

감성과학, Vol. 13, No. 1, pp.235-242, March 2010

## 감성과학을 위한 측정기법의 최근 연구 동향\*

Recent Trend in Measurement Techniques of Emotion Science

정효일\*\* · 박태선\*\*\* · 이배환\*\*\*\* · 윤성현\*\*\*\*\* · 이우영\*\*\*\*\* · 김왕배\*\*\*\*\*†

Hyo-Il Jung\*\* · Taesun Park\*\*\* · Bae-Hwan Lee\*\*\*\* · Sung-Hyun Yun\*\*\*\*\*

Wooyoung Lee\*\*\*\*\* · Wangbae Kim\*\*\*\*\*†

연세대학교 공과대학 기계공학과\*\*

School of Mechanical Engineering, Yonsei University\*\*

연세대학교 생활과학대학 식품영양학과\*\*\*

Department of Food and Nutrition, Yonsei University\*\*\*

연세대학교 의과대학 생리학부\*\*\*\*

Department of Physiology, Yonsei University College of Medicine\*\*\*\*

연세대학교 음악대학 작곡과\*\*\*\*\*

Department of Composition, Yonsei University\*\*\*\*\*

연세대학교 공과대학 신소재공학부\*\*\*\*\*

School of Advanced Material Engineering, Yonsei University\*\*\*\*\*

연세대학교 사회과학대학 사회학부\*\*\*\*\*

Department of Sociology, Yonsei University\*\*\*\*\*

연세대학교 융합감성과학 연구단

### Abstract

Emotion science is one of the rapidly expanding engineering/scientific disciplines which has a major impact on human society. Such growing interests in emotion science and engineering owe the recent trend that various academic fields are being merged. In this paper we review the recent techniques in the measuring the emotion related elements and applications which include animal model system to investigate the neural network and behaviour, artificial nose/neuronal chip for in-depth understanding of sensing the outer stimuli, metabolic controlling using emotional stimulant such as sounds. In particular, microfabrication techniques made it possible to construct nano/micron scale sensing parts/chips to accommodate the olfactory cells and neuron cells and gave us a new opportunities to investigate the emotion precisely. Recent developments in the measurement techniques will be able to help combine the social sciences and natural sciences, and consequently expand the scope of studies.

**Keywords** : measurement, sound, metabolic control, neuron, emotion

\* 본 논문은 연세대학교 미래유망분야 지원사업의 융합감성과학 연구단(2009-1-0212)의 연구비 지원으로 작성되었음.

† 교신저자 : 김왕배 (연세대학교 사회학과)

E-mail : wangbae@yonsei.ac.kr

TEL : 02-2123-2432

FAX : 02-312-2159

## 요약

최근 학제간 교류가 빈번해지고 그 경계마저도 무너지고 있는 추세에서 감성과학에 대한 연구범위는 그 어느 때보다도 넓어지고 있다. 과거 심리학, 환경디자인, 두뇌 신경학 중심의 학제연구를 넘어서 인류학, 사회학, 문화 역사학, 예술, 공학 등 모든 분야에 걸쳐 감성에 대한 관심이 높아지고, 또 이들 간의 견고한 학제연구의 필요성이 제기되고 있다. 본 논문에서는 일차적으로 감성연구의 각 분과학문의 지평 확대를 위해 동물모델을 이용한 감성기법, 인공 후각센서와 뉴런 칩 기술의 적용가능, 감성과학을 이용한 인간 대사조절 등의 연구 가능성을 타진해 보고 향후 감성연구가 심리학이나 의학, 이공계학은 물론 철학, 역사 문화, 사회학 등의 전방위적 학제간 연구로 확장될 필요성을 제시한다. 동물 모델을 이용한 감성측정기법에서는 주로 감성의 근원지를 뇌로 규정하고 뇌신경을 자극했을 때 나타나는 현상 등을 모니터링하는 기법등을 소개한다. 인공후각센서와 뉴런칩에 관한 내용은 최근의 첨단 나노/마이크로 응용기술을 감성과학분야에 적용하려는 사례를 소개하는 것으로 반도체 공정으로 만든 칩위에 후각세포나 신경세포를 키우면서 전기적 신호를 읽는 신기술을 소개한다. 마지막으로 소리를 감성의 한 자극체로 보고 인간의 생리대사, 특히 비만 관리에 있어 감성과학을 응용한 사례를 자세히 보고한다.

**주제어** : 측정, 소리(음), 대사조절, 신경, 감성

## 1. 서론

최근 학제간 교류가 빈번해짐에 따라 감성과학에 대한 관심의 영역이 넓어지고 있다. 기존의 심리학, 환경디자인, 두뇌 신경학 중심의 학제연구를 넘어서 인류학, 사회학, 문화 역사학, 예술, 공학 등 모든 분야에 걸쳐 감성에 대한 관심이 높아지고, 또 이들 간의 학제연구의 필요성이 제기되고 있다.

