

행동 및 생리측정기반 개인 간 다중 감각정서 반응일치성

Consistency between Individuals of Affective Responses for Multiple Modalities based on Behavioral and Physiological Data

장준혁¹ · 김종완^{2†}

Junhyuk Jang¹ · Jongwan Kim^{2†}

Abstract

In this study, we assessed how participants represent various sensory stimuli experiences through behavioral ratings and physiological measurements. Utilizing intersubject correlation (ISC) analysis, we evaluated whether individuals' affective responses of dominance, arousal, and valence differed when stimuli of three modality conditions (auditory, visual, and haptic) were presented. ISC analyses were used to measure the similarities between one participant's responses and those of the others. To calculate the intersubject correlation, we divided the entire dataset into one subject and all other subject datasets and then correlated the two for all possible stimulus pair combinations. The results revealed that for dominance, ISCs of the visual modality condition were greater than the auditory modality condition, whereas, for arousal, the auditory condition was greater than the visual modality. Last, negative valence conditions had the greater consistency of the participants' reactions than positive conditions in each of the sensory modalities. When comparing modalities, greater ISCs were observed in haptic modality conditions than in visual and auditory modality conditions, regardless of the affective categories. We discussed three core affective representations of multiple modalities and proposed ISC analysis as a tool for examining differences in individuals' affective representations.

Key words: Intersubject Correlation, Affective Representation, Multiple Sensory Stimuli, Behavioral and Physiological Data

요약

본 연구는 참가자 간 상관(Intersubject correlation: ISC)기법을 통해 정서 유발 자극에 대한 한 참가자의 반응과 그 참가자를 제외한 나머지 참가자들의 반응 간 일치성이 각 정서표상 범주(지배가, 각성가, 정서가)와 다양한 감각양상(청각, 시각, 촉각)에서 어떠한 차이가 있는지 밝히고자 하였다. 참가자 간 상관을 계산하기 위해 사용된 데이터는 참가자들의 청각, 시각, 촉각 자극에 대한 생리 측정치와 정서 평정치로 구성되었으며, 한 참가자의 데이터 세트와 나머지 참가자들의 데이터 세트의 평균으로 구분한 뒤 가능한 모든 자극 쌍에 대해 상관을 구하는 방식으로 참가자 간 상관을 계산하였다. 연구 결과, 지배가를 기준으로 재정렬한 데이터 세트에 대한 참가자들의 반응 일치성은 청각 감각양상 조건보다 시각 감각양상 조건에서 높은 ISC 값을 얻었다. 다음으로 각성가로 재정렬한 데이터 세트의

* 이 논문은 한국연구재단 4단계 BK21사업(전북대학교 심리학과)의 지원을 받아 연구되었음(No.4199990714213).

¹ 장준혁: 전북대학교 심리학과 석사과정

^{2†} (교신저자) 김종완: 전북대학교 심리학과 교수 / E-mail: jongwankim80@jbnu.ac.kr / TEL: 063-270-3917

경우 시각 감각양상과 청각 감각양상에서 차이가 있음은 같았지만, 지배가 기준으로 재정렬한 데이터 세트와 결과가 상반되었다. 마지막으로, 정서가를 기준으로 재정렬된 데이터 세트는 모든 감각양상에서 부정적인 데이터 세트들이 긍정적인 데이터 세트보다 참가자들의 반응 일치성이 더 높았다. 모든 데이터 세트에서 정서표상 범주의 높고 낮음과 상관없이 촉각 감각양상에서 높은 ISC 값을 얻었다. 본 연구의 결과는 참가자 간 상관의 다양한 감각양상과 정서표상에 대한 반응의 일치성이 의미하는 바에 대한 해석을 제시하며, ISC 분석 방법이 참가자 반응의 차이에 대한 패턴을 측정하는 유용한 도구가 될 가능성을 제시하였다.

주제어: 참가자 간 상관, 정서적 표상, 다중 감각 자극, 정서평정, 생리측정

1. 서론

전통적인 심리학의 이론화 과정에서는 개인의 차이를 하나의 오차로 간주하며 통제해야 할 대상으로 여겨왔다. 하지만 정서 경험에 관한 심리학 연구에서는 같은 자극을 보더라도 개인 간 서로 경험하는 것이 다르다고 보고하였다 (Koch, 1913; Arnold, 1960). 예를 들어, Barrett & Bliss-Moreau(2009)는 사람들의 정서를 핵심 두 가지 차원인 정서가(valence) 차원과 각성가(arousal) 차원에 위치시켰을 때 각 정서의 위치가 원형 모델(circumplex model)의 형태를 띤다고 보고하였는데, 모든 사람에게 똑같이 완벽한 원형이 아니라 개인마다 약간의 차이가 있을 수 있다고 주장하였다. 특히, 정서가에 초점을 맞추는 사람들과 각성가에 초점을 맞추는 사람들은 서로 다르게 정서를 인식함을 밝혀냈는데, 정서가에 초점을 맞추는 사람은 부정 정서가 단어인 “분노”, “슬픔”과 긍정 정서가 단어인 “침착한”, “기쁨”, “신이 난”과 같이 서로 다른 정서가의 단어는 잘 구분하지만, 같은 정서가 내에 있는 “분노”, “슬픔”과 같은 단어들은 부정적인 의미로 비슷하게 사용한다 보고하였다. 또한, 정서가에 초점을 맞추는 사람들은 각성가가 다른 단어인 “침착한”이나 “신이 난” 역시 같은 정서가의 단어로 긍정적인 어휘로 분류되어 비슷하게 사용한다고 보고하였다. 반면, 각성가에 초점을 맞추는 사람들은 각성가가 높고 낮음이 정서를 구분하는 주요 특징이 되며, 정서의 다른 특징들의 영향을 적게 보고하는 경향을 띠었다. 나아가, 각성가에 초점을 맞추는 사람은 일반적인 사람들의 외부 자극에 대한 반응보다 민감했으며 이러한 민감함이 정서를 평정하는 데 반영이

되었다고 보고하였다(Barrett & Bliss-Moreau, 2009). 이렇듯 정서에 관한 연구들이 개인의 고유한 정서 표상 차이에 관심을 두기 시작하면서 개인의 차이를 살펴보고 이를 분석하기 위한 분석법들이 생겨났다.

