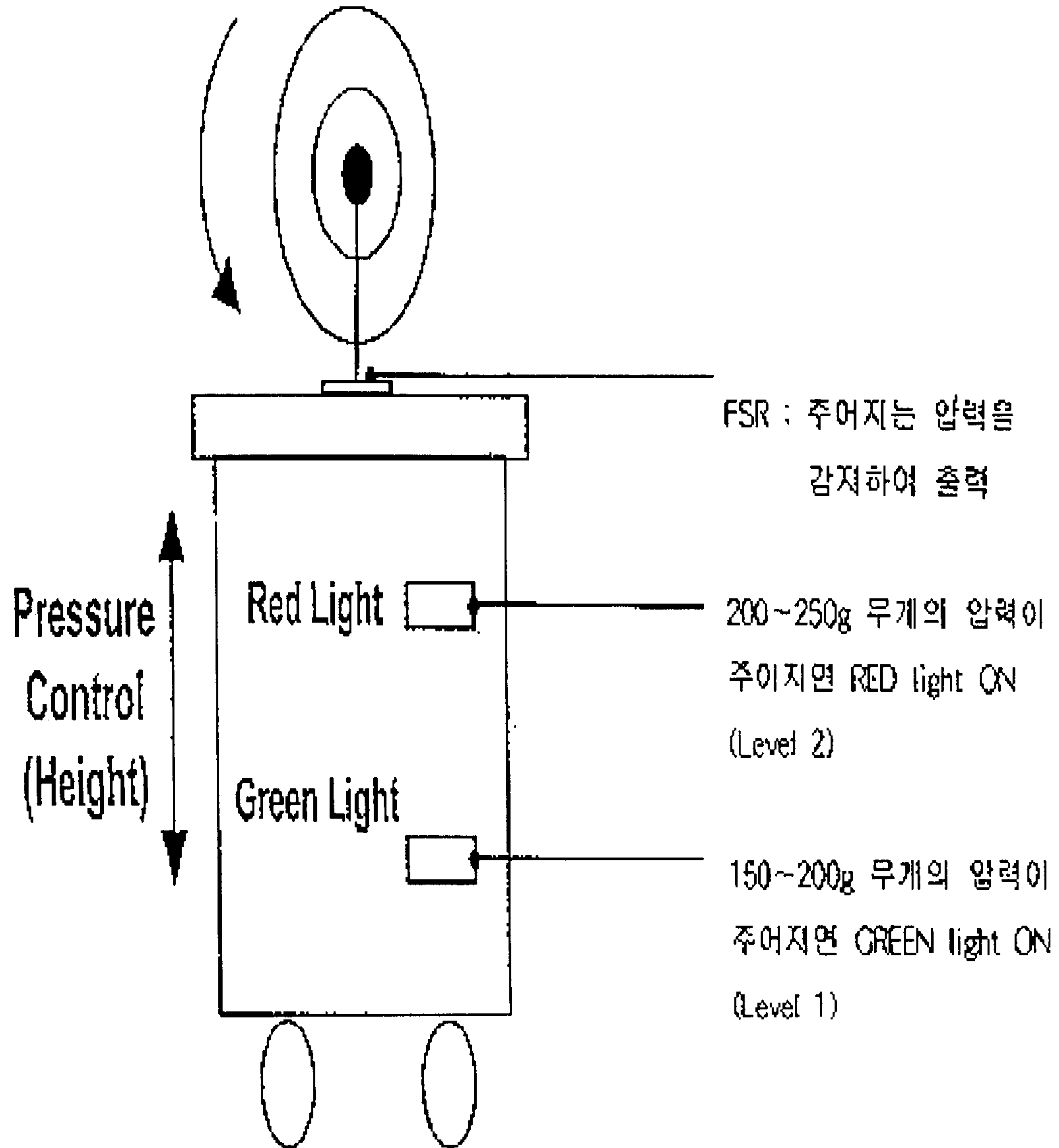


그림 3.4.5 피부자극기의 구조 및 동작

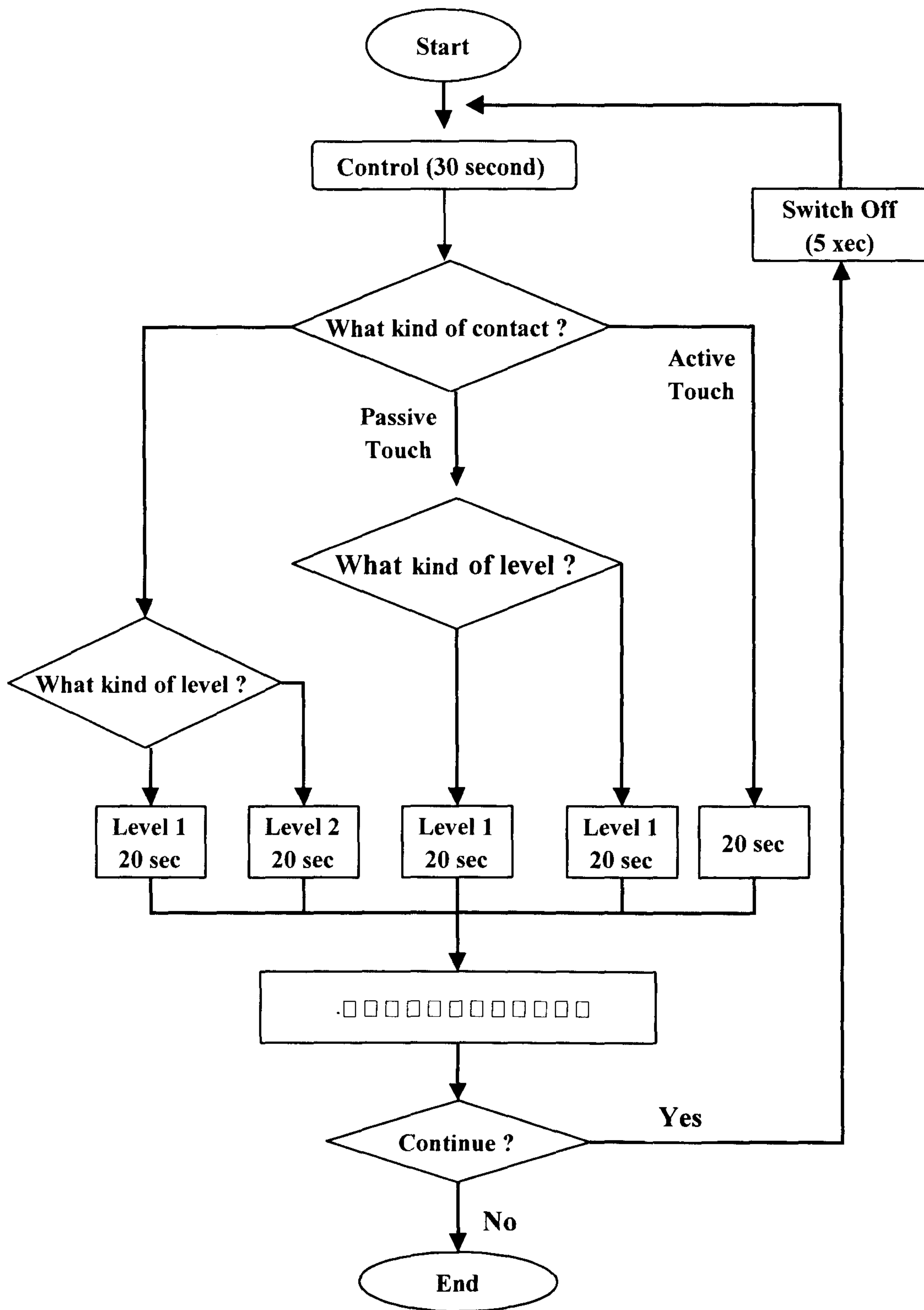


그림 3.4.6 자극기의 제어를 위한 알고리즘의 flowchart

인체에서 발생하는 각종 생리신호에 대한 의미 및 그 발생기전에 대한 분류와 선택된 신호들을 측정하기 위한 실험장비들 간의 interface를 설계, 제작하여 피부자극이 주어졌을 때 나타날 수 있는 생리신호들의 측정시스템을 구축하였다.

라. 피부 감각의 주관적 감성 평가 시스템

실험중에 피험자에게 한 가지의 자극제시가 끝난 후에 곧바로 그 자극에 대한 느낌을 컴퓨터를 통하여 설문으로 제시하고, 그에 대한 답을 제작된 시스템의 button을 누름으로써 피험자의 감성상태에 대한 자료를 수집할 수 있는 시스템을 설계, 제작하였다.

본 시스템에 대한 구성은 그림 3.4.7에 제시되어 있는데, 이는 9개의 button을 사용하고 있다. 피험자에게 자극이 주어진 후, 컴퓨터의 모니터를 통해 자극에 대한 주관적 감성 상태를 설문으로 제시하고, 그 반응으로 button을 누르게 함으로써 결과를 다시 컴퓨터에 저장하는 것이다. 각 button의 출력은 5v와 0v로써 이는 8x3 priority encoder의 입력단으로 사용되고, 그 encoder의 출력은 A/D converter를 거쳐 컴퓨터로 들어가게 된다. 이때 입력되어진 encoder의 출력에 대한 data는 전체적인 피험자의 주관적 감성을 검사자가 구분하기 쉽도록 file로 저장된다. 이외에, 한 피험자의 다양한 주관적 감성과 여러 피험자간의 감성변화 상태를 종합적으로 비교, 판단할 수 있는 시스템을 발전시켰다.

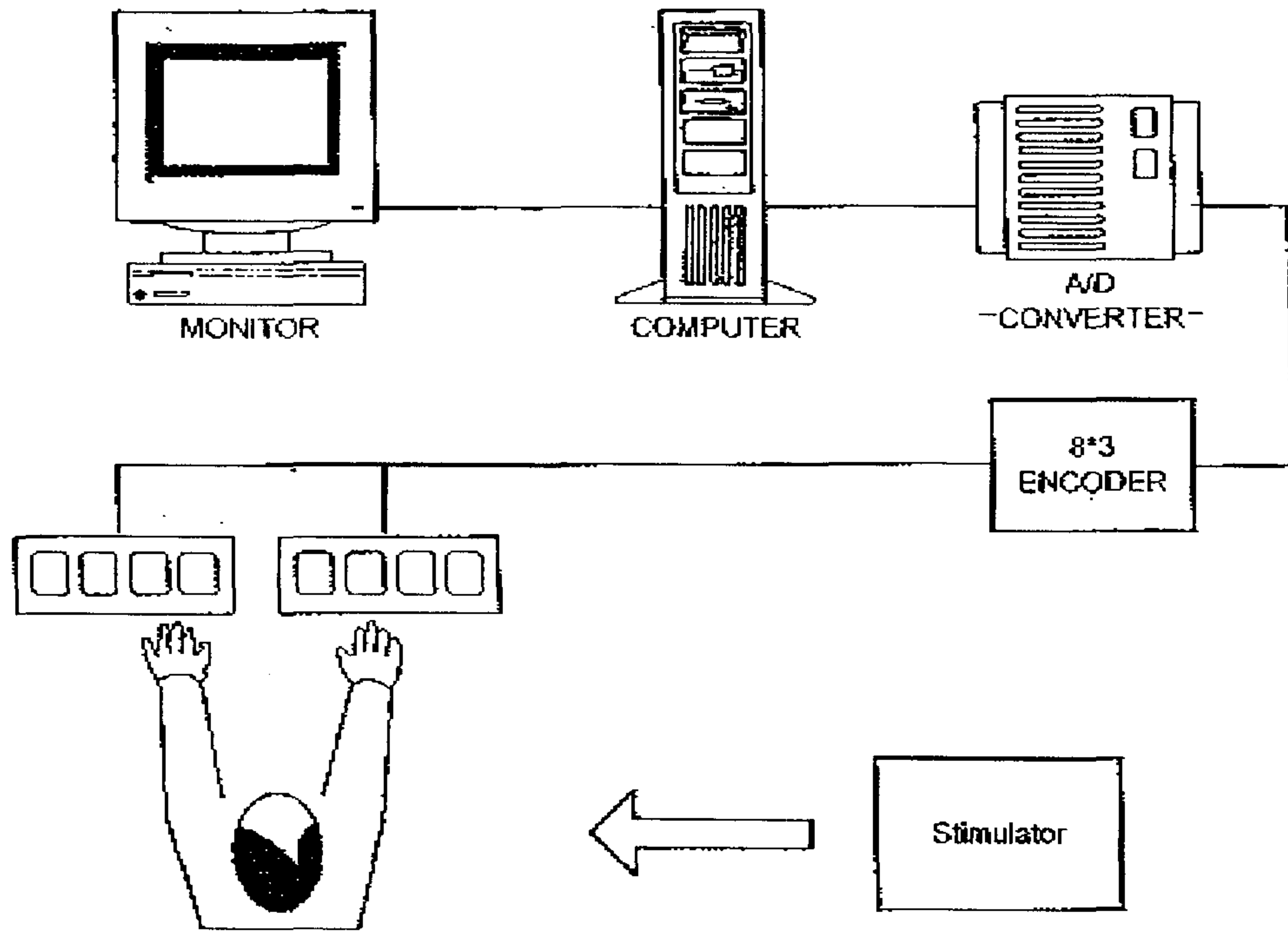


그림 3.4.7 피부자극에 대한 피험자의 주관적 감성평가를 위한 설문응답 시스템

3. 피부감각의 정량적 해석을 위한 생리신호 분석

피부자극이 피험자의 손바닥 부위에 주어졌으며, 질감이 다른 textile을 피험자가 수동적으로 만지게하는 passive touch를 이용하여 뇌파 (C3, C4, Fp1, Fp2)를 10/20 시스템을 기준하여 검출하였다. 전체적인 분석시스템을 그림 3.4.8에 제시하였다.

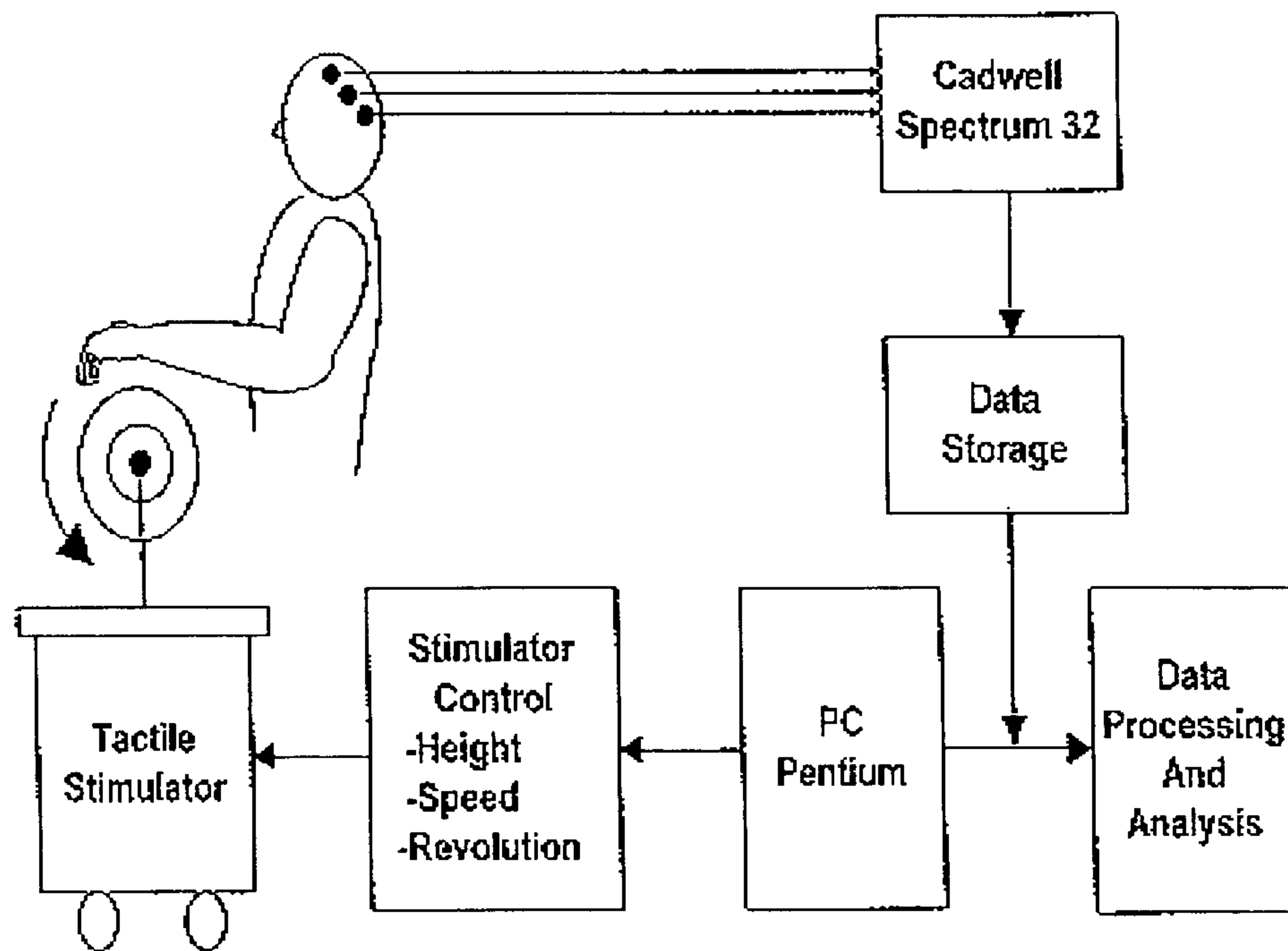


그림 3.4.8 피부자극기 제어와 뇌파의 검출 및 분석을 위한 전체 시스템

뇌파의 경우는 그 특성이 시간에 따라 변화하는 nonstationary한 신호이며 피험자의 눈 또는 근육의 움직임에 의해 artifact가 발생할 수 있다. 이렇게 순간적으로 특성이 변화하는 지점을 찾아내어 분류하는 작업은 단순히 기존의 주파수 분석법이나 시간 분석법만으로는 불가능한 일이다. 시간-주파수 분석은 이러한 nonstationary한 뇌파신호를 주기적인 성질을 가지는 신호성분들로 분석해 냄으로써 그 신호의 특성점을 검출해 내는데 더욱 정량적인 신호분석을 가능하게 하며, 알고자하는 관심대상의 순간적인 특정지점의 주파수 성분을 관찰하고자 할 때에도 유용한 신호분석을 할 수 있는 방법이다. 즉, 본 연구는 피부에 주어지는 자극의 속성이 변화할 때, 그 결과로써 나타나는 신경계통의 변화에 따른 감성상태를 평가할 수 있는 생리신호들을 파악하고, 그러한 생리신호들 중에서 비침습적이며 비교적 간편하게 측정할 수 있는 신호를 측정하여 그들로부터 의미있는 변수들을 추출

해 낼 수 있는 분석기술을 개발하였다.

본 연구를 위한 소프트웨어는 크게 두 단계로 나뉘어져 있다. 첫째는 Cadwell장비를 통하여 저장된 신호를 PC에서 사용할 수 있도록 변형할 수 있는 프로그램과 이들 신호를 수집, 저장된 데이터를 분석하기 위한 부분으로써 수집된 생체신호들로부터 그 파형의 모양 및 증폭도에 따른 특성을 결정하기 위한 변수를 추출하게 된다. 검출된 뇌파신호에 대한 시간-주파수 분석을 실시하였으며, 구해진 시간-주파수 plot으로부터 자극에 따른 피험자의 감성상태를 정상, 쾌, 불쾌의 세 단계로 분류하기 위한 지수를 계산하였다.

한편, ECG (512 Hz의 샘플링 주기로 2분간 검출)신호를 이용한 심박변이도 (Heart rate variability; HRV)의 계측은 자율신경계 활동을 정량화할 수 있는 비침습적 계측방법으로 인정받고 있으며, heart rate을 통한 power spectrum 분석기법은 교감신경과 부교감신경의 자율기능을 관찰하는 가장 신뢰도가 높은 방법으로 알려져 있다. Heart rate의 변이는 혈압이나 호흡 및 체온과 같은 변수들처럼 외부의 영향에 대항하여 체내의 항상성을 유지시키고자 지속적으로 변화하는데 이를 HRV라 하며, 이를 관찰하기 위하여 심전도상의 R-peaks 시간 간격의 연속적 변이 추세를 시계열 자료로써 재정리한 후 FFT를 이용한 power spectrum을 이용하였다.

생리신호 (EEG, ECG)는 transducer array로부터 입력받아서 signal condition에 의해 A/D보드가 읽을 수 있는 형태로 증폭된다. 모든 신호에 있어서 signal condition이 꼭 필요한 것은 아니지만 잠재하고 있는 위험 요소인 노이즈, 과부하, aliasing 등 부정확한 측정 데이터의 유발을 방지할 때 매우 중요하다. A/D보드는 DT3001을 사용하였으며, 이는 single ended로 16채널까지 측정이 가능하다. sampling frequency는 조정이 가능하며 실험시 256 Hz로 하였으며, PC의 메모리로

입혀진 데이터는 filtering 과정을 거친다.

ECG는 1-50 Hz까지의 주파수를 가지므로 highpass의 cut-off 주파수는 1 Hz로 lowpass의 cut-off 주파수는 60 Hz로 filtering하였다. 이를 소프트웨어적으로 수정, 가능하게 하였다. R peak의 검출 방법은 측정된 신호의 최대값의 0.7배를 곱한 값을 역치로 하여 이 이상의 구간에서 최대 값을 얻는다. 이로 인해 P, T의 peak과는 구분된다. 그러나 이상적으로 P, T의 peak이 큰 경우는 역치가 증가함으로 인해 R peak을 구할 수 있도록 프로그램하였다. 정확한 R peak을 검출하였으면 R peak 사이의 시간을 구하여 HR data를 구성하여 이들 데이터를 선형보간법 (linear interpolation)을 시킨다. 이러한 선형보간법을 통해 주파수분석을 하여 HRV spectrum을 구한다. 이때, 저주파수 영역은 0.05-0.15 Hz 영역으로 정의되며, 고주파수의 영역은 0.15-0.5 Hz로 정의된다. 이 구간내의 면적값을 취하여 저주파수와 고주파수의 값을 구하고 그 비를 산출한다. 이렇게 산출된 데이터는 분석하기 편한 형태인 막대그래프의 형태로 화면상에 출력한다.

제 5 절 연구개발 수행 내용 및 결과 (종합)

본 절에서는 지난 3년 동안 「피부감각 감성 측정기술 및 DB 개발」 과제를 수행해온 연구전략 및 주요 결과들을 요약해서 기술하고 논의 및 제안을 덧붙이기로 한다. 본 연구의 최종 목표가 감성제품의 생산에 응용할 수 있는 감성기술의 개발이므로, 식물 촉각감성을 중심으로 하여 주제별로 정리하였다.

「피부감각 감성 측정기술 및 DB 개발」 과제를 위하여 본 연구실에서 수행한 각 연구의 내용은 6~12절에서 구체적으로 기술하였다.

1. 식물 촉각감성 연구의 전략

식물 촉각감성에는 크게 보아 세 요소가 개입되어 있다. 외부자극으로서의 식물의 역학적 특성, 자극에 반응하여 인간의 내부에서 일어나는 심리적 경험으로서의 감성, 그리고 생리적 반응으로서의 뇌파, 자율신경계 반응 (및 호르몬 등의 내분비 변화)이다. 인간의 심리적 반응으로서의 감성을 확인하기 위해서는 언어적 표현으로 나타난 진술을 평가하는 것이 가장 간단하다. 그런데도 불구하고 감성경험에 수반되는 생리적 반응을 측정하고자 하는 감성공학적 접근이 필요한 이유는 무엇일까?

주관적 정서경험을 표현하는 언어들은 사람에 따라 그 의미 내용이 다를 수 있으며, 한 개인에 있어서도 심리적 상태나 무드에 따라 큰 차이를 보여준다.

또 자신이 경험하는 정서를 의식하지 못하는 경우도 있으며, 때로는 경험하는 감성을 다르게 진술하기도 한다. 생리적 반응은 주로 자율신경계에 의하여 관장되므로 의도적으로 변화시키기 어렵다. 즉 언어적 진술은 경험된 감성을 '보여주는' 것이라면, 생리적 반응은 경험된 감성이 '나타나는' 것이다. 따라서 감성자극에 대한 생리적 반응은 언어적 진술보다는 객관성을 가지며, 한 개인에 있어 높은 일관성을 보여준다. 생리적 반응의 특징인 객관성과 일관성은 이들 반응의 측정과 분석을 통하여 정량화된 감성측정이 가능할 것이라는 기대를 갖게 해준다. 감성공학의 접근방법이 인간의 뇌파 및 자율신경계 반응을 통해서, 심리적으로 경험하는 감성을 측정하고자 하는 이유가 여기에 있다.

감성공학의 궁극적인 목표는 심리적으로 경험하는 감성을 객관적이고 정량화된 형태로 측정하여 제품 및 환경의 설계와 생산에 응용하고자 하는 것이므로, 심리적 경험에 대한 언어적 진술과 생리적 반응간의 신뢰로운 관계를 확인해내고 예측식으로 완성해야 한다. 이와 같은 관계는 직물의 역학적 특성과 직물에 의하여 유발된 심리적 감성간에도 성립하며, 직물의 역학적 특성과 생리적 반응간의 관계도 마찬가지다.

심리적 감성경험을 신뢰롭게 판정해낼 수 있는 생리반응에 의한 예측식이 구해지면, 직물의 역학적 특성과 생리반응간의 관계를 규명함으로써 역학적 특성만으로 직물제품 사용자의 감성반응을 예측하는 것이 가능해질 것이다. 이러한 최종 목표 수준에 도달하기까지는 역학적 특성과 심리적 경험인 언어적 진술과의 관계를 확인하는 노력이 필요하며, 이렇게 함으로써 역학적 특성과 생리적 반응간의 관계를 신뢰롭게 예측해주는 관계식을 도출해낼 수 있다.

그림 3.5.1은 이들 세 요소, 즉 직물의 역학적 특성, 심리적 감성경험, 생리적 반응을 축으로 이들간의 관계를 규명하기 위하여 필요한 연구 및 활용방안

등을 포괄적으로 구성한 연구전략 체계도이다.

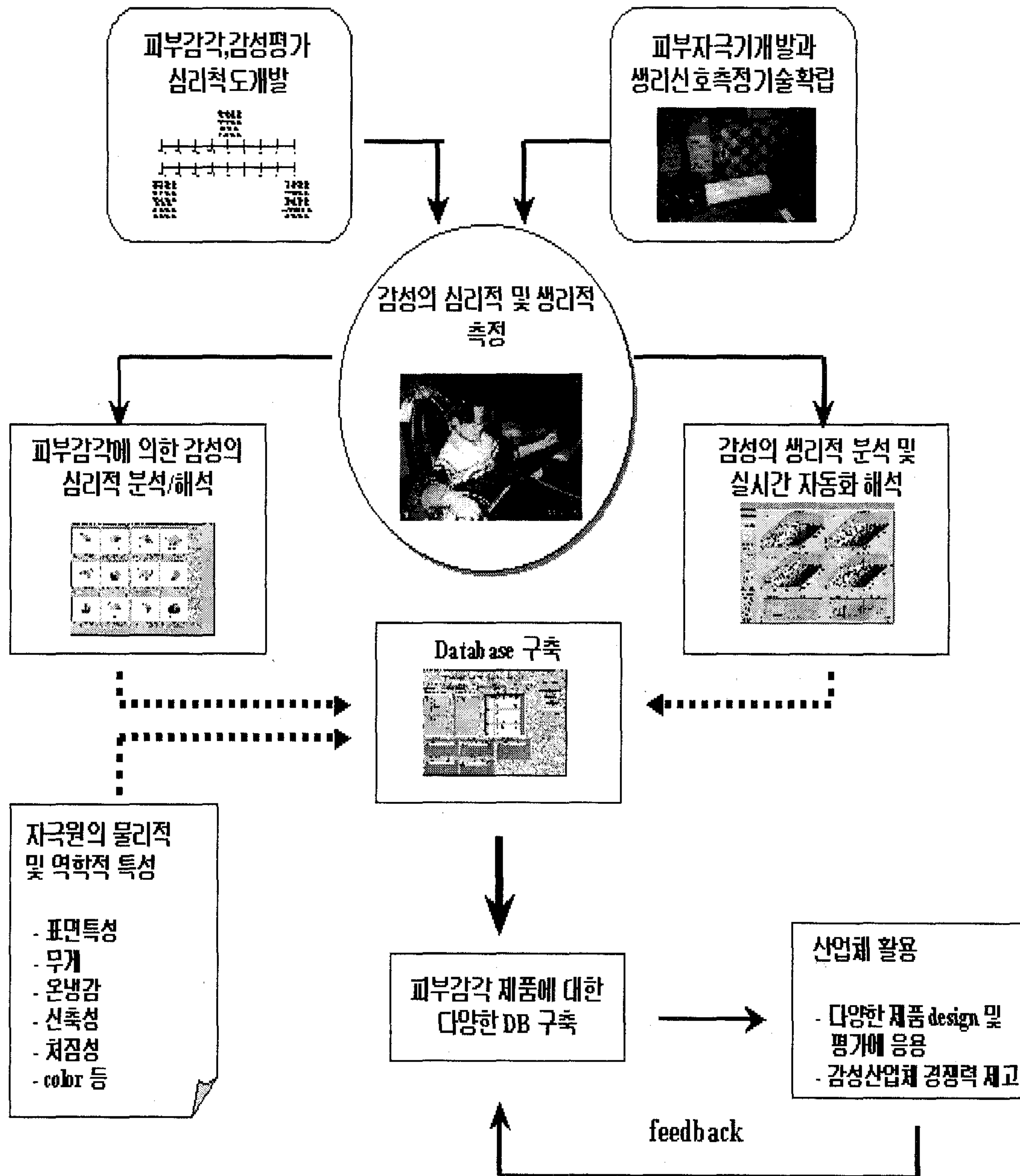


그림 3.5.1 직물감성 연구의 체계도

2. 직물 감각/감성 평가 심리척도 개발

본 연구실에서는 질감 감성을 평가하기 위한 심리적 척도를 개발하여 사용한 바 있다 (손진훈 등, 1998a; b). 개발과정을 소개하면 다음과 같다.

촉감에 의한 질감을 감각적 요소와 감성적 요소로 구분하여 국어사전에서 500개의 형용사를 일차 추출한 후, 4명의 전문가에 의하여 사용빈도가 낮거나 어근이 같은 것으로 평가된 어휘는 제외하였다. 감각어휘는 자극의 속성이나 강도의 변화로 인해 나타나는 일차적인 감각의 질이나 상태를 기술하는 어휘로서, 물리적으로 조작이나 측정이 가능하다고 판단되는 형용사 60개를 선발하였다(예: 거칠다, 부드럽다, 딱딱하다, 울퉁불퉁하다 등). 감성어휘는 일차적 감각에 대해 주관적인 해석을 통해 발생하는 심리적인 상태를 기술하는 어휘로서, 162개의 형용사를 선발하였다(예: 편안하다, 고급스럽다, 섹시하다 등).

이들 형용사의 적합성 판정을 위하여 형용사 7점 Likert 척도를 제작하였다. 대학생들을(N=120) 대상으로 평정한 결과를 토대로 적합성 판정 기준에 (평정 점수가 평균 4.0 이상) 부합하는 감각 형용사 31개, 감성 형용사 66개를 선발하였다. 군집분석(Cluster Analysis)과 다차원 척도분석(MDS, Multidimensional Scaling)을 이용해 감각 형용사를 총 465개의 가능한 쌍으로 묶은 후 무선적으로 배열하여 2 종류의 설문지를 만들어 평정하였다 (N=200). 감성어휘 유사성도 2145개의 가능한 감성형용사 쌍으로 묶은 후 무선적으로 배열하여 42 종류의 설문지를 만들어 평정하였다 (N=200).

다차원 분석결과 얻은 차원의 해석을 위하여 대학생 200명을 대상으로 감각 형용사 31개, 감성형용사 66개에 대한 의미미분평정(Semantic Differential Scaling)을 실시하였다. 이들 결과를 요약해 보면, 감각요인에 있어서는 MDS 결과 “긴장-이완”, “활동-비활동”, “쾌-불쾌”의 3차원으로, Cluster 분석 결과 “부드러움”, “단단함”, “끈끈함”, “거침”의 4개의 형용사로 드러났다. 감성요인에 있어서는 MDS 분석결과 “쾌-불쾌”, “흥분-침잠”, “안전-위험”의 3차원으로, Cluster 분석결과 “편안함”, “청결함”, “독특함”, “섹시함” 등 11개의 형용사로 구성되었다.

평가척도를 개발하기 위하여, 섬유공학 전문가 및 의류학 전문가들의 연구성과를 도입, 보완하였다. 즉, 본 연구실에서 개발 사용하던 질감감성 평가척도(김지은 등, 1997; 1998) 및 권영하(1996)와 홍경희(1994)에 의한 선행 연구 결과를 종합하여 직물의 질감평가척도를 개발하였다. 즉, “감각요인”을 나타내는 10개의 형용사 (8개의 양측척도, 2개의 단측척도)와 8개의 “감성요인” 형용사 (6개 양측척도, 2개의 단측척도)로 구성된 질감평가척도 (7점 Likert Scale)를 제작, 사용하였다. 표 3.5.1은 질감감성 심리평가척도에 사용된 형용사를 보여 준다.

표 3.5.1 질감감성 심리평가척도에 사용된 형용사

번호	감각요인	감각형용사 척도
1	매끄럽기	매끄럽다-거칠다
2	요철감	편편하다-우둘우둘하다
3	유연감	부드럽다-뻣뻣하다
4	폭신감	폭신하다-딱딱하다
5	두께감	얇다-두껍다
6	온냉감	따뜻하다-차갑다
7	끈끈함	끈끈하다
8	단단함	단단하다
9	무게감	가볍다-무겁다
10	신축성	신축성이 있다
	감성요인	감성형용사 척도
11	편안함	편안하다-불편하다
12	청결감	청결하다-불결하다
13	독특성	독특하다-평범하다
14	상쾌감	상쾌하다-불쾌하다
15	낯음	낯았다-새것이다
16	시원함	시원하다-답답하다
17	고급감	고급스럽다
18	섹시함	섹시하다

3. 직물에 대한 감성심리반응 측정

새로 개발한 질감 감성 심리평가척도를 사용하여 19종의 내의용 직물을 평정한 실험방법을 간단히 소개하면 다음과 같다.

가. 피험자

충남대학교에 재학중인 25명의 여학생이 피험자로 참가하였으며, 각 피험자

의 실험소요시간은 약 50분이었다.

나. 실험 절차

내의류 직물 샘플 1종씩 담은 19개의 상자(23x11x13cm)가 준비되었다. 상자의 윗부분에 구멍을 내었다. 두 장의 검은 천을 이중으로 덧달아, 피험자가 상자에 손을 넣어 직물을 자유자재로 만질 수 있으나 상자의 내부는 전혀 볼 수 없도록 하였다. 실험에 들어가기 전에, 피험자에게 상자 안의 내용물이 '내의용 직물'이라는 설명만을 해주었다. 피험자는 엄지와 검지를 이용하여 압력을 주지 않고 부비듯이 만지거나, 엄지와 검지를 이용하여 약간의 압력을 가하여 만지거나, 다섯 손가락 모두를 사용하여 약함 힘을 주어 비벼보는 등의 방법을 사용하여 직물을 접촉하도록 하였다. 피험자는 정해진 순서없이 아무 상자에도 손을 넣어 직물을 직접 만져보고 그 직물의 촉감을 18개의 의미미분 형용사에서 7점 척도위에 평정하였다.

각각의 직물에 대한 피험자들의 느낌을 형용사로 평정하는 것이 끝나면, 각각의 직물에 대한 선호도(전체적인 감성량으로 정의할 수 있다.) 평가를 실시하도록 했다. 이 때에도 역시 직물이 상자 안에 들어 있는 상태에서 손으로 만져보면서 평가하도록 하였으므로 피험자는 직물을 볼 수 없었다. 선호도 평가시에도 역시 피험자가 무작위로 직물상자를 선택하여, 가장 선호하는 것부터 가장 선호하지 않는 직물까지 일렬로 배열하도록 한다. 이 때 피험자는 가장 선호하는 직물이 든 상자를 맨 왼쪽에, 가장 선호하지 않는 직물상자를 가장 오른쪽에 놓는다. 피험자는 새로운 직물을 평가할 때마다 직물상자 배열순서를 조정하곤 하였다. 18개 직물에 대한 선호도 배열이 완료되면 좌에서 우로 1-19까지의 선호도 순위를 매겼으며 (아래 그림 참조), 피험자마다 직물별 선호도

에 차이가 있었으므로 최빈값을 구하여 종합순위를 결정하였다.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

가장 선호

선호도에 따라 순서대로 배열

가장 비선호

다. 질감감성 심리척도의 신뢰도

19종 직물에 대한 18개 형용사 각각에 대한 신뢰도를 산출하기 위해 동일한 절차와 조건으로 한달 간격으로 재실험을 실시한 결과 $r = .86$ 으로 나타났다. 즉 본 연구에서 사용한 감성심리 척도가 매우 신뢰로운 것으로 나타났으며, 실험참여자들의 반응이 시간이 경과해도 일관적인 것으로 나타났다.

4. 선호도 상·하위 직물 집단의 심리평가 형용사 프로파일

19종 직물에 따른 감성형용사 중앙집중치 및 선호도 분석결과 대체적으로 감성(선호도 점수)이 좋은 직물은 주로 폴리에스테르(속칭, 물실크)로 나타났으며, 상대적으로 감성이 나쁜 시료는 모시메리, 망사류로 나타났다. 선호도가 가장 높은, 즉 감성적으로 매우 좋은 직물(bst)에 대한 실험참여자의 형용사 어휘 반응을 보면 (그림 3.5.2, 상단), 네 직물의 프로파일이 매우 유사함을 알 수 있다. 또한 선호도가 가장 낮은 네 직물(wst) 역시 유사한 프로파일

을 보여주고 있다 (그림 3.5.2, 중단).

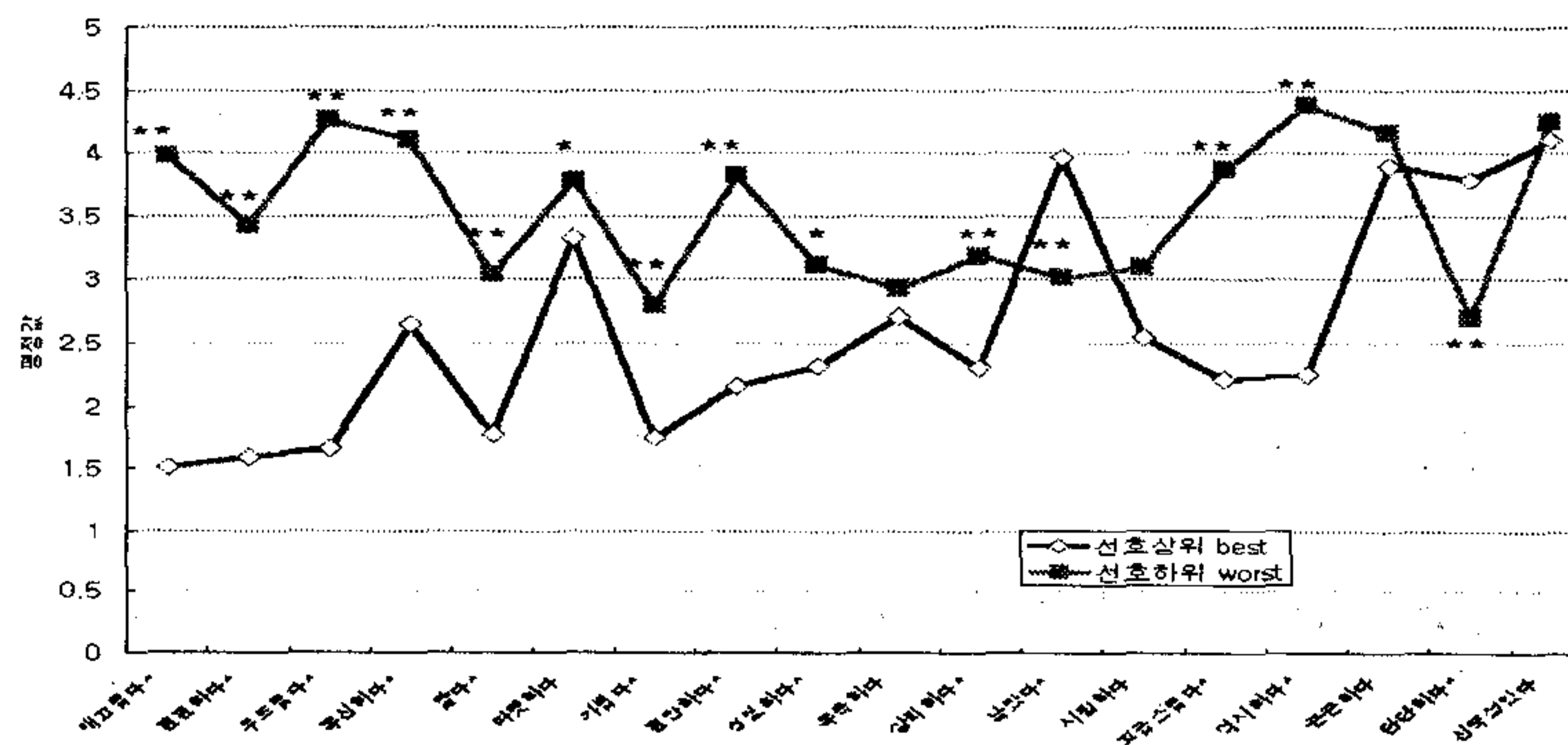
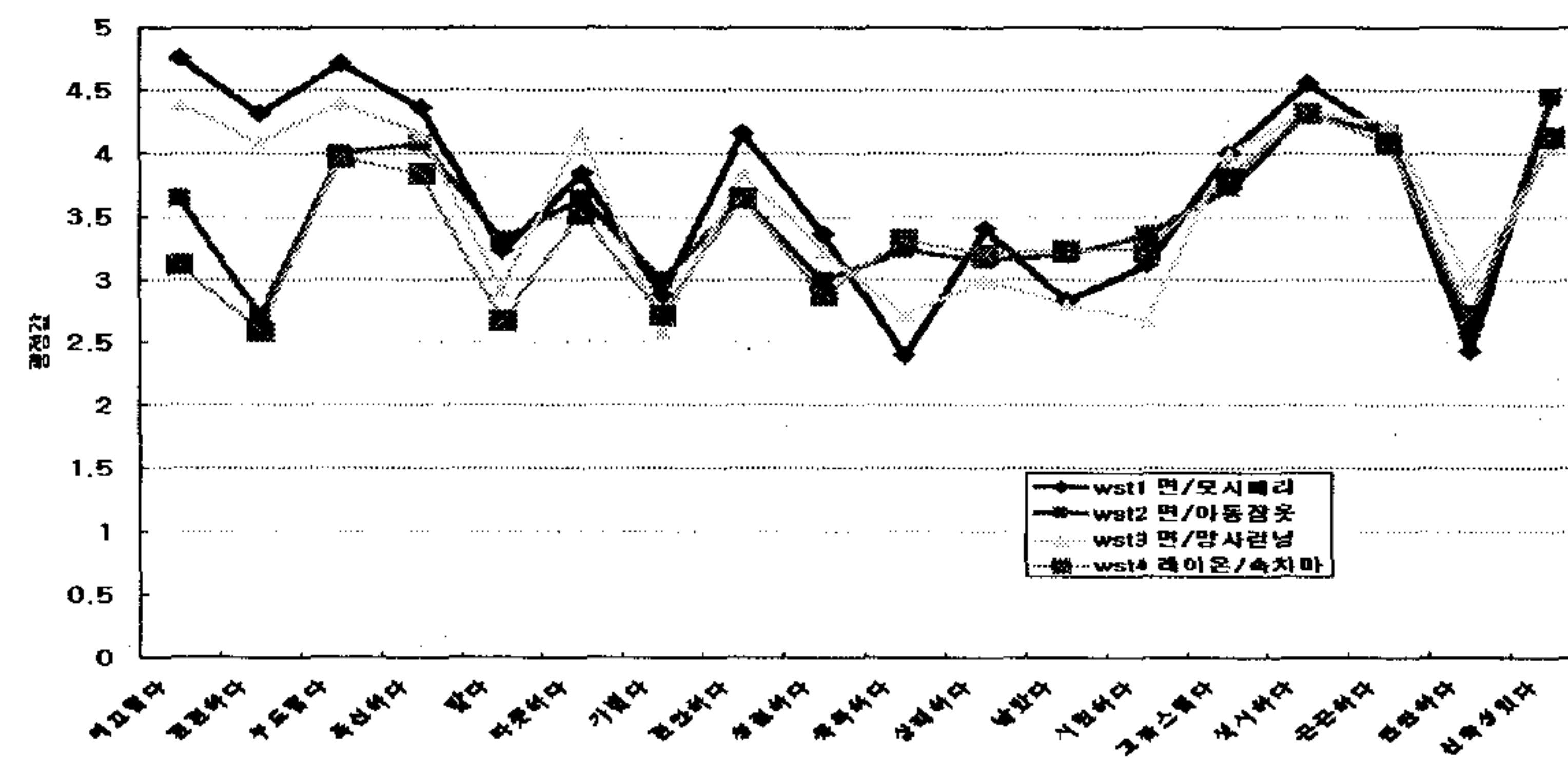
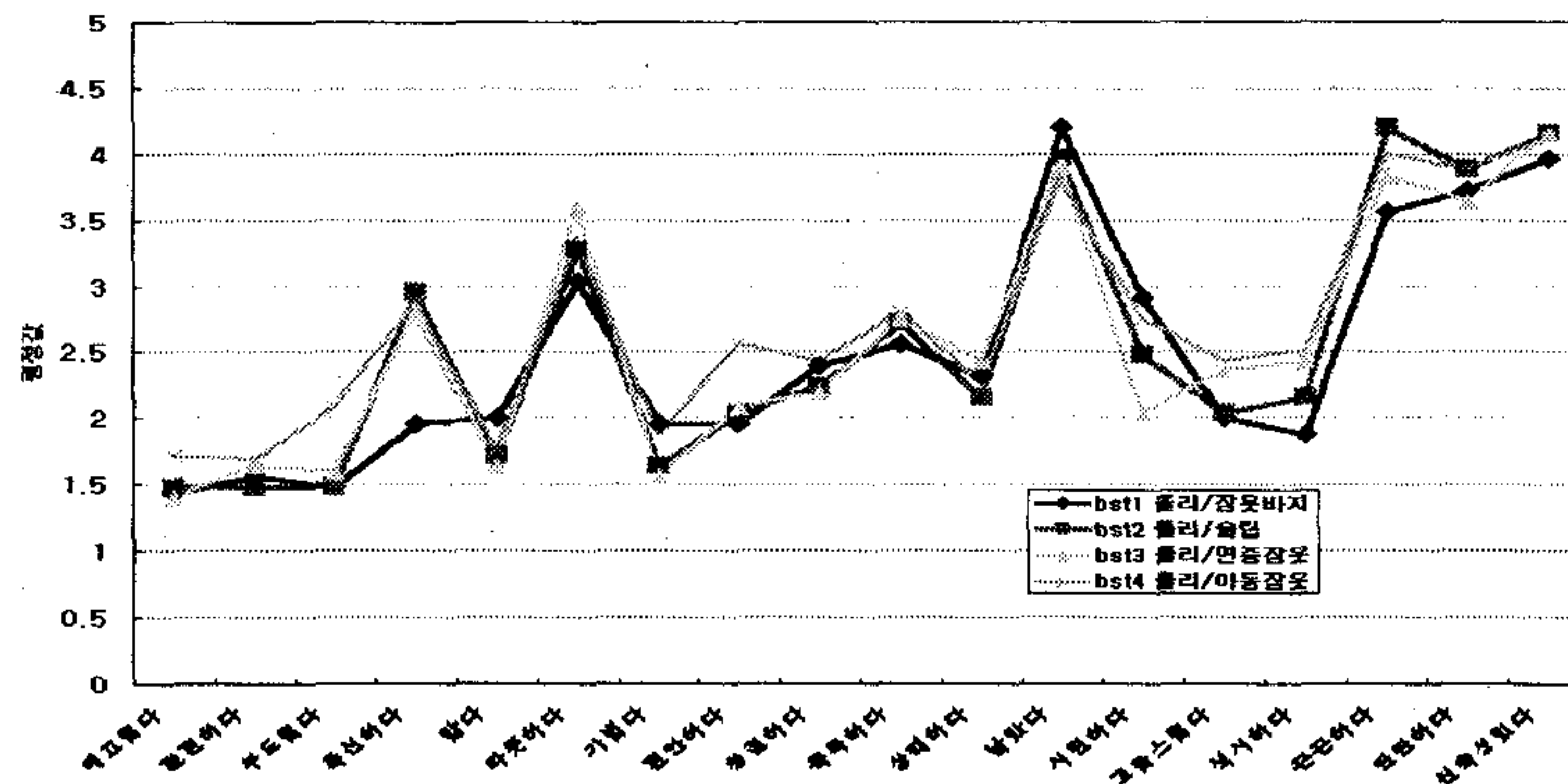


그림 3.5.2 선호도 상·하위 직물 집단의 형용사 프로파일. 중단, 선호도 상위 4 직물; 중단, 선호도 하위 4 직물; 하단, 선호도 상·하위 집단 평균 (* p<.05, ** p<.01)

선호도가 가장 높은 직물 네 개와 가장 낮은 직물 네 개씩을 선정하여 평균 분석 프로파일을 보면(그림 3.5.2, 하단), “독특함”, “시원함“, ”끈끈함“, ”신축성“을 제외한 14개의 형용사에서 두 집단간에 통계적으로 유의미한 차이를 나타내고 있다.

이와 같은 결과는 본 연구실에서 최근에 개발사용하고 있는 심리평가 형용사 척도가 적어도 선호도가 매우 높은 직물과 매우 낮은 직물간의 구분에 효과적임을 의미한다. 따라서 각각의 감성 형용사를 신뢰롭게 예측해 주는 역학적 특성치 관계식을 구하고, 포괄적 선호도를 신뢰롭게 예측해주는 감성형용사 측정치 관계식을 구한 다음, 최종적으로 포괄적 선호도를 예측하는 역학적 특성치 관계식을 확정하면, 한국인의 태 반응을 보다 잘 평가할 수 있는 시스템의 개발이 가능할 것으로 보인다.

5. 직물별 역학적 특성치

직물의 역학적 특성과 태(Hand value)와의 관계를 연구하는데 널리 사용되고 있는 Kawabata Evaluation System(KES)을 적용하여 측정한 19종의 내의용 직물의 역학적 특성치를 표 3.5.2에 제시하였다. (손진훈 등, 1998a)

표 3.5.2 내의류 직물의 KES 역학적 특성치

직물	소재	용도	TENSILE				BENDING		SHEAR		SURFACE			COMPRESSION			THICKNESS	WEIGHT
			EM	LT	WT	RT	B	2HB	G	2HG	MIU	MM D	SMD	LC	WC	RC		
직물1	면 (보온메리)	겨울내의	19.53	0.61	3.07	39.22	0.12	0.13	0.40	0.93	0.26	0.01	3.35	0.74	0.12	41.53	1.12	21.90
직물2	나일론	속치마	11.25	0.72	2.02	39.19	0.02	0.02	0.77	1.81	0.17	0.01	2.82	0.69	0.08	41.62	0.28	14.01
직물3	면	런닝	23.90	0.62	3.26	24.85	0.01	0.02	0.41	1.18	0.22	0.02	5.95	0.64	0.08	38.80	0.44	15.25
직물4	폴리에스텔	슬립	14.18	0.62	2.02	21.02	0.04	0.05	0.59	2.01	0.20	0.01	4.76	0.75	0.09	41.44	0.19	17.51
직물5	면	런닝	1.05	1.13	0.29	55.78	0.05	0.04	1.45	1.84	0.12	0.01	2.37	0.69	0.06	45.46	0.60	11.87
직물6	나일론	슬립	5.53	1.02	1.32	41.47	0.07	0.07	0.77	1.17	0.18	0.02	7.04	0.67	0.07	36.99	0.28	13.17
직물7	면	추동내의	0.90	0.92	0.20	92.64	0.03	0.01	0.22	0.10	0.20	0.01	1.25	0.89	0.01	52.38	0.65	10.38
직물8	나일론	상하잠옷	14.70	0.66	2.26	22.88	0.05	0.08	0.68	2.32	0.19	0.01	2.46	0.74	0.09	36.36	0.22	19.28
직물9	면(평직)	추동내의	54.64	0.46	6.32	48.67	0.00	0.01	0.17	0.30	0.28	0.01	8.57	2.19	0.18	52.87	0.22	7.69
직물10	폴리에스텔	아동잠옷	2.63	1.10	0.69	33.83	0.27	0.31	2.75	3.16	0.14	0.03	11.64	0.66	0.06	44.32	0.22	10.79
직물11	면(크레이프)	여름내의	1.60	1.11	0.41	46.16	0.08	0.09	1.23	1.83	0.15	0.01	1.88	0.73	0.14	43.76	0.40	13.29
직물12	폴리에스텔	잠옷바지	9.73	0.68	1.62	44.19	0.01	0.00	0.41	1.22	0.16	0.01	6.06	0.89	0.01	38.89	0.19	12.52
직물13	폴리에스텔	연중잠옷	14.06	0.61	1.97	46.04	0.01	0.01	0.36	0.92	0.26	0.03	11.77	0.82	0.05	46.85	0.19	15.39
직물14	레이온	속옷상의	0.82	0.85	0.17	62.26	0.03	0.01	0.26	0.25	0.17	0.02	2.40	0.72	0.01	56.02	0.53	8.70
직물15	면	남성내복	1.40	0.92	0.30	52.50	0.04	0.01	0.31	0.34	0.21	0.01	1.87	0.75	0.01	50.81	0.65	10.29
직물16	레이온	속치마	1.05	0.83	0.22	60.27	0.02	0.01	0.25	0.09	0.14	0.00	1.12	0.73	0.02	50.20	0.35	9.08
직물17	면	망시런닝	2.84	0.80	0.55	42.86	0.01	0.01	1.41	3.24	0.16	0.02	9.32	0.79	0.01	47.06	0.49	7.80
직물18	면	아동잠옷	1.08	0.90	0.21	63.33	0.03	0.01	0.24	0.15	0.13	0.00	0.78	0.69	0.01	55.56	0.33	10.04
직물19	면(모시메리)	여름내의	3.41	0.80	0.68	36.80	0.01	0.02	1.12	2.97	0.20	0.04	6.76	0.81	0.02	34.87	0.41	8.61
전체평균			9.70	0.81	1.45	46.0	0.05	0.05	0.73	1.36	0.18	0.02	4.85	0.82	0.06	45.04	0.41	12.5

KES(Kawabata, 1980)의 장점은 직물의 역학적 특성과 사용자의 심리적 반응과의 관계식을 만들어냄으로써 역학적 특성의 정량화된 수치를 분석하여 심리적 반응을 사전에 (어느 정도) 예측할 수 있다는 것이다. 그러나 현재 사용되고 있는 KES는 심리적 반응으로서의 질감특성을 감각특성(stiffness, smoothness 등)으로 제한함으로써, 일상생활에서 인간이 느끼는 다양한 감각특성 및 감성특성을 반영하는데 어려움이 있다. 따라서 KES의 역학적 특성평가척도에 더하여, 직물에 대한 인간의 감각 및 감성반응특성을 잘 반영할 수 있는 평가척도를 개발 사용함으로써 보다 예측력이 높은 직물평가 시스템을 구현할 수 있을 것이다.

한편, 동일한 자극에 대해서 경험하는 감성이 국가나 지역, 인종 등에 따른

문화적 차이를 보여주는 경우가 자주 있다. 예를 들어, 미국에서 시각자극에 의한 정서연구에 사용되는 국제정서사진체계(International Affective Picture System)를 도입하여 본 연구실에서 한국인을 대상으로 정서반응을 측정하였을 때 미국인의 정서반응과 다르게 나타났다(이경화 등, 1997). 따라서 한국인의 태 평가를 위해서는 KES의 검증 및 개선, 또는 새로운 태평가 시스템의 개발이 요구될 수 있다.

6. 감성형용사를 예측하는 역학적 특성치

19개 내의용 직물에 대한 감성반응을 나타내는 형용사와 KES에 의한 역학적 특성치 간의 회귀 분석을 통하여 얻어진 회귀방정식을 아래에 제시하였다 (표 3.5.3). 회귀분석은 Stepwise regression 방법을 사용하였다. 우선 역학적 특성에 의해 가장 높은 설명변량을 나타내는 감성 형용사는 “신축성”, “가벼움”, “단단함”, 그리고 “독특함” 순으로 나타났고 ($R^2 > .80$), 설명력이 가장 작은 감성어휘는 “끈끈함”, “시원함”, “편안함”, 그리고 “상쾌함” ($R^2 < .60$)의 순으로 나타났다 (손진훈 등, 1998a).

표 3.5.3 감성형용사를 예측하는 역학적 특성치

형용사	KES를 사용하여 측정된 역학적 특성치	
	R ²	Regression Equation
매끄럽다	.785	.642 comp.wc + .581 surf.smd + .480 ten.lt
편편하다	.713	.631 surf.smd + .488 comp.wc
부드럽다	.785	.568 comp.wc + .745 ten.lt + .473 surf.smd
폭신하다	.777	.935 ten.lt + .648 surf.smd + -.428 surf.mmd
얇다	.842	1.046 comp.wc + -.654 comp.lc
따뜻하다	.796	-.556 thickness + .472 ten.lt + .359 surf.smd
가볍다	.838	.710 weight + .481 comp.wc + -.382 surf.miu
편안하다	.557	1.165 shear.g + -.646 shear.2h
청결하다	.741	.989 comp.wc + -.561 comp.lc
독특하다	.821	.502 weight + -.711 surf.smd + .550 shear.2h
상쾌하다	.759	1.004 comp.wc + -.524 comp.lc
낱았다	.828	-.317 thickness + .403 ten.rt + -.369 comp.wc
시원하다	.791	.706 comp.wc + -.871 comp.lc + .619 ten.em
고급스럽다	.727	.980 comp.wc + -.558 comp.lc
섹시하다	.761	.997 comp.wc + -.608 comp.lc
끈끈하다	.325	.570 ten.lt
단단하다	.842	-.353 shear.g + -.642 ten.lt + -.452 comp.wc
신축성있다	.983	.515 ten.lt + -.788 ten.wt + .420 comp.lc
선호도	.691	.651 comp.wc + .492 shear.g

내의류에 대한 선호도에서는 역학적 특성 중 “압축”과 “전단” 두 요인이 결정하는 것으로 나타났다(R² = .691). 한편, 선호도를 예측하는 주된 감성 형용사는 “매끄러움”과 “상쾌함”으로 설명변량이 R² = .913 으로 매우 높게 나타났다(예언식 : Y_{선호도} = 0.701 * “매끄러움” + 0.335 * “상쾌함”).

다른 변인보다도 “상쾌함”이 유의미한 예언변인으로 들어온 이유는 다른 형용사들과의 공변량이 적어 partial-out되지 않았기 때문이다.

7. 직물 선호도에 따른 질감 감성 뇌파 특성

뇌파(electroencephalogram: EEG)는 뇌신경세포 및 이들 세포간 연결부인 시냅스에서 일어나는 전기적 활동에 의해 생성되며, 이들 전기적 활동의 흥분성 활동과 억제성 활동의 전체적 대수합이 두피에 반영되는 것이다. 뇌파는 두피에 여러 부위에 부착한 평평한 전극을 통해서 측정되는 수십 μV 정도의 매우 미약한 전기적 활동이며, 그 주파수 영역은 0.1Hz~40Hz 정도이다. 연구자에 따라 약간의 차이는 있지만, 낮은 주파수로부터 정리해보면, 0.1Hz~4Hz의 주파수를 가진 뇌파는 델타파(delta wave), 4Hz~8Hz, 8Hz~13Hz, 13Hz~30Hz의 주파수를 가진 뇌파는 각각 테타파(theta wave), 알파파(alpha wave), 베타파(beta wave)로 명명하여 구분하고 있다.

흥미롭게도 정서/감성 상태 및 이완 정도에 따라 이들 뇌파의 증감에 차이가 나타난다. 즉, 깊은 수면에서는 델타파, 졸린 상태 및 정서경험시에는 테타파, 이완되고 안락한 상태에서는 알파파, 각성/흥분 및 신체적 활동시에는 베타파가 증가한다.

사포, 비닐, 종이, 면 등의 촉각접촉 실험 및 다섯 종류 직물의 촉각접촉 실험에서 공통적으로, 가장 좋은 감성 경험을 유발하는 (선호) 자극과 가장 나쁜 감성 경험을 유발하는 (비선호) 자극에 대하여 알파파의 상대적 출현량에 유의미한 차이를 보여주었다 (김지은 등, 1998; Sohn et al., 1997). 그림 3.5.3은 선호자극과 비선호자극에 의하여 유발된 뇌파 중 알파파 상대출현량을 보여준다. 5 군대의 뇌파기록 부위에서 선호자극접촉시의 알파파 상대출현량이 유

의미하게 높았다. 베타파는 이와 반대되는 경향을 나타냈다. 내의류 직물에 의한 생리신호 반응 분석은 현재 진행중이며 비슷한 경향을 보여줄 것으로 예상된다.

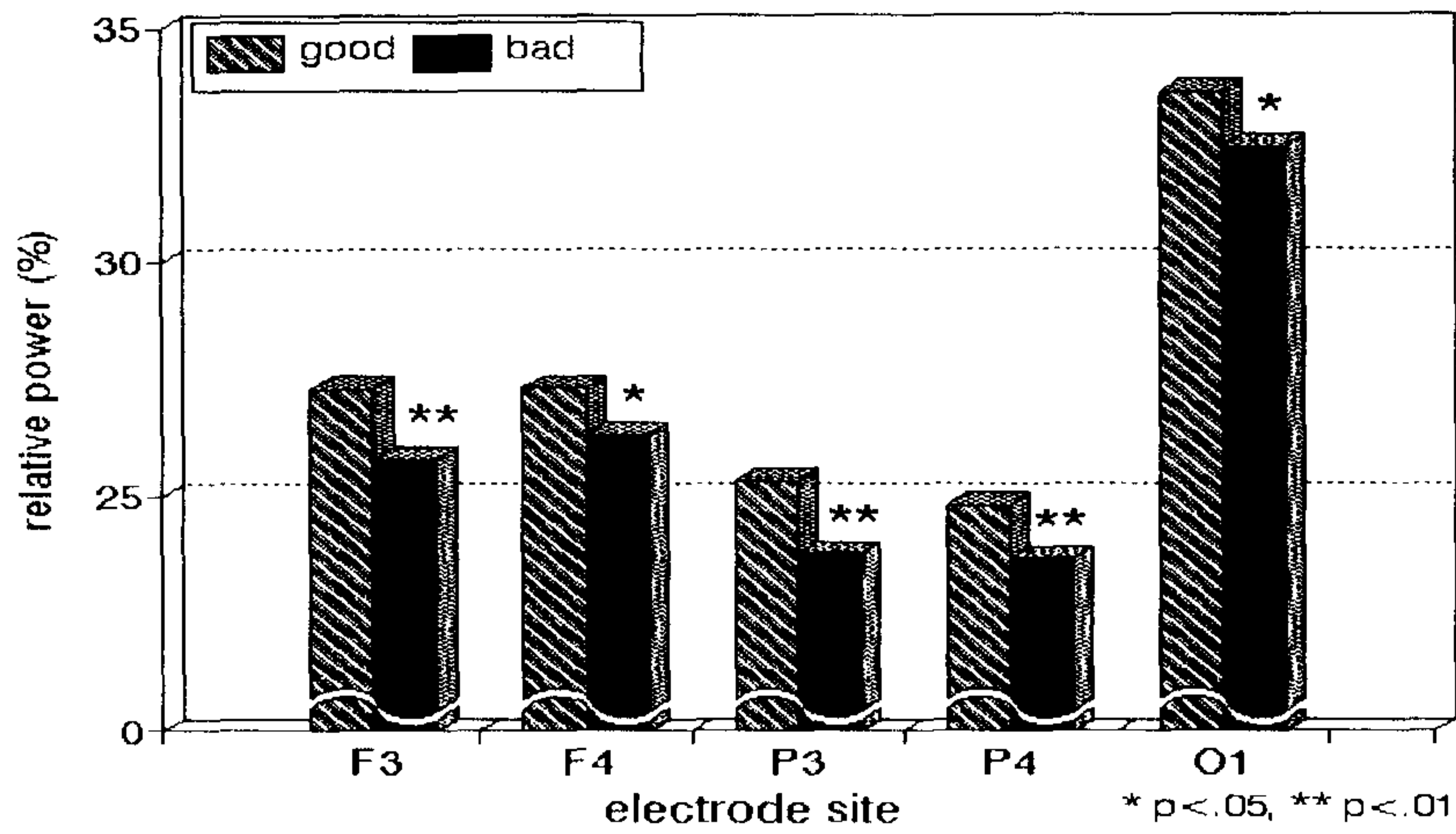
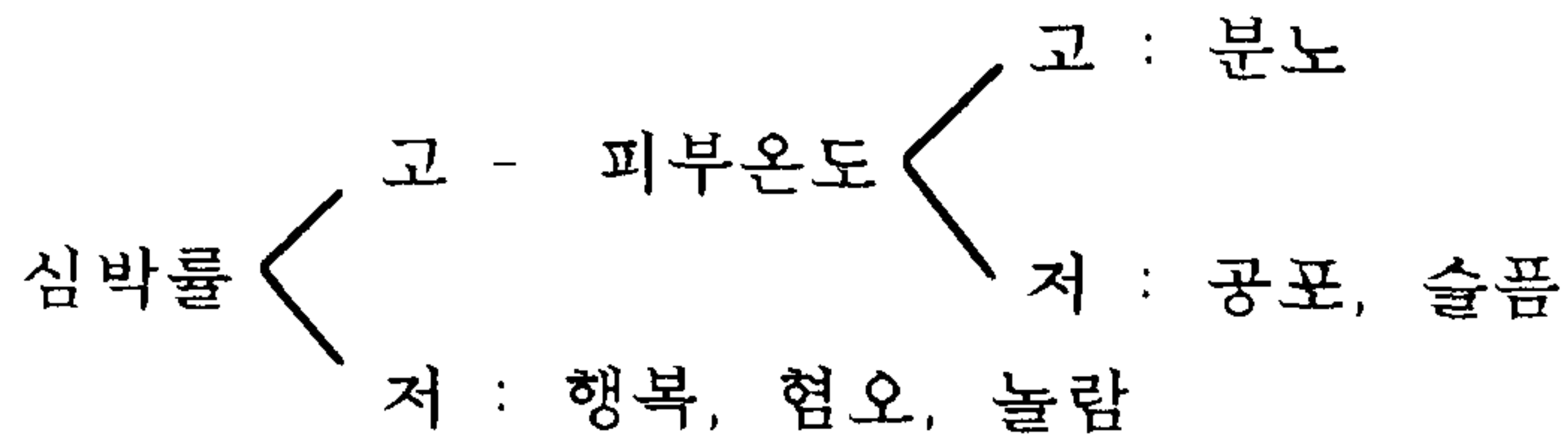


그림 3.5.3 직물 선호/비선호에 따른 뇌파 (알파파) 상대출현량.

F3, F4 (좌반구, 우반구 전두엽); P3, P4(좌반구, 우반구 두정엽); O1(좌반구 후두엽)

8. 직물 선호도에 따른 질감감성 HRV 특성

자율신경계 반응특성을 토대로 인간이 경험하는 기본정서를 구분하고자 하는 이전 연구 결과들을 요약하면 다음과 같이 표현할 수 있다 (Ekman et al., 1983).



즉, 자율신경계 반응 중, 심박률과 피부온도를 지표로 했을 때 분노, 공포 및 슬픔, 행복과 혐오와 놀람의 세 집단으로서의 구분이 가능하다. 따라서 몇 가지 자율신경계 반응지표를 더 포함하여 구분한다면 위에 나타난 여섯 기본정서를 생리적 반응 지표에 따라 판정하는 것이 가능할 것으로 보인다. 그러나, 안타깝게도 현재까지 자율신경계 반응의 복합지표를 사용하여 기본정서들을 구분하는데 성공한 연구는 보고되지 않고 있다.

한편, 질감감성(선호도/싫고나쁨)의 판정은 이 보다는 단순할 것으로 보이며, 본 연구실에서 벨벳을 포함한 여섯 직물을 대상으로 자율신경계 반응 특성을 측정하였을 때, HRV(Heart Rate Variability)에 의한 감성 구분이 가능할 것으로 나타났다(손진훈, 1998; 손진훈 등, 1997). 즉, 좋은 (긍정) 감성을 유발하는 벨벳, 명크 등에 대한 HRV 상대출현량은 높게 나타났으며, 나쁜 (부정) 감성을 유발하는 우피, 갑사 등의 대한 HRV 상대출현량은 낮았다 (그림 3.5.4). 예상과는 달리 실크에 대한 HRV 상대출현량이 낮게 나타난 것은 아마도 실크샘플을 직물회전자극기를 통하여 접촉할 때 실생활에서의 자연스러운 접촉시보다 거칠게 느껴지기 때문인 것으로 보인다.

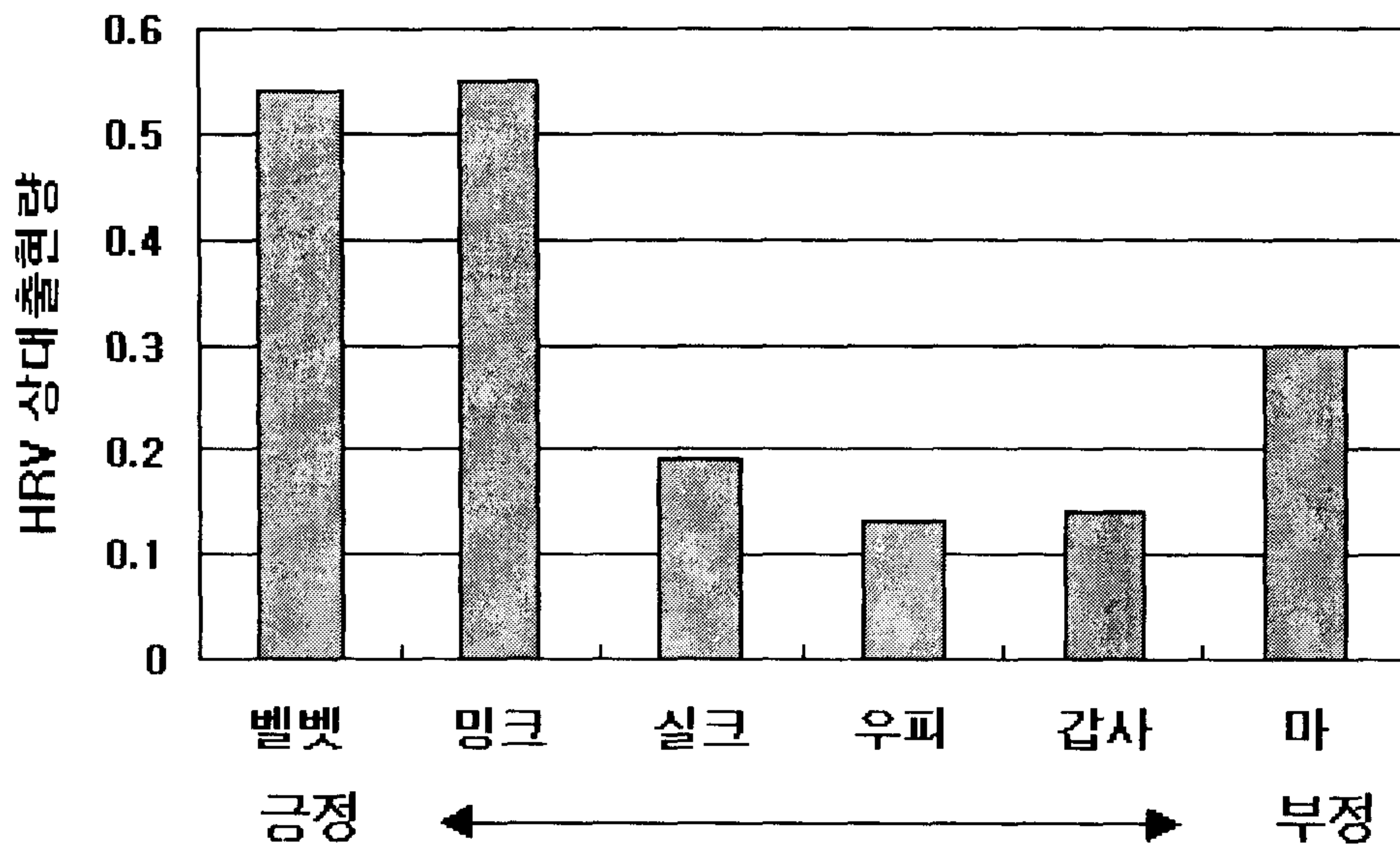


그림 3.5.4 직물 선호도에 따른 HRV 상대출현량.

