

심혈관계 생리반응을 이용한 아동정서 구분

이정미, 이경화, 최지연, 방석원*, 김재우*, 이미희*, 손진훈
충남대학교 심리학과, *삼성종합 기술원

Differentiation of children' five emotions with cardiovascular reactivity parameters

Jeong-Mi Lee, Kyung-Hwa Lee, Ji Yeon Choi, Seok Won Bang*,
Jaywoo Kim*, Mihee Lee*, Jin-Hun Sohn
Department of psychology, Chungnam National University
*Samsung Advanced Institute of Technology

Abstract

성인의 정서에 따른 심혈관계 반응의 변화에 대한 연구는 많이 있으나, 아동 정서에 따른 심혈관계 반응에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 본 연구에서는 본 연구실에서 개발한 자극을 이용하여 유발된 정서에 따른 심혈관계 반응의 차이를 규명하고자 한다. 복합자극으로 구성된 아동용 정서유발 프로토콜을 사용하여 아동에게 다섯가지 정서(기쁨, 슬픔, 분노, 스트레스, 무료함)를 유발시키는 동안 심혈관계 반응(ECG, PPG)을 측정하였다. 실험참여 아동은 만 5세에서 9세 사이의 아동으로 모두 141명이며, 분석에는 132명 (학령전 남: 30/ 학령전 여: 33/ 학령후 남:37, 학령후 여:32)의 데이터가 활용되었다. 분석에 사용한 심혈관계 생리반응 변수는 심박률(HR), 호흡주기 관련 심박률변화(RSA), 심박률분산(HRV), 심박률분산의 고주파수성분(HF HRV)과 저주파수성분(LF HRV), 혈류량(FPV)이었다. 이 변수들 중 심박률, R과 간 간격을 기준으로 한 심박률분산의 고주파수 성분과 저주파수 성분, 그리고 혈류량에서 정서에 따라 유의미한 차이가 나타났다. 심박률은 기쁨, 슬픔을 스트레스나 무료함과 구분할 수 있고, 분노를 다른 정서들과 구분하는 것으로 나타났다. 혈류량 역시 분노와 다른 정서들 간에 유의미한 차이를 보였다. 고주파수 성분은 무료함을 나머지 정서들과, 저주파수 성분은 슬픔, 스트레스를 무료함과 구별할 수 있었다. 정서에 따라서는, 기쁨과 분노 유발정서에서는 심박률과 혈류량이 감소하였고, 슬픔은 심박률과 저주파수성분이 감소하였으며, 스트레스는 독특하게 심박률이 감소하였다. 그리고 무료함에서는 고주파수성분과 저주파수성분은 증가하고 혈류량은 감소하는 특징적인 양상을 보였다. 결론적으로 본 연구는 심혈관계 반응을 이용하여 아동정서를 구분하는 것이 가능함을 밝혔다.

Keywords: 아동(children), 정서(emotions), 심혈관계 반응(cardiovascular reactivity)

서론

정서와 관련된 여러 신경 반응계들 중 자율 신경계가 정서특정적 반응을 보인다는 것은 많은 연구자들의 주제가 되어왔으며, 이들 연구들은 적어도 일부 정서가 생리적 반응의 구체적인 양상과 관련있다는 사실을 밝혀왔다 (Levenson 등, 1983; Ekman 등, 1983; 1990; Sinha 등, 1992).

지금까지의 정서에 대한 생리반응 연구들은 주로 성인 위주로만 진행되어 왔을 뿐 최근까지 아동에 대한 연구는 이루어진 것이 거의 없었다.

그러나 정서상태의 실험적 조작과 정서반응 평가의 방법론에 대한 관심이 점차 증가하면서 아동정서에 대한 관심도 함께 증가하고 있는 추세이다.

Eisenberg et al.(1988)은 학령이전 아동 (평균 만 5살)과 초등학교 2학년 (평균 만 7살)에게 세 가지 필름 클립을 보게 하고 HR 반응을 살핀 결과, 두 연령의 아동 모두 불안유발 필름에 대해서는 HR이 증가하고, 슬픔유발 필름에 대해서는 HR이 감소함을 보고하였다.