1.1. 참가자 간 상관

Hasson et al.(2004)은 참가자들의 기능적 자기공명영상(Functional magnetic resonance imaging: fMRI) 데이터를 분석하는데 처음으로 참가자 간 상관(intersubject correlation: ISC)이라는 기법을 사용하였다. 기능적 자기공명영상 연구는 뇌 신경의 활동성을 유도하기 위해 참가자에게 운동, 시각, 청각, 체성 감각과 같은 자극이나 조건을 제시하여 뇌의 특정 부분의 혈류 신호 변화를 측정하거나 아무런 수행 없는 휴식 상태에서 뇌의 활동에 대한 신호를 측정한다. fMRI 데이터는 부피소(voxel) 단위로 측정되며, 개별 부피소 혹은 뇌 영역(Region of interest)을 분석하여 특정 자극이나 조건으로부터 유도된 변화나 휴식 상태의 뇌 활동 변화를 분석한다. 기존 fMRI 데이터를 이용한 연구들은 이러한 변화에 대해 유사성 분석(similarity analysis)을 이용하여 서로 다른 자극, 과제, 조건 등으로 도출된 상관 매트릭스(correlation matrix)를 비교하였다(Shinkareva et al., 2013). 자극에 대한 유사성 분석에서 상관은 각 자극으로 유도된 부피소의 패턴이 서로 얼마나 유사한지를 의미하며, 상관이 1에 가까울수록 자극들의 패턴 간 정적상관이 있음을, -1에 가까울수록 부적 상관이 있음을 알 수 있다. 기존 이용된 유사성 분석과 달리, 참가자 간 상관 기법은 참가자 한 명의 관심영역 변화에 초점을

맞추는 것이 아니라 모든 관심 영역 쌍이나 특정 관심 영역에 대한 서로 다른 참가자 간 상관관계를 살펴볼 수 있다(Nastase et al., 2019). 이 경우 참가자 간 상관은 해당 자극 쌍으로부터 활성화된 한 참가자의 특정 관심 영역 반응이 나머지 참가자들과 얼마만큼 일치하는지 혹은 고유한지를 의미한다(Najafi et al., 2017; Simony et al., 2016). 자기공명영상 데이터 외에도 행동 측정치를 이용하여 참가자 간 상관으로 개인차를 비교하는 시도가 있었다. Li et al.(2021)은 임상집단과 비임상집단에게 정서적 영상 자극을 제시하여 두 집단에 대한 정서가 평정을 받은 뒤 참가자 간 상관을 이용하여 두 집단의 정서적 일관성 반응을 분석했다. 임상적 집단과 비임상적 집단의 정서가 평정의 평균 차이는 유의미하게 차이가 나지 않았지만, 참가자 간 상관값은 임상적 집단이 슬픈 영상 자극에서 비임상적집단보다 유의미하게 작아 임상적 집단이 더 비동질적임을 주장하였다. 이는 참가자 간 상관값에 대한 분산분석이 기존의 분산 분석에서 밝힐 수 없는 집단 간 차이에 대한 정보를 보완했음을 의미한다. 행동 측정치 외에도 생리 측정치를 이용하여 참가자 간 상관으로 반응의 일치성을 알아보는 연구로, Bracken et al.(2014)은 신경생리학적순응(neurophysiological compliance)을 알아보기 위한 연구에서 말초신경계 측정의 동기성(synchronicity)이 감정 또는 행동 반응의 유사성과 관련이 있는지를 평가하기 위해 참가자 간 상관 분석을 사용하였다. 이들은 참가자들에게 정서적인 동영상을 제시하고 동영상이 끝난 뒤 실험 수익을 관련 단체에 기부할 것 인지 의사를 물었다. 기부자와 비기부자 집단 모두 심장 활동의 참가자 간 상관이 동영상이 정서를 유발하는 순간에 높아졌고 비기부자의 경우 피부전도도의 참가자 간 상관도 동영상이 정서를 유발하는 순간에 높아져 자극이 유발하는 감정과 말초신경계 동기성이 관련이 있음을 밝혀내었다. 이러한 연구 결과는 정서적 자극이 참가자들의 생리적 반응을 더 유사하게 만들음을 밝혀냈으며, 말초신경계 측정치를 이용한 참가자 간 상관 결과와 기능적 자기공명영상장치를 이용한 데이터의 참가자 간 상관의 결과가 서로 일치함을 시사한다.

1.2. 정서표상에 대한 기존 연구

정서표상에 대한 기존 연구들은 시각, 청각, 촉각 등과 같은 다양한 감각양상을 이용하여 정서 경험을 유발하고 이에 대한 생리 측정치나 정서 평정치를 사용하여 각 자극이 유발하는 정서표상에 대한 연구를 진행하였다. 먼저, 정서와 관련된 fMRI 데이터를 사용하는 연구에서는 얼굴(Mourão-Miranda et al., 2011, 2012; Kim, 2021), 사진(Baucom et al., 2012; Habes et al., 2013), 소리(Frühholz et al., 2016; Sachs et al., 2018; Shinkareva et al., 2013), 음악(Kim et al., 2017; Paquette et al., 2018), 영화(Kim et al., 2020; Masson & Isik, 2021)와 같은 다양한 자극을 이용하였다. 해당 연구들은 자극들을 제시하는 동안 뇌의 특정 부분의 혈류량 변화를 통해 연구에 사용된 자극들이 인간의 정신적인 작용에 영향을 미쳤음을 가정하고 기존의 연구(Barrett & Russell, 2014)에서 밝혀진 관심영역을 기반으로 해당 정신적인 작용이 핵심 정서차원(core affect)에서 어떻게 표상되는지 살펴보았다. 나아가, 단일 감각양상에 대한 연구 외에도 시각과 청각 감각양상으로 수용된 정서 표상의 차이를 비교하는 연구들(Kim & Wedell, 2016; Peelen et al., 2010)이 있었다. 해당 연구들은 다변량 분석 방법인 다차원척도법(multidimensional scaling)과 분류분석법(classification)을 사용하여 각 자극이 감각 보편적으로(modality general) 뇌에서 표상됨(representation)을 밝혔다. 하지만 Kim(2016)의 연구와 Peelen(2010)의 연구는 시각과 청각 감각양상으로 수용된 집단 전체적인 표상에 대한 정보는 얻을 수 있었지만, 참가자 간 반응의 일치성에 대해서는 어떠한 차이를 보이는지 알 수 없었다. 다음으로, 정서 표상에 대한 생리적 신호인 피부전도도를 이용하는 연구들이 있었다. 피부전도도는 정서 표상연구에서 각성수준의 차이에 대한 유용한 지표로 사용되어왔다(Bach et al., 2010). 뿐만 아니라 정서적 경험과 개인의 생리적 반응의 일치성에 대한 연구들(Bracken et al., 2014; Han et al., 2022)에서는 피부전도도가 정서적 경험하는 순간에 일관된 변화가 있음을 시사하였다. 하지만 Bracken(2014)의 연구와 Han(2022)의 연구의 정서 유발자극은

