

사건관련전위 관찰에 기초한 언캐니 밸리 현상에 대한 탐색적 이해

Exploratory Understanding of the Uncanny Valley Phenomena Based on Event-Related Potential Measurement

김대규* · 김혜윤* · 김기연* · 장필식** · 정우현*** · 현주석*†
Dae-Gyu Kim* · Hye-Yun Kim* · Giyeon Kim* · Phil-Sik Jang** · Woo Hyun Jung*** · Joo-Seok Hyun*†

*중앙대학교 심리학과

*Department of Psychology, Chung-Ang University

**세한대학교 정보물류학과

**Department of IT & Logistics, Sehan University

***충북대학교 심리학과

***Department of Psychology, Chungbuk National University

Abstract

Uncanny valley refers to the condition where the affinity of a human-like object decreases dramatically if the object becomes extremely similar to human, and has been hypothesized to derive from the cognitive load of categorical conflict against an uncanny object. According to the hypothesis, the present study ran an oddball task consisting of trials each displaying one among a non-human, human and uncanny face, and measured event-related potentials (ERPs) for each trial condition. In Experiment 1, a non-human face was presented in 80% of the trials (standard) whereas a human face for another 10% trials (target) and an uncanny face for the remaining 10% trials (uncanny). Participants' responses were relatively inaccurate and delayed in both the target and uncanny oddball trials, but neither P3 nor N170 component differed across the three trial conditions. Experiment 2 used 3-D rendered realistic faces to increase the degree of categorical conflict, and found the behavioral results were similar to Experiment 1. However, the peak amplitude of N170 of the target and uncanny trials were higher than the standard trials while P3 mean amplitudes for both the target and uncanny trials were comparable but higher than the amplitude for the standard trials. P3 latencies were delayed in the order of the standard, target, and uncanny trials. The changes in N170 and P3 patterns across the experiments appear to arise from the categorical conflict that the uncanny face must be categorized as a non-target according to the oddball-task requirement despite its perceived category of a human face. The observed increase of cognitive load following the added reality to the uncanny face also indicates that the cognitive load, supposedly responsible for the uncanny experience, would depend on the increase of categorical conflict information subsequent to added stimulus complexity.

Key words: uncanny valley, human-likeness, cognitive load, oddball task, event-related potentials (ERPs), N170, P3

※ 이 논문은 2014년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2014S1A5A2A03066219).

† 교신저자: 현주석 (중앙대학교 사회과학대학 심리학과, 인지 및 지각 전공)

E-mail : jshyun@cau.ac.kr

TEL : 02-820-5128

FAX : 02-816-5124

요약

언캐니 밸리 현상이란 인간 유사성을 보이는 대상에 대한 부정적 감정의 발생되는 상황을 의미하며, 이는 언캐니 자극에 대한 범주화 과정에서 초래된 인지적 부담이 원인일 가능성이 있다. 본 연구는 인지적 부담 가설에 근거해 비인간, 인간 및 언캐니 얼굴에 대한 oddball 과제를 실시하고 세 얼굴이 촉발시킨 사건관련전위를 관찰했다. 실험 1에서는 도식적 얼굴을 사용해 전체 시행 중 80%의 시행에서 비인간 얼굴을(일반 시행), 10% 시행에서 인간(표적 시행) 그리고 나머지 10%의 나머지 시행에서 언캐니 얼굴(언캐니 시행)을 제시하였다. 그 결과, oddball 시행에 해당하는 표적 및 언캐니 시행의 반응이 상대적으로 부정확했으며 반응시간 또한 지연되었으나 세 시행 유형 간 P3 및 N170 성분의 차이는 분명하지 않았다. 실험 2에서는 3-D 렌더링을 통해 사실감을 증가시켜 범주적 상충의 정도를 증가시킨 얼굴 자극을 사용한 결과 행동적 수준에서 실험 1과 유사한 결과가 관찰되었다. 반면 N170의 경우 일반 시행에 비해 표적과 언캐니 시행의 정점 전위가 분명하게 증가하였으며, P3 성분의 경우 일반 시행에서 진폭이 가장 낮았고 언캐니와 표적 시행 간에는 차이가 없었다. P3 성분의 잠재기 또한 일반, 표적, 언캐니 순으로 지연된 것이 관찰되었다. 실험 1과 2에 걸친 N170와 P3의 발현 패턴의 변화는 언캐니 얼굴이 감각적 수준에서는 인간의 얼굴로 식별되지만 이를 비표적으로 범주화할 것을 oddball 과제에서 강제하기 때문에 초래된 범주화 상충이 원인인 것으로 짐작된다. 또한 사실감이 추가된 언캐니 얼굴 자극이 사용되었을 때 범주화 상충에 의한 인지적 부담이 증가했다는 점은 언캐니 밸리 현상의 배후로 추정되는 인지적 부담이 자극의 복잡성 증가에 따른 상충 정보의 증가에 의해 유발될 가능성을 시사한다.