HRV 상대출현량 = 높은 주파수(0.15-0.40Hz) 대역 / 낮은 주파수(0.03-0.15Hz) 대역. 높은 주파수 대역은 부교감신경계의 활성화를, 낮은 주파수 대역은 교감신경계 활성화를 반영하므로 HRV 상대출현량이 높을수록 생리적으로 이완된 상태임을 의미한다.

9. 직물선호도 평가를 위한 감성생리신호 형판(Template) 모델

자율신경계 반응지표를 통하여 직물감성을 평가할 경우, 한 두 지표를 사용하여 판정하기에는 어려움이 따를 수 있다. 왜냐하면 자율신경계 활동은 심리적 감성 경험의 종류에 따라서 다르게 나타나기도 하지만, 근본적으로는 구체적으로 주어진 상황에 대한 대처라는 일차적 목표를 위한 것이기 때문이다. 예

를 들어, 심박률은 적을 만나 싸워야 할 때도 증가하지만, 사랑하는 여인을 향해서 달려갈 때도 증가한다. 두 상황에서 느끼는 정서/감성은 확실히 다르지만 심박률은 모두 증가한다. 이러한 문제점을 극복하는 방법은 좀 더 다양한 자율신경계 반응지표를 종합적으로 사용하여 감성판정을 위한 형판(template) 모델을 개발하는 것이다. 아래의 표 4는 본 연구실에서 측정된 선호 직물(polyester)과 비선호 직물(cotton류)을 수동적으로 접촉했을 때와 능동적으로 접촉했을 때의 여러 자율신경계 반응을 종합하여 구성한 형판 모델이다 (손진훈, 1998; Sokhadze et al., 1998a; b).

자율신경계 반응을 교감신경계(SNS)와 부교감신경계(PNS) 반응으로 나누어 분석했을 때 보다 뚜렷한 형판 모델을 구성할 수 있다. 이 형판모델에 의하면, 생리반응지표를 통한 수동접촉-선호직물, 능동접촉-선호직물, 수동접촉-비선호직물, 능동접촉-비선호직물의 구분이 가능하였다 (종합 프로파일에 의한 판정 : PNS, SNS 프로파일 순으로 각각 HH, LL, LH, HL).

실험방법과 관련하여 한가지 흥미로운 발견은 수동적 접촉시와 능동적 접촉시에 자율신경계 반응이 반대로 나타난다는 것이다. (표 3.5.4 참조) 더욱이 능동적 접촉은 손을 움직여서 직물을 만지기 때문에 골격근 활동에 의한 자율신경계 영향이 예상되며, 이는 직물촉각에 의하여 경험하는 심리적 감성의 자율신경계 반응에 미치는 순수한 효과를 차폐할 가능성이 높다. 따라서 실험실 환경에서 직물에 의하여 유발되는 심리적 감성의 미세한 차이를 예민하게 구분하고자 할 때는 수동적 접촉 방식을 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

표 3.5.4 직물 선호/비선호 판정을 위한 자율신경계 반응 형판(Template) 모델

Template of Autonomic Responses for Tactile KAMSUNG Decision					
ANS Indices		Most preferred textures		Least preferred textures	
Touch mode		Passive	Active	Passive	Active
NS/ β -SNS balance indices					
radio-respiratory variables	Mean				
R bpm	0.55	-	-	=	+
change to baseline					
F br/min	3.11	+	-	+	-
change to baseline					
SA bpm	- 1.45	=	-	-	+
change to baseline					
TT ms	- 4.20	+	-	-	+
change to baseline					
comparison of profile with overall response pattern (matching)		H (high)	L (low)	L (low)	H (high)
NS activation					
kin conductance variables					
CL μ S	0.61	+	-	+	-
CR (amplitude) μ S	0.83	+	-	+	-
CR rise time ms	2.05	+	-	=	-
CR magnitude μ S	1.68	+	-	+	-
CR number	2.02	+	-	+	-
comparison of SCR profile and matching with overall pattern		H	L	H	L
summary of ANS profile matching (Final decision criterion)		HH	LL	LH	HL

10. 직물선호도에 따른 복합생리반응 패턴

감성생리신호 형판모델은 궁극적으로 복합 자율신경계 반응의 수량화를 통해서 직물감성을 판정하고자 하는 양적(quantitative) 접근 방법이다. 또 다른 접근 방법으로서 복합 자율신경계 반응의 패턴을 비교하여 직물감성을 판정하는 질적(qualitative) 접근도 가능할 수 있다.

그림 3.5.5는 질적 접근방법으로서 복합 자율신경계 반응의 종합적 패턴을 비교하고자 하는 시도이다 (손진훈, 1998). 왼쪽에 제시한 패턴은 비선호 직물에

대한 반응이고, 오른쪽에 제시한 패턴은 선호직물에 대한 반응이다. 선호 직물에 대비하여 비선호 직물에 대한 반응을 보면, HR (Heart Rate: 심박률)이 높고, RSA (Respiratory Sinus Arrhythmia: 호흡간 심박률변화; 심박률에 대한 부교감 신경의 통제)가 적고, 뇌파의 베타파가 많이 출현하며, pulse volume (맥박량)의 변화가 적고, SCR(Skin Conductance Level: 피부전도수준)이 크며, Respiration rate(호흡률)이 높고, PTT(Pulse Transit Time: 맥박이동시간) 감소가 작다.

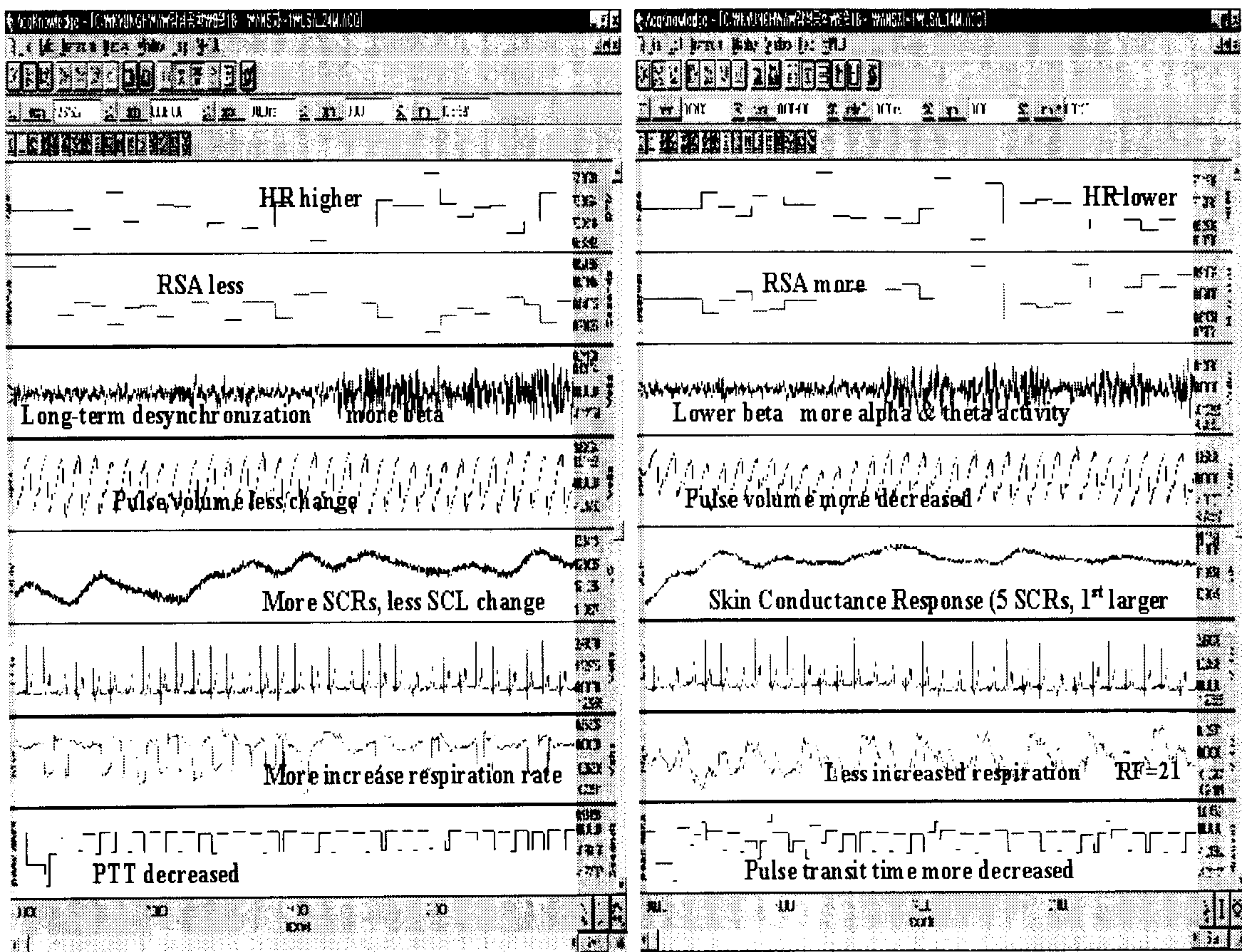


그림 3.5.5 직물 선호/비선호 판정을 위한 자율신경계 반응 패턴. 왼쪽에 제시한 패턴은 비선호 직물에 대한 반응이고, 오른쪽에 제시한 패턴은 선호직물에 대한 반응이다. 위로부터 HR, RSA, EEG, pulse volume, SCR, respiration rate, PTT 패턴을 제시하였다.

물론 직물감성의 양적 판정(digital decision)은 일단 감성생리신호 정량화 알고리즘이 개발되면 보다 객관적이고 따라서 널리 사용될 수 있다는 장점이 있고, 질적 판정 (analogue decision)은 판단자의 직관에 의존하여 즉각적으로 판단할 수 있으나 등급적 판정이 어렵고 오랜 훈련 기간을 거쳐야만 비로소 판단의 일관성을 획득하게 되는 제약이 있으나, 현재로서는 어떤 접근 방법을 사용했을 때 궁극적으로 직물감성 판정 기술 개발에 성공할 수 있을지 모르기 때문에 두 접근방법 모두를 사용한 병행적 연구가 바람직하다고 할 수 있다.

11. 직물의 역학적 특성과 생리적 측정치와의 상관

이제까지의 직물감성의 세 요소인 직물의 역학적 특성, 심리적 경험, 생리적 반응 및 역학적 특성-심리적 경험, 심리적 경험-생리적 반응간의 관계에 대한 연구분석 결과를 요약하여 차례로 소개하였다.

여기에서는 역학적 특성-생리적 반응간의 관계를 살펴보기로 한다 (미발표 자료). 아래 표 3.5.5의 왼쪽에는 뇌파(종류 × 기록부위) 및 자율신경계 반응 지표, 위쪽에는 역학적 특성을 열거하였으며, 유의미한 ($p < .05$) 상관값만을 해당칸에 제시하였다.

표 3.5.5 직물의 역학적 특성과 생리적 측정치와의 상관

	ten EM	ten lt	ten t	ten rt	bend. b	bend. 2hb	shear. q	shear. 2h	comp. lc	comp. wc	comp. rc	surf. miu	surf. mmd	surf. smd	thickness	weight	koshi	fukurami	numeri	t.h.v.
DEF3																			.86	-.91
DEF4																				
DEP3						-.90	-.85							-.93					.84	
DEP4					-.92															
THF3																				
THF4																				
THP3																				
THP4																				
SAF3					.83	.85	.83	.82												
SAF4					.94	.93	.91	.87						.83						-.84
SAP3																				
SAP4																				
FAF3																				
FAF4																				
FAP3																				
FAP4																				
SBF3																				
SBF4																				
SBP3																				
SBP4																				
FBF3	-.9				-.85	-.87	-.91	-.94									-.90	-.81		
FBF4	-.8		.83		-.83	-.86	-.91	-.95				.86					-.94		.85	
FBP3	-.8						-.82	-.85									-.86		.84	
FBP4					-.85	-.84	-.84	-.89									-.85			
HR	-.8									-.85					.89			-.92		
PTT					.96	.94								.90						-.83
RF																				
RSA																				
SCL			-.8	.82					.88		.83								.88	-.85

DE: Delta파, TH: Theta파, SA: Slow Alpha파, FA: Fast Alpha파, SB: Slow Beta 파, FB: Fast Beta파, HR: 심박률, PTT: 맥박이동시간, RF :호흡률, RSA: 호흡공동 변화, SCL: 피부전도수준 한편, 뇌파 옆의 숫자는 뇌파를 기록한 전극부위를 나타냄 (예, F3: 좌측 전두엽 부위)

현재로서는 직물감성에 관련된 뇌파 및 자율신경계 지표의 확정이 이루어지지 않은 상태이기 때문에 이 상관표로부터 직물의 역학적 특성과 감성생리 반응간의 관계에 대한 의미있는 해석을 도출해내기 어렵다. 그러나 감성 판정을 위한 생리지표 형판 모델이나 패턴 규명이 완료되면, 즉각적으로 이 상관표를 토대로 역학적 특성치를 통하여 감성생리반응을 예측하는 관계식을 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

12. 직물감성과 활성화 뇌부위 (PET 연구)

인간의 대뇌 좌반구는 이성적 기능, 우반구는 감성적 기능을 주로 담당한다고 보고되어왔다. 따라서 직물 피부접촉에 의하여 유발된 감성은 우반구의 활성화를 촉진할 것으로 기대된다. 이에서 더 나아가 직물접촉에 의하여 유발된 감성이 다를 경우, 활성화 되는 우반구 뇌부위에도 차이가 있을 것으로 기대된다. 뇌활성화 부위를 확인하기 위하여 근래에 많이 사용되는 최신기법중의 하나는 양성자 방출 촬영법 (Positronemitting tomography : PET)이다. 본 연구에서 PET 기법을 사용하여 직물촉감감성의 활성화 뇌부위를 확인한 결과를 보면 부정감성유발자극 (거친 사포)의 경우에는 우반구의 전두엽 및 대상회 (Cingulate cortex) 부위가 현저하게 활성화되었으며, 정적감성유발자극 (부드러운 폴리에스터)의 경우에는 우반구의 두정엽 부위가 현저하게 활성화 되었다. 자극 제시시의 활성화 뇌부위 PET 사진을 그림 3.5.6 및 3.5.7에 제시하였다.

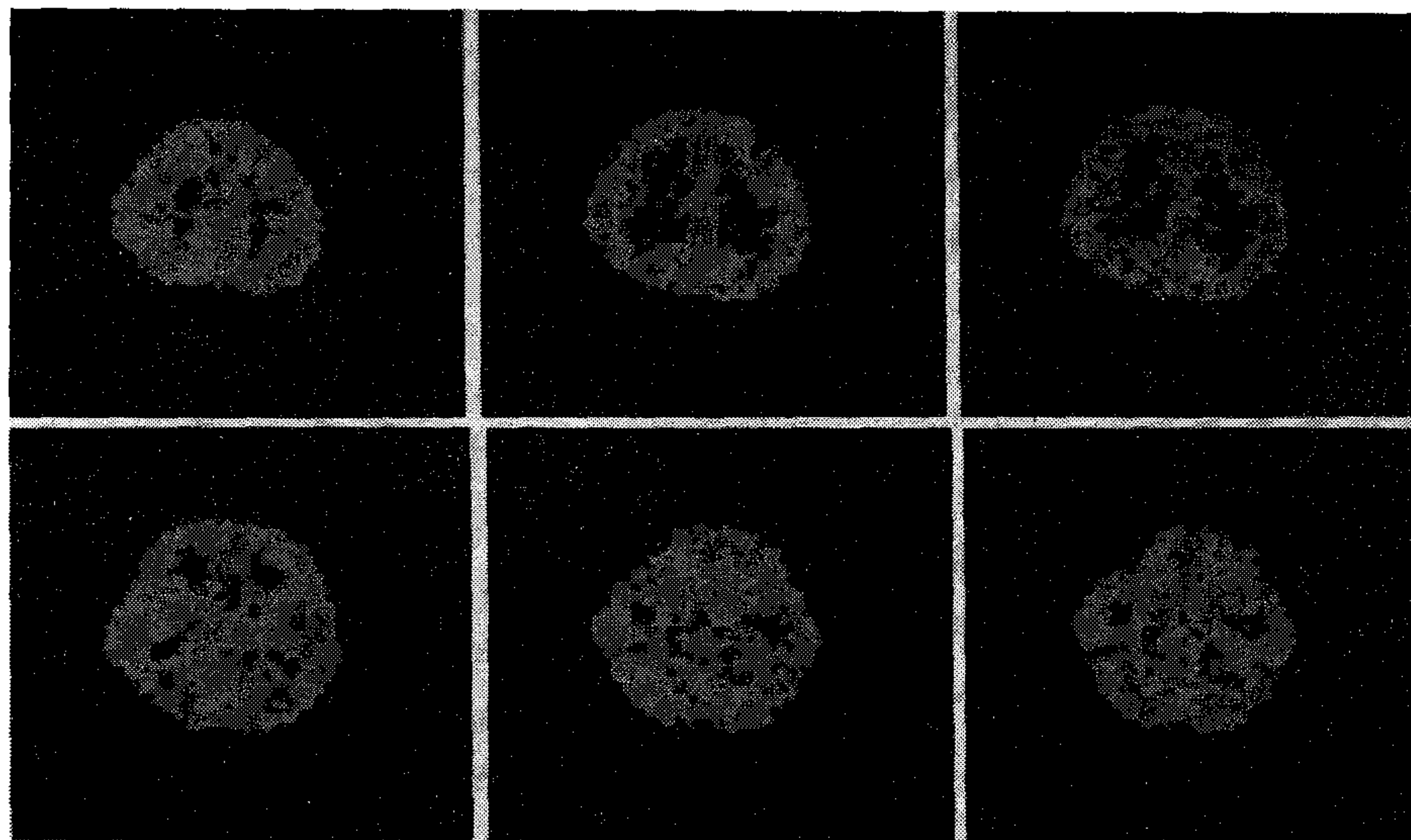


그림 3.5.6 사포를 만질 때에 활성화되는 뇌부위 (PET 스캔)

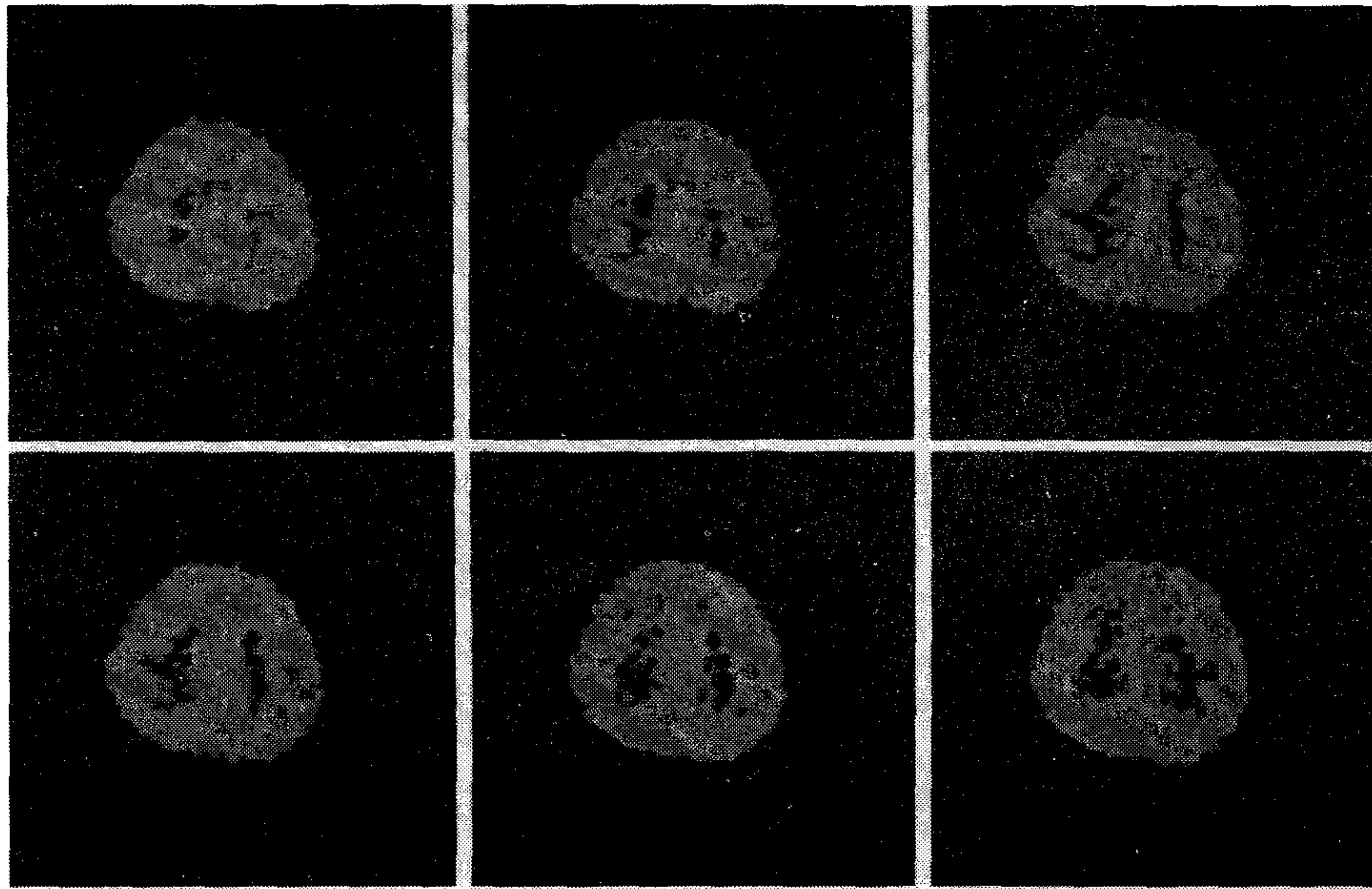


그림 3.5.7 폴리에스터를 만질 때에 활성화되는 뇌부위 (PET 스캔)

12. 피부감각감성 Data Base 설계 및 구축

본 연구실에서 수행한 피부감각감성 측정결과에 대한 Data Base 설계 및 구축은 다음과 같다. 1) Microsoft의 관계형 데이터 베이스 관리 시스템 Access를 사용하여 향후 정보교환의 용이성 및 효율성을 최대한 고려하였다. 2) '피검자', '자극원', '평가'의 3주요부분으로 데이터 베이스를 설계하여, 자료입력의 편의성을 극대화할 수 있도록 Data 입력 초기화면을 구성하였다.

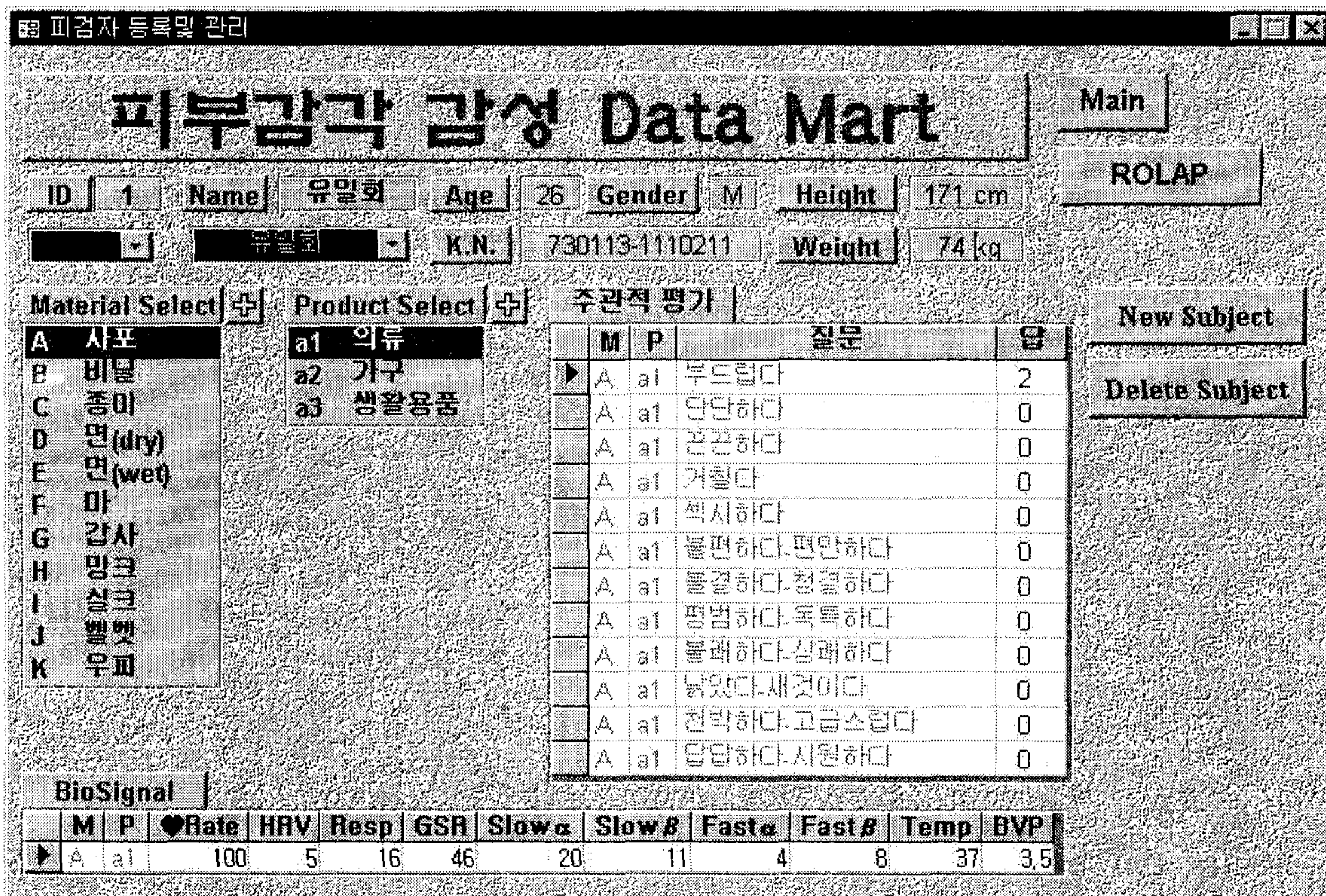


그림 3.5.8 데이터 베이스 입력 초기화면

3) 데이터 베이스에 있는 Data를 ROLAP (Relational Online Analysis Processing) 형태로 다차원분석을 하여 분석결과를 통계적 수치와 원차트로 보여주는 화면을 구성하였다 (그림 3.5.9). 아울러 Bottom-up 분석과 Top-down 분석이 모두 가능하게 분석시스템을 구성하여 정보사용자의 자유로운 선택을 보장하였다.

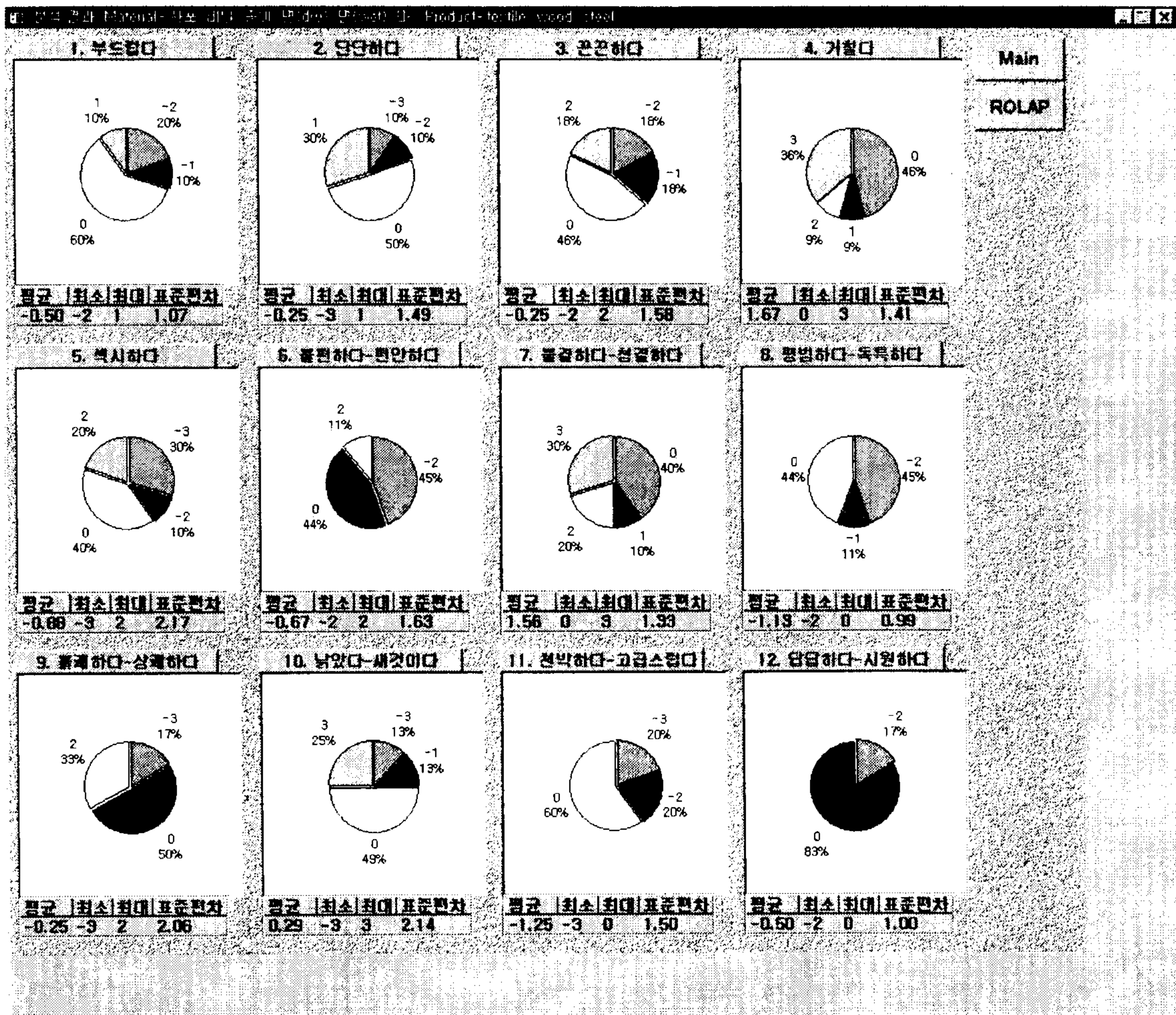


그림 3.5.9 주관적 감성평가 분석결과 화면

14. 연구결과 종합 : 직물의 물리적/역학적 특성, 생리적 반응, 심리적 감성간의 관계 규명

이제까지 소개한 본 연구실의 연구결과를 종합하여 직물 감성연구를 위한 구체적인 목표와 접근방식을 정리할 수 있을 것이다. 직물의 물리적/역학적 특성, 생리적 반응, 심리적 감성간의 관계 규명을 위한 연구의 길라잡이로서 그림 3.5.6의 도

식을 제시하였다.

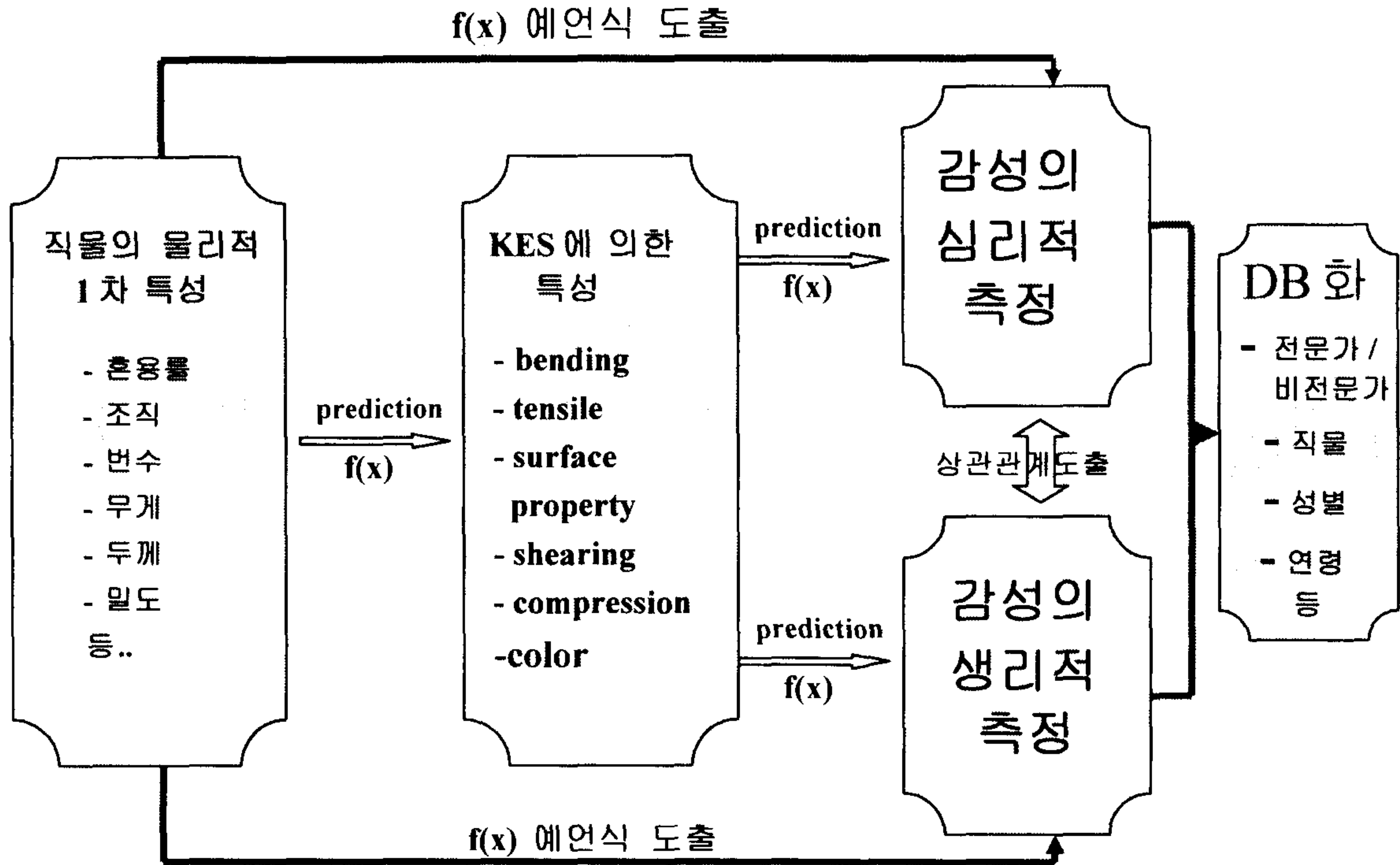


그림 3.5.10 직물감성 연구를 위한 구체적인 목표와 접근방식

현재까지 본 연구실에서의 직물감성 연구는 직물의 역학적 특성과 심리적 감성 간의 관계식, 역학적 특성과 생리적 반응간의 상관계수, 심리적 감성과 생리적 감성간의 관련 형판 모델 개발에 돌입하고 있다. 이중 가장 우선적으로 성취해야 할 핵심적 과제는 형판모델을 세련화시키고, 나아가 심리적 감성과 생리적 반응간의 관계식을 도출하는 것이다. 국제적으로 정서/감성 생리반응연구는 원시적인 형판모델의 개발에 도전하고 있는 수준이다. 따라서 본 연구실에서 목표로 하고 있는 감성판정을 위한 복합 생리지표 형판 모델 개발 및 관계식 도출에의 도전은 학문적으로 중요한 가치를 가진다. 아울러 직물 감성뿐 아니라 다양한 감성연구(예를 들어, 시각감성, 청각감성, 스트레스 연구 등)에 기여할 수 있다.

제 6 절 연구 I: 심리척도 개발

연구 요약 피부 감각과 관련된 감각과 감성의 요소들을 추출하기 위해 본 연구가 수행되었다. 형용사 사전에서 피부 감각 및 감성과 관련된 형용사들을 선별한 후, 피험자들로 하여금 이들 형용사 사이의 유사성 및 의미 미분 평정을 하도록 하였다. 이렇게 수집된 자료를 가지고 군집 분석과 다차원 척도 분석을 수행하였다. 다차원 척도 분석 결과, 감각과 감성에서 각각 3 주요 차원이 발견되었다. 감각에서는 '긴장-이완,' '활동-비활동,' '쾌-불쾌'가 발견되었고, 감성에서는 '쾌-불쾌,' '흥분-침잠,' '안전-위험'의 차원이 발견되었다. 군집 분석 결과, 감각에서 4 요소 감성에서 11 요소가 발견되었다. 즉, 감각에서 '부드러움,' '단단함,' '끈끈함,' '거침'이 발견되었고, 감성에서는 '편안감,' '청결감,' '독특성,' '상쾌감,' '불쾌감,' '불결감,' '납음,' '평범함,' '시원함,' '고급감,' 및 '섹시함'이 발견되었다.

1. 연구 목적

본 연구는 감각과 감성을 구분하여 피부 감각 및 감성이라는 주관적 심리상태를 기술하는 형용사를 선별하고 이를 토대로 피부 감각 및 감성의 심리적 차원 및 척도를 구성하기 위한 목적으로 수행되었다.

2. 연구 방법

가. 평정 실험용 형용사의 선발

형용사 사전(1991)에서 피부 감각 및 감성을 기술한다고 생각되는 형용사 500개를 일차적으로 추출하였다. 일차적으로 선발된 형용사들을 놓고 4명의 평정자들이 판단하여, 일상 생활에서의 사용 빈도가 낮은 형용사와 어근이 같은 형용사들을 제외하여 이차적으로 형용사들을 선발하였다.

동시에 이들 평정자들이 이차적으로 선발된 형용사들을 감각 및 감성 형용사로 구분하였다. 이 때 사용된 감각 형용사와 감성 형용사의 구분을 위한 기준은 다음과 같다. 즉, 자극의 속성이나 강도의 변화로 인해 나타나는 일차적인 감각의 질이나 상태를 기술하는 어휘로 물리적으로 조작이나 측정이 가능하다고 판단되는 특징을 기술하는 형용사는 감각 형용사로 분류하였다. 예를 들면, 거칠다, 물렁물렁하다, 부드럽다, 울퉁불퉁하다, 딱딱하다 등이다. 그리고, 일차적 감각에 대한 주관적인 해석을 통해 발생하는 심리적인 상태를 기술한다고 판단되는 형용사는 감성 형용사로 분류하였다. 예를 들면, 편안하다, 고급스럽다, 색시하다, 상쾌하다 등이다. 이렇게 하여, 선발된 형용사의 수는 감각 형용사 60개, 감성 형용사 162개이었다.

나. 감각의 차원 및 감성의 차원 구성을 위한 자료 수집

(1) 형용사 적합성 사전 조사

광운대학교 학생 120 명에게 피부 감각과 관련된 형용사 60 개, 감성과 관련된 형용사 162 개로 구성된 설문지를 제시하고, 그들로 하여금 각 형용사가 피부감각이나 감성을 적절히 기술하는 용어인지에 대한 적절성을 7 점 척도에 평정하도록 하였다. 설문지의 예가 그림 3.6.1에 제시되어 있다.

* 다음의 형용사가 피부감각을 나타내는 적절한 형용사인지를 7점 척도로 평정하십시오.

예) 축축하다

	매우부적절	부적절	약간부적절	보통이다	약간적절	적절	매우적절		
(예) 거칠다 - 울퉁불퉁하다			1	2	3	4	5	6	7

1	홍건하다		1	2	3	4	5	6	7
2	공고하다		1	2	3	4	5	6	7
3	조글조글하다		1	2	3	4	5	6	7
4	나긋나긋하다		1	2	3	4	5	6	7
5	질기다		1	2	3	4	5	6	7
6	겉끄럽다		1	2	3	4	5	6	7

그림 3.6.1 형용사 적합성 사전조사 설문지의 일부

이와 같은 방법으로 얻어진 적절성의 평균이 4.0 이상인 형용사들을 선발하여, 감각 형용사 31 개, 감성 형용사 66 개를 선발하였다.

(2) 군집 분석과 다차원 척도 분석을 위한 자료 수집

(가) 감각 형용사 유사성 평정

사전 조사에 의하여 선발된 각 형용사들을 가능한 모든 쌍의 조합으로 묶고 각 형용사 쌍 사이의 유사성 정도를 7 점 척도로 평정하도록 하였다. 감각 형용사들을 총 465(= 31 x 30 / 2) 개의 쌍으로 묶고 이들 쌍들을 무선적으로 배열하였다. 제

한된 시간 안에 평정이 가능하도록 형용사들을 약 반씩 나누어서 두 종류의 설문지를 구성하였다. 즉, 한 설문지는 232 개, 다른 설문지는 233 개의 형용사로 구성되었다.

형용사 쌍 안에서의 제시 순서 효과를 역균형(counterbalancing)하기 위하여, 각 설문지의 형용사 쌍의 좌우 위치를 바꾸었다. 또한 형용사 쌍들의 제시 순서에 의한 효과를 통제하기 위하여 각 설문지 안의 형용사 쌍의 제시 순서를 3 종류를 만들었다. 따라서 총 12 (= 2 x 2 x 3) 가지 종류의 설문지가 준비되었다. 사용된 설문지의 일부분이 그림 3.6.2에 제시되었다.

* 아래의 형용사 쌍은 피부감각을 통한 인간의 주관적 느낌을 기술하는 형용사들의 쌍입니다. 각 문항마다 짝지어진 두 개의 형용사가 기술하고 있는 느낌의 유사성 정도를 7점 척도로 평가하십시오. 각 형용사 쌍이 매우 유사한 느낌을 표현하고 있다고 생각되면 7, 전혀 다른 느낌을 표현하고 있다고 생각되면 1에 ○표 하십시오. 단, 처음부터 끝까지 일관성있는 기준을 가지고 평가하셔야 합니다.

(예) 거칠다 - 울퉁불퉁하다 1 2 3 4 5 ⑥ 7

1	밋밋하다	-	탱탱하다	1	2	3	4	5	6	7
2	부드럽다	-	만질만질하다	1	2	3	4	5	6	7
3	복슬복슬하다	-	끈끈하다	1	2	3	4	5	6	7
4	탱탱하다	-	야들야들하다	1	2	3	4	5	6	7
5	인상적이다	-	신선하다	1	2	3	4	5	6	7
6	지저분하다	-	신선하다	1	2	3	4	5	6	7

그림 3.6.2 감각 형용사 유사성 평정 설문지의 일부

광운대학교와 충남대학교에서 심리학 개론을 수강하는 대학생 200 명이 학점 취득 요건을 만족시키기 위해 실험에 참가하였다.

(2) 감성 형용사 유사성 평정

감각 형용사의 유사성 평정과 같은 방법을 사용하여 2145(= 66 x 65 / 2) 개의 형용사 쌍을 7 부분으로 나누어 총 42(= 7 x 2 x 3) 종류의 설문지를 만들었다.

사용된 설문지의 일부분이 그림 3.6.3에 제시되어 있다.

* 아래의 형용사 쌍은 피부감각을 통한 인간의 주관적 느낌을 기술하는 형용사들의 쌍입니다. 각 문항마다 짝지어진 두 개의 형용사가 기술하고 있는 느낌의 유사성 정도를 7점 척도로 평가하십시오. 각 형용사 쌍이 매우 유사한 느낌을 표현하고 있다고 생각되면 7, 전혀 다른 느낌을 표현하고 있다고 생각되면 1에 ○표 하십시오. 단, 처음부터 끝까지 일관성있는 기준을 가지고 평가하셔야 합니다.

		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">전혀 유사하지 않다</td> <td colspan="3">보통이다</td> <td colspan="3">매우 유사하다</td> </tr> </table>															전혀 유사하지 않다		보통이다			매우 유사하다		
전혀 유사하지 않다		보통이다			매우 유사하다																			
(예) 거칠다 - 울퉁불퉁하다	1	2	3	4	5	⑥	7																	

1	따갑다 - 색다르다	1	2	3	4	5	6	7																
2	신선하다 - 새롭다	1	2	3	4	5	6	7																
3	풍성하다 - 차갑다	1	2	3	4	5	6	7																
4	섹시하다 - 낯다	1	2	3	4	5	6	7																
5	인상적이다 - 신선하다	1	2	3	4	5	6	7																
6	지저분하다 - 신선하다	1	2	3	4	5	6	7																

그림 3.6.3 감성 형용사 유사성 평정 설문지의 일부

광운대학교와 충남대학교에서 심리학 개론을 수강하는 대학생 400 명이 학점 취득 요건을 만족시키기 위해 실험에 참가하였다.

(3) 의미 미분 평정

다차원 분석 결과로 얻은 차원의 해석이 용이하도록 감각 형용사 31 개 및 감성 형용사 67 개에 대한 의미 평정치를 수집하였다. 의미 평정은 10 개의 의미 미분 척도를 구성하여 각 형용사의 의미를 7 점 척도로 평정하게 하였다.

충남대학교에서 심리학 개론을 수강하는 대학생 200 명이 학점 취득 요건을 만족시키기 위해 실험에 참가하였다.

사용된 설문지의 일부분이 그림 3.6.4에 제시되어 있다.

* 아래의 형용사들은 피부감각을 통한 인간의 주관적 느낌을 기술하는 형용사들입니다. 각 형용사에는 양쪽에 서로 대칭적인 개념으로 구성된 10개의 의미적 척도가 제시되어 있으며, 이들 사이에는 7개의 빈 공간이 있습니다. 각 형용사가 이 의미척도상에서 양쪽에 제시된 개념에 얼마나 가까운지를 판단하십시오. 각 형용사에 대해서 여러분이 가지고 있는 주관적 느낌을 적절한 한 곳에 V표 하시면 됩니다. 단, 처음부터 끝까지 일관성 있는 기준을 가지고 평가하셔야 합니다.

(예) 거칠다 약하다 ___: ___: ___: ___: ___: V : ___: 강하다

은은하다

좋다	___: ___: ___: ___: ___: ___: ___: ___:	나쁘다
약하다	___: ___: ___: ___: ___: ___: ___: ___:	강하다
이완되다	___: ___: ___: ___: ___: ___: ___: ___:	긴장된다
활동적이다	___: ___: ___: ___: ___: ___: ___: ___:	비활동적이다
침잠된다	___: ___: ___: ___: ___: ___: ___: ___:	흥분된다
통제가능하다	___: ___: ___: ___: ___: ___: ___: ___:	통제불가능하다
소극적이다	___: ___: ___: ___: ___: ___: ___: ___:	적극적이다
안전하다	___: ___: ___: ___: ___: ___: ___: ___:	위험하다
흥미롭다	___: ___: ___: ___: ___: ___: ___: ___:	따분하다
풍요롭다	___: ___: ___: ___: ___: ___: ___: ___:	빈곤하다

그림 3.6.4 형용사 의미 미분 평정 설문지의 일부

3. 결 과

가. 다차원 분석 결과

위에서 기술한 방법으로 수집된 자료에 다차원 분석(Multi-Dimensional Scaling)을 수행하여 감각 형용사와 감성 형용사에서 각각 3 차원을 얻었다. 즉, 감각 형용사를 위한 3 차원으로 '긴장-이완,' '활동-비활동,' '쾌-불쾌'가 발견되었고, 감성 형용사를 위한 3 차원으로 '쾌-불쾌,' '흥분-침잠,' '안전-위험'이 발견되었다.

이들 3 차원에 대한 감각 형용사들의 좌표 위치가 표 3.6.2에 제시되어 있고 감성 형용사들의 좌표 위치가 표 3.6.3에 제시되어 있다.

표 3.6.1 감각 형용사의 다차원 분석 결과로 나타난 세 차원에 대한 좌표값

순	서	감각어	차원		
			1	2	3
1		거칠다	1.9361	.4550	-.2838
2		까칠까칠하다	1.8207	.5387	-.4883
3		결끄럽다	1.7060	.8811	-.1611
4		오돌도돌하다	1.3304	.9878	-.9592
5		곱다	-1.4200	-.6348	-.5101
6		만질만질하다	-.09964	-.8971	-.0419
7		미끌미끌하다	-.8545	-.4506	1.1957
8		반질반질하다	-.7055	-1.1923	.2191
9		뽀송뽀송하다	-.9605	-.4774	-1.1832
10		뻣뻣하다	1.7255	-.4262	.1959
11		단단하다	1.2922	-1.2387	.3443
12		딱딱하다	1.6218	-.8423	.2733
13		말랑말랑하다	-1.4688	.5926	.0033
14		무르다	-1.2347	1.1438	.0192
15		야들야들하다	-1.4170	.19.4	-.4823
16		부드럽다	-1.4535	-.3177	-.3589
17		보들보들하다	-1.3242	-.2342	-.8138
18		연하다	-1.4525	.3584	-.3653
19		촉촉하다	-1.3652	.4116	.9220
20		눅눅하다	-.5488	1.4748	1.1363
21		건조하다	1.2951	-.1062	-.8061
22		푸석푸석하다	.7813	1.3807	-.9726
23		날카롭다	1.6864	-.8060	.6392
24		팽팽하다	.5092	-1.6488	-.0091
25		탱탱하다	-.0389	-1.5074	.0499
26		끈끈하다	-.1719	1.1876	1.6872
27		찢득찢득하다	-.2497	1.4147	1.4844
28		탄탄하다	.9948	-1.2868	.3095
29		복슬복슬하다	-.8912	.1994	-1.4749
30		쫄글쫄글하다	.5596	1.8153	-.5996
31		밋밋하다	-.2869	-.9655	1.0306

표 3.6.2 감성 형용사의 다차원 분석 결과로 나타난 세 차원에 대한 좌표값

순서	감각어	차원			순서	감각어	차원		
		1	2	3			1	2	3
1	낮설다	1.1018	1.3719	-.2296	34	쇼킹하다	.3281	1.7359	.1624
2	새롭다	-.5517	1.4625	.1389	35	섬뜩하다	1.3748	1.0545	-.5587
3	독특하다	.0714	1.5944	.2261	36	짜릿짜릿하다	.2326	1.7771	.1441
4	희한하다	.6831	1.5543	.5642	37	시원하다	-.8897	.7437	-.9506
5	색다르다	.0986	1.6227	.2707	38	서늘하다	.1757	.4663	-1.5311
6	근사하다	-1.0973	.9511	.6361	39	자연스럽다	-1.1341	-.9714	.5472
7	황홀하다	-.7941	1.3229	.7933	40	단조롭다	-.3498	-1.2861	-.9628
8	고급스럽다	-1.3343	.6367	.4806	41	징그럽다	1.7317	.4124	.9181
9	이상하다	1.2755	1.1155	.4157	42	불쾌하다	1.9693	-.1122	.2377
10	깔끔하다	-1.2696	.0620	-.8676	43	찜찜하다	1.88636	-.3461	.4715
11	깨끗하다	-1.4259	.1258	-.3400	44	꺼림칙하다	1.8584	.1380	.2892
12	산뜻하다	-1.2821	.7048	.1856	45	흥척하다	1.9103	.1538	.3168
13	상쾌하다	-1.3382	.6704	-.1440	46	튼튼하다	-.5141	-.3539	-1.6621
14	싱그럽다	-1.3431	.6628	.1459	47	견고하다	-.6.53	-.1632	-1.6311
15	신선하다	-1.0343	1.0245	.0184	48	야무지다	-.6076	.3668	-1.6699
16	청결하다	-1.4401	-.0392	-.5272	49	빈약하다	1.0993	-1.2147	-1.1238
17	불결하다	1.8934	-.4742	.6762	50	허전하다	.8120	-.6588	-1.6099
18	지저분하다	1.8077	-.7552	.5625	51	둔탁하다	1.3278	-1.2349	.1247
19	칙칙하다	1.7568	-.8682	.3944	52	따갑다	.9370	.7332	-1.6044
20	구질구질하다	.8098	-.7562	.6141	53	따뜻하다	-1.1104	-.8425	.9953
21	편안하다	-1.2796	-.8448	.3691	54	메마르다	1.0594	-.3934	-1.5851
22	은은하다	-1.3271	-.8046	.3556	55	인상적이다	-.4424	1.0641	.2768
23	아늑하다	-1.4047	-.6947	.3995	56	차갑다	.3097	.7007	-1.5214
24	잔잔하다	-1.1932	-1.0895	-.0804	57	탐스럽다	-1.0567	.4797	1.2072
25	온화하다	-1.2544	-.8426	.6692	58	풍상하다	-1.0906	.0513	1.4327
26	포근하다	-1.3496	-.6827	.6667	59	천속하다	-1.1751	-1.1621	.5426
27	쾌적하다	-1.4830	.1731	-.1739	60	낯다	.8880	-1.5472	.3727
28	차분하다	-1.0871	-.9212	-.6926	61	섹시하다	-.2996	1.5351	.7298
29	투박하다	.7984	-1.4433	-.2557	62	순하다	-1.0628	-1.2145	.4847
30	평범하다	-.6765	-1.6185	-.0183	63	정교하다	-.8427	.5747	-1.3236
31	수수하다	-.7349	-1.4278	-.0780	64	부자연스럽다	1.5833	.5102	.3694
32	촌스럽다	.9216	-1.3468	.8199	65	천박하다	1.6740	-.4194	.8514
33	허름하다	1.1417	-1.4134	.3376	66	불규칙하다	1.3871	.3907	.9226

한편, 감각 형용사들을 '긴장-이완' 과 '활동-비활동' 의 차원을 축으로한 좌표 상에 나타낸 그림이 그림 3.6.5에, '활동-비활동' 과 '쾌-불쾌' 의 차원을 축으로한

좌표 상에 나타낸 그림이 그림 3.6.6에, '긴장-이완'과 '쾌-불쾌'의 차
 한 좌표 상에 나타낸 그림이 그림 3.6.7에 제시되어 있다.

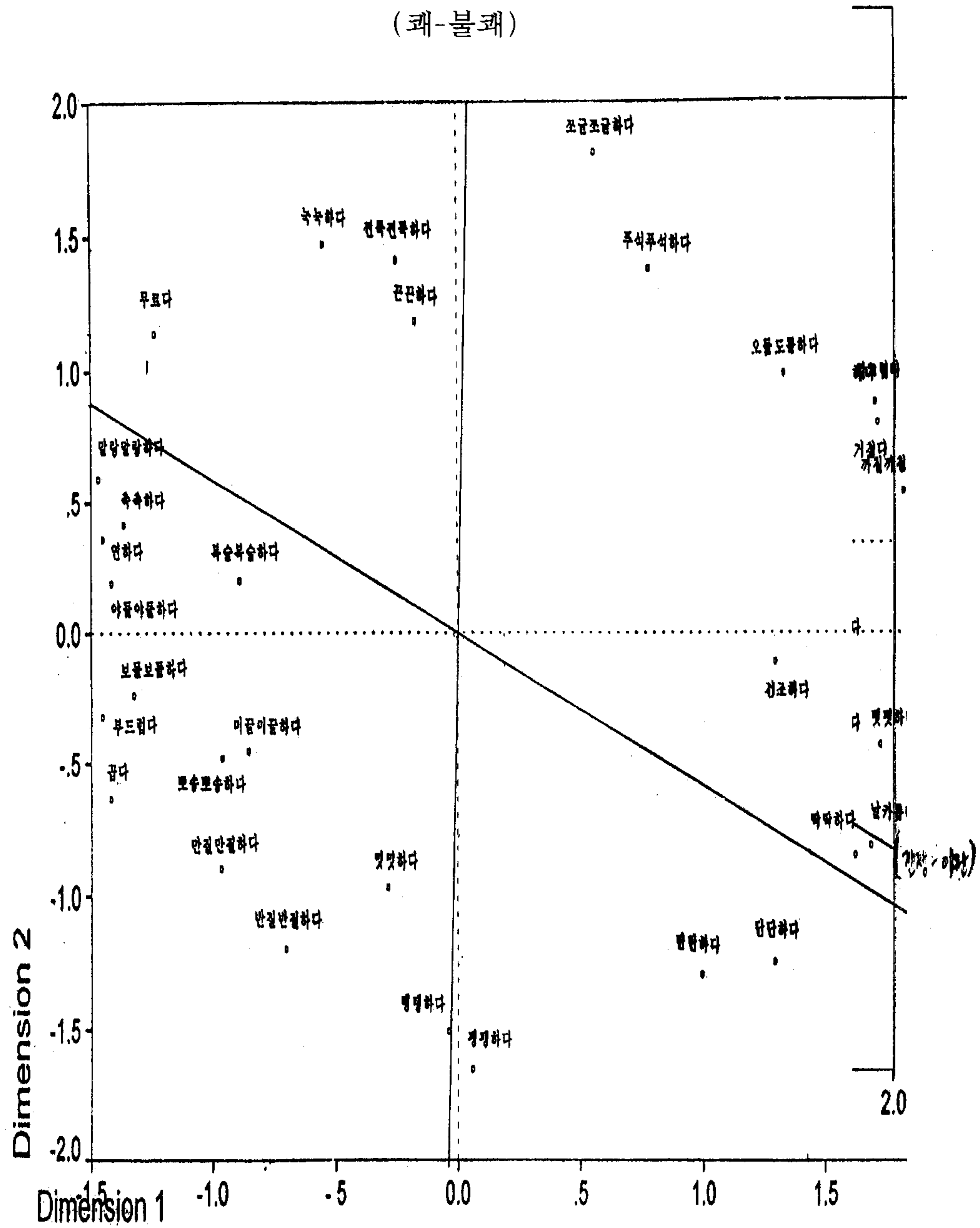


그림 3.6.5 '긴장-이완'과 '쾌-불쾌' 차원 좌표에 표시된 감각 형용사

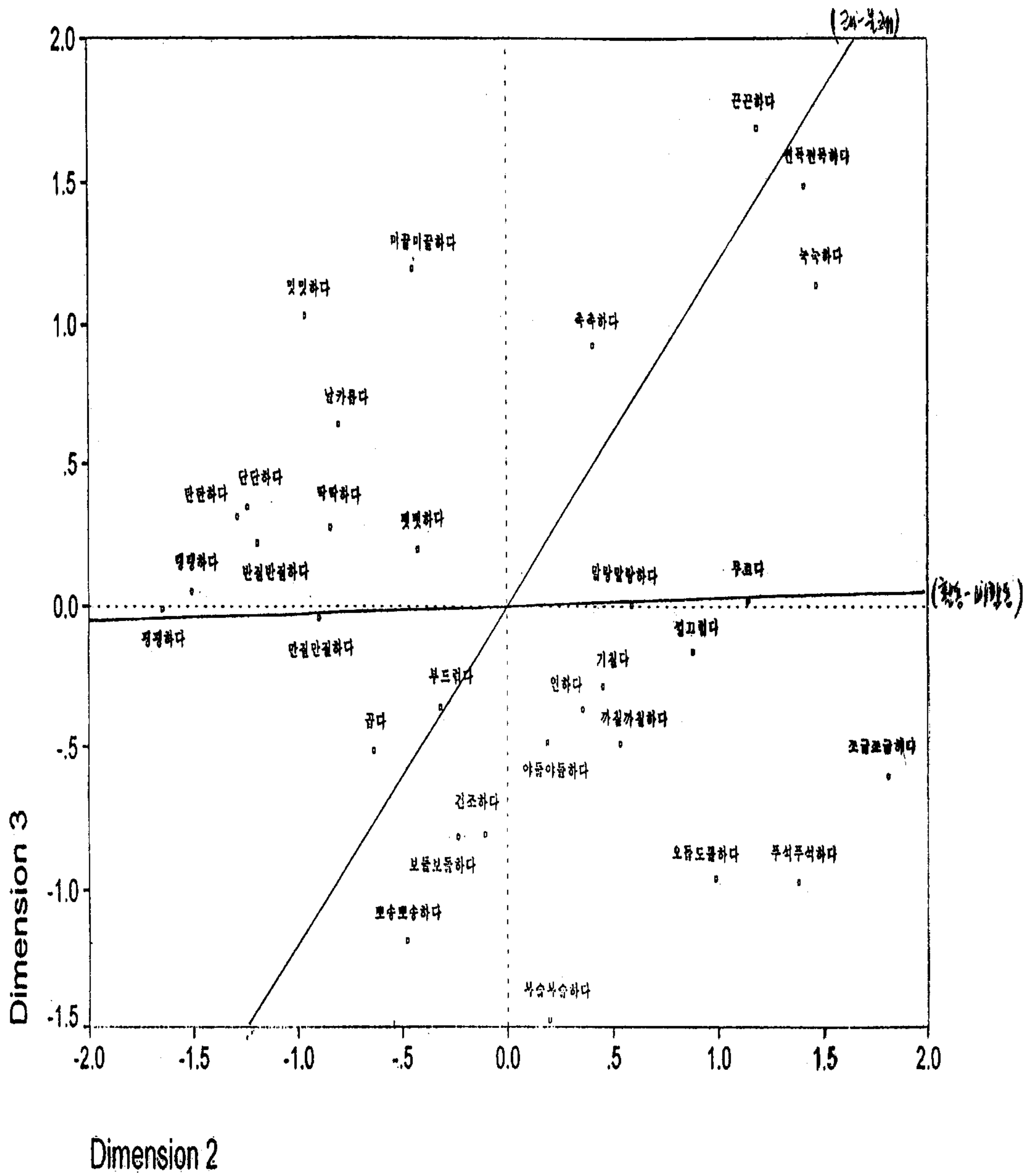


그림 3.6.6 '활동 - 비활동'과 '쾌 - 불쾌' 차원 좌표에 표시된 감각 형용사

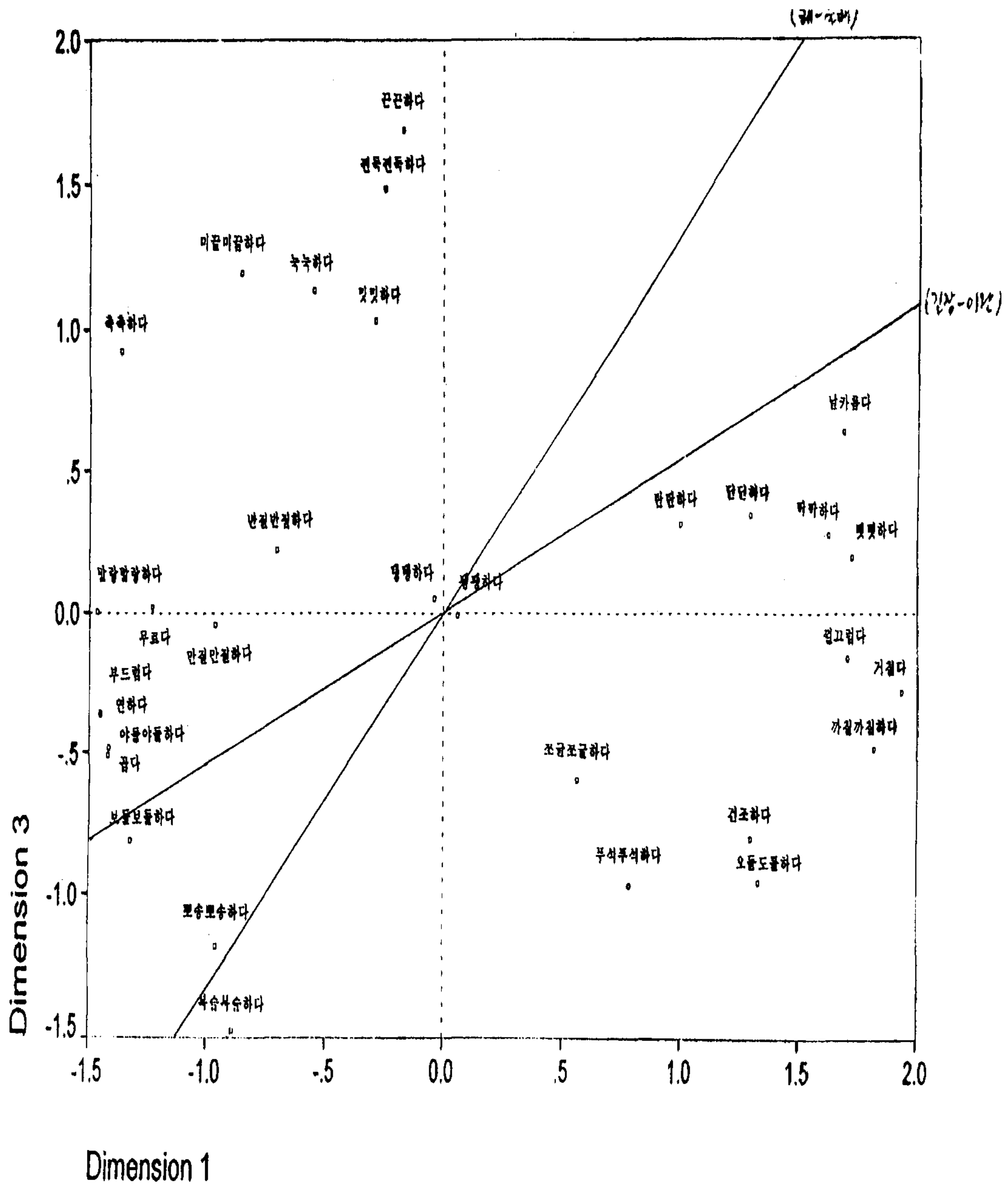


그림 3.6.7 '긴장 - 이완' 과 '과 - 불쾌' 차원좌표에 표시된 감각 형용사

감성 형용사들을 '쾌-불쾌'와 '흥분-침잠'의 차원을 축으로한 좌표 상에 나타낸 그림이 그림 3.6.8에, '흥분-침잠'과 '안전-위험'의 차원을 축으로한 좌표 상에 나타낸 그림이 그림 3.6.9에, '쾌-불쾌'와 '안전-위험'의 차원을 축으로한 좌표 상에 나타낸 그림이 그림 3.6.10에 제시되어 있다.

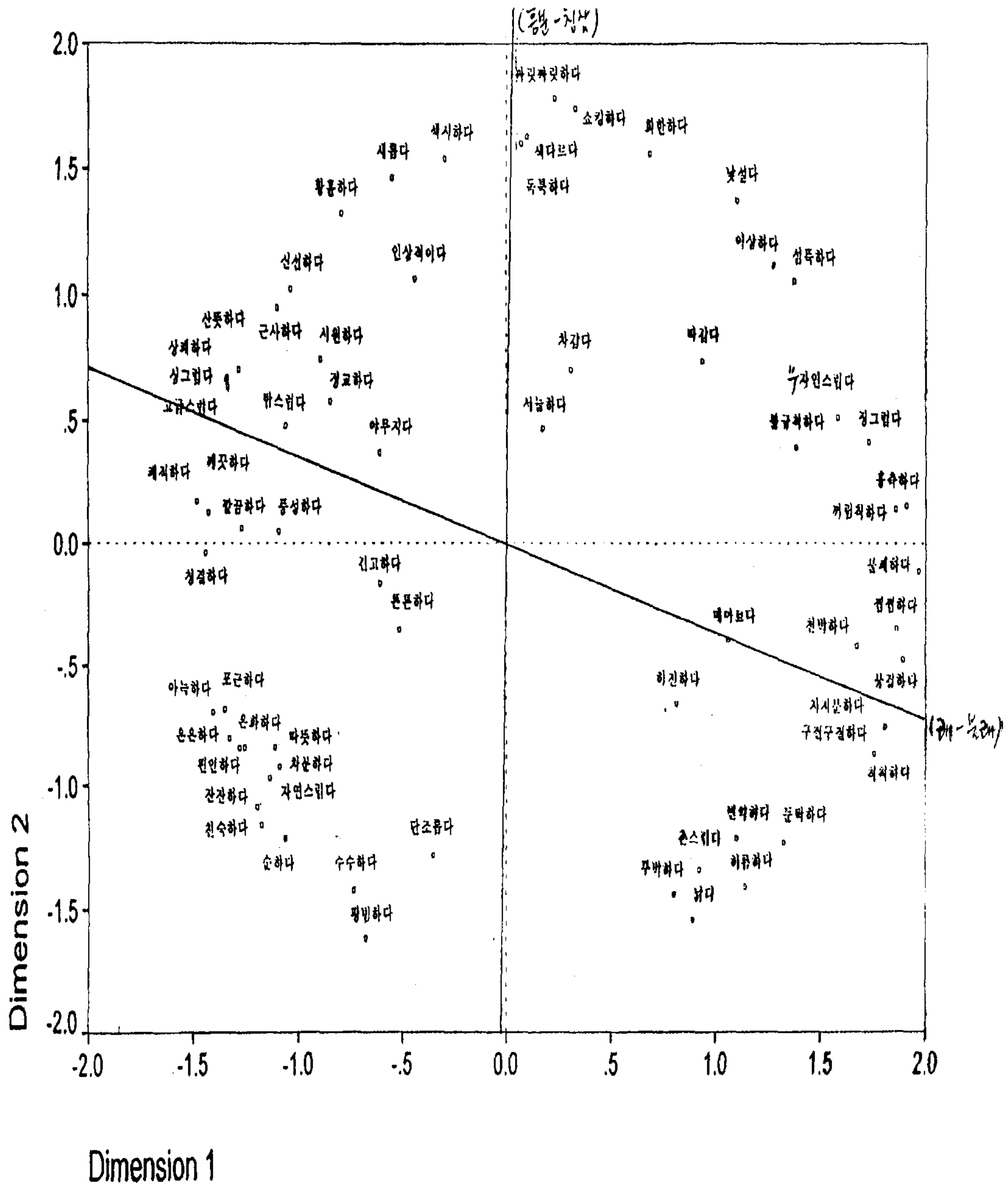


그림 3.6.8 '쾌 - 불쾌'와 '흥분 - 침잠' 차원좌표에 표시된 감성 형용사

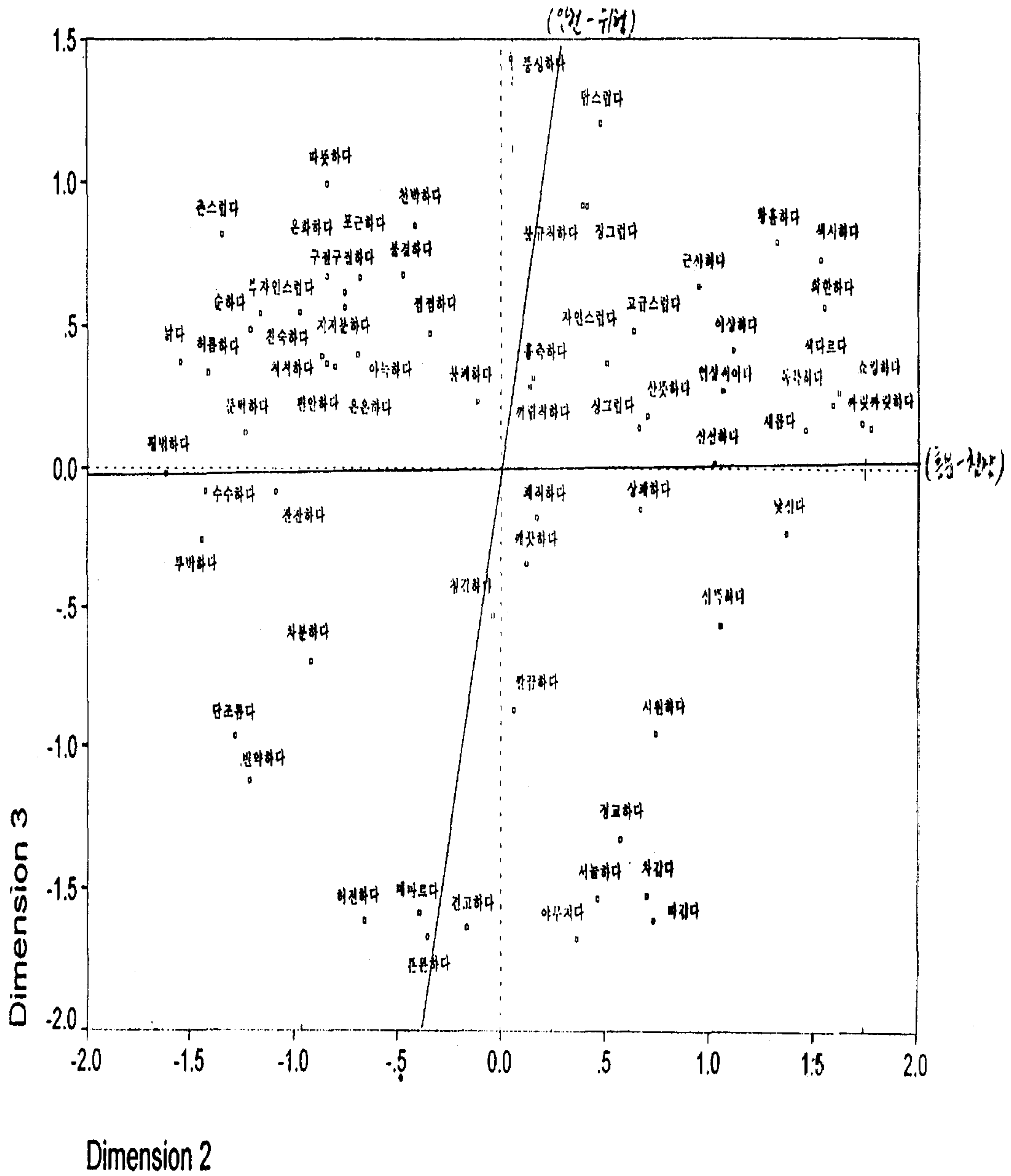


그림 3.6.9 '흥분 - 침착' 과 '안전 - 위험' 차원좌표에 표시된 감성 형용사

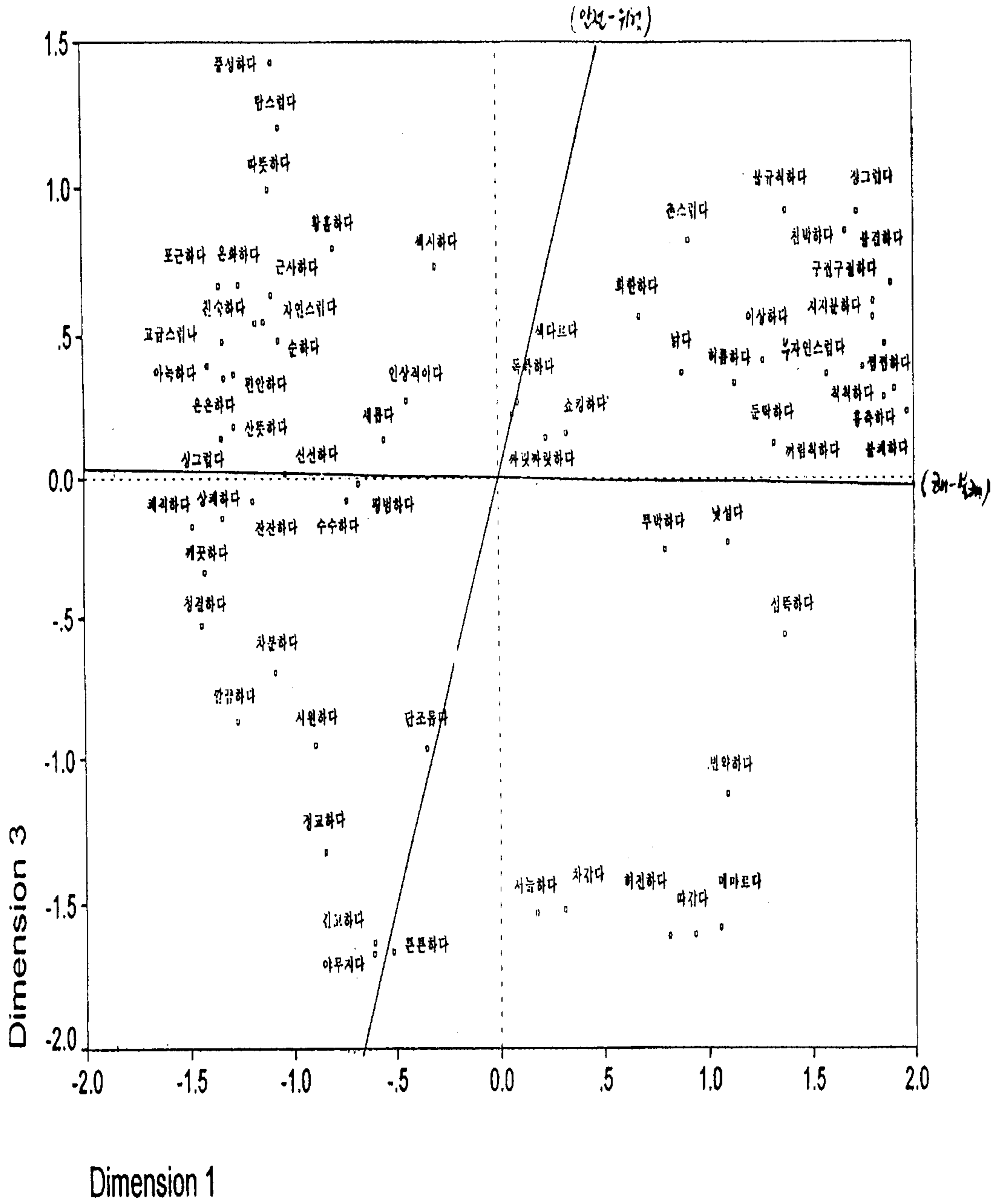


그림 3.6.10 ' Cave - Non-Cave' 와 '안전 - 위협' 차원좌표에 표시된 감성 형용사

나. 군집 분석 결과

군집 분석(Cluster Analysis) 결과, 감각에서 4 요소 감성에서 11 요소가 발견되었다. 즉, 감각에서 '부드러움,' '단단함,' '끈끈함,' 및 '거침'이 발견되었고, 감성에서는 '편안감,' '청결감,' '독특성,' '상쾌감,' '불쾌감,' '불결감,' '납음,' '평범함,' '시원함,' '고급감,' 및 '섹시함'이 발견되었다.