시각과 청각 감각양상이 복합된 동영상의 형태로 제시되어 시각과 청각 감각 고유의 일치성 변화에 대해서는 알 수 없었다. 마지막으로, 시각과 청각이 아닌 촉각 자극에 관한 연구는 촉각 자극과 다른 자극을 비교하는 연구(Sigrist et al., 2012)나 촉각 자극의 정서 평정 연구(Obrist et al., 2015)가 있었지만, 이 연구들은 단일 촉각 자극에 국한되거나 정서가 아닌 감각 지각에 대한 차이를 비교한 연구에 불과하였다.

따라서 본 연구에서는 참가자 간 상관관을 이용하여서 한 참가자의 반응과 그 참가자를 제외한 나머지 참가자들의 반응 대한 일치성이 여러 정서 표상 범주(지배가, 각성가, 정서가)와 세 가지 감각양상(청각, 시각, 촉각)에서 어떠한 차이가 있는지 살펴보고자 하였다.

2. 데이터 및 연구 방법

본 연구는 Gatti et al.(2018)이 공유한 데이터를 이용하였다.

2.1. 데이터

Gatti et al.(2018)의 실험에는 100명의 참가자가 참여하였다. 실험에 사용된 자극은 청각, 시각, 촉각 자극

이며, 청각 자극은 20개로 구성되어 있으며 10개의 International affective digitized sounds database (IADS) (Bradley & Lang, 1994)에서 추출한 자극과 10개의 연구로부터 추출한 자극이었다. 시각 자극은 10개의 International affective picture system database (IAPS) (Bradley & Lang, 1999)에서 추출한 자극과 10개의 그림으로 구성된 자극이었다. 마지막으로 촉각 자극 10개는 mid-air haptic device를 이용하여 제시했다. 참가자들은 각 자극에 대하여 자기보고 마네킹(Self-assessment manikin: SAM) (Bradley & Lang, 1994)을 이용하여 0점부터 100점까지 행동 측정치를 평정하였다. 다음으로, 생리적 반응으로는 피부전도도가 측정되었다. 참가자들은 컴퓨터 스크린 앞에 앉아 각 자극에 대한 피부전도도를 측정하고 SAM을 평정하였다. 정서적 반응을 유발하는 자극들은 무선적으로 제시되었으며, 감각양상의 순서효과나 다른 혼입을 배제하기 위해서 완전히 무선적으로 제시하였다. 실험과 관련하여 자세한 사항은 다음 링크를 참고하면 된다. <https://www.nature.com/articles/sdata2018120>

2.2. 분석 방법

본 연구는 데이터를 분석하기 위해 MATLAB R2021a 와 IBM SPSS 21 프로그램을 사용하였다.

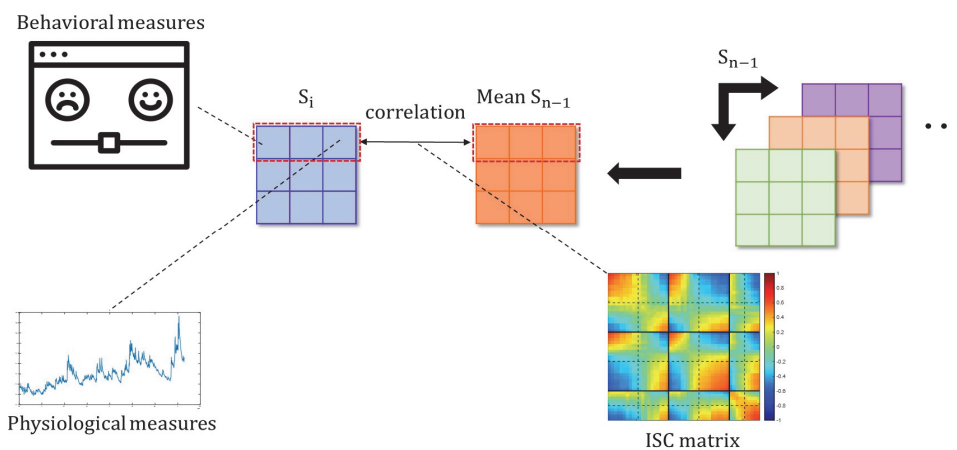


Fig. 1. ISC procedure diagram. Each row of the data set represents the behavioral ratings and physiological measures of each of fifty stimuli. To calculate intersubject correlation, the whole dataset was divided into one subject ($S_i S_i$) and all other subjects ($S_{n-1} S_{n-1}$) datasets. All other subjects dataset ($S_{n-1} S_{n-1}$) was averaged ($Mean S_{n-1} Mean S_{n-1}$). We then calculated correlations between a row $S_i S_i$ data and a row $Mean S_{n-1} Mean S_{n-1}$ data. This procedure was repeated for all possible pairs of stimuli, resulting in 50×50 ISC matrix