최근에는 Lang과 그 동료들 (2001)이 IAPS (International Affective Picture System; Center for the Study of Emotion and Attention [CSEA], 1999; Lang, Bradley, & Cuthbert, 1999) 자극을 사용하여 아동의 생리적 반응과 자기보고, 그리고 관찰시간을 측정하여 성인처럼 아동의 반응이 사진의 정서적인 내용을 반영한다는 결과를 얻었다. 아동은 쾌한 사진보다 불쾌한 사진을 볼 때 더 긴 추비근 활동과 피부전도, 그리고 심박률 감소 반응을 보였다.

위 두 연구에서도 알 수 있듯이, 현재까지의 아동정서에 대한 생리반응 연구들은 심박률을 포함한 몇 가지 변수만으로 정서구분을 시도하고 있을 뿐 여러 가지 심혈관계 반응 변수를 다룬 연구는 없었다. 따라서 본 연구에서는 보다 확대된 많은 심혈관계 생리반응 변수를

을 사용하여 정서에 따라 어떤 변수들이 의미 있는 차이를 보이는지를 밝히고자 한다.

연구방법

1. 실험참여자

참여아동은 모두 141명으로 만 6세에서 9세 사이였으며, 연령과 성에 따라 고르게 표집되었다.

학령이전의 경우는 원상과 학부모의 동의를 받아 아동들이 참여하였고, 학령이후의 경우는 교장 및 담임교사, 그리고 학부모의 동의하에 아동들의 지원서를 받았다.

2. 정서유발자극

본 연구실에서 개발한 아동용 정서유발 프로토타입 (양경혜 등, 2000)을 사용하여 기본정서인 기쁨, 분노, 슬픔 외에 스트레스, 무표함을 포함하여 다섯 가지 정서를 유발시켰다. 이 프로토타입은 인형과 색채(조명), 음악, 그리고 이야기가 하나의 정서유발 자극세트를 이루는 복합자극으로 그 구성은 다음과 같다.

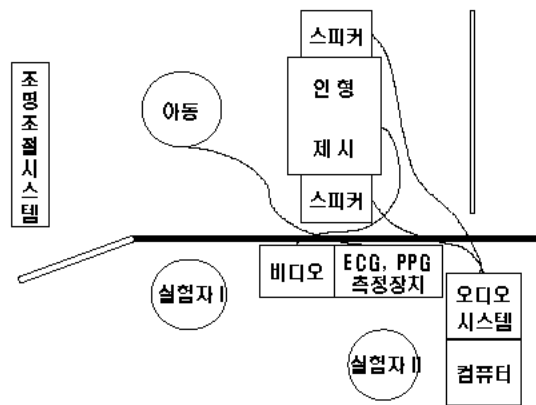
<표 1> 정서별 자극세트 구성

정서 자극	기쁨	슬픔	분노	스트레스	무표함
인형	유감있는 인형	우울한 인형	칼질하는 인형	계단에서 떨리는 인형	비대시
색채	희미 조명 (민간·시원· 노란·주황)	파란색	빨간색	깜박이는 주황색 조명	주황색
음악	바와주제곡	경유악	비대시	비대시	비대시
이야기	장면	슬픔 유발	노명	두서너번	비대시

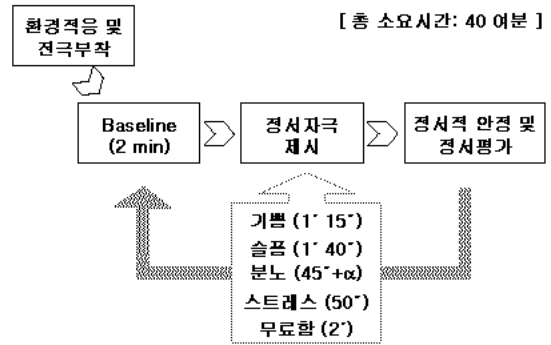
3. 실험환경 및 실험장비

실험은 가로 12m, 세로 6m의 방음실에서 이루어졌으며, 실험실 내부는 아동에게 친근한 분위기로 꾸며졌다.

인형은 아동의 약 1m 전방에 있는 작은 탁자 위에 제시되었고, 탁자 밑에는 아동의 행동을 관찰하기 위한 캠코더가 설치되었다. 지시문과 이야기자극은 스피커를 통해 전달하였다 (<그림 1>).