다양한 개념과 용어의 정의에도 불구하고 일반적으로 감성은 “감각기관에 의하여 감지되거나 인지되어 발현되는 총체적 감정반응”이라 할 수 있다. 이러한 감성에 대한 연구는 지난 90년대 초부터 본격적으로 이루어지고 있었고, 일부 가전제품 생산이나 의류, 로봇 제작, 의료 기술 분야에서 이 연구 결과들이 응용되어 왔다. 그러나 여전히 감성에 대한 합의된 개념이나 접근 방법은 찾아보기 힘들다. 그만큼 감성 연구의 대상과 정의는 매우 다양하고 복잡하기 때문이다. 아울러 방법론 자체도 매우 다양하여 감성과학의 체계적 연구가 어려웠다. 최근 나노/마이크로의 첨단기술이 발달하면서 그동안 측정이 어려웠던 부분들을 해결함으로써 감성과학의 새로운 전기를 마련하고 있다.

본 논문에서는 일차적으로 감성연구의 각 분과학문의 지평 확대를 위해 동물모델을 이용한 감성기법, 인공 후각센서와 뉴런 칩 기술의 적용가능, 감성과학을 이용한 인간 대사조절등의 연구 가능성을 타진해 보고 향후 감성연구가 심리학이나 의학, 이공계학은 물론 철학, 역사 문화역사, 사회학 등의 전방위적 학제간 연구로 확장될 필요성과 그 과제를 제시해 보고자 한다.

## 2. 동물 모델을 이용한 감성 측정 기법

### 2.1. 신경과학에서의 감성

감성은 감정의 변화와 생리적 행동적 변화를 특징으로 하는 마음의 흥분 상태를 의미하며, 의식의 정서적 내지 감정적 측면을 의미하는 것으로 볼 수 있다. 이러한 감성은 신경계가 관여하는 것으로, 중추신경계와 말초신경계의 활동으로 생성된다. 신체의 내부장기를 지배하는 말초신경계는 감성에서 내장기관 및 말초 신체 부위와 관련된 요소를 담당한다. 중추신경은 외부 환경 자극에 대한 감성이 표상되거나 특정 감성을 생성하게 하는 중요한 부위이다. 그러므로 감성은 신경과학과 밀접하게 관련되는 것으로서 불가분의 관계를 갖고 있으며, 환경 자극에 대한 반응으로서 뿐만 아니라 인간 상호관계에서의 의사소통 등 인간의 생활에 매우 중요한 부분을 차지한다.

### 2.2. 동물 모델을 이용한 감성 측정 기법

감성이 신경계와 불가분의 관련성을 갖고 있다는 것은 곧 신경계를 조작함으로써 감성을 조절할 수 있다는 것을 의미하며, 인간을 대상으로 직접 실험을 할 수 없는 상황에서 동물 모델을 이용한 연구가 많이 수행되고 있다.

동물 모델을 이용한 감성을 측정하는 기법으로는 행동관찰법(Lee et al., 2000a,b; Olds & Milner, 1954),

신경계 손상법(Adolphs et al., 2005; Lee et al., 2000b; Poplawsky & Isaacson, 1990; Selt et al., 2010), 신경계 자극법(Aston-Jones et al., 2010; Lee et al., 2000a; Olds & Milner, 1954), 전기생리학적 기록법(Hong et al., 1991; Lee et al., 2008), 면역조직화학적 염색법(Lee et al., 1998; Bhatt et al., 2005), 분자생물학적 기법(Bauer et al., 2007) 등 다양한 방법이 사용되고 있다. 동물 모델을 이용하여 감성을 연구하는 데에는 이들 방법은 어느 하나의 기법만 사용되는 것이 아니라 여러 가지 방법이 함께 사용되기도 한다. 다음 절에서는 동물 모델을 이용한 구체적인 연구 결과와 함께 감성과 관련된 신경계의 기능을 소개하고자 한다.

### 2.3. 감성과 관련된 신경계의 기능에 관한 연구

#### 2.3.1. 감성과 말초신경계

환경자극에 대한 반응으로서 감성은 구심성 신경을 따라 중추로 전달된다. 시각, 청각, 촉각, 미각, 후각, 평형감각 등 다양한 환경 자극은 말초 수용기를 활성화시키고, 이에 관한 감각 정보는 구심성 신경을 통해 뇌로 전달되며, 뇌에서는 일차감각영역을 거쳐 고차 연합영역으로 정보가 전달되어 고위 정보처리 과정을 수행하게 된다(Zigmond et al., 1999). 이러한 과정에서 말초신경계의 일부가 손상되면 해당 자극에 대한 정보가 제대로 처리되지 못하고 기능 저하가 발생한다. 예를 들면 시각이나 청각 기관이 손상되면 시각 또는 청각 기능이 저하되어 잘 보지도 못하고 잘 듣지도 못하는 상황이 발생한다(Bauer et al., 2007; Selt et al., 2010). 그런데 감각 기관에 따라서는 신경계의 손상이 기능 저하 보다는 오히려 더 민감하게 만들기도 한다. 이를테면, 체감각을 전달하는 말초신경이 손상되면 촉각 등 체감각의 저하가 발생하기 보다는 민감성이 증가하여 정상적으로는 통증을 발생시키지 않는 약한 자극에 대해서 민감하게 되어 통증(이질통, allodynia)이 발생하기도 한다(Lee et al., 2000a,b).

