

무료함, 통증, 그리고 놀람 정서 간 자율신경계 반응의 차이*

Difference of Autonomic Nervous System Responses among Boredom, Pain, and Surprise

장은혜** · 음영지*** · 박병준** · 김상협** · 손진훈***†

Eun-Hye Jang** · Yeong-Ji Eum*** · Byoung-Jun Park** · Sang-Hyeob Kim** · Jin-Hun Sohn***†

한국전자통신연구원 융합기술연구부문 BT융합연구부**

BT Convergence Technology Research Department, IT Convergence Technology Research Laboratory, Electronics and Telecommunications Research Institute**

충남대학교 심리학과/뇌과학 연구소***

Department of Psychology, Brain Research Institute, Chungnam National University***

Abstract

Recently in HCI research, emotion recognition is one of the core processes to implement emotional intelligence. There are many studies using bio signals in order to recognize human emotions, but it has been done merely for the basic emotions and very few exists for the other emotions. The purpose of present study is to confirm the difference of autonomic nervous system (ANS) response in three emotions (boredom, pain, and surprise). There were totally 217 of participants (male 96, female 121), we presented audio-visual stimulus to induce boredom and surprise, and pressure by using the sphygmomanometer for pain. During presented emotional stimuli, we measured electrodermal activity (EDA), skin temperature (SKT), electrocardiac activity (ECG) and photoplethysmography (PPG), besides; we required them to classify their present emotion and its intensity according to the emotion assessment scale. As the results of emotional stimulus evaluation, emotional stimulus which we used was shown to mean 92.5% of relevance and 5.43 of efficiency; this inferred that each emotional stimulus caused its own emotion quite effectively. When we analyzed the results of the ANS response which had been measured, we ascertained the significant difference between the baseline and emotional state on skin conductance response, SKT, heart rate, low frequency and blood volume pulse amplitude. In addition, the ANS response caused by each emotion had significant differences among the emotions. These results can probably be able to use to extend the emotion theory and develop the algorithm in recognition of three kinds of emotions (boredom, surprise, and pain) by response measurement indicators and be used to make applications for differentiating various human emotions in computer system.

Keywords : boredom, pain, surprise, autonomic nervous system response

요약

최근 HCI 분야에서 정서 인식은 정서 지능을 구현하기 위한 핵심적인 단계 중의 하나이다. 생체신호를 이용하여 정서 인식을 시도하는 연구들이 시도되고 있으나, 기본 정서 이외의 다른 정서에 대한 연구는 거의

* 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-신기술융합형 성장동력사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2010K001129 and 2010K001126).

† 교신저자 : 손진훈 (충남대학교 사회과학대학 심리학과 및 뇌과학연구소)

E-mail : jhsohn@cnu.ac.kr

TEL : 042-821-6369

FAX : 042-821-8875

이루어지지 않았다. 본 연구의 목적은 무료함, 통증, 그리고 놀람의 세 가지 정서 간 자율신경계 반응의 차이를 확인하는 것이다. 실험자는 217명의 실험참여자(남 96명)들을 대상으로 시/청각 자극을 조합하여 무료함과 놀람 정서를 유발하였고, 혈압기를 이용하여 통증 정서를 유발하였다. 정서 자극이 제시되는 동안 피부전기활동, 피부온도, 심전도와 광혈량도를 측정하였고, 실험참여자(남 96명)들이 경험한 정서 범주와 강도를 정서평가척도 상에 평정하게 하였다. 정서 자극에 대한 평가 결과, 사용된 정서 자극은 평균 92.5%의 적합성과 5.43의 효과성을 보였는데, 이는 각 정서 자극이 해당 정서를 효과적으로 유발한 것을 의미한다. 자율신경계 측정 결과, 피부전기활동, 피부온도, 심박률, 심박률의 저주파수 성분과 평균 혈류량은 안정 상태와 정서 상태 간의 유의한 차이를 보였다. 또한 각 정서에 의해 유발된 자율신경계 반응은 정서 간에도 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 정서이론의 확장과 자율신경계 반응 측정 지표를 활용하여 정서를 인식하는 알고리즘 및 인간 정서를 변별하는 컴퓨터 시스템 개발에 응용 가능할 것이다.

주제어 : 무료함, 통증, 놀람, 자율신경계 반응

1. 서론

정서 인식은 진보된 HCI 분야에서 정서 지능을 구현하기 위한 핵심적인 단계 중의 하나이다(Wagner, Kim & Andre, 2005). 최근 얼굴 표정, 음성과 생리신호를 이용한 정서인식이 이루어지고 있으나(Cowie et al., 2001; Haag, Goronzy, Schaich, & Williams, 2004; Healey, 2000; Nasoz, Alvarez, Lisetti, & Finkelstein, 2003; Picard, Vyzas, & Healey, 2001), 실생활에 적용할 만큼 충분히 발전되어 있지 않다. 생리신호는 정서특정적인 생리반응 패턴을 지도화하기 매우 어렵고 움직임에 의한 인위적인 신호(artifact)에 매우 민감하기 때문에 정서 인식 분야에서는 큰 주목을 받지 못하였다. 그러나 센서가 연결되어 있는 동안은 사용자의 정서적 변화에 대한 정보를 지속적으로 수집할 수 있으며, 생리 신호가 자율신경계 반응에 의해 직접적으로 통제되기 때문에 사회적 차폐(social masking)에 의해 나타날 수 있는 인위적인 신호에 대해서는 더욱 정확하다는 장점을 가지고 있다. 또한 심리생리 연구들을 통하여 생리 반응이 인간의 정서적/감정적 상태와 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있으며(Wagner, Kim & Andre, 2005), 다채널의 생리 신호 파라미터를 활용한 정서 반응의 측정은 정서-특정적 생리 반응 패턴에 더 많은 정보를 제공할 수 있다(Stemmler et al., 2001). 이러한 측면에서 인간의 정서와 자율신경계 반응 간의 관계를 밝히는 일은 정서 이론의 개발과 검증에서부터 HCI 또는 HRI 연구 분야에서도 중요한 영향을 미칠 것이다(엄진섭 등, 2011).