이들 군집 분석의 위계적 도표가 감각 형용사에 대해 그림 3.6.11에 제시되어 있고 감성 형용사에 대해서는 그림 3.6.12에 제시되어 있다.

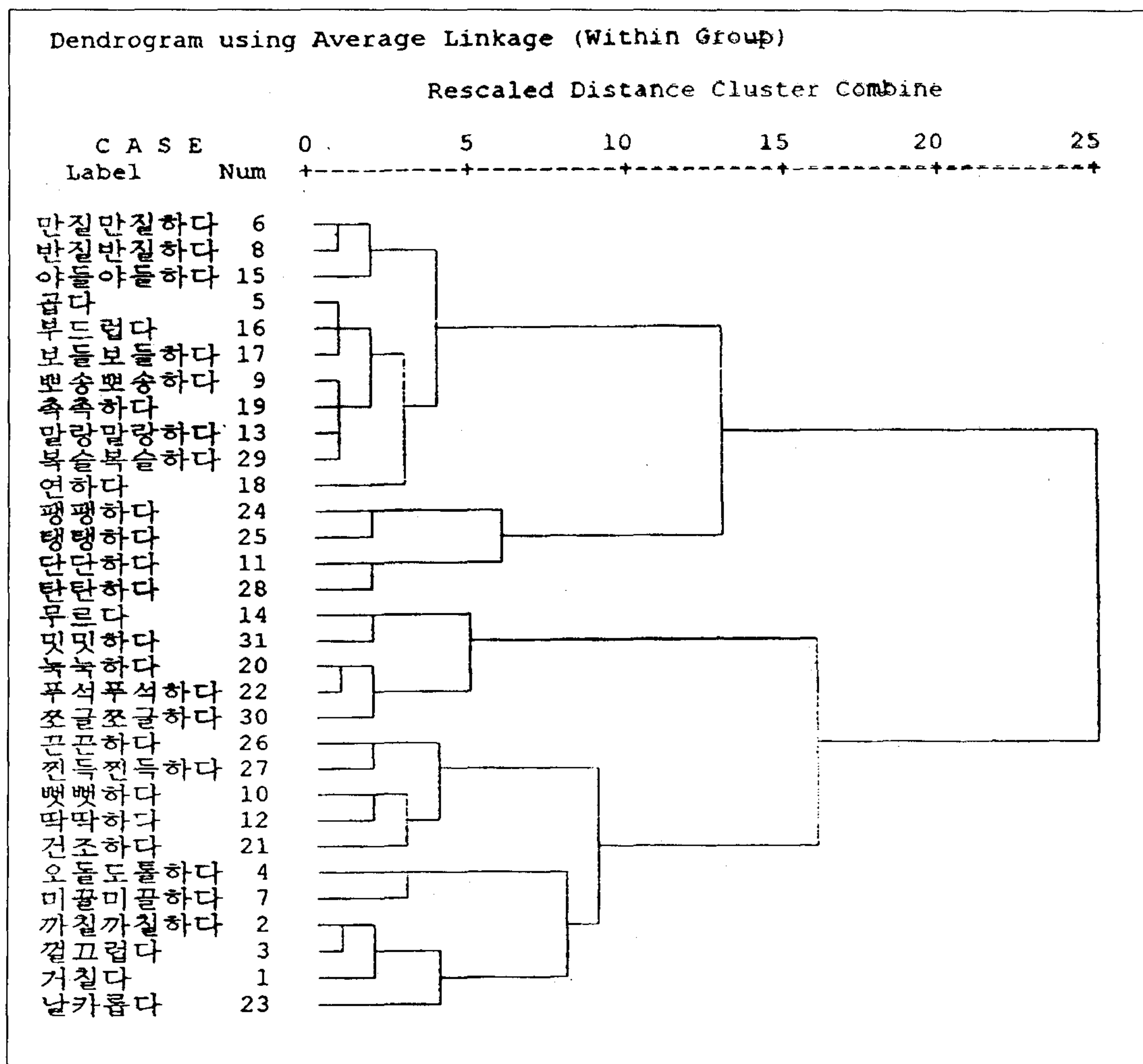


그림 3.6.11 감각 형용사의 군집분석 출력

제 7 절 연구 II : 직물촉감 감성에 관한 PET 및 ANS 연구

연구 요약 본 연구는 거친 질감과 부드러운 질감이 인간의 뇌에서 어떤 형태의 활성화를 일으키는지를 알아보려고 수행되었다. 건강한 여대생이 1명 참여한 실험의 PET 결과를 보면, 거친 질감은 우반구의 전두엽과 cingulate cortex를 활성화하였다. 부드러운 자극을 만질 때는, 거친 자극을 만질 때와 비교하여, 우반구의 두정엽이 활성화되었다.

자율신경계의 반응을 살펴보면, 부드러운 자극은 심박률을 감소시켰고 거친 자극은 심박률을 증가시켰다. 부드러운 자극은 호흡률을 감소시켰고 거친 자극은 증가시켰다. 부드러운 자극은 피부 온도를 다소 감소시킨 반면, 거친 자극은 증가시켰다. 부드러운 자극은 혈류량을 변화시키지 않았으나 거친 자극은 증가시켰다. 부드러운 자극은 SCL을 증가시켰고 크기가 큰 SCR을 유발하였다.

1. 연구 목적

본 연구는 거친 질감에 부드러운 질감에 따라서 인간의 뇌에서 어떤 형태의 활성화 반응이 일어나는지를 살펴보고자 수행되었다. 심리 척도를 이용하여 자극이 인간에게 어떤 감성을 일으키는 가를 형용사 척도를 이용하여 밝힌 데 대한 후속 연구로서, 본 연구는 감성의 신경 과학적인 데이터를 얻으려고 수행되었다.

2. 실험 방법

가. 피험자

건강한 상태의 20 세 여대생 1 명이 피험자로 참여하였다.

나. 실험 계획 및 절차

피험자가 실험장소에 도착하면, 그림 3.7.1에서 보여지는 바와 같이 침대에 누워, 자율신경계의 반응을 측정하기 위하여 전극이 부착되고 방사성 원소로 레이블된 물($H_2^{15}O$)의 주사를 위한 준비가 한쪽 팔에 취해졌다. 준비가 완료되면 방사성 원소로 레이블된 물($H_2^{15}O$)의 주사되면 피험자는 자극을 만지기 시작하였고 동시에 스캔이 시작되었다. 스캔은 2 분간 지속되었고, 스캔이 끝난 후 약 20분이 지난 후에 다음 스캔이 시작되었다.

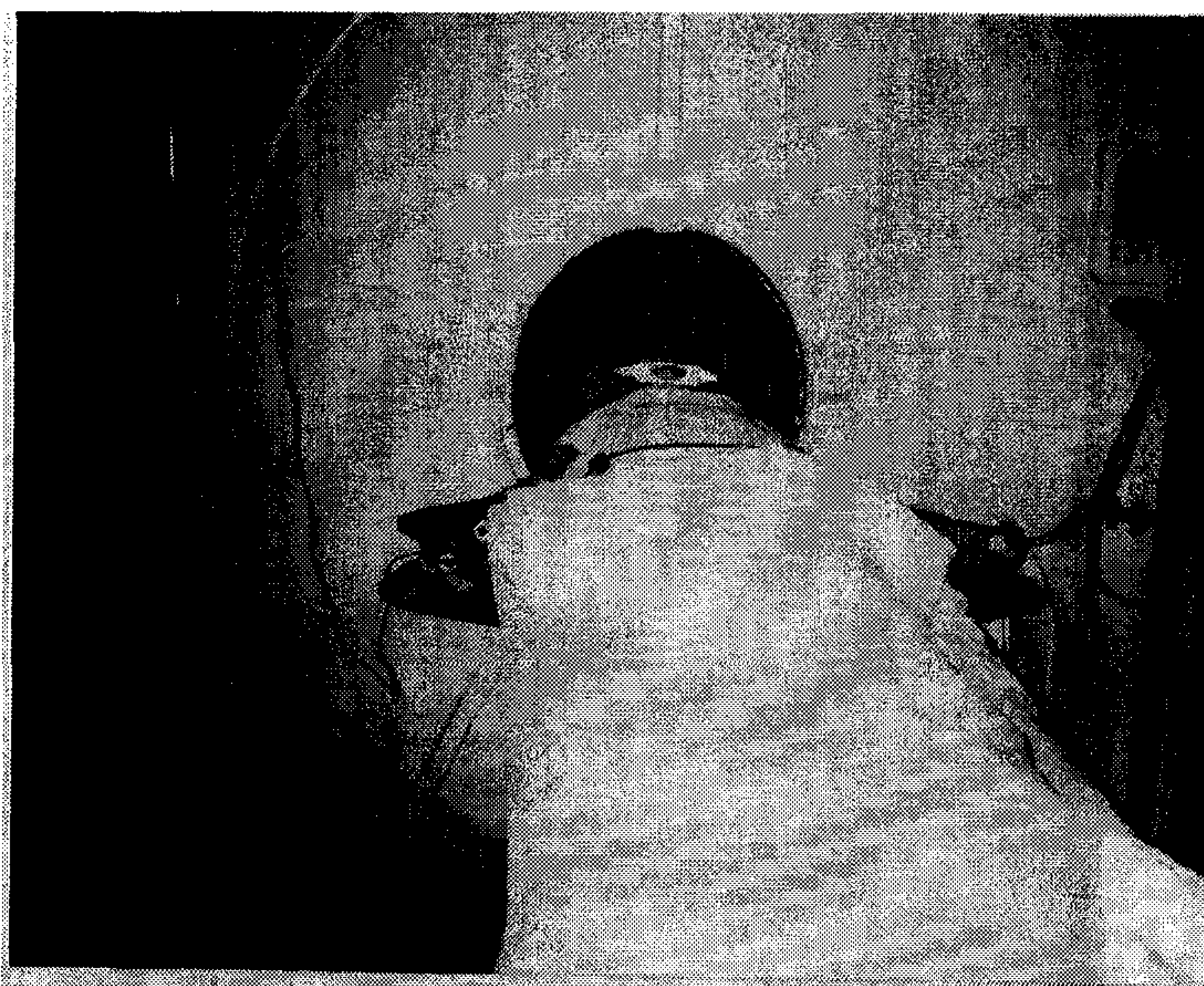


그림 3.7.1 PET 실험장면

사용된 실험 계획은 ABCCBA로 처음 스캔에서는 통제 조건으로 피험자가 아무 것도 만지지 않은 상태에서(A), 두번째 스캔에서는 피험자가 폴리에스터를 만지는 상태에서(B), 세번째 스캔에서는 사포를 만지는 상태에서(C) PET 측정을하였다. 이어서 이들 세 순서가 역순으로(CBA) 다시 한 번 수행되었다.

다. 자료 및 도구

사용된 방법은 가장 많이 쓰이는 방법의 하나인 단일 스캔 기법(single-scan technique)으로 위의 생리적 측정 방법에서 기술된 바와 같이, 방사성 원소로 레이블된 물($H_2^{15}O$)을 혈액에 주사하고, ^{15}O 가 뇌에 도달하여 방출하는 양전자(positron)를 측정하였다. 사용된 자극은 거친 자극으로 사포(AA 180)를, 부드러운 자극으로 폴리에스터를 사용하였다.

3. 결 과

가. PET

그림 3.7.2은 피험자가 거친 자극을 만질 때에 관찰된 PET 스캔을 보여 준다. 피험자가 거친 자극을 만질 때는, 부드러운 자극과 비교할 때, 우반구의 전두엽이 활성화되었고 cingulate cortex가 활성화되었다. 한편, 그림 3.7.3은 피험자가 부드러운 자극을 만질 때에 관찰된 PET 스캔을 보여 준다. 부드러운 자극을 만질 때는, 거친 자극을 만질 때와 비교하여, 우반구의 두정엽이 활성화되었다.

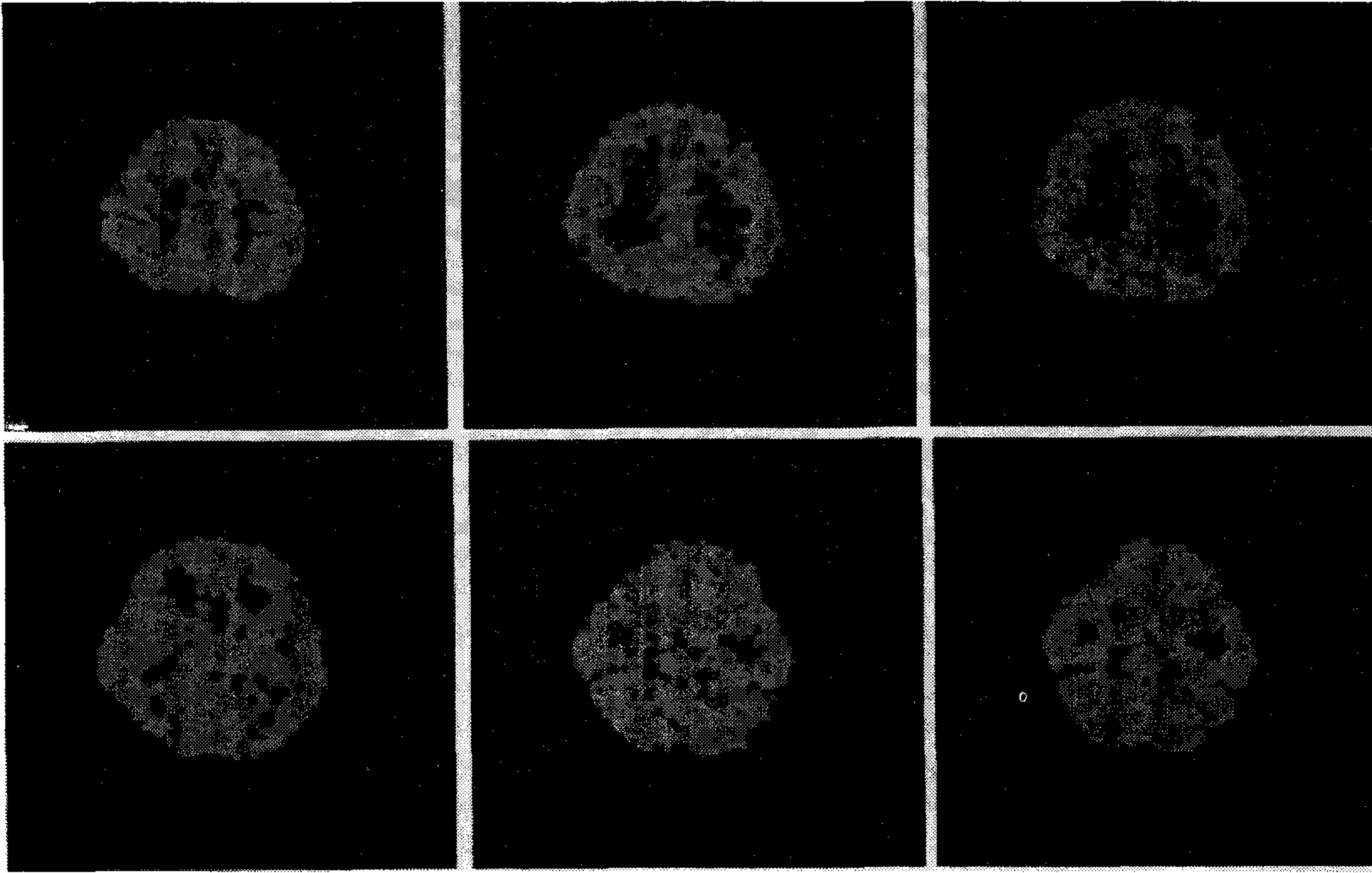


그림 3.7.2은 피험자가 거친 자극을 만질 때에 관찰된 PET 스캔

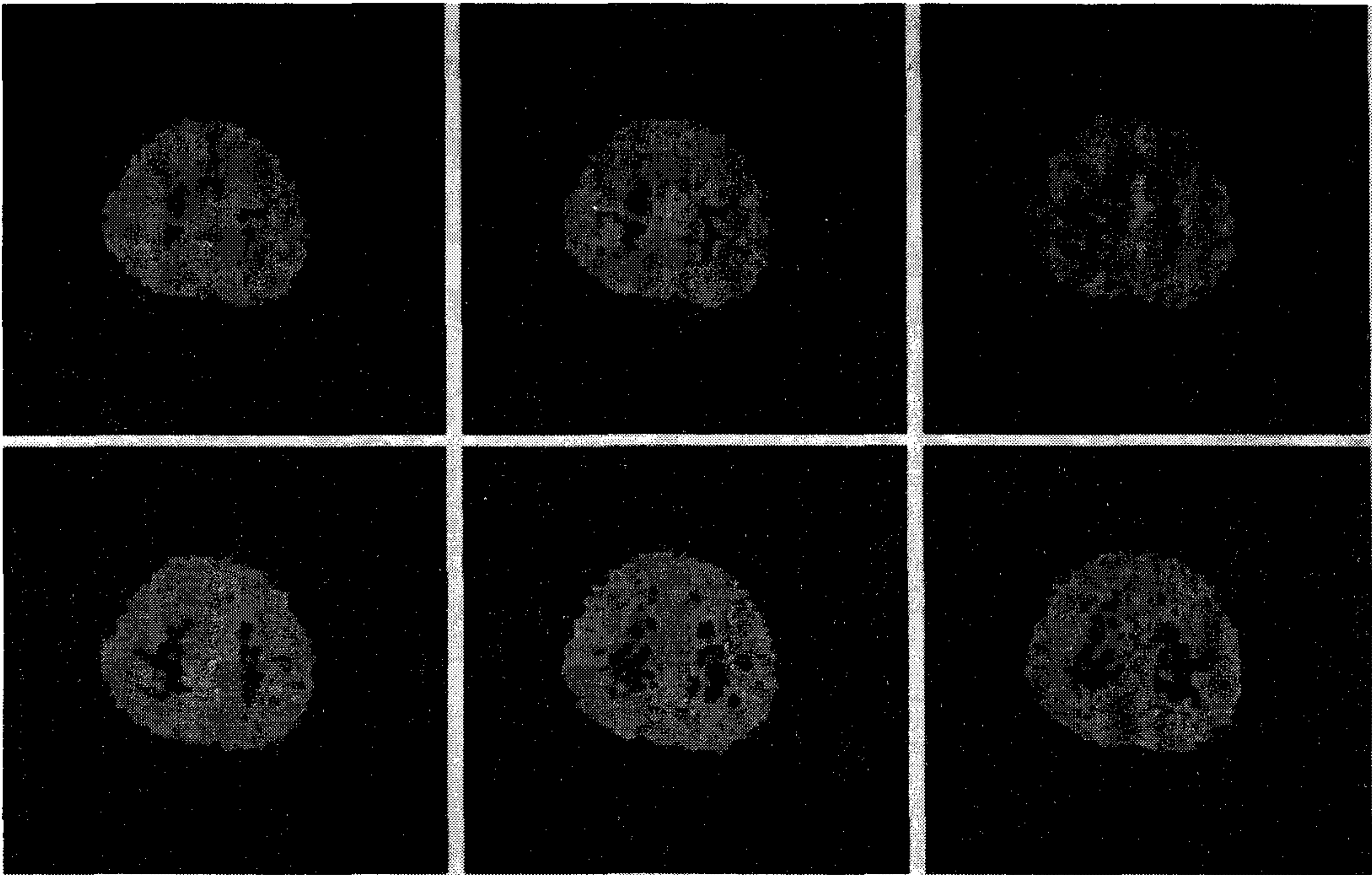


그림 3.7.3은 피험자가 부드러운 자극을 만질 때에 관찰된 PET 스캔

나. 자율 신경계 반응

피부 감각 자극으로 사용된 거친 자극과 부드러운 자극에 대한 자율 신경계의 반응은 서로 다른 패턴을 보였다. HR(heart rate)에 나타난 심혈관 반응을 살펴보면, 부드러운 자극은 심박률을 감소시켰고 거친 자극은 심박률을 증가시켰다. 호흡률(respiration rate)을 부드러운 자극은 감소시켰고 거친 자극은 증가시켰다. 피부 온도(skin temperature)를 부드러운 자극은 다소 감소시킨 반면, 거친 자극은 증가시켰다. 혈류량(blood pulse volume)을 부드러운 자극은 변화시키지 않았으나 거친 자극은 증가시켰다. 마지막으로, 전기피부활동(EDA: electrodermal activity)에 관해서는, 부드러운 자극은 SCL(skin conductance level)을 증가시켰고 SCR(skin conductance response)의 양이 컸다.

이런 결과는 Lang(1995)의 “접근-회피” 개념으로 잘 해석될 수 있다. 즉, 불쾌한 자극(본 연구에서는 거친 사포)은 그로부터 회피하려는 반응을 유발시키고 그에 따르는 전형적인 자율신경계의 반응이 관찰되었다. 이들 전형적인 반응이란 심혈관 반응의 증가와 낮은 전기피부 반응을 포함한다. 한편, 유쾌한 자극(본 연구에서는 부드러운 폴리에스터)은 그를 더욱 탐사하려는 반응을 유발시키고 그에 따르는 전형적인 자율신경계의 반응이 관찰되었다. 이들 전형적인 반응은 자극원에 대한 주의 집중으로 나타나는 심박률의 감소, 호흡률의 감소 및 피부전기 반응의 다량 증가를 포함한다.

그림 3.7.4는 거친 자극(사포)과 부드러운 자극(폴리에스터)에 대한 자율 신경계의 반응으로서 부드러운 자극은 심박률의 감소, 호흡률의 감소, 피부온도의 소량 감소를 가져온 반면, 거친 자극은 심박률의 증가, 호흡률의 증가, 피부온도의 증가, periperal 혈류량의 증가를 가져왔다. 동시에 부드러운 자극은 SCL의 증가와

다량의 SCR을 초래하였다.

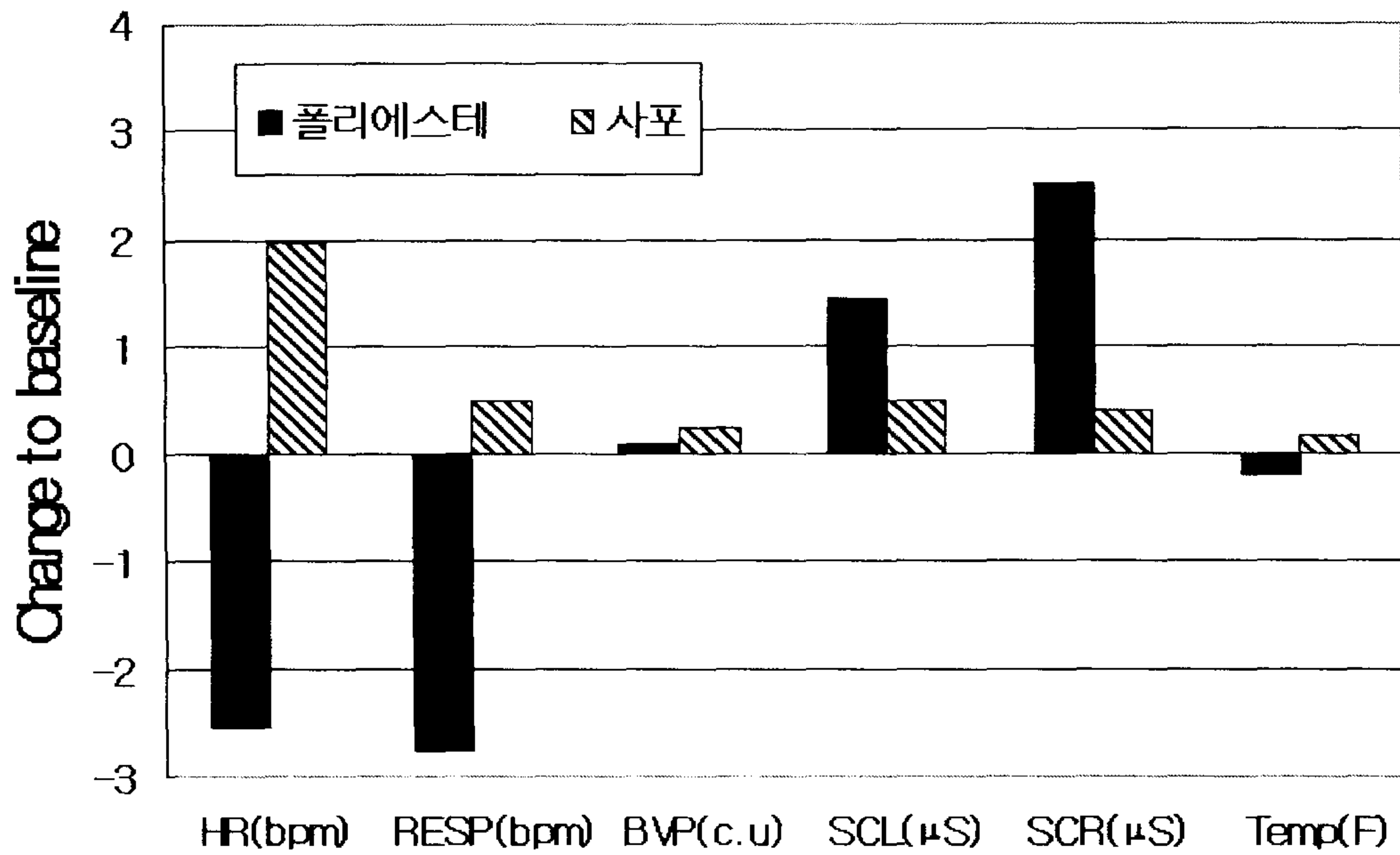


그림 3.7.4 거친 자극(사포)과 부드러운 자극(폴리에스테)에 대한 자율 신경계의 반응

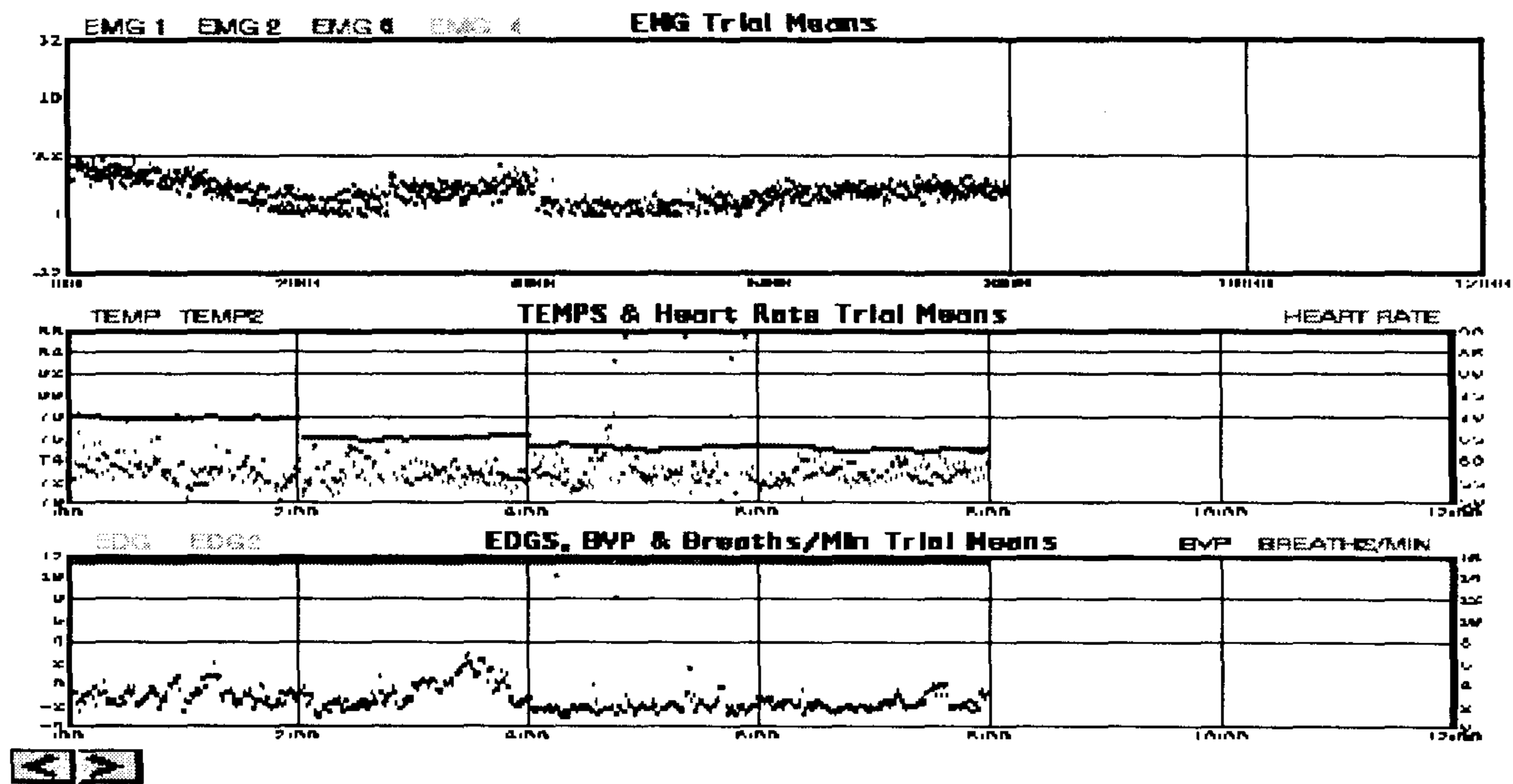


그림 3.7.5 시간의 변화에 따른 부드러운 자극에 대한 EMG, 체온, HR, BVP, RESP, SCL의 변화로서 심박률의 감소, 호흡률의 감소, 피부온도의 소량 감소가 두드러진다.

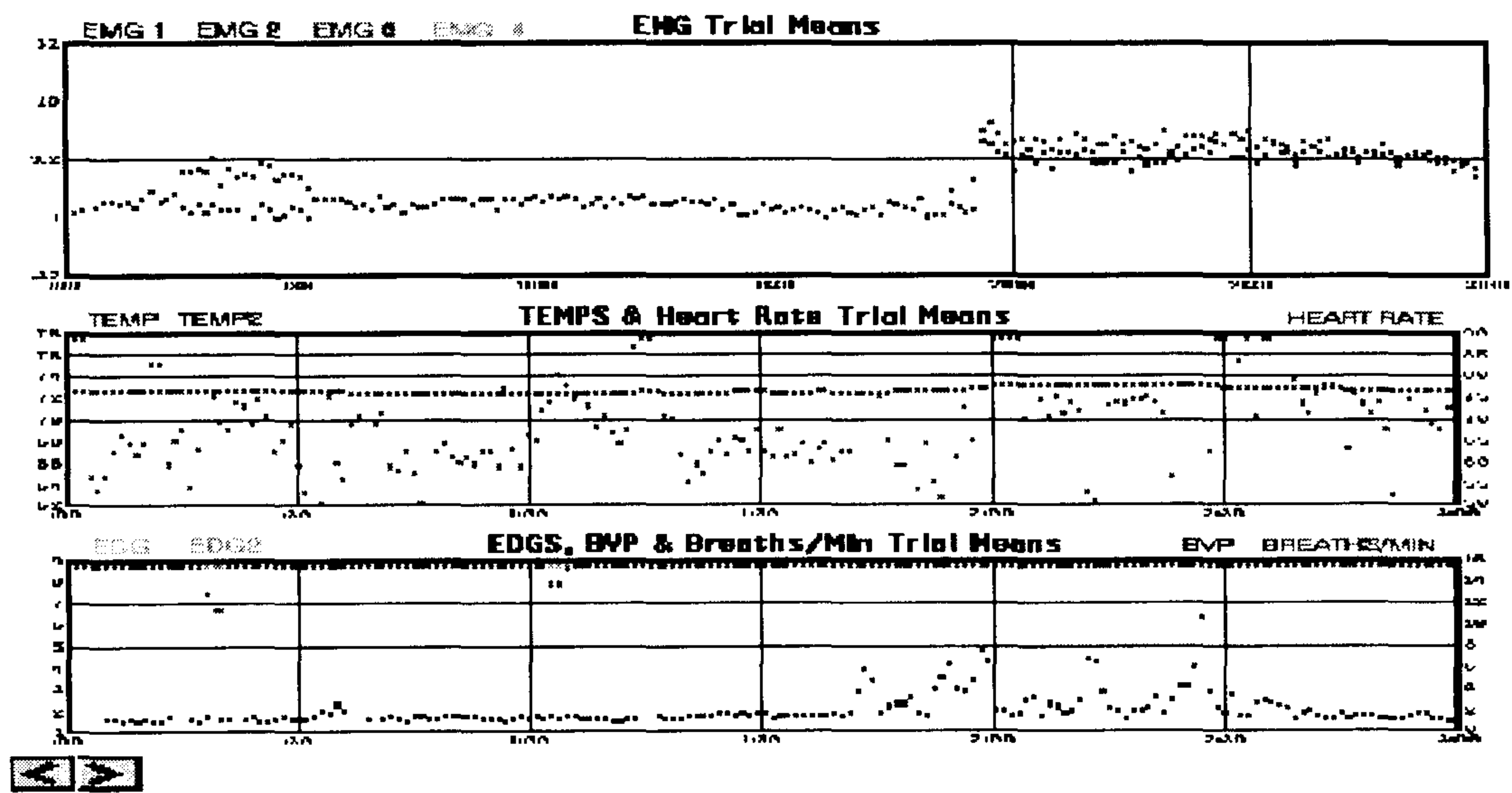


그림 3.7.6 시간의 변화에 따른 거친 자극에 대한 EMG, 체온, HR, BVP, RESP, SCL의 변화. EMG 증가, 심박률의 증가, 혈류량의 증가, 호흡률의 증가, 피부온도의 소량 증가가 두드러진다. SCL의 변화와 SCR이 작음을 알 수 있다.

제 8 절 연구 III: 재질에 따른 피부감성연구

연구요약 : 본 연구에서는 피부자극에 의한 쾌/불쾌 감성의 생리적 지표를 추출하여 정량적으로 측정하고, 이를 토대로 쾌/불쾌 감성의 판정을 위한 생리지표 모델 개발을 시도하였다. 우선 다양한 제품이나 생활환경의 소재로 사용되는 재질들을 제시하여 쾌/불쾌 감성을 유발하여 이에 수반하는 뇌파 및 자율신경계 반응이 어떻게 변화하는지를 비교하였다.

실험 I 과 실험 II에서는 다양한 재질을 자극으로 제시하여 뇌파 및 자율신경계 반응을 측정하고 쾌/불쾌를 평정하는 주관적 평정을 실시하였다. 가장 쾌하고 불쾌하다고 평정한 재질에 대해서 측정된 뇌파(주파수 분석)와 심전도(HRV 분석)반응을 분석하였다.

결과를 요약하면,

- 1) 재질에 의해 유발된 쾌/불쾌 감성에 따른 뇌파의 alpha파와 beta파의 상대적 출현량을 비교한 결과, 쾌 감성을 경험할 때는 불쾌 감성을 경험할 때보다 alpha파의 상대적 출현량이 유의미하게 더 많이 나타나고, beta파의 상대적 출현량은 유의미하게 더 적게 나타났다.
- 2) 재질에 의해 유발된 쾌/불쾌 감성에 따른 HRV 분석 결과는 HF/LF가 쾌 감성 경험시에는 안정상태에 비하여 증가하지만, 불쾌 감성 경험시에는 안정상태에 비하여 감소하는 것으로 나타났다.

본 연구의 의의는 피부자극에 의한 쾌/불쾌 감성의 경험에 따라 뇌파 및 심전도 반응에 있어서 유의미한 차이가 나타남을 확인하였으며, 이를 토대로 쾌/불쾌 감성 판정을 위한 뇌파와 심전도의 생리지표를 개발하였다는데 있다.

1. 연구 목적

피부감각에 의한 감성 요소를 객관적으로 정량화하는 기초연구 결과는 다양한 산업분야에 직접 응용될 수 있기 때문에 매우 중요한 의의를 갖는다. ‘좋다’, ‘예쁘다’, ‘사고 싶다’ 라는 결정은 겉모양과 같은 시각적 요소뿐만 아니라, 손으로 만졌을 때 느끼는 촉감이나 질감과 같은 피부감각적 요소에 의해서도 영향을 받는다. 특히, 의복(직물), 가전/정보기기, 자동차, 생활 용품 등의 소재로 사용되는 섬유, 제지, 플라스틱, 금속가공면, 목재 등은 피부감각에 따라 감성이 다르게 나타날 수 있다.

따라서 본 연구에서는 일상생활에서 많이 사용하는 제품들의 소재가 되는 다양한 재질들을 사용하여, 이러한 피부자극에 의한 쾌/불쾌 감성의 생리적 지표를 추출하여 정량적으로 측정하고, 이를 토대로 쾌/불쾌 감성의 판정을 위한 생리지표 모델 개발을 위해 수행되었다.

가. 실험 I

실험 I 은 먼저 피부자극에 의해 유발되는 쾌/불쾌 감성이 생리적 측정치인 뇌파를 이용하여 구분 가능한지를 알아보기 위해 물리적 특성이 다른 재질을 선택하여 실험을 실시하였다.

(1) 피험자

(3) 결과분석방법

측정된 뇌파는 매 자극 제시 후 2초후부터 20초간을 분리하여 FFT하고, 대역별 구간을 선택하여 적분한 후 각 주파수 대역이 차지하는 상대적인 power를 구하였다. 각 주파수 대역은 delta파 (0.2-3.99Hz), theta파 (4.00-7.99 Hz), alpha (8.00-12.99Hz), beta (13.00-30.00Hz)로 구분하였다.

(4) 뇌파분석결과

네 종류의 재질자극에 대해 모든 피험자가 양털 자극에 대해 가장 쾌하다는 반응을 보였고 돌출 용기를 가진 금속판에 대해 불쾌 반응을 나타내었다. 피험자가 쾌하다고 평가한 자극 제시시의 뇌파와 불쾌하다고 평가한 자극 제시시의 뇌파가 분석되었다. 쾌 감성 경험시와 불쾌 감성 경험시의 뇌파분석 결과가 표 3.8.1과 표 3.8.2, 그리고 그림 3.8.2와 그림 3.8.3에 제시되었다.

표 3.8.1 쾌/불쾌 감성에 따른 alpha파의 t-test 결과

측정부위	t	p	평균(표준편차)
좌전두엽(F3)	2.71	.009	쾌자극 : 27.29 (6.5) 불쾌자극 : 25.76 (5.2)
우전두엽(F4)	2.11	.040	쾌자극 : 27.30 (6.5) 불쾌자극 : 26.30 (5.0)
좌두정엽(P3)	2.73	.009	쾌자극 : 25.34 (6.7) 불쾌자극 : 23.75 (6.0)
우두정엽(P4)	2.69	.010	쾌자극 : 24.79 (5.7) 불쾌자극 : 23.64 (4.8)
좌후두엽(O1)	2.31	.025	쾌자극 : 33.59 (7.6) 불쾌자극 : 32.42 (6.6)

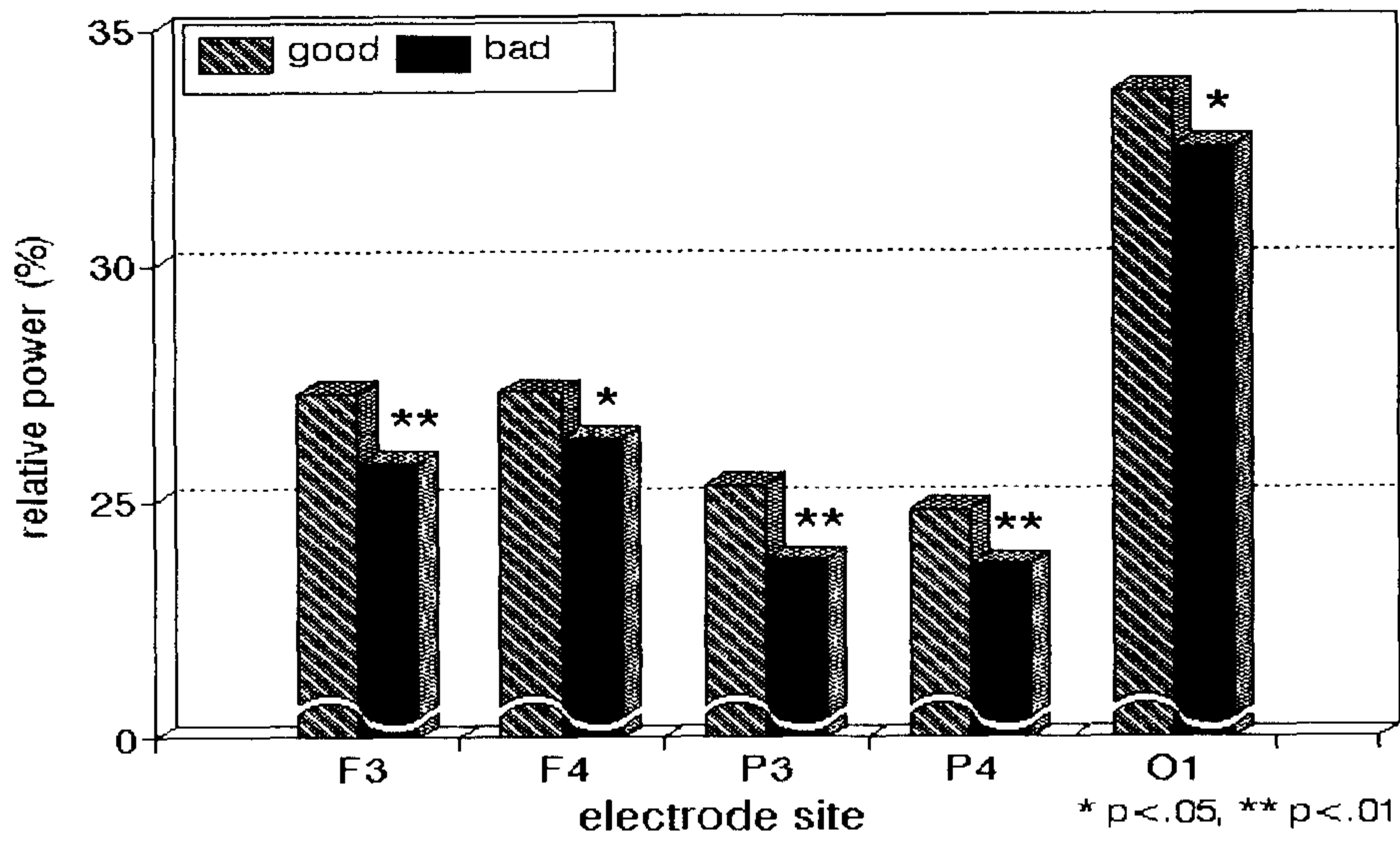


그림 3.8.2 쾌/불쾌 감성에 따른 alpha파의 상대적 출현량의 비교

표 3.8.1과 그림 3.8.2 에서 제시되고 있는 것처럼 전두엽, 두정엽, 후두엽 부분에서 쾌 감성 경험시 alpha파의 상대적 출현량은 불쾌 감성 경험시보다 유의미하게 많이 나타났다. 이 결과는 피부자극에 의해 유발된 쾌 감성이 alpha파의 상대적 출현량과 관련있음을 보여준다.

표 3.8.2 쾌/불쾌 감성에 따른 beta파의 t-test 결과

측정부위	t	p	평균(표준편차)
좌후두엽(01)	3.28	.002	쾌자극 : 31.96 (6.3)
			불쾌자극 : 34.21 (6.0)
우후두엽(02)	2.37	.022	쾌자극 : 32.85 (6.5)
			불쾌자극 : 34.03 (5.8)

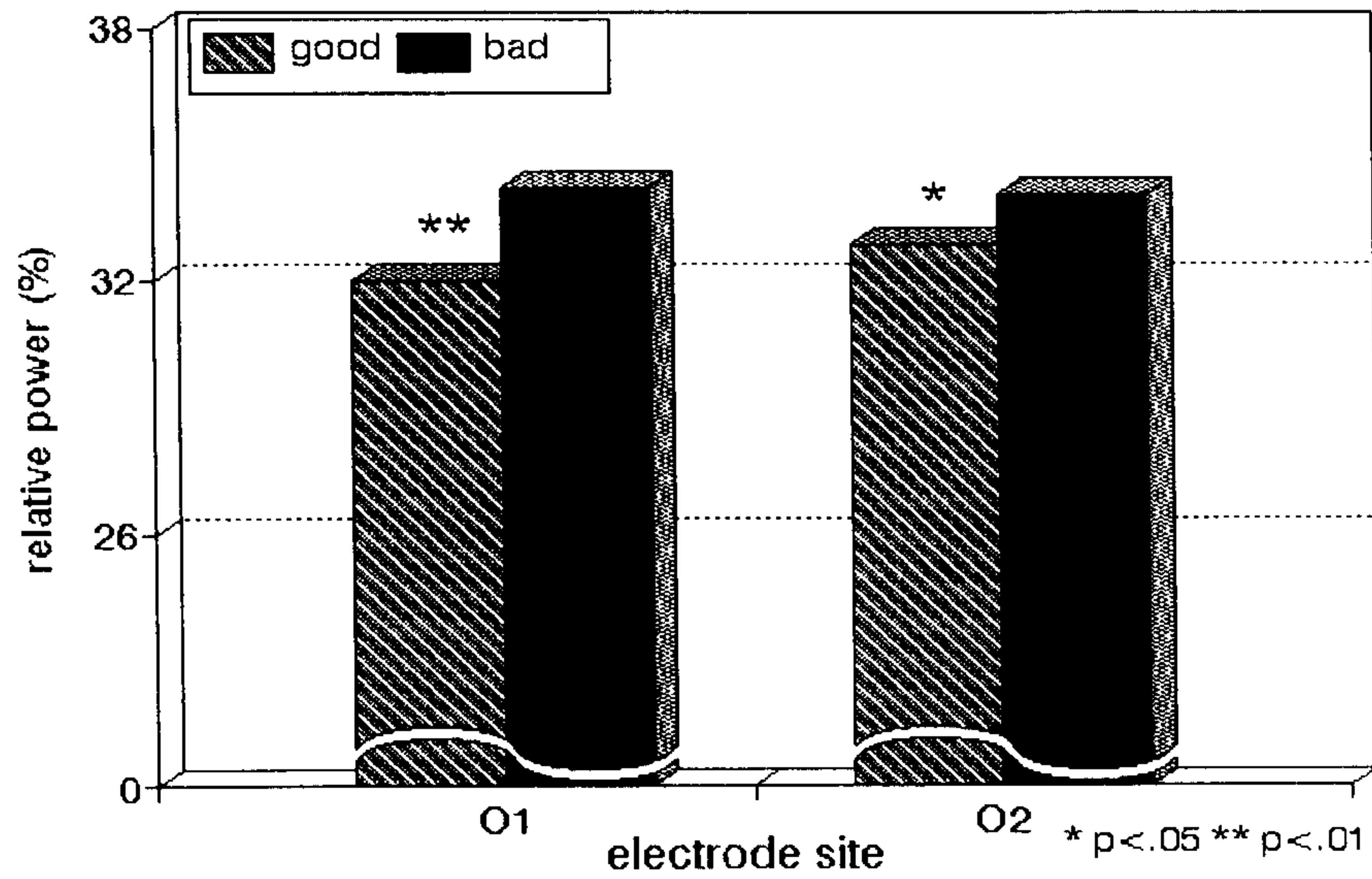


그림 3.8.3 쾌/불쾌 감성에 따른 beta파의 상대적 출현량의 비교

표 3.8.2와 그림 3.8.3에서 제시되고 있는 것처럼 후두엽 부분에서 불쾌 감성 경험시 beta파의 상대적 출현량은 쾌 감성 경험시보다 유의미하게 많이 나타났다. 이 결과는 피부자극에 의해 유발된 불쾌 감성이 beta파의 상대적 출현량과 관련 있음을 보여준다.

나. 실험 II

실험 I에서 뇌파의 alpha파와 beta파가 쾌/불쾌 감성에 따라 유의미한 차이가 있음을 확인하였다. 실험 II는 피부자극에 의해 유발되는 쾌/불쾌 감성에 따라 자율신경계(심전도) 반응에서도 유의미한 차이가 있는지를 알아보기 위해 수행되었다.

(1) 피험자

피험자는 충남대학교 재학중인 남(11명), 여(10) 21명이었으며, 두부외상이나 정신질환의 병력이 없는 오른손잡이였다.

(2) 실험절차

심전도 측정 장치로는 Biopac Systems Inc.에서 제작한 Biopac amp.를 사용하였다. 자료 입력 및 분석은 MP100WS의 AcqKnowledge(version 3.2)를 사용하였다. 심전도는 Lead I을 기준으로 하여 오른쪽 팔목에 reference를 잡고 왼쪽 팔목에서 측정하였다. 전극을 부착한 피험자는 방음실로 들어가 약 10분간의 적응시간을 가지며, 실험가는 실험에 대한 지시사항을 알려준다. 눈을 감고 편안한 상태에서 안정상태의 심전도를 1분간 측정한 후, 피험자는 다섯 가지의 촉각 자극을 왼손에 제시받게 된다. 실험 보조자는 눈을 감고 있는 피험자의 왼손에 다섯 가지의 촉각자극을 각각 30초간 제시하며 자극간 간격은 2분이었다. 자극 제시 순서를 무선화시켜 피험자마다 다른 순서로 자극이 제시되도록 하였다. 자극 제시 후, 피험자는 쾌/불쾌 감성을 평정하였다. 본 실험에서 사용된 촉각 자극은 부드러운 면(dry), 부드러운 면(wet), 종이, 사포, 비닐이었다.

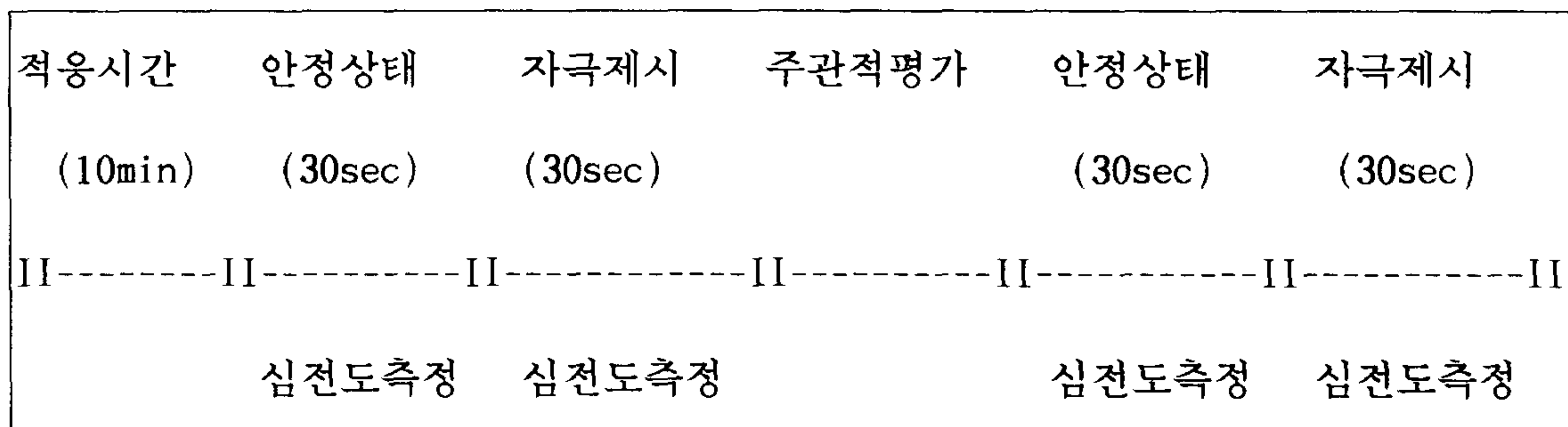


그림 3.8.4 실험 II의 절차

(3) 분석방법

각각의 자극에 대해 자극 전후 30초간의 저장된 데이터를 이용하여 HRV분석을 수행하였다. 그림 3.8.5는 ECG의 R-peak를 검출하여 R-R 간격을 계산하고 이를 HRV로 재구성하여 FFT를 거친 결과를 나타낸 것이다. HRV 신호는 power spectrum 분석을 수행하기 위하여 동일한 시간간격의 시계열 데이터로서 구성하여야 한다.

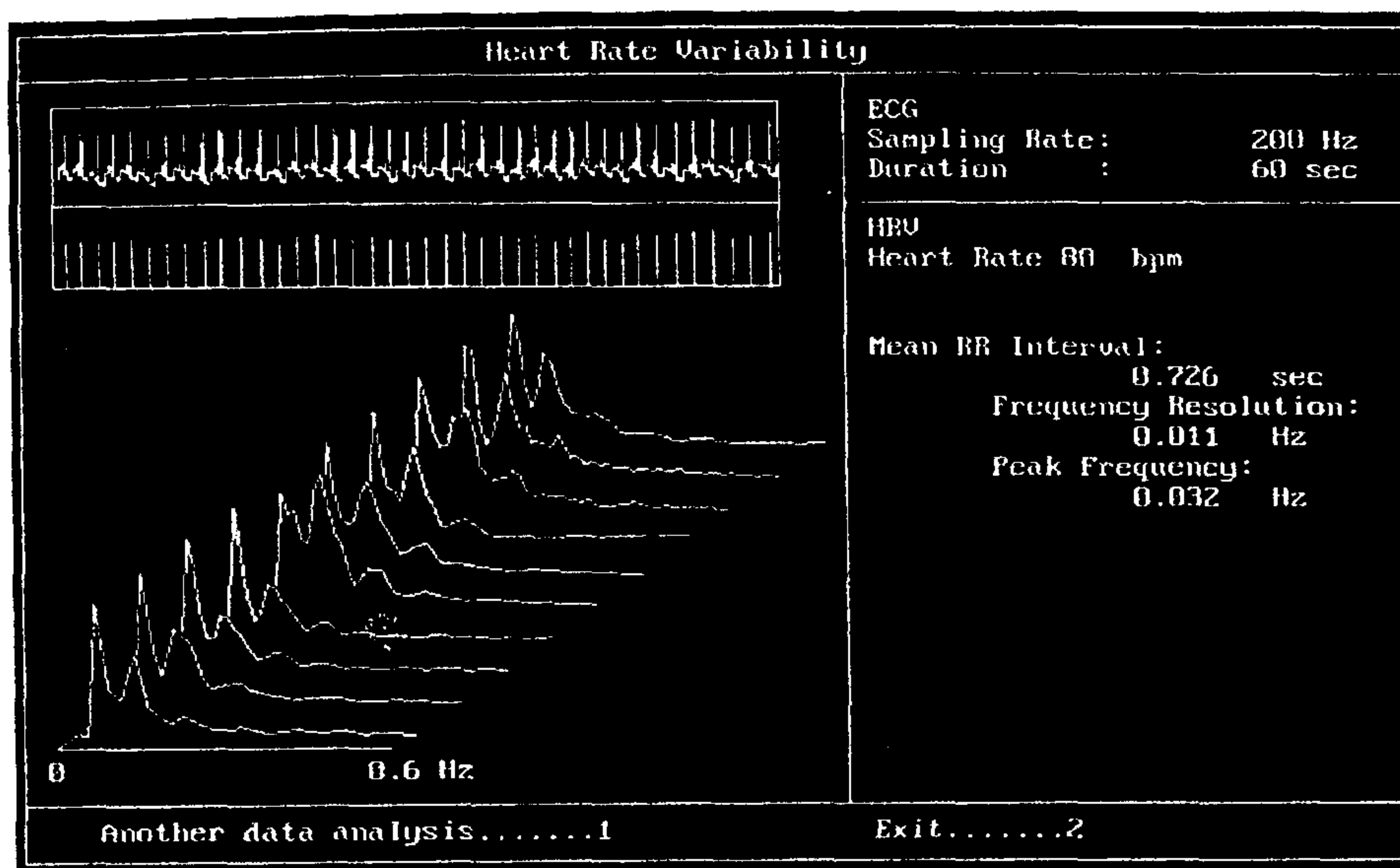


그림 3.8.5 HRV 스펙트럼

HRV 스펙트럼은 세 가지의 주요한 Peak를 가지고 있는데, 0.04Hz 이하에서 주로 나타나는 초저주파 성분(VLF)은 체온조절, 혈관운동, 그리고 다양한 심폐 메카니즘 등에 관여하며, 0.04~0.15Hz에서 보여지는 저주파 성분(LF) 성분은 교감신경계의 활동과 혈압 조절 메카니즘과 관계있는 압수용체 반사(baroreflex)를 나타내고, 0.15~0.40Hz에서 고주파 성분(HF) 성분은 부교감신경계 특히 미주신경의 활동과 호흡활동에 대한 정보를 가지는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 교감 신경계와 부교감 신경계의 우세정도를 알아보기 위해 HF/LF라는 변수를 정의하고, 자극전 데이터의 HF/LF에 대한 자극 후의 HF/LF 값에 대한 차이를 식(1)과 같이 계산하여 전

체적인 변화경향을 파악하고자 하였다.

$$\text{HF/LF difference} = \text{HF/LF}(\text{안정상태}) - \text{HF/LF}(\text{자극}) \quad (1)$$

(4) HRV 분석결과

각 재질자극에 대한 쾌/불쾌 감성 평정점수와 HRV 스펙트럼 변수인 HF/LF difference 값을 비교한 결과가 그림 3.8.6에 제시되어 있다. 각 막대그래프와 함께 나타나 있는 숫자는 피험자(21명)들의 쾌/불쾌 감성 평정치를 평균한 값으로 양(+)의 값이 클수록 쾌 감성반응을 보인 것이고, 음(-)의 값이 클수록 불쾌 감성 반응을 보인 것이다. 또한 쾌 감성을 유발시키는 자극인 부드러운 면(dry)과 비닐의 HF/LF difference 값은 증가하고, 불쾌 감성을 유발시키는 자극인 사포의 HF/LF difference 값은 감소하였다.

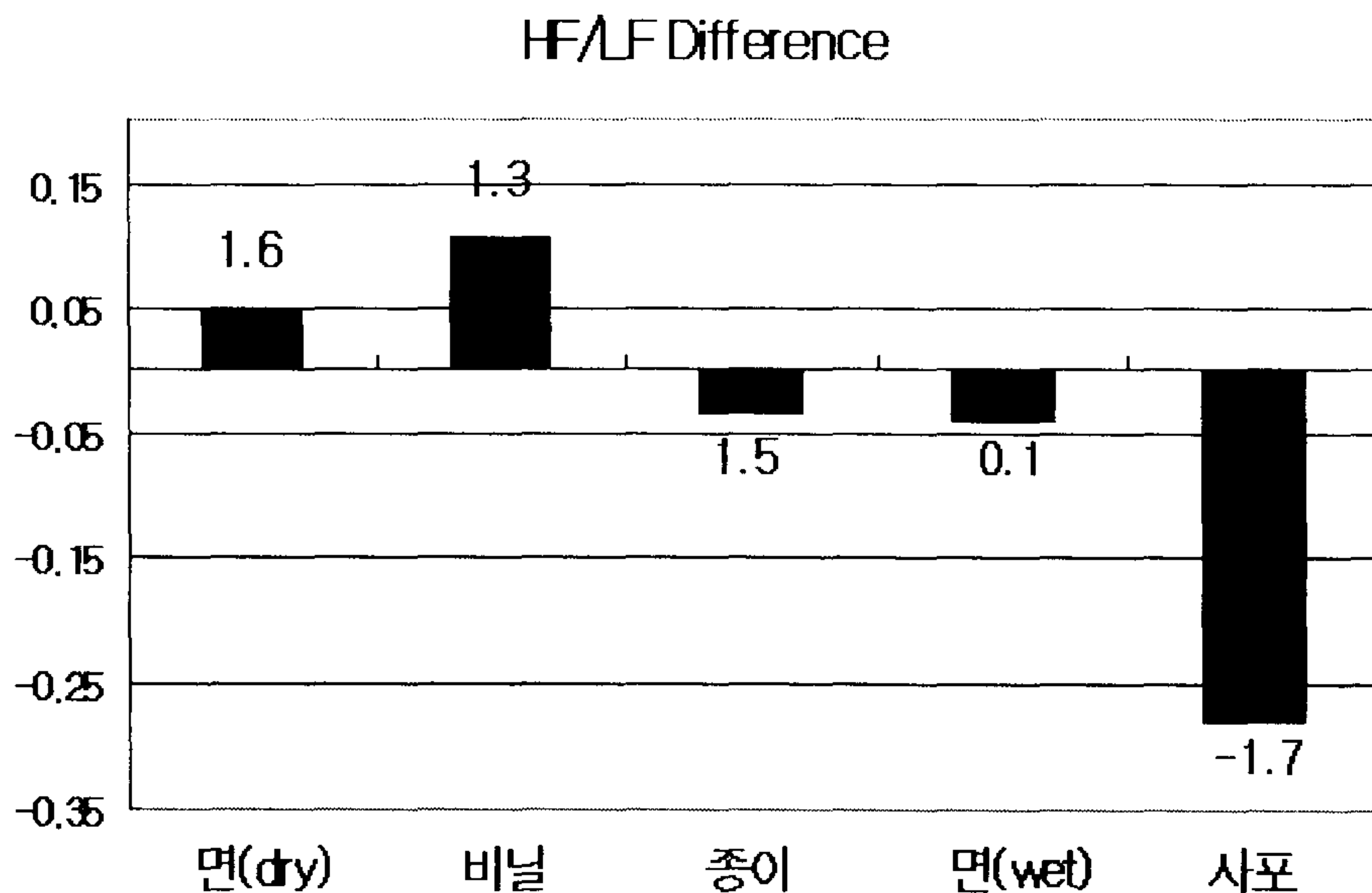


그림 3.8.6 쾌/불쾌 감성에 따른 HRV 분석 결과

다. 결론

본 연구에서는 피부자극에 의한 쾌/불쾌 감성에 따른 생리적 반응을 측정하고, 이를 토대로 쾌/불쾌 감성의 판정을 위한 뇌파와 심전도의 측정치를 사용하여 생리지표를 개발하였다. 다양한 제품이나 생활환경의 소재로 사용되는 재질들을 제시하여 쾌/불쾌 감성을 유발하고, 이에 수반하는 뇌파 및 심전도 반응이 어떻게 변화하는지를 비교하였다.

뇌파의 주파수 분석결과는 다음과 같다. 전두엽, 두정엽, 후두엽 부분에서 쾌 감성 경험시 alpha파의 상대적 출현량은 불쾌 감성 경험시보다 유의미하게 많이 나타났다. 이 결과는 쾌 감성 경험시 alpha파의 상대적 출현량이 많이 나타나는 것은 다른 연구결과들(청각자극에 의해 유발된 쾌/불쾌 감성의 생리적 반응 연구)과 일치한다. 즉, 쾌 감성은 alpha파의 상대적 출현량과 관련이 있다고 할 수 있다. 불쾌 감성 경험시 beta파의 상대적 출현량은 쾌 감성 경험시보다 유의미하게 많이 나타났다. 이것은 피부자극에 의해 유발된 불쾌 감성이 beta파의 상대적 출현량과 관련있음을 보여주는 결과이며, 또한 불쾌 감성 경험시에 beta파의 상대적 출현량이 증가한다는 다른 연구결과들(청각자극에 의해 유발된 쾌/불쾌 감성의 생리적 반응 연구)과 도 일치한다. 따라서 피부자극에 의한 쾌/불쾌 감성을 뇌파의 alpha파와 beta파의 상대적 출현량으로 판정할 수 있음을 확인할 수 있었다.

HRV의 변수인 HF/LF는 교감신경계와 부교감 신경계의 우세정도를 나타내는 변수이며, HF/LF difference 값은 안정상태의 HF/LF값에서 자극이 제시되었을 때의 HF/LF값을 뺀 값이다. 각 재질자극에 대한 쾌/불쾌 감성 평정점수와 HRV 스펙트럼 변수인 HF/LF difference 값을 비교한 결과, 쾌 감성을 유발시키는 자극인 부드러운 면(dry)과 비닐의 HF/LF difference 값은 증가하고, 불쾌 감성을 유발시키

는 자극인 사포의 HF/LF difference 값은 감소하였다. 쾌 감성 경험시의 HF/LF의 증가는 부교감 신경계의 활동이 우세함을 의미하고, 불쾌 감성 경험시에는 HF/LF의 감소는 교감신경계의 활동이 증가되었음을 의미한다. 불쾌한 감성은 생존과 직접 관련되므로, 이때 교감신경계의 활동이 증가된다. 따라서 HF/LF 변수는 쾌/불쾌 감성을 판정하는 생리적 지표라 할 수 있겠다.

본 연구의 의의는 뇌파 및 심전도 반응이 쾌/불쾌 감성을 판정하는 신뢰롭고 타당한 생리적 지표가 될 수 있는 가능성을 제시하였다는데 있다. 따라서 본 연구의 결과를 토대로 쾌/불쾌 감성의 판정을 위한 기초적인 생리지표 모델을 개발하였다.

제 9 절 연구Ⅳ: 식물에 따른 촉각감성 연구

연구 요약 다양한 식물자극에 의하여 유발된 주관적 긍정/부정의 감성과 이에 수반하는 뇌파 및 자율신경계 반응(HRV)의 특징적 차이를 밝히고자 하였다. 실험 I에서는 매우 유사한 식물자극을 사용하여 자극에 따른 감성과 뇌파특성을 비교하였고, 실험 II에서는 6종류의 상당히 다른 식물자극을 사용하여 주관적 감성(긍정-부정)의 정도와 뇌파 및 HRV 특성을 비교하였다.

결과를 요약하면,

- 1) 쾌(긍정)감성을 유발하는 식물의 경우, '부드럽다', '편안하다', '청결하다', '상쾌하다', '고급스럽다' 등의 형용사에서 높은 점수를 받았으며, 불쾌(부정)감성을 유발하는 식물의 경우에는 '단단하다', '거칠다' 등의 형용사에서 높은 점수를 받았다.
- 2) 쾌감성 유발 식물 제시시 좌전두엽과 좌두정엽에서 theta파의 상대 출현량이 유의미하게 높게 나타났으며, 좌의 두정엽 및 좌후두엽에서 Slow alpha파가 높게, 좌두정엽 및 좌 후두엽에서 Slow beta파가 낮게 나타났다.
- 3) 쾌유발 식물제시시, HRV의 높은 주파수 대역의 상대 출현량이 높게 나타나 부교감 신경계가 활성화되었음을 보여주며, 이는 쾌감성을 느낄 때 생리적으로 이완됨을 의미한다.

본 연구의 의의는 식물자극에 의한 쾌/불쾌 감성의 주관적 경험과 뇌파 및 자율신경계 반응(HRV)의 유의미한 상관관계를 가지고 있음을 밝혔다는 점이다. 그러나 뇌파 및 HRV 특성만으로는 우리가 질감에 대해서 느끼는 섬세한 감성을 구분하기에는 부족한 것으로 보인다. 따라서 후속연구에서는 감성과 상관관계를 나타내는 보다 다양한 생리신호 지표를 추출하여 감성 판정을 위한 복합 생리지표 형판 모델의 개발이 요구된다.

1. 연구 목적

이 실험의 목적은 질감자극에 의해 유발된 정서와 뇌파 및 자율신경계 반응간의 관계를 알아보고 생리신호를 통해 질감감성의 구분이 가능한지를 알아보고자 하는 것이다.

2. 연구방법

가. 실험장비

실험실은 가로 12m, 세로 6m의 소음이 차단된 방음실(소음 35dB이하)이고 외부로부터 들어오는 artifact(잡음, 교류)를 접지하여 차단시켰다. 방음실 중앙에 피험자가 앉을 안락의자가 있고, 피험자의 오른쪽에 외부의 실험자와 통신할수 있도록 인터폰이 설치되었다.

뇌파측정 장치로는 'Neurodata Acquisiton System' Model 12 (Grass Co.)와 Biopac Systems Inc.에서 제작한 'MP 100 WS'을 사용하였다. 자료 입력 및 분석은 MP100WS의 Software 부분인 AcqKnowledge(version 3.2)를 사용하였다. 두피에 부착한 전극은 명상전극(cup electrode)를 사용하였으며, Elefix EEG paste(Nihon Kodan Co.)를 사용하여 전극을 고정시켰다. 전극 부착 위치는 Jasper(1958)에 의해 처음으로 발표된 국제 전극 배치법인 International 10/20 electrode system에

의해 선정되었다.

촉각자극 제시 자동화시스템을 사용하여 자극 제시 방법을 체계화하였다. 촉각 자극 제시기는 모터에서 자극제시 속도와 압력을 제어할수 있고, 피험자의 손의 위치를 고정할 수 있도록 설계되었다.

나. 실험 절차 (공통)

피험자가 실험실에 들어오면 실험에 대한 간단한 소개를 받은후 전극을 부착한다. 전극 부착위치는 동측 귓볼(A1, A2)을 기준전극으로 하여 F3, F4, P3, P4, O1, O2 지점이었다. 전극을 부착한 피험자는 방음실로 들어가 실험 보조자와 함께 약 10분간의 적응시간을 가지며, 안정상태의 뇌파를 측정하기 위해 피험자는 눈을 감고 가장 편안한 상태를 조성하도록 유도되었다. 안정상태의 뇌파를 1분간 측정한 후 피험자는 4가지의 촉각 자극을 왼손에 제시받게 된다. 실험 보조자는 눈을 감고 있는 피험자의 왼손에 4가지의 촉각자극을 각각 30초간 제시하며 자극간 간격은 2분이었다. 자극 제시 순서를 무선회시켜 피험자마다 다른 순서로 자극이 제시되도록 하였다. 매 자극 제시후에는 자극에 대한 쾌, 불쾌 정도를 주관적 평가지에 11점 척도로 작성하였다.