#### 2.3.2. 감성과 중추신경계

중추 신경계, 특히 뇌에서 감성의 경험과 표현을 담당하는 부위는 뇌간(brain stem)과 대뇌피질(cerebral cortex) 사이에 위치하며, 주로 변연계(limbic system)라 불린다. 이들 중 시상하부(hypothalamus), 편도체(amygdala),

중격핵(septal nucleus) 등이 중요한 부위로 알려져 있다.

시상하부는 신체의 자율 기능(autonomic function)을 담당하는 최고위 뇌부위로 간주되고 있다. 간뇌(diencephalon)의 복측(ventral)에 위치하며 좌우 대칭으로 된 구조로 되어 있다. 시상하부의 앞쪽 부위는 부교감신경계(parasympathetic nervous system)의 기능을 담당하고, 뒤쪽 부위는 교감신경계(sympathetic nervous system)의 기능을 담당한다(Zigmond et al., 1999). 이때 앞쪽 시상하부를 자극하면 부교감신경계와 관련된 효과가 나타나고 뒤쪽 시상하부를 자극하면 교감신경계와 관련된 효과가 나타난다. 또한 내측 시상하부(medial hypothalamus)를 자극하면 공포(fear)나 불안(anxiety)이 유발될 수 있으며, 외측 시상하부(lateral hypothalamus)를 자극하면 쾌(pleasure)한 반응이 나타난다(Bhatt et al., 2005; Aston-Jones et al., 2010).

편도체는 측두엽 앞쪽 아래에 위치한 아몬드(almond)형의 구조물이다. 편도체는 다시 네부분으로 세분할 수 있다. 이들 하위 편도체 영역은 각기 다른 기능을 수행할 수 있으나, 동물을 대상으로 한 연구에서 전반적으로 편도체를 손상시키면 사회적 지배성이 감소하고 고립되는 경향이 있다. 인간을 대상으로 한 연구에 의하면 공격성이 심한 환자의 편도체를 양측으로 손상시키면 분노가 감소한다(Adolphs et al., 2005; Davis & Whalen, 2001). 반대로 편도체를 자극하면 인간에서 공포와 불안과 같은 불쾌한(unpleasant) 반응이 유발된다(Davis & Whalen, 2001).

중격핵은 뇌량(corpus callosum)의 앞쪽 아래에 위치한 부위로 외측과 내측으로 구분된다. 중격핵이 전반적으로 손상되면 많은 종의 동물에서 분노 및 공격성과 같은 과잉정서행동(hyperemotionality)이 나타난다(Brick et al., 1979; Poplawsky & Isaacson, 1990). 또한 외부 감각자극에 대한 과잉반응이 흔히 관찰된다. 본 논문의 한 저자는 중격핵이 손상된 쥐를 장(cage)에서 꺼내기 위해 손을 케이지 안에 넣으려다 쥐가 튀어 올라 손가락을 물릴 뻔한 일화가 있다. 반대로 동물이나 인간 환자에서 중격핵을 자극하면 쾌한 반응이 유발된다(Milner, 1991).

#### 2.3.3. 뇌의 보상계

특정 뇌 부위를 자극하였을 때 쾌한 반응이 유발되면, 뇌 부위의 자극은 이제 보상(reward)으로 작용하여 뇌 자극을 계속 받으려는 경향이 생긴다. 이러한 현상

은 일찍이 James Olds와 Peter Milner(1954)가 발견하였는데, 특정한 뇌 부위의 전기 자극을 받은 동물은 그러한 전기 자극을 받기 위한 행동을 수행하게 된다. 이를테면, 특정 뇌 부위에 전기 자극을 받은 쥐는 그 전기 자극을 계속 받기 위해 지렛대(lever)를 누르는 행동을 스스로 하게 된다(그림 1). 이를 뇌내 자기자극(intracranial self-stimulation)이라 부르는데, 이러한 현상이 나타나는 뇌 부위는 외측 시상하부, 중격핵, 해마(hippocampus), 대상회(cingulate gyrus) 등 다양하다. 특히 변역계의 여러 영역과 뇌간을 연결하는 섬유통로인 내측전뇌속(medial forebrain bundle)이 지나는 부위에서 가장 잘 관찰된다. 이러한 뇌의 자기자극 효과는 뇌간의 도파민계가 활성화되어 나타나는 것으로 알려져 있다(Wise, 2008).