2.2.1. 참가자 간 상관

참가자들의 행동 측정치와 생리 측정치에 대한 참가자 간 일관성을 살펴보기 위하여 참가자 간 상관 기법을 사용하였다(Najafi et al., 2017; Simony et al., 2016) (Fig. 1). 참가자 간 상관을 구하기 위해서 먼저 특정 참가자와 그 참가자를 제외한 나머지(Leave one subject out) 데이터를 구분하였다. 한 참가자를 제외한 나머지 데이터 세트의 평균(특정 참가자를 제외한 참가자들의 대표값)을 산출한 뒤 하나의 자극에 대해 특정 참가자에게서 얻은 3개의 행동 측정치 데이터(지배가, 각성가, 정서가)와 7개의 생리 측정 데이터(유효한 피부전도도 피치의 개수, 반응시간, 유의미한 진폭의 합계, 피부전도도 그래프의 전체 합, 피부전도도 그래프의 넓이, 유효 피부전도도의 최댓값, 피부전도도의 토닉 수준)를 하나의 열(i)로 산정하고, 같은 방식으로 나머지 참가자의 평균 데이터 세트에서도 3개의 행동 측정치와 7개의 생리 측정치를 하나의 열(j)로 삼아 둘 사이의 상관을 구하였다. 해당 과정으로 얻은 참가자 간 상관 행렬의 수치는 1에 가까울수록 한 참가자와 나머지 참가자가 공유하는 반응의 패턴이 일치한다는 것이고, -1에 가까울수록 자극에 대한 개인의 고유한 반응으로 해석할 수 있다. 50개의 자극에 대해 서로 같은 자극 쌍과 서로 다른 자극 쌍에 대해서도 반복적으로 진행하여 50×50 행렬을 산출하였으며, 이 과정을 참가자 100명에 대하여 반복 시행하여 참가자 개인마다 참가자 간 상관을 구하였다. 기존 상관과 달리 참가자 간 상관 행렬은 같은 자극을 같은 참가자에게서 추출하는 것이 아니므로 대각선 값이 모두 1이 아니며, 대각선에 해당하는 값은 같은 자극 쌍에 대한 한 참가자와 다른 참가자들의 데이터 평균과의 상관을 의미한다. 참가자 간 상관에서 대각선 아래에 해당하는 값은 한 참가자의 특정 하나의 자극에 대한 반응과 나머지 참가자의 특정 자극을 제외한 자극에 대한 반응의 평균과의 상관을 의미하며, 대각선 위에 해당하는 값은 특정 자극에 대한 나머지 참가자들의 반응 평균과 한 참가자에 대한 나머지 자극에 대한 상관을 의미한다. 이러한 비대칭적인 구조의 문제를 해결하기 위해 50×50 행렬과 이를 전치 시킨(transpose) 행렬의 평균을 내어 대칭적인 행렬을 계산하였다(Najafi et al., 2017).

2.2.2. 참가자 간 상관 평균 비교

Gatti et al.(2018)의 실험에서 사용한 자극은 모든 자극에 대해 지배가와 각성가가 높고 낮거나, 정서가가 긍정과 부정인지 정의 내리지 않았기 때문에 데이터를 Z 점수화하고 특정 정서표상 범주(category)에서 참가자들이 평정한 수치가 높은 순서부터 낮은 순서로 재정렬시켰다. 예를 들면, 1번 참가자가 지배가 범주에서 19번째 시각 자극에 대하여 가장 높은 지배가를 부여하였다면 참가자 1번의 시각 자극의 1번 자리에 해당하는 자극에 원래 19번째 자극이 위치하도록 정렬하였다. 각 정서 범주에 따라 청각 자극과 시각 자극은 범주 수준이 높은 10개의 자극과 범주 수준이 낮은 10개의 자극으로 구분하였으며, 촉각 자극은 범주 수준이 높은 5개의 자극과 범주 수준이 낮은 5개의 자극으로 구분하였다. 참가자 간 상관값은 같은 범주 수준에 있는 참가자 간 상관값 데이터 세트와 다른 범주 수준에 있는 참가자 간 상관값 데이터 세트로 구분되었으며, 각 데이터 세트에 대해 반복측정 분산분석과 대응표본 t-검정을 시행하였다.

1) 같은 정서 범주(within category) 수준 감각양상 간 (cross modality) 비교

같은 정서 범주 수준의 데이터는 범주가 높은 수준(예를 들면, 정서가 범주의 경우 긍정 자극에 해당하는 시각, 청각, 촉각 자극, Fig. 2a)과 낮은 수준(예를 들면, 정서가 범주의 경우 부정 자극에 해당하는 시각, 청각, 촉각 자극, Fig. 2b)으로 나누어진 데이터 세트를 구분하였으며, 구분된 데이터 세트에 대해 범주 값이 높고 낮음 요인과 감각양상 요인을 이용하여 2 요인 반복측정 분산분석(repeated measure ANOVA)을 진행하였다. 특히 감각양상 요인에 대해서는 분산분석이 유의미한 경우 후속 분석으로서 추세 분석(trend analysis)을 시행하였다. 선형 추세에 대한 대비는 시각=-1, 청각=1, 촉각=0을 부여하여 시각 자극과 청각 자극의 데이터가 유의미하게 차이 나는지 확인하였고, 2차 곡선 추세에 대한 대비는 시각=1, 청각=1, 촉각=-2로 부여하여 촉각 자극과 나머지 두 자극이 차이 나는지 확인하였다.

2) 교차 정서 범주(cross category) 수준 비교

교차 정서 범주 수준에 해당하는 데이터 세트는 감각양상이 같은 영역(Fig. 2c)과 감각양상이 교차하는 데이터 세트(Fig. 2d)로 구분하고 두 영역에 대한 평균 비교를 시행하였다. 교차 범주는 범주 수준이 높은 자극과 범주 수준이 낮은 자극에 대한 참가자 간 상관값을 의미하며, 교차 감각양상은 제시되는 자극의 감각양상이 서로 교차하는 참가자 간 상관값을 의미한다. 각 개인으로부터 감각양상 내의 참가자 간 상관 정도와 감각양상 간 참가자 간 상관에 해당하는 영역에 대하여 대응표본 t-검정을 시행하였다.

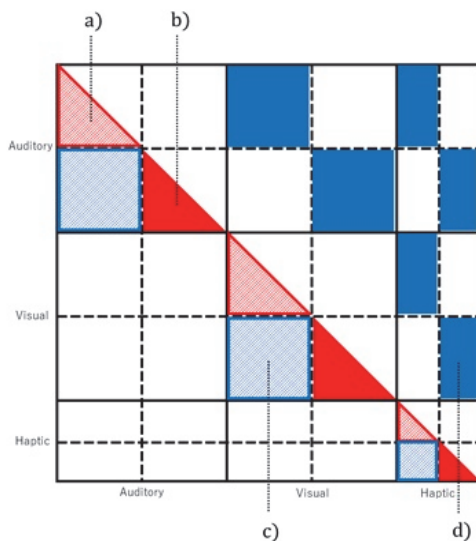


Fig. 2. The analysis dataset for repeated-measures ANOVA, indicating a) within-category high data, b) within-category low data, c) cross-category within modality data, and d) cross-category cross modality data