3. 실험 I

가. 피험자

피험자는 충남대학교 재학생으로 두부외상이나 정신질환의 병력이 없는 오른손잡이 대학생을 대상으로 하였다. 11명의 남학생(20-22세)과 9명의 여학생(20-21세)이 참여하였다.

나. 실험 절차

피험자는 왼손에 다섯 개의 자극을 무선화된 순서로 제시받았다. 실험 I에서 사용된 촉각 자극은 Gowoo Textile Co. 의 직물 표본 중 GWS-9, GWB-18-1, WGS-6, GWB-3, 18 번 직물을 사용하였다. 각 자극 제시전에 매번 안정시 뇌파가 1분간 측정되었고, 자극 제시시의 뇌파가 1분간 측정되었다.

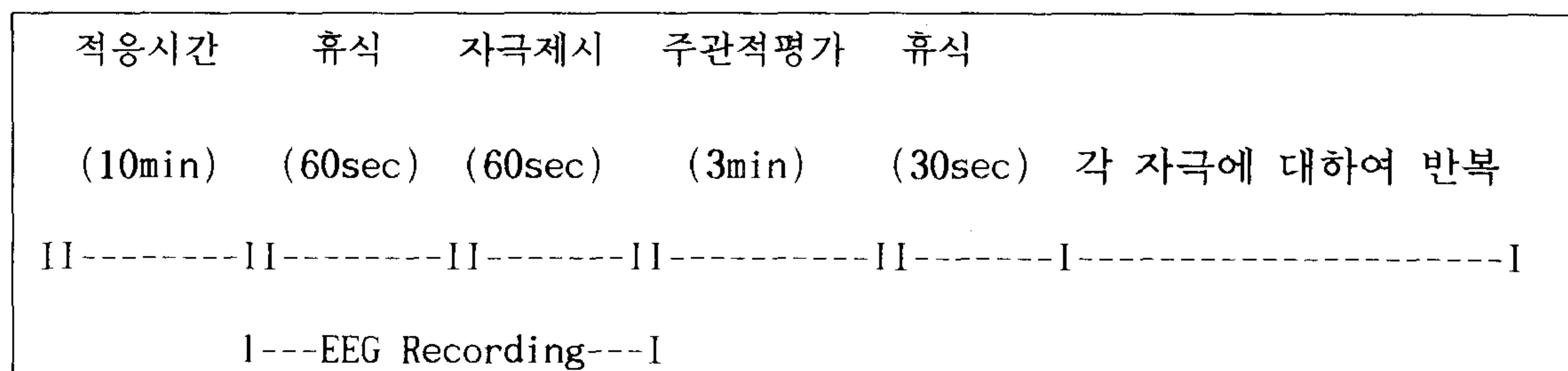


그림 3.9.1 실험 절차

측정된 자료에 다양한 분석법을 적용해 보기 위해 신호측정 시간을 1분으로 연장하였다. 자극간 간격은 3분이었으며 자극이 끝난후 자극에 대한 주관적인 평가가

이루어졌다. 주관적 평가지는 ‘피부감각 감성의 심리적 차원 및 척도개발’ (손진훈과 김성일, 1996; 미발표) 연구에서 추출된 12개의 형용사를 사용하여, 11점 척도로 제작되었다.

라. 결 과

측정된 뇌파는 artifact를 제외한 모든 자료를 선택하여 분석하고, 피험자가 주관적으로 가장 쾌하다고 응답한 자극 제시시의 뇌파와 가장 불쾌하다고 응답한 자극 제시시의 뇌파가 비교되었다. 각 주파수 대역은 delta파(0.2-3.99Hz), theta 파(4.00-7.99 Hz), slow alpha (8.00-9.99Hz), fast alpha (10.00-12.99Hz), slow beta (13.00-19.99Hz), fast beta (20.00-30.00Hz)로 구분하였다. 서로다른 자극에 대한 뇌파의 변화양상을 좀더 정밀하게 알아볼수 있도록 여섯 개의 주파수 대역으로구분하였다.

5가지의 제시 직물 자극에 대해 18명의 피험자들은 매끄러운 질감의 GWS-9번 섬유를 가장 쾌하다고 반응하였으며 2명의 피험자는 GWB-3번 섬유에 대해 가장 쾌하다고 반응하였다. 또한 17명의 피험자가 거친질감의 18번 섬유를 가장 불쾌한 자극으로 분류하였고 2명의 피험자가 WGS-6번 섬유, 한명의 피험자가 대부분 쾌하다고 반응한 매끄러운 질감의 GWS-9번 섬유를 가장 불쾌한 것으로 분류하였다.

표 3.9.1은 각 직물에 대한 각 형용사의 평가점수이다. 주관적평가 점수에 대한 repeated ANOVA분석 결과, 각 직물에 대해 “끈끈하다” 항목을 제외한 모든 형용사에서 유의미한 차이를 보였다. 평가점수는 모든 형용사의 반응값을 긍정방향으로 재입력하여 평균을 구한 것이다. 따라서 점수가 높을수록 더 긍정적인 평가를 받았음을 나타낸다. 전체평균은 직물 I에서 가장 높고 직물 V에서 가장 낮은 값을

나타내었다.

표 3.9.1 직물에 대한 주관적 평가결과

형용사 종류 (쾌/불쾌 응답빈도)	부드 럽다	단단 하다	끈끈 하다	거칠 다	섹시 하다	편안 하다	청결 하다	독특 하다	상쾌 하다	새것 이다	고급 스럽 다	시원 하다	전체 평균
직물 I (GWS-9) (18/1)	9.50	3.65	2.55	2.35	6.80	9.25	7.95	6.55	8.00	7.30	7.90	7.20	8.91
직물 II (GWB-18-1 (0/0)	8.10	4.50	2.95	4.00	4.60	7.75	6.95	5.10	6.80	5.75	6.10	5.25	7.49
직물 III (WGS-6) (0/2)	5.75	5.40	2.45	5.50	5.30	6.90	7.00	5.85	7.75	6.80	6.80	7.90	7.64
직물 IV (GWB-3) (2/0)	8.35	3.60	2.90	3.85	4.80	7.80	7.70	5.80	7.20	6.40	6.90	6.20	7.98
직물 V (18) (0/17)	3.40	6.50	1.90	8.05	3.40	.00	5.90	7.65	6.15	4.30	4.75	6.95	6.34
F	42.92	5.25	1.41	17.57	6.82	17.34	3.40	4.75	3.36	6.85	7.21	5.81	.
p	.000	.001	.24	.000	.000	.000	.013	.002	.014	.000	.000	.000	.

* 각 형용사 척도에서 가장 높은 평정점수를 받은 직물을 그늘지게 표시하였다.

대부분의 피험자가 쾌하다고 평가한 첫 번째 직물 (GWS-9)이 “부드럽다”, “섹시하다”, “편안하다”, “청결하다”, “상쾌하다”, “새것이다”, “고급스럽다” 라는 형용사에서 가장 높은 점수를 나타내었고, 대부분의 피험자가 쾌하지 않다고 평가한 다섯 번째 직물 (18)은 “단단하다”, “거칠다”, “독특하다” 라는 형용사에서 가장 높은 점수를 받았다.

그림 3.9.2는 쾌정서를 유발하는 것으로 평가된 식물자극을 접촉하였을 때 불쾌정서를 유발하는 것으로 평가된 직물을 접촉했을 때에 비해서 좌전두엽과 좌두정엽에서 theta파의 상대적 출현량이 유의미하게 높았다. (그림 3.9.2)

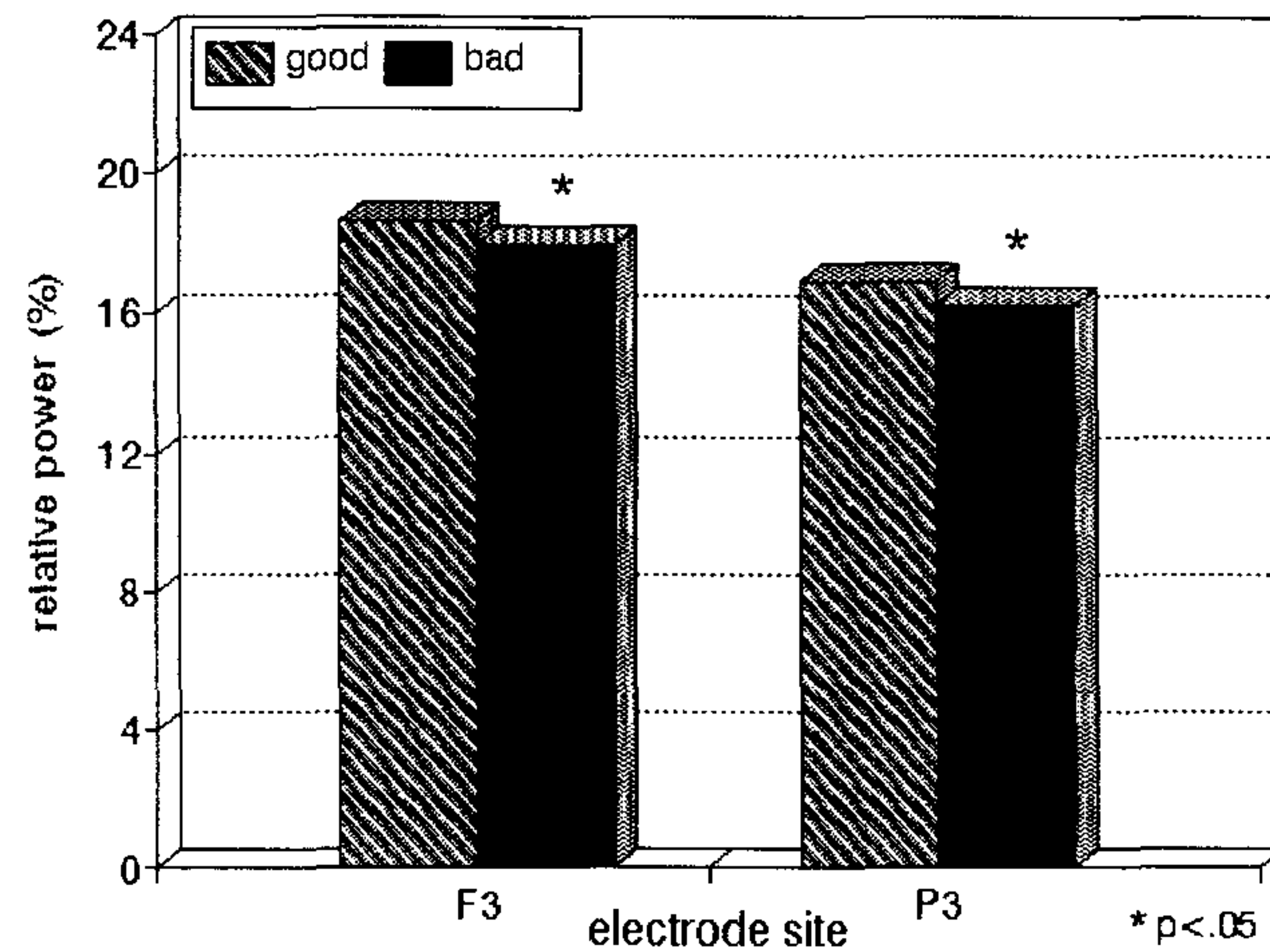


그림 3.9.2. 쾌·불쾌 식물자극에 의해 유발된 theta파의 상대적 출현량의 비교

쾌정서를 유발하는 것으로 평가된 식물자극을 제시시, 불쾌정서를 유발하는 것으로 평가된 직물을 제시시보다 좌두정엽과 우두정엽, 그리고 좌후두엽에서 slow alpha 파의 상대적 출현량이 유의미하게 높았다. (그림 3.9.3)

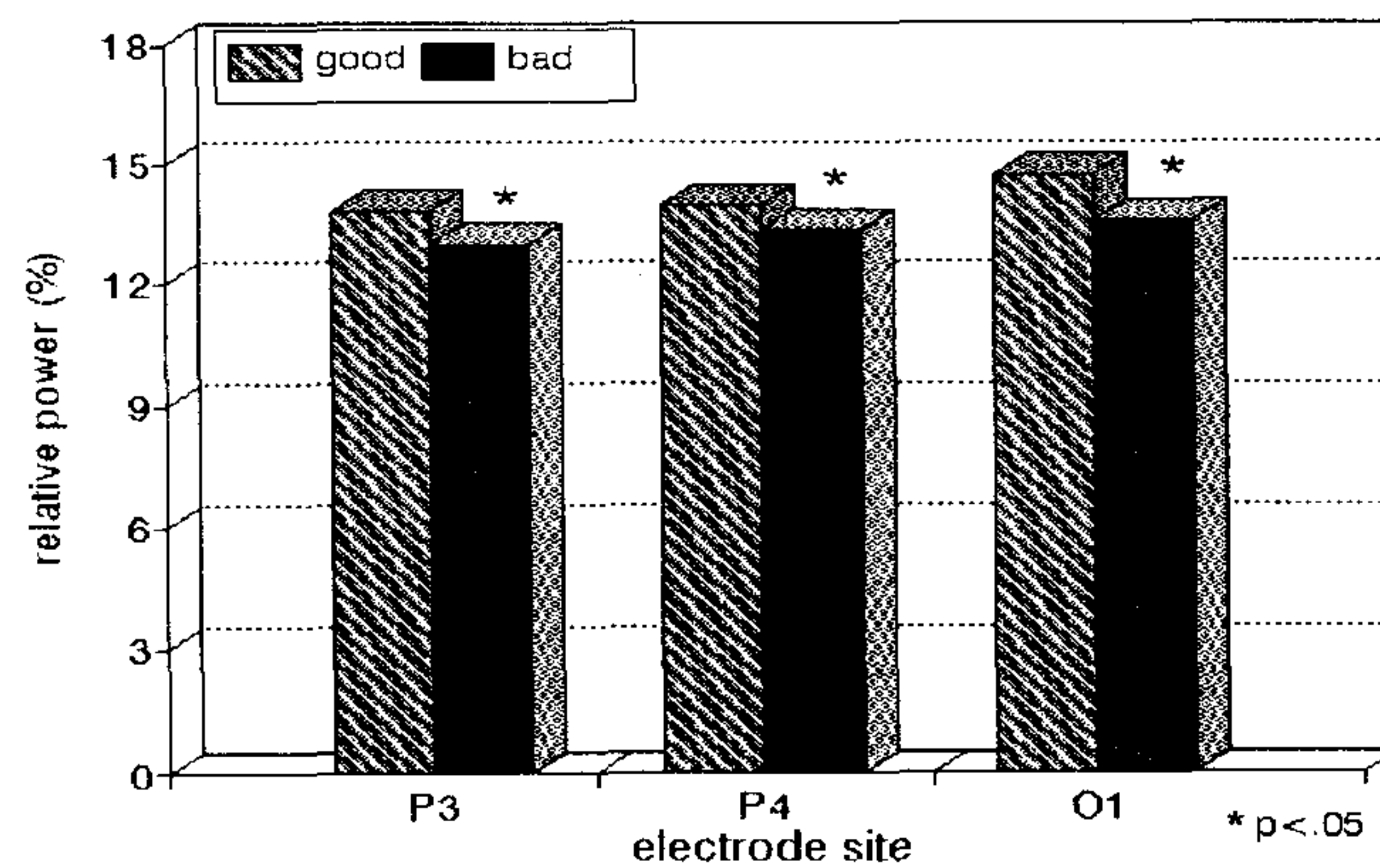


그림 3.9.3 쾌·불쾌질감자극에 의해 유발된 slow alpha파의 상대적 출현량의 비교

또한 불쾌정서를 유발하는 것으로 평가된 직물자극을 제시했을 때, 쾌정서를 유발자극 제시시보다 좌두정엽과 좌후두엽에서의 slow beta파의 상대적 출현량이 유의미하게 많이 나타났다. (그림 3.9.4)

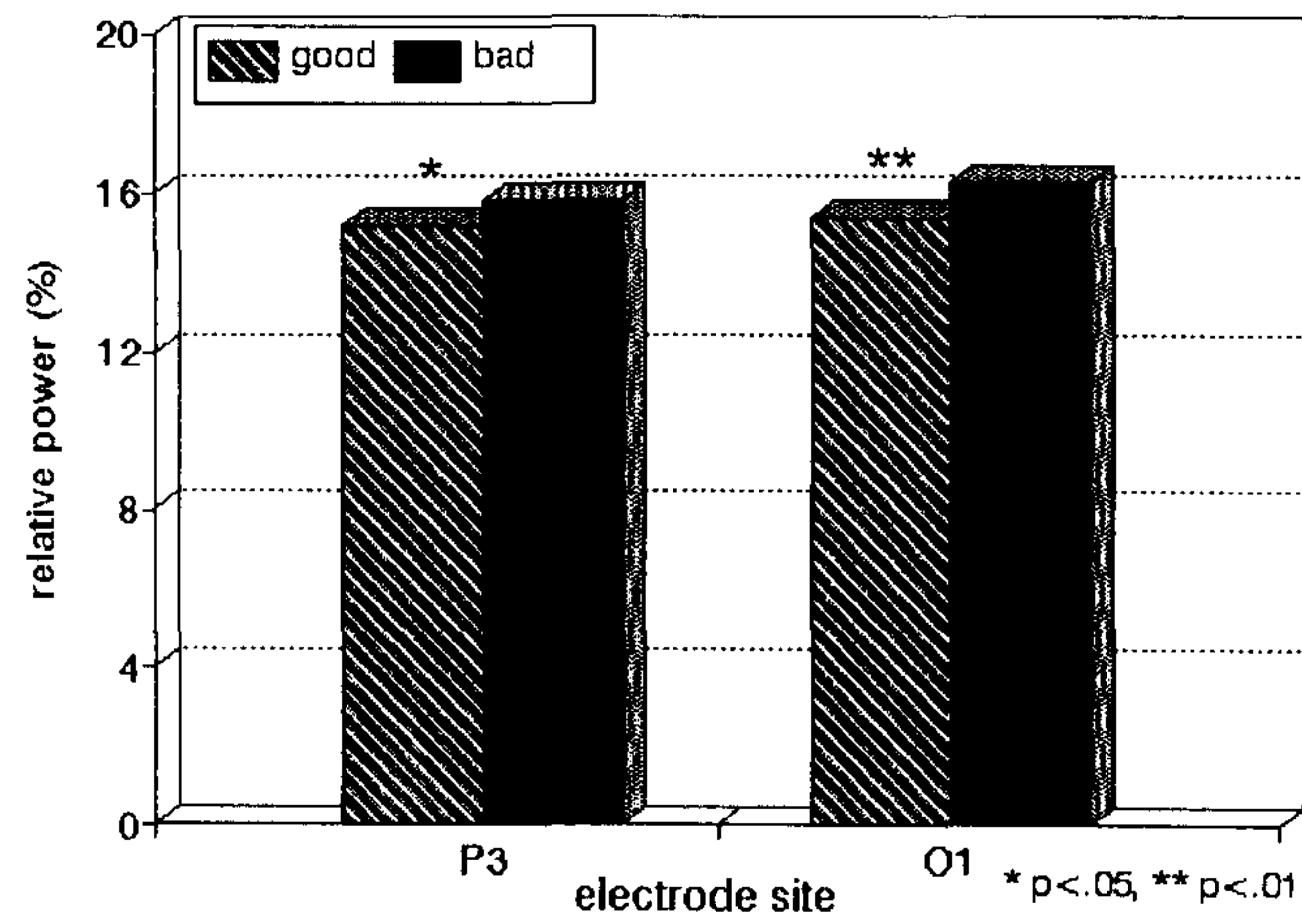


그림 3.9.4 쾌·불쾌 질감 자극에 의해 유발된 slow beta 파의 상대적 출현량의 비교

4. 실험 II

가. 피험자

본 연구를 위한 피험자는 충남대학교 재학중인 두부외상이나 정신질환의 병력이 없는 오른손잡이를 대상으로 11명의 여학생(20--23세)이 참여하였다.

나. 실험절차

아래에 기술한 내용을 제외하고는 실험 I 과 동일하였다. 전극 부착위치는 FP1, FP2, C3, C4, O1, O2와 A1, A2 였다. 피험자는 원송에 여섯가지의 직물 자극을 무선회된 순서로 제시받았다. 사용된 직물자극은 감사, 우피, 마, 밍크, 벨벳, 실크 였다. EEG 및 ECG 생리신호는 자극 제시전(안정상태) 및 자극제시 동안 각각 60초 간 기록되었다. 그림 3.9.5은 실시간으로 기록되는 생리신호 반응을 보여주는 모니터 화면이다.

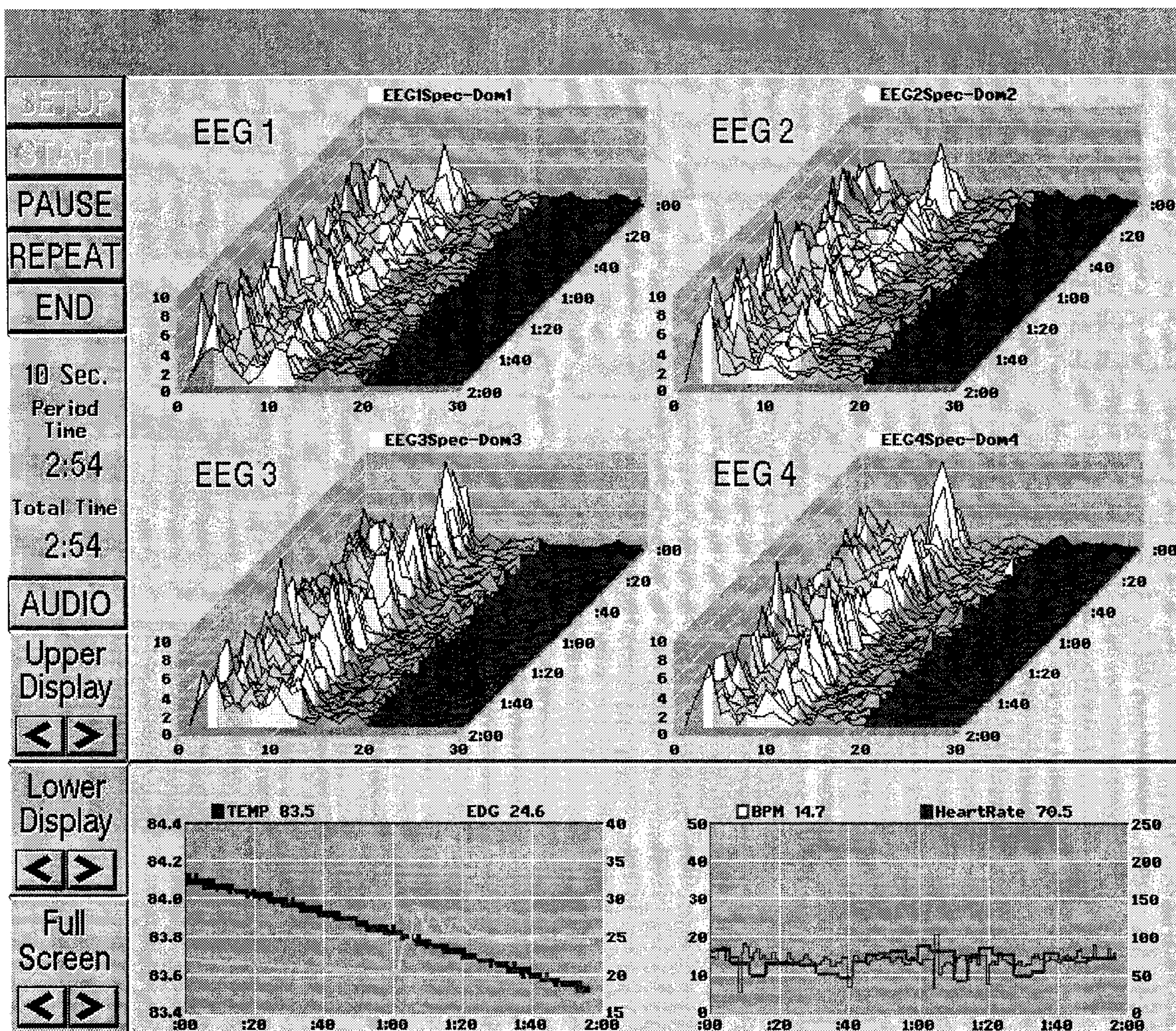


그림 3.9.5 실시간으로 기록된 생리신호 반응의 모니터 화면

다. 결과

거의 모든 부위에서 Slow alpha 상대 출현량이 증가하였으며 일부 직물간에는 유의미한 차이가 있었다. 한편 Fast alpha 상대 출현량은 전체적으로 감소하는 경향을 보여주었으나 C3, C4에서는 우피, 마, 실크의 경우 상대 출현량이 증가하였다.

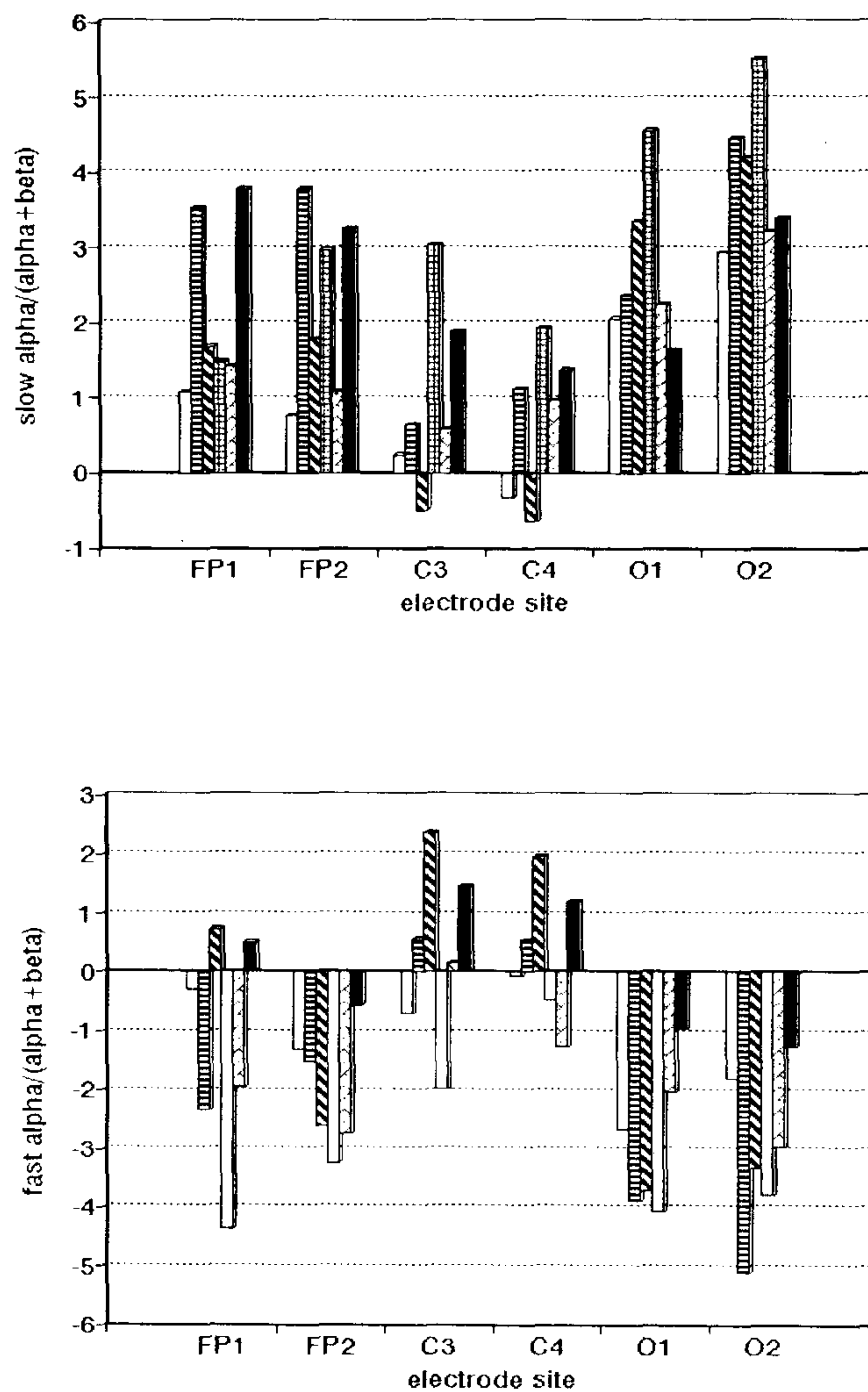


그림 3.9.6 Slow alpha파(왼쪽) 및 Fast alpha파(오른쪽)의 상대 출현량 :

각 기록 부위에서 자극제시 순서는 (좌→우) 갑사, 우피, 마, 밉크, Slow beta 상대 출현량은 전체적으로 감소하는 경향을 보여주었으나 O1부위에서는 갑사를 제외

한 모든 직물자극시 상대출현량이 증가하였다. Fast beta 상대 출현량은 일부 직물 자극시에는 증가하고, 일부 직물 자극시에는 감소하는 혼재된 경향을 보여주었다.

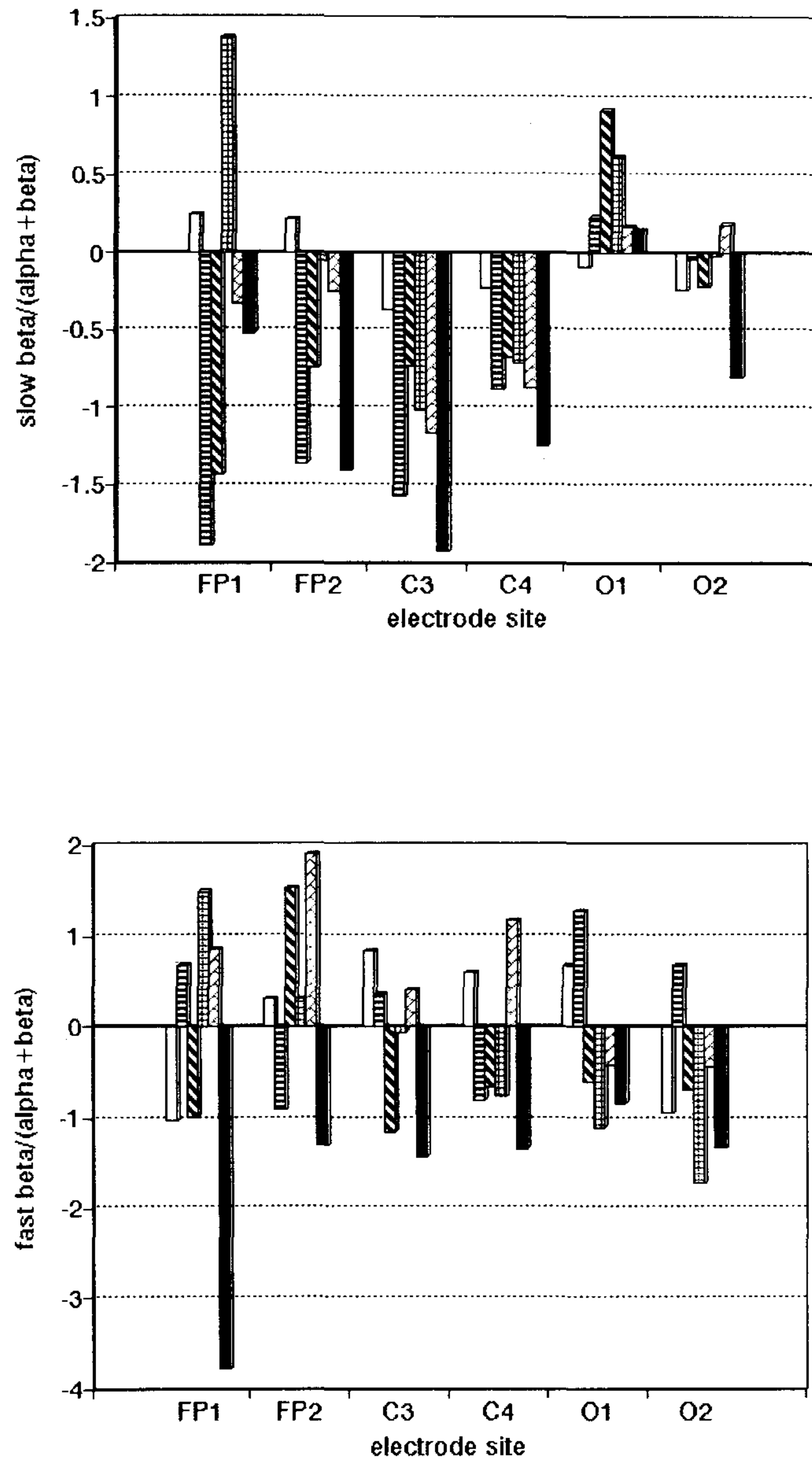


그림 3.9.7 Slow beta파(왼쪽) 및 Fast beta(오른쪽)의 상대 출현량 :

각 기록 부위에서 자극 제시 순서, 그림 3.9.6과 동일

HRV의 높은 주파수 대역은 부교감 신경계의 활성화를, 낮은 주파수 대역은 교감 신경계의 활성화를 반영한다. 따라서 HRV 상대 출현량 (높은 주파수(0.03Hz)/낮은 주파수(0.15Hz) 대역)이 높을수록 생리적으로 이완된 상태임을 의미한다. 벨벳을 포함한 6직물 자극의 주관적 평가는 아래 그림에서 긍정 ↔ 부정으로 표시하였다. 벨벳 및 밉크는 긍정적 감성을 감사 및 마는 부정적 감성을 유발하는 것으로 보고되었다. 한편, 벨벳 및 밉크의 HRV 상대 출현량은 높고, 감사 등의 HRV 상대 출현량은 낮았다. 이는 HRV 상대 출현량이 주관적 감성(긍정/부정)을 비교적 잘 구분해주는 생리지표로 사용될 수 있음을 의미한다. 다만 마의 경우에는 주관적으로 부정적 감성을 유발함에도 불구하고 HRV 상대 출현량은 중간 정도로 나타났다.

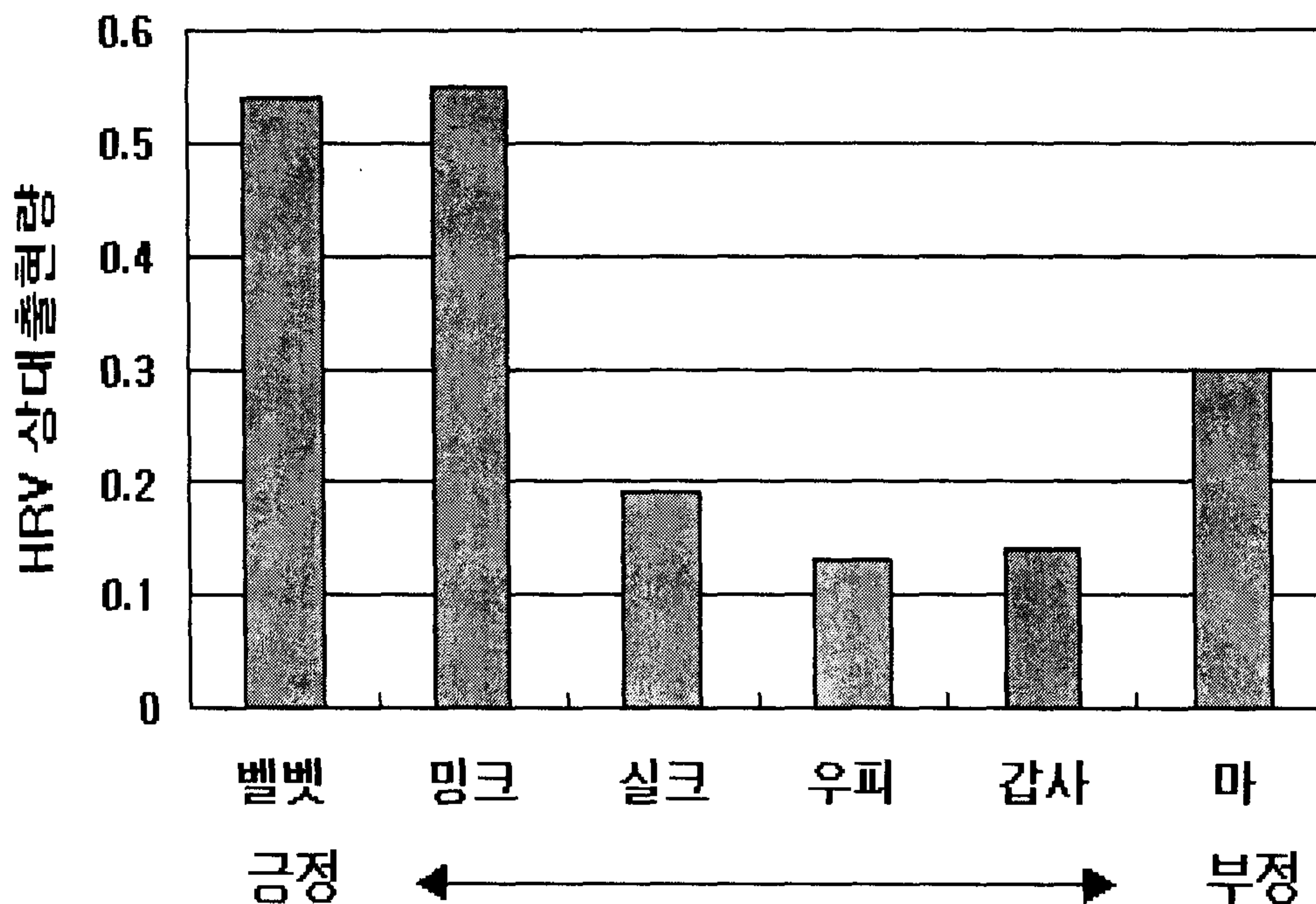


그림 3.9.8 HRV 상대 출현량

5. 종합 논의

실험 I에서 부드럽다, 섹시하다, 편안하다, 청결하다, 상쾌하다, 새것이다, 고급스럽다의 형용사가 피험자들의 쾌반응을 결정하는 데 중요한 항목으로, 단단하다, 거칠다, 독특하다는 형용사가 불쾌반응을 결정하는 데 중요한 항목으로 나타났다.

크게 구분하여, 쾌자극 및 불쾌자극이 제시되는 동안 측정된 뇌파의 분석 결과를 보면 쾌자극 제시시 slow alpha파의 상대적 출현량이 더 많았고, slow beta파의 출현량은 더 적었다. 이는 시각이나 청각 자극을 정서특정적 뇌파반응을 규명하고자 시도한 이전 연구들의 결과와 일치되는 경향이다. (吉田倫行, 1990; Davidson, 1992)

이와같은 본 실험의 결과는 촉감에 의해 유발되는 정서를 뇌파를 이용하여 객관적으로 측정할수 있다는 것을 입증하는 것이다. 또한 본 실험에서 쾌자극과 불쾌자극의 차이가 slow alpha파와 slow beta에서만 차이를 보이는 것은, slow alpha와 slow beta파가 특히 직물촉각 자극에 의해 유발된 정서를 평가하는 좋은 지표가 됨을 시사하는 것이다.

실험II에서 6직물의 뇌파 대역 x 부위를 비교하였을 때 전체적으로 어떤 경향성을 보여주기는 하지만, 직물이 유발하는 감성과 뇌파 특성을 특정적으로 구분/해석하는데는 어려움이 따른다. 따라서 직물촉감의 쾌/불쾌 정서를 평가할수 있는 신뢰롭고 타당한 지표를 개발하기 위해 본 연구에서 사용한 선형적인 분석법(FFT 분

적)이외에 비선형적인 분석방법인 Chaos, Wavelet, Neural Fuzzy등의 다양한 분석법을 적용한 연구와 자율신경계반응과의 상관을 구하는 연구가 요구된다. 또한 자극 변인의 다양화와 개인차 변인을 고려한 좀더 정교한 후속연구가 필요하다.

한편, 직물에 의해서 유발된 주관적 감성 (긍정/부정)과 HRV 상대 출현량 사이에는 비교적 일관적인 상관관계가 있는 것으로 보인다. 따라서 주관적 감성을 판정하기 위한 복합생리신호 지표로서 HRV를 포함시키는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 제한적으로서 마의 경우에는 부정적 감성에도 불구하고 HRV 상대 출현량이 중간 수준으로 나타나고 있다. 이러한 문제점은 자율신경계 반응이 유기체의 적응 행동과 일차적으로 관련되어 있기 때문이라고 볼 수 있다. 그러므로, 주관적 감성의 신뢰로운 판정을 위해서는 HRV를 포함한 여러 자율신경계 반응 지표를 포괄하는 복합 감성생리 지표의 추출이 요구된다.

일상생활에서 우리는 보다 작은 질감 특성차이를 가진 자극들이 유발하는 감성을 쉽게 구분할 수 있으며, 이는 제품의 구매력에 직접적인 영향을 미친다. 실험실 연구의 결과를 일상생활의 제품생산에 응용하기 위해서는 실험실에서 뇌파특성에 의해 구분되는 촉감감성이 낮은 해상도(쾌/불쾌)를 일상생활에서 느끼는 심리적 촉감감성의 높은 해상도 수준(표 3.9.1 참조)으로 끌어올려, 궁극적으로 두 제품간의 상대적 선호 및 구매의사결정을 신뢰롭게 예측할 수 있어야 한다. 따라서 본 연구의 결과를 토대로 일상생활에서의 좀더 세분화된 촉감감성구분의 수준으로 판별능력을 높이기 위해서는 직물의 선정, 실험설계 및 측정방법의 정교화, 정서특정적 뇌파분석의 판형(template) 구성 등의 모든 분야에 현저한 개선이 이루어져야 한다.

제 10 절 연구 V: 내의직물 촉각 감성에 따른 복합 생리반 응 형판(Template) 및 패턴 모델 개발

연구 요약 내의 용 직물 18종을 손으로 접촉시 유발되는 주관적 감성 평정을 토대로 가장 선호되는 직물 3종 (폴리에스테르)과 가장 비선호되는 직물 3종 (면류)을 선정하여, 능동 접촉시 (active touch) 및 수동 접촉시 (passive touch)의 다양한 생리신호반응 특성을 분석하여 유발 감성에 따른 복합생리지표 형판 (template) 및 패턴 모델의 개발을 시도하였다.

결과를 요약하면,

- 1) 폴리에스테르 내의직물 접촉시와 면 내의직물 접촉시에 자율신경계 반응 (HR, RSP, PTT, RSA iration, SCR, SCL) 및 뇌파 상대 출현량 (delta, slow and fast alpha, fast beta)이 유의미한 차이를 보여주었다.
- 2) 동일한 직물의 능동 접촉시와 수동 접촉시에 자율신경계 반응 (RSA, PTT, SCR) 및 뇌파 상대 출현량 (delta, alpha)이 유의미한 차이를 보여주었다.
- 3) 선호/비선호 직물에 의한 생리반응의 차이는 능동 및 수동 접촉시에 일관되게 나타났다.
- 4) 이러한 결과를 토대로 복합생리지표 형판 (선호/비선호 x 능동/수동접촉) 및 패턴 모델 (선호/비선호)을 개발하였다.

본 연구의 의의는 직물감성의 판정을 위한 복합 생리지표 형판 및 패턴 모델을 최초로 개발하였다는데 있다. 이러한 모델의 개발은 생리신호 측정을 통하여 직물자극에 의해서 유발된 감성을 신뢰롭게 예측할 수 있는 함수식의 개발을 위한 필수적인 단계이다. 이러한 연구성과는 다른 감각 (시, 청, 후, 미각 등)에 의한 감성의 판정을 복합 생리지표 형판 및 패턴 모델의 개발에도 응용할 수 있을 것으로 판단된다.

1. 연구 목적

본 연구의 목적은 내의류직물의 능동 및 수동 접촉에 의하여 유발된 주관적 감성과 뇌파 및 자율신경계 반응 특성을 분석하여 촉각감성을 판정할 수 있는 복합생리지표 형판 및 패턴 모델을 개발하는 것이다.

2. 연구 방법

가. 실험 장비

실험실은 가로 12m, 세로 6m의 소음이 차단된 방음실(소음 35dB이하)이고 외부로부터 들어오는 artifact(잡음, 교류)를 접지하여 차단시켰다. 방음실 중앙에 피험자가 앉을 안락의자가 있고, 피험자의 오른쪽에 외부의 실험자와 통신할수 있도록 인터폰이 설치되었다.

뇌파측정 장치로는 'Neurodata Acquisiton System' Model 12 (Grass Co.)와 Biopac Systems Inc.에서 제작한 'MP 100 WS'을 사용하였다. 자료 입력 및 분석은 MP100WS의 Software 부분인 AcqKnowledge(version 3.2)를 사용하였다. 두피에 부착한 전극은 명상전극(cup electrode)를 사용하였으며, Elefix EEG paste(Nihon Kodan Co.)를 사용하여 전극을 고정시켰다. 전극 부착 위치는 Jasper(1958)에 의해 처음으로 발표된 국제 전극 배치법인 International 10/20 electrode system에

의해 선정되었다.

촉각자극 제시 자동화시스템을 사용하여 자극 제시 방법을 체계화하였다. 촉각 자극 제시기는 모터에서 자극제시 속도와 압력을 제어할수 있고, 피험자의 손의 위치를 고정할 수 있도록 설계되었다.

나. 피험자

충남대 재학중인 36명의 여대생 (20-24세)이 참여하였다.

다. 실험 절차

내의류 직물 샘플 1종씩 담은 19개의 상자(23x11x13cm)가 준비되었다. 상자의 윗부분에 구멍을 내었다. 두 장의 검은 천을 이중으로 덧달아, 피험자가 상자에 손을 넣어 직물을 자유자재로 만질 수 있으나 상자의 내부는 전혀 볼 수 없도록 하였다. 실험에 들어가기 전에, 피험자에게 상자 안의 내용물이 '내의용 직물'이라는 설명만을 해주었다. 피험자는 엄지와 검지를 이용하여 압력을 주지 않고 부비듯이 만지거나, 엄지와 검지를 이용하여 약간의 압력을 가하여 만지거나, 다섯 손가락 모두를 사용하여 약함 힘을 주어 비벼보는 등의 방법을 사용하여 직물을 접촉하도록 하였다. 피험자는 정해진 순서없이 아무 상자에나 손을 넣어 직물을 직접 만져보고 그 직물의 촉감을 18개의 의미미분 형용사에서 7점 척도위에 평정하였다.

각각의 직물에 대한 피험자들의 느낌을 형용사로 평정하는 것이 끝나면, 각각의 직물에 대한 선호도(전체적인 감성량으로 정의할 수 있다.) 평가를 실시

하도록 했다. 이 때에도 역시 직물이 상자 안에 들어 있는 상태에서 손으로 만져보면서 평가하도록 하였으므로 피험자는 직물을 볼 수 없었다. 선호도 평가시에도 역시 피험자가 무작위로 직물상자를 선택하여, 가장 선호하는 것부터 가장 선호하지 않는 직물까지 일렬로 배열하도록 한다. 이 때 피험자는 가장 선호하는 직물이 든 상자를 맨 왼쪽에, 가장 선호하지 않는 직물상자를 가장 오른쪽에 놓는다. 피험자는 새로운 직물을 평가할 때마다 직물상자 배열순서를 조정하곤 하였다. 18개 직물에 대한 선호도 배열이 완료되면 좌에서 우로 1-19까지의 선호도 순위를 매겼으며 (아래 그림 참조), 피험자마다 직물별 선호도에 차이가 있었으므로 최빈값을 구하여 종합순위를 결정하였다.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

가장 선호

선호도에 따라 순서대로 배열

가장 비선호

19종의 내의류 직물 중 가장 선호되는 직물 3종 (폴리에스테르류)과 가장 비선호되는 직물 3종 (면류)을 실험자극으로 선정하였다. 실험실에서의 준비 및 측정 과정은 연구 IV와 동일하였으며, 다만 동일한 자극에 대하여 능동접촉 (손으로 만지기) 및 수동접촉 (자극 제시기에 손을 올려 놓고 느끼기)을 차례로 수행토록 하였다.

라. 분석 생리 신호

뇌파 대역 X 기록 부위 조합에 따른 상대 출현량 및 자율신경계 반응 (HR, Respiration, PTT, RSA, SCR, SCL) 측정치를 분석 비교하였다.

3. 결 과

그림 3.10.1에는 능동 및 수동 접촉시의 자율신경계 반응을 요약하였다. 두 조건간에 각 생리지표들의 반응형태는 일관되게 나타났다. 즉 선호직물 접촉시 비선호 직물에 비하여 HR의 감소, Respiration의 증가, SCL 및 SCR amplitude의 증가를 보여주었으며, RSA 및 PTT는 덜 감소하였다.

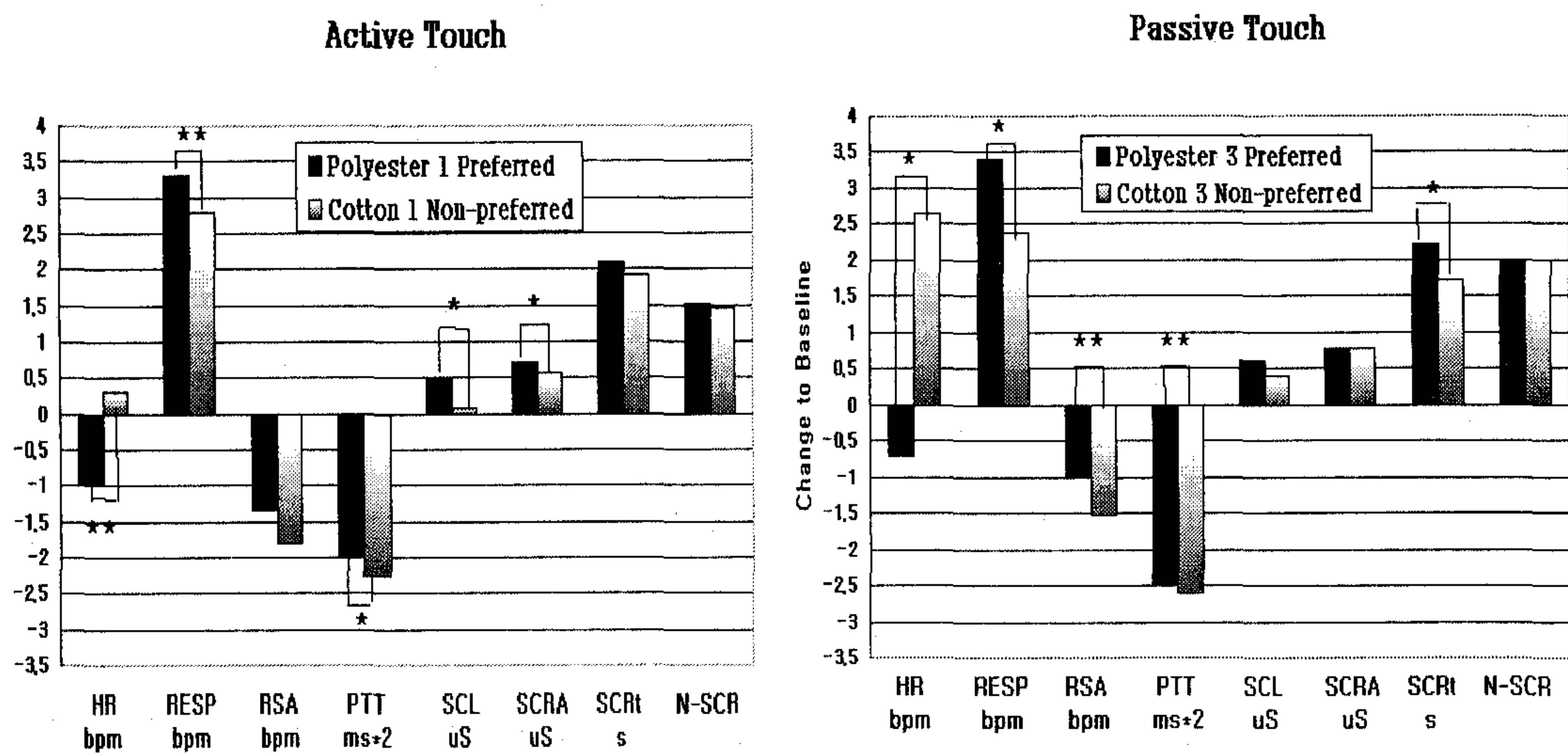


그림 3.10.1 능동 및 수동접촉시의 자율신경계 반응

그림 3.10.2는 능동 및 수동 접촉시 뇌파 기록 부위 P4에서의 뇌파 상대 출현량의 변화를 보여준다. 두 조건에서 뇌파 출현량의 변화 방향은 대체로 일치하였으나 Fast alpha, Slow beta파는 차이가 있었다. 구체적으로, 수동 접촉 조건에서 선호직물 제시시 delta 및 Fast beta파의 증가, theta 및 Fast alpha파의 감소가 현저하였다. 능동 접촉 조건에서는 delta 및 fast alpha의 증가, slow alpha 및 fast alpha의 감소가 현저하였다.

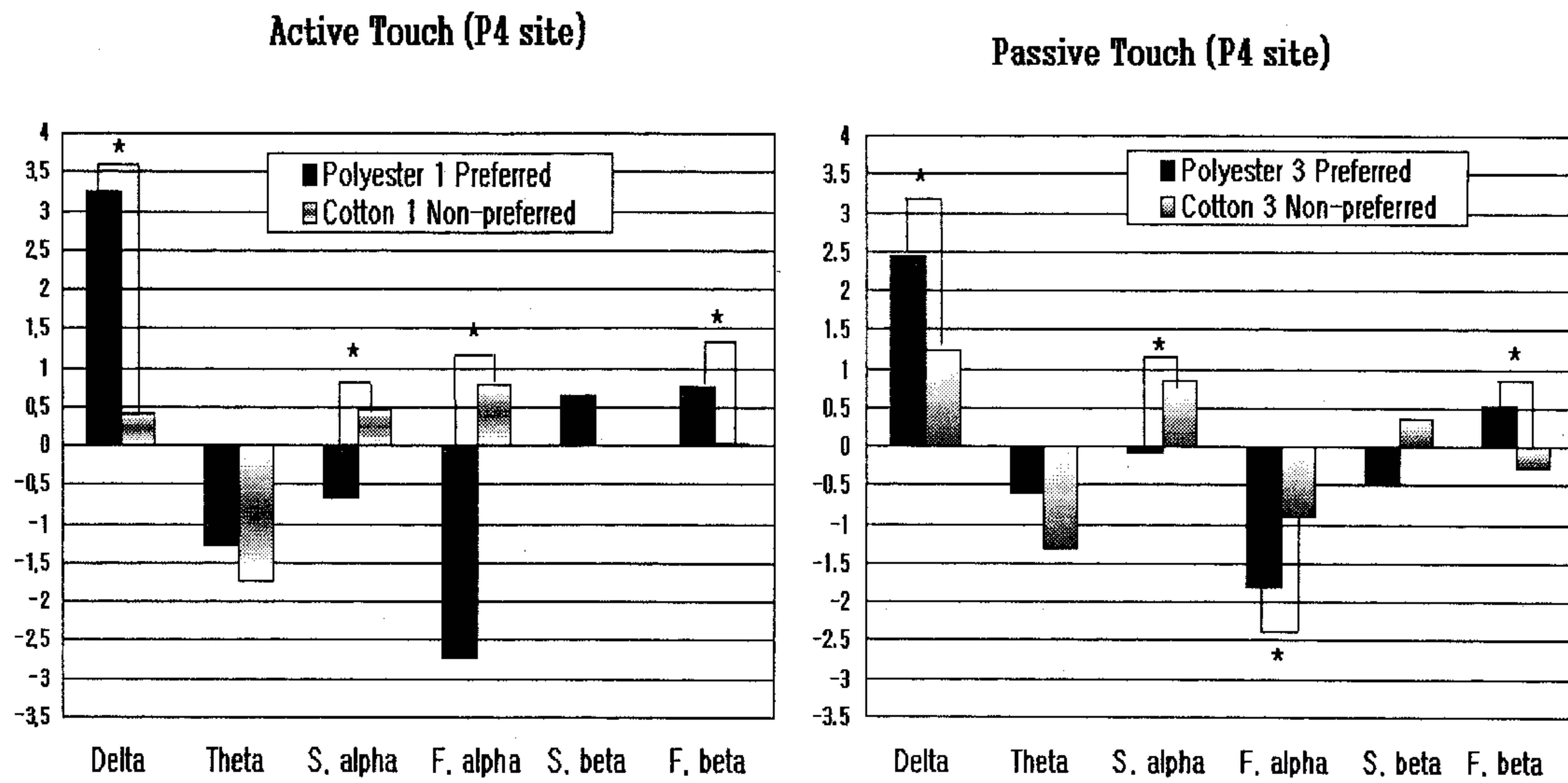


그림 3.10.2 능동 및 수동접촉시 P4에서의 뇌파 상대 출현량

4. 논의 및 결론

이러한 결과를 토대로 직물에 의하여 유발된 선호/비선호 감성의 판정을 위한 자율신경계 반응 형판(template) 모델을 구성하였다 (표 3.10.1). 자율신경계 반응은 교감신경계 (SNS)와 부교감 신경계 (PNS) 활성화로 구분하여 분석하였을 때 보다 뚜렷한 판정이 가능하였으며, 따라서 표 3.10.1의 형판 모델은 이를 반영하고 있다. 이 형판 모델에 의하면 선호/비선호 감성, 능동/수동 접촉의 4조합의 판정이 가능하다. 즉 선호-능동, 선호-수동, 비선호-능도, 비선호-수동으로서 각각 PNS-SNS 프로파일, HH, LL, LH, HL의 특징을 나타낸다.

표 3.10.1 선호/비선호 감성의 판정을 위한 형판 (Template) 모델

<i>Physiological variables</i>	<i>Preferred texture</i>		<i>Non-preferred textures</i>		
	<i>Passive touch mode</i>	<i>Active touch mode</i>	<i>Passive touch mode</i>	<i>Active touch mode</i>	
PNS/b-SNS balance indices					
Cardio-respiratory variables	Mean				
HR bpm	0.55	-	-	=	+
change to baseline					
RSP br/min	3.11	+	-	+	-
change to baseline					
RSA bpm	- 1.45	=	-	-	+
change to baseline					
PTT ms	- 4.20	+	-	-	+
change to baseline					
Comparison of profile with overall response pattern (matching)		H	L	L	H
SNS activation indices					
Skin conductance variables					
SCL uS	0.61	+	-	+	-
SCR (amplitude) uS	0.83	+	-	+	-
SCR rise time ms	2.05	+	-	=	-
SCR magnitude uS	1.68	+	-	+	=
SCR number	2.02	+	-	+	-
Comparison of SCR profile and matching with overall pattern		H	L	H	L
Summary of ANS profile matching.		H H	L L	L H	H L
Final decision criterion		H	L	mixed L/H	mixed H/L
<p><i>Abbreviations:</i> HR - heart rate, RSP- respiration rate, RSA - respiratory sinus arrhythmia (PNS index), PTT - pulse transit time (b-SNS index), SCL - skin conductance level (tonic), SCR - skin conductance response (phasic), SCR amplitude and rise time - parameters of first SCR, SCR magnitude - sum of all SCRs during stimulation, SCR No number of SCRs. ANS - autonomic nervous system, b-SNS - beta-adrenergic sympathetic nervous system, PNS - parasympathetic nervous system,.</p> <p><i>Note:</i> = - matching of response with mean for all stimulation conditions + - response higher than mean - - response lower than mean H: (higher) profile of responses matches or exceeds overall response pattern L: (lower) profile of responses is lower than overall response pattern, less matching.</p>					

한편, 생리신호 패턴의 경우 능동 및 수동 접촉시의 패턴 경향을 통합하여 선호
 직물 및 비선호직물에 대한 뇌파 및 자율신경계 반응의 대표적 패턴을 정리하였다
 (그림 3.10.3). 비선호 직물 제시시 (선호 직물과 비교하여) 높은 HR, 낮은 RSA,
 높은 beta파 상대 출현량, 소폭의 pulse volume 변화, 높은 SCR, Respiration rate
 증가, 소폭의 PTT 감소를 보여주었다.

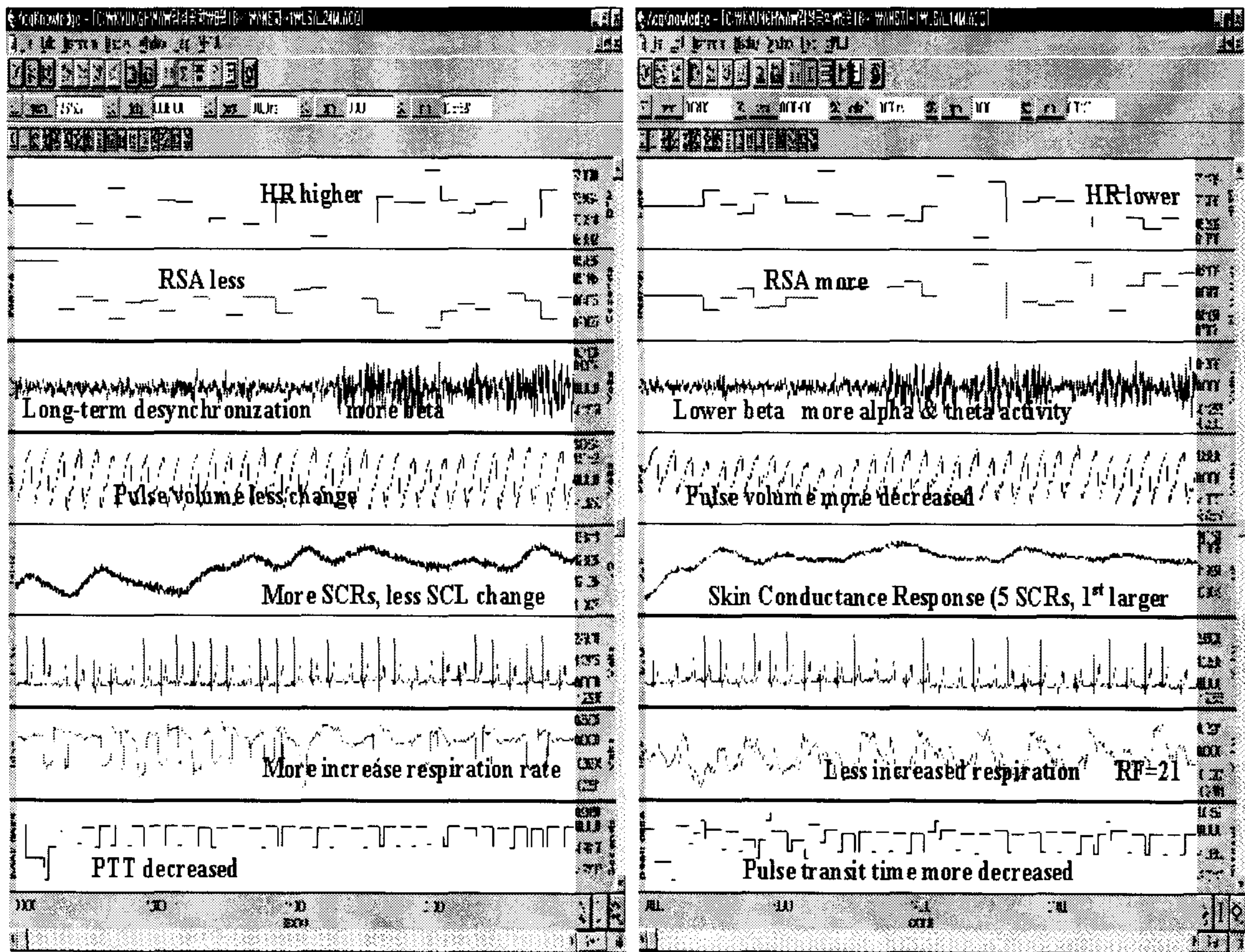


그림 3.10.3 직물 선호/비선호 판정을 위한 뇌파 및 자율신경계 반응 패턴.

왼쪽에 제시한 패턴은 비선호 직물에 대한 반응이고, 오른쪽에 제시한 패턴은 선호
 직물에 대한 반응이다. 위로부터 HR, RSA, EEG, pulse volume, SCR, respiration
 rate, PTT 패턴을 제시하였다.

본 연구에서 개발한 주관적 식물 감성 (선호도) 생리신호 형판 및 패턴 모델은 감성 판정을 위한 생리신호 모델로서는 최초이며, 후속연구를 통하여 다양한 식물 및 조건에서의 식물 촉각 감성 판정 적중률을 높일 수 있도록 세련화시키는 노력이 요구된다. 한편으로 이 기술은 다른 각각 modality에 의하여 유발된 감성 판정 생리신호 모델을 개발하는데 유용하게 활용될 수 있으며, 궁극적으로는 생리신호 지표를 사용하여 주관적 감성을 정량적으로 판정할 수 있는 예측 알고리즘의 구현에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

제 11 절 연구 VI : 직물의 물성특성과 촉감감성

연구

연구 요약 본 연구에서는 여성용 얇은 직물 중 신소재 폴리에스테르 24종의 감각 감성 형용사 평가, 선호도, 그리고 물성특성을 측정하여 이들간의 상관관계를 밝히고자 하였다.

주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 감각 감성 용어에 대한 요인분석 결과, 두께-무게 요인 (두껍다, 폭신평신타다, 가볍다), 표면 특성 요인 (매끄럽다, 부드럽다, 오돌도돌하다), 강연성 요인 (뽀뽀하다, 보송보송하다)의 3요인이 추출되었다.
- 2) 선호도, 상위 직물과 하위 직물을 가장 잘 변별하는 감각/감성 용어는 '하늘하늘하다' 와 '매끄럽다' 였다.
- 3) 감성평가와 물성 특성치의 상관관계를 토대로 감성 판정을 위한 물성 형판 (Template) 모델을 구성하였다.

1. 연구 목적

직물에 대한 소비자의 요구성능이 매우 다양해지면서, 직물의 가치를 평가하는데 있어 “쾌적성” “편안함” “자연감” 등의 심리적 수요가 기능적 요소에 가미되어 가고 있다. 따라서 제품의 개발이나 구매에 있어서 감성의 만족은 중요한 조건으로 고려되고 있으며, 특히 감성 중에서도 촉감은 심리적 만족감에도 영향을 미쳐 의류소재의 총체적인 선호도를 결정하는 중요한 차원 중 하나로 인식되고 있다^{1,2)}. 따라서 소비자의 감성에 부합하는 의류제품을 개발하기 위해서는 우수한 촉감을 제공할 수 있는 고감성 소재의 개발이 중요하므로, 접촉감과 관련된 직물의 표면특성에 관한 연구가 보다 심도 있게 이루어져야 한다.

그러나 직물표면은 다른 강성재료와는 달리 섬유, 실, 직물 등 많은 요소들이 복합적으로 관련된 복잡한 구조를 하고 있으며, 특히 의복착용 상태에서는 인체동작과 같은 외력에 의해 압축, 전단 등의 변형이 생기기 쉽다. 직물의 표면특성의 상당부분을 좌우하는 표면잔털은 작은 외력에도 더욱 변형이 커서, 외부에서 작용하는 하중에 따라 표면잔털에서 직물의 기본조직까지 직물표면의 접촉상태가 다양하게 변화된다. 이러한 상황은 표면특성이나 잔털의 접촉양상을 측정하는 방법론의 정립을 난해하게 한다.

그 밖에 표면특성은 직물의 태에도 영향을 미치는데 직물의 태란 Hand(Handle), 風습이라고도 하며, 직물을 손으로 만지는 감각이나 느끼는 감각으로서 직물이 어떤 의복으로서의 용도에 적합한 제 성질을 가졌는가에 대한 종합적인 판단이다. 광의의 의미로서 태는 시각과 촉각에 의한 평가량이며, 협의의 의미로서 태는 촉각

을 중심으로 한 평가량을 의미한다. 따라서 직물의 태란 직물의 기계적 또는 물리적 성질을 촉각이나 시각을 통해서 지각하여 그것으로써 직물의 품질을 평가하는 것이라고 할 수 있다. 적당한 태란 직물이 인체에 달라붙지 않고 적당한 공간을 만들고, 의복의 형태가 잘 유지되며 움직이기 쉽고, 외관도 아름다운 의복으로서 의복과 인간이 결합했을 때 쾌적함과 아름다움 등 의복으로서 요구되는 본질성능을 갖춘 것이라 할 수 있다.

Yoon의 연구결과¹⁴⁾에서는 태 평가시 많이 사용하는 단어들 중에 표면특성을 나타내는 용어(rough, greasy, mushy, oily, scratchy, sheer, sticky, waxy)가 가장 많았다. 이것은 인간이 표면특성에 대해 민감히 반응함을 말하는 것이라 할 수 있다. 이러한 현상은 한국의 소비자들의 직물의 태에 대한 요인분석을 한 선행연구¹²⁾에서도 나타났는데 한국인 특히 소비자의 태평가에서는 표면특성이 제1요인으로 추출되었다.

Kawabata 와 Niwa¹⁶⁾는 일본인의 주관적 태 평가를 4개의 기본태 영역으로 선별하여 전문가의 주관적 감각에 따라 각 직물을 분류하고 등급을 정한 것과 16가지 물성 측정치와를 다중회귀분석하여 회귀식을 유도하였다. 이들은 또한 이러한 물성치를 측정할 수 있는 KES-FB system이라고 하는 직물의 태 측정기구를 개발하여 많은 응용 연구를 함으로써 직물개발에 이바지하였다. KES-FB system을 이용한 남성복지의 주관적 태에 대한 예측력은 대체적으로 양호한 데 반하여 여성용 얇은 직물에 대한 설명력은 미흡한 실정이다. 특히 표면특성은 주관적 감각과의 성격규명이 매우 미비한 상태이다. 그 밖에도 KES-FB system에 대한 문제점이 제기되어 오스트레일리아의 FAST system, Fuzzy이론을 이용하는 등의 새로운 방법이 제안되고 있다^{17,18)}. 그러나 아직까지는 KES-FB system에 의한 직물의 역학적 성질 분석은 광범위하게 사용되고 있는 실정이라서 이를 이용한 DB를 구축하는 것은 필요한 일이라 하겠다.

따라서 본 연구에서는 직물의 물리적 특성과 주관적 평가의 관련성 연구가 부진한 여성용 얇은 직물중 최근 관심이 고조되고 있는 신소재 폴리에스테르를 대상으로 하여 소비자가 느끼는 1차적 촉감각과 종합적 선호도 및 감성을 측정하고 각종 물성을 분석하여 이들간의 관계규명을 위한 DB 구축에 기여하고자 하였다.

2. 선행 연구

직물의 표면특성은 직물의 두께, 밀도, 기공도, 비용적, cover factor등에 의한 영향을 받으며, 열전도도, 보온성 등의 열전달에 영향을 미친다³⁻⁸⁾. 그밖에도 온열쾌적감, 촉감, 심미적 쾌적감에도 영향을 미쳐 생리적인 쾌적, 불쾌적의 정도는 직물의 구조 및 표면특성의 많은 인자들과 관련되어 있다. 권과 성⁷⁾은 편성포의 온냉감 및 열이동 특성에 관한 연구에서, 편성포의 표면상태가 거칠수록 온감이 강해지며, 표면이 평활할 수록 냉감이 강해진다고 하였다. 표면특성이 온열쾌적감에 미치는 영향은 크게 온감과 냉감, 수분감각으로 나누어 볼 수 있는데 두께나 부피밀도가 크고 텍스처 가공이 되어 있는 것은 정지공기층이 많기 때문에 온감이 크고, filament, 긴 방적사, 권축이 적은 섬유는 접촉면적이 크기 때문에 냉감이 크다. 그리고 표면잔털을 일으키면 피부와의 사이에 접촉점 수가 작고 정지공기층도 증가하며 건조, 수분흡수 시간이 길어지므로 수분감각에도 영향을 미치게 된다⁹⁻¹⁴⁾. 직물의 열전달 성질은 표면특성과 불가분의 관계를 가지고 있다. 최등⁸⁾의 연구에서 보면 양모복지의 초기 열유속 최대치(Q_{max})를 측정한 결과, Q_{max} 값이 시료의 표면특성과 상관관계가 있음이 밝혀졌다. 그리고 Hatch등²⁷⁾의 연구에서도 온냉감을 결정하는 가장 중요한 요인은 접촉면

적으로 나타났다.

촉감은 직물과 인체사이의 상호작용에 의해 발생하며 얼마나 많은 하중이 가해지는가와 그 하중이 어떻게 분포되는지에 관련되며 표면특성의 영향을 받는다. 이러한 사실은 합성섬유 표면에 응용되기도 한다. 즉 직물의 표면잔털 및 표면조직의 굵기나 분포형태를 변형시키고 다양한 가공을 부여하여 쾌적한 천연섬유와 같은 감촉을 유발하고자 시도하고 있다. 그밖에도 합성직물의 쾌적감을 보완하기 위해 직물표면에 기모를 하거나 기타의 방법으로 자연스러운 요철을 갖도록 하고 있다. 기모에 의한 표면잔털의 증가는 직물의 단열력, 접촉감, 수분전달 특성에 영향을 끼친다.⁷⁻¹³⁾ Umbach는 표면이 부드러운 직물에서 잔털이 많은 것까지 표면구조가 다른 직물들을 선택하여 실험한 결과 표면에 잔털을 많이 가지고 있는 직물에서 수분전달이 작아진다고 보고하였다. Hollies¹³⁾는 표면성질이 피부와 의복의 표면 접촉 형태와 피부근처에서의 습도 기울기에 영향을 준다고 하였으며, 실의 표면조도가 증가할 수록 물의 이동속도는 떨어지고, 실 내부에 존재하는 섬유가 무질서할 수록 물의 이동속도가 감소한다고 하였다.