그림 1. 실험쥐의 자기자극 행동

### 3. 감성의 고감도 측정을 위한 인공 후각 센서와 뉴런 칩 기술

감성은 과학적으로 정의 내리기 힘들 정도로 복잡한 인간 고유의 특성으로 최근에는 그 대상을 동식물에 까지 확대 해석하고 있다. 하지만 단순하면서 기본적인 물리생화학적인 구성만 본다면 감성은 외부 자극(outer stimulus), 수용체(receptor), 종합(integration), 그리고 반응(response)으로 이루어진 인간을 포함한 생물체의 고유 현상이다. 이러한 감성의 복잡다단한 현상, 해석과 응용은 차치하더라도 자연과학에서 들여다보는 감성은 일단 측정 가능한 현상이냐는 것이다. 즉 측정을 통해 얻은 개별 데이터를 종합하고 분석하여 일반적인 법칙을 찾는 것이 과학적 연구방법의 기본이기 때문이다. 과거의 측정 기법은 심리측정학(Psychometrics), 신경과학(Neuroscience), 정신물리학

(Psychophysics), 의학, 생리학 등 대부분이 거시적, 가시적인 것으로 인간과 동물 등의 하나의 독립된 개체나 그룹으로 이루어진 대상을 중심으로 이루어지고 있었다. 지금도 이러한 기법은 매우 유용하여 인간의 감성을 연구하는 데 많이 사용하고 있다. 하지만 어떤 현상의 근원을 찾는 데 있어서 바로 원인이 되는 최소단위를 구체적으로 제시하는 데는 한계가 있다.

최근 나노/마이크로 기술이 발달하면서 감성의 최하부구조인 외부 자극 감지를 세포수준(마이크론 크기) 또는 그 이하의 분자수준(나노수준)에서 이해하려고 하고 있다. 인간이 가진 기본적인 감각 기관은 시각, 후각, 미각, 촉각, 청각으로 이러한 감각기관이 외부 자극을 수용하고 이를 뇌에서 종합 운용하여 감성이라는 외부 현상으로 나타나게 된다. 다섯가지 감각중에서 지면 한계상 인공후각을 응용한 전자소자에 대한 최근 기술과 아울러 신경세포를 도포한 전자 칩에 대한 연구 사례를 기술하겠다.

#### 3.1. 인공후각세포칩(artificial olfactory sensor chip)

생체 내에서 화학적 변화를 전기적 신호로 바꾸는 시스템이 후각전달계이다. 후각전달계는 냄새를 띠는 odorant라는 화학적 물질이 후각상피세포를 덮고 있는 점액성분에 용해되어 서로 다른 후각상피의 신경세포를 흥분시키고 이들 세포에서 시작된 전기적신호가 후각망울로 전해진 후 대뇌피질의 후각영역으로 전달되어 수많은 종류의 냄새를 구별할 수 있게 된다.

인간의 감각 가운데 그 복잡성으로 인하여 가장 알려지지 않은 영역이 후각 분야이다. 1991년 Buck과 Axel이 쥐의 후각 상피 조직으로부터 후각수용체(olfactory receptor; OR) 유전자를 보고하면서 척추동물의 후각 시스템에 관한 본격적인 연구가 시작되었으며, 2004년 노벨상 수상(Buck and Axel, 노벨의학 및 생리학상)으로 인하여 비로서 인간의 후각 기작에 대한 이해와 이로 인한 분자수준의 연구 발판이 마련되었다(박태현, 이상훈 2009).

후각은 계통발생학적으로 가장 오래된 특수감각이며 감정과 기억, 학습을 담당하는 변연계(limbic system)의 중요한 구조이다. 후각이 상실된 실험동물에서 우울증, 학습저하가 나타나며(Van Rijzingen et al., 1995; Song and Leonard, 2005) 정신분열증, 치매와 같은 정신질환에서 후각의 이상이 나타난다고 보고되고 있다

(Martzke et al., 1997). 따라서 후각 수용기관과 연계된 신경세포칩(neuron chip)의 개발은 냄새 자체뿐만이 아니라 우울증, 학습장애, 치매의 치료에도 상당한 진전을 기대할 수 있겠다.

최근 나노응용기술로 carbon nano tube(CNT) 등에 살아있는 후각세포들을 도포하여 여러가지 냄새를 감지하는 시도들을 하고 있다(Kim et al., 2009). 작동원리는 먼저 후각세포 표면에 분포한 단백질 수용체가 냄새물질과 결합한다. 둘째, 이것이 CNT가 코팅된 Field Effect Transistor(FET)소자에서 전류의 흐름을 교란(gate 효과)하게 된다. 셋째, FET소자에서 이렇게 교란된 전하의 변화가 CNT 트랜지스터에 전기신호를 만들어냄으로써 특정 냄새 분자를 감지하는 후각센서로 작동하는 것이다.

이러한 기술은 아직까진 환경오염물질 감지, 음식물 신선도 점검, 마약감지등 감성연구와는 별개의 응용분야를 가지고 있지만 본 기술이 성숙하면 인간 감성연구에도 활용되지 않을까 생각된다.

