Facial Skin Temperature Change associated with Emotional Dimension

Yeongji Eum[1], Jin-Sup Eom[1], Hyeong-Seock Oh[1], Mi-Sook Park[1], Hyo-Eun Kim[1], Jin-Hun Sohn[1]

[1]Department of Psychology/Brain Research Institute, Chungnam National University

ABSTRACT

Objective: The purpose of present study was to investigate facial skin temperature change associated with dimension of arousal and valence. **Background:** Arousal is associated with attention resource allocation. When operator made an error of judgment in industrial setting, it can lead to terrible accident. Because of this, technology might be needed to monitor the operator's level of arousal and valence in real time. **Method:** Eighty-seven healthy college students participated in the study. They were exposed to a variety of emotional stimuli, and divided 4 groups according to self-reported arousal-valence level: arousal-positive, arousal-negative, relax-positive, and relax-negative. Facial skin temperature was measured in seven areas: the forehead, the right & left eye, the right & left cheek, the bridge of the nose, and the end of the nose. **Result:** The findings showed that 4 groups had significant difference in facial skin temperature at the right eye, the bridge of the nose, and the end of the nose. Arousal resulted in increased facial skin temperature at the three facial areas. Valence did not result in constant outcome among facial area. Facial thermal imaging might be suitable for the non-invasive and quick monitoring of emotional state. This facial thermal imaging is expected to monitor the operator's state that operates artifact.

1. Introduction

정서의 arousal 수준은 주의 자원 배분(attention resource allocation)에 영향을 미친다. 주의 자원 배분에 arousal에 대한 과제 수행 향상을 보고한 연구자들은 그 원인으로 자원할당모형(resource allocation model)을 드는 경우가 많다(Bluck & Li, 2001; Bornstein, Liebel & Scarberry, 1998). 자원할당모형은 과제에 배분할 수 있는 용량이 제한되어 있고, arousal 수준이 인지적 과제에 배분된 주의 용량의 크기에 영향을 미친다고 가정하고 있다(Ellis & Ashbrook, 1988). 이는 arousal 수준이 주의 협소화(attention narrowing)를 야기한다. 이 주장에서는 arousal 수준이 높으면 주의 협소화는 주의를 이끌기 위한 단서들의 범위가 제한되고, 과제 수행이 저하되는 현상이다(Easterbrook, 1959).

과제를 수행할 때 arousal 수준이 낮으면 과제 수행을 위하여 준비되는 것을 잘못 채택할 수 있고, 주의 자원 배분이 적절하게 이루어지지 않아 과제 수행의 질이 감소할 수 있다. 특히 비행기 조종석 혹은 발전소 제어실과 같이 긴 시간 동안 지루한 과제를 수행해야 할 때는 arousal 수준은 감소한다(Yerkes & Dodson, 1908). 그러나 산업 장면에서 발생할 수 있는 사소한 판단착오나 조작의 실수는 대형사고로 연결될 수 있다. 이 때문에 인공물을 조작하는 과제를 수행하는 오퍼레이터의 arousal 수준을 실시간으로 모니터링하는 기술을 필요로 하고 있다.

기존 연구에서 arousal 준의 측정 지표로 생리신호를 이용한다. 생리신호를 이용하는 방법에는 피부전기활동(electrodermal activity), 심박률(heart rate), 근전도(electromyography), 호흡(respiration) 등이 있다. 그러나 기존의 측정 기법들은 침습적이기 때문에 센서 부착으로 인하여 불편감과 불쾌감을 유발할 수 있다. 또한 분석하여 평가하는 데까지 적지 않은 시간이 소요된다.

최근 이러한 생리신호 측정 기법의 대안으로 사용되는 것이 열화상 적외선 카메라(thermal infrared camera)를 이용한 thermography이다. 열화상 카메라는 각 대상에서 방사되는 열에너지(적외선)를 electronic signal로 변환하여 그 signal을 화상으로 표현한다. Thermography는 비접촉·비침습적이고, 실시간 모니터링이 가능하여 시공간 해상도가 매우 높다.