<그림 1> 실험 환경



<그림 2> 실험의 진행

심전도 (Electrocardiogram; ECG)와 광혈량도 (Photoplethysmography; PPG)의 측정에는 Grass Neurodata Acquisition System인 AcqKnowledge III (V. 3.5) 소프트웨어를 가진 BIOPAC MP100 하드웨어를 사용하였다.

ECG 전극은 Lead I에 따라 왼쪽과 오른쪽 (reference) 상완에 부착하였고, PPG 센서는 아동의 오른손 엄지에 부착하였다.

4. 실험절차

4-1. 환경적응 및 전극부착

실험자는 대기실에서 먼저 아동과의 라포를 형성하였다. 여러 가지 정서상황에 대한 예를 통해 정서변별훈련을 실시하였으며, 인형놀이라는 맥락에 맞춰 아동에게 실험 과정을 설명해 주었다.

실험실에서는 아동에게 실험실의 어두운 조명과 낮은 환경에 적응할 수 있는 시간을 준 뒤, 전극을 부착하였다.

4-2. 자극 제시 및 생리신호 측정과 정서평가

생리신호의 측정은 각 정서자극이 제시되기 전 2분(안정상태)과 정서자극이 제시되는 동안에 이루어졌다. 그리고 정서자극이 제시되고 난 이후마다 아동의 정서상태를 안정시키고, 아동의 자기보고를 통한 정서평가 (양경혜, 2000) 가 이루어졌다. (<그림 2>).

4-3. 디브리핑 (Debriefing)

모든 실험을 마친 후 전문가에 의해 유발된 아동의 정서를 디브리핑하였다.

5. 분석방법

실험을 계속할 수가 없는 아동이거나 noise 등에 의하여 데이터가 오염된 아동들을 제외한 총 132명 (학령이전 남아: 30/ 학령이전 여아: 33/ 학령이후 남아: 37, 학령이후 여아: 32)의 데이터가 분석에 활용되었다.

안정상태 동안과 정서자극이 주어지는 동안에 측정된 모든 심전도와 광혈량도 데이터를 각각 1분씩 분석하였다.

본 연구에서 분석, 사용한 심혈관계 생리반응 변수는 다음과 같다.

<표 2> 사용된 심혈관계 생리반응 변수들

사용변수	설 명
HR	심박률 (heart rate)/ 분당 심장박동 수
RSA	호흡주기 관련 심박률 변화 (respiratory sinus arrhythmia)/ 심장에 대한 비주신경 활동의 영향을 측정
HF HRV	심박률분산의 고주파수 성분/ R-R ECG 파워스펙트럼의 0.15~0.4 Hz, 부교감 신경의 영향에 민감.
LF HRV	심박률 분산의 저주파수 성분/ R-R ECG 파워스펙트럼의 0.04~0.15 Hz, 주로, 교감 신경의 영향에 민감.
HRV	심박률 분산 (heart rate variability)/ LF/HF, 심장에 대한 자율신경계 영향의 간 형상태를 측정
FPV	혈류량 (finger pulse volume)/ 말초 혈류량

정서자극이 주어지는 동안과 안정상태 동안의 각 변수들의 차이값을 이용하여 정서에 따라 그 차이가 유의미한지를 알아보기 위해 ANOVA와 사후 다중비교 (Tukey 검증)를 사용하였다. 또한 t 검증을 통해 안정상태에 대한 유발자극이 주어지는 동안의 상대적 변화를 살펴보았다.

결과

1. 정서평가

의도한 정서상태가 제대로 유발되었는지를 알아보기 위해 아동의 자기보고에 의한 정서평가를 분석하였다. 각 목표정서의 유발정도, 즉 유발자극의 적합성 (빈도 %)과 적합한 반응의 정서강도, 즉 유발자극의 효과성 (평균, 표준편차)이 표 2에 제시되어 있다. 스트레스를 제외한 모든 정서들이 75 % 이상 목표정서에 도달했으며, 그 정서강도 또한 높은 수준으로 나타나 각 정서별 생리반응을 신뢰할 수 있음을 뒷받침하고 있다.