### 3.2. 신경세포칩(neuronal chip)

신경세포칩이란 인공적으로 만든 구조물에 뇌로부터 분리된 살아있는 뉴런 세포를 도포하여 세포자체가 외부 자극에 대해서 반응하는 전기적 신호를 실시간으로 감지할 수 있게 만든 장치이다. 최근 이러한 신경세포칩은 크게 두 가지 방향으로 진행되고 있는데, 하나는 의학적인 적용을 위한 것으로 신경질환을 가지고 있는 환자에 삽입하는 것과 다른 하나는 단순 전자적 구동을 위한 Electronic Device에 관한 부분이다. 의학적인 적용을 위한 연구는 신경의 재생 및 손상의 치료에 그 목적을 두고 있는 반면에 Electronic Device의 적용을 위한 분야 Computer의 Memory, 그리고 최종적으로는 CPU의 대안으로 Neural Chip에 대한 연구가 진행되고 있다. 여기서 Neural Chip이란 직접 신경세포(Neuron)를 이용하여 직접 Chip을 구현한 것과 Neural Network을 모방하여 Semiconductor Chip위에 구현한 것을 혼용되어 사용되어 진다. 이중 Neuron을 이용하여 직접적인 Chip에 대한 연구가 최근 활발히 이루어지고 있다. 다음의 그림 2는 최근 독일 막스 플랑크 연구소의 Voelker과 Fromherz가 개발한 것으로 Field Effect Transistor(FET)소자를 microfabrication공정을 이용하여 제작을 하고 그 위에 쥐의 뇌에서 추출한 신경세포를 키우면서 전기적 반응을 연구할 결과

물이다(M. Voelker and P. Fromherz. 2005). 본 연구 내용도 역시 유기물인 신경세포를 무기물소재(electrolyte-oxide-silicon)의 전자소자에 붙여서 전기신호(수 mV)를 성공적으로 감지했다는 정도로 그 발전 단계가 매우 미흡한 실정이고 그 응용도 신경관련 질환의 치료 응용도만 국한 되어 있으나 멀지 않은 미래에 신경세포칩의 기술이 성숙되면 감성의 과학적이고 체계적인 연구에 도움을 줄 것으로 기대된다.

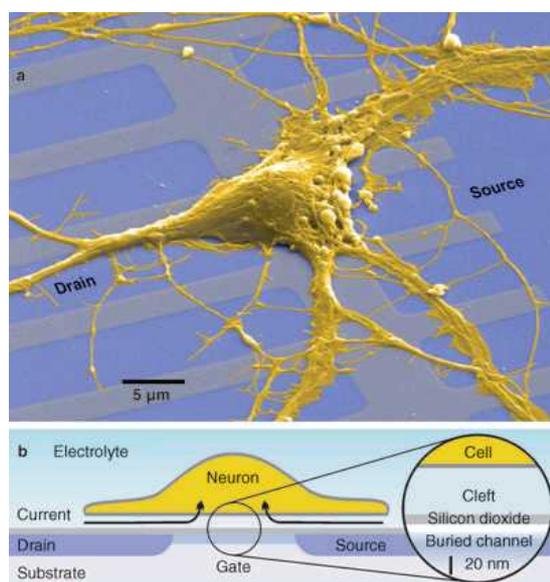


그림 2. 독일의 연구팀이 개발한 FET 전자소자에 쥐의 신경세포를 키워 전기적 신호를 측정하기 위한 신경세포칩의 전자현미경 사진과 그 반응 기작(M. Voelker and P. Fromherz. 2005)

### 4. 소리를 통한 감성 자극과 인간의 대사 조절기작

‘소리’는 ‘음악적 소리’와 ‘비음악적 소리’로 분류될 수 있으며 일반적으로 ‘음악적 소리’는 음악을 지각하는 세 가지 요소인 리듬, 선율, 화성을 통하여 인지되며 이것은 인간의 지식과 경험을 통하여 습득되는 주관적 측면을 강조한다. 음악적 소리는 또한 일련의 시간 안에서 이루어지는 ‘에너지의 흐름’이라 정의할 수 있으며 이러한 에너지는 밀도, 음역, 텍스처, 율곡선과 같은 객관적 요소가 복합적으로 어우러지는 총체적 형태로 표출될 수 있다. 즉 소리는 음악의 객관적 요소와 주관적 요소가 인간의 지식과 경험을 바탕으로 다양한 형태의 감성으로 표출될 수 있다. 이러한 소리의 물리적 특성은 영국의 캠브리지대학 음악대학의 centre for music and science에서 오래 전부터 연

구되어지고 있다.

모든 소리는 어디론가 방향성을 가지고 움직이고 이런 움직임을 통해 하나의 세계를 창조한다. 최근까지 진행된 ‘소리’와 ‘감성’의 연구에 의하면 ‘소리’를 음고(pitch)와 연관시켜 분석하는 방법을 볼 수 있는데 이는 음악이 일련의 ‘소리의 연속’이라는 가장 중요한 전제조건을 등한시하기 때문에 적합한 접근 방법이 될 수 없다. 음악은 시간과 공간 안에서 이루어지는 소리의 연속체이며 특히 인간의 감성을 충분히 자극하기 위해서는 단편적인 소리의 높낮이 측정이 아닌 시간 안에서 이루어지는 에너지의 흐름이 전제되어야 한다.

