

심장 반응 동기화를 이용한 공감 인식 방법

Empathy Recognition Method Using Synchronization of Heart Response

이동원¹ · 박상인² · 문성철³ · 황민철^{4†}

Dong Won Lee¹ · Sangin Park² · Sungchul Mun³ · Mincheol Whang^{4†}

Abstract

Empathy has been observed to be pivotal in enhancing both social relations and the efficiency of task performance. Empathetic interaction has been shown to begin with individuals mirroring each other's facial expressions, vocal tone, actions, and so on. The internal responses of the cardiovascular activity of people engaged in empathetic interaction are also known to be synchronized. This study attempted to objectively and quantitatively define the rules of empathy with regard to the synchronization of cardiac rhythm between persons. Seventy-four subjects participated in the investigation and were paired to imitate the facial expressions of their partner. An electrocardiogram (ECG) measurement was taken as the participants conducted the task. Quantitative indicators were extracted from the heart rhythm pattern (HRP) and the heart rhythm coherence (HRC) to determine the difference of synchronization of heart rhythms between two individuals as they pertained to empathy. Statistical significance was confirmed by an independent sample t-test. The HRP and HRC correlation(r) between persons increased significantly with empathy in comparison to an interaction that was not empathetic. A difference of the standard deviation of NN intervals (SDNN) and the dominant peak frequency decreased. Therefore, significant parameters to evaluate empathy have been proposed through a step-wise discrimination analysis. Empathetic interactions may thus be managed and monitored for high quality social interaction and communication.

Key words: Empathy, Emotion Recognition, Synchronization, Electrocardiogram, Imitation

※ 이 논문은 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2010-0029756, NRF-2018R1A2B6008901).

¹ 이동원: (주)스마트디아그노시스 연구개발팀

² 박상인: 상명대학교 산학협력단 특임교수

³ 문성철: CJ 헬로 기술담당

^{4†} (교신저자) 황민철: 상명대학교 미래융합공학대학 휴먼지능정보공학과 교수 / E-mail : whang@smu.ac.kr / TEL : 02-2287-5426

요약

공감은 사회관계의 중요한 요소로, 소통 및 과제 수행의 효율을 증가시킨다. 타인과의 상호작용에서 공감하기 위해 상대방의 얼굴 표정, 말투, 움직임 등을 무의식적으로 모방을 한다. 이 때 생리 반응인 심장 반응도 동기화 되는 현상을 보인다. 따라서 본 연구는 두 사람 사이의 심장 리듬 동기화를 통해 공감의 유무를 객관적이고 정량적으로 인식하는 규칙을 정의하고자 한다. 피험자 74명은 두 명씩 그룹을 지어 공감을 유발하는 표정 모방 과제를 수행하며 심전도 (electrocardiogram, ECG)를 측정하였다. 공감 유무에 따른 두 사람의 심장 리듬의 동기화를 확인하기 위해 심장 리듬 패턴(heart rhythm pattern, HRP)과 일관성(heart rhythm coherence, HRC) 신호에서 정량적으로 분석 가능한 지표들을 추출하였고 독립 표본 t검증을 통해 통계적 유의성을 확인하였다. 공감하는 경우 심장 리듬 패턴과 일관성에서 두 신호의 상관계수(correlation, r)가 공감하지 않는 경우보다 유의미하게 높았고, SDNN(the standard deviation of NN intervals) 차이와 우세한 피크의 주파수 차이는 유의미하게 낮은 형태를 보이며 동기화되었다. 공감도 규칙은 통계적으로 유의한 지표로 단계적 판별 분석을 수행하여 정의하였다. 본 연구에서 제안한 공감도 규칙을 직무, 인사 관리에 활용한다면 어떤 구성원들 사이에서 공감이 잘 일어나는지 정량적 판단이 가능해 효율적인 팀구성이 가능할 것이다.

주제어: 공감, 감성 인식, 동기화, 심전도, 모방

1. 서론

인간은 다양한 사람들과의 관계 속에서 언어와 비언어적 정보로 감성적 상호작용을 하며 살아간다. 이러한 관계에선 타인의 감성을 이해하고 공감하는 것이 중요하다. 타인에 대해 공감하기 위해 상호작용을 하면서 상대방의 얼굴 표정, 말투, 목소리, 움직임, 자세 등의 비언어적 정보를 무의식적으로 모방을 한다 (Hatfield et al., 1993; Lieberman, 2007). 얼굴 표정을 모방하면 뇌의 거울신경(mirror neuron) 및 기억 신경이 작용하여 상대방의 정서를 직접 느끼는 듯한 경험을 하게 되어 정서적 공감을 하게 된다(Sonnby-Borgström, 2002; Sonnby-Borgström et al., 2003; Rizzolatti & Craighero, 2004; Kim et al., 2012).

공감에 대해 선행된 연구 대부분은 공감의 유무에 따른 소통 및 과제 수행에 대한 효율성이었다. 그룹 내에서 공감의 유무에 따라 구성원들은 협력 및 업무 효율이 증가하였으며 긍정적인 감성을 느끼는 정도가 달랐다(Barsade, 2000; Bartel & Saavedra, 2000; Cote & Miners, 2006). 이렇듯 공감의 효과에 대해서는 많은 연구가 진행되었다. 하지만 어떤 구성원들 사이에서 공감이 잘 일어나는지에 대한 평가는 설문조사나 인터뷰로 주관적인 정성적 측정방법을 이용한 연구가 대부분이다(Barsade, 2000; Reniers et al., 2011). 주관적 평가 방법은 실험이 끝난 후 수행되기에 시점의 차이가

존재하며, 피험자의 기억과 정직함에 의존해야 하며, 정량적으로 측정 평가하기 어렵다는 한계가 있다.