촉감에 관한 주관적 평가는 1930년대부터 연구되기 시작되었는데, Binns의 연구³⁰⁾에서는 기술적, 사회적 배경이 다른 피험자를 대상으로 primary hand quality를 제안하지 않고 촉감이 가장 좋은 것에서 가장 나쁜 것까지 직접 순서를 매기도록 하여 피험자간의 차이를 연구한 결과 피험자간 차이가 발견되었다. Lundgren³¹⁾은 인간의 촉감을 4개의 센터로 분리할 수 있다고 보았으며, 이 센터를 각각 표면거칠기의 센서, 강연도, 유연도의 센서, 부피감의 센서, 열적인 센서등 4개로 분리하여 이들 센서들로부터 정보와 판단이 결합하는 방식을 설명하였다. 직물의 주관적 평가와 역학적 성질사이의 관계를 다룬 연구로서, Vaughn 과 Kim³²⁾은 촉감에 관련된

20개의 변수들을 객관적으로 측정하고 이들과 피험자의 주관적 평가와의 상관관계를 연구한 결과 20개중 14개의 변수들과 주관적 평가가 높은 상관을 보였다.

최근에 들어서 자연현상이나 생체현상과 같은 복잡한 시스템에서 발견되는 변동을 chaos이론이나 fractal기하학을 이용하여 해석하려는 새로운 시도가 꾸준히 증가하고 있다. 섬유, 직물, 의복 시스템은 구성요소가 1차적인 것에서 점차 확대되어 가는 체제로서, 새로운 chaos나 fractal이론을 접목하기에 적합한 특성을 갖고 있다고 하겠다. 이에 급속히 발전하고 있는 영상처리 시스템의 활용과 접목하여 fractal dimension을 구하는 연구가 보고되고 있다¹⁹⁻²⁹⁾. 영상처리 시스템은 종래의 방법보다 광범위한 영역의 표면에서 단시간 내에 많은 정보를 효율적으로 처리할 수 있고, fractal이론은 복잡해 보이는 현상을 해석하는 새로운 파라미터를 추출할 수 있다는 장점을 가지고 있어 거시적 표면특성 연구에의 활용 가능성이 크다고 할 수 있다.

Fractal기하학은 복잡하고 무질서한 대상을 비정수의 개념에 의거하여 묘사할 수 있는 수학적 언어로 불규칙적이고 임의적인 특징을 갖는 자연 및 사회현상을 비정수 차원으로 나타냄으로써 이들에 대한 정량적인 해석을 가능케 해주고 있어 많은 연구 c분야에서 이를 이용해 가고 있는 추세이다. Fractal차원을 구하는 방법으로는 여러 가지 방법들이 있으나 간단한 방법중의 하나로 box-counting방법을 들 수 있다. Box-counting 방법은 covering의 개념을 이용한 것으로, 크기가 다른 box들로 측정하고자 하는 물체를 덮는데 요구되는 box의 수를 측정함으로써 구할 수 있다. Bare cluster(DLA zin cluster)의 면적을 Box-counting방법으로 측정한다면 아래의 그림 3.11.1과 같이 설명할 수 있다.

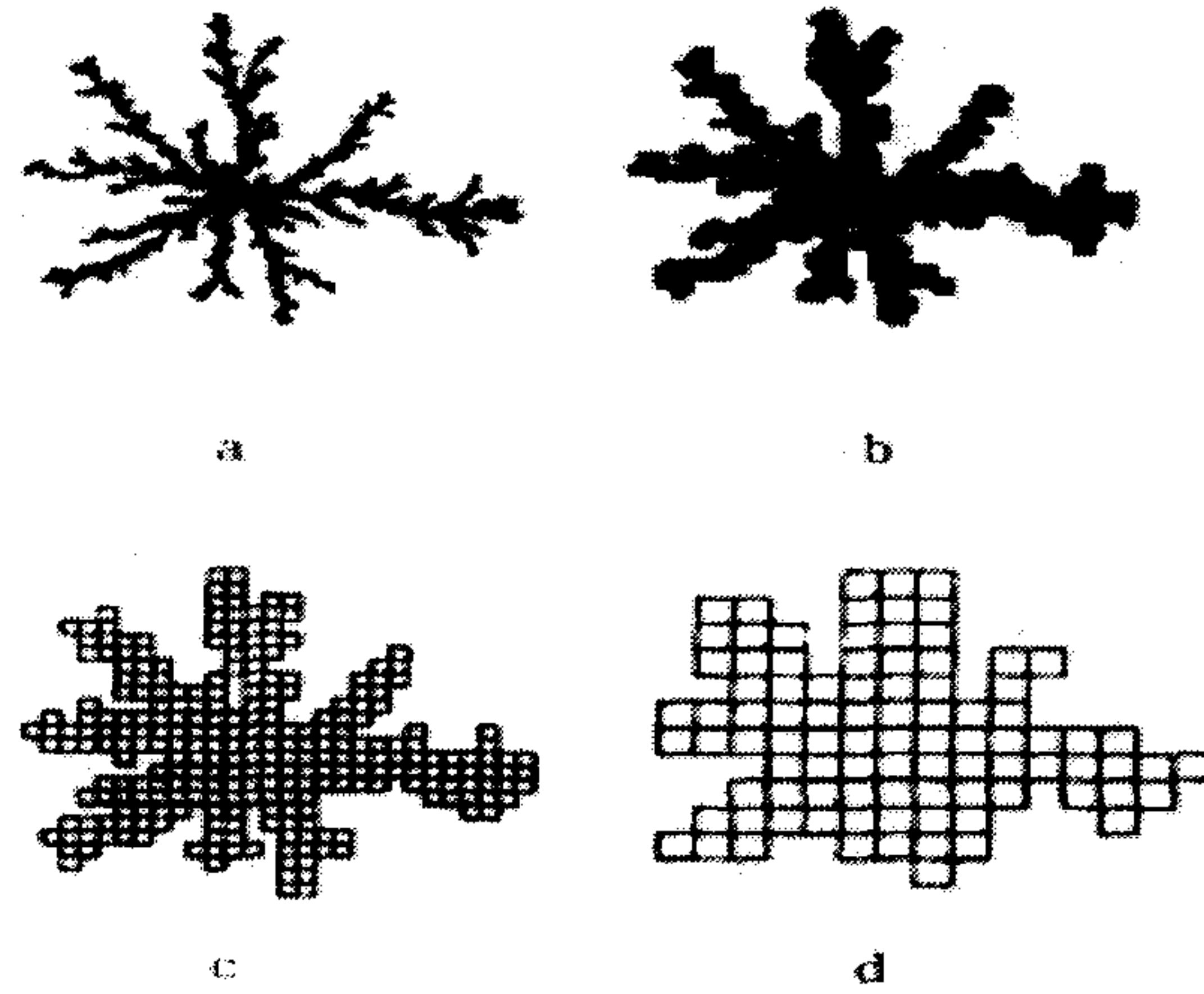


그림 3.11.1 Bare Cluster에 응용된 Box-counting기법

즉 bare cluster를 크기가 다른 정사각형 모양의 box들을 이용하여 덮는다고 할 때, box의 크기에 따라 bare cluster를 덮는데 요구되는 box수는 달라지게 된다. 따라서 bare cluster의 면적을 box의 수와 box의 크기를 곱한 값으로 정의한다면, box의 크기에 따라 면적은 달라지게 되므로, 이렇게 복잡한 형태를 가지고 있는 bare cluster와 같은 물체에 대하여는 면적이 정의되지 않는다고 볼 수도 있다. 그래서, 이러한 도형의 복잡함의 정도를 정량적으로 나타내기 위하여 fractal dimension의 개념이 도입되었다.

Box-counting dimension의 계산 방법은 다음과 같다. 위의 그림에서 bare에 해당하는 부분 S를 D 차원의 유클리드 공간의 부분집합이라 하고, $N(\epsilon)$ 을 S를 덮는데 필요한 한 변의 길이가 ϵ 인 D차원의 입방체들의 최소 개수라고 하면,

$$N(\epsilon) \propto \frac{1}{\epsilon^D}$$

와 같이 생각 할 수 있다.

결국, d 를 S 에 대한 box-counting dimension이라 하고 이를 대수를 취해 나타내면 아래의 식과 같이 표현 할 수 있다.

$$d = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{\log N(\epsilon)}{\log(1/\epsilon)}$$

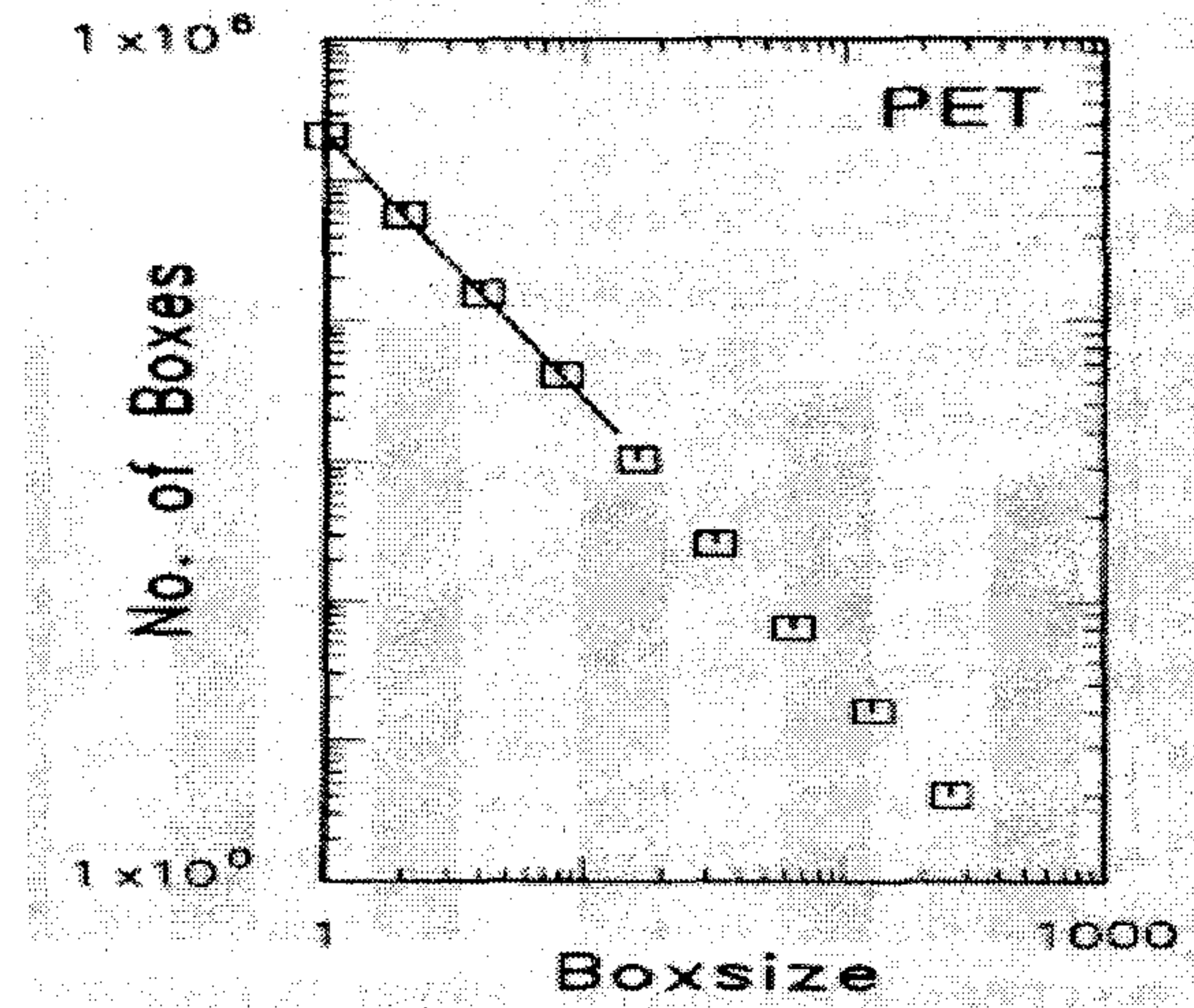


그림 3.11.2 Box-counting기법이 fractal차원 결정에 응용된 실례 (이현영등,1998)

3. 연구 방법

가. 시 료

시료로는 1단계에서는 신탄섬을 포함한 얇은 여성 외의용 폴리에스테르 24종(표 3.11.1)을, 2단계에서는 1단계의 결과를 토대로 대표되는 폴리에스테르 10종(표 3.11.2)을 이용하였다. 2단계에서의 직물선정의 기준은 첫째, 점촉특성이 다른 직물, 둘째, 다양한 실의 종류였다. 단, 직물 1부터 4까지는 두 종류의 직물의 양면

이다. 이것은 각기 한면만 기모된 직물의 양면을 모두 평가하여 표면특성을 제외한 기타 특성을 통제된 직물인 경우의 촉감을 평가하고자 첨가한 직물군이다.

표 3.11.1 1단계에 사용된 시료 특성

	WEFT				WARP			
	type of yarn	fineness	no. of filament	density	type of yarn	fineness	no. of filament	density
1	DTY	75	36	7600	FTR	140	60	90
2	DTY	75	36	7600	FTR	140	60	70
3	DTY	75	36	7600	FTR	140	60	133
4	DTY	75	36	7600	FTR	140	60	90
5	DTY	75	36	7600	FTR	140	60	75
6	DTY	75	36	7600	FTR	140	60	75
7	DTY	75	36	7600	FTR	140	60	90
8	DTY	75	36	7600	FTR	140	60	70
9	DTY	75	36	7600	FTR	140	60	133
10	DTY	75	36	7600	FTR	140	60	90
11	DTY	75	36	7600	FTR	140	60	75
12	DTY	75	36	7600	FTR	140	60	75
13	BLB	50	36	224	SD	75	36	100
14		125	60	170	ZTT	75	24	86
15	WLA	125	60	168	TTD	75	24	84
16	WLA	125	60	172	DTY	150	48	82
17	FE	150	72	210	SM	75	72	
18	HC	150	96	90	HOY	150	96	64
19	DTY	75	36		FTR	140	60	
20	DTY	75	36		FTR	140	60	
21	FTR	140	60		SDY	150	96	
22	FTR	140	60		SDY	150	96	
23	FTR	140	60		TC	18S		
24	FTR	140	60		CM	20S		

표 3.11.2 2단계에서 이용된 시료의 특성

	WEFT				WARP			
	type of yarn	fineness	no. of filament	density	type of yarn	fineness	no. of filament	density
1	DTY	75	36	7600	FTR	140	60	90
2	DTY	75	36	7600	FTR	140	60	133
3	DTY	75	36	7600	FTR	140	60	90
4	DTY	75	36	7600	FTR	140	60	133
5	BLB	50	36	224	SD	75	36	100
6	WLA	125	60	172	DTY	150	48	82
7	HOY	150	96	90	HOY	150	96	64
8	SDY	75	36	80	SDY	75	36	80
9	ATY	75	36	1500	SDY	150	48	74
10	DTY	75	36	1500	SDY	150	48	74

나. 객관적 물성 평가

선행연구 결과에 따라 직물의 촉감에 영향을 미치리라 예상되는 물성들을 표 3.11.3 에서와 같이 크게 다섯 가지 그룹으로 측정하였다.

표 3.11.3 실험직물의 물성특성 분석 종류와 방법

표면 접촉 특성 분석	Image Processing
Fractal 차원 분석	Box-counting method
역학적 특성 분석	KES-FB system
열전달 특성 분석	KES-F7 system (초기 열유속 최대치 Q_{max} , 열전도도 K)
수분을 측정	KS K 0220

(1) 표면접촉특성

(가) 실험환경

실험온도 $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도 $65 \pm 5\% \text{RH}$ 에 기류는 거의 무풍 상태를 유지하는 항온 항습실에서 실시하였다.

(나) 실험방법

직물의 촉감감성을 예측하기 위한 표면접촉 특성분석은 피부면에서의 접촉면적 및 그 형태의 분석이 가장 바람직한 측정조건이지만 실제 접촉상황을 관찰하기 어렵고 측정방법도 개발되지 않은 실정이다. 따라서 선행연구 방법을 적용하여 직물과 그으름 코팅된 평판을 접촉시킨 후 그 직물에 묻어난 그으름의 형상을 영상처리 기법을 이용해 분석하였다.

① 평판의 그으름 코팅

평판은 $2.5 \times 7.5 \text{ cm}^2$ 크기의 슬라이드 글래스를 이용하였다. 실험조작의 편의를 위해 슬라이드 글래스는 전체면적중 $2.5 \times 6.5 \text{ cm}^2$ 의 한쪽 부분만을 그으름으로 코팅하였다. 이 면적을 제외한 한쪽 끝부분을 테이프를 이용해 떼어 내기 쉽도록 감싸 두었다가 그으름 코팅후에 벗겨내고 실험에 사용하였다. 그으름 코팅시에는 일정한 크기의 입자를 얻고 평판에 균일하게 코팅될 수 있도록 여러 가지 조건들을 통제하였다. 먼저 코팅시의 환경은 온도 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 와 습도 $65 \pm 5\%$ 의 표준환경으로 무풍을 유지한 상태에서 행해졌다. 그리고 연소물질은 Iso-propyl alcohol ($(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$)을 이용했는데, 이것은 에틸알코올이나 메틸알코올에 비해 한꺼번에 많은 그으름이 생

성된다는 장점이 있다. 그을음 코팅시간은 슬라이드 글래스당 20초씩 4회 반복해 총 80초간 실시되었다. 코팅된 슬라이드 글래스는 테이프를 떼어낸후 무게를 측정하여 그을음에 의한 무게 증가량이 0.001-0.002g의 것만 사용하였다.

그을음 코팅된 슬라이드글래스는 계속되는 습도변화나 그 밖의 이물질에 노출되지 않도록 건조제를 넣은 데시케이터 속에 보관하여 접촉 시행 때마다 사용하였다.

② 평판과 직물의 접촉실행

그을음 코팅된 슬라이드 글래스와 직물표면을 접촉시킬 때는 압력이 직물과 평판에 균일하고 동시에 닿는 것이 균일한 접촉면을 얻는데 중요하므로 수평판에 수평기를 이용해 매 접촉시 수평의 여부를 확인하면서 측정한다. 이때 가한 압력은 0.14psi 였는데 이는 ASTM에서 두께 측정시 부드러운 직물에 가하는 0.005-0.5psi에 포함되는 정도의 압력이며 KS K에서 두께 측정시 압력인 3.1psi보다 낮은 압력으로 표면잔털의 효과도 볼 수 있다.

③ 영상처리 분석

시료에 접촉실행 후 탄소가루가 고착된 상태에서 스캐너를 통해 영상을 받은 다음 접촉 면적의 측정 및 형상에 대해 다음과 같은 도구를 이용해 분석하였다.

- Image Processing Software: Global Lab Image[®]
- Corel Photo Paint : 영상편집 Software
- HP Scanjet IIcx

영상포착 : 평판에 접촉을 실행한 후 약 30분 이내에 시료의 탄소가루 고착상태를 스캐너를 통해 영상을 포착했다. 이때 스캐너 상에서의 위치마다 조도나 빛의 반사가 달라짐을 방지하기 위해 검은 도화지에 시료크기의 구멍을 뚫어 일정위치에서만 영상을 포착하도록 했다. 접촉 형태 분석에 이용되는 Global Lab Image[®] Software는 5 pixel 미만의 물체는 무시해 버리므로 data의 손실을 막기 위해 영상을 실제면적의 약 64배로 확대해 받았으며 명암 및 대비는 모두 일정하게 통제했다.

영상편집 : 포착한 시료의 영상은 Corel Photo Paint 라는 영상편집 Software를 이용해 편집했는데 시료마다 슬라이드 글래스와의 접촉 부분에서 512×512의 영상 두 개를, 그리고 비접촉부분에서 100×1023의 영상 한 개를 각각 채취하였다.

영상분석 : 비접촉부분 영상들을 분석해 접촉부분 영상을 binary image로 하는데 요구 되는 임계값을 결정하였다. 기본적으로 비접촉부분에서 가장 낮은 gray scale값을 임계값으로 선정하여 thresholding에 의해 binary image로 전환하였다. 시료가 모두 백색이었기 때문에 이러한 임계값 선정 방법에 큰 무리가 없었는데 다만, 기포 직물에서는 조직으로 인한 음영과 그늘음에 의한 gray level이 겹치는 부분이 발생하였다. 이것은 비접촉부분의 조직점을 여러 부분을 선정하여 gray level의 범위를 산출 하고 그늘음의 gray scale도 여러지점에서 분석하여 전문가 4-5명의 판단에 의해 실제 그늘음과 조직을 분리해 내는 임계값을 선정하였고 gray level값을 thresholding 하였다. 추출된 접촉부분의 영상에 대해 총 접촉면적, 접촉점들의 평균크기, 접촉점들의 평균 radius, 접촉점들의 평균 axis ratio, 접촉점들의 평균 roundness를 Global lab software[®]에 의해 산출하였다.

$$\text{Axis Ratio} = \frac{\text{minoraxis}}{\text{majoraxis}}$$

$$\text{Roundness} = \frac{4\pi \times \text{area}}{\text{perimeter}^2}$$

총 접촉면적은 전체접촉시도 면적에 대한 접촉된 검은 부분의 비율(0~1)로 나타내었다.

(2) Fractal 차원분석

Fractal 차원은 box-counting 방법의 계산방법에 따라 Fortran language를 이용하여 제작한 프로그램으로 계산하였다. 계산에 이용된 box들은 한 변의 크기가 2^n (여기서 $n=0, 1, 2, \dots, 9$)인 정사각형들이다. 접촉점을 포함하고 있는 수와 box크기의 함수관계를 그래프로 나타낸 후 식 $d = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{\log N(\epsilon)}{\log(1/\epsilon)}$ 에서와 같이 box의 한 변의 크기인 ϵ 을 '0'으로 수렴시킬 때 직선이 되면 이 직선부분의 기울기의 절대값을 fractal 차원으로 구하였다.

(3) 역학적 특성

KES-FB System에 의해 16가지 역학적 특성치를 측정하였다

표 3.11.4 기본적 역학적 성질들의 역학적 특성치

역학적 성질	기호	역학적 특성치	단위
인장	LT	선형도	-
	WT	인장 에너지	gf · cm/cm ²
	RT	회복도	%
굽힘	B	굽힘 강성	gf · cm ² /cm
	2HB	이력	gf · cm ² /cm
전단	G	전단 강성	gf · cm/deg
	2HG	∅=0.5 °에서의 이력	gf · cm
	2HG5	∅=5 °에서의 이력	gf · cm
압축	LC	선형도	-
	WC	압축 에너지	gf · cm/cm ²
	RC	회복도	%
표면	MIU	마찰계수	-
	MMD	MIU의 평균 편차	-
	SMD	기하학적 거칠기	micron
무게와 두께	W	단위 면적당 무게	mg/cm ²
	T	0.5gf/cm ² 에서의 두께	mm

(4) 열전달 특성

KES-F7 에 의해 초기 최대 열유속치 Q_{max} 와 열 전도도 K 를 측정하였다. 이때 Q_{max} 는 0.2초에서의 순간적인 열유속 최대치이며 열전도도는 이보다도 다소 시간이 흐른 상태(2분후)에서 측정된 값이다.

(5) 수분특성

수분율은 KS K 0220에 의해 측정하였다.

다. 주관적 감각 평가

주관적 감각 평가를 위한 실험의 계획을 표 3.11.5에 제시하였다.

표 3.11.5 주관적 실험 진행 조건

실험 환경	20±1℃, 65±3 %RH 29±1℃, 75±3 %RH
피험자 수	기준직물 - 표준환경 67명 고온다습환경 43명 1차 실험 - 기준직물제시 10명 미제시 10명 2차 실험 - 20명
실험 계획법	Split Plot Design

(1) 1, 2단계 감각평가 실험

1단계 실험에서는 기준직물 및 평가치 제시여부에 따른 1,2 단계 실험 평가방법을 검토하기 위하여 실험적으로 몇가지 변인을 첨가하여 보았다. 즉, 기준직물을 제시하고 그 평가값을 알려준 상태에서 시료직물을 비교 평가하게 할 때와 제시하지 않았을 때 어떠한 차이가 있는가를 알아보기 위한 실험을 하였다. 둘째 변인으로는 유색직물인 경우 눈으로 직물을 보는 상태와 그렇지 않은 상태에서 감각, 감성에 차이가 있는가(blind vs. open eye test) 각 환경에서 실험하였다. 즉, 시료 직물을 random하게 제시하되 기준직물 제시실험에서는 기준 폴리에스테르 직물의 평정값의 평균치를 음영으로 표시한 척도(표 3.11.6)를 사용하여 감각, 감성을 평가하도록 하였다. 또한, 기준직물을 제시하지 않은 실험에서는 종래의 9점 척도(표 7)를 이용하여 실시하였다. 실험 설계는 split plot design에 의해 진행하였다.

(가) 실험 대상

1998년 6월에 실시하였으며, 신체적 조건이 비슷한 20대 여대생을 대상으로 하였다. 표3.11.5 에서와 같이 표준환경에서는 67명, 고온 다습한 환경에서는 43명이 참여하였다. 1차 실험에서는 기준제시 및 미제시 실험에 10명씩, 2차 실험에서는 각 환경에서 25명씩 실시하였다.

(나) 실험 환경

환경에 따라 주관적인 촉감이나 감성이 달라지고 이를 구성하는 1차 감각의 중요도가 달라질 것으로 예상되어 표준환경 ($20\pm 1^{\circ}\text{C}$, $65\pm 3\% \text{RH}$)과, 고온다습 환경 ($29\pm 1^{\circ}\text{C}$, $75\pm 3\% \text{RH}$)의 두 환경에서 실시하였으며, 기류는 무풍 상태로 인공 기후실 조건을 설정하였다.

(다) 평가척도 및 평가방법

- A. 1단계에서는 표 3.11.8에서와 같은 용어로 감각평가를 하였고 2단계(표 3.11.9)에서는 1단계 연구 결과를 요인분석한 결과, 공유치가 0.4보다 낮은 반발성이 있다, 세무같다를 제외하였고, 용어간 부적 상관이 매우 높은 따뜻하다는 제외하여 평가하였다.
- B. 두 환경에서 모두 10분간 안정을 취한 후 기준직물을 자유롭게 접촉하여 9점 척도에 평가하게 하였다.
- C. 이때 평가행동은 표면특성측정 용어 3개는 해당표면만을 손바닥으로 가볍게 문

지르게 한 후 평가케 하였고, 온냉감, 습윤감용어 4개는 전완에 직물을 감싸고 10초후에 평가하게 하였으며 그밖에는 자유행동으로 평가하게 하였다.

표 3.11.6. 직물의 촉감 평가를 위한 설문지 (1차, 기준 제시)

직물번호(), 성별(), 연령(), 직업()

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	대단히 그렇다	매우 그렇다.	대체로 그렇다.	약간 그렇다.	보통이다.	약간 그렇지 않다.	대체로 그렇지 않다.	전혀 그렇지 않다.	대단히 그렇지 않다.	
취었다 놓았을 때 반발성 있다.										취었다 놓았을 때 반발성 없다
두껍다.										두껍지 않다.
가볍다.										가볍지 않다.
차다.										차지않다.
따뜻하다										따뜻하지 않다
눅눅하다.										눅눅하지 않다.
보송보송하다.										보송보송하지 않다.
오돌도돌하다.										오돌도돌하지 않다.
표면이 부드럽다.										부드럽지 않다.
매끄럽다.										매끄럽지 않다.
뻗뻗하다.										뻗뻗하지 않다.
하늘하늘하다.										하늘하늘하지 않다.
세무같다										세무같지 않다
촉감이 좋다.										촉감이 좋지 않다.
구매시 선호한다.										구매시 선호하지 않는다.

단, 기준을 제시하지 않은 설문지에는 음영 부분이 없다.

표 3.11.7 직물의 촉감 평가를 위한 설문지 (2차)

직물 번호 (), 성별 (), 연령 (), 직업 ()

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	대단히 그렇다	매우 그렇다.	대체로 그렇다.	약간 그렇다.	보통 이다.	약간 그렇지 않다.	대체로 그렇지 않다.	전혀 그렇지 않다.	대단히 그렇지 않다.	
폭신평신타다.										폭신평신타지 않다
두껍다.										두껍지 않다.
가볍다.										가볍지 않다.
차다.										차지않다..
눅눅하다.										눅눅하지 않다.
보송보송하다.										보송보송하지 않다.
오돌도돌하다.										오돌도돌하지 않다.
표면이 부드럽다.										부드럽지 않다.
매끄럽다.										매끄럽지 않다.
뽀뽀하다.										뽀뽀하지 않다.
하늘하늘하다.										하늘하늘하지 않다.
촉감이 좋다.										촉감이 좋지 않다.
구매시 선호한다.										구매시 선호하지 않는다.

표 3.11.8 1단계 실험에서 사용한 평가 용어 및 행동

	측정 항목	평가행동
1차 감각	쥐었다 놓았을 때 반발성이 있다. 푹신푹신타다. 두껍다. 가볍다. 뻗뻗하다. 하늘하늘하다. 세무 같다.	자유행동
	차다. 따뜻하다 눅눅하다. 보송보송하다. 오돌도돌하다.	전완에 감싸고 10초후 평가
	표면이 부드럽다. 매끄럽다.	해당표면을 손바닥으로 가볍게 문지름
종합 감각	촉감이 좋다. 구매시 선호한다.	자유행동

표 3.11.9 2단계 실험에 사용한 감각용어와 해당 평가행동

	평가용어	평가행동
1차 감각	푹신푹신타다. 두껍다. 가볍다. 뻗뻗하다. 하늘하늘하다.	자유행동
	차다 눅눅하다. 보송보송하다.	전완에 감싸고 10 초 후 평가
	오돌도돌하다. 표면이 부드럽다. 매끄럽다.	해당표면을 손바닥으로 가볍게 문지름
종합 감각	촉감이 좋다. 구매시 선호한다.	자유행동

(라) 데이터 분석방법

SPSS-통계 package를 이용하여 시료직물실험의 주관적 평가차원과 평가척도에 대한요인 분석을, 환경과 직물간 유의차는 분할법(split plot design)에 의한 GLM-ANOVA를, 직물별 유의차는 사후검정으로 Duncan다중범위검정을, 감성과 단일감각간 또는 감성과 물성간 분석에 회귀분석과 다차원 척도법을 이용하여 분석하였다. 또한 '구매시 선호한다'와 '촉감이 좋다'를 합하여 감성차원(D14)으로 분석하였다.

4. 결과 및 분석

가. 1단계의 감각·감성 평가

(1) 시료의 물성특성치

본 연구에서 이용된 시료 24종의 객관적 물성치를 KES-FB계에 의해 분석한 결과를 표 3.11.10에 제시하였다.

표 3.11.10 시료의 물성 특성치 (1단계)

Fabrics	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Heat conduct	0.032	0.033	0.035	0.034	0.031	0.034	0.033	0.036	0.037	0.035	0.031	0.036
Regain	0.400	0.400	0.400	0.300	0.300	0.300	0.400	0.400	0.400	0.300	0.300	0.300
Qmax	0.122	0.111	0.117	0.090	0.123	0.107	0.117	0.127	0.110	0.104	0.127	0.108
Fractal Dimension	1.046	1.065	0.990	0.972	1.242	1.284	1.046	1.134	1.075	0.959	1.259	1.228
Ave. Radius	0.102	0.117	0.121	0.112	0.105	0.149	0.191	0.123	0.137	0.128	0.106	0.151
Axis Ratio	0.664	0.634	0.514	0.592	0.561	0.649	0.477	0.508	0.498	0.524	0.593	0.696
Roundness	0.877	0.778	0.731	0.734	0.782	0.735	0.643	0.736	0.691	0.715	0.776	0.822
Contact Area	0.031	0.044	0.040	0.038	0.029	0.075	0.115	0.037	0.060	0.035	0.031	0.073
LT	0.700	0.750	0.620	0.730	0.700	0.720	0.700	0.750	0.620	0.730	0.700	0.720
WT	11.300	12.180	10.400	9.030	11.050	13.080	11.300	12.180	10.400	9.030	11.050	13.080
RT	62.140	58.970	61.780	55.960	55.780	55.780	62.140	58.970	61.780	55.960	55.780	55.780
B	0.058	0.089	0.060	0.104	0.049	0.174	0.058	0.089	0.060	0.104	0.049	0.174
HB	0.032	0.064	0.030	0.083	0.024	0.101	0.032	0.064	0.030	0.083	0.024	0.101
G	0.570	0.490	0.300	0.420	0.350	0.580	0.570	0.490	0.300	0.420	0.350	0.580
2HG	0.830	0.960	0.530	1.010	0.680	1.270	0.830	0.960	0.530	1.010	0.680	1.270
2HG5	1.820	1.630	0.790	1.380	0.930	2.250	1.820	1.630	0.790	1.380	0.930	2.250
LC	0.402	0.555	0.478	0.473	0.447	0.456	0.402	0.555	0.478	0.473	0.447	0.456
WC	0.176	0.222	0.125	0.390	0.162	0.314	0.176	0.222	0.125	0.390	0.162	0.314
RC	42.050	35.586	44.660	33.846	34.570	37.580	42.050	35.586	44.660	33.846	34.570	37.580
MIU	0.268	0.279	0.320	0.293	0.011	0.040	1.360	1.290	1.280	1.930	1.340	3.210
SMD	2.580	3.290	3.300	3.270	3.180	13.480	2.870	3.360	3.490	4.000	3.430	12.560
MMD	0.018	0.014	0.015	0.014	0.011	0.040	1.360	1.290	1.280	1.930	1.340	3.210
Thickness	0.540	0.600	0.650	0.910	0.480	0.800	0.290	0.540	0.600	0.650	0.910	0.480
Weight	13.900	17.550	16.300	19.880	11.850	19.800	13.800	13.900	17.550	16.300	19.880	11.850
Fabrics	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Heat conduct	0.029	0.036	0.035	0.035	0.037	0.030	0.035	0.036	0.036	0.033	0.038	0.038
Regain	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	.	.	.	.	.	.
Qmax	0.133	0.138	0.145	0.144	0.146	0.116	.	.	.	.	.	.
Fractal Dimension	1.101	1.234	1.276	1.052	1.011		.	.	.	.	.	.
Ave. Radius	3.461	2.383	2.623	2.698	2.909	2.653	.	.	.	.	.	.
Axis Ratio	0.413	0.688	0.665	0.678	0.477	0.613	.	.	.	.	.	.
Roundness	0.669	0.886	0.858	0.853	0.701	0.900	.	.	.	.	.	.
Contact Area	0.055	0.050	0.097	0.090	0.036	0.034	.	.	.	.	.	.
LT	0.720	0.770	0.760	0.800	0.650	0.610	0.74	0.73	0.75	0.69	0.73	0.75
WT	5.850	8.330	7.580	9.980	5.900	12.280	10.58	8.95	4.75	5.45	7.30	9.98
RT	63.350	66.230	62.800	60.340	59.060	49.090	60.36	63.32	57.73	62.19	55.88	47.35
B	0.030	0.038	0.034	0.047	0.052	0.023	0.061	0.083	0.051	0.049	0.065	0.79
1IB	0.012	0.014	0.009	0.012	0.023	0.006	0.025	0.044	0.028	0.023	0.037	0.054
G	0.270	0.410	0.380	0.720	0.410	0.280	0.74	0.36	0.42	0.35	0.44	0.68
21IG	0.240	0.520	0.410	1.050	0.600	0.190	0.53	0.58	0.65	0.45	0.63	1.12
21HG5	0.430	1.900	1.630	3.150	1.750	0.350	1.24	1.09	1.27	0.77	1.24	1.43
LC	0.540	0.540	0.545	0.485	0.489	0.551	0.48	0.53	0.39	0.39	0.31	0.40
WC	0.081	0.108	0.109	0.103	0.104	0.117	0.21	0.27	0.21	0.44	0.36	0.45
RC	34.570	38.889	42.202	40.780	43.270	52.990	34.65	36.53	43.46	46.14	42.15	38.19
MIU	0.014	0.014	0.019	0.014	0.021	0.037	0.66	3.33	3.03	3.04	3.08	3.21
SMD	3.000	4.060	3.870	3.650	2.950	8.310	2.58	3.35	2.68	2.89	2.66	3.15
MMD	0.014	0.014	0.019	0.014	0.021	0.037	1.60	1.65	1.05	1.02	1.20	1.90
Thickness	0.800	0.430	0.430	0.440	0.460	0.420	0.41	0.50	0.44	0.54	0.55	0.53
Weight	19.800	18.480	16.000	16.250	19.980	10.680	14.50	15.61	18.55	19.95	21.70	22.75

19~24까지는 유색직물이라서 그을음에 의한 표면접촉 특성 측정이 불가능함

(2) 척도의 기준제시여부에 따른 감각차

기준직물을 제시한 의도는 두 가지에서 이루어졌다. 그 하나는 직물의 촉감에 대한 DB를 구축할 때 기준 직물이 일종의 calibration 역할을 해 줄 수 있는 장치가 될 것이라는 것이다. 즉, 추후에 같은 실험실에서 다른 직물 그룹에 대한 평정을 할 때나 다른 실험실에서 다른 직물 그룹에 대한 평정을 할 때 같은 기준직물을 포함시켜 비교하게 한다면 여러 그룹의 DB를 통합하는데 용이하리라고 생각되었다. 또 다른 하나는 기준 직물의 평정치를 알려주고 각 시료를 상대적으로 비교, 평가하게 함으로써 평가 순서에 관계없이 9점 척도 상에 비교적 용이하게, 정확하게 평가 점수를 결정하게 할 수 있을 것이라는 생각에서였다.

(가) 기준제시에 따른 유의차

각 형용사별로 기준을 제시한 경우(with reference)와 그렇지 않은 경우(without reference)에 대해 paired t-test를 하였다. 평균값과 표준편차를 표 3.11.11에 제시하였다. $\alpha = 0.05$ 수준에서 대부분의 감각평가 용어의 평정치가 유의차가 있었다. 단, 일부 표면특성 (보송보송하다, 오돌도돌하다, 부드럽다)과 강연성(뻣뻣하다)와 종합적 감각 평가에서는 기준제시 여부에 관계없이 주관적인 평가가 동일하였다. 전반적으로는 기준을 제시하는 방법이 평가 과정이 복잡한 것에 비하여 기준을 제시하지 않은 경우보다 분산이 작아지지 않았기 때문에 2단계에서는 기준 직물을 제시하지 않고 진행하였다.

(나) 상관계수

각 환경에서 기준 시료를 제시하고 이에 대한 주관적 평정치를 함께 제시한 경

우와 기준 시료를 제시하지 않은 경우의 주관적 감각 평정치에 대해 상관계수를 산출하였다. 그 결과, 표준환경에서는 $r=0.574$, 고온환경에서는 $r=0.517$ 로 나타났다. 두 척도간 상관계수가 그렇게 높지 않아 추후 연구에서는 두가지 방법론의 장단점을 심층 분석할 필요성이 제기되었다.

표 3.11.11 기준 제시여부에 따른 주관적 평정치(평균±표준편차)

Descriptor	With reference	Without reference
반발성이 있다	5.99 ± 1.81	5.87 ± 1.69
폭신평신타다	5.44 ± 1.96	5.04 ± 1.84
두껍다	5.85 ± 1.87	5.60 ± 1.86
가볍다	4.42 ± 1.63	4.71 ± 1.7
차다	3.94 ± 1.71	4.58 ± 1.70
따뜻하다	5.50 ± 1.75	5.00 ± 1.68
늑늑하다	5.30 ± 1.81	4.79 ± 1.75
보송보송하다	4.71 ± 1.68	4.87 ± 1.64
오돌도돌하다	4.40 ± 2.00	4.35 ± 1.91
부드럽다	5.37 ± 1.97	5.20 ± 1.91
매끄럽다	4.77 ± 2.03	4.26 ± 1.84
뻣뻣하다	4.32 ± 1.90	4.27 ± 1.89
하늘하늘하다	4.33 ± 1.93	5.06 ± 1.68
세무같다	4.37 ± 2.24	4.45 ± 2.06
촉감이 좋다	5.19 ± 1.57	5.17 ± 1.64
구매시 선호한다	4.74 ± 1.48	4.93 ± 1.60

* : $\alpha=0.05$ significant

(2) 직물 제시 방법중 시각의 유무(Blind vs. Open eye Test)에 따른 감각차

Blind vs. Open eye Test에 따른 감각차를 ANOVA를 통해 $\alpha=0.05$ 에서 검증한 결과 대부분의 용어에서 유의차가 없었고 표 3.11.12에서와 같이 [늑늑하다][폭신평신타다]

폭신하다][차다]에서만 유의차가 있었다. 직물간 차이는 [폭신폭신하다]에서만 유의하게 나타났다. 상호작용효과는 [폭신폭신하다][차다]에서 유의하게 나타났다.

표 3.11.12 Blind vs. Open eye Test와 직물의 색에 따른 감각차

	Test		유색직물간의 감각평균					
	Blind (평균)	Open (평균)	1 베이지	2 베이지	3 초록	4 하늘	5 갈색	6 갈색
눅눅하다	5.25	5.73	5.35	5.60	5.45	5.50	5.55	5.55
폭신폭신하다	6.30	6.97	6.15	5.70	6.35	7.35	7.30	6.95
차다	3.53	2.87	3.60	3.50	3.40	2.65	3.10	2.95

(3) 1단계 결과 요약

1단계 실험은 촉감 측정 방법을 개선하기 위한 것이 주목적이었다. 그 결과중 2단계 측정 방법에 직접 이용한 사항을 요약하면 다음과 같다. 첫째는 기준 직물을 제시효과가 없어 이를 제시하지 않기로 한 점이며, 둘째는 직물의 색은 촉감 실험 변인에서 유의한 의미가 없었기 때문에 2단계에서는 색 변인을 생략하였고, 셋째는 평가척도를 요인분석결과에 의해 단순화 하였으며, 넷째는 실험 직물 선정 범위를 표면 특성을 중심으로 다양화한 점이다.

나. 2단계의 감각·감성 평가

(1) 시료의 물리적 특성

본 연구에서 이용된 시료 10종의 객관적 물성치를 의해 분석한 결과를 표3.11.13에 제시하였다.

표 3.11.13 시료의 물성 특성치 (2단계)

Fabrics	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Heat conduct	0.032	0.035	0.033	0.037	0.029	0.035	0.03	0.015	0.036	0.024
Regain	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	2.8	0.2	0.6
Qmax	0.122	0.117	0.117	0.11	0.104	0.133	0.145	0.333	0.131	0.16
Fractal Dimension	1.058	1.119	1.243	1.118	1.088	1.303	1.159	1.783	1.281	0.727
Ave. Radius	0.102	0.121	0.191	0.137	0.106	2.623	2.653	0.162	0.048	0.020
Axis Ratio	0.482	0.39	0.369	0.374	0.39	0.319	0.474	0.196	0.121	0.088
Roundness	0.797	0.652	0.592	0.647	0.677	0.664	0.808	0.61	0.68	0.572
Contact Area	0.278	0.243	0.276	0.268	0.271	0.519	0.643	0.362	0.631	0.776
LT	0.7	0.62	0.7	0.62	0.73	0.72	0.76	0.85	0.74	0.74
WT	11.4	10.4	11.3	10.4	9.03	5.85	7.58	7.7	5.5	4.38
RT	62.14	61.78	62.14	61.78	55.96	63.35	62.8	70.8	67.73	59.43
B	0.058	0.06	0.058	0.06	0.104	0.03	0.034	0.038	0.044	0.068
HIB	0.032	0.03	0.032	0.03	0.083	0.012	0.009	0.02	0.003	0.04
G	0.57	0.33	0.57	0.33	0.42	0.27	0.38	0.55	0.32	1.00
2HG	0.83	0.53	0.83	0.53	1.01	0.24	0.41	1.64	0.41	1.42
2HG5	1.82	0.79	1.82	0.79	1.38	0.43	1.63	2.93	0.83	4.29
LC	0.402	0.478	0.402	0.478	0.473	0.54	0.545	0.64	0.598	0.606
WC	0.176	0.125	0.176	0.125	0.39	0.081	0.109	0.032	0.142	0.144
RC	42.05	44.66	42.05	44.66	33.846	34.57	42.202	59.38	42.25	47.92
MIU	0.268	0.32	2.65	2.78	2.82	0.318	0.33	0.21	0.308	0.28
SMD	2.58	3.30	2.87	3.49	4.00	3.00	3.87	4.07	4.88	2.57
MMD	0.018	0.015	1.36	1.28	1.93	0.014	0.019	0.041	0.018	0.018
Thickness	0.54	0.65	0.29	0.60	0.65	0.80	0.43	0.11	0.47	0.31
Weight	13.90	16.30	13.80	17.55	16.30	19.80	16.00	5.31	15.35	11.02

(2) 척도 검증을 위한 요인분석

척도를 구성하는 용어의 요인을 분석하기 위해 주성분 분석에 의해 varimax회전을 통하여 Eigen value 1이상 되는 요인을 추출하였다. 표준환경과 고온다습한 환경에서 그의 유사하게 세가지 요인으로 추출되었다. 이를 표 3.11.14에 제시하였다. 감각용어의 요인분석 결과, 1요인은 두께·무게감이라고 명명할 수 있고, 2요

인은 표면특성으로, 3요인은 강연성의 차원으로 명명할 수 있었다. 고온다습한 환경의 경우에는, 각 요인으로 묶인 감각용어의 인자부하량의 크기가 다소 달라지는 정도의 차이만 존재할 뿐이며 추출된 세가지 요인의 의미는 표준환경에서와 대동소이하다. 따라서 본 연구에서 감성에 영향을 미치는 감각용어는 환경에 상관없이 두께·무게감, 표면특성, 강연성의 차원으로 대별되었음을 알 수 있다. 신뢰도 분석 결과, 표준환경은 $\alpha=0.6283$, 고온다습환경에서는 $\alpha=0.7001$ 로 각 문항의 내적 타당도가 신뢰할만한 결과를 얻었다.

표 3.11.14 요인분석결과

요인	표준환경			고온다습환경		
	%of variance	형용사	인자부하량	%of variance	형용사	인자부하량
두께 무게감	48.0	두껍다	.981	38.4	두껍다.	.972
		폭신평신편	.954		폭신평신편	-.957
		하다	-.946		하다	-.942
		차다	-.929		가볍다	-.849
		가볍다			차다	
표면 특성	27.1	부드럽다	.979	35.5	매끄럽다	.982
		매끄럽다	.979		오돌도돌	-.974
		오돌도돌	-.975		하다	.951
		하다			부드럽다	
강연성	20.8	뻣뻣하다		20.1	뻣뻣하다	
		보송보송	-.959		하늘하늘	-.859
		하다	.864		하다	.735
		하늘늘하 다	.771		보송보송 하다	.727
Chron- bach' α		0.6283			0.7001	

(3) 환경과 직물에 따른 감각차

환경과 직물에 따른 감각차를 검증하기 위해 GLM-ANOVA를 실시하였다. 분석 결과를 요약하여 유의하게 차이있는 것에 음영으로 나타내었다. 표 3.11.15 - 표 3.11.17에 환경별 효과, 직물별 효과, 환경과 직물간 상호작용의 효과의 결과를 나타내었다. 표 15는 환경별 효과를 나타낸 것이다. 차다, 눅눅하다, 보송보송하다라는 감각용어는 환경에 의해서 영향을 받는 것으로 나타났는데, 눅눅하다는 감각은 고온다습한 환경에서 더욱 눅눅하게 느껴지는 반면, 보송보송하다와 차다의 감각은 감소되는 것을 알 수 있다. 이 3가지 감각은 다른 감각용어와는 달리 수분특성과 밀접한 관계를 갖는 용어들이다.

표 3.11.15 환경의 효과가 감각, 감성의 평균에 미치는 영향

감각용어		환 경	
		표준	고온
폭신평신타다	D1	4.77	4.75
두껍다	D2	4.96	5.15
가볍다	D3	5.13	4.96
차다	D4	5.92	4.09
눅눅하다	D5	3.94	5.93
보송보송하다	D6	5.50	4.21
오돌도돌하다	D7	4.33	4.28
부드럽다	D8	5.69	5.45
매끄럽다	D9	5.54	5.24
뻣뻣하다	D10	4.09	4.09
하늘하늘하다	D11	5.24	5.04
촉감이 좋다	D12	5.63	5.29
구매시 선호한다	D13	5.11	4.77

표 3.11.16은 환경에 관계없이 직물의 종류가 감각, 감성에 미치는 영향을 살펴본 것인데 유의한 차이가 있는 것에 음영을 표시한 것이다. 이때, 알파벳은 Duncan의 다중범위검정에 의한 grouping을 표시한다. 본 실험에 사용된 직물의 감각, 감성용

어에 대한 주관적 감각치를 살펴보면, 폭신평신타다는 a부터 c까지의 3집단으로, 두껍다는 5집단으로, 가볍다는 3집단으로, 차다는 7집단으로, 눅눅하다는 6집단으로, 보송보송하다는 3집단으로, 오돌도돌하다는 7집단으로, 부드럽다는 7집단으로, 매끄럽다는 6집단으로, 뽀뽀하다는 감각은 3집단으로, 하늘하늘하다는 6집단으로, 촉감이 좋다는 10집단으로, 구매시 선호한다는 3집단으로, 감성은 7집단으로 구분되었다. 즉, 본 실험에 사용된 직물에 대한 폭신평신타다, 가볍다, 보송보송하다, 뽀뽀하다는 감각은 세 그룹으로만 나뉘어 잘 구분되지 않으나 온냉감에 관련된 차다, 표면특성과 관련된 오돌도돌하다, 부드럽다는 7그룹으로 세분화된 감각을 보여 주어 이러한 감각이 촉감의 감성에 비교적 많은 영향을 미치리라는 것을 추측할 수 있다.

표 3.11.16 직물이 감각. 감성에 미치는 효과

Descriptors	Fabrics									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
폭신평신타다	b	c	b	c	b	b	a	a	b	c
두껍다	d	f	d	ef	d	d	a	a	c	de
가볍다	a	a	a	a	c	a	c	d	b	b
차다	bcd	a	bcd	ab	bcd	d	e	e	cd	abc
눅눅하다	cd	cd	bcd	cd	b	cd	a	bc	bc	d
보송보송하다	ab	ab	ab	ab	b	ab	b	a	ab	ab
오돌도돌하다	e	b	d	cd	a	b	f	a	bc	a
부드럽다	b	de	c	c	fg	d	a	ef	de	g
매끄럽다	b	c	b	b	e	cd	a	e	cd	de
뽀뽀하다	c	b	c	b	a	c	b	c	a	c
하늘하늘하다	ab	cd	ab	d	f	bc	f	d	e	a
촉감이 좋다	a	bcde	ab	abc	g	bcd	efg	cdef	fg	def
구매시 선호한다	a	a	a	a	b	a	b	a	b	ab
감성	a	abc	ab	abc	e	abc	de	bc	de	cd

환경과 직물간 상호작용효과는 차다. 보송보송하다. 뽀뽀하다. 촉감이 좋다 에서 유의차가 인정되었다. 이것은 이러한 감각들이 환경이 바뀌면 직물에 따른 평가의 정도 차이에도 변화가 있다는 것을 의미하는데 주로 온도나 수분의 영향을 받는

용어들임을 알 수 있다. 즉, 차다, 보송보송하다는 열, 수분감각과 직접 연결되어 있고 뻣뻣하다도 수분에 의해 유연성이 달라질 수 있다.

표 3.11.17 환경과 직물간 감각.감성에 미치는 효과

Descriptors
폭신평신힌하다
두껍다
가볍다
차다
눅눅하다
보송보송하다
오들오들하다
부드럽다
매끄럽다
뻣뻣하다
하늘하늘하다
촉감이 좋다
구매시 선호한다
감성

(3) 감성의 감각 구조와 물성의 관계 규명

환경별로 감각간, 감각과 물성간 상관분석을 하였고 상관계수(Pearson's correlation coefficient)를 유의수준 0.05에서 유의미한 차이가 있는 것만을 표 18-21에 나타내었다. 표 3.11.18은 표준 환경에서 감각용어의 평정치간 상관계수를 나타낸 것이다.

이를 보면, [폭신평신힌하다, D1]는 [두껍다, D2]와 [눅눅하다]에 대해 정적 상관을, 가볍다와 차다에 대해 부적 상관을 나타내었다. [두껍다]는 [눅눅하다]에 대해 정적 상관을, 가볍다, 차다, 하늘하늘하다와 촉감이 좋다에 대해 부적상관을 나타

내었다. [가볍다, D3]는 차다, 촉감이 좋다, 감성과 정적 상관을 늑늑하다와는 부정 상관이 있었다. [차다, D4]는 늑늑하다와 부정 상관을 나타냈다. [늑늑하다, D5]는 하늘하늘하다와 부정 상관을 나타내었다. [보송보송하다, D6]는 뻣뻣하다와 부정상관을, [오돌도돌하다, D7]는 부드럽다와 , [부드럽다, D8]는 매끄럽다와 정적 상관을 나타냈다. [뻣뻣하다, D10]는 구매시 선호한다와 부정 상관을 나타냈고, [하늘하늘하다, D11]는 촉감이 좋다[D12], 구매시 선호한다[D13], 감성[D14]와 정적 상관을 보였다.

따라서 표준환경에서 촉감은 두껍지 않을수록 가벼울수록 하늘하늘할수록 좋고, 구매시 선호감은 뻣뻣하지 않을수록, 하늘하늘할수록, 촉감이 좋을수록 증가할 것이며, 감성은 가벼울수록, 하늘하늘할수록 좋을 것이라고 기대된다.

표 3.11.18 감각간 상관계수(표준환경)

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14
D1														
D2	.916													
D3	-.800	-.949												
D4	-.967	-.887	.768											
D5	.795	.845	-.709	-.726										
D6														
D7														
D8							-.965							
D9								.930						
D10						-.710								
D11		-.703			-.826									
D12		-.589	.641								.661			
D13										-.641	.848	.852		
D14			.648								.769	.974	.949	

D1-D14 : 폭신평신탄하다, 두껍다, 가볍다, 차다, 늑늑하다, 보송보송하다, 오돌도돌하다, 부드럽다, 매끄럽다, 뻣뻣하다, 하늘하늘하다, 촉감이 좋다, 구매시 선호한다 감성

표 3.11.19는 표준 환경에서 감각용어의 평정치와 객관적 물성치 간의 상관계수를 나타낸 것이다. 이를 보면, [폭신폭신타다, D1]는 Fractal dimension과 LT에 대해 부적 상관이 있고, [두껍다, D2]는 LT와 부적 상관을 나타내었고, [가볍다, D3]는 LT와 정적 상관을 K와 부적 상관을 나타내었다. [차다, D4]는 Fractal dimension과 LT에 대해 정적 상관이 있고, [보송보송하다, D6]는 K, WC와 W에 대해 정적상관이 있으며, Qmax, Regain, 2HG5, LT, RT, RC에 대해 부적 상관이 있다. [오돌도돌하다, D7]는 Roundness와 Axis Ratio에 대해 정적 상관이 있었고, [부드럽다, D8]는 Roundness와 Axis Ratio에 대해 부적 상관이 있었다. [뻗뻗하다, D10]는 SMD와 부적상관을 나타내었으나, [하늘하늘하다, D11], [촉감이 좋다, D12], [구매시 선호한다, D13], [감성, D14]의 경우, 모두 SMD와 정적상관을 나타내었다.

표 3.11.19 감각과 물성간 상관계수(표준환경)

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14
SMD										-.692	.776	.680	.647	.692
Fractal.	-.637			.691										
Round							.767	-.712						
Axis Ratio.							.632	-.699						
Qmax						-.877								
K.			-.699			.734								
REGAIN						-.802								
G										.723				
2HG5						-.641				.687				
LT	-.833	-.799	.789	.872		-.656								
RT						-.715								
WC						.735								
RC						-.855								
W						.822								

D1-D14 : 폭신폭신타다, 두껍다, 가볍다, 차다, 늑늑하다, 보송보송하다, 오돌도돌하다, 부드럽다, 매끄럽다, 뻗뻗하다, 하늘하늘하다, 촉감이 좋다, 구매시 선호한다 감성

여기에서 특히 SMD는 감성특성과 많은 특성을 갖는 것으로 나타났다. 이것은 표준환경에서 표면특성이 감성에 중요한 요인임을 나타낸다. 표준환경에서는 총 접촉면적, Fractal 차원이나 Roundness, Axis ratio와 같은 접촉특성보다 SMD와 같은 표면특성 자체가 직접적으로 더욱 중요함을 알 수 있다. 이것은 환경이 고온다습한 환경으로 바뀌거나 피부에 땀이 나면 총 접촉면적 등 접촉특성이 직접적으로 중요하게 되는 사실과는 대별된다(그림 3.11.3, 3.11.4 참조). 표준환경에서는 늑늑하다(D5)는 감각을 설명하는 물성치가 하나도 없었는데 이는 일반적인 수분율과 같은 물성치로는 예측이 안되며 이러한 감각을 설명하려면 동적 수분전달이나 표면온도 측정등으로 보완해야 할 것으로 사료된다. 보송보송하다(D6)는 평가용어 중에서 가장 여러 가지 물성에 영향을 받음을 보이고 있다. 즉, 열전달 특성, 수분율, 두께에 관련된 성질(압축, 무게)과 모두 관련된 복합적 용어임을 알 수 있다. 그림 3은 표준환경에서의 물성특성과 감각특성의 감성에 대한 상관계수를 중심으로 이론적으로 가정한 모형을 나타낸 것이다. 감각용어는 가볍다, 하늘하늘하다가, 물성으로는 SMD가 감성에 직접적으로 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 그림 3.11.4는 고온다습한 환경에서의 물성특성과 감각특성의 감성에 대한 상관성을 이론적 모형으로 나타낸 것이다. 감각용어는 하늘하늘하다와 보송보송하다가, 물성으로는 총 접촉 면적(contact area)와 WT가 감성에 직접적으로 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 두 환경 모두에서 하늘 하늘하다는 공통적으로 감성에 중요한 영향을 미침을 알 수 있었다. 이에 대한 검증은 앞으로 Lisrel이나 경로분석으로 해 보아야 하겠다.

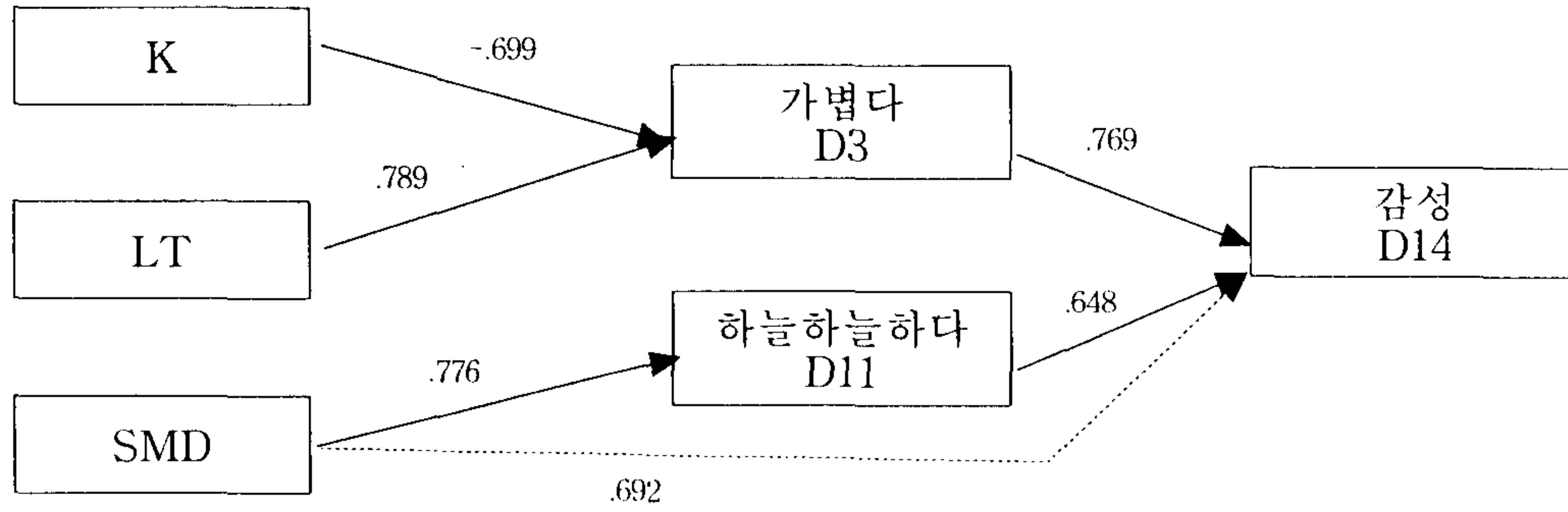


그림 3.11.3 물성, 1차 감각, 감성간의 상관계수 (표준 환경)

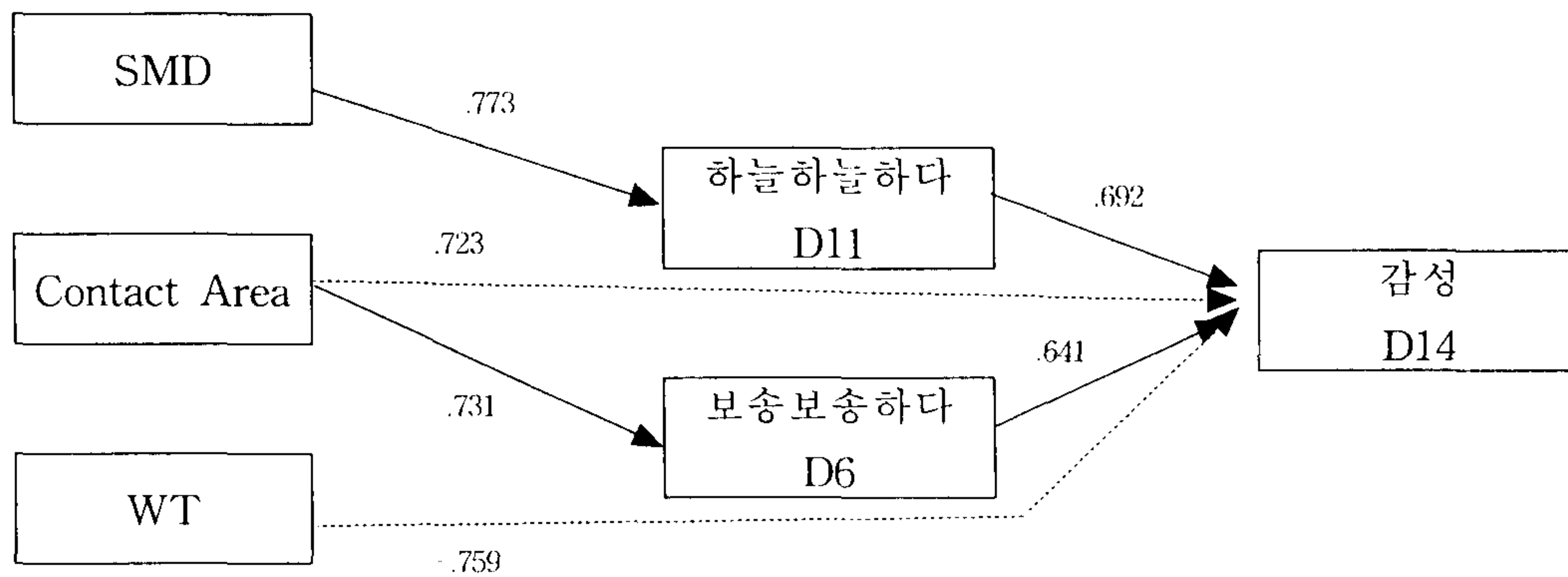


그림 3.11.4 물성, 1차 감각, 감성간의 상관계수 (고온 환경)

표 3.11.20은 고온다습 환경에서 감각용어의 평정치간 상관계수를 나타낸 것이다. 이를 보면, [폭신폭신타다]는 두껍다와 눅눅하다에 대해 정적 상관을, 가볍다와 차다에 대해 부적 상관을 나타내었다. [두껍다]는 [눅눅하다]에 대해 정적 상관을, 가볍다, 차다와 하늘하늘하다에 대해 부적상관을 나타내었다. [가볍다]는 하늘하늘하다와는 정적 상관을, 눅눅하다와는 부적 상관을 나타내었다. [차다]는 눅눅하다와 부적 상관을 나타냈다.

[눅눅하다]는 오돌도돌하다와 하늘하늘하다에 대해 부적 상관을 나타내었다. [보송보송하다]는 촉감이 좋다, 구매시 선호한다, 감성과 정적 상관을, [오돌도돌

하다]는 부드럽다와 매끄럽다에 대해 부적 상관을 보였다. [부드럽다]는 매끄럽다와 정적 상관을 나타냈다. [뻣뻣하다]는 하늘하늘하다와 부적 상관을 나타냈고, [하늘하늘하다]는 촉감이 좋다, 감성과 정적 상관을 보였다. 따라서 고온다습한 환경에서는 촉감은 보송보송할수록, 하늘하늘할수록 좋고, 구매시 선호도는 보송보송할수록, 촉감이 좋을수록 증가할 것이며, 감성은 보송보송할수록, 하늘하늘할수록 좋은 것이라고 기대된다. 선행연구에서는 젖은 피부에 접촉하는 일반직물의 접촉면적이 클 때 의복착용시 불쾌감을 유발하였고 접촉면적이 작을 때 쾌적한 경향이 있었는데 손으로 접촉감각을 평가한 본 실험의 경우는 총 접촉면적이 클 때 오히려 선호하는 감성을 유발하였다. 이것은 본 실험의 소재가 대부분 극세사의 고밀도 직물인데, 그 중 기모가공된 직물은 특이하게 접촉면적이 작으면서도(표 3.11.1 직물 3.11.1-직물 3.11.4, 표 3.11.13) 보송보송하지 않은 감각을 유발한 것으로 보인다. 이것은 고밀도 극세사의 경우 실의 특성 때문에 발생할 수 있는 현상이라 생각되는 데 수분감각과 관련된 감성을 측정하려면 피부면, 직물면에서의 표면온도나 수분전달 현상을 동적으로 측정하여야 심층분석이 가능할 것으로 생각된다. 또 한 가지 생각할 수 있는 이유로는 본 실험은 피부에 발한이 개시되지 않은 상태에서 온냉감, 습윤감각을 측정하였기 때문에 습윤된 피부와의 접촉면적이 작다는 것과 감성이 좋은 것이 연결되지 않았다는 사실이다. 기모된 고밀도 직물의 경우 접촉면적이 작더라도 극세사의 고밀도 구조때문에 끈끈하고 눅눅한 감각이 유발되고 이것은 불쾌감으로 연결된 것으로 보인다.

표 3.11.20 감각간 상관계수(고온다습환경)

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14
D1														
D2	.913													
D3	-.820	-.953												
D4	-.890	-.807												
D5	.701	.704	-.611	-.906										
D6														
D7					-.656									
D8							-.956							
D9							-.956	.935						
D10														
D11		-.737	.634		-.768					-.777				
D12						.637					.636			
D13						.716						.885		
D14						.692					.641	.977	.964	

D1-D14 : 폭신평신타다 두껍다 가볍다 차다 눅눅하다 보송보송하다 오돌도돌하다
부드럽다 매끄럽다 뻣뻣하다 하늘하늘하다 촉감이 좋다 구매시 선호한다 감성

표 3.11.21은 고온다습 환경에서 감각용어의 평정치와 객관적 물성치 간 상관계수를 나타낸 것이다. 이를 보면, [두껍다, D2]는 LT와 부적 상관을 나타내었고, [가볍다, D3]는 Qmax와 LT에 대해 정적 상관을, K와 부적 상관을 나타내었다. [보송보송하다, D6]는 Contact area에 대해 정적 상관이 있으며, [오돌도돌하다, D7]는 Roundness와 Axis Ratio에 대해 정적 상관이 있었고, [부드럽다, D8]와 [매끄럽다, D9]는 Roundness와 Axis Ratio에 대해 부적 상관이 있었다. [뻣뻣하다, D10]와 [하늘하늘하다, D11]는 SMD와 부적상관을 나타내었다. [촉감이 좋다, D12], [감성, D14]의 경우 접촉면적(Contact area)와 WC에 대해 정적 상관을, WT와 부적 상관을 나타내었다. [구매시 선호한다, D13]는 접촉면적과 WC에 대해 정적 상관을 나타내었다. 고온다습한 환경에서는 감성특성에 WT와 접촉면적이 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났고 이상의 요약도는 그림 3.11.3과 3.11.4에 그려져 있는 바와 같다.

표 3.11.21 감각과 물성간 상관계수(고온다습환경)

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14
SMD										-.73 3	.773			
Contact Area						.731						-.65 2	.765	.723
Fractal														
Round.					-.700		.771	-.675	-.66 9					
Axis Ratio.							.715	-.691	-.69 2					
Qmax			.641											
K			-.723											
LT		-.792	.796											
WT												-.73 7	-.73 7	-.75 9
WC												.683		.649

D1-D14 : 폭신평신타다 두껍다 가볍다 차다 눅눅하다 보송보송하다 오돌도돌하다
부드럽다 매끄럽다 뻣뻣하다 하늘하늘하다 촉감이 좋다 구매시 선호한다 감성

주관적 감각 용어와 객관적 물성치를 가지고 다차원척도법과 벡터모형에 의해 분석한 결과, 감성과 관련이 높은 감각, 감성용어와 객관적 물성 파라미터를 결정하였다. 도출된 Configuration 유클리드 거리 모델은 그림 3.11.5-3.11.8과 같다.

그림 3.11.5에서 2가지 차원은 요인분석결과로 예측하였다. 즉, 요인을 두 개로 지정하여 요인 분석한 결과에 의하면 표준환경에서나 고온 다습한 환경에서 모두 차원 1은 두께와 습윤 감각이 된 것으로, 차원 2는 표면특성으로 추출되어 MDS 좌표축도 이러한 차원으로 예상할 수 있으리라 생각된다. 예를 들어 감각용어 중 고온 다습한 환경에서 감성을 예측한 회귀식에 중요하게 나타난 보송보송하다(표 3.11.25 참조)는 두께와 습윤 감각이 복합된 것으로 볼 수 있으므로 MDS의 차원을

요인 분석으로 예측한 결과와 회귀분석에 의한 결과의 경향이 유사하다고 할 수 있다. 그림 3.11.5는 각종 1차 감각과 감성과의 관계를 표준화된 값으로 나타내고 있으며 여기서 Row 1- Row 10은 실험직물 10종을 가리킨다.