20세기 중반 이래로, 자율신경계 반응을 이용하여

기본 정서를 구분하려는 연구가 지속되어왔다. 기쁨, 슬픔, 분노, 공포, 혐오, 놀람 등의 기본 정서가 생리적 속성을 가지고 있으며(Ekman, Levenson, & Friesen, 1983), 범문화적인 표현양식을 가지기 때문에(Sauter, Eisner, Ekman, & Scott, 2010), 이들 정서에 특징적인 자율신경계 반응을 확인하려는 연구결과들이 보고되었으며, 이를 통하여 기본 정서에 대한 공통적인 정서-특정적 자율신경계 반응이 제안되었다. 예를 들면, 기쁨 정서는 미주신경의 위축에 따른 심장활동의 증가와 혈관 확장 등의 교감신경계 활성화, 분노 정서의 경우, 심박률과 혈압 상승, 심박률 변산의 증가에 따른 교감신경계의 활성화와 부교감신경계의 억제 특성을 보인다. 슬픔-특정적 자율신경계 반응은 심혈관계와 관련된 교감신경계의 활성화 패턴과 교감신경계의 위축되는 패턴의 상반된 패턴으로 요약될 수 있으며, 공포는 분노 정서와 유사한 교감신경계의 활성화와 미주신경의 비활성화 양상을 보이는 것으로 나타났다(Kreibig, 2010). 놀람 정서와 자율신경계 활동 간의 관련성을 연구한 논문이 소수 있다. 이러한 선행연구들은 ‘특정 얼굴표정 짓기’라는 정서유발방법을 사용하여 심박률과 같은 제한된 자율신경계 반응만을 보고하고 있다. 동영상을 이용하여 놀람 정서를 유발시키고, 다양한 자율신경계 활동을 관찰한 연구들이 몇몇 있지만, 이 연구들에서는 자율신경계의 반응 특성을 전혀 보고하지 않고 있다(Nasoz et al., 2004; Verhoef, Lisetti, Barreto, Ortega, Zant, & Cnossen, 2009).

인간과 기계와의 보다 정교한 상호작용 피드백을 적용하기 위해서는 기본 정서 뿐 아니라 흥미, 좌절, 무료함 등과 같은 보다 다양한 감정 반응을 확인하고

이를 인식하여 제품 개발에 적용 가능하도록 해야 한다. 그러나 기존 연구에서 기본 정서 이외의 인간이 공통적으로 경험하는 정서(예, 무료함, 흥미, 통증 등)와 자율신경계 반응과의 관계를 밝히는 연구는 많지 않으며, 이들 정서에 대한 정서-특정적 자율신경계 반응을 확인한 연구는 없다. 일부 정서 연구에서 통증이나 무료함 등의 정서에 대한 호흡패턴 또는 얼굴 표정의 변화를 확인하였고(예, de Melo, Kenny, & Gratch, 2010), 통증과 같은 정서 또한 피부전도반응, 근전도 반응, 심박률, 코티졸 반응 등의 일부 생리 반응의 변화와 관련 있음을 밝혔다(Flor, Knost & Birbaumer, 2002; Jolliffe & Nicholas, 2004).

본 연구에서는 기본 정서 이외의 무료함, 통증, 그리고 놀람 정서에 의해 유발되는 정서-특정적 자율신경계 반응의 차이를 밝히고자 하였다. 무료함(boredom)은 단조롭고 지겹거나 자극의 부재를 지각할 때 경험하는 정서로(Fisher, 1993), 흥미가 부족하거나 집중의 어려움을 느낄 때 나타나는 불쾌하고 일시적인 정서 상태이며, 인지적 주의과정과 관련된 정서적 경험이다(Leary, Rogers, Canfield, & Coe, 1996). 무료함은 원하는 활동을 방해받거나, 원하지 않는 활동을 강요받을 때, 또는 불확실한 이유로 진행 중인 활동이나 상황을 지속할 수 없게 될 때와 같이 더 이상 주의를 기울이지 않게 되면서 나타나는 정서이다(Cheyne, Carriere & Smilek, 2006). 통증(pain)이 정서인지의 여부에 대한 논란은 있으나, 국제통증협회(International Association for the Study of Pain)는 통증을 실제 혹은 잠재적 조직손상에 수반되는 불유쾌한 감각 및 정서적 경험으로(Bowsher, 1990; Merskey & Bogduk, 1994) 정의하고 있다. 통증은 신체적, 생리적, 그리고 심리적 장애를 동반하는 개인적이고 사적인 통감으로(Mannheimer & Lampe, 1984), 조직이 손상되거나 상처가 발생하였음을 알려주는 역할을 담당할 뿐 아니라(Sherrington, 1906), 인체가 손상 받지 않게 보호하려는 반응 형태를 포함하는 정서이면서 보호차원에서 유용한 신호이다(Sternbach, 1978). 통증은 전적으로 주관적인 개인 경험이며 인격, 기대, 암시, 과거 통증경험과 같은 개인의 심리적 특성이나 사회문화적 환경 등 여러 요인에 의해 영향을 받는다(Lee, & Bai, 2005). 마지막으로, 놀람(surprise)은 예기치 못한 사건을 경험할 때, 긍정적이든 부정적이든 새로운 자극 또는 낯선 자극에 의해 유발되는 갑작스런 정서 상태로, 자극의 속성에 따라 중성, 쾌 또는 불쾌의 정