<표 3> 유발자극의 적합성과 효과성

	기쁨	분노	슬픔	스트레스	무료함
적합성	98.5 %	75.6 %	90.1 %	61.5 %	87.5 %
효과성	94.15 (11.26)	91.68 (14.77)	81.20 (18.62)	86.87 (15.58)	77.48 (19.84)

2. 정서에 따른 생리반응 분석

2-1. 생리반응 변수에 따른 정서의 구분

심박률, 심박률 분산의 고주파수 성분과 저주파수 성분, 그리고 혈류량이 정서에 따라 유의미한 차이를 나타내었다 (<표 4>).

<표 4> 정서에 따른 심혈관계 생리반응 ANOVA

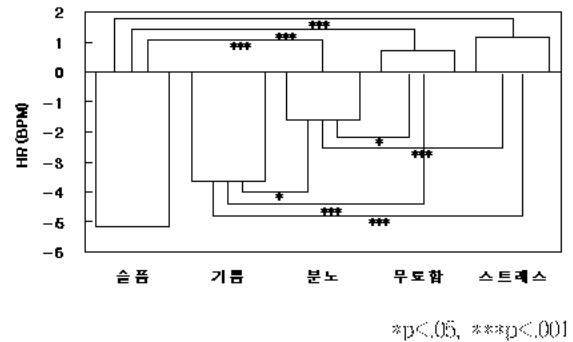
	F	df	Sig.
HR	29.049	4, 646	.000
HF	4.157	4, 616	.002
LF	4.755	4, 628	.001
FPV	4.572	4, 631	.001

각 변수별로 정서에 따른 반응패턴을 살펴

보면 다음과 같다.

심박률 분석 기쁨과 슬픔이 스트레스나 무료함과 구분되고, 분노가 다른 네 가지 정서모두와 구분되는 것으로 나타났다.

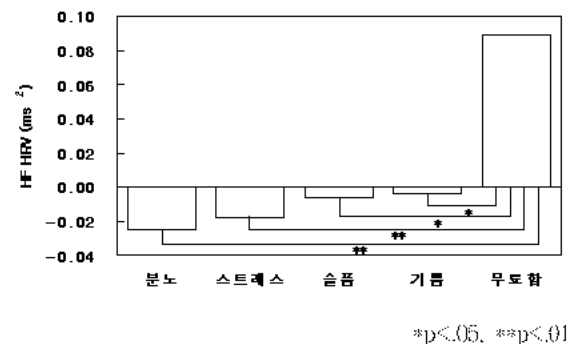
(슬픔 = 기쁨 < 분노 < 무료함 = 스트레스, 밑줄은 통계적으로 유의미한 차이가 없음을 나타낸다.)



<그림 3> 정서별 심박률 변화

고주파수 성분 분석 부교감 신경계의 활성화 지표인 고주파수 성분성분은 무료함 정서 동안 가장 큰 값을 보이면서 무료함을 다른 정서들과 구분하는 것으로 나타났다.

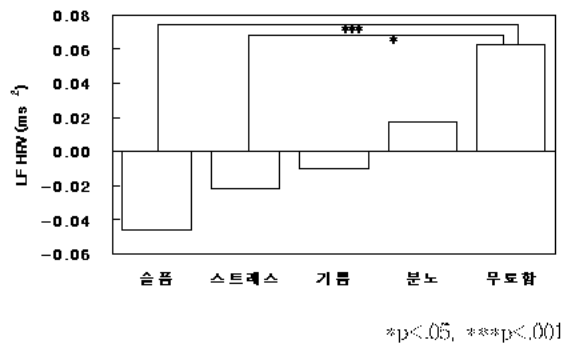
(분노 = 스트레스 = 슬픔 = 기쁨 < 무료함)



<그림 5> 정서별 고주파수 성분 변화

저주파수 성분 분석 슬픔과 무료함 간에, 그리고 스트레스와 무료함 간에 유의미한 차이를 보였다.