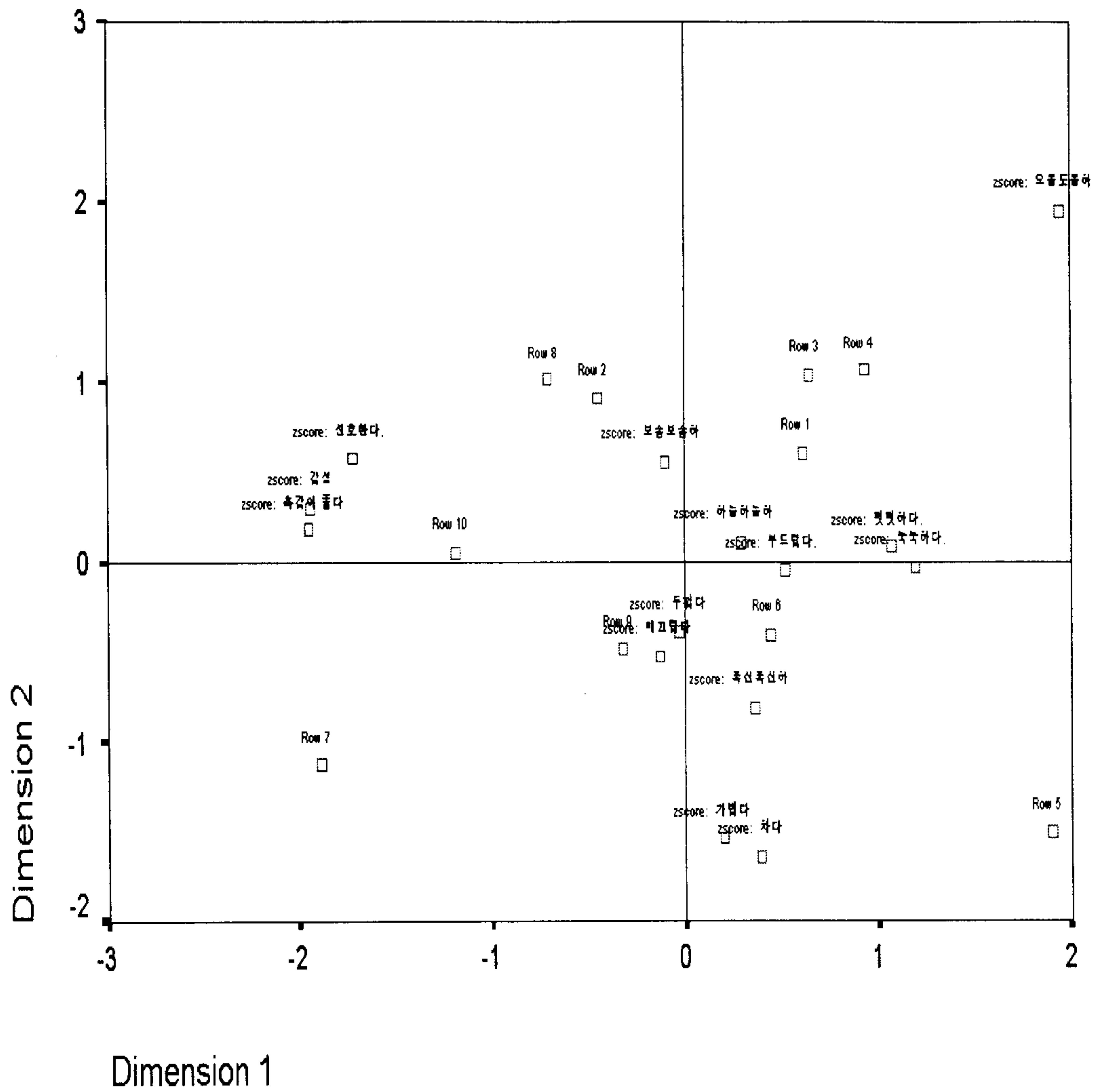


그림 3.11.5는 각종 1차 감각과 감성과의 관계를 표준화된 값

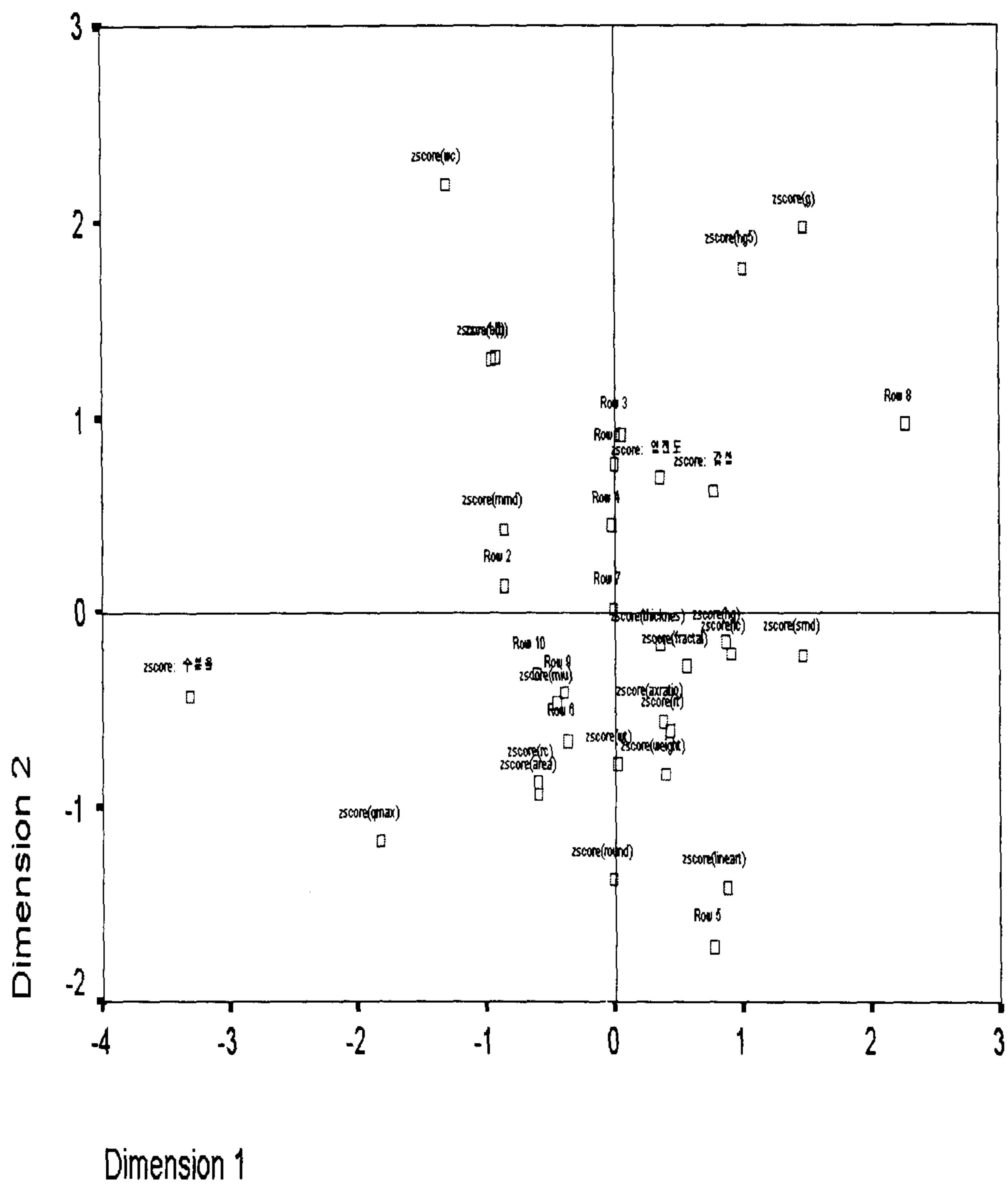


그림 3.11.6은 표준환경에서 물성과 감성, 식물간의 관련성을 보여주고 있고 Row 1-10 까지는 실험 식물 10종이다.

위의 그림 3.11.5-3.11.8까지에서 감성과 각각의 감각 용어, 물성 또는 직물이 어떠한 상대적인 관계가 있는가를 알아보기 위하여 원점과 감성점 위치를 연결하여 감성 벡터로 나타낸 후 각 감각 및 물성치의 좌표에서 벡터 상에 수선을 내리고 그 점과 감성점 간 거리를 측정하였다. 이때, 짧은 값을 갖는 것이 감성과 밀접한 관련이 있는 파라미터가 된다. 이를 정리하여 표 3.11.22와 표 3.11.23에 나타내었다. 표 3.11.22는 감성과 관련이 높은 용어에서부터 관련이 낮은 용어로 순서대로 나타낸 것이다. 감성과 관련이 높은 용어는 표준환경에서는 촉감이 좋다, 구매시 선호한다, 매끄럽다, 보송보송하다, 두껍다, 하늘하늘하다, 가볍다, 폭신평신타다, 부드럽다, 차다, 뽀뽀하다, 눅눅하다, 오돌도돌하다 순으로 나타났으며, 고온다습 환경에서는 구매시 선호한다, 보송보송하다, 촉감이 좋다, 가볍다, 두껍다, 매끄럽다, 하늘하늘하다, 뽀뽀하다, 폭신평신타다, 폭신평신타다, 눅눅하다, 부드럽다, 차다, 오돌도돌하다 순으로 나타났다. 환경에 관계없이 (매끄럽다와 보송보송하다와 같은) 표면특성이 감성과 관련이 높게 나타났으며 부적 상관을 갖는 오돌도돌하다는 상대적으로 관련이 제일 낮게 나타났다.

표 3.11.22 환경별 감각용어에 의한 감성의 MDS분석결과

감성	환 경	
	표준	고온다습
	촉감이 좋다	구매시 선호한다
	구매시 선호한다	보송보송하다
	매끄럽다	촉감이 좋다
	보송보송하다	가볍다
	두껍다	두껍다
	하늘하늘하다	매끄럽다
	표준	고온다습
	폭신평신타다	뽀뽀하다
	부드럽다	폭신평신타다
	차다	눅눅하다
	뽀뽀하다	부드럽다
	눅눅하다	차다
	오돌도돌하다	오돌도돌하다

표 3.11.23은 객관적 물성 파라미터를 가지고 다차원척도법에 의해 분석한 결과를 감성과 관련이 높은 것에서 낮은 것으로 순서대로 나타낸 것이다. 감성과 관련이 비교적 높은 객관적 물성 파라미터는 표준환경에서 SMD, K, LC, HG, WC, fractal dimension, B, HB, HG5, Thickness와 RT였고, 고온다습환경에서는 Qmax, LT, Roundness, RC, regain, weight, WT, RT, Fractal dimension, contacting area와 MIU였음을 알 수 있다.

표 3.11.23 환경별 객관적 물성파라미터에 의한 감성의 MDS분석결과

감성	환경	
	표준	고온다습
	SMD	Qmax
	K	LT
	LC	roundness
	HG	RC
	WC	regain
	fractal dimension	weight
	B	WT
	HB	RT
	HG5	fractal dimension
	Thickness	contact area
	RT	MIU
	axis ratio	axis ratio
	G	LC
	LT	HG
	Weight	thickness
	MMD	SMD
	G	MMD
	MIU	K
	Roundness	HB
	RC	B
	Area	2HG5
	Qmax	WC
	Regain	G

직물의 감성을 예측하는 회귀식을 도출하기 위해 각 환경에서 주관적 감각용어와 물성변인을 가지고 회귀분석하여 환경별로 회귀식을 도출하였고 이를 표 3.11.24와

표 3.11.25에 제시하였다. 또한, 단일 감각용어를 예측하기 위해서 각 환경에서 물성변인을 가지고 회귀분석한 결과, 환경별로 회귀식을 얻었고 이를 표 3.11.26과 표 3.11.27에 제시하였다. 표준환경에서 녹녹하다와 매끄럽다, 고온환경에서 차다의 예측식은 유의하지 않았다.

감각·감성 및 물성변인을 회귀분석한 결과, 표준환경에서 감성에 영향을 미치는 주요 감각용어는 [하늘하늘하다]였으며, [오돌도돌하다]는 독립적으로 영향을 미치는 감각용어로 나타났다. 이때, 감각용어에 의한 감성에 대한 예측방정식의 설명력(R^2)은 두 환경에서 .89이상이었고, 객관적 물성치에 의한 감성에 대한 예측방정식의 설명력(R^2)은 두 환경에서 .95이상이었다. 또한, 환경별로 보면, 주관적 감각용어에 의하여 분석하였을 때와 객관적 물성치를 가지고 분석하였을 때 모두 각 예측식의 설명력(R^2)은 표준환경의 경우가 고온다습한 환경의 경우보다 높게 나타났다.

전반적으로 선호감이 좋은 경우 관련성이 높은 용어들이 상관계수나 회귀식에서도 채택이 되었음을 알 수 있었다. 감성을 예측하는 주요물성은 SMD였으며 RT, LT, Roundness는 독립적으로 영향을 미치는 물성요인 이었다. 고온 다습한 환경에서는 [보송보송하다]가 감성예측에 영향을 미치는 감각용어로 나타났고, [두껍다]와 [부드럽다]는 독립적으로 영향을 미치는 감각용어로 나타났다. 감성을 예측하는 주요물성은 Contacting area였으며, SMD, HB가 독립적으로 영향을 미치는 것으로 나타났다.

표 3.11.24 감각용어 및 물성치에 의한 감성의 회귀분석결과 (표준환경)

사용된 독립변수	예측식(표준)	설명력(R ²)
감각용어	$f(x) = 0.736\text{하늘하늘하다} - 0.458\text{오돌도돌하다} + 8.851$	.893
물성	$f(x) = 1.530\text{SMD} - 0.248\text{RT} + 8.704\text{LT} - 4.040\text{Roundness} + 17.469$	.978

표 3.11.25 감각용어 및 물성치에 의한 감성의 회귀분석결과 (고온다습환경)

사용된 독립변수	예측식(고온다습)	설명력(R ²)
감각용어	$f(x) = 2.352\text{보송보송하다} - 0.399\text{두껍다} + 0.322\text{부드럽다} + 0.444$	.924
물성	$f(x) = 5.268\text{Contacting Area} + 0.945\text{SMD} + 25.008\text{HB} + 3.802$	.946

표 3.11.26 물성치에 의한 감각용어의 회귀분석결과(표준환경)

감각용어	예측식(표준)	설명력(R ²)
폭신평신타다	$f(x) = -22.905\text{LT} - 5.198\text{Axis Ratio} + 22.881$	R ² =.893
두껍다	$f(x) = -22.905\text{LT} - 5.198\text{Axis Ratio} + 22.881$	R ² =.639
가볍다	$f(x) = 16.418\text{LT} - 6.660$	R ² =.622
차다	$f(x) = 14.570\text{LT} - 2.051\text{G} - 3.578$	R ² =.952
보송보송하다	$f(x) = -3.30\text{Qmax} + 0.195\text{MMD} + 0.622\text{Thickness} + 0.108\text{SMD} + 5.221$	R ² =.980
오돌도돌하다	$f(x) = 15.410\text{Roundness} - 6.001$	R ² =.589
부드럽다	$f(x) = -13.457\text{Roundness} + 14.706$	R ² =.507
뽀뽀하다	$f(x) = 3.14\text{G} - 3.959\text{WC} - 0.813\text{SMD} + 1.458\text{Fractal dimension} + 4.275$	R ² =.960
하늘하늘하다	$f(x) = 1.989\text{SMD} - 0.179\text{RT} + 6.952\text{Roundness} + 4.954$	R ² =.923

표 3.11.27 물성치에 의한 감각용어의 회귀분석결과 (고온다습환경)

감각용어	예측식 (고온다습)	설명력(R ²)
폭신평신타다	$f(x) = -20.273LT - 6.848\text{Axis Ratio} - 0.567\text{SMD} + 23.461$	R ² = .937
두껍다	$f(x) = -19.825LT + 19.386$	R ² = .628
가볍다	$f(x) = 17.916LT - 7.908$	R ² = .633
눅눅하다	$f(x) = -7.919\text{Roundness} + 11.222$	R ² = .491
보송보송하다	$f(x) = -2.624Q_{\max} + 1.401\text{Area} + 4.000$	R ² = .785
오돌도돌하다	$f(x) = 17.791\text{Roundness} - 7.439$	R ² = .602
부드럽다	$f(x) = -9.377\text{Axis Ratio} + 41.055\text{HB} + 7.255$	R ² = .780
매끄럽다	$f(x) = -7.44914\text{Axis Ratio} + 7.625$	R ² = .479
뻣뻣하다	$f(x) = -1.217\text{SMD} - 0.147\text{RT} - 0.942 - 0.954$	R ² = .915
하늘하늘하다	$f(x) = 1.661\text{SMD} + 4.534\text{Axis Ratio} - 2.163$	R ² = .788

감성의 평정값에 의거하여 각 환경에서 가장 감성적인 직물 2종과 그렇지 않은 직물 2종을 추출하였다. 이때, 표준환경에서는 상위 감성을 유발하는 직물은 5,9직물이었고, 하위 감성을 유발하는 직물은 4,1이었고, 고온다습환경에서는 상위 감성을 유발하는 직물은 9,7이었고, 하위 감성을 유발하는 직물은 1, 3이었다. 환경에 관계없이 고밀도의 기모된 직물군(1,2,3,4)는 하위 감성을 갖는 것을 알 수 있다. 그러나 양쪽 환경 모두에서 가장 상위 감성을 갖는 9번 직물은 고밀도 직물이지만 실의 특성이 달랐다. 9번 직물은 실의 종류가 ATY로서 공기분사에 의한 가공으로서 신축성은 거의 없으나 벌키성이 풍부한 방적사와 흡사한 특징을 갖기 때문에 좋은 감성이 유발된 것으로 여겨진다. 그에 대응한 상위 감성을 유발하는 직물 두 종류의 평균값과 하위 감성을 유발하는 직물 두 종류의 평균값을 취하여 감각용어에 대해 프로파일을 표준환경과 고온다습환경에서 그렸고 이를 그림 3.11.9과 3.11.10에 나타내었다. 또한, 상위 감성 직물과 하위 감성 직물에 대해 해당하는 표준화된 물성치의 프로파일을 표준환경과 고온다습환경에서 그려보고 이를 그림 3.11.11과 3.11.12에 나타내었다. 그림 3.11.9에서 표준환경에서 감각 용어를 보면, [폭신평

신하다 D1, 두껍다 D2, 눅눅하다 D5, 오돌도돌하다 D7, 뻣뻣하다 D10] 는 그렇지 않을수록, [가볍다 D3, 차다 D4, 보송보송하다 D 6, 부드럽다 D8, 매끄럽다 D9, 하늘하늘하다 D11, 촉감이 좋다 D12, 구매시 선호한다 D13]은 그러할수록 상위감성을 유발하는 것을 알 수 있다. 표준환경에서는 여러 감각용어 중에서 특히, [두껍다], [매끄럽다],[하늘하늘하다]는 직물의 상 하위 감성을 확실히 구별지워주는 용어임을 알 수 있다.

그림 3.11.10에서 고온다습환경에서 감각 용어를 보면, [폭신폭신타다 D1, 두껍다 D2, 눅눅하다D5, 뻣뻣하다D10]에 대해서는 그렇지 않을수록, [가볍다 D3, 차다 D4, 보송보송하다 D6, 오돌도돌하다 D7, 부드럽다 D8, 매끄럽다 D9, 하늘하늘하다 D11, 촉감이 좋다 D12, 구매시 선호한다D13]에 대해서는 그러할수록 상위감성을 유발하는 것으로 나타났다. 고온다습한 환경에서도 표준환경과 흡사하게 여러감각용어 중에서 특히, [매끄럽다], [하늘하늘하다]가 직물의 상하위 감성을 확실히 구별 지워 주는 용어임을 알 수 있다.

그림 3.11.11을 보면, 표준환경에서 접촉면적과 LC가 클수록, WT가 작을수록 상위감성을 유발하는 것으로 나타났다. 그 외에도, SMD, RT와 LT가 클수록, HB가 작을수록 상위감성을 유발하는 것으로 나왔다. 그림 3.11.12를 보면, 고온다습환경에서도 표준환경과 유사한 조건에서 상위 감성을 유발하는 것이 발견되었다. 특히, 상위감성에 영향을 미치는 요인으로 SMD가 중요하게 나타났는데 그 외에도 LC, 접촉점의 roundness, 접촉면적이 크면 상위감성을 유발하는 것이 밝혀졌다.

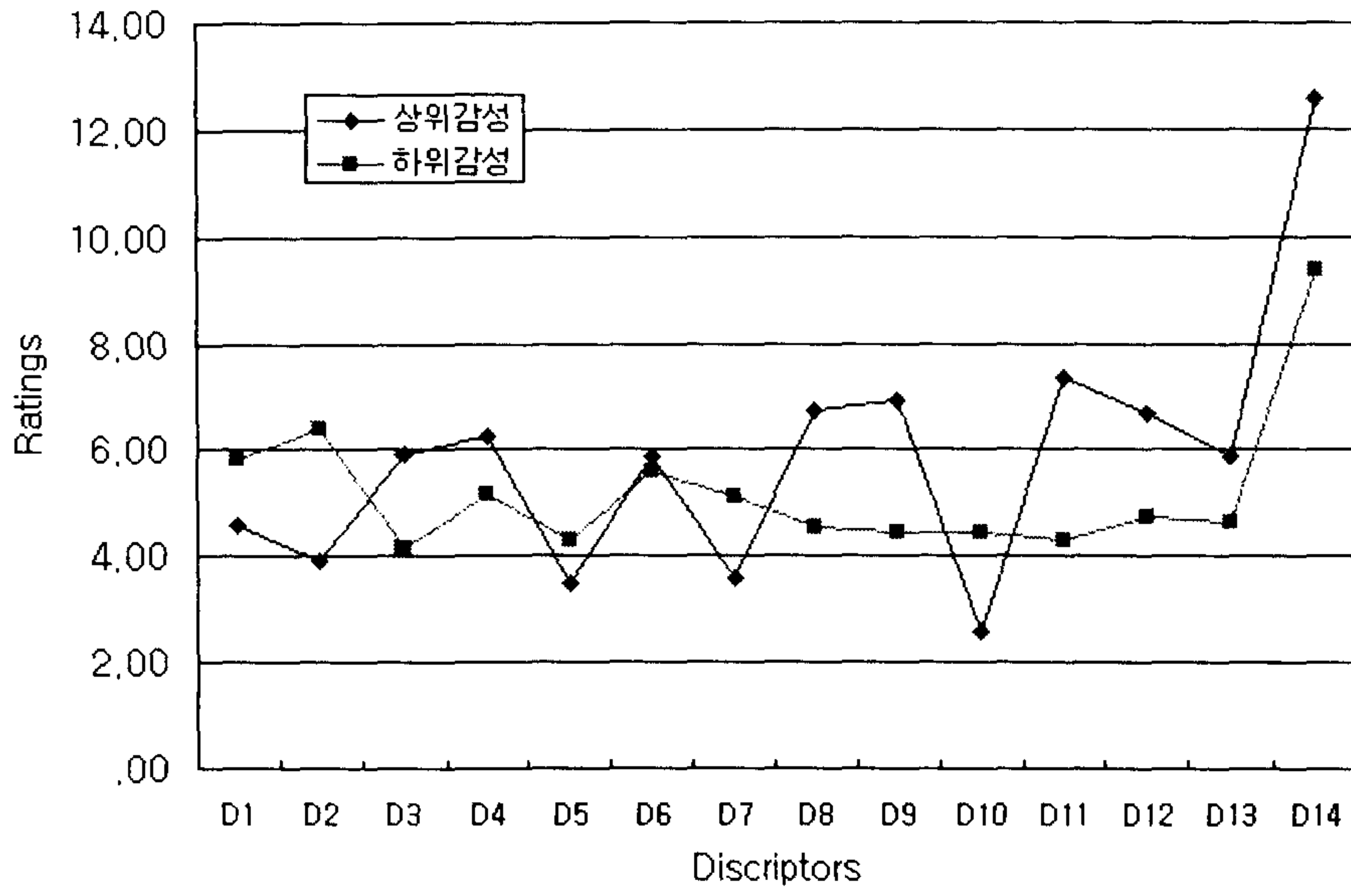


그림 3.11.9 상위감성과 하위감성을 유발하는 직물의 감각용어의 프로파일

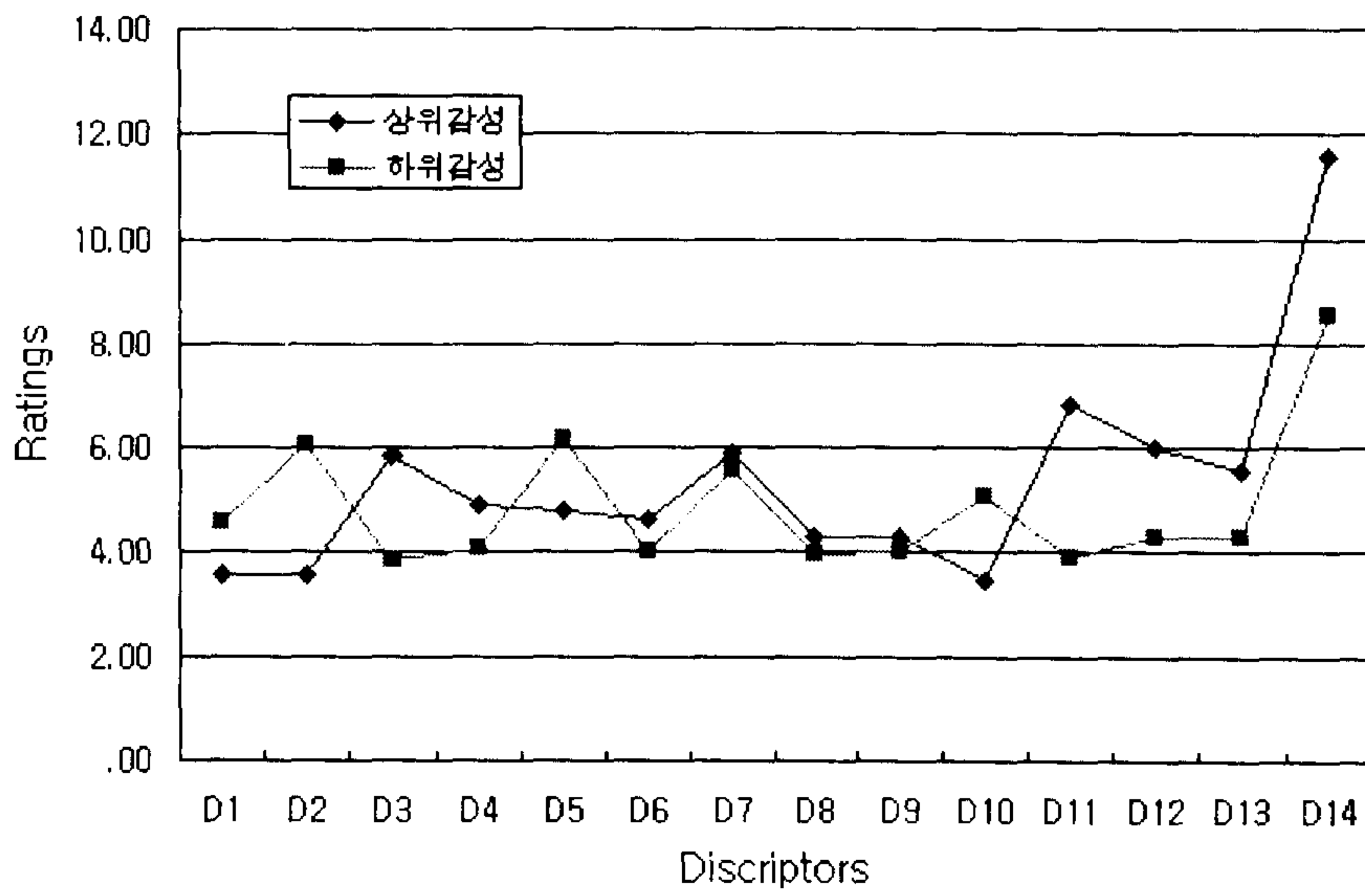


그림 3.11.10 상위감성과 하위감성을 유발하는 직물의 감각용어의 프로파일

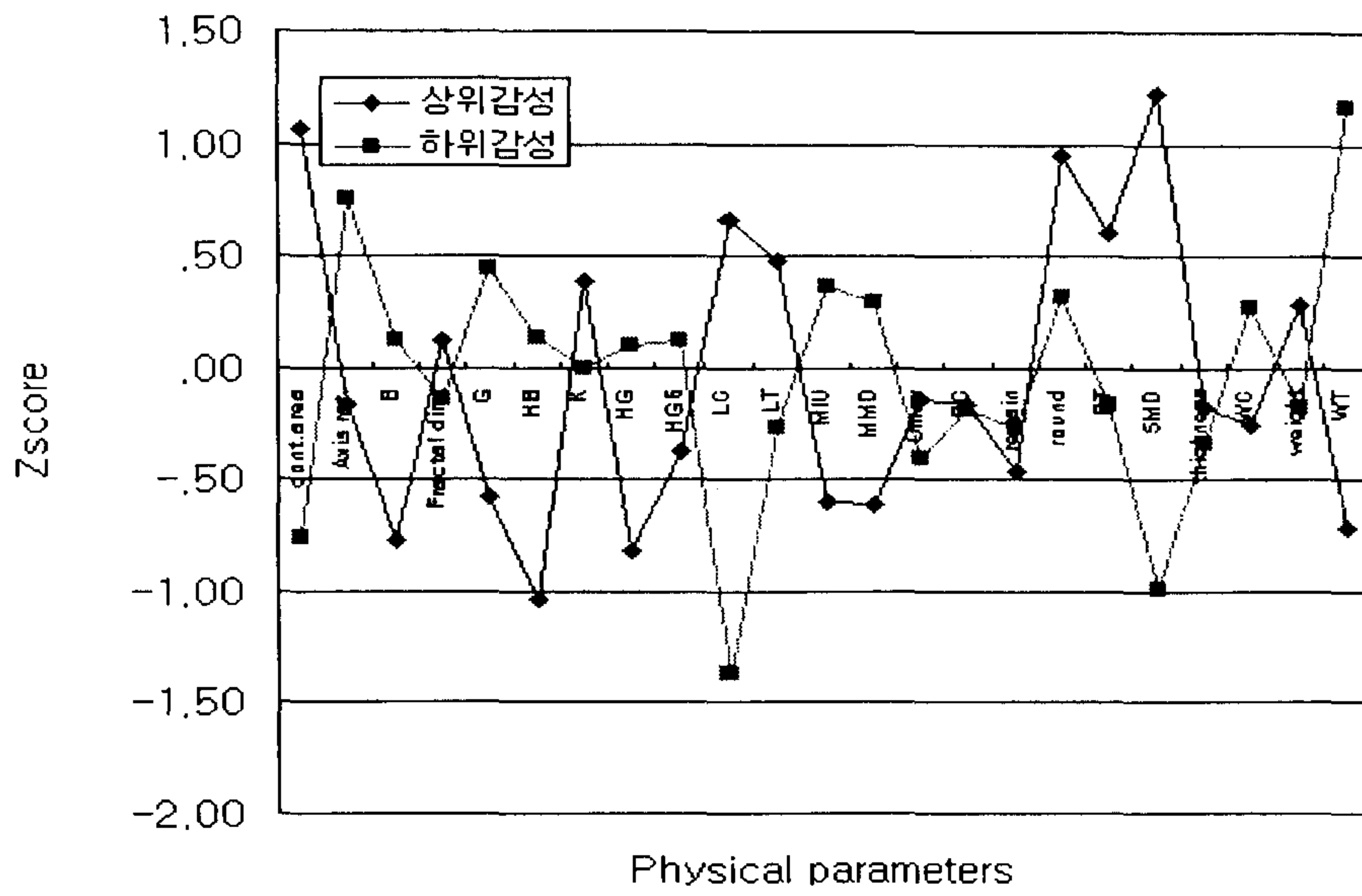


그림 3.11.11 상위감성과 하위감성을 유발하는 직물의 물성파라미터의 프로파일
(표준환경)

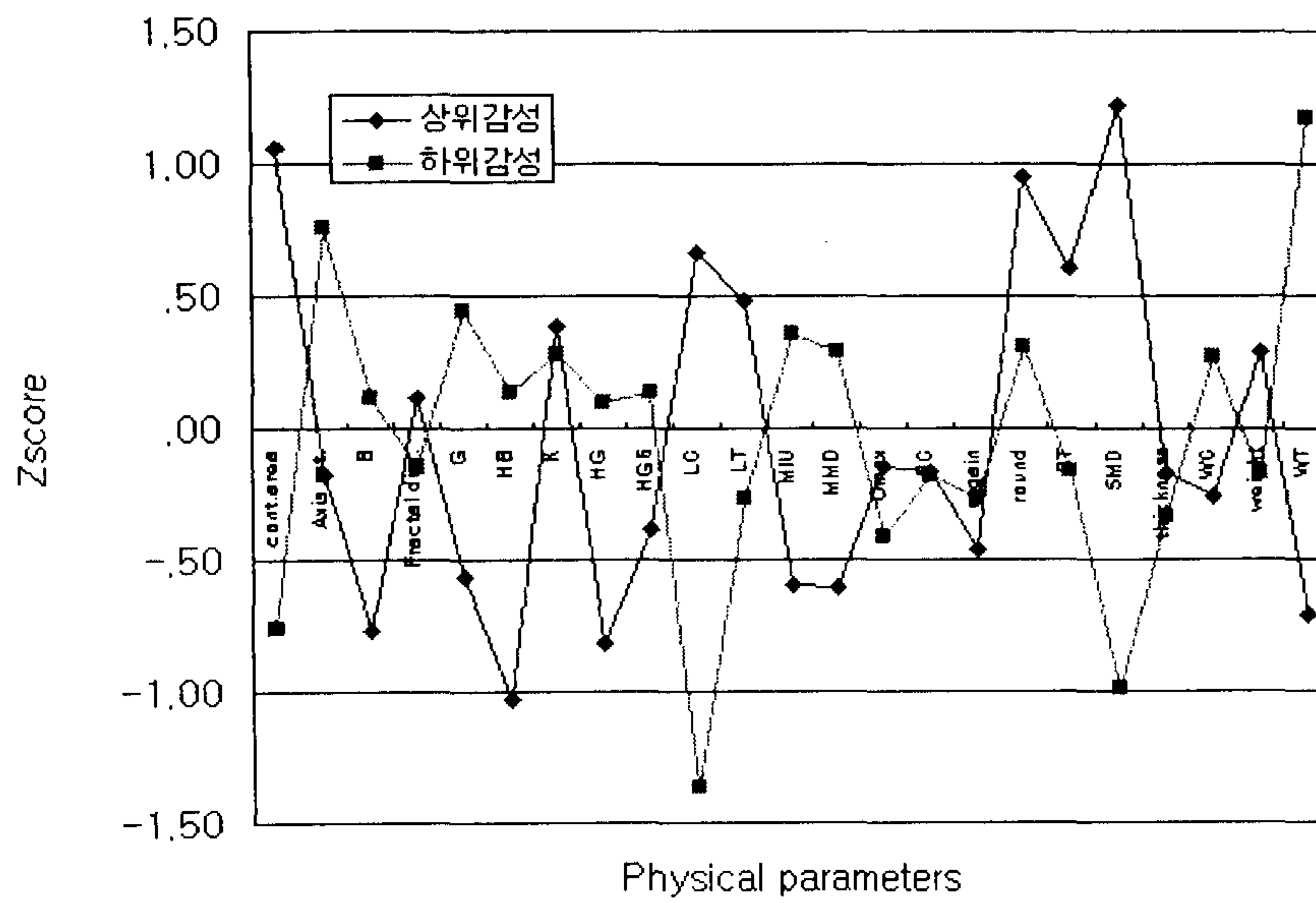


그림 3.11.12 상위감성과 하위감성을 유발하는 직물의 물성파라미터의 프로파일
(고온다습환경)

다음은 상위감성과 하위감성을 유발하는 직물의 Template를 환경별로 제작하였고 이를 그림 3.11.13-3.11.14에 제시하였다. Template의 축을 구성하는 객관적 물성파라미터를 선정한 기준은 상위감성과 하위감성을 유발하는 직물의 물성파라미터의 프로파일에서 유의하게 차이가 나는 것에 의하였다. 즉 감성의 상하위를 구별짓는 Contacting Area, LT, SMD와 WT를 선택하였다. Template를 살펴보면, 환경에 관계없이 Contacting Area, LT와 SMD가 크고 WT가 작을 때 상위감성을 유발하였음을 알 수 있다. 한편, 2단계연구 중 template의 물성축의 개수를 늘려서 HB를 선택하면 HB는 환경에 따라 감성에 반대의 영향을 미치는 것을 알 수 있는데 표준 환경에서는 HB가 클 때 상위감성을 유발하였으나(그림 3.11.15), 고온다습환경에서는(그림 3.11.16) 반대의 경향을 나타내었다. HB를 선정한 것은 고온 다습한 환경의 경우 회귀식에서 접촉면적이외의 독립적인 기여를 하는 것이 HB이기 때문이다.

부가적으로 1단계 실험결과를 template로 나타내면 Contacting Area와 SMD에 의한 감성의 상하위 변별력이 크지 않게 나타난다. 단, WT는 작을수록 상위감성을 유발하는 일관성있는 경향을 보였다. 이것은 실험대상의 물성이 어떠한 범위에 있는가에 따라서 감성을 변별하는 물성 변인이 달라짐을 나타내는 예라고 하겠다. 즉, 1단계 직물간 표면 접촉 특성치 (Fractal dimension과 Contacting Area)의 차이가 2단계의 직물의 그것에 비해 비교적 작았다. 표면 접촉 특성치인 Fractal dimension의 실측 data의 범위를 살펴보면, 1단계에서 이용된 직물의 경우, 0.959-1.284였고, 2단계 직물의 경우, 0.029-0.115였으며, Contacting Area의 실측 data의 범위를 살펴보면, 1단계 직물의 경우, 0.029-0.115, 2단계 직물의 경우, 0.243-0.776 의 범위에 있었다.

이것을 토대로 보면 DB화를 할 때 어떠한 범주로 나누는가의 기준 설정이 매우 중요한 요소가 될 수 있음을 시사한다고 하겠다. 직물에서는 물성이 상호작용을 하

는 예가 대부분이기 때문에 쉽지 않겠으나, 용도별로 전형적인 대표직물의 주요 물성의 분산을 알 수 있다면 기준설정에도 도움이 클 것으로 판단된다. 이 때 주요 물성이라는 것은 본 연구에서와 같이 표준환경에서는 SMD, 고온 환경에서는 접촉면 적 등으로 연구의 산물로 도출되어야 할 것으로 보인다.

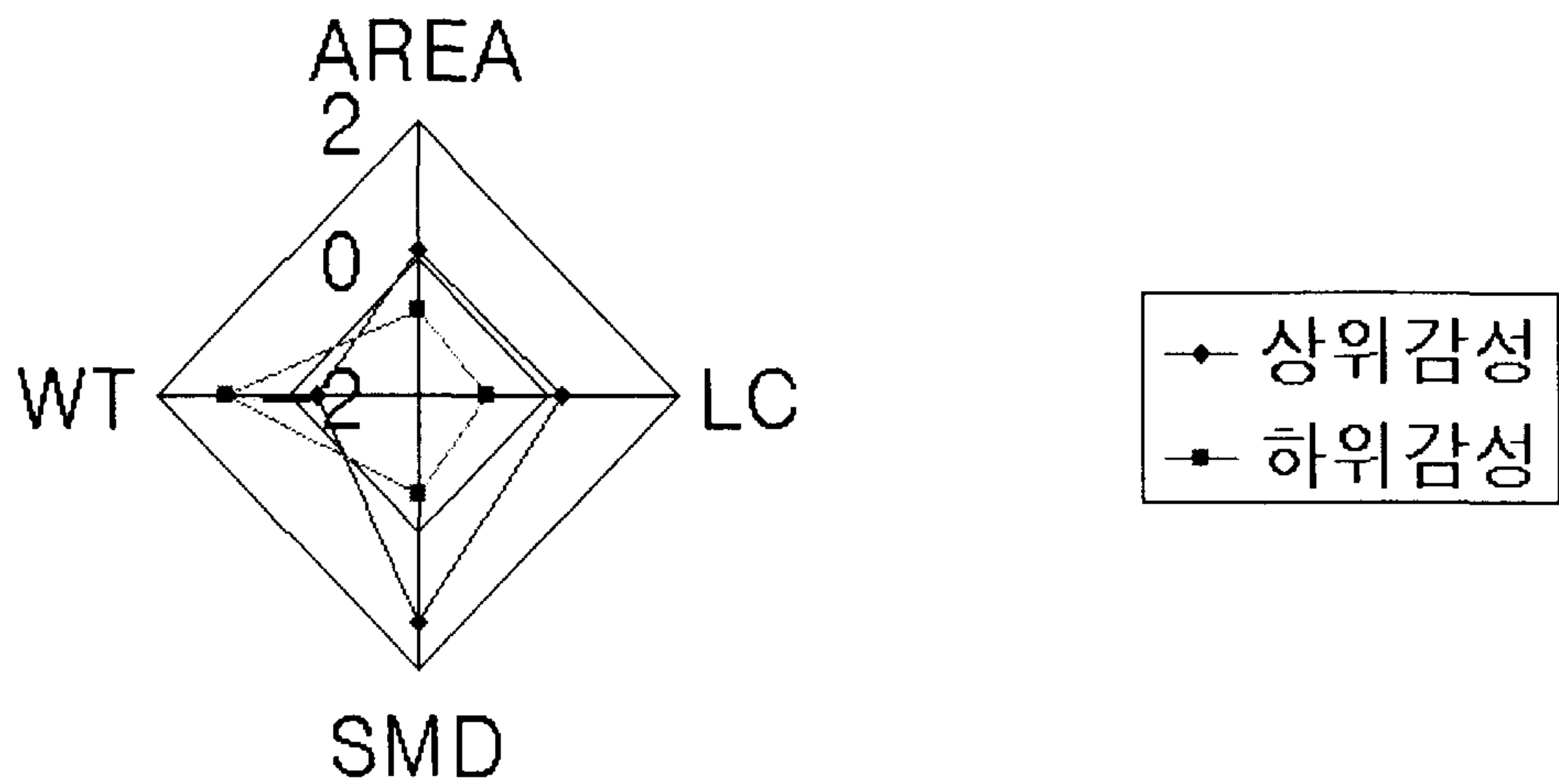


그림 3.11.13 감성판별을 위한 주요 물성 형판 (표준환경-2단계)

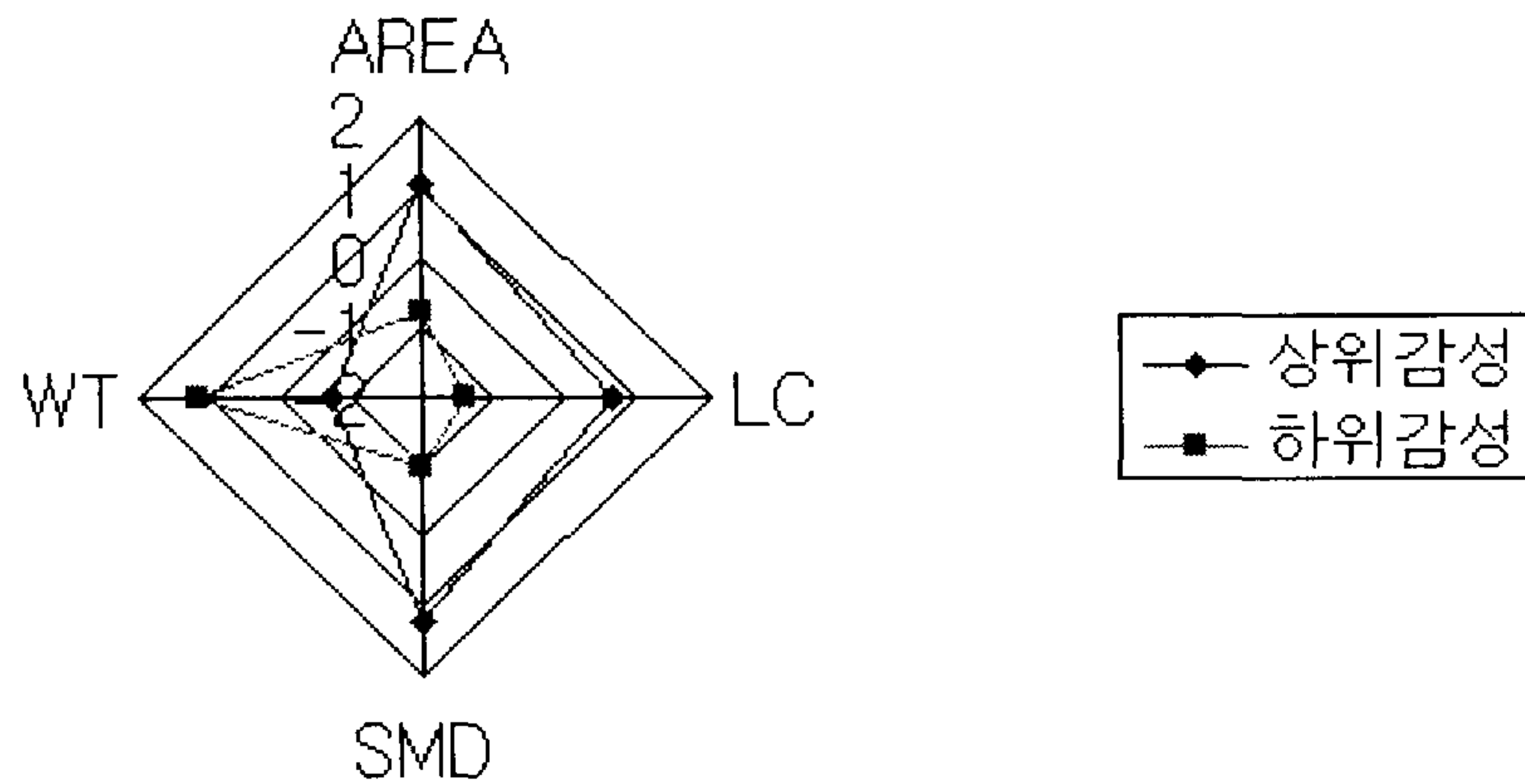


그림 3.11.14 감성판별을 위한 주요 물성 형판 (고온다습환경-2단계)

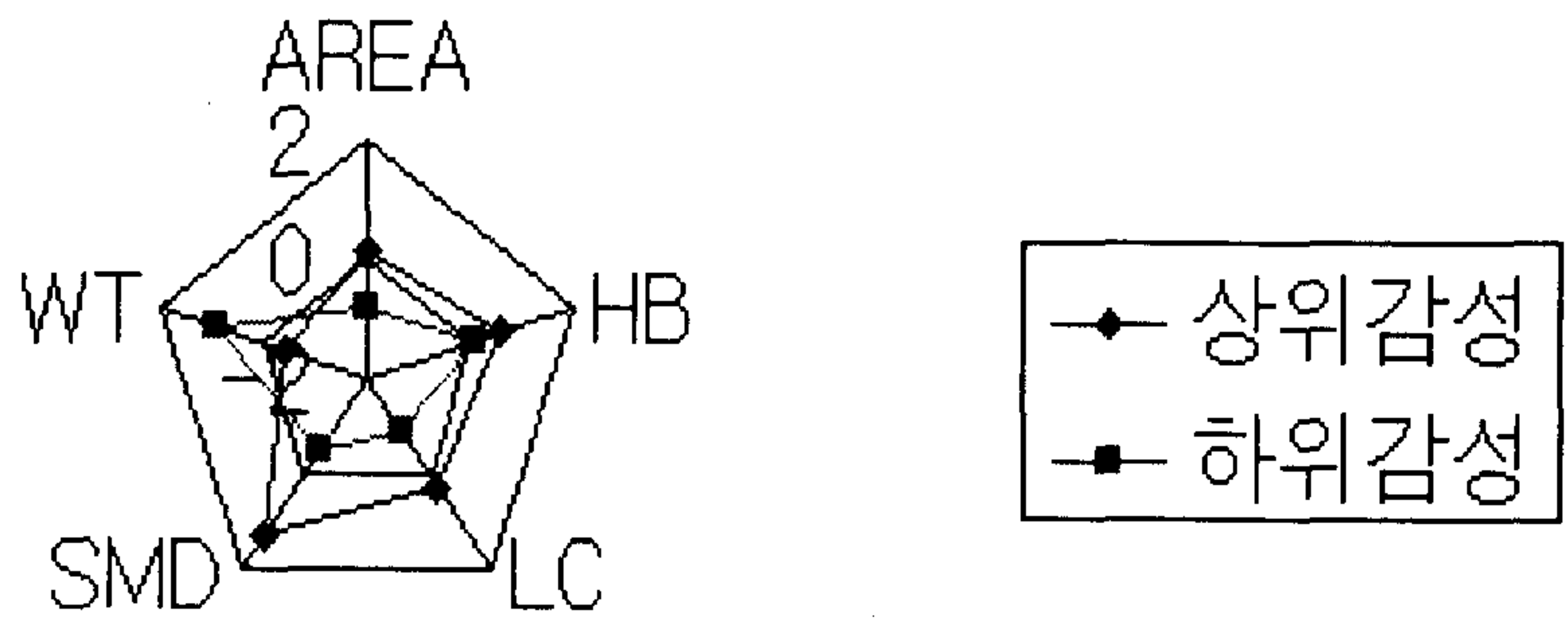


그림 3.11.15 감성 판별을 위한 주요 물성 형판 (표준환경-2단계)

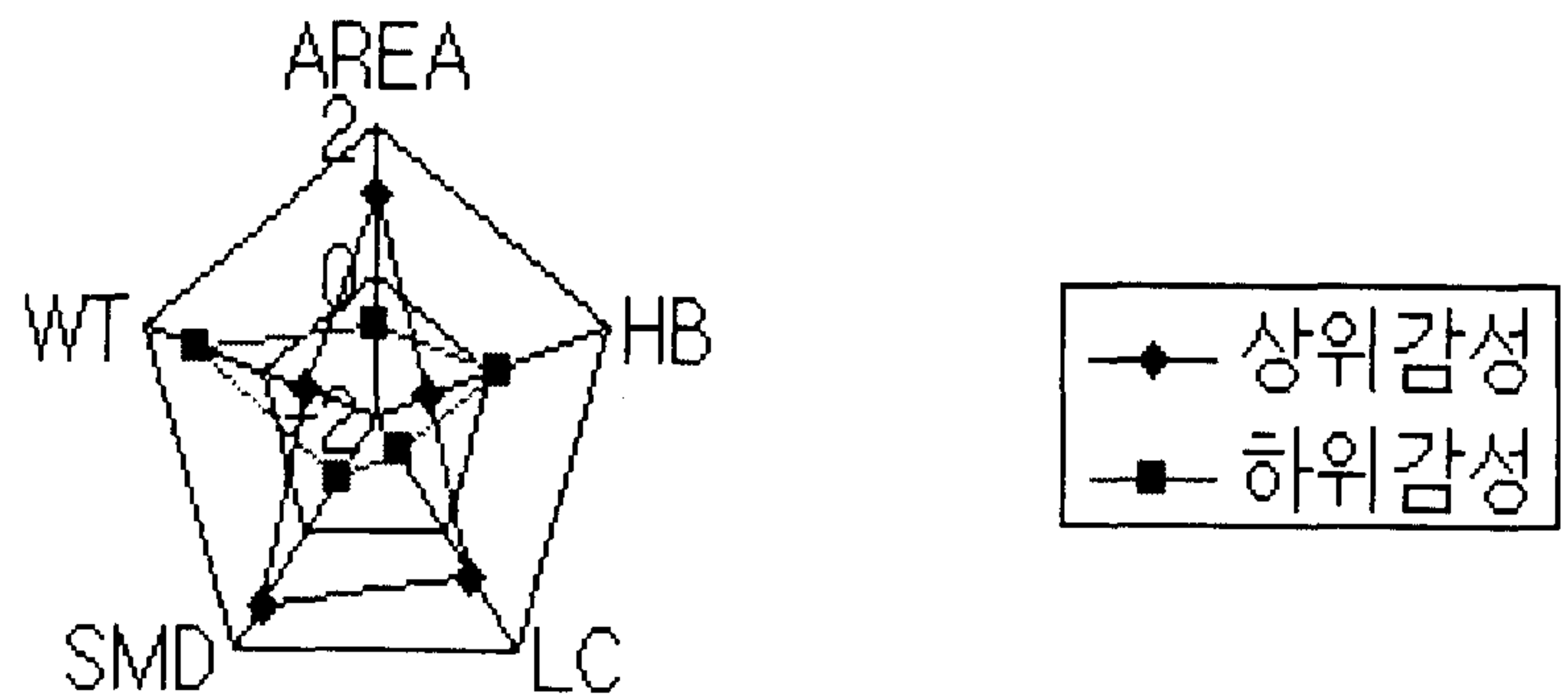


그림 3.11.16 감성판별을 위한 주요 물성 형판 (고온다습환경-2단계)

5. 종합 토의

1단계의 연구결과, 기준직물 제시에 따른 감각, 감성평가상의 효과는 발견할 수 없었다. 즉, 기준직물제시 유무에 따라 감각·감성의 평균값에는 부분적으로 차이가 있었는데 기준직물 값과 그 평정치를 제시하고 실험직물을 1대1로 상대평가 하게 한 후에 9점 척도상에 표시하게 하여도 기준직물이 없는 경우에 비하여 분산이 감소하지 않았다. 이것의 원인을 살펴보면, 다양하겠으나 척도상의 문제를 한가지 들 수 있겠다. 본 실험에서와 같이 다양한 측면의 물성이 다를 수 밖에 없는 기준 직물의 감각 평가치를 제시하면서 이것과 실험직물을 비교를 하면서 동시에 9점 척도상에 표시한다는 것이 피험자들에게는 쉬운 작업이 아니어서 분산이 컸던 것으로 보인다. 추후에 기준 직물과 실험직물을 비교하게 할 때 -2, -1, 0, 1, 2 정도로 같은지(0) 아니면 기준 직물이 해당 감각이 아주 작은지(-2) 조금 작은지(-1), 혹은 실험직물이 조금 큰지(1) 아주 큰지 (2)정도로 척도를 단순하게 한다면 (대신 피험자수를 늘리고) 분산이 줄어들 가능성이 있을 것으로 예상된다. 여러 그룹에서 각종 직물을 평가 할 때 타당한 기준 직물이 있다면, 광범위한 DB 구축시에 각 그룹간의 data를 calibration하듯이 표준화의 개념으로 통합할 수 있는 장점이 있을 것으로 생각되기 때문에 기준 직물의 적절한 이용 방법은 앞으로도 고려해 볼 만한 가치가 있다고 생각된다.

직물은 친수성(hygroscopic)이 있는 경우에는 환경에 의해 강도, 신도, 탄성, 강연도, 회복특성, 열전달 특성, 수분전달 특성등이 특히 많이 변하게 된다. 인체의 경우도 환경에 따라 피부가 수화되는(hydration) 정도가 다르고 피부의 접촉 감각이 습한 환경일수록 커진다³³⁾는 연구 결과도 보고되고 있다. 본 실험의 시료는

폴리에스테르였기 때문에 수분율의 범위가 매우 좁았음(0.4-2.8%)에도 불구하고 환경의 효과가 유의미하게 나타났다. 이것은 일단 인체의 피부면의 변화에서 생기기도 하지만 소재의 측면에서도 그 원인을 찾을 수 있겠다. 즉, 신소재가 개발됨에 따라 각종 가공을 하면서 폴리에스테르의 고유한 소수성이 다소 바뀌게 되는 경우가 생기며 특히 신소재 중 극세사로 된 고밀도 직물의 단점은 수분감과 관련된 눅눅한 감, 끈끈한 감이 보고되는 경우가 종종 있어서 환경의 효과가 나타난 것으로 보인다.

본 실험에서는 환경에 따라 달라지는 섬유 접촉 감각의 효과는 주로 열.수분과 관련된 용어였다. 고온다습환경에서 표준환경에서보다 더 눅눅하게, 덜 보송보송하게, 덜 차게 감지하는 것으로 나타났다. 직물의 효과는 모든 용어에서, 환경과 직물의 상호작용효과는 열.수분과 직접 관련되었거나 (차다. 보송보송하다) 이와 간접적으로 관련된 강연성 용어 (.뻗뻗하다. 하늘하늘하다) 촉감이 좋다에서 유의차가 나타났다. 이것은 회귀분석 결과나 상관계수에 의한 잠정적인 경로모형에서도 반영되었다. 회귀분석결과, 표준환경에서는 감성에는 수분과 관련된 용어가 중요하지 않았고 요인분석결과 1요인인 두께와 3요인인 강연성이 함께 결합된 용어로 보이는 하늘하늘하다가 가장 중요한 용어였다. 다른 용어와 관련되지 않은 채 독립적으로 기여하는 용어로는 오돌도돌하다라는 표면특성이었다. 오돌도돌하지 않을수록 감성이 상위였다. 표준환경에서 관련성이 가장 높은 물성치로는 SMD였는데 SMD가 클수록 감성이 상위였다. SMD는 수분특성이 고려되지 않은 표면특성 자체를 나타내고 있는 데 SMD가 커질 수 있는 방법은 두가지 라고 하겠다. 즉 띄엄띄엄 큰 요철이 있을 수도 있고(주기가 크고 강도도 큼) 작은 요철이 자주 있을 수도 (강도가 작지만 주기가 작아 출현빈도가 큼) 있겠다. 본 실험의 표준환경에서는 후자의 경우를 선호한 경우로서 오돌도돌하지 않으면서도 SMD가 클 때 상위 감성이 유발되었다.

반면에 고온다습환경에서 감성과 관련 높은 용어는 [보송보송하다]였는데 이는 두께, 표면특성, 열전도도, 수분특성(건조함)이 복합된 감각으로 보인다. 고온 다습한 환경에서 중요한 물성은 접촉면적과 SMD로 나왔고 독립적인 기여도는 HB가 컸다. 여기에서는 접촉면적도 크고 SMD도 크며 반면에 HB는 작은 것이 상위감성을 유발하였다. 본 실험에서 특이한 것은 접촉면적이 고온다습한 환경에서 중요한 것은 선행 연구와 일치하지만, 그 방향성은 틀리다는 점이었다. 종래의 직물에서는 접촉면적과 SMD(표면요철의 평균편차)는 그 연관성이 비교적 단순해서 요철의 편차가 크면 당연히 접촉면적이 작은 경우가 많았는데^{28,29)} 본 실험에서는 섬유, 실, 직물의 구조에 따라 SMD와 총 접촉면적의 관계는 다양하게 나올 수 있는 것으로 발견되었다. 직물 7번과 9번은 고온 다습한 환경에서 상위 감성을 유발하였는데 SMD도 비교적 큰 편이었고 접촉면적도 큰 편이었다. 그러나 다른 시료를 보면 SMD의 크기와 접촉면적은 상관이 없었다. 이러한 현상은 극세사로 된 고밀도 직물이 출현하면서 또한 실의 불균일성을 유도하는 각종 실가공 방법(예: ATY)에 의해서 발생할 수 있는 현상이라 하겠다.

Fractal dimension에서도 마찬가지로의 현상을 보이는데 전통적인 면, 폴리에스테르 혼방직물, 실크등에서는 총 접촉면적이 크면 fractal 차원도 따라서 커졌고 이에 따라 쾌적성도 저하하는 것으로 나타났는데^{28,29)} 신소재 폴리에스테르를 직물을 중심으로 한 본 실험에서는 총 접촉면적과 fractal 차원, SMD는 관련성이 없었으며 그 방향성도 선행 연구와 틀렸다. 이것은 직물이 개발됨에 따라 지속적인 DB화를 해야 할 필요성을 시사해 주고 있다고 하겠다. 또 한가지는 본 실험의 직물그룹이 모두 폴리에스테르였기 때문에 수분에 대한 특성의 차이가 친수성, 소수성을 고루 포함한 선행 연구에서보다는 현저히 적고 이럴 때는 수분과 관련된 접촉특성의 방향성도 다를 수 있다는 것이 발견되었다. 고온 다습한 환경에서는 보송보송하다 이외에 두껍지 않을수록 부드러울수록, 하늘하늘할수록 감성이 좋았다. 즉, 의복

형태가 아니라서 땀이 충분히 유도되지도 않아 수분에 의해 수화된 피부를 덮는 형태가 아닌 만큼, 선행연구와는 다른 결과가 나온 것으로 생각된다. 이러한 원인을 심층분석하기 위하여 동적수분전달, 표면온도 측정을 병행하여야 할 필요성이 시사되었다.

감성에 대한 회귀식에는 매끄럽다가 탈락되어 있었고 하늘하늘하다는 표준환경에만 포함되었으나, 감성적으로 상위로 평가된 직물과 하위로 평가된 직물을 가장 잘 변별하는 용어는 두 환경을 종합해 보면 하늘하늘하다 와 매끄럽다였다. 보송 보송하다라는 용어는 고온다습한 환경에서만 설명력이 좋았고 그 외 여러 요인(습윤, 건조감, 온도감, 두께, 표면.)도 복합되어있는 용어로 보여 두 환경을 종합해 보면 상. 하위 감성직물에 대한 변별력은 떨어지는 것으로 보인다.

변별력이 큰 물성 특성으로는 표면접촉특성인 (총접촉 면적과 MD)였고 그밖에 WT, LC가 있었다. 이것을 이용하여 직물에 대한 상.하위 감성을 예측하기 위한 물성형판 제작을 시도하였는데 감성의 상하위 구별이 뚜렷하였다. 환경에 따라 물성의 방향성이 달라지는 것으로는 HB가 있었다. 표준환경에서는 HB가 클수록, 고온다습한 경우는 작을수록 감성이 좋았다.

본 실험에 사용된 1번 - 4번 직물은 표면특성만을 달리한 것이었는데 표면특성을 손바닥으로 가볍게 문지르는 평가 항목에서는 그 차이가 나타났으나 자유행동을 할 때는 앞뒷면을 모두 만지기 때문에 전체적으로 감각·감성에 구별이 가지 않았다. 그러나, 이 직물군은 의복으로 만든 후 착용시험을 하면 피부와 대부분 닿는 면이 일정하게 되므로 효과가 나타날 것으로 보인다. 즉, 직물을 손으로 감지하는 단계와 실제 의복으로 착용하는 단계에서는 촉감이 다르게 나타날 수 있음이 시사되었다.

6. 결론 및 제언

본 연구에서는 고감성 의류상품 개발을 위한 기초 자료를 제공하기 위해 폴리에스테르 직물에 대한 감각·감성을 1, 2단계로 나누어 분석하였다. 1단계에서는 젊은 여성 외의용 폴리에스테르 24종을 사용하여 감성측정에 영향을 미치는 제요인에 대해 검토하였다. 즉, 감각·감성측정시 기준직물과 그 평가치 제시 유무, 제시방법(blind/ open eye test), 환경과 직물 종류에 따른 효과를 조사하였다. 2단계에서는 1단계의 결과를 토대로 폴리에스테르 10종을 이용하여 환경에 따른 감각·감성과 물성 변인간 관계를 규명하였다.

- 1) 1단계의 연구결과, 기준직물 제시에 따른 감각, 감성평가상의 효과는 발견할 수 없었다.
- 2) 1단계 연구결과 색이 다른 직물간의 감각, 감성 평가시에 blind/open eye test에 따라서 몇 가지 평가용어를 제외하면 전반적으로 직물의 색에 따른 감각, 감성에 유의 차가 없었다.
- 3) 감각용어에 대한 요인분석 결과, 표준환경에서 1요인으로 두께, 무게(두껍다. 푹신푹신하다. 가볍다), 2요인으로 표면특성(매끄럽다. 부드럽다. 오돌도돌하다.), 3요인으로 강연성(뻣뻣하다. 보송보송하다)이 추출되었다. 고온다습환경에서도 유사한 결과였다.
- 4) 실험직물이 환경에서의 수분의 영향을 적게 받는 직물이었지만 환경의 효과는

나타났다. 주로 열.수분 관련된 용어로서 고온다습환경에서 표준환경에서보다 더 눅눅하게, 덜 보송보송하게, 덜 차게 감지하는 것으로 나타났다. 직물의 효과는 모든 용어에서, 환경과 직물의 상호작용효과는 열.수분과 직접 관련된 차다, 보송보송하다와 뻣뻣하다, 하늘하늘하다, 촉감이 좋다에서 유의차가 나타났다.

- 5) 감성적으로 상위로 평가된 직물과 하위로 평가된 직물을 가장 잘 변별하는 두 용어는 두 환경을 종합해 보면 하늘하늘하다와 매끄럽다였다.
- 6) 변별력이 큰 물성 특성으로는 표면접촉특성인 (총접촉 면적과 SMD)였고 그밖에 WT, LC가 있었다. 이것을 이용하여 직물에 대한 상.하위 감성을 예측하기 위한 물성형판 제작을 시도하였는데 감성의 상하위 구별이 뚜렷하였다.
- 7) 감성과 감각용어를 회귀식으로 산출한 결과 설명력이(R^2) .89이상이었다. 표준 환경에서는 하늘하늘하다가 가장 중요한 용어로 나타난 반면, 고온 다습한 환경에서는 보송보송하다가 가장 중요하였다.
- 8) 보송보송하다와 물성치와의 상관관계를 산출한 결과나 회귀식으로 예측한 결과, 이 용어는 여러 물성 (습윤.건조감, 온도감, 두께, 표면.)이 복합되어있는 용어로 나타났다. 결과적으로 이러한 용어의 특성은 상.하위 감성직물에 대한 변별력은 떨어지게 하는 것으로 보인다.
- 9) 폴리에스테르 직물에 대한 감성과 물성특성치를 회귀식으로 산출한 결과 설명력이 .95 이상 높았고 물성의 관계구조는 환경에 따라 상이하어 표준환경에서는 표면의 요철의 평균 편차가 가장 중요하였고(SMD) 고온환경에서는 접촉특성

인 총 접촉면적과 SMD가 동시에 중요하게 작용하였다. 신소재가 출현함에 따라 SMD와 접촉면적의 관계는 단순하지 않아 계속 DB화 하여야 할 필요성이 있으며 같은 고밀도 직물이라도 실의 종류에 따라서 습윤. 건조한 감각이 달라졌다. 이러한 원인을 심층분석하기 위하여 동적수분전달, 표면온도 측정을 병행하여야 할 필요성이 시사되었다.

- 10) 환경에 구별없이 본 실험의 대상이 된 유연하며 얇은 폴리에스테르 직물에서는 넓은 의미에서의 표면접촉특성이 물성중 가장 중요한 요인으로 추출되었다. 그러나 DB를 구축할 때 어떠한 범위의 직물이 포함되는가에 따라서 중요 물성이 달라질수 있으므로 DB화를 할 때 범주를 나누는 작업은 최종용도에 따른 MDS나 판별분석을 실시하여 전반적인 물성의 범위를 산출한 뒤 적절한 기준을 설정하여야 하겠다.

제 12 절 피부감각감성 DB 설계 및 구축

연구 요약 본 연구에서는 향후 감성연구의 총체적인 정보 기술 플랫폼과의 호환성 등을 고려한 감성 DB를 구축하였다.

본 연구에서 개발한 Data Base의 특징 및 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 전세계적으로 가장 많은 사용자들을 확보하고 있는 Microsoft의 관계형 데이터베이스 관리시스템 Access를 사용하였다.
- 2) '피험자', '자극원', '평가'의 3주요부분으로 데이터베이스를 설계하고, 정규화 (normalization)이론을 도입하여 피부감성연구에 가장 효율적으로 판단되는 11개의 table을 구성하였다.
- 3) 정규화된 table들을 query를 통해 묶고 폼으로 나타내어 '피험자', '자극원', '평가' 데이터를 편리하게 입력할 수 있도록 Data 입력 초기 화면을 구성하였다.
- 4) 감성 데이터베이스에 있는 데이터를 ROLAP(Relational Online Analysis Processing) 형태로 다차원 분석을 하여, 결과를 통계적 수치와 원차트로 보여주는 화면을 구성하였다. 정보 사용자의 요구에 따라 Botton-up analysis 와 Top-down analysis를 자유롭게 선택할 수 있도록 분석 시스템을 구축하였다.

본 연구과제의 최종목표인 감성DB 구축에 있어서는 아직까지 감성DB에 관한 요구 사항이 구체화되어 있지 않다는 점을 문제점으로 들 수 있다. 즉, 연구에 필요한 데이터의 종류(생체, 심리 등), 형태(숫자, 그림, 동화상, 음성, 등), 용량, 필요 빈도 등 DB 구축에 필요한 속성을 정의하기가 그리 쉽지만은 않다는 점이다. 또한, 감성DB도 감성연구를 수행하는 사용자로 그 대상을 한정하여 감성연구의 보편화가 진행되면서 데이터의 증가율 및 그 요구 사항을 재분석해야 할 어려움이 수반될 수 있다. 특히, 감성 시뮬레이터 개발 연구가 진행되면서 다양한 종류의 데이터가 생산되지만 그 산출 형태와 용량이 정확히 정의되려면 일정 기간이 소요되어야 할 상황이다. 본 연구에서는 이러한 데이터베이스와 향후 감성연구의 총체적인 정보 기술 플랫폼과의 호환성 등을 고려한 감성 DB를 구축하였다.

1. 데이터베이스

데이터베이스는 대용량의 데이터를 효율적으로 저장 관리할 뿐만 아니라 데이터의 무결성, 데이터의 일관성, 데이터의 표준, 데이터의 공유, 데이터의 보안등을 극대화 할 수 있는 유일한 도구이다. 이러한 이유로 인해 많은 데이터를 체계적으로 저장 관리를 요구하는 모든 곳에서 1960년대부터 데이터베이스 관리시스템(Database Management System: DBMS)이 사용되어져 오고 있다. 이러한 데이터베이스 관리시스템으로는 1960년대에 메인 프레임에서 운용되었던 계층형(hierarchical) 데이터베이스 관리시스템, 1970년대에 계층형의 단점을 보완한 망형(network) 데이터베이스 관리시스템, 1969년 IBM의 연구원으로 있던 E. F. Codd가 수학적 기초에 근거를 두고 고안한 관계형(Relational) 데이터베이스 관리시스템과

아직 완벽한 이론적 근거가 마련되어져 있지 않지만 많은 관심을 받고 있는 객체 지향(Object oriented) 데이터베이스 관리시스템 등이 있다.

이러한 데이터베이스 관리시스템 중에 감성 데이터베이스와 가장 적합한 관리시스템을 선택하는 것이 감성 데이터베이스의 본래 목적과 이를 기초를 한 분석시스템의 전체적인 유연성과 성능에서 만족한 결과를 얻을 수 있을 것이다. 이를 위해 감성 데이터베이스 구축과 활용에 있어서의 반드시 만족하여야 될 조건을 살펴보면 첫째, 감성 데이터베이스에 관한 요구 사항이 구체화되어 있지 않아 데이터베이스의 유연성이 절대적인 조건이다. 즉, 연구에 필요한 데이터의 종류, 형태, 용량, 필요 빈도 등 데이터베이스 구축에 필요한 속성과 관계를 정의하는데 있어서 유연성이 아주 높아야 한다. 둘째, 감성 데이터가 여러 형태(파일 포맷-이들의 대부분은 Text 파일과 Excel 파일들이다.)로 분산되어져 있어 이들을 논리적으로 통합 저장할 수 있는 관리시스템이어야 한다. 셋째, 감성 데이터베이스와 향후 감성 연구의 총체적인 정보 기술 플랫폼과의 호환성을 보장하여야 한다. 넷째, 감성 데이터의 폭 넓은 수요 증가에 대비하여 인터넷의 WWW(World Wide Web) 서비스를 통해 감성 데이터베이스의 정보들이 쉽게 제공되어야 한다.

위와 같은 필수 조건들을 만족시키기 위해 본 연구에서는 감성 데이터베이스 구축과 이에 기초한 분석 시스템 개발을 위해 전세계적으로 가장 많은 사용자들을 확보하고 있는 Microsoft의 관계형 데이터베이스 관리시스템 Access를 사용하였으며, 앞에서 언급되었던 조건들에 대해 관계형 데이터베이스 관리시스템 Access를 선택한 타당성은 다음과 같다.

첫째, 관계형 모델은 데이터베이스 구축시 데이터처리방식을 미리 확정하여 고정시킬 필요 없이 이차원 구조를 가지는 테이블의 형태로 표현되어 아주 유연하게

어떠한 요구 사항에 대해서도 표준 질의 도구인 SQL(Structured Query Language)을 사용하여 데이터를 검색 또는 관리 할 수 있다. 이에 비해 계층형과 망형 모델은 데이터 구조가 고정적이기 때문에 요구 사항이 구체화되지 않은 감성 데이터베이스에는 적합하지 않다.

둘째, Access는 현재 감성 데이터가 가장 많은 형태로 저장되어 있는 Text 파일과 Excel 파일들을 거의 native 데이터 수준으로 읽을 수 있으며 ODBC와 ISAM을 지원하는 모든 데이터베이스와 응용프로그램들의 데이터를 읽을 수 있기 때문에 각각 다른 포맷으로 저장되어 있는 감성 데이터를 통합할 수 있는 데이터베이스 관리시스템이다.

셋째, 감성 데이터베이스와 감성 연구의 총체적인 정보 기술 플랫폼으로 감성 제품 설계 시 의사결정 지원 어플리케이션들을 위한 정보기반을 제공하며 다양한 운영시스템으로부터 추출, 변환, 통합되고 요약되며 주제 중심적이고 통합적이며 시간성을 가지는 비휘발성 자료의 집합(읽기 전용 데이터베이스)인 데이터웨어하우스(Data Warehouse)와 데이터웨어하우스에 묻혀 있는 데이터 패턴의 발견, 추세의 예측, 예외 사항을 발견하는데 사용될 수 있는 데이터마이닝(Data Mining) 등을 들 수가 있다. 이러한 기술들을 효과적으로 지원해주기 위해서는 현재 관계형 데이터베이스 관리시스템이 필수적으로 사용되고 있으며 계층형, 망형과 객체지향 데이터베이스 관리시스템에 기초한 사례는 전세계적으로 거의 없다. 이는 데이터 모형의 유연성의 부족과 관계형 모형이 수학적 이론에 바탕을 둔데 반해 객체지향 모델은 표준적인 이론이 아직 부실하기 때문이다. 넷째, Access는 데이터베이스에 저장되어진 정보들을 HTML, IDC, ASP뿐만 아니라 WWW의 새로운 표준인 XML을 지원하며 데이터 타입에서도 직접 Hyperlink를 지원한다. 이를 통해 Access 데이터베이스에 저장된 정보들은 장벽 없이 어디든지 서비스되어질 수 있다.

2. 데이터베이스의 설계

감성 데이터베이스 구축과 분석 시스템의 개발을 위해 가장 먼저 이루어져야 될 사항은 데이터베이스의 설계이다. 여기서는 현재 가장 많이 사용되고 있으며 이론적 정립과 표준이 정해져 있고 향후 데이터웨어하우스와 연관 지을 수 있는 관계형 데이터 모델이 사용되었다. 감성 데이터베이스에 맞게 관계된 사항을 크게 나누면 '피검자', '자극원', '평가'로 나눌 수 있다. 여기서부터 정규화(normalization) 이론을 도입하여 관계형 데이터 모델에 부합되며 현실적으로 가장 효율적인 크기의 테이블을 설계하였다.