3. 연구 결과 및 논의

3.1. 같은 범주 수준 감각양상 간 비교

지배가 범주로 정렬한 데이터에서 범주 간 높고 낮음 요인에 대한 유의미한 차이가 있었다(Fig. 3 left), $F(1,99)=11.265, p=.001$. 지배가 범주로 정렬한 데이터의 참가자 간 상관값은 지배가 범주가 높은 경우보다 낮은 경우에 반응성이 더 일치하였다. 다음으로 통계적으로 감각양상 요인에 대한 유의미한 차이가 있었다(Fig. 3 left), $F(2,198)=42.378, p<.001$. 감각양상 요인에 따른 참가자 간 상관의 평균이 선형 혹은 2차 곡선형을 띠는지 확인하기 위하여 추세 분석을 시행하였다. 추세 분석 선형효과는 $F(1,99)=.366, p=.546$ 으로 유의미하지 않았으며, 2차 곡선에 대한 추세 분석은 통계적으로 유의하였다, $F(1,99)=23.578, p<.001$. 감각양상 중 촉각 자극 양상에 대한 반응의 일치성이 다른 두 감각양상 자극보다 반응의 일치성이 높음을 알 수 있다. 범주의 높고 낮음 요인과 감각양상 요인 간 상호작용에 대해서 유의미한 차이가 있었다(Fig. 3 left), $F(2,198)=114.698, p<.001$. 상호작용 효과 분석을 위해 각 범주 수준별 감각양상 조건들의 단순 주 효과(simple effect)를 분석하였다. 그 결과 시각과 청각 감각양상에서는, $p=.546$ 으로 유의하지 않은 결과를, 청각과 촉각 감각양상과 촉각과 시각 감각양상에서는 둘 다, $p<.001$ 로 유의한 차이를 보였다. 상호작용 결과 낮은 지배가에 해

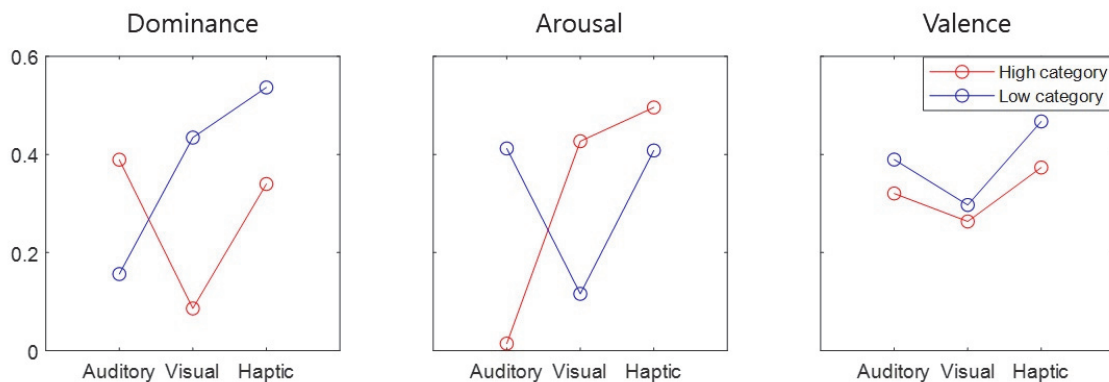


Fig. 3. The line graph for repeated measures ANOVA, based on ISC values, testing modality and category for (left) dominance, (center) arousal, and (right) valence

당하는 데이터는 감각양상이 청각 시각 촉각 순으로 변화함에 따라 참가자 간 상관성이 증가하는 선형패턴을 보이지만 높은 지배가에 해당하는 데이터는 감각양상이 청각에서 시각으로 변화할 때는 감소하고 다시 촉각으로 변화할 때 증가하는 U자 모형을 보였다. 각성가 범주로 정렬한 데이터에서 범주 간 높고 낮음에 대한 요인에서 유의미한 차이가 없었다(Fig. 3 center), $F=0.000, p=.992$. 다음으로 감각양상 요인에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다(Fig. 3. center), $F(2,198)=69.177, p<.001$. 추세 분석 결과 선형효과는 유의하였으며, $F(1,99)=9.882, p=.002$, 2차 곡선에 대한 추세 분석도 통계적으로 유의하였다, $F(1,99)=105.695, p<.001$. 감각양상 요인에서 촉각 자극 양상에 대한 반응의 일치성이 다른 두 감각양상 자극보다 반응의 일치성이 높음을 알 수 있으며, 시각과 청각 감각양상 중 시각 감각양상이 청각 감각양상보다 더 참가자 간 상관성이 높음을 알 수 있다. 범주의 높고 낮음 요인과 감각양상 요인 간 상호작용에 대해서 유의미한 차이가 있었다 (Fig. 3 center), $F(2,198)=204.157, p<.001$. 상호작용 효과 분석을 위해 각 범주 수준별 감각양상 조건들의 단순 주 효과를 분석하였다. 그 결과 시각과 청각 감각양

상에서는, $p=.002$ 로 유의한 결과를 청각과 촉각 감각양상과 촉각과 시각 감각양상에서는 둘 다, $p<.001$ 로 유의한 차이를 보였다. 상호작용 결과 낮은 각성가에 해당하는 데이터는 감각양상이 청각에서 시각으로 변화할 때는 감소하고 다시 촉각으로 변화할 때 증가하는 U자 모형을 보였으며, 높은 각성가에 해당하는 데이터는 감각양상이 청각에서 시각으로 변화할 때 증가하고 감각양상이 청각에서 시각으로 변화할 때 역시 증가하였지만, 증가하는 폭이 변하는 선형과 뒤집힌 U 모형을 보였다. 정서가 범주로 정렬한 데이터에서 긍정과 부정 요인에 대한 유의미한 차이가 있었다(Fig. 3 right), $F(1,99)=6.780, p=.011$. 다음으로 통계적으로 감각양상 요인에서 유의미한 차이가 있었다(Fig. 3 right), $F(2,198)=13.174, p<.001$. 추세 분석 선형효과는 유의하였으며, $F(1,99)=13.920, p<.001$, 2차 곡선에 대한 추세 분석 역시 유의하였다, $F(1,99)=12.643, p=.001$. 범주의 높고 낮음 요인과 감각양상 요인 간 상호작용에 대해서 유의미한 차이가 없었다(Fig. 3 right), $F=6.180, p<.011$. 높고 낮음 요인과 감각양상 요인 간 상호작용에 대해서 유의미한 차이가 없었다(Fig. 3 right), $F=6.180, p<.011$.