몇몇 연구자들이 thermography를 이용하여 정서를 구분하는 연구를 수행하였다. Merla와 Romani는 arousal수준이 높은 정서를 유발하여 땀 반응으로 인한 온도변화를 관찰하였으며, Puri, Olson, Pavlidis, Levine, 그리고 Starren은 실험참가자가 난이도 있는 과제를 수행하도록 하여 좌절감을 경험할 때, 관상동맥이 지나가는 이마의 온도 변화를 관찰하였다. 또한 Kahn은 열화상 카메라로 얼굴 표정을 지을 때 안면 근육의 움직임으로 인해 변화하는 얼굴 표면 온도를 추출하여 정서를 분류하였다. 이 외에도 최근 여러 연구자들이 열화상 기법을 이용하여 정서를 분류하고 정서변화를 실시간으로 모니터링 하고자 하는 연구가 진행이 되고 있다. 또한 열화상 카메라로 혈관의 온도 변화를 탐지하여 심박률, 피부전도반응, 혈류량의 변화와 같은 생체신호 지표를 추출하는 연구들 또한 진행이 되고 있다. 본 연구는 정서를 경험할 때 arousal 수준에 따른 얼굴표면온도변화와 더불어 정서의 또 다른 속성인 valence 수준에 따른 얼굴표면온도변화를 측정하고자 한다.

2. Method

2.1 실험참가자

건강한 대학생 87명이 실험에 참여하였다. 이들은 모두 오른손잡이였고, 과거 신경과 혹은 정신과 병력이 없었다.

2.2 실험장비 및 환경

본 연구의 측정도구로 사용된 열화상 카메라는 H2640(NEC-Sanei, Japan)이며, 기기사양은 다음과 같다: 측정범위 -20~60°C, 640*480 pixel, 측정파장 8-14㎛, 온도분해능 0.06°C. 열화상 카메라는 실험참가자로부터 110cm 앞에 설치를 하였고, 영상은 5frame/sec로 데이터를 수집하였다. 측정실은 가로 3.3m, 세로 5.4m 크기였으며, 내부 온도는 24±1°C를 유지하였다.

2.3 실험자극

모든 실험 자극은 정서를 유발하는 자극으로,

시각자극, 청각자극, 시청각 복합 자극, 신체적 감각을 이용한 자극 그리고 게임을 하여 정서를 유발하는 자극으로 이루어졌었다.

2.4 실험절차

실험참가자는 실험참가동의서를 작성한 후 실험자가 주는 실험복으로 갈아입고 실험에 임하였다. 모든 실험참가자가 동일한 실험복을 입고 실험에 참여하도록 지시한 이유는 각 실험참가자 개인의 의복의 보온성과 쾌적성에 차이가 있으므로, 이를 동일하게 통제하기 위함이다. 실험 참가자는 실험복으로 갈아 입은 후, 측정실 중앙에 놓인 의자에 앉아 실험을 수행하였다.

각 자극은 '+' 모양의 자극을 1분간 응시하는 동안 안정 상태를 측정한 후 제시하였다. 피험자로부터 1m 앞에 놓인 1280*960 해상도의 LCD 모니터를 통해 영상을 제시하였고, 2m 앞의 좌우에 놓인 스피커 (BR 1800, Britz, USA)를 통해 소리를 제시하였다. 하나의 자극 제시가 끝나면 실험참여자들은 유발된 정서에 대한 '긍정-부정', '각성-안정' 평가 척도 상에 평정을 하였다. 척도는 양극으로 이루어진 9점 척도이다. 자극제시순서는 참가자간 역균형화(across-subject counterbalancing)하여 피로효과, 연습효과와 같은 진행성 오류를 분산시켰다.

2.5 분석

분석은 각 데이터의 안정상태에서 5frame과 정서상태에서의 5frame을 사용하였다. 정서상태 분석 구간의 선정은 실험참가자가 보고한 정서를 가장 강하게 경험한 부분을 선정하였다. 온도를 측정한 얼굴영역은 이마, 오른눈머리, 왼눈머리, 콧등, 코끝, 오른뺨, 왼뺨으로 7개 영역이다. 각 영역에서 가장 온도가 높은 픽셀 10%, 가장 온도가 낮은 픽셀 하위 10%의 온도 값을 평균하여 얻은 값을 분석에 사용하였다. 실험참가자들은 제시된 자극을 보고 경험한 arousal과 valence 수준에 따라 4 집단으로 구분하였다. 4개 집단은 부정-안정집단 144명, 부정-각성집단 249명, 긍정-안정집단 247명, 긍정-각성집단 58명으로 할당이 되었다. arousal-valence 수준에 따른 4 집단의 얼굴표면의 온도의 차이를 검증하기 위하여 one-way ANOVA를 사용하였으며, 집단간 차이를 비교하기 위한 사후다중비교분석(Bonferroni 방식)을 실시하였다.