심장 리듬 패턴(heart rhythm pattern, HRP)과 심장 리듬 일관성(heart rhythm coherence, HRC)은 감성 상태를 반영하는 유의미한 상관성 반응으로 정량적인 측정이 가능하다(McCraty, 2005; McCraty et al., 2009). 선행 연구에 따르면 그룹의 구성원들의 움직임과 호흡이 비그룹의 구성원들보다 더 높은 동기화를 보였고 (Codrons et al., 2014), 그룹의 구성원들이 합창을 하는 동안 자율신경계 반응의 동기화가 현상을 보인다고 보고하고 있다(Müller & Lindenberger, 2011). 이처럼 공감 유무에 따른 단순히 생리적 반응의 동기화 패턴만을 보고하고 있지만, 본 연구에서는 협력 및 업무 효율이 증가하도록 하는 공감을 구성원들 사이의 심장 리듬 패턴과 일관성 반응의 동기화로 인식하는 규칙을 정의하는데 목적이 있다. 오늘 날 기업의 업무는 개개인이 아닌 팀 단위의 업무로 진행되는 경우가 많다. 따라서 본 연구를 통해 구성원들 사이에서 발생하는 공감을 불수의 생리반응인 내현적 심장 반응을 추적하여 객관적이고 정량적으로 공감을 인식하고자 한다. 만약 누가 공감을 잘하는지, 어떤 구성원들 사이에서 공감이 잘 일어나는지 정량적으로 판단이 가능하다면 직무 및 인사 관리 등 다양한 분야에 있어 활용될 수 있을 것이고 이에 따라 구성원들은 소통, 업무 성과 및 만족도 등이 증가하게 될 것이다.

2. 연구방법

2.1. 피험자

자발적으로 지원한 20-29세($M \pm SD = 25.42 \pm 3.20$)의 상명대학교 대학생 74명(남녀 각각 37명)이 실험에 참여하였다. 모든 피험자들은 자율신경계 병력 및 가족력이 없었다. 피험자들은 소정의 피험자비를 지급받았다. 실험 전에 실험에 대한 동의서를 받았고, 실험 12시간 전부터는 술과 담배, 카페인 섭취를 금하고 충분한 휴식을 취하도록 요청하였다. 실험은 상명대학교 생명윤리심의위원회의 사전 심의를 받아 규정에 따라 수행되었다(IRB 승인번호: BE2013-9).

2.2. 실험 설계, 환경 및 과정

본 연구는 심장 반응의 동기화 차이를 통해 공감의 유무를 정량적으로 인식하고자 한다. 따라서 독립변인은 공감의 유무(공감하는 그룹 과제: 표정 모방/공감하지 않는 그룹 과제: 표정 자발적 표현)로 설정하였고, 종속변인은 두 사람간 심장 반응 동기화(심장 리듬 패턴, 심장 리듬 일관성) 차이로 설정하였다.

피험자들은 무작위로 두 명씩 공감하는 그룹과 공감하지 않는 그룹으로 포함되었고, 리더와 팔로워로 역할이 정해졌다. 실험 자극은 Ekman의 6가지 기본 감성(anger, disgust, fear, joy, sadness, surprise)의 얼굴 표정 사진을 활용하였다(Ekman, 1992). 공감을 유발하기 위해 리더와 팔로워는 서로 얼굴 표정을 모방하거나 스스로 표정을 지으면서 상호작용하였다(Hatfield et al., 1993; Rizzolatti & Craighero, 2004; Lieberman, 2007). 선행연구에 따르면 자연스러운 모방 및 의도적인 모방은 대상과의 정서적 공감과 사회적 결속력을 증가시키

는 기능을 한다고 보고하며, 공감을 유발하기 위해 모방 과제를 실험에 적용하고 있다(Sonnby-Borgström, 2002; Sonnby-Borgström et al., 2003; Rizzolatti & Craighero, 2004; Stel et al., 2008; Kim et al., 2012; Park et al., 2018).

리더와 팔로워는 얼굴을 마주보며 편하게 의자에 앉았다. 얼굴 표정이 제시되는 TV 디스플레이는 팔로워의 뒤쪽에 위치하여 리더만 볼 수 있도록 하였다. 실험은 소개와 연습, 과제 수행(표정 모방/표정 자발적 표현)으로 구성되었다. 실험 목적을 제외한 과정에 대해 설명한 후 Ekman의 6가지 기본감성 얼굴 표정에 대해 설명하였다. 90초 동안 각 표정당 15초씩 얼굴 표정 짓는 연습을 하였다.