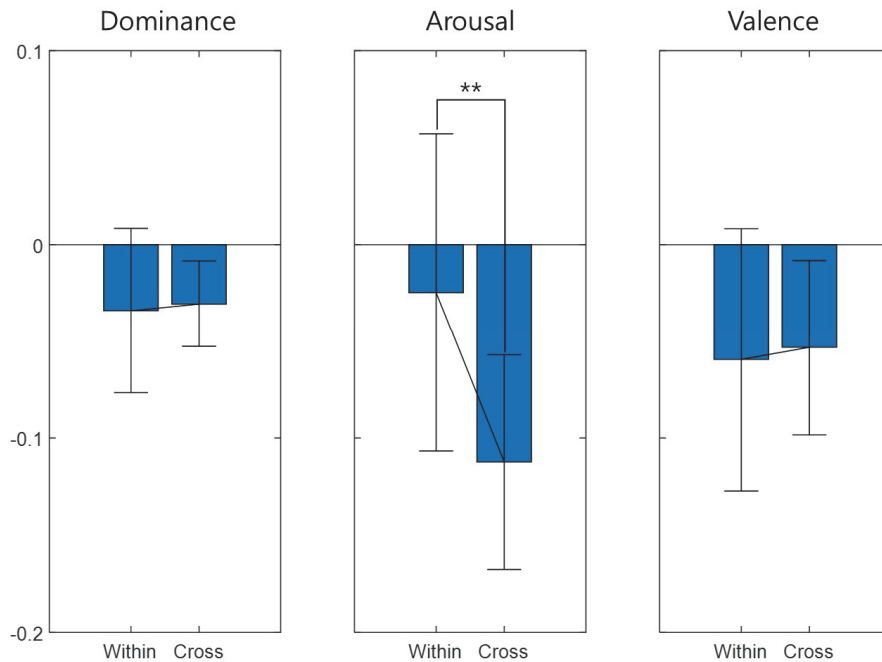


Fig. 4. The bar graphs with the error bars of repeated measures t-test results based on ISC values, comparing within- and cross-category conditions for (left) dominance, (center) arousal, and (right) valence

3.2. 범주 간 비교(Cross category)

지배가 범주로 정렬한 데이터에서 감각양상 내 교차 범주 데이터와 감각양상 간 교차 범주 데이터의 통계적 차이는 유의하지 않았다(Fig. 4 left), $t(99)=-.278$, $p=.781$. 각성가 범주로 정렬한 데이터에서 감각양상 내 교차 범주 데이터와 감각양상 간 교차 범주 데이터의 통계적 차이는 유의하였다(Fig. 4 center), $t(99)=7.171$, $p<.001$. 따라서 각성가로 정렬한 데이터는 감각양상 내 교차 범주 데이터보다 감각양상 간 교차 범주 데이터의 참가자 간 상관성이 낮으며 응답의 일치성이 떨어짐을 알 수 있다. 지배가 범주로 정렬한 데이터에서 감각양상 내 교차 범주 데이터와 감각양상 간 교차 범주 데이터의 통계적 차이는 유의하지 않았다(Fig. 4 right), $t(99)=-.714$, $p=.477$.

3.3. 논의

본 연구는 참가자 간 상관을 이용하여 개인의 반응양상을 희생하는 기존의 통계적 분석방법과 달리 참가자 간 상관값을 통해 각 정서표상 범주(지배가, 각성가, 정서가)와 다양한 감각양상(청각, 시각, 촉각)에서 참가자 간 표상의 일치성의 차이를 살펴볼 수 있었다.

연구 결과, 지배가로 정렬된 데이터 세트의 결과는 시각 감각양상에서 지배가 범주가 높은 데이터 세트의 참가자 간 상관성이 낮음을 발견하였다. 이러한 결과에 대한 해석은 지배가가 지니는 특징으로 설명할 수 있다. 기존 연구에서는 핵심 정서 차원을 정서가와 각성가 두 가지 차원을 이용한 정서 격자(emotional grid)나 x축과 y축으로 구성된 원형 모델로 표현하였다. 이 두 차원 외에 정서를 설명하는 새로운 차원으로서 지배가가 제시되었는데, 가령 Russell(1980)은 지배가를 정서적인 사건에 대한 사회적 또는 인지적인 해석으로, Bradley & Lang(1994)은 지각자와 인식된 객체나 상황 사이에 존재하는 상호작용적 관계로 정의하였다. 따라서 지배가를 기준으로 정렬한 데이터 세트에서 나타나는 반응의 일치성 차이는 지배가가 높은 자극에 대해 사람에 따라 다른 사회적 혹은 인지적 해석의 차이가

발생하며, 각 참가자는 해당 자극에 대해 외부 세계로부터의 위협이나 흥미로운 자극으로 다르게 평가했음을 의미한다. 특히, 청각 자극과 촉각 자극보다는 시각적인 자극에서 평가가 같았으며, 이에 따라 다른 두 감각양상과 비교하면 시각 양상으로 수용된 자극에 대한 개인의 해석차가 클 것으로 추측된다. 이러한 결과를 통해 기존 연구들에서 밝혀 온 핵심 정서 차원에 해당하는 정서가와 각성가를 제외한 새로운 차원으로서 지배가 표상에 대한 개인 반응의 차이를 기반으로 지배가의 의미를 밝히고 반응의 일치성을 살펴보았다는 의의가 있다. 다음으로, 각성가 범주로 정렬한 데이터를 참가자 간 상관을 한 결과 다른 두 감각양상보다 청각 감각양상에서 높은 각성가 범주의 데이터들이 개인의 반응에 대한 차이가 크게 나타남을 발견하였다. 최근 연구들(Gavazzeni et al., 2008; Gomez & Danuser, 2004; Kim & Wedell, 2016)에서 밝힌 각성가를 평정할 때 청각 자극에 대하여 더 중점적으로 반응한다는 결과와 비슷하게 본 연구의 결과에서도 청각 자극에 대한 반응이 다른 두 감각양상보다 각성가에서 중점적으로 나타났을 것으로 추측된다. 반면, 각성가 범주로 정렬한 데이터에서 촉각 자극이 다른 감각양상보다 일치성이 높은 이유는 촉각 자극은 시각이나 청각 자극과 비교하면 자율신경계에 영향을 많이 받았기 때문이라 추정된다. 관련 연구를 살펴보면, Croy et al.(2013)은 역겨움에 대하여 시각, 청각, 촉각, 후각으로 구성된 총 4가지 다른 감각양상 자극의 차이를 비교하였다. 이들은 해당 자극에 대한 역겨운 정도 평정치와 자율신경계 반응(심박수, 피부전도도, 혈압)을 측정하였다. 연구 결과 역겨움에 대해 평정치는 시각 자극에 대한 반응이 가장 높게 측정되었지만, 자율신경계 반응에선 후각과 촉각 자극에서 높은 수치를 보였다. 이러한 결과를 기반으로 생리 측정치를 피부전도도로만 사용하는 것이 다른 두 감각양상보다 촉각 감각양상에 대한 반응의 일치성을 높였을 것으로 추측된다. 정서가 범주로 정렬한 데이터에 관한 결과에 대하여 긍정 범주에 해당하는 데이터들보다 부정 범주에 해당하는 데이터들의 참가자 간 응답의 일치성이 보임을 확인하였다. 이러한 연구 결과는 긍정 ASMR 자극에 대한 정서 평정의 일치성이