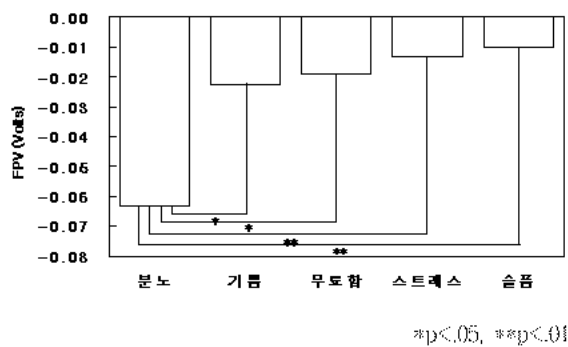
(슬픔 = 스트레스 = 기쁨 = 분노 = 무료함)



<그림 7> 정서별 저주파수 성분 변화

혈류량 분석 다른 정서에 비해 분노에서 가장 낮은 수준을 보이면서 나머지 네 정서 모두와 유의미한 차이를 나타내었다.

(분노 < 기쁨 = 무도함 = 스트레스 = 슬픔)



<그림 6> 정서별 혈류량 변화

2-2. 정서유발에 따른 생리반응의 변화

기쁨이나 분노 정서가 유발되는 동안은 안정상태에 비해 심박률과 혈류량이 감소하였고, 슬픔에서는 심박률과 저주파수 성분이 유의미한 감소를 보였다. 한편 스트레스 동안은 심박률이 증가하였으며, 무도함 정서에서는 심박률 변산의 두 주파수 성분들이 의미있는 증가를 보인 반면 혈류량은 의미있는 감소를 보였다.

<표 5> 정서유발에 따른 생리반응의 변화

정서 \ 생리반응	HR	HF HRV	LF HRV	FPV
기쁨	↓***			↓*
분노	↓**			↓***
슬픔	↓***		↓*	
스트레스	↑*			
무도함		↑***	↑**	↓*

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

논의 및 결론

아동정서에 대한 본 연구의 결과, 심박률은 기쁨, 분노, 슬픔 정서에서는 감소하고 스트레스에서는 증가를 보여주었다. 그리고 분노를 다른 네 가지 정서들과 구분하는 것이 가능하였으며 10개 정서쌍 중 기쁨-슬픔과 스트레스-무도함 정서쌍을 제외한 8개 정서쌍들에 대해 유의미한 차이를 나타내었다. 한편, 심박률 변산의 고주파수 성분은 무도함에서 뚜렷한 증가를 보이며 무도함을 다른 정서들과 구분하였으며, 저주파수 성분은 슬픔과 무도함에서 각각 가장 큰 감소와 증가를 보이면서 슬픔-무도함과 스트레스-무도함을 구분하였다. 혈류량 역시 분노를 경험하는 동안 뚜렷한 감소를 보여 나머지 정서들과의 구분이 가능하였다.

Lang et al. (2001)의 아동정서 연구에서는 쾌한 사진을 볼 때 심박률이 증가하였고 불쾌한 사진을 볼 때 심박률이 감소하였으나, 본 연구의 결과는 분노가 기쁨, 슬픔에 비해 더 작은 정도이긴 하나, 심박률이 세 정서에서 모두에서 감소하는 패턴을 보였다 <그림 3과 표 5>.

심박률은 그 자극원이 매우 다양하여 복합적인 속성을 가지기 때문에 동일한 정서의 유발자극들이라 하더라도 그 자극에 따라 다른 수준의 주의나 각성을 일으키고 이에 의해 민감하게 변화할 수가 있다 (Bauer, Russell M., 1998).

스트레스 자극에 대한 혈류량 반응도 기존의 연구 결과와는 다른 패턴을 보였다. 스트레

스 자극에 대한 성인의 심혈관 반응 연구들은 심박률과 혈압의 상승을 보고하고 있지만 (Fredrikson & Matthews, 1990; Manuck, Kasprowicz, and Muldoon, 1990; Sherwood and Turner, 1992; Manuck et al., 1990), 본 연구의 결과에서는 심박률은 상승하였으나 혈류량은 변화하지 않았다. 이는 선행연구와의 자극재료 차이에 기인하거나, 성인과 아동의 반응특성 차이에 기인한 것일 수 있다.

혈류량은 기쁨, 분노, 무로함의 정서를 경험하는 동안 유의미하게 감소하였으며, 분노를 다른 정서들과 뚜렷이 구분해주었다. 분노는 다른 정서들보다 혈류량이 더 많이 감소하였는데, 그 이유는 분노가 일어나는 동안 심리적 각성이 커지게 되고, 따라서 피부 대부분에서 혈액순환이 일어나기 때문에 혈류가 감소하여 분노를 표현하는 동안은 말초의 혈류가 감소하기 때문으로 보인다 (Peter D. Drummond & Saw Han Quah, 2001).