서(valence) 모두를 가질 수 있다(Coon, 2004). 자연스럽고 무의식적인 놀람은 주로 아주 짧은 시간 동안에만 표현되며, 공포, 기쁨 또는 당혹스러움과 같은 정서 뒤에 즉시 뒤따를 수도 있다. 반면 매우 강하거나 오랜 동안 지속되는 놀람은 충격을 고려될 수 있다. 본 연구에서는 ‘깜짝 놀람(startle)’에 가까운 정서로 한정하여 부적 정서가를 가지는 놀람 정서를 유발하였다.

2. 연구방법

2.1. 실험참여자

충남대학교에 재학 중인 만 19~25세의 대학생 217명이 본 실험에 참여하였다. 실험참여자는 남자 96명, 여자 121명이었고, 이들의 평균 연령은 22.3±2.04세이었다. 실험참여자 모두 정신질환이나 정서장애 등으로 인한 병력이 없다고 보고한 정상인이었다. 이들은 실험에 앞서 실험의 내용과 지시사항을 전달받은 후 실험참가서에 동의하였고, 실험이 종료된 후 소정의 실험참가비를 지급받았다.

2.2. 정서유발자극

본 연구에 사용된 정서 자극은 1~3분 길이의 시청각 자극의 조합으로 구성되었고, 각 정서 자극의 예시는 그림 1과 같다. 무료함 자극은 화면 중앙에 ‘+’가 제시된 그림과 2초마다 한 번씩 1~10까지의 숫자를 반복하는 소리의 조합(3분)으로 구성되었고, 통증 자극은 “+” 화면과 지압기와 커프를 이용한 압박을 조합(1분)한 것이다. 놀람 자극은 주의를 집중해야 하는 게임 화면이 제시되는 동안 비명소리, 유리 깨지는 소리, 천둥소리 등의 청각 자극과 놀란 얼굴 사진, 번개 등의 시각 자극을 함께 제시하도록 구성하였다(1분).

이들 자극은 본 실험에 앞서 실시한 264명의 집단 심리 실험을 통하여 정서자극으로서의 타당성과 효과성이 검증되었다(표 1). 정서자극은 평균 92.5%의 타당성(100% 만점)과 5.44점의 효과성(7점 만점)을 가지는 것으로 나타났다. 본 연구에서 정서 자극의 타당성은 실험자가 의도한 정서와 실험참여자가 경험한 정서와의 일치도이며, 효과성은 실험참여자가 경험한 정서의 강도를 의미한다.

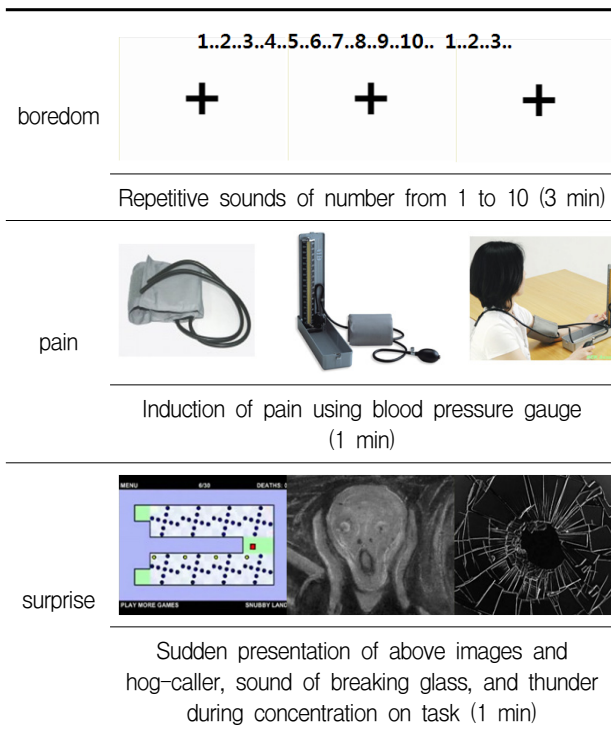


Figure 1. The example of emotional stimuli

Table 1. The appropriateness and effectiveness of emotional stimuli

	boredom	pain	surprise	mean
appropriateness	86.3	95.9	97.0	93.1
effectiveness	5.20	5.10	6.06	5.45

appropriateness : percentage (%), effectiveness : 7-point scale

2.3. 실험 절차

실험참여자가 실험실에 입실하면, 실험 진행 과정을 소개받은 후 실험참가에 대한 동의서를 작성하고, 실험을 위한 충분한 안정기를 가진다. 실험자는 생리 신호를 측정하기 위하여 실험참여자의 신체에 센서를 부착하였다. 실험이 시작되면, 1분 동안의 안정상태를 측정한 후, 정서 자극이 제시되는 동안 생체 신호를 측정하였다. 자극 제시가 끝나면, 실험참여자는 자극에 대한 정서 평가를 수행하였다. 이 과정은 자극의 이월효과를 최소화하기 위하여 4~5분의 충분한 시간을 두고 각 정서 자극마다 반복되었고, 정서 자극의 순서효과를 배제하기 위하여 실험참여자마다 자극을 무선적으로 제시하였다.