표정 모방 과제에서 리더는 디스플레이를 통해 제시되는 6가지 표정을 따라 지어 팔로워에게 묘사하고 팔로워는 리더의 얼굴 표정을 모방했다. 표정 자발적 표현 과제에서 리더의 역할은 동일하지만, 팔로워는 리더의 얼굴 표정을 모방하지 않고 스스로 표정을 지었다. 피험자들은 두 과제 중 임의로 선정된 과제를 240초 동안 2번씩 반복 진행하였다. 반복 사이에는 이전 자극의 효과를 최소화하기 위해 10분의 휴식시간을 설정하였다. 실험을 하는 동안 리더와 팔로워의 심전도 신호를 측정하였다. 실험 환경과 과정은 Fig. 1, 2와 같다.

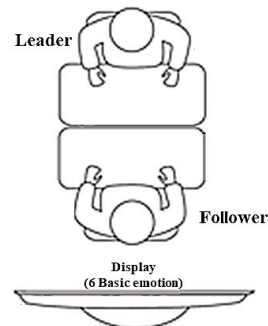


Fig. 1. Experimental environment

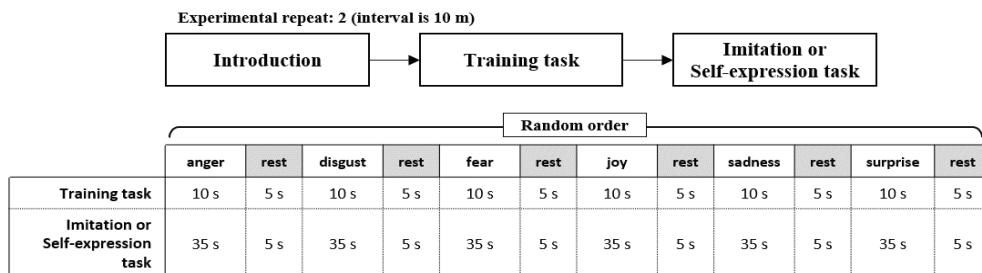


Fig. 2. Experimental process

2.3. 데이터 취득, 신호 처리 및 분석

심전도(electrocardiogram, ECG) 신호는 BIOPAC System (USA)의 MP100 전원 공급 장치와 ECG 100C 증폭기를 사용하여 표준사지유도법 Lead-I을 통해 500Hz 샘플링으로 측정되었고 National Instruments(USA)의 NI-DAQ-Pad 9205를 사용하여 디지털화하였다.

심전도 신호에서 R피크는 QRS 검출 알고리즘을 통해 검출하였다(Pan & Tompkins, 1985). R피크들의 간격인 RRI (R-peak to R-peak interval)는 500ms와 1200ms 범위의 정상 간격을 보이는 신호로 계산되었다. 시간 영역의 심장 리듬 패턴을 확인하기 위한 지표로 활용된 BPM (beat per minute)은 $60/RRI$ 로 계산하였다. 주파수 영역의 심장 리듬 일관성을 확인하기 위해 RRI는 2Hz로 재배열하여 시계열 데이터로 만들었다. 이후 FFT (fast fourier transform)하여 VLF (very low frequency)와 LF (low frequency), HF (high frequency)를 포함하는 0.0033-0.4Hz 스펙트럼 신호를 추출하였다(McCraty et al., 2009). 신호 처리는 LabVIEW 2016 (National Instruments Inc., USA)을 통해 수행되었다.

공감 유무에 따른 심장 반응의 동기화 차이를 확인하기 위해 과제를 하는 동안 시간 영역에서는 리더와 팔로워간의 심장 리듬 패턴을 통해 두 신호간의 상관성(correlation, r)과 두 신호간의 평균 BPM 차이(difference of average BPM), SDNN (the standard deviation of NN intervals) 차이(difference of SDNN)를 계산하였다. 또한, 주파수 영역에서는 리더와 팔로워간의 심장 리듬 일관성을 통해 두 신호간의 상관성과 두 신호의 가장 우세한 피크의 주파수 차이(difference of dominant peak frequency), 가장 우세한 피크의 진폭 차이(difference of dominant peak amplitude)를 계산하였다(McCraty et al., 2009). 자세한 분석 변수는 Fig. 3과 같다.

2.4. 통계 분석

공감 유무(표정 모방/표정 자발적 표현)에 따른 리더와 팔로워간 심장 리듬 패턴과 동기화 차이의 통계적 유의성을 확인하기 위해 독립 표본 t 검증을 진행하였다. 효과크기는 Cohen's d 를 계산하였고, 0.20과