음 또는 음악을 통한 감성적 접근방법이 건강증진 및 질병치료에 미치는 효과에 대한 연구는 그동안 주로 음악치료를 중심으로 진행되었는데, 대표적으로 음악은 면역체계 및 내분비기능에 중요한 역할을 함이 여러 선행연구를 통해 밝혀진 바 있다. 예를 들면, 스트레스가 높은 상황에서 부드러운 재즈뮤직 또는 designer music 등의 음악은 혈중 면역글로불린, NK 세포(자가살해세포) 및 T-임파구 등의 면역세포, 그리고 도파민농도(신경전달물질 등의 기능을 하는 체내 유기 화합물)를 증가시키고, 노에피네프린과 에피네프린 수치는 감소시키는 효과가 있다(Hirokawa et al., 2003). 또한 흰쥐를 대상으로 한 연구에서도 청각 스트레스를 받은 군의 경우 대조군에 비해 흉선무게, 비장 및 혈액의 림프구 수가 모두 감소하였으나, 청각 스트레스 후 음악을 들려준 군에서는 스트레스로 인해 감소된 이들 면역관련 지표들이 모두 회복되고 암 발생 지수 또한 감소하였음이 관찰되었다(Nunez et al., 2002). 음악을 듣는 것은 심혈관계에도 또한 긍정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데, 그 예로 클래식 음악은 심전도 및 혈압을 개선시키는데 있어서 유산소 운동 및 저염 식사처방보다도 더 탁월한 효과를 나타냄이 보고되었다. 또 다른 연구에서도 음악치료를 진행한 결과 고혈압 및 맥박과 같은 생리적 스트레스 지표들이 완화되었음이 보고되었고(Teng et al., 2007), 이와 같은 혈압강하효과는 음악에 의해서 뇌조직내에서 칼슘/칼모듈린 의존성 도파민 합성이 증가한 것에 기인한 것으로 풀이된다.

심한 신체적 상해를 입은 중환자의 경우 고열발생과 함께 당신생의 증가, 체지방분해 및 체단백질 분해의 증가 현상이 길게는 1달까지 지속되는 ‘대사항진(hypermetabolism)’ 현상이 나타나는 동시에 인슐린저

항성과 고인슐린혈증이 유발된다. 대사항진이 있는 경우 체내대사 조절의 주축을 이루는 시상하부-뇌하수체전엽-말초조직호르몬 시스템이 균형을 잃게 되고, 부신피질자극호르몬인 코티솔의 분비가 증가하여 결과적으로 혈당, 혈중 유리지방산 및 인슐린 농도가 상승하고, 체단백질 분해가 증가한다. 한편, 이러한 신체적 상해로 인해 유발되는 대사항진현상에 음악이 긍정적인 효과를 나타냄이 보고되었다. 상해 환자에게 음악치료를 병행하는 경우 신경내분비-면역체계에 작용하여 혈중 catecholamines 및 glucagon 등의 대사조절 호르몬 및 성장호르몬의 분비가 증가되고, 후자는 당신생, 지질분해 및 단백질 분해를 감소시킴으로써 인슐린저항성을 개선시키는 효과를 나타냄이 보고되었다. 음악치료는 또한 IL-6 등의 염증활성화 물질의 분비는 감소시키고, 교감신경을 완화시킴으로써 혈압 및 심장박동수를 낮추는데 기여한다(Nelson et al. 2008)(그림 3). 실제로 고혈압 흰쥐동물모델(male spontaneously hypertensive rat model)에서 모차르트의 음악치료를 실시한 결과 행동이 완화되고 혈압이 감소되었음이 관찰되었다(Sutoo et al. 2004).

음악치료는 음악의 유형에 따라 치료효과가 조금씩 다르게 나타난다. 음악은 대뇌 측두엽과 피질부분에서 뉴런의 활성을 변화시켜 운동수행능력에 영향을 미치는데, 클래식 음악은 자율신경계의 균형지표로 활용되는 심박동수변이도를 증가시키고, 이 수치가 증가되면 스트레스가 감소함을 의미한다. 반면, 소음이나 락음악은 심박동수변이도를 감소시키는 효과가 있다. 특정음악에 대한 선호도를 보이지 않는 인체를 대상으로 한 연구에서 헤드폰을 통해 클래식음악과 테크노음악을 교대로 들려준 결과, 클래식 음악에 노출되었을 때는 혈중 코티솔농도가 감소되었고 테크노 음악에 노출되었을 때는 상대적으로 베타-엔돌핀, 노르에피네프린, 부신피질호르몬 및 코티솔 농도가 증가되었다(Kemper K. J. et al., 2005). 따라서 클래식음악의 경우 고콜티솔혈증을 예방해야 하는 환자에게 적용하는 것이 바람직한 반면, 테크노 음악은 혈관수축제 및 심박 촉진제를 처방해야 하는 환자에게 약과 함께 병행 치료하는데 적합할 것으로 사료된다.