2.4. 생리 신호 측정 장비

BIOPAC MP150 하드웨어(Biopac Inc. USA)가 생리 신호 측정에 사용하였다. 측정된 생리 신호는 피부전기활동(electrodermal activity, EDA), 피부온도(skin temperature, SKT), 심전도(electrocardiogram, ECG)와 광혈량도(photoplethysmography, PPG)이었다(그림 2). 피부전기활동 측정을 위하여 왼손 중지와 검지의 가운데 마디에 전극을 부착하였고, 피부온도 측정을 위하여 왼손 약지의 끝마디에 센서를 부착하였다. 또한 심전도 전극은 양측 손목과 우측 발목에, 광혈량도 측정을 위한 센서를 왼손 엄지의 끝마디에 부착하였다. 계측 시 샘플링 포인트는 250samples/sec이었고, 각 신호의 증폭기를 통하여 신호를 증폭한 후, 증폭된 신호를 MP150(Biopac, USA) A/D 변환기와 AcqKnowledge v4.1(Biopac, USA) 프로그램을 이용하여 컴퓨터에 저장하였다.

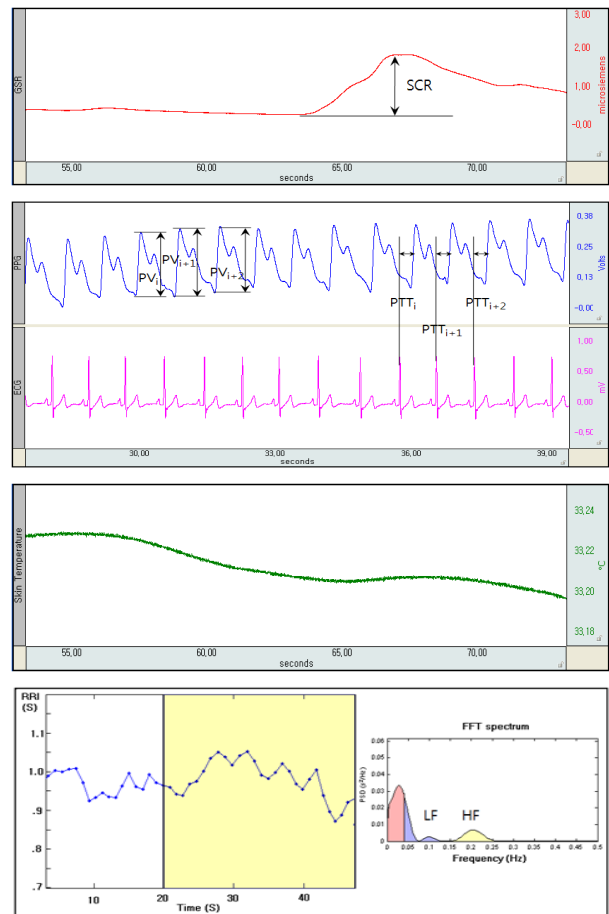


Figure 2. The example of ANS response parameters (from above EDA, PPG, ECG, SKT, and HRV)

2.5. 자율신경계 반응의 분석

획득된 신호 중에서 자극 제시 전 안정상태 30초와 실험자가 정서를 느꼈다고 자기-보고한 장면에서 해당하는 정서상태 30초 동안의 신호를 분석에 활용하였다. 분석에 사용된 지표로서, 피부전기활동에서 피부전도수준(skin conductance level, SCL), 피부전도반응(skin conductance response, SCR)이 추출되었고, 피부온도에서 평균피부온도(mean skin temperature, SKT), 심전도에서 심박률(heart rate, HR), 심박률의 저주파수 성분(low frequency, LF)과 고주파수 성분(high frequency, HF), 그리고 심박동변이도(heart rate variability, HRV), 마지막으로 광혈량도에서는 혈류량 파형의 진폭(blood volume pulse amplitude, BVPA)과 맥파전달시간(pulse transit time, PTT)이 추출되었다.

3. 연구결과

3.1. 정서 자극에 대한 심리 반응 결과

의도한 정서가 적절하게 유발되었는지 확인하기 위하여 실험참여자들이 평가한 각 정서 자극에 대한 심리 반응 결과는 다음과 같다(표 2).

Table 2. The result of emotion assessment to emotional stimuli

	boredom	pain	surprise	mean
appropriateness	86.0	97.3	94.1	92.5
effectiveness	5.23	4.96	6.12	5.43

appropriateness : percentage (%), effectiveness : 7-point scale

3.2. 정서 자극에 대한 자율신경계 반응 결과

생리 신호의 노이즈가 많거나 해당 정서를 느끼지 않은 실험참여자들을 제외한 202명의 데이터를 분석에 사용하였다. 먼저 각 정서별 안정상태와 정서상태 간의 차이 검증을 실시하였고, 이들 두 상태의 차이값을 이용하여 정서별 차이 검증을 수행하였다.

3.2.1. 안정 상태와 정서 상태 간 차이 검증

각 정서별로 안정상태와 정서상태간 차이를 검증하

기 위하여 대응표본 t검증(paired t-test)을 실시하였다(표 3). 무료함에서는 안정 상태보다 SCL, SCR, SKT, HR이 유의하게 증가하였고, BVP는 유의하게 감소하였다. 통증의 경우, SCL, SCR, BVP와 PTT에서 안정상태와 정서 상태 간의 유의한 차이가 나타났다. 놀람 정서에서는 심박률 변산 지표(LF, HF와 HRV)를 제외한 모든 지표에서 안정 상태와 정서 상태 간에 유의한 차이를 보였다.