정규화	정의
제 1정규화	모든 필드들의 값은 더 이상 분해되지 않는 원자 값을 취해야 한다.
제 2정규화	모든 non-key들은 프라이머리(primary) 키(또는 캔디 데이트(candidate) 키)에 완전히 종속적이어야 된다.
제 3정규화	모든 non-key들은 서로 상호간에 완전히 독립적(종속 관계가 없는)이어야만 된다.
Boyce/Codd 정규화	모든 결정자는 캔디데이트(candidate) 키가 되어야 한다.
제 4정규화	한 테이블 내의 필드들 사이에서 다대다(many to many) 릴레이션십(relationship)이 존재할 경우 그들은 같은 테이블에 저장되어서는 안 된다.

위 정규화 이론에 따라 정규화 과정을 제 4정규화까지 하고 난 후 감성 데이터베이스에 합당하며 현실적으로 가장 효율적인 정규화 품으로 사료되는 제 3정규화 까지 비정규화(denormalization) 과정을 거쳐 다음과 같은 결과를 얻었다.

테이블: ECG

이름	유형	크기
ID	숫자(바이트)	1
ST	문자열	2
Pd	문자열	2
ECG	숫자(Single)	4

테이블: EEG

이름	유형	크기
ID	숫자(바이트)	1
ST	문자열	2
Pd	문자열	2
EEG	숫자(Single)	4

테이블: EOG

이름	유형	크기
ID	숫자(바이트)	1
ST	문자열	2
Pd	문자열	2
EOG	숫자(Single)	4

테이블: GSR

이름	유형	크기
ID	숫자(바이트)	1
ST	문자열	2
Pd	문자열	2
GSR	숫자(Single)	4

테이블: ProductD

이름	유형	크기
Pd	문자열	2
Product	문자열	10

테이블: QS

이름	유형	크기
QN	숫자(바이트)	1
QS	문자열	40

테이블: Question

이름	유형	크기
ID	숫자(바이트)	1
ST	문자열	2
Pd	문자열	2
QN	숫자(바이트)	1
Answer	숫자(정수)	2

테이블: RES

이름	유형	크기
ID	숫자(바이트)	1
ST	문자열	2
Pd	문자열	2
RES	숫자(Single)	4

테이블: Status

이름	유형	크기
ID	숫자(바이트)	1
ST	문자열	2
Pd	문자열	2

테이블: StatusD

이름	유형	크기
ST	문자열	1
Status	문자열	10
Pic	OLE 개체	-

테이블: Subjects

이름	유형	크기
ID	숫자(바이트)	1
Name	문자열	8
Age	숫자(바이트)	1
Gender	문자열	1
KN	문자열	13
Height	숫자(바이트)	1
Weight	숫자(바이트)	1

위 테이블들은 그림 3.12.1과 같은 관계를 가진다.

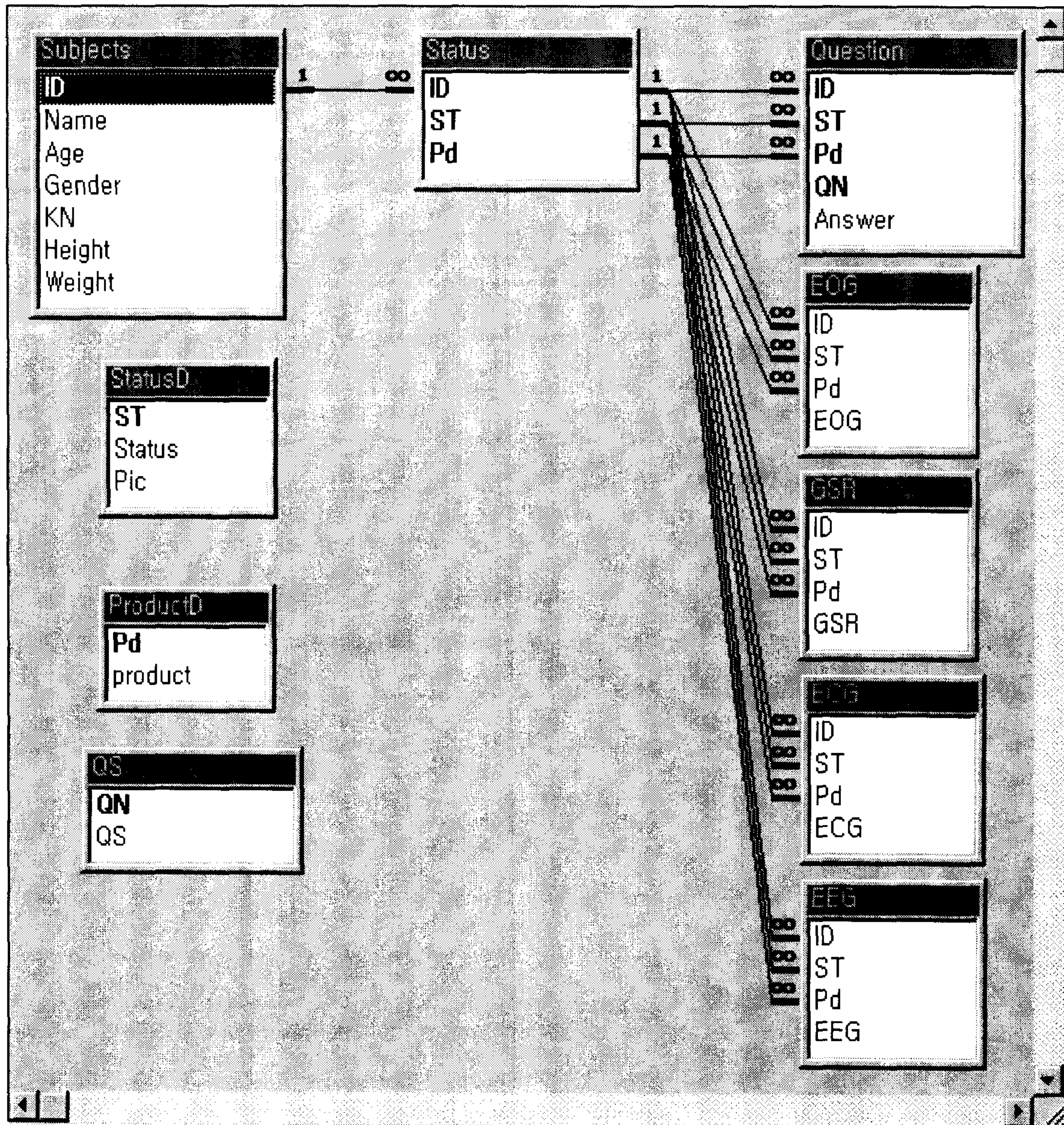


그림 3.12.1 데이터 베이스의 설계도

정규화 된 테이블들을 쿼리(query)를 통해 묶고 이를 폼으로 나타내어 최종 사용자에게 피검자에 대한 정보, 객관적 평가를 위한 생체신호 데이터와 주관적 평가를 위한 설문조사 데이터를 쉽고, 편리하게 입력할 수 있도록 하였고 입력된 데이터는 가장 효율적으로 설계된 데이터베이스에 저장 관리되어 된다 (그림 3.12.2).

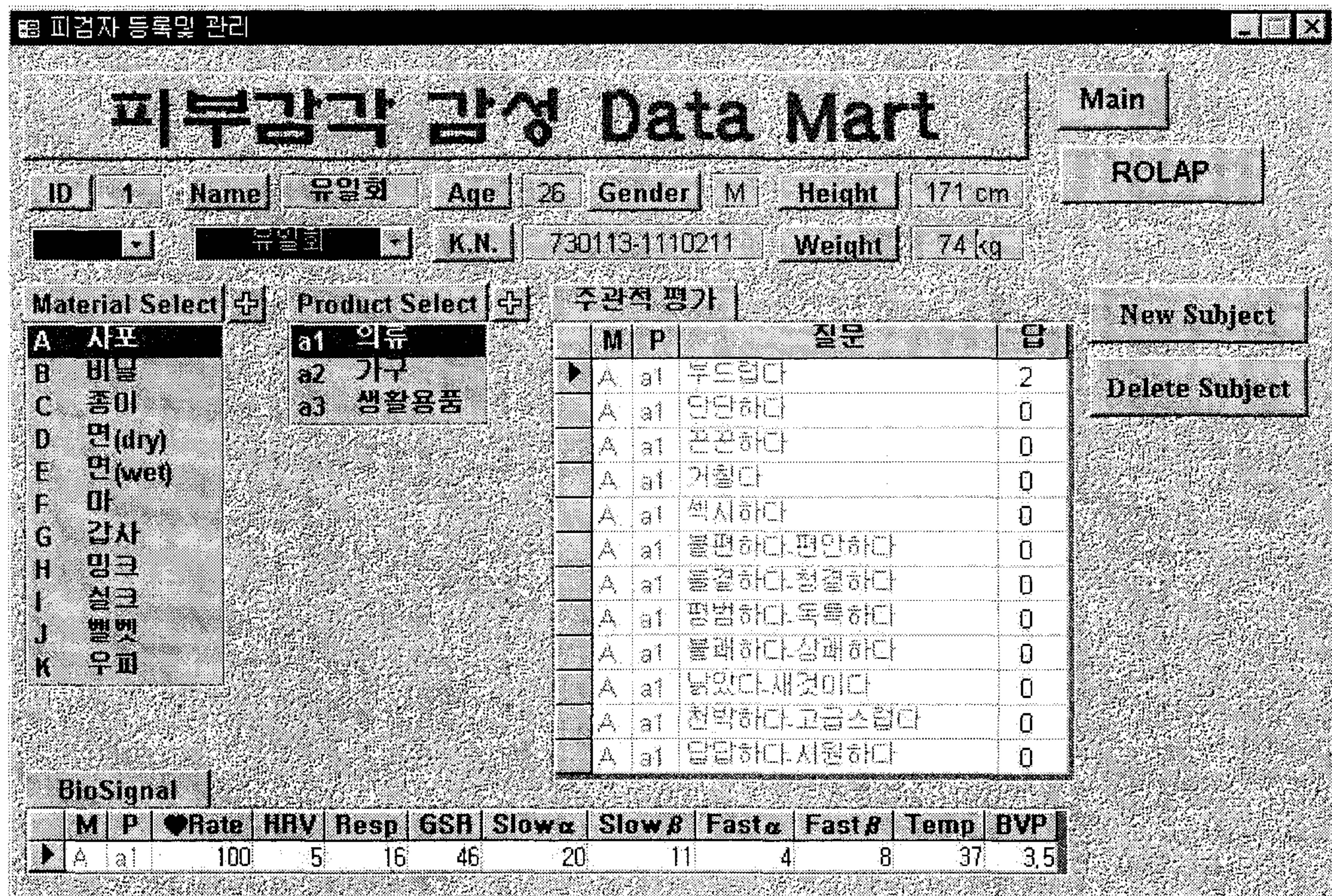


그림 3.12.2 데이터 베이스 입력 초기 화면

3. 분석 시스템

인간의 피부감각에 의해 발생하는 감성을 분석하기 위해 주관적 평가와 객관적 평가가 함께 이루어졌고 이러한 평가를 통해 발생하는 많은 데이터를 체계적으로 관리하며 저장하기 위하여 감성 데이터베이스가 구축되었고 감성 데이터베이스에 저장되어져 있는 데이터를 분석하며 향후 감성 제품 기획 시 의사결정에 반영할 수 있는 분석 시스템을 개발하였다. 생체신호의 측정과 분석을 통해 인체의 특정 site 에서 생체데이터 수집과 기록이 있게 되며, 검출된 신호는 그 특성에 따라서 분류 되어 적절한 분석방법을 선택함으로써 의미 있는 변수들을 찾아내게 된다. 이러한 과정을 거쳐서 추출된 의미 있는 변수들은 궁극적으로는 인체라는 하나의 시스템에

외부의 입력이 주어질 때 나타나는 출력을 통해 인간의 감성을 측정할 수 있는 하드웨어 및 소프트웨어의 개발에 이용될 수 있으며 궁극적으로 인간의 감성을 고려한 제품을 생산하는데 필요한 감성 데이터베이스의 구축이 이루어 질 수 있는 것이다.

하지만 데이터베이스가 아무리 풍부해도 그 자체가 정보는 될 수 없다. 데이터베이스의 데이터가 정보가 되기 위해서는 하나의 과업을 위해 조직화되어야 하고, 구체적 업적을 내기 위해 집중되어야 한다. 즉, 데이터는 정보로 구조화 혹은 모델링 되어야 하며, 정보는 데이터의 평가나 프로세싱을 통해 추출된다. 그러므로 생체신호분석을 통해 얻어진 변수 데이터는 데이터베이스 상에 존재하는 단순한 객체가 아니라 그 속에 감추어진 구조와 패턴이 밝혀져야 하는 분석의 대상이다. 이러한 데이터의 분석을 위해, 정보는 본질적으로 비교를 통해 나타나는 것이기에 여러 가지 데이터를 다차원적으로 구조화하여 이들을 다양한 각도에서 대화식으로 비교 분석 그리고 통계적 산술연산을 행하는 OLAP(On-Line Analytical Processing) 기술을 요구한다. 이를 통해 얻어진 정보로 최종 사용자는 감성을 고려한 제품을 생산하는데 중요한 의사 결정을 내릴 수 있다.

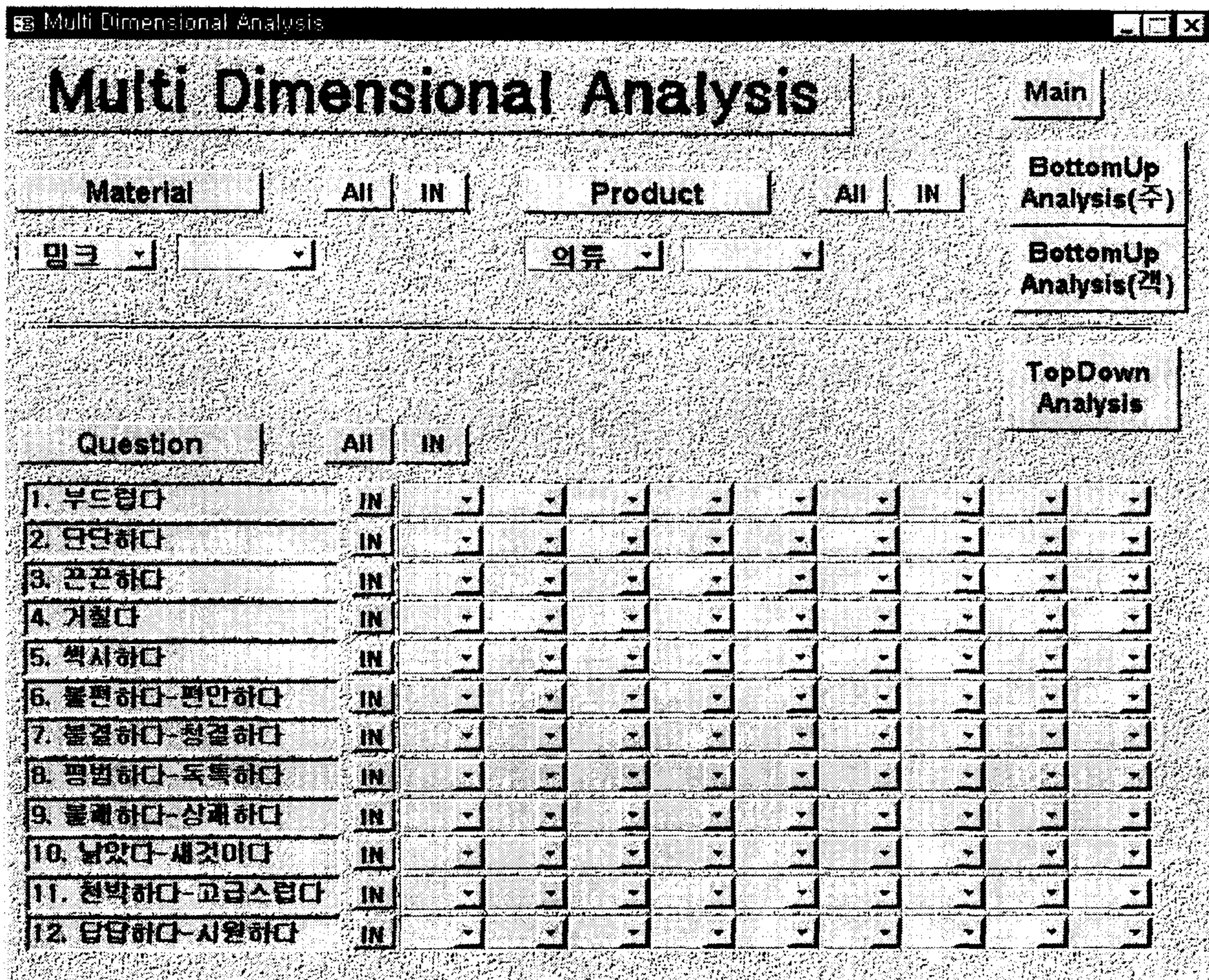


그림 3.12.3 분석 시스템

분석 시스템에서는 감성 데이터베이스에 있는 데이터를 ROLAP(Relational OnLine Analysis Processing)형태로 다차원 분석을 하며 통계적인 수치와 원 차트로 결과를 보여주는 형식을 취했다. 그리고 자극원을 입력으로 하고 결과를 주관적 평가치로 보여주는 BottomUp Analysis와 주관적 평가치를 입력으로 하고 결과를 자극원으로 보여주는 TopDown Analysis를 개발하였다.

그림 3.12.4은 자극원을 입력으로 하고 결과를 각각의 질문에 대한 답변을 통계적 수치와 각각의 질문에 대한 답변을 원형 차트로 보여주는 주관적 평가를 위한 BottomUp Analysis의 예이다.

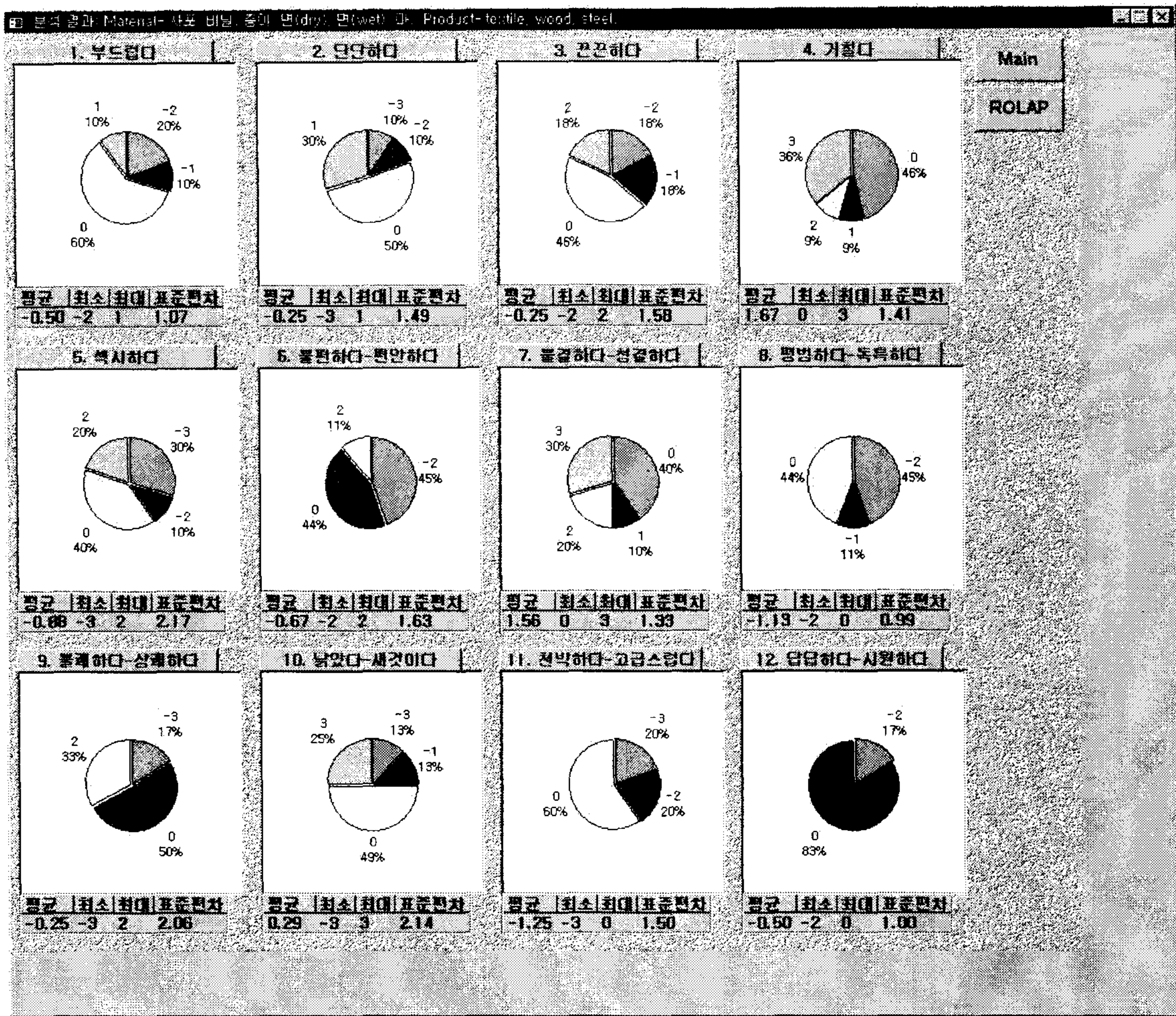


그림 3.12.4 주관적 평가 분석결과 화면

그림 3.12.5와 그림 3.12.6은 자극원을 입력으로 하고 결과를 각각의 생체신호에 대한 값을 통계적 수치로 나타내며, 값을 5단계의 등간격으로 구분 후 각각의 간격에 포함된 값들의 개수를 막대그래프로 나타낸 객관적 평가를 위한 BottomUp Analysis의 예와 주관적 평가치를 입력으로 하고 결과를 제품별로 사용된 자극원의 percent로 보여주는 TopDown Analysis의 예를 나타내고 있다. 개발된 분석시스템은 데이터베이스에 저장된 데이터를 읽어 OLAP 기술을 이용해 다차원으로 분석해서 통계적 시각적으로 표현하였으며, 이는 감성 제품을 개발하기 위한 의사결정에 있어서 중요한 정보로 활용될 수가 있다.

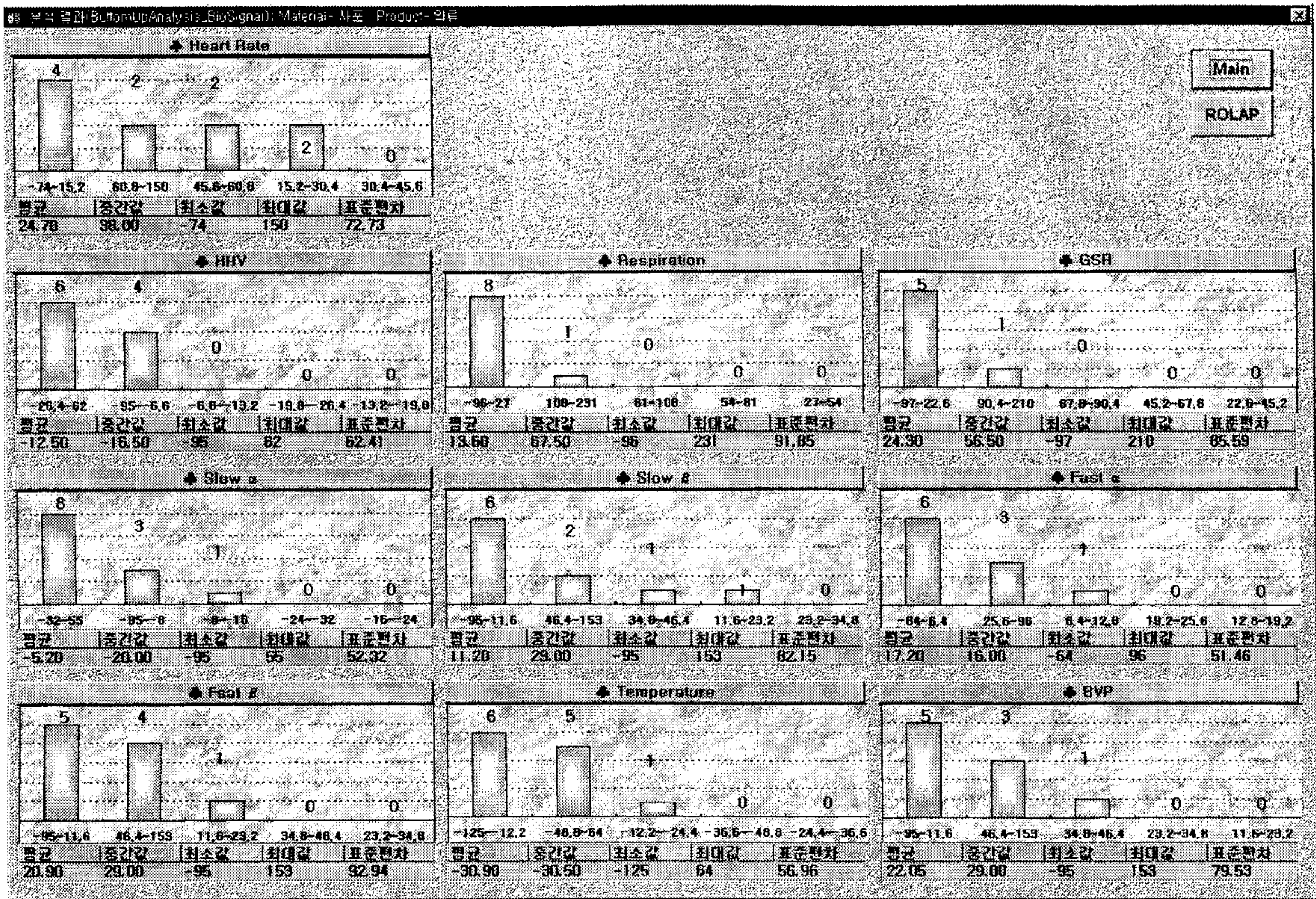


그림 3.12.5 생리신호 분석 결과 화면



그림 3.12.6 자극원별 데이터 베이스 점유율 화면

제 13 절 연구실적 목록

1. 학술지 (4편)

김지은, 박연숙, 오애령, 최상섭, 손진훈. (1998). 직물촉각자극에 의해 유발된 정서와 EEG 특성, *감성과학*, 1(1), 153-160.

손진훈, 박현영, 이임갑, 최상섭, 강대임. (1998). 내의 직물의 역학적 특성과 질감 감성과의 관계, *감성과학*, 1(2), 35-42.

손진훈, 이임갑. (1998). 직물촉각감성의 심리·생리학적 접근, *섬유기술지(인쇄중)*

Sokhadze, E., Yi, I., Lee, K.-H., & Sohn J.-H. (1998). Passive and active touch of fabrics: Psychophysiological responses modulation by the emotional preference of touched textures, *Korean Journal of The Science of Emotion & Sensibility*, 1(2), 13-22.

2. 학술회의 (9편)

김지은, 이경화, 이임갑, 손진훈. (1997). 직물촉각자극에 의해 유발된 EEG 특성,

한국감성과학회 '97 학술대회 논문집 1(1), 189-192.

손진훈, 박현영, 문성실, 최상섭, 강대임. (1998) 직물의 역학적 특성이 질감감성에 미치는 효과, 한국감성과학회 '98 추계학술대회 논문집 2(2), 230-234.

손진훈, 임재중, 이경화, 여형석, 박진우. (1997). 피부자극에 의해 나타나는 감성 변화의 평가를 위한 HRV 스펙트럼 분석, 한국감성과학회 '97 학술대회 논문집 1(1), 94-97.

임재중, 손진훈, 강대임, 여형석, 김지은. (1997). 뇌파의 시간-주파수 분석을 통한 피부감성평가, 한국감성과학회 '97 학술대회 논문집 1(1), 90-93.

Im, J.J., Yeo, H.S., & Sohn, J.-H. (1996). Time-frequency analysis of EEG signals evoked by tactile stimulation. Proceedings of the 2nd IMIA-IFMBE International Workshop on Biosignal Interpretation.

Im, J.J., Park, J. W., Kim, J.-E., Yi, I., & Sohn, J.-H. (1997). A physiological analysis of changes in emotion evoked by tactile stimulation, *Psychophysiology*, vol 34, S46.

Sohn, J.-H., Im, J. J., Kang, D.-I., Kim, J.-E., Lee, K.-H., & Yeo, H.S. (1997). Evaluation of Emotional Changes Based on the Wavelet Transform of EEG Signals Evoked by Tactile Stimulation, *Psychophysiology*, vol 34, S83.

Sokhadze, E., Lee, K.-H., Park, S., Sohn, J.-H. (1998). Emotional preference modulates autonomic and cortical responses to tactile stimulation. *Proceedings of '98 Fall Meeting of Korean Society for Emotion & Sensibility*, 2(2), 225-229.

Sohn, J.-H., Yi, I., Lee, K.-H., Choi, S., & Sokhadze, E. (1999). Physiological differentiation of tactile emotional preference, *The Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback 30th Annual meeting*.

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

연도별 연구개발 목표에 따른 달성도 및 관련분야 기술발전예의 기여도를 요약하면 다음과 같다.

● 연도별 연구개발 목표 및 달성도

	연구개발 목표	연구개발 실적	달성도(%)
1차년 도 ('95)	<ul style="list-style-type: none"> · 피부감각 및 감성 심리척도 개발 · 피부감각 자극 제시기 개발 및 자극제시 방법의 표준화 · 감성생리신호의 측정 시스템 구축 및 측정기술 개발 · 생리신호 분석을 위한 다양한 해석기법 도입 	<ul style="list-style-type: none"> · 피부감각 및 감성 심리척도 개발 · 피부감각 자극 제시기 개발 및 자극제시 방법의 표준화 · 감성생리신호의 측정 시스템 구축 및 측정기술 개발 · 생리신호 분석기법들의 적합성 비교 	<p>100%</p> <p>100%</p> <p>100%</p> <p>100%</p>
2차년 도 ('96)	<ul style="list-style-type: none"> · 피부감각 및 감성 심리척도 해석기법 개발 · 뇌파, 자율신경계 반응을 포괄하는 감성생리신호 최적 해석기법 개발 · 다양한 재질 및 직물에 대한 피부감성 DB 체계 구성 	<ul style="list-style-type: none"> · 피부감각 및 감성 심리척도 해석기법 개발 · 뇌파, 자율신경계 반응을 포괄하는 감성생리신호 해석 알고리즘 개발/평가 · 피부감성 및 직물에 대한 감성 DB 구조 설계 및 시험 모델 운용 	<p>100%</p> <p>100%</p> <p>100%</p>

	연구개발 목표	연구개발 실적	달성도(%)
3차년 도 ('97)	· 피부자극 제시, 생리신호 측정/분석/평가를 위한 통합시스템 (integrated system) 모형 개발	· 피부자극 제시, 생리신호 측정/분석/평가를 위한 통합시스템 (integrated system) 모형 개발	100%
	· 감성에 영향을 주는 식물의 물리적/역학적 특성 규명	· KES에 의한 식물의 물성 특성 평가	100%
	· 식물의 물리적 특성, 피부 감각, 감성간의 함수관계 규명	· 식물의 물리적 특성, 피부 감각, 감성간의 함수관계 도출	100%
	· 피부감성 DB 체계 확립 및 자료입력	· 피부감성 DB 체계 구축 및 자료입력	100%
		· 피부감성 평가를 위한 복합 생리신호 형판(Template) 및 패턴(Patterns) 모델 개발	NEW
	· PET를 이용한 피부감성관련 뇌활동 및 부위 규명 (예비 연구)	NEW	

● 관련분야의 기술발전예의 기여도 (→)

- 피부감각/감성 척도 개발 : 신개발 → 피부감각/감성 심리평가 방법의 표준화
- 피부 감성 생리신호 분석을 위한 알고리즘 개선 (FFT, Wavelet 시간-주파수 분석) : 세련화 → 피부감성 생리신호 분석방법의 표준화
- 피부감성의 판정을 위한 복합생리신호 형판 (Template) 및 패턴 (Pattern) 모델 개발: 신개발 → 정량화된 복합생리신호 지표 개발
- PET를 이용하여 피부감성에 따른 뇌활성화 부위 규명 : 신개발 → 피부감성과 관련된 뇌부위 확인의 학문적 연구로 추진
- PET를 이용하여 청각감성에 따른 뇌활성화 부위 규명 : 신개발 → 청각감과 관련된 뇌부위 확인의 학문적 연구로 추진
- 제품관련 촉감감성 평가 (내의류 및 여성용 얇은 의류) : 신개발 → 개선된 감성직물 개발에 응용 → 기업화
- 직물의 물성특성과 감성과의 관계 규명 : 신개발 → 세련화를 통하여 표준 process 개발 → 다양한 감성직물제품 설계에 응용

제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

제 1 절 추가연구의 필요성

1. 촉각자극의 물리적 특성에 따른 질감감성의 예측식 개발

복합 생리 신호 형판 (표 5.1) 및 패턴 (그림 5.1) 모델의 세련화를 통하여 물리적 특성-생리신호 반응, 물리적 특성-심리적 감성 반응, 생리신호 특성-심리적 감성 반응간의 관계를 규명하고, 최종적으로 물리적 특성에 따른 심리적 감성 반응을 신뢰롭게 예측해 주는 함수식 개발을 위한 추가 연구가 필요하다.

표 5. 1 직물촉감감성 판정을 위한 복합생리신호 형판(template) 모델

Template of Autonomic Responses for Tactile KAMSUNG Decision					
ANS Indices		Most preferred textures		Least preferred textures	
Touch mode		Passive	Active	Passive	Active
PNS/β-SNS balance indices					
Cardio-respiratory variables	Mean				
HR bpm	0.55	-	-	=	+
change to baseline					
RF br/min	3.11	+	-	+	-
change to baseline					
RSA bpm	- 1.45	=	-	-	+
change to baseline					
PTT ms	- 4.20	+	-	-	+
change to baseline					
Comparison of profile with overall response pattern (matching)		H (high)	L (low)	L (low)	H (high)
SNS activation					
Skin conductance variables					
SCL μS	0.61	+	-	+	-
SCR (amplitude) μS	0.83	+	-	+	-
SCR rise time ms	2.05	+	-	=	-
SCR magnitude μS	1.68	+	-	+	-
SCR number	2.02	+	-	+	-
Comparison of SCR profile and matching with overall pattern		H	L	H	L
Summary of ANS profile matching. (Final decision criterion)					
		HH	LL	LH	HL

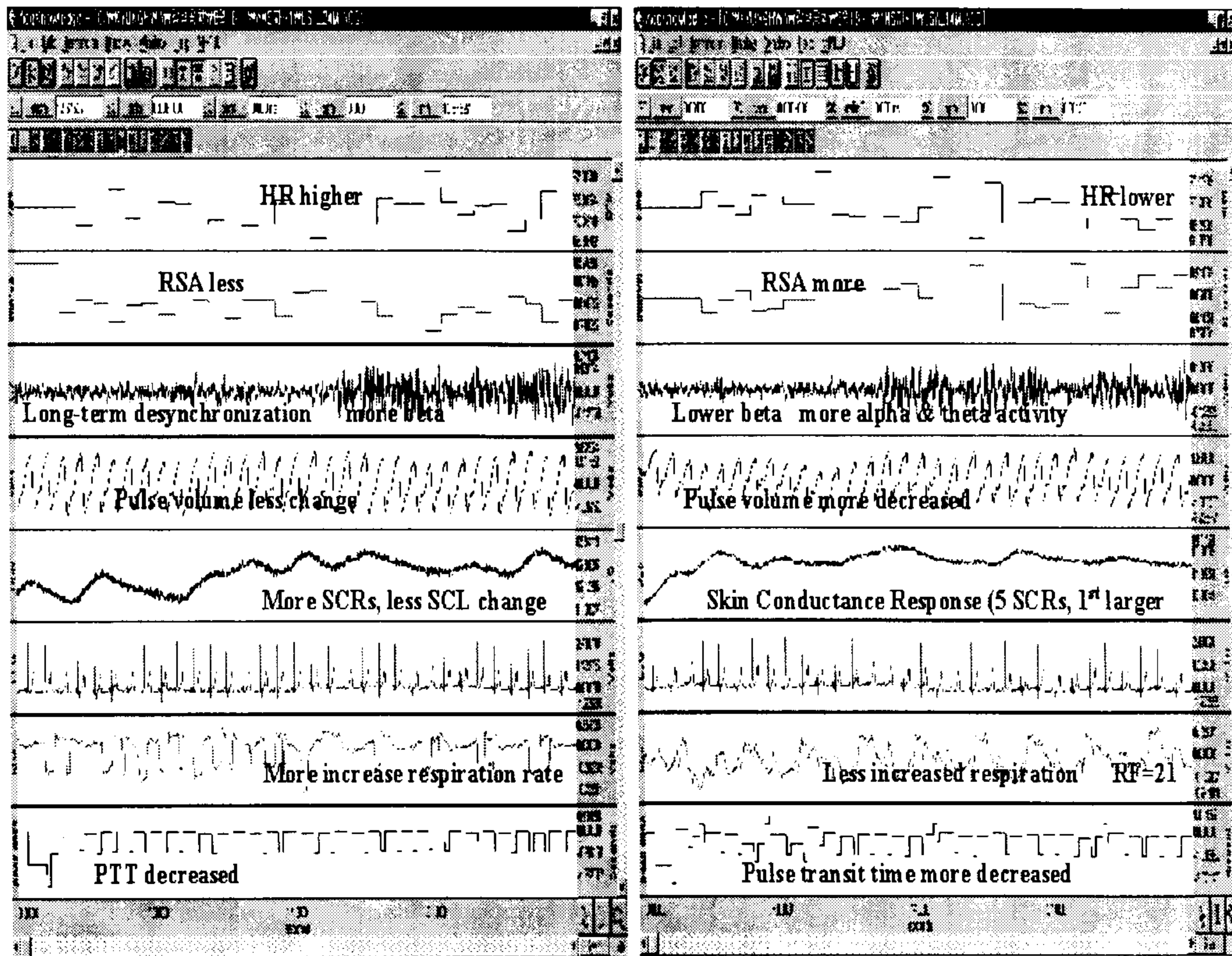


그림 5.1 직물 선호/비선호 판정을 위한 자율신경계 반응 패턴. 왼쪽은 비선호 직물에 대한 반응패턴이고, 오른쪽은 선호직물에 대한 반응패턴이다.

제 2 절 타연구에의 응용

1. 직물의 물성특성과 심리적 감성간의 관계규명

현재 시판되고 있는 직물 (내의류 및 여성용 얇은 의류)들의 물성 특성 및 생리 신호반응, 심리적 감성을 분석하였으며, 이들간의 관계규명을 통하여 최적감성을

유발하는 직물특성 규명이 이루어지면 직물평가의 표준 Process 모델을 개발하여 다양한 감성직물의 설계 생산에 응용할 수 있다 (그림 5.2 참조).

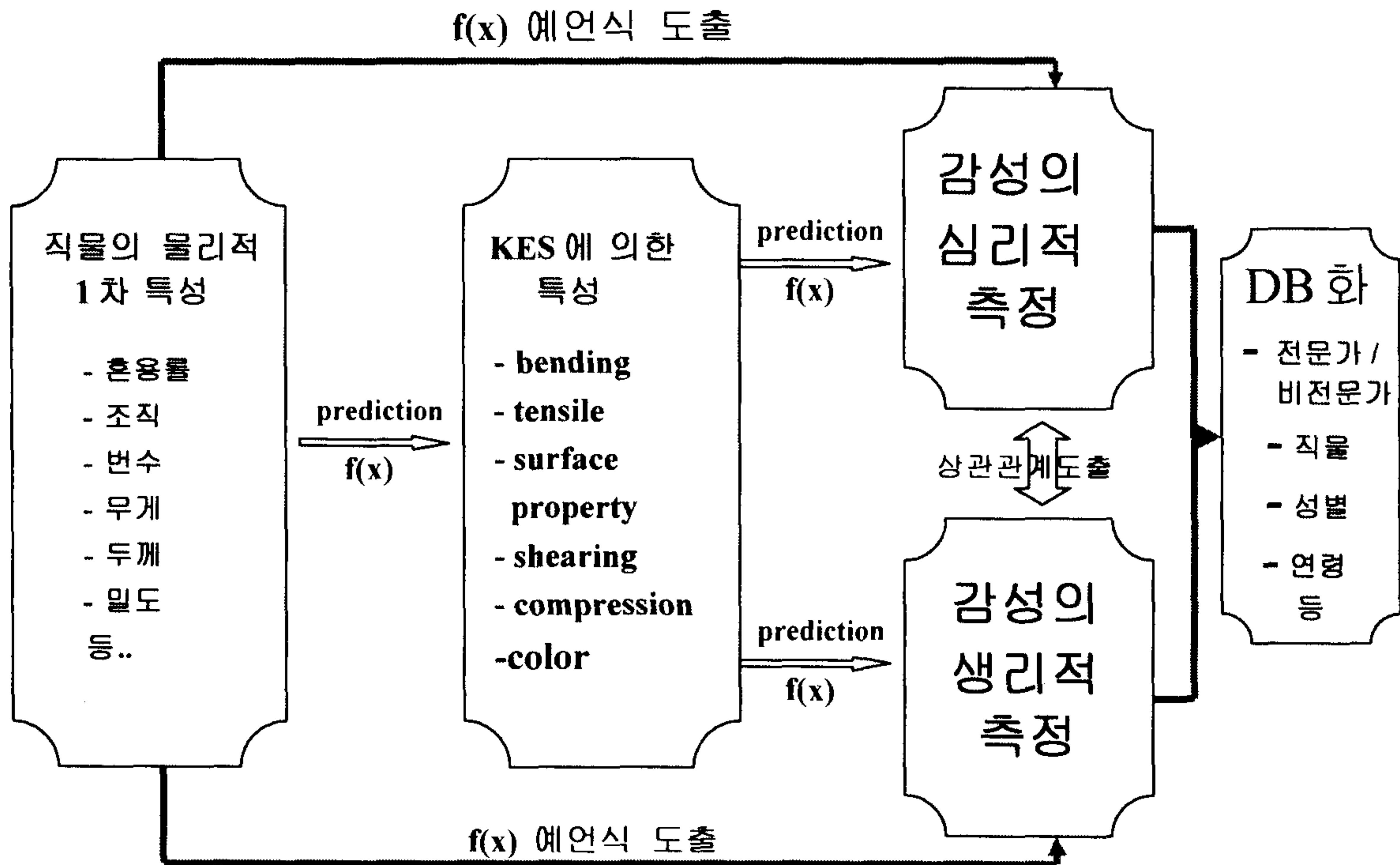


그림 5.2 직물의 물성 특성과 심리적·생리적 감성간의 관계도

제 3 절 기업화 추진 방안 및 활용 분야

내의류 직물 연구에서 얻어진 직물감성평가 process를 실제 직물제품에 응용할 수 있도록 연구개발하고, 표준화된 process를 기업에 제공하여 감성직물제품의 설계 및 생산에 활용하도록 한다.

대표적인 활용 분야 및 기대효과는 다음과 같다.

● 활용 분야

- 피부감각 제품에 의해 유발되는 감성의 정량적 평가 기술 분야
- 피부접촉이 요구되는 환경에서의 감성 효과 진단 분야 (작업장, 주거, 수송, 병원 장면 등)
- 스트레스 감소, 건강증진을 위한 예방 및 치료 분야 (물리치료 등)
- 피부감각 제품 생산 응용 분야 (예, 감성시트, 침대, 이불, 소파, 의료기기 등)
- 피부접촉의류 생산 응용 분야 (감성 의류개발 및 design process에 활용)
- 노인용 피부감각 제품의 감성평가 및 생산 응용 분야

● 기대 효과

- 제품 경쟁력 제고
(촉각 감성제품 생산에 활용 : 의류, 침대, 수송수단의 시트, 의료기기 등)
- 스트레스 감소/ 각성유지/ 건강증진
(피부진동을 이용한 안마기, 근육이완 기기 등)
- 노인, 장애자를 위한 거주시설 및 작업환경의 개선
(사회복지 수준의 향상에 기여)

제 6 장 참고 문헌

◆ 제 2 장 국내외 기술 개발 종합

김승진, 오애경, 박정환, (1992). 직물역학특성과 의류봉재성능 - KES-F system과 FAST system의 응용방향. *한국섬유공학회지*, 29(8), 7-28.

홍경희외 5인, (1994). 여성용 춘추복지의 태에 관한 연구 (제 1 보): 태의 주관적 평가척도 개발을 중심으로. 18(3), 327-338.

Binns, H. (1934). A tactile comparison of the cloth qualities of continental and noble-combed materials. *J. Text. Inst.*, 25, 157-173.

Kawabata, S., & Niwa, (1980). *The standardization and analysis of hand evaluation* (2nd.). Osaka: The Text. Mach. Soc. of Japan.

Lundgren, H. P. (1969). New concepts in evaluating fabric hand, *Textile chem. color*, 1, 35-45.

Raheel, M., & Lui, J. (1991). An empirical model for fabric hand, Part II - Subjective assessment. *Textile Research Journal*, 61(2), 31-38.

Vaughn, E. A., & Kim, C. J. (1975). Studies of fabric hand. *Textile Conference: AATCC*.

Yoon, H. N., & Sawyer, L. C. (1984). Improved comfort polyester, Part II - Mechanical and Surface Properties. *Textile Research Journal*, 54(6), 357-365.

◆ 제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 피부감각의 생리적 기제

김현택, 조선영, 박순권, (1997). *생리심리학의 기초*, 시그마프레스.

Clark, S. A., Allard, T., Jenkins, W. M., & Merzenich, M. M. (1988).

Receptive fields in the bodysurface map in adult cortex defined by temporally correlated inputs. *Nature*, 332, 444-445.

Gardner, E. B., & Costanzo, R. H. (1981). Properties of kinesthetic neurons

in somatosensory cortex of awake monkey. *Brain Research*, 214, 301-319.

Gibson, J. J. (1960). Observations on active touch. *Psychological Review*, 69,

477-491.

Goldstein, E. B. (1996). *Sensation & Perception*. Brooks/Cole Publishing Co.

Greenspan, J. D., & Bolanowski, S. J. (1996). The psychophysics of tactile

perception and its peripheral physiological basis. In L. Kruger (Ed.), *Pain and Touch*. Academic Press.

Heller, M. A. (1986). Active and passive tactile braille recognition.

Bulletin of the Psychonomic Society, 24, 201-202.

Kaas, J. H. & Pons, T. P. (1988). The somatosensory system of primates. In

H.D. Steklis & J. Erwin (Ed.), *Comparative Primate biology*. New York: Alan R. Liss.

Kandel, E. R., & Jessel, T. M. (1991). Touch. In E.R. Kandel, J.H. Schwartz &

T.M. Jessell (Ed.), *Principles of neural science*. New York: Elsevier.

- Katz, D. (1925). *The world of touch*. Barth: Leipzig.
- Klatzky, R. L., Lederman, S. J., & Metzger, V. A. (1985). Identifying objects by touch: An "expert system." *Perception and Psychophysics*, *37*, 299-302.
- Lederman, S. J., & Klatzky, R. L. (1987). Hand movements: A window into haptic object recognition. *Cognitive Psychology*, *19*, 342-368.
- Lederman, S. J., & Klatzky, R. L. (1990). Haptic classification of common objects: Knowledge-driven exploration. *Cognitive Psychology*, *22*, 421-459.
- Merzenich, M. M., Recanzone, G., Jenkins, W. M., Allard, T. T., & Nudo, R. J. (1988). Cortical representational plasticity. In P. Rakin & W. Singer (Ed.), *Neurobiology of neocortex*. Berlin: Wiley.
- Penfield, W., & Rasmussen, T. (1950). *The cerebral cortex of man*. New York: Macmillan.
- Schwartz, A. S., Perez, A. J., & Azulaz, A. (1975). Further analysis of active and passive touch in pattern discrimination. *Bulletin of the Psychonomic Society*, *6*, 7-9.
- Stevens, J. C., & Green, G. G. (1996). History of research on touch. In Lawrence K. (Ed.), *Pain and Touch*. Academic Press.
- Vallbo, A. B., & Johansson, R. S. (1978). The tactile sensory innervation of the glabrous skin of the human hand. In G. Gordon (Ed.), *Active touch*. New York: Oxford University Press.

제 7 절 연구 II : 식물 촉감 감성에 관한 PET 및 자율신경계
반응 연구

- Adams, R. D., & Victor, M. (1989). *Principles of Neurology*. McGraw-Hill, New York.
- Burton, H., Videen, T. O., & Raichle, M. E. (1993). Tactile-vibration-activated foci in insular and parietal-opercular cortex studied with positron emission tomography mapping the second somatosensory area in humans. *Somatosens. Mot. Res.*, 10, 297-308.
- Ibanez, V., Deiber, M. P., Sadato, N., Toro, C., Grissom, J., Woods, R. P., Mazziotta, J. C. & Hallett, M. (1995). Effect on stimulus rate on regional cerebral blood flow after median nerve stimulation. *Brain*, 118, 1339-1351.
- Ingvar, D. H. (1975). Patterns of brain activity revealed by measurements of regional cerebral blood flow. In D.H. Ingvar & M.A. Lassen. *Brain work* (Eds.). Munksgaard, Copenhagen, PP. 397-413.
- Kaas, J. H. (1990). Somatosensory system. In G. Paxinos. *The Human Nervous System*. Academic Press, San Diego, PP. 813-844.
- Ledberg, A., O'Sullivan, B. T., Kinomura, S., & Roland, P. E. (1995). Somatosensory activations of the parietal operculum of man : A PET study. *Eur J. Neurosci.*, 7, 1934-1941.
- Paulesu, E., Rackowiak, R. S. J., & Bottini, G. (1997). Maps of somatosensory systems. In R. S. J. Frackowiak, K. J. Friston, C. D. Frith, R. J. Dolan, & J. C. Mazziotta, (Eds.). *Human Brain Function*,

NY : Academic Press.

Roland, P. E. (1987). Somatosensory detection in patients with circumscribed lesions of the brain. *Exp. Brain Res.*, 12, 43-94.

Roland, P. E., Sullivan, B. T. O., Kawashima, R., & Ledberg, A. (1996). Somatosensory perception of microgeometry and macrogeometry activate different somatosensory association areas. *NeuroImage*, 3, S338.

Roland, P. W., & Mortensen, W. (1987). Somatosensory detection of microgeometry, macrogeometry and kinesthesia in man. *Brain Res. Rev.*, 12, 1-42.

제 8 절 연구 III : 재질에 따른 피부감성 연구

김지은. (1998). 촉각에 의해 유발된 정서에 따른 뇌파의 변화, 충남대학교 심리학과 대학원 석사학위논문.

손진훈, 임재중, 이경화, 여형석, 박진우. (1997). 피부자극에 의해 나타나는 감성 변화의 평가를 위한 HRV 스펙트럼 분석, 한국감성과학회 '97 학술대회 논문집 1(1), 94-97.

제 9 절 연구 IV : 직물에 따른 촉각감성 연구

류은경, 손진훈, (1996). EEG를 이용한 음의 쾌적성 지표개발. 한국음향학회 전기 음향 학술대회. 14-123.

吉田倫行, (1990). 脳波の ゆらぎ 計測と 快適評價. 日本音響學會誌, 46.

- Andreassi, J. H. (1995). *Psychophysiology: Human Behavior and Physiological Response* (3rd Ed.). Lawrence Erlbaum Associate, Inc.
- Chapman, C. E. (1994). Active versus Passive Touch: factors influencing the transmission of somatosensory signal to primary somato-sensory cortex. *Cad-J-hysiol-Pharmacol.*, 558-570.
- Davidson, R. J. (1992). Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion. *Brain and cognition*, 20, 125-151.
- Goodwin, A. W., & Wheat, H. E. (1992). Human tactile discrimination curvature when contact area with the skin remains constant. *Expremental Brain Research*, 447-450,
- Jasper, H. H. (1958). The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroenceph. Clic. Neurophysiol.*, 10, 371-375.
- Jeka, J. J., & Lackner J. R. (1995). The role of haptic cues from rough and slippery surfaces in human postural control. *Experimental Brain Research*, 103, 267-276.
- Lawrence K. (1996). *Pain and Touch*. NY : Academic press.
- Tucker, D. M., & Dawson, S. L. (1984). Asymmetric EEG changes as method actors generated emotions. *Biological Psychology*, 19, 63-75.

**제 10 절 연구 V : 내의직물 촉각 감성에 따른 복합 생리반응
형판 (Template) 및 패턴 모델 개발**

- 권영하. (1996). 촉각/질감 감성요소와 역학적 측정값과의 상관관계 연구. 한국 표준과학연구원 위탁연구보고서.

- 김지은, 박연숙, 오애령, 최상섭, 손진훈. (1998). 직물촉각자극에 의해 유발된 정서와 EEG 특성. *감성과학*, 1(1), 153-160.
- 김지은, 이경화, 이임갑, 손진훈. (1997). 직물촉각자극에 의해 유발된 EEG 특성. *한국감성과학회 '97 학술대회 논문집*, 1(1), 189-192.
- 손진훈. (1998). 피부감각의 감성측정 기술 및 DB개발. *감성공학기술개발 -1단계 ('95~'97) 연구결과 발표회 자료집*, 과학기술정책관리연구소, pp. 3-12.
- 손진훈, 박현영, 이임갑, 최상섭, 강대임. (1998a). 내의 직물의 역학적 특성과 질감 감성과의 관계. *감성과학*, 1(2), 35-42.
- 손진훈, 박현영, 문성실, 최상섭, 강대임. (1998b). 직물의 역학적 특성이 질감감성에 미치는 효과. *한국감성과학회 '98 추계학술대회 논문집*, 2(2), 230-234.
- 손진훈, 임재중, 이경화, 여형석, 박진우. (1997). 피부자극에 의해 나타나는 감성변화의 평가를 위한 HRV 스펙트럼 분석. *한국감성과학회 '97 학술대회 논문집*, 1(1), 94-97.
- 이경화, 김지은, 이임갑, 손진훈. (1997). 국제정서사진체계를 사용하여 유발된 정서의 측정: 비교문화적 타당성 연구. *한국감성과학회 '97 학술대회 논문집*, 1(1), 220-223.
- 홍경희, 김재숙, 박춘순, 박길순, 이영선, 김재임. (1994). 여성용 춘추복지의 태에 관한 연구 (제 1보)- 태의 주관적 평가척도개발을 중심으로. *한국의류학회지*, 18(3), 327-338.
- Ekman, P., Davidson, R. J., & Friesen, W. V. (1990). The Duchenne smile: Emotional expression and brain physiology II. *Journal of Personality and Social Psychology*, 58, 342-353.
- Ekman, P., Levenson R. W., & Friesen, W. V. (1990). Autonomic nervous system

activity distinguishes among emotions. *Science*, 221, 1208-1210.

Goodwin, A. W., & Wheat, H. E. (1992). Human tactile discrimination curvature when contact area with the skin remains constant. *Experimental Brain Research*, 32, 447-450.

Kawabata, S. (1980). *The standardization and analysis of hand evaluation* (2nd Ed.). Japan, Osaka : The Text. Mach. Soc.

Sohn, Jin-Hun., Sokhadze, Estate., Choi, Sangsup., Lee, Kyung-Hwa., & Yi, Imgap. (1997). Electrodermal and EEG response associated with the emotions induced by auditory stimulation. *Experimental Neurobiology*, 6, 71-78.

Sohn, Jin-Hun., Im, Jae J., Kang, Dae-Im., Kim, Ji-Eun., Lee, Kyung-Hwa., & Yeo, Hyung S. (1997). Evaluation of Emotional Changes Based on the Wavelet Transform of EEG Signals Evoked by Tactile Stimulation. *Psychophysiology*, 34 (suppl. 1), S83.

Sokhadze, Estate., Yi, Imgap., Lee, Kyunghwa., & Sohn, Jin-Hun. (1998). Passive and active touch of fabrics: Psychophysiological responses modulation by the emotional preference of touched textures. *Korean Journal of The Science of Emotion & Sensibility*, 1(2), 13-22.

Sokhadze, Estate., Lee, Kyung-Hwa., Park, Sehun., & Sohn, Jin-Hun. (1998). Emotional preference modulates autonomic and cortical responses to tactile stimulation. *Proceedings of '98 Fall Meeting of Korean Society for Emotion & Sensibility*, 2(2), 225-229.

제 11 절 연구 VI : 직물의 물성 특성과 촉감감성 연구

- 권오경, 성수광. (1992). 편성포의 온냉감 및 열이동 특성에 관한 연구. *한국섬유 공학회지*, 29(7), 61-68
- 김승진, 오애경, 박정환. (1992). 직물역학특성과 의류봉재성능 - KES-F system과 FAST system의 응용방향. *한국섬유공학회지*, 29(8), 7-28.
- 김우정. (1997). *얇은 블라우스 직물의 선호감과 관련 물성변인 연구*. 충남대학교 대학원 석사학위 논문.
- 김종준, Barker, R.L. (1995). 직물의 질감에 대한 연구 I - 주관적 평가. *한국섬유 공학회지*, 32(1), 89-94.
- 김창훈, 강태진. (1996). 화상분석에 의한 직물패턴의 자동인식에 관한 연구. *한국섬유공학회지*, 33(7).
- 섬유기술진흥. (1996). 10(1), 29-32,
- 성수광, 고재운, 권오경. (1989). 여자 한복지의 태에 관한 연구. *한국섬유공학회지*, 26(6), 65-75.
- 오애경, 김승진. (1994). 폴리에스테르 직물의 역학적 특성에 관한 연구 V - 표면특성. *한국섬유공학회지*, 31(6), 425-433.
- 이재곤, 김승진. (1985). 직물의 태에 관한 연구- 직물구조 인자와 공정조건이 소모직물의 태의 균일성에 미치는 영향. *한국섬유공학회지*, 22(3), 34-42.
- 이종민, 이순원. (1987). 편성물의 기모가공이 착용쾌적감에 미치는 영향. *한국 의류학회지*, 11(30), 41-56.
- 이현영, 홍경희. (1998). 직물표면과 평판과의 접촉면에 대한 Fractal차원. *한국섬유공학회지*, 35(5), 294-300.
- 조대환, 강태진. (1996). 화상처리에 의한 직물구김의 객관적 평가에 관한 연구.

- 한국섬유공학회지, 33(10), 861-873.
- 최석철외 2인. (1991). 양모복지의 초기열유속 최대치에 관한 연구(1). *한국의류학회지*, 15(4), 367-372.
- 홍경희외 5인. (1994). 여성용 춘추복지의 태에 관한 연구(제1보): 태의 주관적 평가척도 개발을 중심으로. *한국의류학회지*, 18(3), 327-338.
- 홍진기. (1996). *Image Processing*을 이용한 스커트의 외관평가. 충남대학교 의류학과 대학원 석사학위논문.
- 後蘇德樹. (1995). 신탍섬과 그후의 기술개발 Trend. *후 가공 기술세미나*, 12.
- Ajayi, J. O. (1992). Fabric smoothness, friction, and handle. *Textile Research Journal*, 62(1), 52-59.
- Binns, H. (1934). A Tactile Comparison of the Cloth Qualities of Continental and Noble-combed Materials. *J. Text. Inst.*, 25, T157-173.
- Ellis, B. C., & Gransworthy, R. K. (1980). A review of techniques for the assessment of hand. *Textile Research Journal*, 231-238.
- Gwosdow, A. R., Stevens, J. C., Berglund, L. C., & Stolwijk, J. A. J. (1986). Skin Friction and Fabric Sensation in Neutral and Warm Environment. *Text. Res. J.* 56, 574-580.
- Hatch, K. L., Woo, S. S., & Baker, R. L. (1990). In vivo cutaneous and perceived comfort response to fabric, Part I: Thermophysiological comfort determinations for three experimental knit fabrics. *Textile Research Journal*, 60(7), 405-412.
- Hollies, N. R. S. (1989). Visual and tactile perceptions of textile quality. *J. of Textile Inst.*, 80(1), 1-18.
- Jasper, W. J., & Potiapalli, H. (1995). Image analysis of mispicks in woven fabric. *Textile Research Journal*, 65(11), 683-692.

- Kawabata, S. (1980). *The Standardization and Analysis of Hand Evaluation* (2nd Ed.). The Text. Mach. Soc. of Jpn. Osaka.
- Lundgren, H. P. (1969). New Concepts in Evaluating Fabric Hand. *Textile Chem. Color*, 1, 35-45.
- Mori, T., & Endou, Y. (1996). Fractal analysis and aesthetic evaluation of geometrically overlapping pattern. *Textile Research Journal*, 66(9), 581-586.
- Muraoka, Y., Inoue, Y., & Tagaya, H. (1995). Fiber crimp analysis by fractal dimension. *Textile Research Journal*, 65(8), 454-460.
- Raheel, M., & Lui, J. (1991). An empirical model for fabric hand, Part II- Subjective assessment. *Textile Research Journal*, 61(2), 31-38.
- Ravandi, H. S. A., & Toriumi, K. (1995). Fourier transform analysis of plain fabric appearance. *Textile Research Journal*, 65(11), 676-683.
- Schneider, A. M. (1991). Properties influencing coolness to the touch of fabrics. *Textile Research Journal*, 61(8), 488-494.
- Vaughn, E. A., & Kim, C. J. (1975). Studies of Fabric Hand. *Textile Conference: AATCC*.
- Wang, J., & Wood, E. J. (1994). A new method for measuring carpet texture change. *Textile Research Journal*, 64(4), 215-224.
- Yoon, H. N., & Sawyer, L. C. (1984). Improved comfort polyester, Part II- Mechanical and surface properties. *Textile Research Journal*, 54(6), 357-365.

'97 특정연구개발사업

위탁연구보고서

피부감각 감성평가 및 해석시스템 개발

Evaluation of Emotional Status caused by Cutaneous
Sensation and Development of an Analysis System

위탁연구기관 : 인 제 대 학 교

충 남 대 학 교

목 차

제 1 장 서론	297
제 2 장 연구개발 수행내용 및 결과	301
제 3 장 연구개발 목표 달성도 및 대외 기여도	323
제 4 장 연구개발 결과의 활용계획	324
제 5 장 참고 문헌	326

그림 목 차

<그림 1>	HRV and EEG 분석 소프트웨어 흐름도.	305
<그림 2>	여섯 가지 자극원에 대한 HRV 스펙트럼 변수의 분석 결과.	305
<그림 3>	이산 wavelet 변환을 이용한 뇌파의 분할과정	308
<그림 4>	Passive touch 경우의 각 자극원에 대한 STFT 결과	309
<그림 2.1>	데이터 베이스 설계도	317
<그림 2.2>	데이터 베이스 입력 초기화면	318
<그림 2.3>	분석 시스템	320
<그림 2.4>	주관적 평가 분석결과 화면	321
<그림 2.5>	생리신호 분석결과 화면	322
<그림 2.6>	자극원별 데이터 베이스 점유율 화면	322

제 1 장 서 론

국내의 감성평가에 대한 연구는 아직은 시작단계에 머물러 있으며 인체를 하나의 시스템으로 볼 때 일종의 블랙박스를 해석해 나가고 있는 것이라 할 수 있다. 하지만 이미 국내에서 활발히 진행되고 있는 감성평가를 위한 연구를 통해 제시되는 결과는 감성레벨의 측정 및 분석을 이용하여 감성제품의 개발 및 주거 환경의 설계에까지 응용되어질 수 있을 것이다. 즉, 자극환경의 변화에 따른 심리, 생리학적 변화상태를 가장 잘 나타낼 수 있는 생체신호를 측정하고, 이들 신호로부터 의미있는 특징을 나타내는 변수추출 및 분석기법을 개발함으로써 주관적으로 변하는 감성의 변화상태를 정량적으로 평가할 수 있는 알고리즘이 수립된다면 간편, 신속, 정확하고 신뢰성 있는 감성평가 기기의 개발이 가능해질 것이다.

인간의 삶의 질을 향상시켜줄 수 있는 환경을 제공하고, 쾌적하고 안락한 생활에 필요한 제품을 만들기 위해서는 먼저, 주위의 환경조건에 따라서 변화되는 인간의 육체적 및 정신적 반응을 이해하여 제품 개발에 응용하여야 한다. 즉, 우리의 공통 관심사는 '의식주'에 있어서 인간의 삶의 질을 가장 효과적으로 증대시킬 수 있는 환경을 제공하고, 생활에 필요한 제품 및 도구들을 개발, 제작하고자 하는데 있는 것이다. 그러기 위해서 우선적으로 해결하여야 할 과제는 주위의 환경 조건에 따라서 변화되는 인간의 육체적 및 정신적 반응을 측정하고 이를 정량화하는 작업이라 할 수 있을 것이다. 이렇듯 다양한 환경의 변화 중에서도 피부에 주어지는 자극특성이 변화할 때의 반응을 측정, 분석함으로써 보다 쾌적한 일상생활을 제공하는 것 또한 매우 중요한 연구과제라 할 수 있다.

피부에는 외부로부터의 물리적 자극이 가해졌을 때 이를 감지해내는 여러 종류의 기계적 감수체(mechano-receptor)들이 존재하며, 이들은 자극에 대한 적응기간에 따라서 현저히 다른 종류들의 감수체로 구분된다. 또한, 피부가 느낄 수 있는 자극의 종류는 크게 능동적인 경우와 수동적인 경우의 두 가지로 구분될 수 있는데, 능동적인 경우는 피검자 스스로 특정 재질을 만지면서 그 자극에 대하여 반응하는 경우이며 수동적인 경우에는 실험자가 특정재질의 물체를 피검자의 피부에 수동적으로 접촉시킴으로써 이에 대해 반응하게 하는 경우이다. 일반적으로 이 두 가지 경우에서 얻어지는 생리신호는 수동적인 자극제시의 경우보다 능동적인 자극제시의 경우에서 더욱 많은 양의 정보를 가지고 있으며 그 구체성 또한 확연해지는 것으로 알려져 있다. 중추와 생리신호 변화가 나타나는 각 기관들의 관계를 포함한 감성의 발생과정은 감성을 신체반응 자체에 그 초점을 맞추어 대뇌피질과 운동계, 내분비계가 직접 연결되는 모형으로 설명될 수 있다. 이는 피부에 자극을 제시하는 순간 피검자로부터 얻어지게 되는 뇌파신호는 피부자극에 대한 피검자의 감성을 측정하고 정량화해 내는데 중요한 지표가 될 수 있음을 보이는 것이다.

인체 내에서 발생하는 생리적 신호들은 생체항상성을 유지하기 위해 각 기관들이 유기적으로 작용한다. 그 중에서도 생각 및 행동을 지배하는 중추신경계와 말초신경계로 이루어진 인간의 신경계는 외부로부터 주어지는 자극의 종류나 정도에 따른 인체의 반응을 조절하는 기능을 담당하며, 이때 발생하는 여러 생체신호들은 신경정신계통의 이상유무에 대한 판단 및 심리적인 변화상태의 추세를 보기 위한 중요한 척도의 하나로 널리 사용되어지고 있다. 이러한 생리적 현상을 측정하고 분석하여 보다 신뢰성 있고 정확한 정보를 얻기 위해서는 데이터 수집과 기록에 있어서 검출하고자 하는 신호가 왜곡되지 않고 필요한 성분만을 검출할 수 있어야 하며, 검출된 신호는 그 특성에 따라 분류되어 그 기능적 특성을 최대한도로 나타낼 수 있는 분석방법을 선택함으로써 의미 있는 변수들을 추출하게 되는 것이다. 이 때,

동일한 신호에 대하여 동일한 분석방법을 수행하였다 하더라도, 그 신호로부터 얻고자 하는 정보의 종류에 따라서 불필요한 변수가 있을 수 있고, 연구의 목적에 부합되는 중요한 지표로 사용되어질 수 있는 변수가 있으므로 이의 선택에 신중한 고려를 해야 할 것이다.

이러한 과정을 거쳐 추출된 변수들은 궁극적으로 인체라는 하나의 생체시스템에 외부의 입력이 주어질 때 나타나는 출력을 예측할 수 있는 하드웨어 및 소프트웨어의 개발에 이용되어짐으로써 이론적인 면에서 뿐만아니라 실용적인 면에서도 중요하게 사용되어질 것이다. 즉, 감성측정평가 시뮬레이터를 개발하기 위해서는 주어지는 자극환경의 변화에 따라서 발생하는 여러 가지 생리신호를 검출하여 이를 해석하는 하나의 통합된 시스템의 개발이 필수적인 것이다. 이를 위해서는 인체에서 발생하는 각종 생리신호의 의미 및 그 발생기전에 대한 분류가 선행되어야 한다. 즉, 검출하고자 하는 생리신호들을 검토하고, 측정방법에 대한 표준을 세워야 할 것이다. 그리고, 선택된 신호들을 측정하기 위한 장비들을 setup하고 이들 장비들 간의 특성들을 검토하고 종합하여 집적화된 시스템을 구축하여야 한다. 결국 이들 검출된 신호들을 분석하는 기법 및 해석하는 알고리즘을 개발하여 복합적인 환경 변화에 대한 감성상태를 평가할 수 있는 통합된 소프트웨어를 적용할 수 있게 되는 것이다. 그리고, 최종적으로는 피검자에 대한 정보, 주어지는 피부자극 조건에 대한 주관적 설문 결과, 그리고 생리신호로부터 추출된 변수들에 대한 정보들을 입력하여 추후 감성좌표의 구성 및 피부감각 감성을 표현할 수 있는 database를 완성함으로써 피부감성을 고려한 제품의 디자인에 기여할 수 있게 되는 것이다.

본 과제에서는 지난 2년간의 연구를 통하여 피부감성의 심리적, 주관적 평가를 위한 심리적 평가기술을 개발하고, 피부감각의 변화를 반영할 수 있는 생리신호 측

정시스템을 구축하였다. 또한, 피부감각에 대한 생리상태 변화의 측정을 위한 자극 제시방법의 표준화를 시도하고, 단순 피부감각의 속성에 따른 생리신호로부터 의미 있는 변수의 추출기법 개발을 추진하였다. 본 3차년도에서는 심리적 감성과 생리적 측정과의 상관성분석을 통하여 감성지표를 개발하고 이에 대한 database를 완성하였으며, 그 개략적인 내용들은 다음과 같다.

- ▷ 변화되는 피부자극의 속성에 따른 감성의 변화를 측정하기 위한 생리신호 중에서 감각 및 감성변화를 가장 잘 반영하는 생리신호의 측정시스템 구축
- ▷ 피부감각에 대한 생리상태의 변화의 측정을 위한 자극 제시방법의 표준화 및 단순 피부감각의 속성에 따른 생리신호로부터 의미 있는 변수의 추출기법을 개발하여 추출된 변수들과 물리적 피부자극간의 상관성 분석
- ▷ 피부감각의 정량적인 해석을 위한 알고리즘 수립 및 데이터 수집 및 분석을 통한 감성 평가기술 개발
- ▷ 피부감각 감성 데이터베이스 구축

제 2 장 연구개발수행 내용 및 결과

본 연구에서는 피부에 주어지는 자극의 속성을 변화할 때, 그 결과로써 나타나는 신경계통의 변화에 따른 감성상태를 평가 할 수 있는 생리신호들을 파악하고, 그러한 생리신호들 중에서 비침습적이며 비교적 간편하게 측정할 수 있는 신호들을 측정하여 그들로부터 의미 있는 변수들을 추출해 낼 수 있는 분석기술을 개발하고자 하였다. 그리고, 이러한 분석 결과를 종합하여 감성평가 시뮬레이터에 활용 가능한 피부감각 감성평가를 실시하고, 이를 토대로 하여 피부감각에 대한 감성 데이터베이스를 구축함을 그 최종목표로 수행하였다.

1. 피부자극기와 해석시스템 사이의 control 시스템 및 interface 제작

1차년도에 제작된 피부자극기는 두 종류(면, 사포)의 재질을 두 단계의 접촉강도로 손바닥에 닿게 하여 그때의 생리신호를 검출하였으며, 피검자에게 한가지의 자극제시가 끝난 후 곧바로 그 자극에 대한 느낌을 컴퓨터를 통하여 설문으로 제시하고, 그에 대한 답을 제작된 시스템의 button을 누름으로써 피검자의 감성상태에 대한 자료를 수집할 수 있는 시스템을 설계, 제작하였다. 2차년도에는 자극기의 motor 회전시 발생하는 noise를 최소화하였으며, motor의 회전속도 및 자극시간 설정을 menu화하여 자유롭게 설정할 수 있도록 program을 개선하였다. 이러한 결과에 근거한 3차년도의 연구개발은 앞서 언급된 인체에서 발생하는 각종 생리신호에 대한 의미 및 그 발생기전에 대한 분류와 선택된 신호들을 측정하기 위한 실험장비들 간의 interface를 설계, 제작하여 피부자극이 주어졌을 때 나타날 수 있는 생리신호들의 측정시스템을 구축하였다. 또한, 주관적 감성상태를 측정하는 시스템으로부

터 입력되어진 데이터를 file로 저장할 뿐만 아니라 한 피검자의 다양한 주관적 감성과 여러 피검자간의 감성변화 상태를 종합적으로 비교, 판단 할 수 있는 시스템으로 발전시키고자 수행하였다.

2. 피부감각의 정량적 해석을 위한 생리신호 분석

검출된 생리신호로부터 의미 있는 변수의 추출을 통한 감성변화상태의 정량화 및 이를 평가할 수 있는 알고리즘의 수립에 관한 연구를 수행하였으며, 이는 생리신호의 변수 자동검출 알고리즘의 수립 및 생리신호와 자극의 속성간의 상관성 분석 및 감성평가 알고리즘의 수립에 활용될 수 있을 것이다.