감성이 신체의 기능에 미치는 영향에 관한 평가는 현재까지 주로 뇌조직의 구조적 변화 및 신경전달물질의 변화 등을 중심으로 이루어졌으며, 말초조직에서 표현형으로 나타나는 생리적 및 생화학적 바이오마커를 활용한 접근은 음악의 치료효과를 중심으로

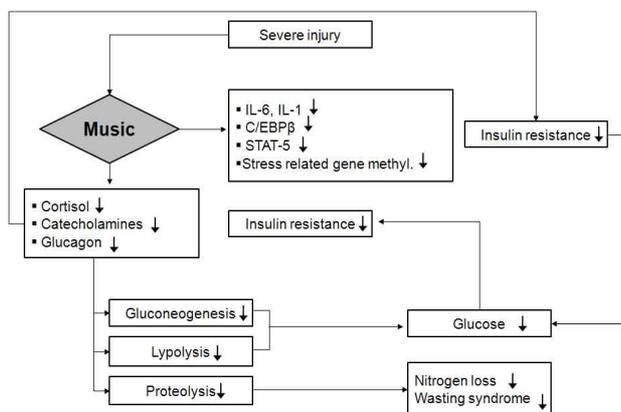


그림 3. 음악이 injury-induced hypermetabolic syndrome에 대한 호르몬 또는 대사 작용에 영향을 미치는 모식도(Nelson et al., 2008)

매우 제한적으로 이루어 졌다. 그러나 감성으로 인한 뇌조직의 변화는 궁극적으로 말초조직에 영향을 미치므로 감성을 평가하는 지표는 뇌조직에 국한되지 않는다. 지방세포의 경우 단순히 에너지를 저장하는 기능 이외에 인슐린저항성 및 염증활성화를 유발하는 능동적인 조직으로 재인식되고 있으며, 이는 궁극적으로 뇌에서 분비되는 렙틴 및 다양한 식욕조절 호르몬과의 상호작용에 의해 유발되는 현상으로 최근 보고되고 있다(Wozniak et al., 2009). 그러므로 보다 용이하게 시료를 채취할 수 있는 혈액 또는 말초조직을 대상으로 감성을 평가할 수 있는 생화학적 바이오마커, 그리고 이들 지표보다 더 민감하게 조기에 반응하는 유전자 및 단백질지표를 찾을 수 있을 것으로 기대된다. 아울러 음악을 포함한 광범위한 영역의 소리, 파장, 빛, 그리고 색깔 등 감성을 유발시키는 매체가 신체반응에 미치는 영향 및 그 작용기작이 연구될 필요성이 있으며, 이를 통해 감성을 평가하는 과학적이고 객관적인 생체지표가 개발될 수 있을 것으로 생각된다.

### 5. 논의

본 글에서는 보다 다양한 영역에서의 감성연구의 기법과 향후 연구 가능성에 초점을 두어 소개하였다. 이어 각 학문 분야의 학제 간 연구를 통해 산출된 감성을 ‘융합감성’이라 부른다면 향후 융합감성 연구를 위한 복합적 학제간 연구의 필요성과 과제를 제시하는 것으로 결론을 가늠해 보고자 한다.

기존의 많은 연구들이 감성을 이미 ‘주어진 대상 (pre-given), 혹은 어느 사회나 동일하게 존재하는 보편

적인 현상’으로 전제하고 실험과 측정을 통해 특정한 감정반응을 연구하는 것은 보다 구체적이고 실체적인 감성연구의 산출물을 갖기 위해서 꼭 필요한 것으로 감성에 대한 특수한 사회문화적 맥락에 대한 이해를 증진시킬 수 있겠다.

최근 심리학과 사회학, 그리고 두뇌신경학과 생리학 등의 감성에 대한 복합적 연구와 교류는 바로 이러한 융합 접근의 한 예를 알리는 신호라고 볼 수 있을 것이다. 거시적인 사회구조나 문화를 상대적으로 소홀히 다루고 있는 생리학적 연구나 반대로 미시적인 감성 발현의 메커니즘을 무시한 인문 사회학적 접근에 대한 한계가 인식되면서 이들 간의 연구교류가 시도되고 있는 것이다.

### 참고문헌

박태현, 이상훈(2009). *News & Information for Chemical Engineers*, 27(4), 386-392.

Adolphs, R., Gosselin, F., Buchanan, T. W., Tranel, D., Schyns, P., & Damasio, A. R.(2005). A mechanism for impaired fear recognition after amygdala damage. *Nature*, 433(7021), 68-72.

Aston-Jones, G., Smith, R. J., Sartor, G. C., Moorman, D. E., Massi, L., Tahsili-Fahadan, P., & Richardson, K. A.(2009). Lateral hypothalamic orexin/hypocretin neurons: A role in reward-seeking and addiction. *Brain research*, 1314, 74-90.

Bauer, C. A., Brozoski, T. J., & Myers, K. S.(2007). Acoustic injury and TRPV1 expression in the cochlear spiral ganglion. *The international tinnitus journal*, 13(1), 21-28.

Bhatt, S., Zalzman, S., Hassanain, M., & Siegel, A.(2005). Cytokine modulation of defensive rage behavior in the cat: Role of GABAA and interleukin-2 receptors in the medial hypothalamus. *Neuroscience*, 133(1), 17-28.

Brick, J., Burright, R. G., & Donovick, P. J.(1979). Stress responses of rats with septal lesions. *Pharmacology, Biochemistry & behavior*, 11(6), 695-700.