Table 3. The result of paired t-test between baseline and emotional state

	boredom		pain		surprise	
	baseline	emotion	baseline	emotion	baseline	emotion
SCL	0.20	0.26***	0.20	0.31***	0.20	0.82***
SCR	0.14	0.50***	0.11	1.04***	0.13	3.68***
SKT	32.28	32.37*	31.97	31.97	32.33	32.37*
HR	81.27	82.13***	80.53	80.70	81.10	86.34***
LF	0.42	0.42	0.43	0.45	0.42	0.42
HF	0.58	0.58	0.57	0.55	0.58	0.58
HRV	0.90	0.85	0.93	0.94	0.86	0.74
BVP	0.18	0.16***	0.16	0.08***	0.17	0.09***
PTT	278.27	277.49	276.98	271.13***	278.16	254.98***

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

3.2.2. 무료함, 통증 그리고 놀람 간의 자율신경계 반응 차이

각 정서에 대한 자율신경계 반응의 차이를 확인하기 위하여 정서상태에서 안정상태를 뺀 차이값을 이용하여 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다(표 4). 그 결과, SKT와 심박률 변산의 세 지표인 LF, HF, HRV를 제외한 모든 지표에서 정서 간의 유의한 차이를 보였다.

이들 정서 간 차이를 구체적으로 확인하기 위하여 LSD 사후 검증을 실시하였다. SCL, SCR, meanSKT, HR, BVP와 PTT에서 정서 간 유의한 차이가 있었고, 심박률변산 지표인 LF, HF와 HRV에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. SCL, SCR과 PTT는 세 정서 모두 유의한 차이를 보였고(그림 3, 4와 8), meanSKT는 무료함이 통증에 비하여 유의하게 변화량이 크게 나타났고(그림 5), HR은 놀람이 무료함과 통증에 비하여 유의하게 큰 변화를 보였다(그림 6). 또한 BVP는 통증과 놀람이 무료함에 비하여 유의하게 큰 변화량을 가지는 것으로 나타났다(그림 7).

Table 4. The result of one-way ANOVA among three emotions

		SS	df	MS	F	Sig.
SCL	between	34.03	2	17.02	294.10	.000
	within	30.90	534	.06		
	total	64.93	536			
SCR	between	1010.89	2	505.45	277.54	.000
	within	972.50	534	1.82		
	total	1983.39	536			
SKT	between	.66	2	.33	2.71	.068
	within	65.24	534	.12		
	total	65.90	536			
HR	between	2720.90	2	1360.45	31.37	.000
	within	23158.88	534	43.37		
	total	25879.78	536			
LF	between	.05	2	.03	.94	.391
	within	14.70	534	.03		
	total	14.75	536			
HF	between	.05	2	.03	.94	.391
	within	14.70	534	.03		
	total	14.75	536			
HRV	between	.36	2	.18	.38	.687
	within	253.53	534	.48		
	total	253.88	536			
BVP	between	.47	2	.24	48.60	.000
	within	2.58	534	.01		
	total	3.05	536			
PTT	between	48210.62	2	24105.31	123.20	.000
	within	104480.33	534	195.66		
	total	152690.94	536			