제품화와 관련된 실제 자극원으로 마, 갑사, 벨벳, 실크, 밉크, 우피 등 여섯 종류의 textile을 선정하여 자극을 제시할 때의 생리신호를 검출하였다. 피부가 느낄 수 있는 자극의 종류는 크게 능동적인 경우와 수동적인 경우의 두 가지로 구분될 수 있는데, 능동적인 경우는 피검자 스스로 특정 재질을 만지면서 그 자극에 대하여 반응하는 경우이며 수동적인 경우에는 실험자가 특정재질의 물체를 피검자의 피부에 수동적으로 접촉시킴으로써 이에 대해 반응하게 하는 경우이다. 즉, 자극기를 사용하여 passive touch를 제시하였으며, 피검자가 직접 textile을 만지도록 하는 active touch의 조건을 설정하였다. 생리신호로는 EEG(C3, C4, Fp1, Fp2)와 ECG를 512Hz의 샘플링 주기로 2분간 검출하였다. 심전도는 HRV에 대한 분석을 수행하여 주어지는 자극이 교감, 부교감신경계에 미치는 영향을 알아내고자 하였다.

가. HRV 스펙트럼 분석 및 변수 추출 알고리즘 수립

Heart rate은 호흡, 운동, 감정상태, 그리고 혈압 등의 영향으로 인하여 끊임없이 변화하며 이러한 변화는 교감신경과 부교감신경을 포함한 자율신경계의 통제하에서 일어난다. ECG신호를 이용한 HRV(Heart Rate Variability, 심박변이도)의 계측은 이러한 자율신경계 활동을 정량화 할 수 있는 비침습적 계측 기법으로서 인정받고 있으며, 지난 10여년 동안에 걸쳐 heart rate를 통한 power spectrum 분석 기법은 교감신경과 부교감신경의 자율기능을 관찰하는 가장 신뢰도 높은 방법으로 알려지게 되었다.

Heart rate의 변이는 혈압이나 호흡 그리고 체온과 같은 변수들처럼 외부의 영향에 대항하여 체내의 항상성을 유지하고자 지속적으로 변화하는데 이와 같은 심박 변화의 정도를 HRV라 정의하며 이를 관찰하기 위해서는 심전도상의 R-peak간 시간 간격의 연속적 변이 추세를 시계열 data로서 재정리한 후 FFT를 이용한 power spectrum을 통하여 관찰하는 기법이 주로 사용되고 있다. HRV는 SA node에 대해서 교감신경계과 부교감신경계를 포함한 자율신경계의 영향을 반영한다. 바꾸어 말하자면, HRV 분석의 주요한 목적은 관측된 cardiac event series로부터 HRV신호와 같은 driving signal(유도신호)에 기초한 몇가지 특징점들을 조사함으로써 HRV상에 반영된 자율신경계의 영향을 관찰하고자 함에 있는 것이다. HRV분석을 통한 자율신경계의 활동성 관찰에 관한 연구는 최근 국내에서도 활발한 움직임을 보이고 있는데 특히, 마취심도의 평가에 대한 객관적인 지표를 얻고자 자율신경계의 반응정도를 HRV의 power spectral analysis를 통하여 더욱 정량적으로 관찰하고자 하는 연구들을 예로서 들 수 있다. HRV분석에는 시간영역상의 분석법과 주파수 영역상에서 이루어지는 분석법의 두 가지 방법이 사용되고 있으나 주파수 영역상의 방법인 Power Spectral Analysis(PSA)기법이 가장 총체적이고 정확한 방법으로 알려져 있

다. 특히, 최근에는 PSA의 비침습적 특성이 동물실험과 임상적용 등에 그 유용성을 제공하고 있는데, 이는 자율신경계가 주파수에 종속적인 방법으로 심박을 변조시킨다는 사실에 근거를 두고 있다.

생리신호(EEG, ECG)는 transducer array로부터 입력받아서 signal condition에 의해 A/D보드가 읽을 수 있는 형태로 증폭된다. 모든 신호에 있어서 signal condition이 꼭 필요한 것은 아니지만, 잠재하고 있는 위험 요소인 노이즈, 과부하, aliasing 등 부정확한 측정 데이터의 유발을 방지할 때 매우 중요하다. A/D보드는 DT3001을 사용하였으며, 이는 single ended로 16채널까지 측정 가능하다. sampling frequency는 조정이 가능하며 실험시 256Hz로 하였으며, PC의 메모리로 읽혀진 데이터는 filtering의 과정을 거친다.

ECG는 1-50Hz까지의 주파수를 가지므로 highpass의 cut-off frequency는 1Hz로 lowpass의 cut-off frequency는 60Hz로 filtering하였다. 이는 software적으로 수정이 가능하도록 프로그램 하였다. 이렇게 filtering 된 데이터는 windowing과정을 거쳐 ECG의 R peak를 검출한다. R peak의 검출 방법은 측정된 신호의 최대 값의 0.7배를 곱한 값을 문턱치(threshold value)로 하여 이 이상의 구간에서 최대 값을 얻는다. 이로 인해서 P, T의 peak와는 구분된다. 하지만 이상적으로 P, T의 peak가 큰 경우는 문턱치를 증가함으로써 인해 R peak를 구할 수 있도록 프로그램 되었다. 정확한 R peak를 검출하였으면 R peak사이의 시간을 구하여 HR data(heart rate data)를 구성하여 이들 데이터를 선형보간법(linear interpolation)을 시킨다. 이러한 선형보간법을 통해 주파수분석(FFT)을 할 수 있을 만큼의 충분한 데이터를 얻고, 주파수분석을 하여 HRV spectrum을 구한다. 이때 LF(low frequency)의 영역은 0.05-0.15Hz영역으로 정의되며, HF(high frequency)의 영역은 0.15-0.5Hz로 정의된다. 이 구간내의 면적 값을 취하여 LF와 HF의 값을 구하여 HF/LF값을 산출한다. 면

적 값을 구하는 방법은 trapezoidal rule에 의하여

$$x[i] + x[i+1] * df, \quad k=1$$

을 토대로 산출되었다. 이렇게 산출된 데이터는 분석하기 편한 형태인 막대그래프의 형태로 화면상에 출력한다. 그림 1과 2에 HRV 신호의 분석을 위한 프로그램의 흐름도와 각

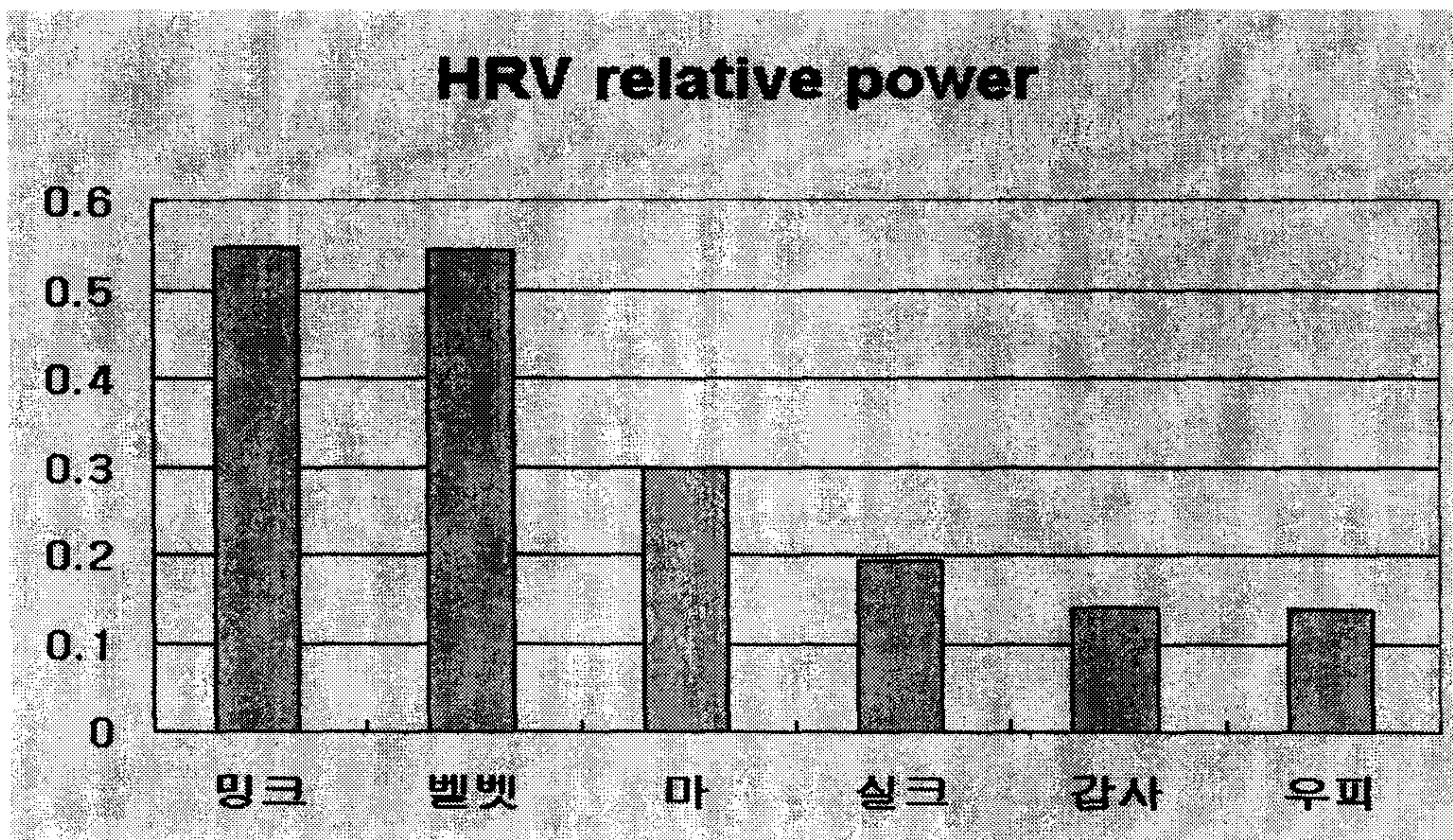


그림 2. 여섯 가지 자극원에 대한 HRV 스펙트럼 변수의 분석 결과.

자극원에 대한 HRV 스펙트럼으로부터 추출된 변수들의 분석결과가 나타나 있다. 교감신경계와 부교감신경계의 우세정도를 나타내기 위하여 청각자극이 제시되었을 때의 HRV의 스펙트럼을 구하고 이로부터 0.03Hz 대역(LF)과 0.15Hz 대역(HF)의 주파수 성분의 비율(HF/LF)을 변수로 정의하였다. 그 결과, 밍크, 벨벳 등의 편안함을 주는 자극원에 대해서는 HF/LF 값이 증가함을 확인하였으며, 감사, 우피 등의 다소 불쾌감을 주는 자극원을 경험한 피험자들에서는 HF/LF 값이 감소하고 있음을 볼 수 있었다.

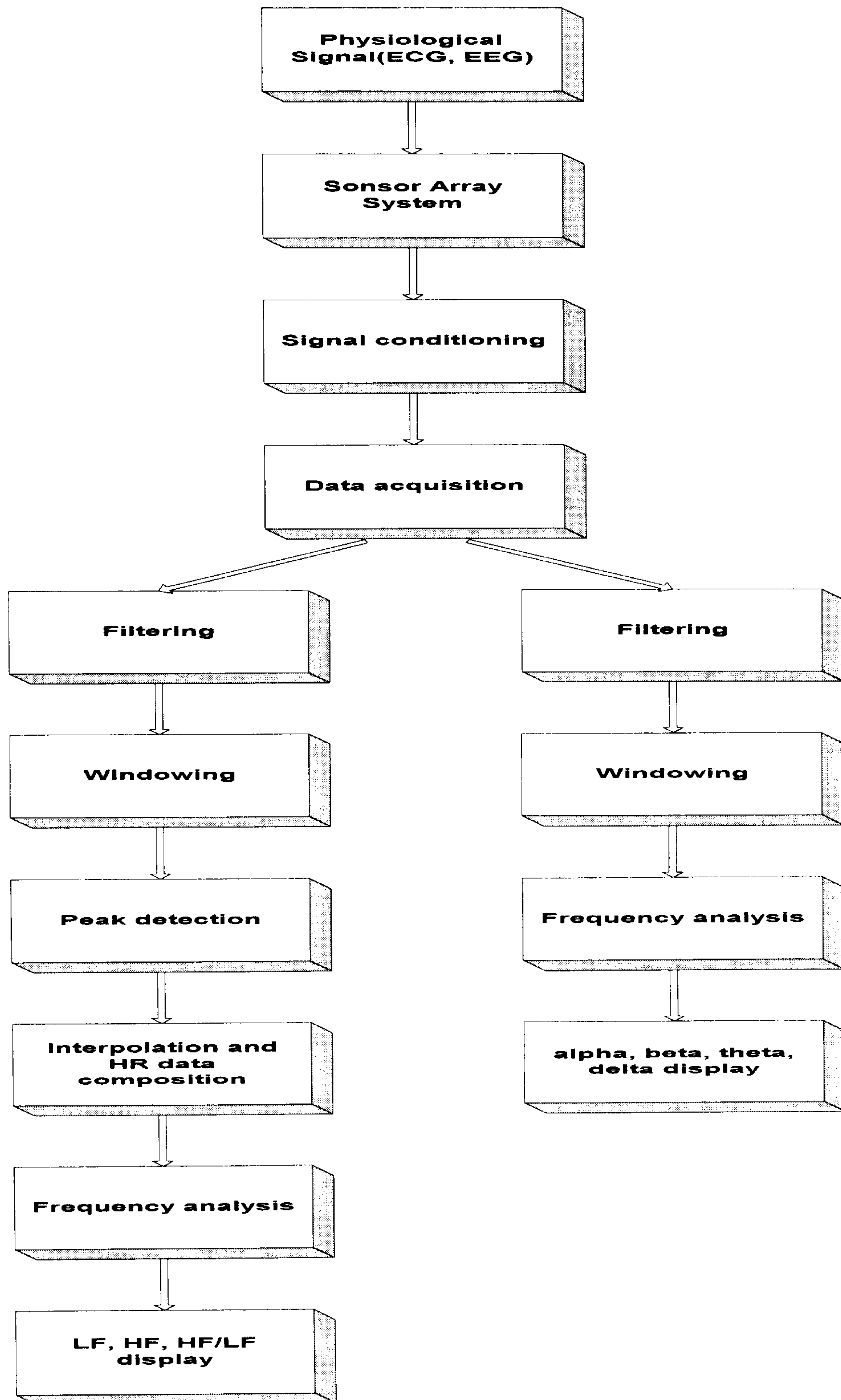


그림 1. HRV and EEG 분석 소프트웨어 흐름도.

나. Wavelet을 이용한 EEG의 변수 추출 알고리즘 수립

뇌의 세포단위에서 발생하는 전기적인 현상을 대뇌피질에서 검출하는 뇌파(EEG)는 자율신경계의 상태를 나타내는 척도로서 사용되는데, 그 파형을 분석하여 정량화 함으로써 피검자가 어떠한 자극을 받았을 때의 긴장도나 쾌적감을 판단할 수 있는 근거로서 사용되어 질 수 있다. 뇌파와 같이 인간의 높은 수준의 정서상태로 정의되고 인간의 인지과정 또는 정보처리 과정에서 발생하는 정서상태를 대표할 수 있는 생체신호들의 분석은 크게 시간영역의 분석과 주파수영역의 분석들로 많이 소개되어져 왔으나, 이러한 해석법들은 비주기적인 신호라든지 일시적인(transient) 시간영역을 갖는 신호에 포함될 수 있는 정보의 해석에 만족스러운 결과를 보여주지 못하고 있으며 분석이 정량적이지 못하고 전문 판독가의 학습경험이나 임상경험에 의존하고 있는 실정이다. 이러한 이유로 신호의 정보손실로 인한 객관적인 판단의 가치는 낮아지게 되었다. 그러므로 시간 및 주파수 영역에서의 분석이 부적절한 특이한 생체신호들의 정보량을 정량화하는 문제에 있어서는 새로운 신호처리 및 분석에 관한 알고리즘의 개발과 적용이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 이러한 관점에서 웨이브렛 변환(*wavelet transform*)은 시간축상에서는 선형적이며 주파수축에 대해서는 대수적인 크기를 가지므로 분석하고자 하는 창의 크기를 원하는 구간내에서 임의로 조절할 수 있다는 장점으로 인해, nonstationary한 신호 중에서도 스펙트럼 특성이 아주 짧은 시간 동안에 변하는 신호에 대해서도 뛰어난 분석 정보를 제공해 준다.

웨이브렛이란, $\psi(t)$ 로 정의되는 mother wavelet을 변이시키고, 확대, 축소시킴으로써 얻어지는 함수들의 집합을 말하며, 아래에 웨이브렛 변환의 기본식이 나타나 있으며, 그림 3에 웨이브렛의 분할과정이 나타나 있다.

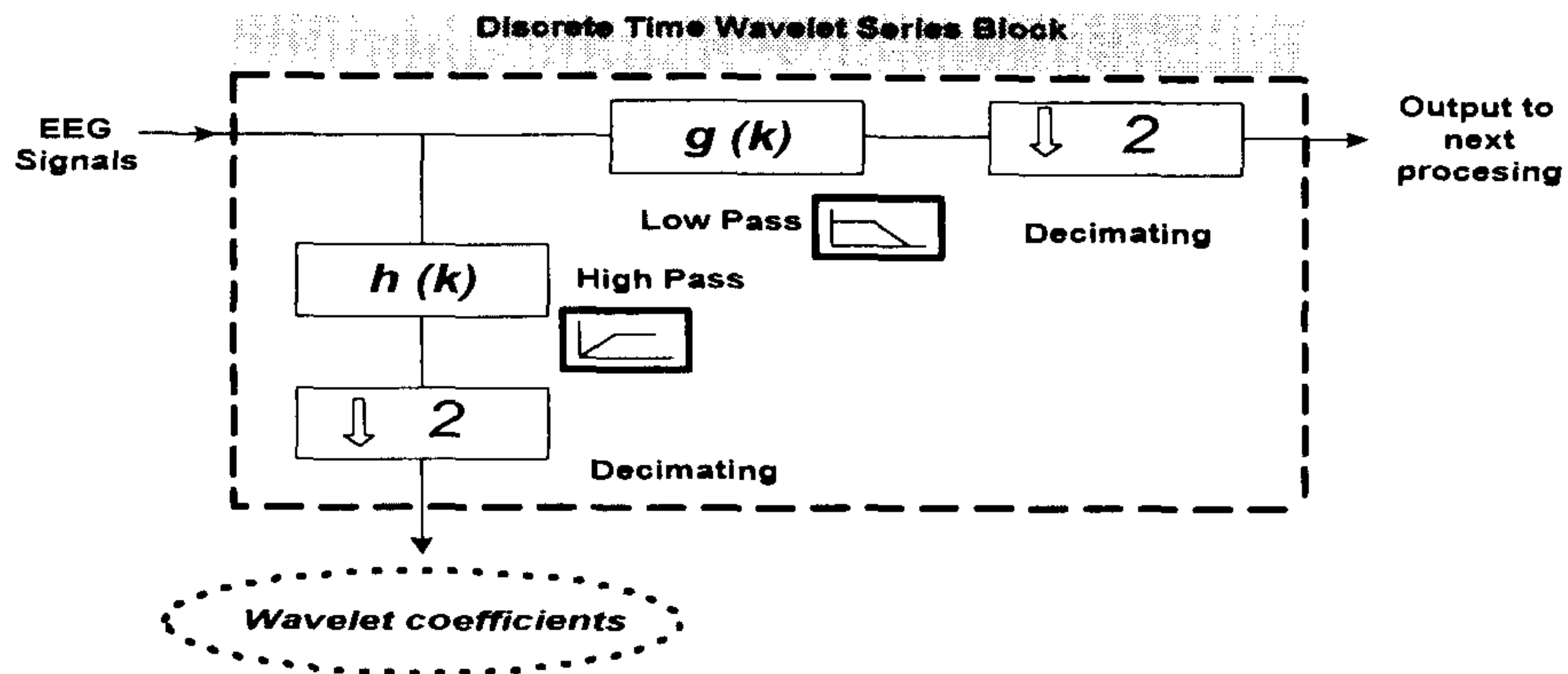


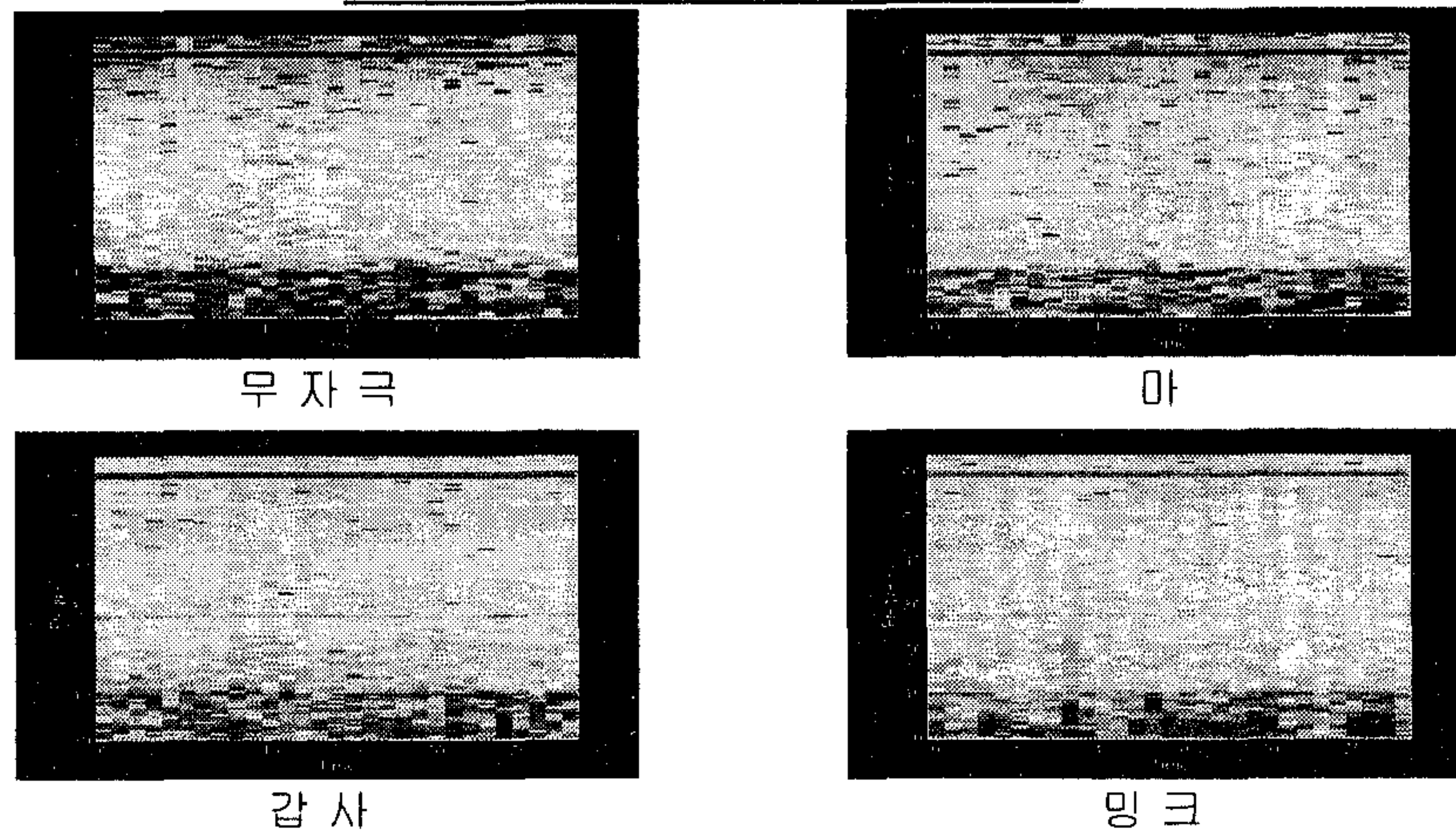
그림 3. 이산 wavelet 변환을 이용한 뇌파의 분할과정
(Discrete Time Wavelet Series Processing Block)

$$Wave F(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) f(t) dt$$

매개변수 a, b 가 실수($a, b \in R$ with $a \neq 0$)일 때를 연속 wavelet 변환이라 하고, a, b 가 정수($a = a_0^m, b = nb_0 a_0^m$ with $m, n \in Z$ and $a > 1, b_0 > 0$ fixed)일 때, 이산 wavelet 변환이라 한다. 이 때 a 는 기저함수의 크기를 조절하는 인자이고, b 는 시간의 위치를 조절하는 인자이다. 이산 wavelet 변환을 이용한 뇌파를 분할하는 과정에서는 최초의 뇌파 신호 저역통과필터를 통과한 approximation 신호(A1-A6)와 고역통과필터를 통과한 detail 신호(D1-D6)로 분할되고, A1과 D1은 다시 차단주파수가 변경된 저역, 고역통과필터를 거쳐서 A2와 D2로 분할된다. 이때 각각의 분할 과정에 관여하는 필터의 계수 값들은 기저함수의 종류에 따라 다르게 결정되고, 분할되는 과정에서 필터성분의 주파수 성분 해상도도 달라지게 된다. 결국, 뇌파신호의 웨이블릿 변환을 통해 분할된 신호들은 고역통과 필터를 통과한 D1, D2, D3, D4, D5, D6의 값들과 저역통과 필터를 통과한 A1, A2, A3, A4, A5, A6로 표현된다.

이러한 과정을 거쳐서 주파수 대역별로 구분된 각 자극원에서의 분석결과를 얻기 위하여 wavelet transform을 이용하여 EEG 신호의 energy distribution map을 구성하고 긍정과 부정적인 자극시의 wavelet coefficient를 비교하였다. 그 결과, 자극이 제시되었을 때는 전반적인 EEG 신호의 주파수 성분이 고 주파수 영역을 차지하고 있음을 알 수 있었으며, spectral energy는 불쾌한 감성을 경험할수록 고주파수 영역에 분포되고 있음을 발견하였다. 또한, 뇌파신호에 대하여 STFT(short time Fourier transform)를 실시하였으며, 그 결과가 그림 4에 나타나 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 실크와 우피의 경우에 있어서 무자극시와 비교하여 고주파영역에서의 분포가 감소하고 있음을 알 수 있었다.

Passive touch



Passive touch

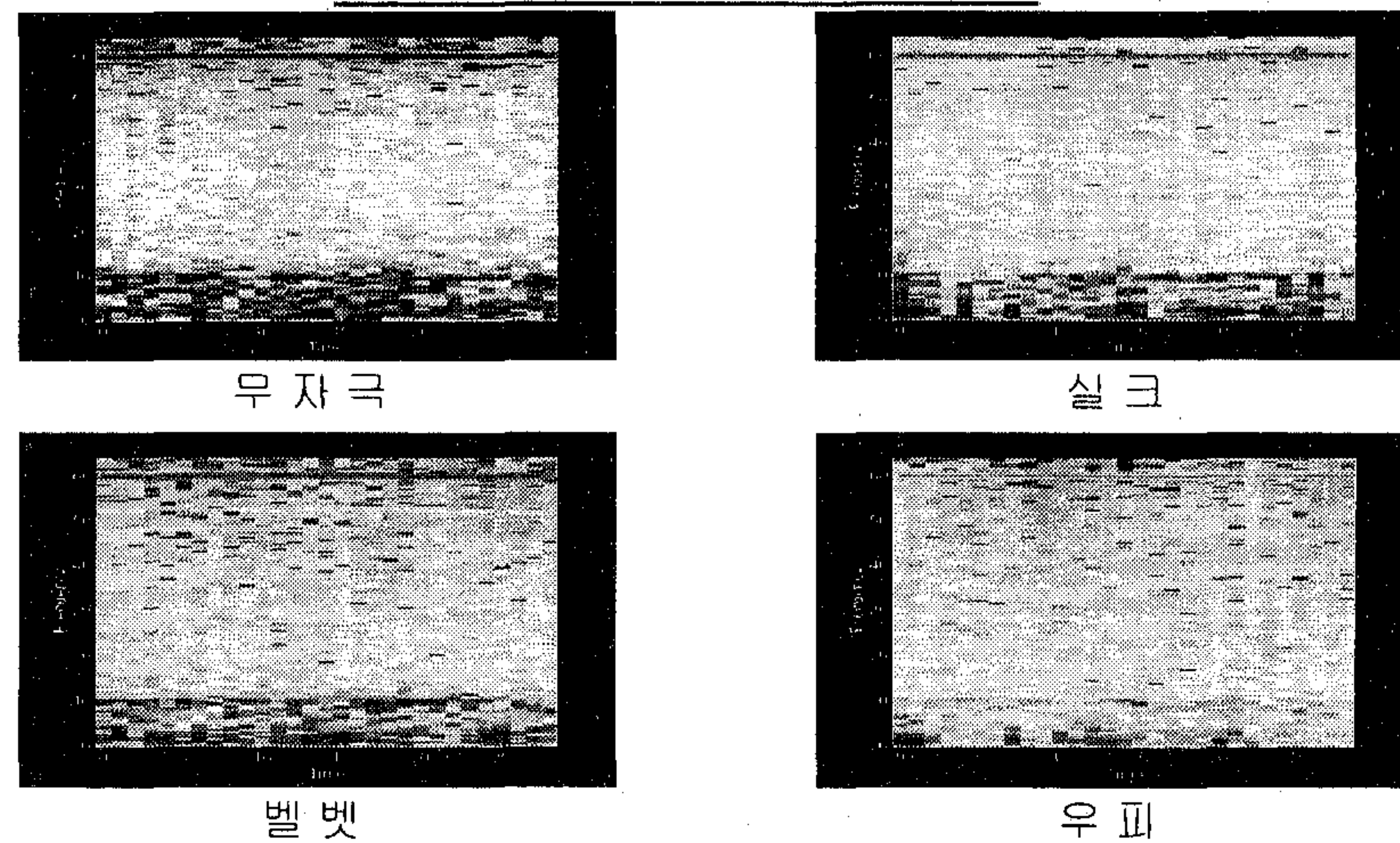


그림 4. Passive touch 경우의 각 자극원에 대한 STFT 결과

3. 피부감각 감성DB 구축

본 연구과제의 최종목표인 감성DB 구축에 있어서는 아직까지 감성DB에 관한 요구 사항이 구체화되어 있지 않다는 점을 문제점으로 들 수 있다. 즉, 연구에 필요한 데이터의 종류(생체, 심리 등), 형태(숫자, 그림, 동화상, 음성, 등), 용량, 필요 빈도 등 DB 구축에 필요한 속성을 정의하기가 그리 쉽지만은 않다는 점이다. 또한, 감성DB도 감성연구를 수행하는 사용자로 그 대상을 한정하여 감성연구의 보편화가 진행되면서 데이터의 증가율 및 그 요구 사항을 재분석해야 할 어려움이 수반될 수 있다. 특히, 감성 시뮬레이터 개발 연구가 진행되면서 다양한 종류의 데이터가 생산되지만 그 산출 형태와 용량이 정확히 정의되려면 일정 기간이 소요되어야 할 상황이다. 본 연구에서는 이러한 데이터베이스와 향후 감성연구의 총체적인 정보 기술 플랫폼과의 호환성 등을 고려한 감성 DB를 구축하였다.

가. 데이터베이스

데이터베이스는 대용량의 데이터를 효율적으로 저장 관리할 뿐만 아니라 데이터의 무결성, 데이터의 일관성, 데이터의 표준, 데이터의 공유, 데이터의 보안등을 극대화 할 수 있는 유일한 도구이다. 이러한 이유로 인해 많은 데이터를 체계적으로 저장 관리를 요구하는 모든 곳에서 1960년대부터 데이터베이스 관리시스템(Database Management System: DBMS)이 사용되어져 오고 있다. 이러한 데이터베이스 관리시스템으로는 1960년대에 메인 프레임에서 운용되었던 계층형(hierarchical) 데이터베이스 관리시스템, 1970년대에 계층형의 단점을 보완한 망형(network) 데이터베이스 관리시스템, 1969년 IBM의 연구원으로 있던 E.F. Codd가

수학적 기초에 근거를 두고 고안한 관계형(Relational) 데이터베이스 관리시스템과 아직 완벽한 이론적 근거가 마련되어 있지 않지만 많은 관심을 받고 있는 객체 지향(Object oriented) 데이터베이스 관리시스템 등이 있다.

이러한 데이터베이스 관리시스템 중에 감성 데이터베이스와 가장 적합한 관리시스템을 선택하는 것이 감성 데이터베이스의 본래 목적과 이를 기초를 한 분석시스템의 전체적인 유연성과 성능에서 만족한 결과를 얻을 수 있을 것이다. 이를 위해 감성 데이터베이스 구축과 활용에 있어서의 반드시 만족하여야 될 조건을 살펴보면 첫째, 감성 데이터베이스에 관한 요구 사항이 구체화되어 있지 않아 데이터베이스의 유연성이 절대적인 조건이다. 즉, 연구에 필요한 데이터의 종류, 형태, 용량, 필요 빈도 등 데이터베이스 구축에 필요한 속성과 관계를 정의하는데 있어서 유연성이 아주 높아야 한다. 둘째, 감성 데이터가 여러 형태(파일 포맷-이들의 대부분은 Text 파일과 Excel 파일들이다.)로 분산되어 있어 이들을 논리적으로 통합 저장할 수 있는 관리시스템이어야 한다. 셋째, 감성 데이터베이스와 향후 감성 연구의 총체적인 정보 기술 플랫폼과의 호환성을 보장하여야 한다. 넷째, 감성 데이터의 폭 넓은 수요 증가에 대비하여 인터넷의 WWW(World Wide Web) 서비스를 통해 감성 데이터베이스의 정보들이 쉽게 제공되어야 한다.

위와 같은 필수 조건들을 만족시키기 위해 본 연구에서는 감성 데이터베이스 구축과 이에 기초한 분석 시스템 개발을 위해 전세계적으로 가장 많은 사용자들을 확보하고 있는 Microsoft의 관계형 데이터베이스 관리시스템 Access를 사용하였으며, 앞에서 언급되었던 조건들에 대해 관계형 데이터베이스 관리시스템 Access를 선택한 타당성은 다음과 같다.

첫째, 관계형 모델은 데이터베이스 구축시 데이터처리방식을 미리 확정하여 고

정시킬 필요 없이 이차원 구조를 가지는 테이블의 형태로 표현되어 아주 유연하게 어떠한 요구 사항에 대해서도 표준 질의 도구인 SQL(Structured Query Language)을 사용하여 데이터를 검색 또는 관리 할 수 있다. 이에 비해 계층형과 망형 모델은 데이터 구조가 고정적이기 때문에 요구 사항이 구체화되지 않은 감성 데이터베이스에는 적합하지 않다. 둘째, Access는 현재 감성 데이터가 가장 많은 형태로 저장되어 있는 Text 파일과 Excel 파일들을 거의 native 데이터 수준으로 읽을 수 있으며 ODBC와 ISAM을 지원하는 모든 데이터베이스와 응용프로그램들의 데이터를 읽을 수 있기 때문에 각각 다른 포맷으로 저장되어 있는 감성 데이터를 통합할 수 있는 데이터베이스 관리시스템이다. 셋째, 감성 데이터베이스와 감성 연구의 총체적인 정보 기술 플랫폼으로 감성 제품 설계 시 의사결정 지원 어플리케이션들을 위한 정보 기반을 제공하며 다양한 운영시스템으로부터 추출, 변환, 통합되고 요약되며 주제 중심적이고 통합적이며 시간성을 가지는 비휘발성 자료의 집합(읽기 전용 데이터베이스)인 데이터웨어하우스(Data Warehouse)와 데이터웨어하우스에 묻혀 있는 데이터 패턴의 발견, 추세의 예측, 예외 사항을 발견하는데 사용될 수 있는 데이터마이닝(Data Mining) 등을 들 수가 있다. 이러한 기술들을 효과적으로 지원해주기 위해서는 현재 관계형 데이터베이스 관리시스템이 필수적으로 사용되고 있으며 계층형, 망형과 객체지향 데이터베이스 관리시스템에 기초한 사례는 전세계적으로 거의 없다. 이는 데이터 모형의 유연성의 부족과 관계형 모형이 수학적 이론에 바탕을 둔 데 반해 객체지향 모델은 표준적인 이론이 아직 부실하기 때문이다. 넷째, Access는 데이터베이스에 저장되어진 정보들을 HTML, IDC, ASP뿐만 아니라 WWW의 새로운 표준인 XML을 지원하며 데이터 타입에서도 직접 Hyperlink를 지원한다. 이를 통해 Access 데이터베이스에 저장된 정보들은 장벽 없이 어디든지 서비스되어질 수 있다.

나. 데이터베이스의 설계

감성 데이터베이스 구축과 분석 시스템의 개발을 위해 가장 먼저 이루어져야 될 사항은 데이터베이스의 설계이다. 여기서는 현재 가장 많이 사용되고 있으며 이론적 정립과 표준이 정해져 있고 향후 데이터웨어하우스와 연관 지을 수 있는 관계형 데이터 모델이 사용되었다. 감성 데이터베이스에 맞게 관계된 사항을 크게 나누면 '피검자', '자극원', '평가'로 나눌 수 있다. 여기서부터 정규화(normalization) 이론을 도입하여 관계형 데이터 모델에 부합되며 현실적으로 가장 효율적인 크기의 테이블을 설계하였다.

정규화	정의
제 1정규화	모든 필드들의 값은 더 이상 분해되지 않는 원자 값을 취해야 한다.
제 2정규화	모든 non-key들은 프라이머리(primary) 키(또는 캔디데이트(candidate) 키)에 완전히 종속적이어야 된다.
제 3정규화	모든 non-key들은 서로 상호간에 완전히 독립적(종속 관계가 없어야만 된다).
Boyce/Codd 정규화	모든 결정자는 캔디데이트(candidate) 키가 되어야 한다.
제 4정규화	한 테이블 내의 필드들 사이에서 다대다(many to many) 릴레이션(relationship)이 존재할 경우 그들은 같은 테이블에 저장되어서 된다.

위 정규화 이론에 따라 정규화 과정을 제 4정규화까지 하고 난 후 감성 데이터베이스에 합당하며 현실적으로 가장 효율적인 정규화 폼으로 사료되는 제 3정규화 까지 비정규화(denormalization) 과정을 거쳐 다음과 같은 결과를 얻었다.

테이블: ECG

이름	유형	크기
ID	숫자(바이트)	1
ST	문자열	2
Pd	문자열	2
ECG	숫자(Single)	4

테이블: EEG

이름	유형	크기
ID	숫자(바이트)	1
ST	문자열	2
Pd	문자열	2
EEG	숫자(Single)	4

테이블: EOG

이름	유형	크기
ID	숫자(바이트)	1
ST	문자열	2
Pd	문자열	2
EOG	숫자(Single)	4

테이블: GSR

이름	유형	크기
ID	숫자(바이트)	1
ST	문자열	2
Pd	문자열	2
GSR	숫자(Single)	4

테이블: ProductD

이름	유형	크기
Pd	문자열	2
Product	문자열	10

테이블: QS

이름	유형	크기
QN	숫자(바이트)	1
QS	문자열	40

테이블: Question

이름	유형	크기
ID	숫자(바이트)	1
ST	문자열	2
Pd	문자열	2
QN	숫자(바이트)	1
Answer	숫자(정수)	2

테이블: RES

이름	유형	크기
ID	숫자(바이트)	1
ST	문자열	2
Pd	문자열	2
RES	숫자(Single)	4

테이블: Status

이름	유형	크기
ID	숫자(바이트)	1
ST	문자열	2
Pd	문자열	2

테이블: StatusD

이름	유형	크기
ST	문자열	1
Status	문자열	10
Pic	OLE 개체	-

테이블: Subjects

이름	유형	크기
ID	숫자(바이트)	1
Name	문자열	8
Age	숫자(바이트)	1
Gender	문자열	1
KN	문자열	13
Height	숫자(바이트)	1
Weight	숫자(바이트)	1

위 테이블들은 그림 2.1과 같은 관계를 가진다.

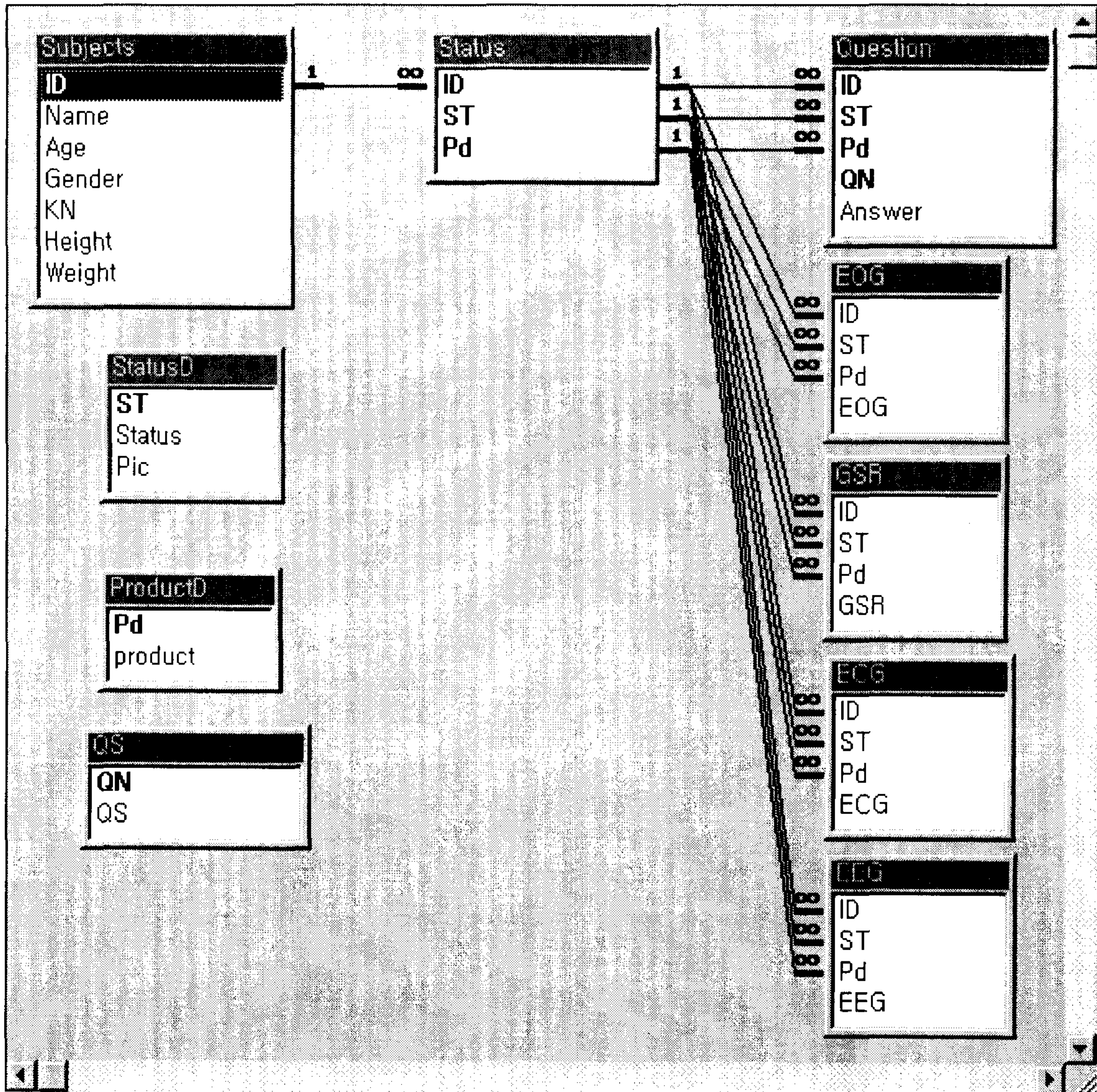


그림 2.1 데이터 베이스 설계도

정규화 된 테이블들을 쿼리(query)를 통해 묶고 이를 폼으로 나타내어 최종 사용자에게 피검자에 대한 정보, 객관적 평가를 위한 생체신호 데이터와 주관적 평가를 위한 설문조사 데이터를 쉽고, 편리하게 입력할 수 있도록 하였고 입력된 데이터는 가장 효율적으로 설계된 데이터베이스에 저장 관리되어 된다.

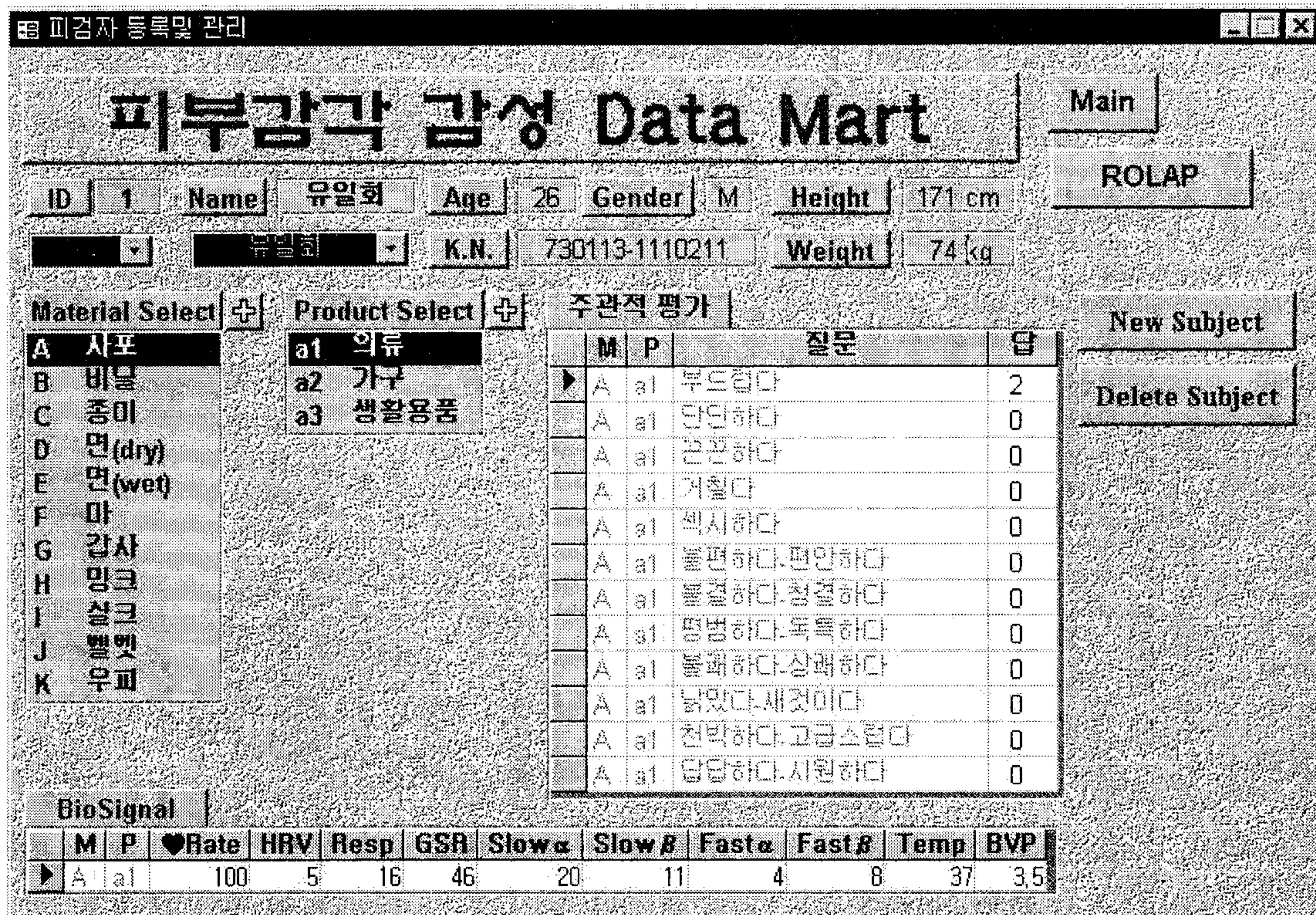


그림 2.2 데이터 베이스 입력 초기화면

가. 분석시스템

인간의 피부감각에 의해 발생하는 감성을 분석하기 위해 주관적 평가와 객관적 평가가 함께 이루어졌고 이러한 평가를 통해 발생하는 많은 데이터를 체계적으로 관리하며 저장하기 위하여 감성 데이터베이스가 구축되었고 감성 데이터베이스에 저장되어져 있는 데이터를 분석하며 향후 감성 제품 기획 시 의사결정에 반영할 수 있는 분석 시스템을 개발하였다. 생체신호의 측정과 분석을 통해 인체의 특정 site 에서 생체데이터 수집과 기록이 있게 되며, 검출된 신호는 그 특성에 따라서 분류 되어 적절한 분석방법을 선택함으로써 의미 있는 변수들을 찾아내게 된다. 이러한 과정을 거쳐서 추출된 의미 있는 변수들은 궁극적으로는 인체라는 하나의 시스템에 외부의 입력이 주어질 때 나타나는 출력을 통해 인간의 감성을 측정할 수 있는 하드웨어 및 소프트웨어의 개발에 이용될 수 있으며 궁극적으로 인간의 감성을 고려

한 제품을 생산하는데 필요한 감성 데이터베이스의 구축이 이루어 질 수 있는 것이다.

하지만 데이터베이스가 아무리 풍부해도 그 자체가 정보는 될 수 없다. 데이터베이스의 데이터가 정보가 되기 위해서는 하나의 과업을 위해 조직화되어야 하고, 구체적 업적을 내기 위해 집중되어야 한다. 즉, 데이터는 정보로 구조화 혹은 모델링 되어야 하며, 정보는 데이터의 평가나 프로세싱을 통해 추출된다. 그러므로 생체신호분석을 통해 얻어진 변수 데이터는 데이터베이스 상에 존재하는 단순한 객체가 아니라 그 속에 감추어진 구조와 패턴이 밝혀져야 하는 분석의 대상이다. 이러한 데이터의 분석을 위해, 정보는 본질적으로 비교를 통해 나타나는 것이기에 여러 가지 데이터를 다차원적으로 구조화하여 이들을 다양한 각도에서 대화식으로 비교 분석 그리고 통계적 산술연산을 행하는 OLAP(On-Line Analytical Processing) 기술을 요구한다. 이를 통해 얻어진 정보로 최종 사용자는 감성을 고려한 제품을 생산하는데 중요한 의사 결정을 내릴 수 있다.

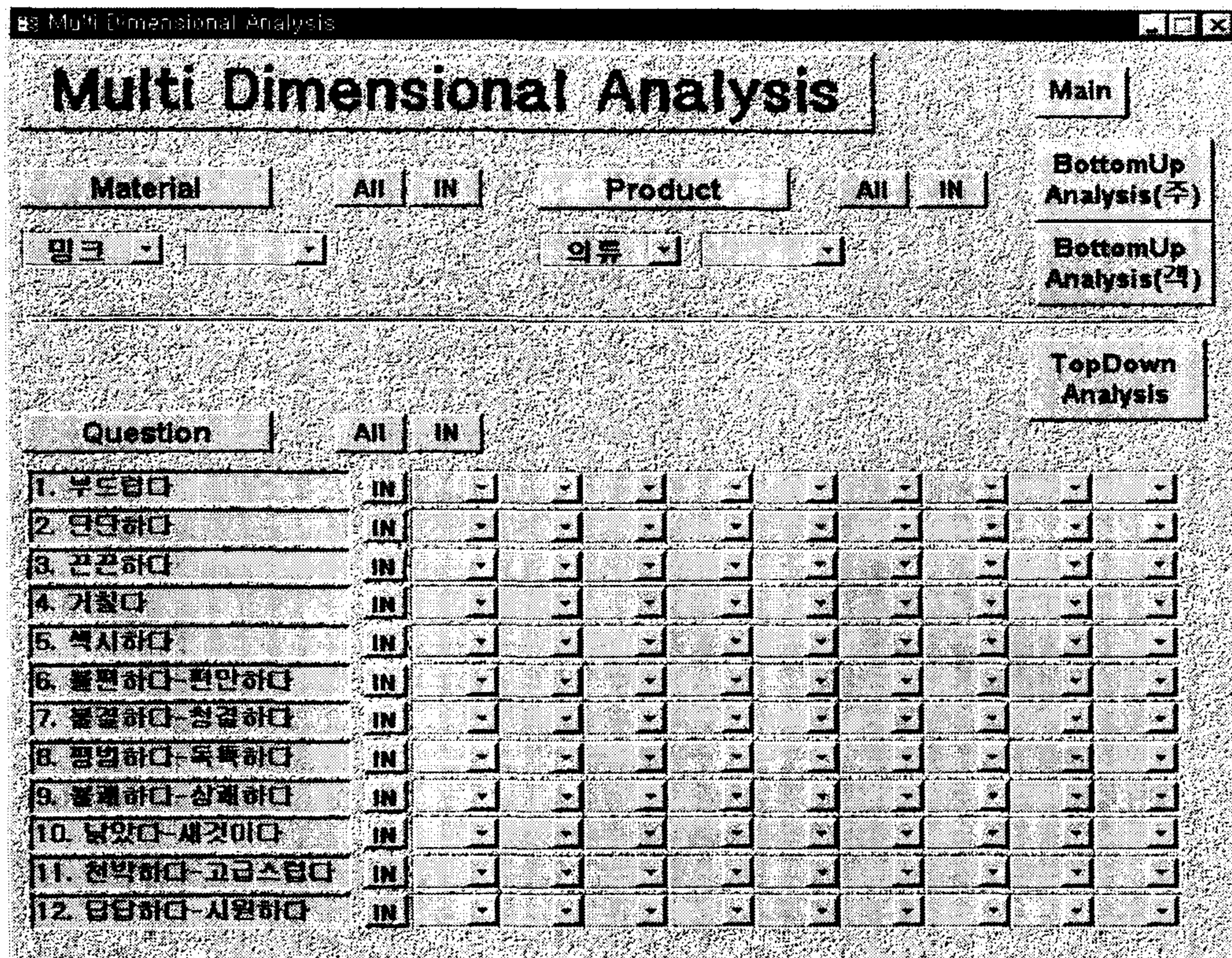


그림 2.3 분석 시스템

분석 시스템에서는 감성 데이터베이스에 있는 데이터를 ROLAP(Relational OnLine Analysis Processing)형태로 다차원 분석을 하며 통계적인 수치와 원 차트로 결과를 보여주는 형식을 취했다. 그리고 자극원을 입력으로 하고 결과를 주관적 평가치로 보여주는 BottomUp Analysis와 주관적 평가치를 입력으로 하고 결과를 자극원으로 보여주는 TopDown Analysis를 개발하였다.

아래의 그림 2.4는 자극원을 입력으로 하고 결과를 각각의 설문에 대한 답변을 통계적 수치와 각각의 설문한 답변을 원형 차트로 보여주는 주관적 평가를 위한 BottomUp Analysis의 예이다.

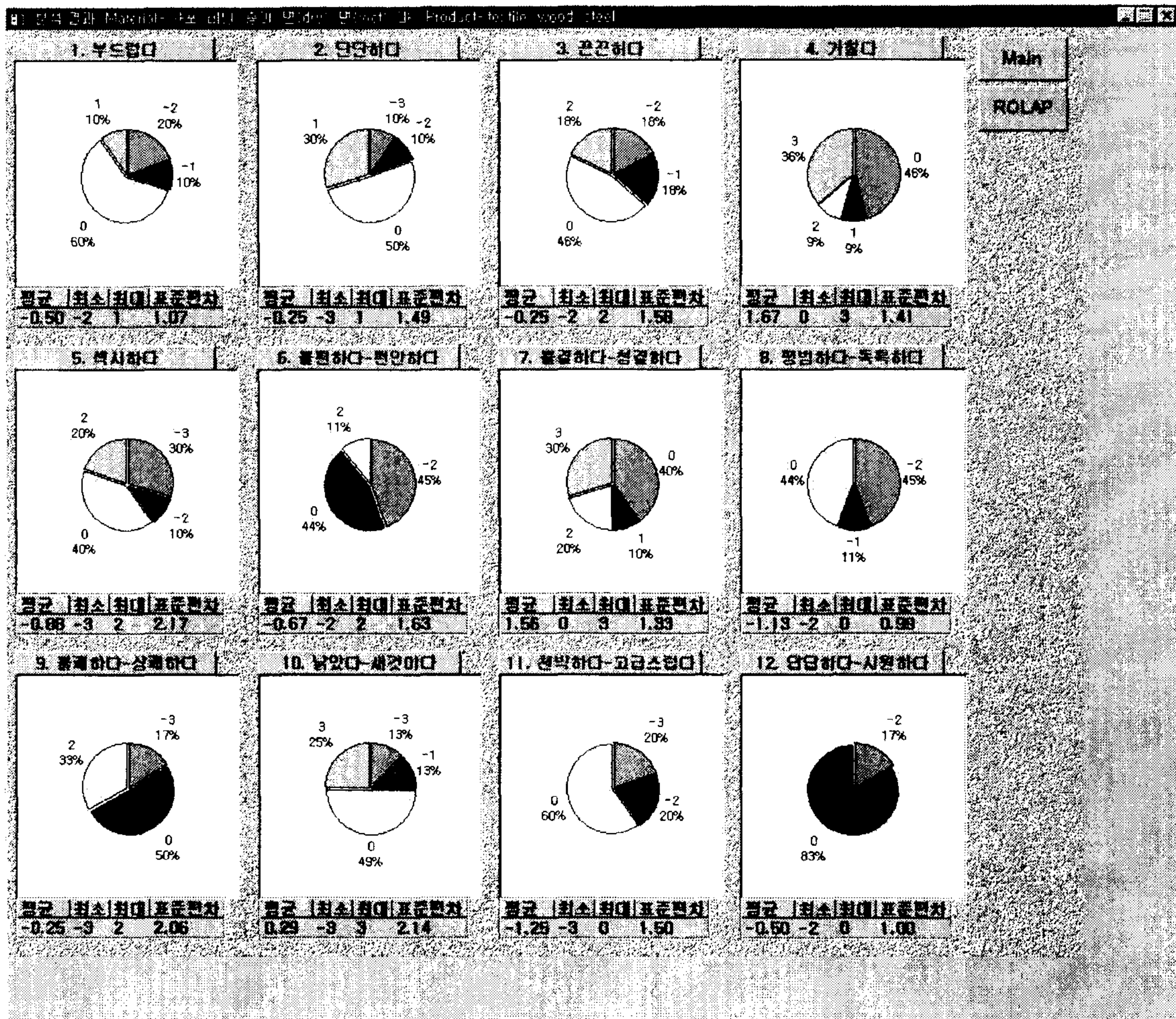


그림 2.4 주관적 평가 분석결과 화면

아래의 그림 2.5와 2.6은 자극원을 입력으로 하고 결과를 각각의 생체신호에 대한 값을 통계적 수치로 나타내며, 값을 5단계의 등간격으로 구분 후 각각의 간격에 포함된 값들의 개수를 막대그래프로 나타낸 객관적 평가를 위한 BottomUp Analysis의 예와 주관적 평가치를 입력으로 하고 결과를 제품별로 사용된 자극원의 percent로 보여주는 TopDown Analysis의 예를 나타내고 있다. 개발된 분석시스템은 데이터베이스에 저장된 데이터를 읽어 OLAP 기술을 이용해 다차원으로 분석해서 통계적 시각적으로 표현하였으며, 이는 감성 제품을 개발하기 위한 의사결정에 있어서 중요한 정보로 활용될 수가 있다.

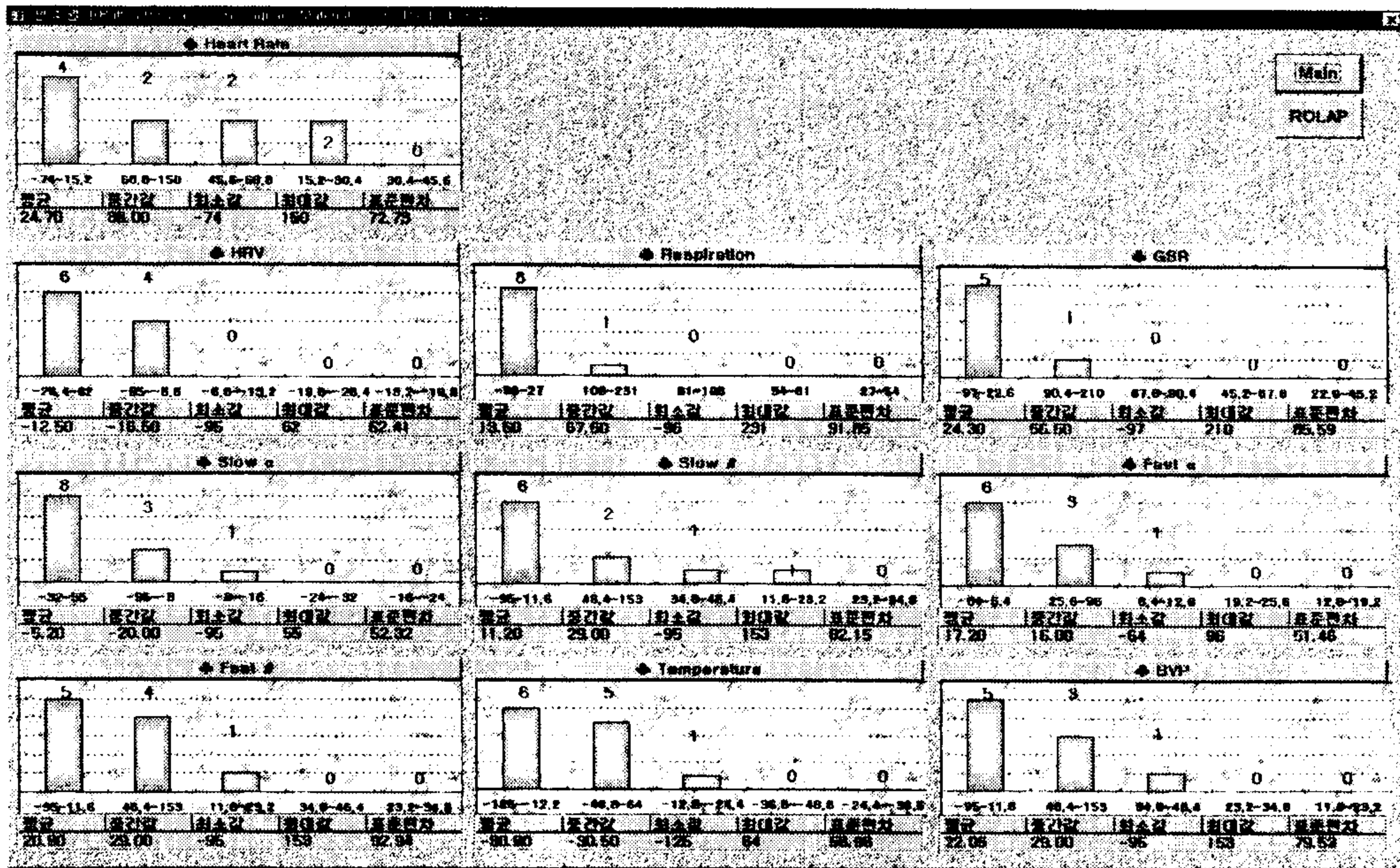


그림 2.5 생리신호 분석결과 화면

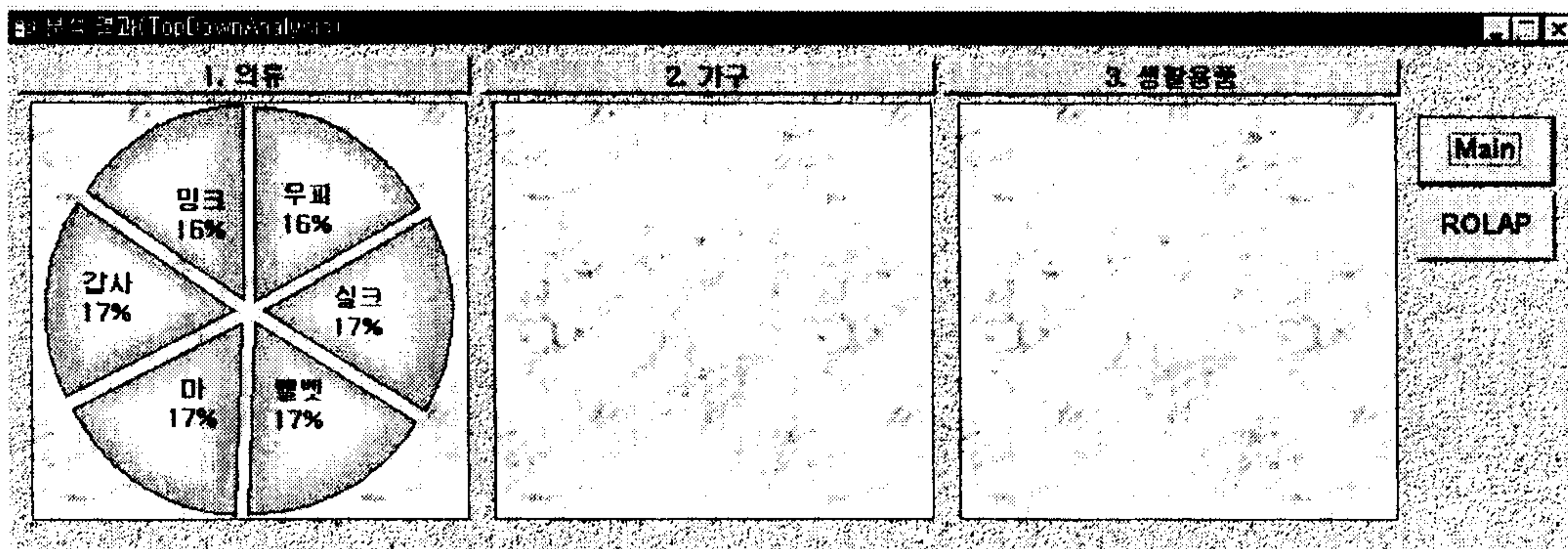


그림 2.6 자극원별 데이터 베이스 점유율 화면

제 3 장 연구개발 목표 달성도 및 대외 기여도

본 위탁과제의 3차년도 연구개발 목표는 크게 세 가지로 구분되었다. 본 연구에서는 피부에 주어지는 자극의 속성을 변화할 때, 그 결과로써 나타나는 감성상태의 평가가 가능한 생리신호들을 파악하여 측정할 수 있는 시스템을 구성하고, 검출된 신호들로부터 의미 있는 변수들을 추출하는 분석기술을 개발하며, 이렇게 얻어진 변수들을 종합적으로 처리하는 피부 감성DB의 구축을 그 목표로 수행하였으며, 당초의 계획대로 모든 연구가 진행되었다.

본 연구의 결과는 감성의 변화를 유발하는 여러 가지의 자극조건 및 환경에 따라서 변화하는 생리신호의 지속적인 측정 및 분석을 자동화하여 감성제품의 개발 및 주거환경의 설계에 응용할 수 있다는 효과가 있다. 그리고, 피부자극에 의해 유발되는 생리신호의 자동분석을 위한 본 시스템은 시뮬레이터의 개발에도 응용될 수 있으며, 생리신호 측정방법 및 피검자의 환경에 따라 그 결과가 다르게 나올 수 있는 여러 가지 자극방법에 대한 표준화가 이루어짐으로써 의료용 진단 및 치료장비의 개발을 위한 DB로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 개발된 감성 DB는 인간의 주거 환경에서 필요로 하는 감성제품의 개발 및 보다 안락하고 쾌적한 실내공간의 제공에 큰 기여를 할뿐만 아니라 피부 접촉시의 쾌적성과 관련한 이상적인 재질을 가진 신상품 개발에도 고무적인 영향을 끼치게 될 것으로 기대된다.

제 4 장 연구개발 결과의 활용계획

본 연구의 결과는 피부감각의 변화에 따른 감성레벨의 측정 및 분석을 자동화하여 자극환경의 변화에 따른 심리/생리적인 변화상태를 가장 잘 나타낼 수 있는 생리신호를 측정하는데 이용될 것이다. 즉, 이들 신호로부터 의미 있는 특징을 찾아내서 정량화 할 수 있는 변수 추출 및 분석기법을 개발함으로써 감성의 변화상태를 평가할 수 있는 알고리즘의 수립이 이루어진다면, 간편, 신속, 정확하고 신뢰성있는 감성평가 기기의 개발이 가능해질 것이다. 또한, 개발된 감성 DB는 쾌적한 환경을 제공하기 위하여 필요로 하는 감성제품의 개발에 큰 기여를 할뿐만 아니라 피부 접촉시의 쾌적성과 관련한 이상적인 재질을 가진 제품의 개발에도 활용될 수 있을 것이다.

- 피부감각의 변화에 따른 감성레벨의 측정 및 분석을 자동화하여 자극환경의 변화에 따른 심리/생리적인 변화상태를 가장 잘 나타낼 수 있는 생리신호를 측정하는데 활용

- 감성의 변화를 유발하는 여러 가지의 자극조건 및 환경에 따라서 변화하는 생리신호의 지속적인 측정 및 분석을 자동화하여 감성제품의 개발 및 주거환경의 설계에 응용

- 감성의 개인차에 대한 원인 규명에 있어서 정신 또는 심리적 요인과 더불어 생리적 요인의 본질을 밝힐 수 있으며, 새로운 생리신호의 분석기술은 본 연구과제 이외에도 다양한 연구분야에서의 생리신호의 분석에도 사용될 수 있음

- 생리신호로부터 의미 있는 특징을 찾아내서 정량화 할 수 있는 변수 추출 및 분석기법을 개발하고 감성의 변화상태를 평가할 수 있는 알고리즘을 수립함으로써 간

편, 신속, 정확하고 신뢰성 있는 감성평가 기기의 개발이 가능

- 피부자극에 의해 유발되는 생리신호의 자동분석을 위한 시뮬레이터의 개발에도 응용될 수 있으며, 생리신호 측정방법 및 피검자의 환경에 따라 그 결과가 다르게 나올 수 있는 여러 가지 자극방법에 대한 표준화가 가능

- 현재까지 정립되어 있지 않은 피부를 통하여 입력되는 자극속성의 차이가 생리신호의 변화를 발생시키는 근본적인 원리에 대한 이해가 가능하고, 자극속성의 변화에 대한 심리적인 영향과 생리적인 영향간의 상호 관련성의 본질과 그 정도를 밝힐 수 있음

참 고 문 헌

- Carson, N. R. (1991). *Physiology of Behavior, Needham, Massachusetts.* Allyn and Bacon
- Andreassi, J. L. (1995). *Psychophysiology- human behavior and physiological response* (3rd Ed.). New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Marsella, A. J. (1994). The measurement of emotional reaction to work: conceptual, methodological and research issues. *Work & Stress*, 8(2), 153-176.
- Cohen, S. (1979). *Sensation and perception.* Academic Press.
- Bendat, J. S., & Piersol, A. G. (1986). *Random Data - analysis and measurement procedures.* Wiley Interscience Publication.
- Strum, R. D., & Kirk, D. E. (1989). *Discrete Systems and Digital Signal Processing.* Addison Wesley.
- Andreassi, J. L. (1995). *Human Behavior and Physiological Response* (3rd Ed.). N.J. Hillsdale : Lawrence Erlbaum Associates, Publisher.
- Davidson, R. J. (1992). Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion. *Brain and Cognition*, 20, 125-151.
- McKee, G., Humphrey, B., & McAdam, D. W. (1973). Scaled lateralization of alpha activity during linguist and musical tasks. *Psychophysiology*, 10, 441-443.
- Durka, P. J., & Blinowska, K. J. (1995). Analysis of EEG Transients by Means of Matching Pursuit. *Ann. Biomed. Eng.*, 23(5), 608-611.

- Bartnik, E. A., Blinowska, K. J., & Durka, P. J. (1992). Single evoked potential reconstruction by means of wavelet transform. *Biological Cybernetics*, 67, 175-81.
- Akay, M. (1995). Wavelets in Biomedical Engineering *Annals of Biomedical Engineering*, 23, 531-542,
- Schiff, S. J., Aldroubi, A. M., Unser and S. Sato. (1994). Fast wavelet transformation of EEG. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 91, 442-55,
- Mallat, S. G. (1989). A theory of multiresolution signal decomposition : the wavelet representation. *IEEE Trans. Patt. Anal., Machine Intell.*, 11, 674-693,
- Thakor, N. V. (1993). Multiresoultion Wavelet Analysis of Evoked Potentials. *IEEE Trans. Biomedical Engineering*, 40(11).
- Sato, N., Miyke, S., Akatsu, J. & Kumashiro, M. (1995). Power Spectral Analysis of Heart Rate Variability in Healthy Young Women During the Normal Menstrual Cycle. *Psychosomatic Medicine*, 57, 331-335.
- 여형석. (1997). *Sympathectomy 및 Vagotomy에 따른 자율신경계 변화의 관찰을 위한 HRV 스펙트럼 분석*. 인제대학교 의용공학과 석사학위논문.
- Bootsma, M.C.A., Swenne, H.H., & Van Bruschke. (1994). Heart rate variability as indexes of sympathovagal balance. *Am.J.Physiol*, 226, 1565-1751.
- Cooper, R., Osselton, J. W., Shaw, J. C. (1980). *EEG Technology*. Butterworths.
- Wallace, P. E., Richard, V. F., & Davidson, J. (1991). Emotional Expression and BrainPhysiology II. *Journal of Pesonality and Social Psychology*, 58. 2, 342-353.