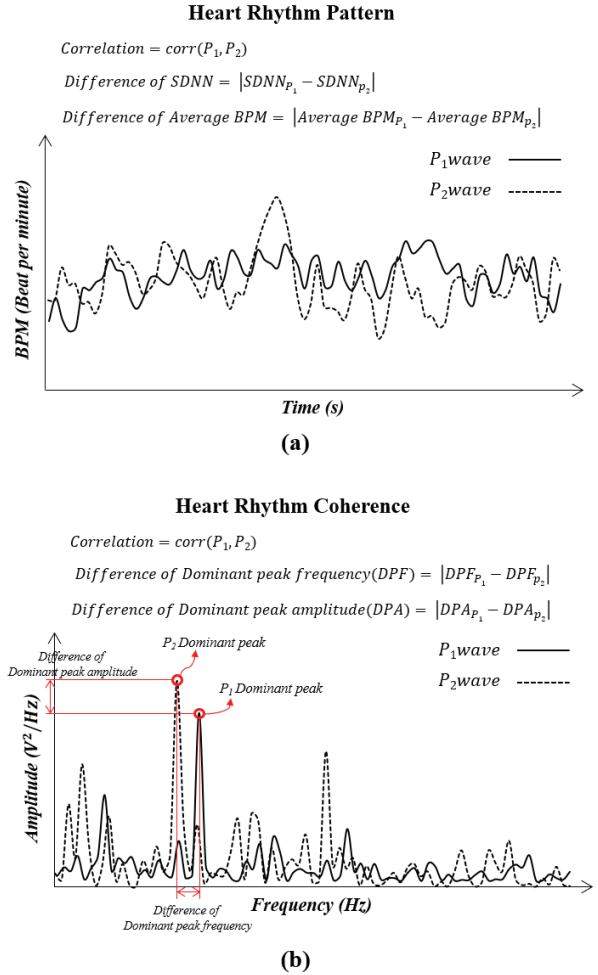


Fig. 3. Heart rhythm pattern(a) and heart rhythm coherence(b) analysis indicator

0.50, 0.80의 값은 일반적으로 각각 small과 medium, large로써 간주된다(Huck et al., 1974). 피어슨 상관 계수(r , $-1 \leq r \leq 1$)는 상관성 분석에 사용되었다. 상관 계수가 -1의 값에 가까워지면 강한 부정 상관성을 나타내고, 1의 값에 가까워지면 강한 긍정 상관성을 나타낸다. 공감을 인식하기 위한 규칙 정의하기 위해 통계적으로 유의미한 차이를 보인 지표로 단계적 판별 분석(stepwise discriminant analysis)을 진행하였다. 모든 통계 분석은 SPSS 21(SPSS, Inc., USA) 소프트웨어를 통해 수행되었다.

3. 연구결과

공감 유무에 따른 리더와 팔로워간 심장 리듬 패턴의 통계적 분석 결과, 리더와 팔로워간 상관계수는 표

정 모방 과제에서 표정 자발적 표현 과제보다 통계적으로 유의하게 큰 결과를 보였다. 리더와 팔로워간 SDNN의 차이는 표정 모방 과제가 표정 자발적 표현 과제보다 통계적으로 유의하게 적은 결과를 보였다. 리더와 팔로워간 평균 BPM 차이도 표정 모방 과제가 표정 자발적 표현 과제보다 적은 결과를 보였지만, 통계적 유의성은 확인할 수 없었다. 자세한 통계 차트 및 결과는 Fig. 4, Table 1과 같다.

공감 유무에 따른 리더와 팔로워간 심장 리듬 일관성의 통계적 분석 결과, 리더와 팔로워간 상관계수는 표정 모방 과제에서 표정 자발적 표현 과제보다 통계적으로 유의하게 큰 결과를 보였다. 리더와 팔로워간 가장 우세한 피크의 주파수 차이는 표정 모방 과제가 표정 자발적 표현 과제보다 통계적으로 유의하게 적은 결과를 보였다. 리더와 팔로워간 가장 우세한 피크의 진폭 차이는 표정 모방 과제가 표정 자발적 표현

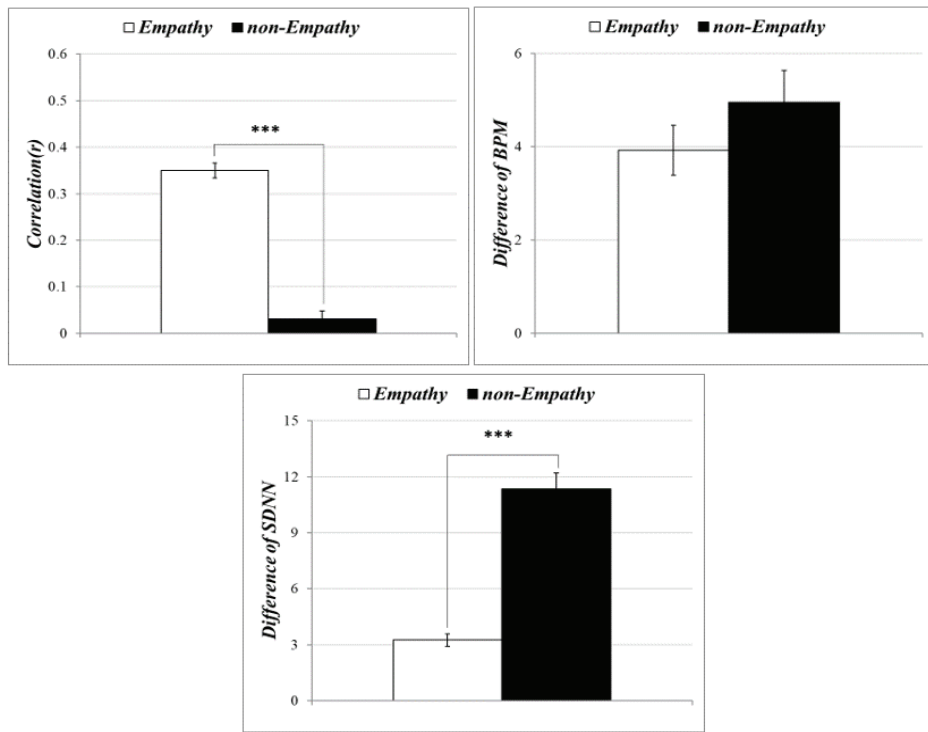


Fig. 4. Statistical chart of heart rhythm pattern

Table 1. Statistical analysis of heart rhythm pattern and heart rhythm coherence between leaders and followers based on empathy