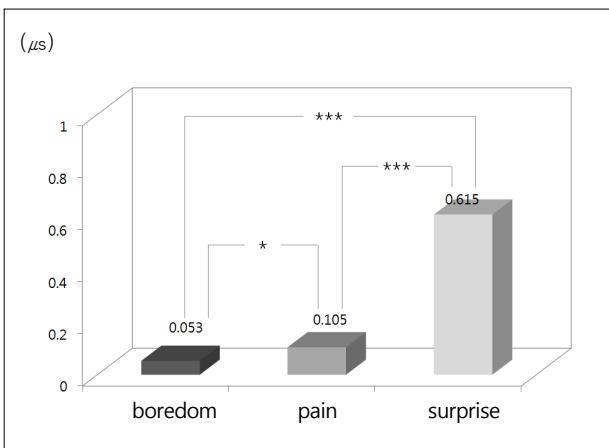


Figure 3. The difference of SCL among three emotions

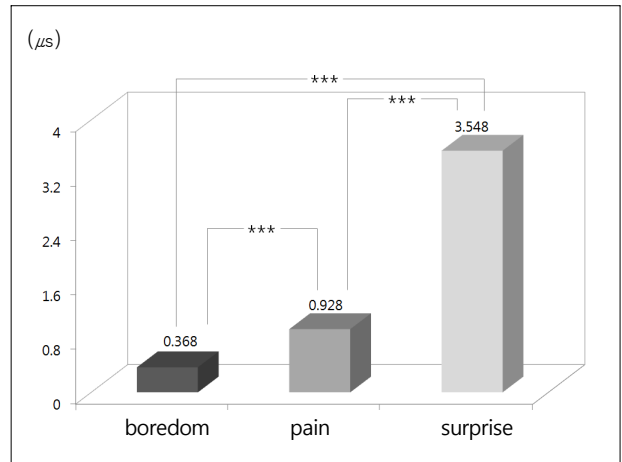


Figure 4. The difference of SCR among three emotions

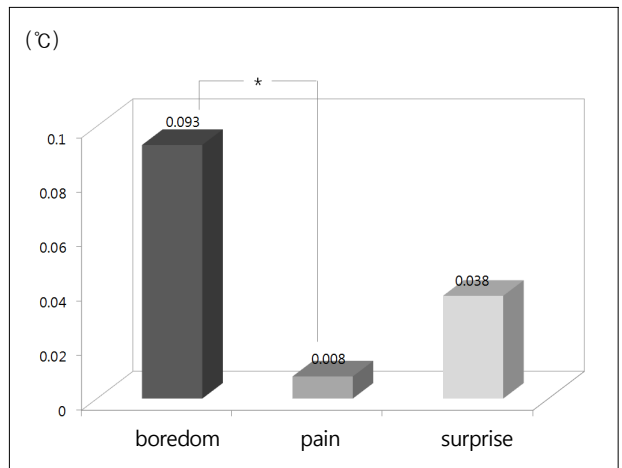


Figure 5. The difference of meanSKT among three emotions

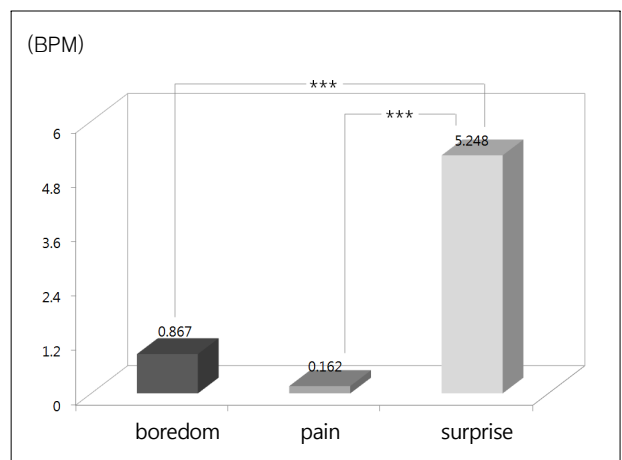


Figure 6. The difference of HR among three emotions

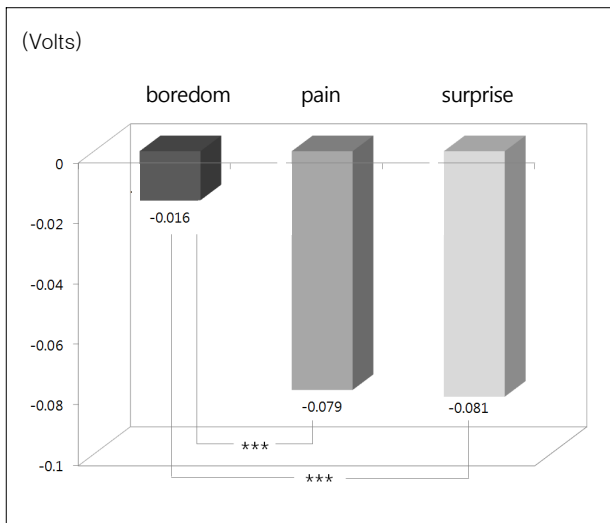


Figure 7. The difference of BVP among three emotions

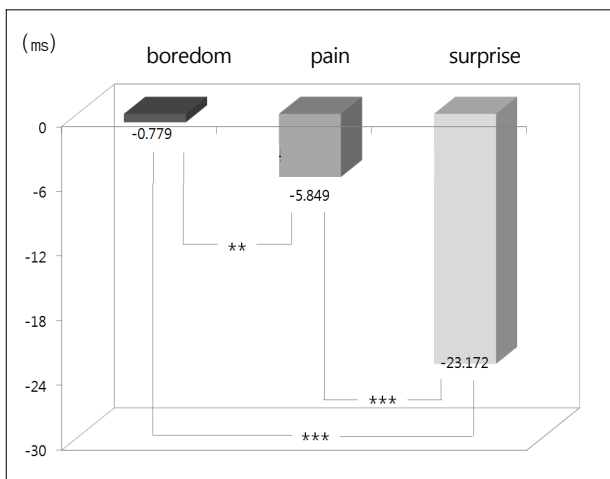


Figure 8. The difference of PTT among three emotions

4. 논의 및 결론

본 연구에서는 기본 정서 이외의 무료함, 통증, 그리고 놀람 정서에 의해 유발되는 정서-특정적 자율신경계 반응의 차이를 확인하였다. 심박률 변산의 세 가지 지표인 LF, HF와 HRV를 제외한 모든 자율신경계 반응 지표에서 안정상태에 비하여 정서상태에서 유의한 변화를 보였으며, 이는 정서 간 차이로 나타났다(표 5). 세 정서의 자율신경계 반응 패턴은 모두 동일하였다. SCL, SCR, meanSKT와 HR은 모두 안정상태보다 증가하였고, BVP와 PTT는 안정상태에 비하여 감소하는 패턴을 보였다. 무료함은 meanSKT에서 큰 증가를 보여 다른 두 정서와 뚜렷이 구분되었고, 통증

과 놀람은 SCL, SCR, BVP와 PTT에서 유의한 증가를 보이나, 특히 놀람은 HR에서 큰 증가를 보여 통증과 구분되었고, 무료함과는 모든 지표에서 유의한 차이를 보였다. 통증은 BVP에서 큰 변화를 보여 무료함과 뚜렷하게 구분되었다.

Table 5. The tendency of ANS responses induced by three emotions

	boredom	pain	surprise
SCL	↑	↑↑	↑↑↑
SCR	↑	↑↑	↑↑↑
meanSKT	↑↑↑	↑	↑
HR	↑	↑	↑↑↑
BVP	↓	↓↓↓	↓↓↓
PTT	↓	↓↓	↓↓↓

↓: decrease, ↑: increase
number of arrows: one p<.05, two p<.01, three p<.001

무료함에서 유의한 meanSKT의 증가는 선행 연구들에 의해 지지되는 결과이다. 손가락에서 측정하는 피부온도는 정신적 노동, 스트레스나 공포 등에 의해 극도로 감소하는 반응을 보이며, 이완, 무료함과 수면 동안에는 증가한다. 특히 정서적 스트레스 하에서 피부온도의 변화는 매우 크며, 빠르게 감소하였다가 다시 원래 상태로 돌아간다(Helson & Quantius, 1934; Miura, 1931; Talbot, 1931).