Davis, M. & Whalen, P. J.(2001). *Vigilance and emotion. Molecular Psychiatry*, 6(1), 13-34.

Hirokawa, E. & Ohira, H.(2003). The Effects of Music Listening after a Stressful Task on Immune Functions, Neuroendocrine Responses, and Emotional States in College Students. *Journal of Music Therapy*, 40(3),

- 189-211.
- Kemper, K. J. & Danhauer, S. C.(2005). Music as therapy. *Southern Medical Journal*, 98(3), 282.
- Kim, T. H., Lee, S. H., Lee, J., Song, H. S., Oh, E. H., Park, T. H., & Hong, S.(2009). Single-carbon-atomic-resolution detection of odorant molecules using a human olfactory receptor-based bioelectronic nose. *Advanced Materials*, 21, 91.
- Lee, B. H., Jung, S. J., Kim, U. J., Sohn, J. H., Watanuki, S., Yasukouchi, A., & Morita, T.(2008). Responses of the hypothalamic paraventricular neurons to light stimulation with different wavelengths in the rat. *Biological Rhythm Research*, 39(5), 389-395.
- Lee, B. H., Park, S. H., Won, R., Park, Y. G., & Sohn, J. H.(2000a). Antiallodynic effects produced by stimulation of the periaqueductal gray matter in a rat model of neuropathic pain. *Neuroscience letters*, 291(1), 29-32.
- Lee, B. H., Won, R., Baik, E. J., Lee, S. H., & Moon, C. H.(2000b). An animal model of neuropathic pain employing injury to the sciatic nerve branches. *Neuroreport*, 11(4), 657-661.
- Lee, B. H., Yoon, Y. W., Chung, K., & Chung, J. M. (1998). Comparison of sympathetic sprouting in sensory ganglia in three animal models of neuropathic pain. *Experimental Brain Research*, 120(4), 432-438.
- Martzke, J. S., Kopala, L. C., & Good, K. P.(1997). Olfactory dysfunction in neuropsychiatric disorders: review and methodological considerations. *Biological Psychiatry*, 42(8), 721-732.
- Milner, P. M.(1991). Brain-stimulation reward: a review. *Canadian Journal of Psychology*, 45(1), 1-36.
- Nelson, A., Hartl, W., Jauch, K. W., Fricchione, G. L., Benson, H., Warshaw, A. L., & Conrad, C.(2008). The impact of music on hypermetabolism in critical illness. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 11(6), 790-794.
- Nunez, M. J., Mana, P., Linares, D., Riveiro, M. P., Balboa, J., Suarez-Quintanilla, J., Maracchi, M., Mendez, M. R., Lopez, J. M., & Freire-Garabal, M. (2002). Music, immunity and cancer. *Life Sciences*, 71(9), 1047-1057.
- Olds, J. & Milner, P.(1954). Positive reinforcement produced by electrical stimulation of septal area and other regions of rat brain. *Journal of comparative and physiological psychology*, 47(6), 419-427.
- Poplawsky, A. & Isaacson, R. L.(1990). Nimodipine accelerates recovery from the hyperemotionality produced by septal lesions. *Behavioral and neural biology*, 53(1), 133-139.
- Selt, M., Bartlett, C. A., Harvey, A. R., Dunlop, S. A., & Fitzgerald, M.(2009). Limited restoration of visual function after partial optic nerve injury; a time course study using the calcium channel blocker lomerizine. *Brain Research Bulletin*, 81(4-5), 467-471.
- Song, C. & Leonard, B. E.(2005). The olfactory bulbectomised rat as a model of depression. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 29(4-5), 627-647.
- Sutoo, D. & Akiyama, K.(2004). Music improves dopaminergic neurotransmission: demonstration based on the effect of music on blood pressure regulation. *Brain research*, 1016(2), 255-262.
- Van Rijzingen, I. M. S., Gispen, W. H., & Spruijt, B. M. (1995). Olfactory bulbectomy temporarily impairs Morris maze performance: an ACTH (4-9) analog accelerates return of function. *Physiology and Behavior*, 58(1), 147-152.
- Voelker, M. & Fromherz, P.(2005). Signal transmission from individual mammalian nerve cell to field-effect transistor. *Small 1(WeinheimanderBergstrasse,Germany)*, 1(2), 206-210.
- Wise, R. A.(2008). Dopamine and reward: the anhedonia hypothesis 30 years on. *Neuro toxicity Research*, 14(2), 169-183.
- Wozniak, S. E., Gee, L. L., Wachtel, M. S., & Frezza, E. E.(2009). Adipose Tissue: The New Endocrine Organ? A Review Article. *Digestive Diseases and Sciences*, 54(9), 1847-1856.
- Yuanting, Z. & Man, W. Y.(2007). The Effect of Music on Hypertensive Patients. *Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS*, 23-26.
- Zigmond, M. J., Bloom, F. E., Landis, S. C., Roberts, J. L., & Squire, L. R.(1999). Fundamental neuroscience.
- 원고접수 : 10.02.19  
수정접수 : 10.03.15  
게재확정 : 10.03.16