		Empathy (Imitation Task)		Non-Empathy (Self-expression Task)		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>				
Heart rhythm pattern (HRP)	Correlation (<i>r</i>)	0.3496	0.0980	0.0312	0.1049	13.494	72	.000	3.1367
	Difference of average BPM	3.9225	3.3082	4.9483	4.2326	-1.161	72	.249	0.2700
	Difference of SDNN	3.2508	2.0313	11.3560	5.1767	-8.866	72	.000	2.0612
Heart rhythm coherence (HRC)	Correlation (<i>r</i>)	0.5057	0.1598	0.1047	0.1562	10.915	72	.000	2.5378
	Difference of peak frequency	0.0220	0.0534	0.0723	0.0416	-4.515	72	.000	1.0509
	Difference of peak amplitude	219.0880	261.8602	196.2141	225.6473	0.403	72	.688	0.0936

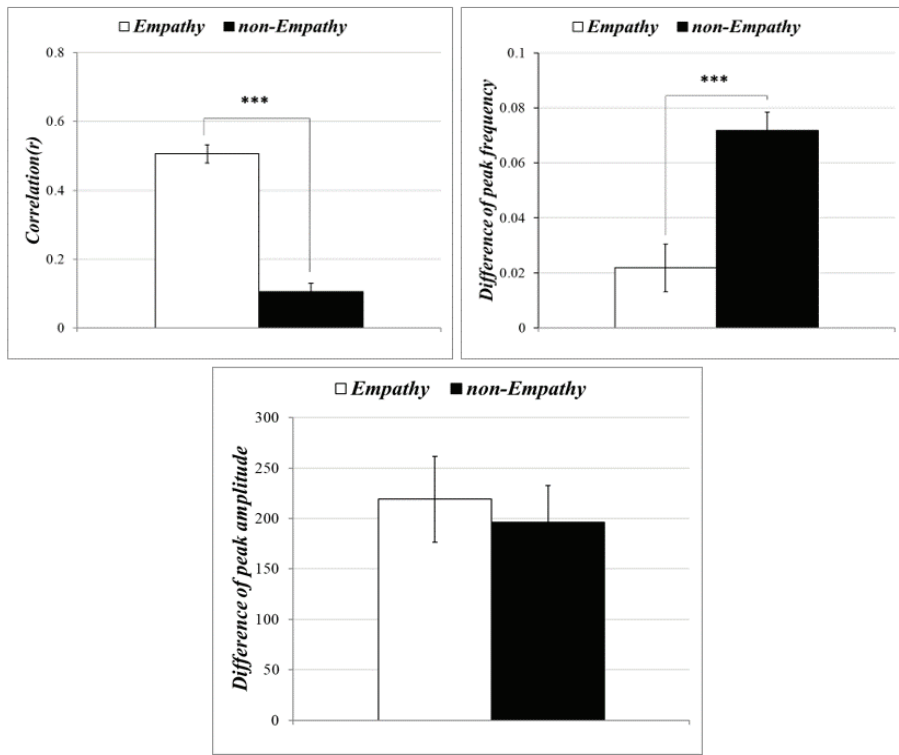


Fig. 5. Statistical chart of heart rhythm coherence

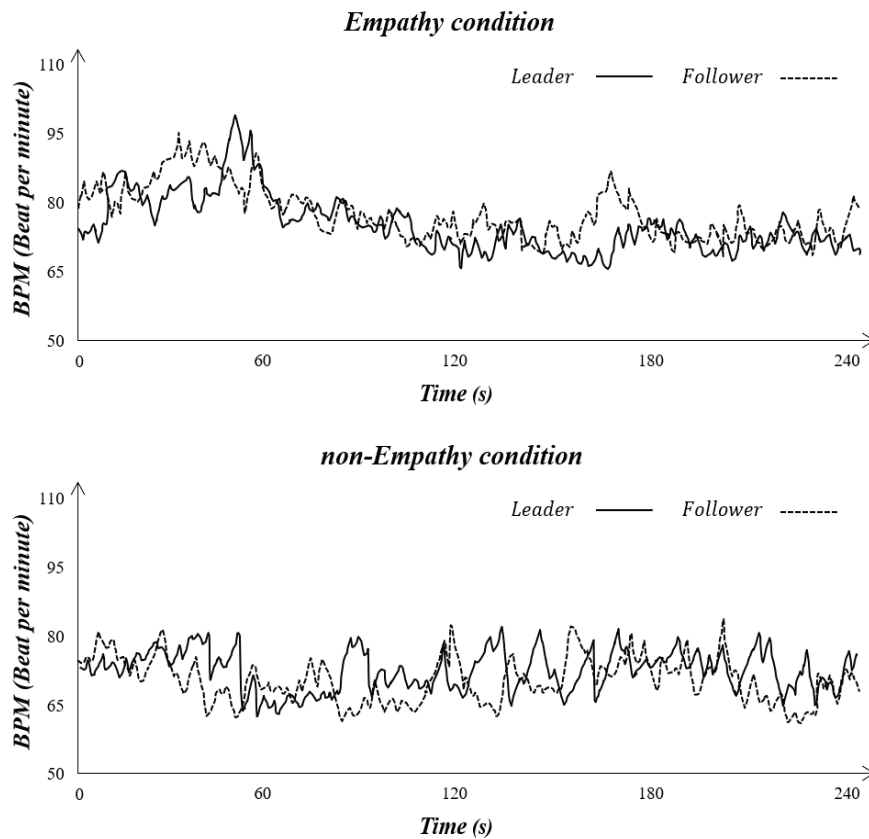


Fig. 6. Examples of heart rhythm pattern between leader and follower based on empathy