통증은 무료함에 비하여 SCL과 SCR에서 유의하게 증가하고 BVP와 PTT에서 감소하였다. 피부전기활동에서 추출된 SCL과 SCR은 교감신경계의 각성을 직접적으로 확인할 수 있는 지표로, 특히 교감신경계의 부신수질(sympathetic-adrenal-medullary, SAM) 시스템의 활동과 관련이 있는데, 이는 통증의 진행과도 관련되어 있다(Storm, 2008). 따라서 이들의 유의한 증가는 SAM의 활성화를 의미한다. 또한 BVP과 PTT은 각각 편두통과 같은 통증(Allen & Mills, 1982; Hoelscher & Lichstein, 1983)이나 성적 자극에 의한 각성(Brotto, Basson, & Gorzalka, 2004; Palti & Berovici, 1967), 통증의 효과(강도)와 유의한 상관관계를 가진다. 통증이나 성적 각성에 의해 BVP와 PTT는 감소하는데, 분리 동맥으로부터의 동일한 심박주기 내에서 혈관 내 압력과 혈관과 혈액 모두의 물리적 특성에 대한 상관관계를 알 수 있는 지표이다(Weiss, Del Bo, Reichel, &

Engelman, 1980). 또한 PTT의 증가는 심혈관계를 조절하는 교감신경계의 활성화가 억압되는 것을 의미한다. 본 연구에서의 PTT의 증가는 교감신경계의 활성화를 반영하며, 통증에 의하여 유발되는 특징적인 자율신경계 반응은 SAM의 활성화와 말초혈관을 수축시키는 교감신경계의 활성화로 설명할 수 있다.

SCL과 SCR은 놀람에서도 유의하게 증가하였는데, 이는 땀선의 활동에 따른 교감신경계의 활성화를 직접적으로 반영한다(Hassett, 1978). HR의 유의한 증가는 놀람과 무료함, 통증을 구분하는 반응으로, 이경화, 이임갑과 손진훈(1999)과 엄진섭 등(2011)의 연구 결과와 일치한다. 또한 유의하지는 않으나 HR의 증가를 보인 일부 선행 연구 결과와도 일치한다(Ekman 등, 1983; Levenson 등 1990). 이들은 얼굴 근육으로부터 역반응에 의해 유발된 자율신경계 반응을 관찰하였기 때문에 약한 자율신경계 반응을 보인 것으로 생각된다(엄진섭 등, 2011). 또한 BVP와 PTT의 유의한 감소는 모두 혈관수축에 의해 나타나는 현상으로 α -아드레날린성 자극에 의한 것으로 여겨진다(McDonald, 1974). 놀람-특정적 자율신경계 반응은 땀선의 활동과 심박률을 증가시키고 말초혈관을 수축시키는 교감신경계의 반응의 활성화를 특징으로 한다고 결론지을 수 있다.

본 연구에서는 HCI 분야에서 정서 인식에 주로 사용되는 무료함, 통증, 놀람에 대한 자율신경계 반응을 확인하였다. 이들 세 정서는 일상에서 자주 경험하는 정서임에도 불구하고, 선행 연구에서는 이들에 대한 정서-특정적 자율신경계 반응이 명확하게 밝혀지지 않았다. 향후 연구에서는 본 연구에서 측정된 정서와 기준에 연구된 정서의 자율신경계 반응 간 비교를 통하여 정서-특정적 자율신경계 반응을 규명할 필요가 있다. 이를 기반으로 다양한 감정 반응을 인간과 기계의 보다 정교한 상호작용 피드백에 적용함으로써, 인간의 다양한 감정을 인식하고 피드백 할 수 있는 다양한 인간 친화적인 감성 제품의 개발에 적용 가능할 것이다.

REFERENCES

Allen, R. A. & Mills, G. K. (1982). The effects of unilateral plethysmographic feedback of temporal artery activity during migraine head pain. *Journal of Psychosomatic Research*, 26, 133 - 140.

Bowsher, D. (1990). Physiology and Pathophysiology of Pain. *Journal of British Medical Acupuncture Society*, 7, 17-20.

Brotto, L. A., Basson, R., & Gorzalka, B. B. (2004). Psychophysiological assessment in premenopausal sexual arousal disorder. *Journal of Sexual Medicine*, 1, 266 - 277.

Cheyne, J. A., Carriere, J. S. A., & Smilek, D. (2006). Absent-mindedness: Lapses in conscious awareness and everyday cognitive failures. *Consciousness and Cognition*, 15 (3), 578 - 592.

Coon, D. (2004). *Introduction to Psychology: Gateways to Mind and Behavior* (10th Ed.). Philadelphia: Thomson Wadsworth.

Cowie, R., Douglas-Cowie, E., Tsapatsoulis, N., Votsis, G., Kollias, S., Fellenz, W., & Taylor, J. G. (2001). Emotion recognition in human computer interaction, *IEEE Signal Processing Magazine*, 18, 32-80.

de Melo, C. M., Kenny, P., & Gratch, J. (2010). Influence of autonomic signals on perception in embodied agents. *Applied Artificial Intelligence: An International Journal*, 24(6), 494-509.