또한 고주파수 성분이 무로함에서만 큰 증가를 보이면서, 다른 정서들과 잘 구분이 된 것은 비주신경의 활성화에 민감한 고주파수 성분의 특성이 잘 반영된 결과로 여겨진다.

저주파수 성분은 교감신경계의 활성화 지표라는 해석과 교감신경과 부교감 신경 모두의 영향을 반영한다는 해석 사이에서 일치된 결론이 나지 않은 상태이다 (Bruce H. Friedman & Julian F. Thayer, 1998). 따라서 저주파수 성분에 초점을 맞춰 정서상태를 구분하기 위해서는 신중을 기해야 할 것이다.

본 연구의 결과는 심혈관계 생리반응 변수들을 통해 아동의 여러 정서들을 구별해냄으로써 심혈관계 생리반응이 아동의 정서상태에 대한 기술자(descriptor)로서 기능할 수 있음을 제시해 준다.

추후연구로는 첫째, 다른 생리반응 변수들을 사용함으로써 더욱 높은 확률을 가지고 아동 정서를 구분하고, 본 연구에서 확인하지 못한 기쁨-슬픔 정서쌍 등을 구분하는 연구와, 둘째, 본 연구에서 다루지 않은 다른 기본 정서들(예를 들어, 놀람, 공포 등)로의 확장연구가 필요하다.

감사의 글:

본 연구는 삼성종합기술원의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

- 양경혜, .2000. 아동정서유발 프로토콜 개발. 한국감성과학회 2000추계학술대회 발표논문집, 20-25
- Bauer, Russell M. 1998. Physiologic Measures of Emotion. *J Clin Neurophysiol*, Volume 15(5), 388-396
- Bruce H. Friedman & Julian F. Thayer. 1998. Autonomic balance revisited: Panic anxiety and heart rate variability. *Journal of Psychosomatic Research*, Vol.44, No1, 133-151
- Ekman, P., Levenson, R. W., & Friesen, W. V. 1983. Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions. *Science*, 22, 1208-1210
- Fredrikson, M., K. A. Matthews. 1990. Cardiovascular responses to behavioral stress and hypertension: A meta-analytic review, *Annals of Behavioral Medicine*, 12, 30-39
- John L. Andreassi. 1995. Heart Activity and Behavior: Developmental Factors, Motor and Mental Activities, Perception, Attention, and Orienting Responses. In *Psychophysiology: Human Behavior and Physiological Response*. New Jersey, USA; Lawrence Erlbaum Associates. 218-282
- Kenneth Hugdahl. 1995. Cardiovascular Psychophysiology, In *Psychophysiology: The Mind-Body Perspective*. London, England; Harvard University Press, 197-233
- Levenson. R. W., Ekman, P., & Friesen, W. V. 1990. Voluntary facial action

- generates emotion-specific autonomic nervous system activity, *Psychophysiology*, 27, 363-384
- Manuck, S. B., A. L. Kasprovicz, and M. F. Muldoon. 1990. Behaviorally evoked cardiovascular reactivity and hypertension: Conceptual issues and potential associations. *Annals of Behavioral Medicine*, 12, 17-29
- Mark H. McManis, Margaret M. Bradley, W. Keith Berg, Bruce N. Cuthbert, and Peter J. Lang. 2001. Emotional reactions in children: Verbal, physiological, and behavioral responses to affective pictures. *Psychophysiology*, 38, 222-231
- Peter D. Drummond & Saw Han Quah. 2001. The effect of expressing anger on cardiovascular reactivity and facial blood flow in Chinese and Caucasians. *Psychophysiology*, 38, 190-196.
- Sherwood, A., and J. R. Turner. 1992. A conceptual and methodological overview of cardiovascular reactivity research, In J. R. Turner, A. Sherwood, and K. C. Light, eds., *Individual differences in cardiovascular response to stress*. New York: Plenum Press. 3-32.
- Sinha R., Lovallo W. R., Parsons O. A. 1992. Cardiovascular differentiation of emotions. *Psychosom Med*, 54, 422-435.