3. Result

경험한 arousal-valence 수준에 따라 나누어진

표 1. Means and standard deviations of facial skin temperature change at each facial area for each group

High 10%	forehead	right eye	left eye	bridge of nose	end of nose	right cheek	left cheek
	Mean(±SD)	*Mean(±SD)*	*Mean(±SD)*	*Mean(±SD)*	*Mean(±SD)*	*Mean(±SD)*	*Mean(±SD)*
안정-부정	.01(±.25)	.02(±.28)	0(±.29)	.16(±.62)	-.03(±.34)	.10(±.42)	-.01(±.44)
각성-부정	.01(±.26)	-.07(±.29)	-.03(±.29)	.04(±.48)	-.05(±.40)	.07(±.35)	.03(±.46)
안정-긍정	.04(±.24)	.03(±.36)	.03(±.26)	.06(±.52)	-.05(±.46)	.10(±.39)	.06(±.46)
각성-긍정	.05(±.17)	-.04(±.22)	0(±.25)	-.09(±.61)	.04(±.75)	.06(±.27)	.05(±.34)
Total	.02(±.25)	-.01(±.32)	0(±.28)	.06(±.54)	-.04(±.45)	.08(±.37)	.03(±.44)
Low 10%	forehead	right eye	left eye	bridge of nose	end of nose	right cheek	left cheek
	Mean(±SD)	*Mean(±SD)*	*Mean(±SD)*	*Mean(±SD)*	*Mean(±SD)*	*Mean(±SD)*	*Mean(±SD)*
안정-부정	-.04(±.31)	0(±.48)	-.06(±.46)	.08(±.46)	-.30(±.46)	.07(±.45)	0(±.52)
각성-부정	-.04(±.39)	.01(±.49)	.02(±.49)	.02(±.48)	-.15(±.51)	.05(±.53)	.12(±.61)
안정-긍정	.02(±.28)	-.1(±.52)	-.04(±.51)	-.01(±.46)	-.27(±.54)	.02(±.53)	.12(±.67)
각성-긍정	.01(±.17)	-.04(±.55)	-.01(±.42)	.03(±.37)	-.14(±.43)	.08(±.43)	.01(±.32)
Total	-.02(±.32)	-.04(±.50)	-.02(±.49)	.02(±.46)	-.22(±.51)	.04(±.51)	.09(±.60)

집단 별 온도 차이 값에 대한 기술 통계치는 표 1과 같다. 각 얼굴영역에서 경험한 4 집단의 얼굴표면온도의 차이를 검증한 결과, 오른눈머리와 콧등, 그리고 코끝에서 4 집단간 유의한 차이를 보였다(표 2). 이 세 영역에서 4 집단 간 차이에 대한 사후검증 결과(Bonferroni 방식), 오른눈머리 영역의 온도가 높은 10% pixel에서는 안정-부정 집단과 안정-긍정 집단이 각성-부정 집단보다 유의하게 높았다. 콧등

영역의 온도가 높은 10%의 pixel에서는 안정-부정 집단이 각성-긍정 집단보다 유의하게 높았다. 코끝 영역에서 온도가 낮은 10%의 pixel에서는 안정-긍정 집단보다 안정-부정집단이, 안정-부정 집단보다 각성-부정이 유의하게 높았다($p<.05$).

4. Conclusion

정서를 경험할 때 나타나는 arousal-valence수준에 따른 얼굴온도변화 양상을 알아보고자 하였다. arousal 수준에 따라 오른눈머리, 콧등, 그리고 코끝에서 온도변화가 나타났다. 안정 상태일 때와 비교하여 각성 상태일 때 얼굴표면의 온도가 더 증가하는 결과가 나타났다. 그러나 valence 수준에 따라 오른눈머리, 콧등, 코끝에서 일관적인 결과를 도출하지 못하였다.

열화상 카메라를 이용하여 대상의 표면온도를 측정하는 기법은 비접촉 · 비침습적이며, 온도 변화의 실시간 모니터링이 가능하다는 장점을 기반으로 하여 산업 장면에서 인공물을 조작하는 오퍼레이터의 상태를 실시간으로 모니터링하고 피드백을 제공하여 판단착오나 조작의 실수를 예방할 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 향후 연구에서는 열화상 카메라를 이용하여 대상의 상태를 실시간 모니터링하여 피드백을 제공할 수 있는 알고리즘의 개발하는 연