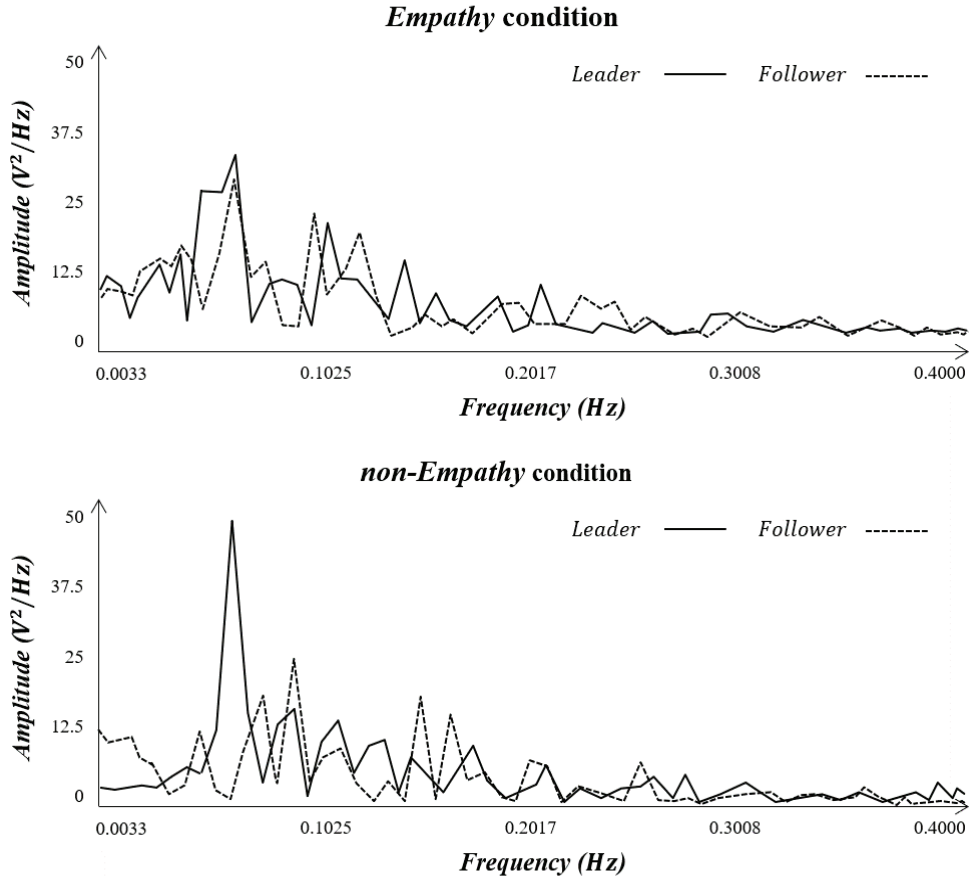


Fig. 7. Examples of heart rhythm coherence of leader and follower based on empathy

과제보다 큰 결과를 보였지만, 통계적 유의성은 확인할 수 없었다. 자세한 통계 차트 및 결과는 Fig. 5, Table 1과 같다.

공감 유무에 따른 리더와 팔로워간 심장 리듬 패턴과 일관성의 예시는 Fig. 6, 7와 같다. 표정 모방 과제에서 심장 리듬 패턴의 리더와 팔로워간 상관계수는 0.647, 평균 BPM 차이는 3.84(Leader: 72.58, Follower: 76.41), SDNN 차이는 3.15(Leader: 62.28, Follower: 65.43)의 결과를 보였고, 심장 리듬 일관성의 리더와 팔로워간 상관계수는 0.543, 가장 우세한 피크의 주파수 차이는 0.00(Leader: 0.05, Follower: 0.05), 가장 우세한 피크의 진폭 차이는 4.71(Leader: 36.31, Follower: 31.60)의 결과를 보였다. 표정 자발적 표현 과제에서 심장 리듬 패턴의 리더와 팔로워간 상관계수는 0.029, 평균 BPM 차이는 0.49(Leader: 73.32, Follower: 72.83), SDNN 차이는 6.81(Leader: 92.53, Follower: 85.72)의 결과를 보였고, 심장 리듬 일관성의 리더와 팔로워간 상관계수는 0.197, 가장 우세한 피크의 주파수 차이는

0.04(Leader: 0.05, Follower: 0.08), 가장 우세한 피크의 진폭 차이는 25.52(Leader: 49.45, Follower: 23.93)의 결과를 보였다.