높다는 선행 연구(Kim et al., in press)와 달리 부정 자극이 정서 처리와 관여된 뇌 영역의 참가자 간 상관을 높인다는 연구(Nummenmaa et al., 2012)와 일치하였다. 이러한 결과를 바탕으로 참가자들의 신체적, 생리적 반응은 긍정적인 자극보다는 부정적인 자극에 대해 더 유사한 반응을 보인다고 해석할 수 있다.

본 연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 자극에 대한 참가자의 생리적 반응 측정에 피부전도도만 사용했다는 한계가 있다. 피부전도도는 자율신경계 반응에 해당하며, 다른 감각양상보다 촉각 감각양상에서 일관되게 측정되었을 가능성을 제기하기 때문이다(Croy et al., 2013). 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서 추후 연구에서는 근전도(electromyography), 심박수와 같은 다른 생리 측정치를 추가하여 촉각 감각양상에서 일관되는 편향성에 차이가 있는지를 살펴볼 필요가 있다. 두 번째로, 본 연구에서 사용된 자극은 시각 자극 20개, 청각 자극 20개, 촉각 자극 10개로 자극의 수가 감각양상 간에 같지 않았다. 이러한 자극의 개수 차이는 연구에서 사용한 변량 분석에서 두 가지 문제를 유발할 수 있는데, 첫 번째로 변량분석의 통계적 검증력을 떨어뜨릴 수 있으며, 두 번째로 불균일한 분산으로 인해 통계적 강직성이 떨어질 수 있다. 청각 자극과 시각 자극은 각각 정서가와 각성가가 미리 통제된 10개의 자극을 포함하고 있지만, 촉각 자극은 그렇지 않았다. 따라서 후속 연구에서는 자극의 개수를 일치시키고 각 자극에 대한 통제조건을 일치시킬 필요가 있다.

4. 결론

본 연구에서 사용한 참가자 간 상관 기법은 기능적 자기공명 장치 영상 연구에서 특정 자극에 대한 신경학적 반응의 일치성을 살펴보기 위해 사용되어왔다(Ben-Yakov et al., 2012; Hasson et al., 2004; Nastase et al., 2019; Nummenmaa et al., 2018). 이러한 뇌 활동의 일치성은 자극에 대한 공유된 신체 및 정신적인 작용으로 여겨졌다(Chen et al., 2020; Lahnakoski et al., 2014; Simony et al., 2016). 따라서 참가자 간 상관은

개인 간의 동기화라는 수준으로 연결된 움직임(Hale et al., 2020), 생리적 반응의 동기성(Bracken et al., 2014; Jing et al., 2022), 정서적 친밀감(Miles et al., 2009), 소속감(Hove & Risen, 2009)등 여러 가지 의미로 해석되어왔다. 본 연구에서는 참가자 간 상관 기법을 이용하여 참가자들의 정서 표상 일치성이 높고 낮음과 수용되는 감각양상의 차이로부터 변화가 있는지 살펴보았다. 그 결과, 참가자 간 상관은 각 지배가, 각성가, 정서가로 정렬한 데이터 세트에서 각 감각양상 자극에 따라 고유한 패턴이 있었다. 이러한 패턴들은 다른 선행연구를 지지하거나 상반되는 결과였다. 정리하자면, 참가자 간 상관은 참가자들의 반응 일치성을 측정하며, 참가자 간 일치성의 차이는 다양한 외부 환경으로부터 비롯되는 공유된 심리 과정 패턴의 차이를 바라보는 창으로의 가치가 있다.

REFERENCES

- Arnold, M. B. (1960). *Emotion and personality*.
- Bach, D. R., Friston, K. J., & Dolan, R. J. (2010). Analytic measures for quantification of arousal from spontaneous skin conductance fluctuations. *International Journal of Psychophysiology*, 76(1), 52-55.
- Barrett, L. F., & Bliss-Moreau, E. (2009). Chapter 4 affect as a psychological primitive. *Advances in Experimental Social Psychology*, 41, 167-218.
- Baucom, L. B., Wedell, D. H., Wang, J., Blitzer, D. N., & Shinkareva, S. V. (2012). Decoding the neural representation of affective states. *NeuroImage*, 59(1), 718-727.
- Ben-Yakov, A., Honey, C. J., Lerner, Y., & Hasson, U. (2012). Loss of reliable temporal structure in event-related averaging of naturalistic stimuli. *NeuroImage*, 63(1), 501-506.
- Bracken, B. K., Alexander, V., Zak, P. J., Romero, V., & Barraza, J. A. (2014, June). Physiological synchronization is associated with narrative emotionality and subsequent behavioral response. In International conference on