Table 2. one-way ANOVA result on facial skin temperature change at each facial area for each group

high 10%		*SS*	*df*	*MS*	*F*	low 10%		*SS*	*df*	*MS*	*F*
forehead	집단간	0.20	3	0.07	1.10	forehead	집단간	0.63	3	0.21	2.01
	집단내	42.61	694	0.06			집단내	72.81	694	0.11	
	Total	42.82	697				Total	73.44	697		
right eye	집단간	1.57	3	0.52	5.315**	right eye	집단간	1.58	3	0.53	2.09
	집단내	68.11	694	0.10			집단내	174.91	694	0.25	
	Total	69.67	697				Total	176.49	697		
left eye	집단간	0.56	3	0.19	2.44	left eye	집단간	0.76	3	0.26	1.08
	집단내	52.85	694	0.08			집단내	163.94	694	0.24	
	Total	53.41	697				Total	164.71	697		
bridge of nose	집단간	2.72	3	0.91	3.136*	bridge of nose	집단간	0.79	3	0.26	1.23
	집단내	200.32	694	0.29			집단내	148.31	694	0.21	
	Total	203.04	697				Total	149.09	697		
end of nose	집단간	0.45	3	0.15	0.74	end of nose	집단간	3.03	3	1.01	3.919**
	집단내	140.38	694	0.20			집단내	178.69	694	0.26	
	Total	140.83	697				Total	181.71	697		
right cheek	집단간	0.23	3	0.08	0.55	right cheek	집단간	0.31	3	0.10	0.41
	집단내	95.71	694	0.14			집단내	178.38	694	0.26	
	Total	95.94	697				Total	178.70	697		
left cheek	집단간	0.45	3	0.15	0.77	left cheek	집단간	1.91	3	0.64	1.79
	집단내	136.82	694	0.20			집단내	246.63	694	0.36	
	Total	137.27	697				Total	248.54	697		

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

구가 진행되어야 할 것이다.

Acknowledge

이 논문은 2010년도(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-신기술융합형 성장동력사업의 지원을 받아 수행하였습니다(2010K001129).

Reference

Bluck, S., & Li, K.Z.H. Predicting memory completeness and accuracy: Emotion and exposure in repeated autobiographical recall. *Applied Cognitive Psychology, 15*(2), 145-158, 2001.

Bornstein, B.H., Liebel, L.M., & Scarberry, N.C. Repeated testing in eyewitness memory: A means to improve recall of a negative emotional event. *Faculty Publications, Department of Psychology*, 177, 1998.

Ellis, H.C., & Ashbrook, P.W. Resource allocation model of the effects of depressed mood states on memory. *Affect, cognition and social behavior*, 25-43, 1988.

Easterbrook, J.A. The effect of emotion on cue utilization and the organization of behavior. Psychological review, 66(3), 183, 1959.

Khan, MM. *Cluster-analytic classification of facial expressions using infrared measurements of facial thermal features.* Doctoral Dissertation, The University of Huddersfield, Huddersfield. U.K, 2008.

Merla, A., & Romani, GL. *Thermal signatures of emotional arousal: A functional infrared imaging study.* Paper presented at the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS, Lyon, France, 2007.

Puri, C., Olson, L., Pavlidis, I., Levine, J., & Starren, J. *StressCam: non-contact measurement of users' emotional states through thermal imaging.* Paper presented at the 2005 ACM Conference on Human Factors in Computing Systems Oregon, USA, 2005.

Yerkes, R.M., & Dodson, J.D. The relation of strength of stimulus to rapidity of habit formation. *Journal of comparative neurology and psychology, 18*(5), 459-482, 1908.

Author listings

Yeongji Eum: yeongji eum@gmail.com

Highest degree: MA, Department of psychology, Chungnam National University

Position title: Researcher, Department of Psychology/Brain Research Institute, the Chungnam National University

Areas of interest: Brain Science, Neuroscience

Jin-Sup Eom: jseom2003@hanmail.net

Highest degree: PhD, Department of psychology, Chungbuk National University

Position title: Researcher, Department of Psychology/Brain Research Institute, the Chungnam National University

Areas of interest: Brain Science, Neuroscience, Psychostatistics

Hyeong-Seock Oh: killerfx@hanmail.net

Highest degree: BA, Department of psychology, Chungnam national University

Position title: Researcher, Department of Psychology/Brain Research Institute, the Chungnam National University

Areas of interest: brain Science, Neuroscience

Mi-Sook Park: peaceful1026@cnu.ac.kr

Highest degree: MA, Department of psychology, Chungnam national University

Position title: Researcher, Department of Psychology/Brain Research Institute, the Chungnam National University

Areas of interest: brain Science, Neuroscience

Hyo-Eun Kim: 8176he@hanmail.net

Highest degree: MA, Department of psychology, Chungnam national University

Position title: Researcher, Department of Psychology/Brain Research Institute, the Chungnam National University

Areas of interest: brain Science, Neuroscience

Jin-Hun Sohn: jhsohnl@cnu.ad.kr

Highest degree: PhD, Department of psychology, the University of Korea

Position title: Professor, Department of Psychology, the Chungnam National University

Areas of interest: Brain Science, Neuroscience, Electro Physiology