Ekman, P., Levenson, R. W., & Friesen, W. V. (1983). Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions. *Science*, 221, 1208-1210.

Eom, J. S., Park, H. J., Noh, J. H., & Sohn, J. H. (2011). Cardiovascular response to surprise stimulus. *Korean Journal of the Science of Emotion and Sensibility*, 14(1), 147-156.

Fisher, C. D. (1993). Boredom at work: A neglected concept. *Human Relations*, 46, 395-417.

Flor, H., Knost, B., & Birbaumer, N. (2002). The role of operant conditioning in chronic pain: an experimental investigation. *Pain*, 95(1-2), 111-118.

Haag, A., Goronzy, S., Schaich, P., & Williams, J. (2004). Emotion recognition using bio-sensors: First step towards an automatic system, affective dialogue systems, Tutorial and research workshop, Kloster, Irsee, Germany.

Hassett, J. (1978). *A primer of psychophysiology*. San Francisco: W. H. Freeman and Company.

Healey, J. A. (2000). *Wearable and automotive systems for affect recognition from physiology*, PhD thesis,

- MIT, Cambridge, MA.
- Helson, H. & Quantius, L. (1934). Changes in skin temperature following intense stimulation. *Journal of Experimental Psychology*, 77, 20.
- Hoelscher, T. J. & Lichstein, K. L. (1983). Blood volume pulse biofeedback treatment of chronic cluster headache. *Biofeedback and Self-Regulation*, 8, 533 - 541.
- Jolliffe, C. D. & Nicholas, M. K. (2004). Verbally reinforcing pain reports: an experimental test of the operant model of chronic pain. *Pain*, 107(1-2), 167-175.
- Keribig, S. D. (2010). Autonomic nervous system activity in emotion: A review. *Biological Psychology*, 84, 394-421.
- Leary, M. R., Rogers, P. A., Canfield, R. W., & Coe, C. (1986). Boredom in interpersonal encounters: Antecedents and social implications. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51, 968-975.
- Lee, K. H., Yi, I. M., & Sohn, J. H. (1999). Development of psychological indices for discrete emotions. *Korean Journal of The Science of Emotion & Sensibility*, 2(2), 43-52.
- Lee, S. J. & Bai, S. J. (2005). New Trend of Pain Evaluation by Brain Imaging Devices. *Korean Journal of the Science of Emotion and Sensibility*, 8(4), 365-374.
- Mannheimer, J. S. & Lampe, N. (1984). *Clinical transcutaneous electrical nerve stimulation*, FA Davis, Philadelphia.
- Merskey, H. & Bogduk, N. (1994). *Classification of Chronic Pain*, IASP Task Force on Taxonomy. Seattle, IASP Press.
- Miura, U. (1931). The effect of variations in relative humidity upon skin temperature and sense of comfort. *American Journal of Hygiene*, 13, 432.
- Nasoz, F., Alvarez, K., Lisetti, C. L., & Finkelstein, N. (2003). Emotion recognition from physiological signals for presence technologies, *International Journal of Cognition, Technology and Work*, 6(1).
- Nasoz, F., Alvarez, K., Lisetti, C. L., & Finkelstein, N. (2004). Emotion recognition from physiological signals using wireless sensors for presence technologies. *Cognition, Technology and Work*, 6, 4-14.
- Palti, Y. & Berovici, B. (1967). Photoplethymographic study of the vaginal blood pulse. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 97, 143-153.
- Picard, R. W., Vyzas, E., & Healey, J. (2001). Toward machine emotional intelligence: analysis of affective physiological state, *IEEE Transactions Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 23(10), 1175-1191.
- Sauter, D. A., Eisner, F., Ekman, P., & Scott, S. K. (2010). Cross-cultural recognition of basic emotions through nonverbal emotional vocalizations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107, 2408-2412.
- Sherrington, C. S. (1906). *The integrative action of the nervous system*. New Haven, CT: Yale University Press (Republished by Cambridge University Press, UK in 1947).
- Stemmler, G., Heldmann, M., Pauls, C., & Scherer, T. (2001). Constraints for emotion specificity in fear and anger: The context counts. *Psychophysiology*, 38, 275-291.
- Sternbach, R. A. (1978). *The Psychology of Pain*, Raven Press, New York.
- Storm, H. (2008). Changes in skin conductance as a tool to monitor nociceptive stimulation and pain. *Current Opinion in Anaesthesiology*, 21, 796 - 804.
- Talbot, F. (1931). Skin temperatures of children, *American Journal of Diseases of Children*, 42, 965.
- Verhoef, T., Lisetti, C., Barreto, A., Ortega, F., Zant, T., & Cnossen, F. (2009). Bio-sensing for emotional characterization without word labels. *Human - Computer Interaction: Ambient, ubiquitous and intelligent interaction*, 13th International Conference, San Diego, CA, USA, July 19-24, proceedings. - Pt. III, p.693-702.
- Wagner, J., Kim, J., & Andre, E. (2005). From Physiological Signals to Emotions: Implementing and Comparing Selected Methods for Feature Extraction and Classification, *IEEE International Conference on In Multimedia and Expo 2005*, 940-943.
- Weiss, T., Del Bo, A., Reichek, N., & Engelman, K.

(1980). Pulse transit time in the analysis of autonomic nervous system effects on the cardiovascular system. *Psychophysiology*, 17, 202-207.

원고접수 : 2011.07.12

수정접수 : 2011.09.28

게재확정 : 2011.09.30