- augmented cognition (pp. 3-13). *Springer*, Cham.
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1), 49-59.
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1999). Fearfulness and affective evaluations of pictures. *Motivation and Emotion*, 23(1), 1-13.
- Chen, P. H. A., Jolly, E., Cheong, J. H., & Chang, L. J. (2020). Intersubject representational similarity analysis reveals individual variations in affective experience when watching erotic movies. *NeuroImage*, 216, 116851.
- Croy, I., Laqua, K., Süß, F., Joraschky, P., Ziemssen, T., & Hummel, T. (2013). The sensory channel of presentation alters subjective ratings and autonomic responses toward disgusting stimuli—Blood pressure, heart rate and skin conductance in response to visual, auditory, haptic and olfactory presented disgusting stimuli. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 510.
- Frühholz, S., van der Zwaag, W., Saenz, M., Belin, P., Schobert, A.-K., Vuilleumier, P., & Grandjean, D. (2016). Neural decoding of discriminative auditory object features depends on their socio-affective valence. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 11(10), 1638-1649.
- Gatti, E., Calzolari, E., Maggioni, E., & Obrist, M. (2018). Emotional ratings and skin conductance response to visual, auditory and haptic stimuli. *Scientific Data*, 5(1), 1-12.
- Gavazzeni, J., Wiens, S., & Fischer, H. (2008). Age effects to negative arousal differ for self-report and electrodermal activity. *Psychophysiology*, 45(1), 148-151.
- Gomez, P., & Danuser, B. (2004). Affective and physiological responses to environmental noises and music. *International Journal of Psychophysiology*, 53(2), 91-103.
- Habes, I., Krall, S. C., Johnston, S. J., Yuen, K. S. L., Healy, D., Goebel, R., Sorger, B., & Linden, D. E. J. (2013). Pattern classification of valence in depression. *NeuroImage: Clinical*, 2(1), 675-683.
- Hale, J., Ward, J. A., Buccheri, F., Oliver, D., & Hamilton, A. F. D. C. (2020). Are you on my wavelength? interpersonal coordination in dyadic conversations. *Journal of Nonverbal Behavior*, 44(1), 63-83.
- Han, J., Lang, A., & Amon, M. J. (2022). Can media synchronize our physiological responses? Skin conductance synchrony as a function of message valence, arousal, and emotional change rate. *Communication Monographs*, 89(1), 47-69.
- Hasson, U., Nir, Y., Levy, I., Fuhrmann, G., & Malach, R. (2004). Intersubject synchronization of cortical activity during natural vision. *Science*, 303(5664), 1634-1640.
- Hove, M. J., & Risen, J. L. (2009). It's all in the timing: Interpersonal synchrony increases affiliation. *Social Cognition*, 27(6), 949-960.
- Kim, I., Jang, J., Kim, H., & Kim, J. (in press). Measuring consistency of affective responses to ASMR stimuli across individuals using intersubject correlation. *Korean Journal of Cognitive and Biological Psychology*.
- Kim, J., & Wedell, D. H. (2016). Comparison of physiological responses to affect eliciting pictures and music. *International Journal of Psychophysiology*, 101, 9-17.
- Kim, J., Shinkareva, S. V., & Wedell, D. H. (2017). Representations of modality-general valence for videos and music derived from fMRI data. *NeuroImage*, 148, 42-54.
- Kim, J., Weber, C. E., Gao, C., Schulteis, S., Wedell, D. H., & Shinkareva, S. V. (2020). A study in affect: Predicting valence from fMRI data. *Neuropsychologia*, 143, 107473.
- Kim, J. (2021). Representation of facial expressions of different ages: A multidimensional scaling study. *Science of Emotion and Sensibility*, 24(3), 71-80.

- Lahnakoski, J. M., Glerean, E., Jääskeläinen, I. P., Hyönä, J., Hari, R., Sams, M., & Nummenmaa, L. (2014). Synchronous brain activity across individuals underlies shared psychological perspectives. *NeuroImage*, *100*, 316-324.
- Li, X., Zhu, Y., Vuoriainen, E., Ye, C., & Astikainen, P. (2021). Decreased intersubject synchrony in dynamic valence ratings of sad movie contents in dysphoric individuals. *Scientific Reports*, *11*(1), 1-13.
- Masson, H. L., & Isik, L. (2021). Functional selectivity for social interaction perception in the human superior temporal sulcus during natural viewing. *NeuroImage*, *245*, 118741.
- Miles, L. K., Nind, L. K., & Macrae, C. N. (2009). The rhythm of rapport: Interpersonal synchrony and social perception. *Journal of Experimental Social Psychology*, *45*(3), 585-589.
- Mourão-Miranda, J., Haroon, D. R., Hahn, T., Marquand, A. F., Williams, S. C. R., Shawe-Taylor, J., & Brammer, M. (2011). Patient classification as an outlier detection problem: An application of the one-class support vector machine. *NeuroImage*, *58*(3), 793-804.
- Mourão-Miranda, J., Almeida, J. R., Hassel, S., Oliveira, L. de, Versace, A., Marquand, A. F., Sato, J. R., Brammer, M., & Phillips, M. L. (2012). Pattern recognition analyses of brain activation elicited by happy and neutral faces in unipolar and bipolar depression. *Bipolar Disorders*, *14*(4), 451-460.
- Najafi, M., Kinnison, J., & Pessoa, L. (2017). Dynamics of intersubject brain networks during anxious anticipation. *Frontiers in Human Neuroscience*, *11*, 552.
- Nastase, S. A., Gazzola, V., Hasson, U., & Keysers, C. (2019). Measuring shared responses across subjects using intersubject correlation. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *14*(6), 669-687.
- Nummenmaa, L., Glerean, E., Viinikainen, M., Jääskeläinen, I. P., Hari, R., & Sams, M. (2012). Emotions promote social interaction by synchronizing brain activity across individuals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *109*(24), 9599-9604.
- Nummenmaa, L., Lahnakoski, J. M., & Glerean, E. (2018). Sharing the social world via intersubject neural synchronisation. *Current Opinion in Psychology*, *24*, 7-14.
- Obrist, M., Subramanian, S., Gatti, E., Long, B., & Carter, T. (2015, April). Emotions mediated through mid-air haptics. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2053-2062).
- Paquette, S., Takerkart, S., Saget, S., Peretz, I., & Belin, P. (2018). Cross-classification of musical and vocal emotions in the auditory cortex. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1423*(1), 329-337.
- Peelen, M. V., Atkinson, A. P., & Vuilleumier, P. (2010). Supramodal representations of perceived emotions in the human brain. *Journal of Neuroscience*, *30*(30), 10127-10134.
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, *39*(6), 1161-1178.
- Sachs, M. E., Habibi, A., Damasio, A., & Kaplan, J. T. (2018). Decoding the neural signatures of emotions expressed through sound. *NeuroImage*, *174*, 1-10.
- Shinkareva, S. V., Wang, J., & Wedell, D. H. (2013). Examining similarity structure: Multidimensional scaling and related approaches in neuroimaging. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2013.
- Sigrist, R., Rauter, G., Riener, R., & Wolf, P. (2012). Augmented visual, auditory, haptic, and multimodal feedback in motor learning: A review. *Psychonomic Bulletin & Review*, *20*(1), 21-53.

Simony, E., Honey, C. J., Chen, J., Lositsky, O., Yeshurun, Y., Wiesel, A., & Hasson, U. (2016). Dynamic reconfiguration of the default mode network during narrative comprehension. *Nature Communications*, 7(1), 1-13.

원고접수: 2022.05.12
수정접수: 2022.08.03
게재확정: 2022.09.20.