공감 유무에 따른 리더와 팔로워간 심장 리듬 패턴과 일관성의 통계 분석 결과 유의미한 결과를 보인 심장 리듬 패턴의 상관계수, SDNN의 차이와 심장 리듬 일관성의 상관계수, 가장 우세한 피크의 주파수 차이를 통해 단계적 판별 분석을 진행하였다. 최종적으로 단계적 판별 분석 결과 심장 리듬 패턴의 상관계수, SDNN의 차이와 심장 리듬 일관성의 상관계수가 규칙의 변수로 선정되었으며, 판별 함수 규칙은 98.6%의 판별력을 가지고 있다고 예측되었다. 자세한 단계적 판별 분석 결과 및 도출된 규칙은 Table 2와 식 1과 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{공감도규칙} = & (0.665 \times zHRP_{(r)}) \\
 & - (0.320 \times zSDNN_{(diff)}) \\
 & + (0.507 \times zHRC_{(r)})
 \end{aligned} \tag{1}$$

Table 2. Result of stepwise discriminant analysis

Step / Variable		discriminant coefficients	Wilks' Lambda	F	df	p
Overall			0.193	115.886	3	.000
1	HRP- correlation	0.665	0.283		1	.000
2	HRP- Difference of SDNN	-0.320	0.210		2	.000
3	HRC- correlation	0.507	0.193		3	.000

4. 결론

인간은 다양한 사람들과의 관계 속에서 언어와 비언어적 정보로 감성적 상호작용을 하며 살아간다. 타인의 감성을 이해하고 공감하는 감성적 상호작용은 개인 및 그룹의 과제 수행의 효율성을 상승시켰다. 따라서 본 연구의 목적은 구성원들간 심장 리듬 패턴과 일관성 반응의 동기화로 공감을 인식하는 규칙을 정의하는 것이었다.

연구 결과, 공감 유무에 따른 리더와 팔로워간 심장 리듬 패턴의 상관계수, SDNN의 차이와 심장 리듬 일관성의 상관계수, 가장 우세한 피크의 주파수 차이 지표에서 통계적으로 유의한 결과를 확인하였다. 본 연구는 공감을 인식하는 것이 목적이기에 단계적 판별 분석을 진행하여 규칙을 도출하고자 하였으며, 심장 리듬 패턴의 상관계수, SDNN의 차이와 심장 리듬 일관성의 상관계수 지표로 규칙을 도출할 수 있었다. 본 연구에서는 공감을 유발하기 위해 얼굴 표정을 모방하는 과제를 진행하였다. 모방 과제는 거울 신경 기체의 작용으로 뇌 영역이 활성화되어 상대방의 정서를 느끼는 듯한 공감을 느끼게 되며(Rizzolatti & Craighero, 2004), 원심성 신경로(efference pathway)를 통해 주요 내장 기관에 명령을 내려 자율신경 반응들을 조절하며 인체의 내현적 반응이 동기화가 일어난다(McCraty et al., 2009; Park et al., 2015; Lee et al., 2017). 따라서 모방 과제를 하는 리더와 팔로워의 심장 리듬의 패턴 및 일관성 동기화 현상을 통해 공감의 유무를 인식할 수 있다. 본 연구에서는 동기화 현상을 리더와 팔로워의 두 신호의 상관계수를 통해 확인하였고 표정 모방 과제를 진행한 공감의 경우가 표정 자발적 표현 과제를 진행한 비공감의 경우보다 통계적으로 유의하

게 높은 패턴을 보였다. 이는 선행 연구에서 그룹이거나 협력하는 구성원의 동기화가 비그룹, 비협력 구성원의 동기화보다 더 높은 동기화 결과를 보인다는 결과와 같은 패턴이었다(Müller & Lindenberger, 2011; Codrons et al., 2014). 또한 공감 유무에 따른 리더와 팔로워의 심장 리듬 패턴의 SDNN 차이는 공감이 일어나지 않은 경우가 통계적으로 유의미하게 큰 패턴을 보였다. SDNN은 RRI의 표준편차 값으로, 그 값이 클수록 심장박동이 변화가 심함을 나타낸다(Nyklíček et al., 1997; Prkachin et al., 1999; Rainville et al., 2006). 따라서 공감이 일어나지 않은 경우 리더와 팔로워의 심장 반응은 공감이 일어난 경우보다 상대적으로 동기화가 발생하지 않으므로 심장박동의 변화의 차이가 심한 결과를 보였다고 해석할 수 있다.

본 연구를 통해 제안된 규칙은 객관적이고 정량적으로 측정 가능한 불수의 내현적 생리 반응인 심장 리듬 패턴과 일관성 반응의 동기화로 공감을 인식하는 방법이다. 따라서 누가 공감을 잘하는지, 어떤 구성원들 사이에서 공감이 잘 일어나는지 정량적으로 판단이 가능하며 이를 직무 및 인사 관리에 활용한다면 팀 구성원 간에 발생하는 갈등 최소화 및 성과 향상에 기여할 것으로 생각된다. 또한 오늘날 비즈니스는 다양한 분야의 협력이 이루어지는 융합형 프로젝트로 진행되므로 무엇보다 공감 능력이 중요하므로 뛰어난 공감을 능력을 가진 인재를 채용하는데 있어서도 활용될 수 있을 것이라 판단된다.

추후 연구를 통해 본 연구에서 제안한 심장 반응의 동기화를 통한 공감 인식 규칙이 단계적 판별 분석을 통해 도출된 98.6%의 판별력을 보이는지에 대한 검증과 이분법적인 공감의 유무 인식을 발전시켜 공감의 수준을 인식할 수 있는 규칙 도출해보고자 한다.

REFERENCES

- Barsade, S. G. (2000). The ripple effect: Emotional contagion in groups. DOI: 10.2139/ssrn.250894
- Bartel, C. A., & Saavedra, R. (2000). The collective construction of work group moods. *Administrative Science Quarterly*, 45(2), 197-231. DOI: 10.2307/2667070
- Codróns, E., Bernardi, N. F., Vandoni, M., & Bernardi, L. (2014). Spontaneous group synchronization of movements and respiratory rhythms. *PLoS One*, 9(9), e107538. DOI: 10.1371/journal.pone.0107538
- Cote, S., & Miners, C. T. (2006). Emotional intelligence, cognitive intelligence, and job performance. *Administrative Science Quarterly*, 51(1), 1-28. DOI: 10.2189/asqu.51.1.1
- Ekman, P. (1992). An argument for basic emotions. *Cognition & Emotion*, 6(3-4), 169-200. DOI: 10.1080/02699939208411068
- Hatfield, E., Cacioppo, J. T., & Rapson, R. L. (1993). Emotional contagion. *Current Directions in Psychological Science*, 2(3), 96-100. DOI: 10.1111/1467-8721.ep10770953
- Huck, S. W., Cormier, W. H., & Bounds, W. G. (1974). *Reading statistics and research*. New York: Harper & Row, 74-102.
- Lee, D. W., Park, S., & Whang, M. (2017). Emotion recognition method using heart-respiration connectivity. *Science of Emotion & Sensibility*, 20(3), 61-70.
- Lieberman, M. D. (2007). Social cognitive neuroscience: a review of core processes. *Annual Review of Psychology*, 58, 259-289. DOI: 10.1146/annurev.psych.58.110405.085654
- McCraty, R. (2005). Enhancing emotional, social, and academic learning with heart rhythm coherence feedback. *Biofeedback*, 33(4).
- McCraty, R., Atkinson, M., Tomasino, D., & Bradley, R. T. (2009). The Coherent Heart Heart-Brain Interactions, Psychophysiological Coherence, and the Emergence of System-Wide Order. *Integral Review: A Transdisciplinary & Transcultural Journal for New Thought, Research, & Praxis*, 5(2).
- Müller, V., & Lindenberger, U. (2011). Cardiac and respiratory patterns synchronize between persons during choir singing. *PLoS one*, 6(9), e24893. DOI: 10.1371/journal.pone.0024893
- Nyklíček, I., Thayer, J. F., & Van Doornen, L. J. (1997). Cardiorespiratory differentiation of musically-induced emotions. *Journal of Psychophysiology*, 11(4), 304-321.
- Pan, J., & Tompkins, W. J. (1985). A real-time QRS detection algorithm. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 32(3), 230-236.
- Park, S., Won, M. J., Lee, E. C., Mun, S., Park, M. C., & Whang, M. (2015). Evaluation of 3D cognitive fatigue using heart - brain synchronization. *International Journal of Psychophysiology*, 97(2), 120-130. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2015.04.006
- Park, S., Choi, S. J., Mun, S., & Whang, M. (2018). Measurement of emotional contagion using synchronization of heart rhythm pattern between two persons: Application to sales managers and sales force synchronization. *Physiology & Behavior*, 200, 148-158. DOI: 10.1016/j.physbeh.2018.04.022
- Prkachin, K. M., Williams-Avery, R. M., Zwaal, C., & Mills, D. E. (1999). Cardiovascular changes during induced emotion: An application of Lang's theory of emotional imagery. *Journal of Psychosomatic Research*, 47(3), 255-267. DOI: 10.1016/S0022-3999(99)00036-7
- Rainville, P., Bechara, A., Naqvi, N., & Damasio, A. R. (2006). Basic emotions are associated with distinct patterns of cardiorespiratory activity. *International Journal of Psychophysiology*, 61(1), 5-18. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2005.10.024
- Reniers, R. L., Corcoran, R., Drake, R., Shryane, N. M., & Völlm, B. A. (2011). The QCAE: A questionnaire of cognitive and affective empathy. *Journal of Personality Assessment*, 93(1), 84-95. DOI: 10.1080/00223891.2010.528484
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169-192. DOI: 10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230
- Stel, M., Van Baaren, R. B., & Vonk, R. (2008). Effects of mimicking: Acting prosocially by being emotionally

moved. *European Journal of Social Psychology*, 38(6), 965-976. DOI: 10.1002/ejsp.472

Sonnby-Borgström, M. (2002). Automatic mimicry reactions as related to differences in emotional empathy. *Scandinavian Journal of Psychology*, 43(5), 433-443. DOI: 10.1111/1467-9450.00312

Sonnby-Borgström, M., Jönsson, P., & Svensson, O. (2003). Emotional empathy as related to mimicry reactions at different levels of information processing. *Journal of Nonverbal Behavior*, 27(1), 3-23. DOI: 10.1023/A:1023608506243

원고접수: 2018.08.27

수정접수: 2018.12.28

게재확정: 2019.01.22