주제어: 언캐니 밸리, 인간 유사성, 인지적 부담, oddball 과제, 사건관련전위, N170, P3

1. 서론

Mori(1970)에 의해 주장된 언캐니 밸리(uncanny valley)는 로봇과 같은 인공물에 대해 지각되는 친밀감(affinity)이 그 인공물 지닌 인간과의 유사성 수준(human-likeness)에 의해 설명될 수 있다는 가정에서 출발한다. 대개 인간과의 유사성 수준이 높아지면 로봇과 같은 인공물에 대한 친밀감이 증가할 것이라는 직관적인 예상이 가능하지만 특이하게도, Mori(1970, 2012)는 로봇이 인간과 외형적으로 매우 유사해지면 오히려 그 친밀감이 급격히 감소될 수 있다고 주장하였다(Fig. 1). 이는 인간을 모사해 구현된 로봇 및 조형물 심지어 애니메이션 등이 때로는 불편하고 부자연스럽게 느껴지는 일상생활의 빈번한 사례를 통해 쉽게 짐작 가능함에도 불구하고, Mori의 주장을 지지하는 경험적 증거는 흔치 않은 것으로 판단된다(Jang, 2007; Burleigh et al., 2013).

Mori(1970)의 언캐니 밸리 가설은 무엇보다도 인간과의 인공물의 유사성 및 그 유사성에 의해 초래되는 친밀감에 대해 선형적 관계를 가정하되, 언캐니 밸리 관찰을 위한 자극의 속성을 시각적 유사성 수준이라는

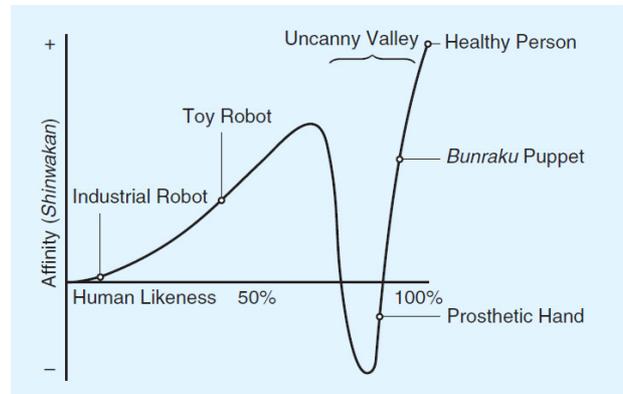


Fig. 1. Mori (1970)'s prediction of the uncanny valley. The x-axis represents the similarity between human and a robot and y-axis represent the evoked affinity. When the human-likeness approximates to human, the curve was supposed to yield a local valley from a dramatic drop of the affinity.

단일 차원으로 단순화시킨 점이 특징이다. 이러한 단순화의 한계를 간과한 최근의 연구들에서는 시각적 유사성과 친밀감 사이의 일차 함수적 관계보다는 언캐니 자극의 속성에 대한 세부적 정의와 그와 관련된 심리적 처리 특성에 대한 해석을 집중함으로써 기존 언캐니 밸리 연구의 한계를 벗어나려는 중요한 노력이 관찰된다(Burleigh et al., 2013; Seyama & Nagayama,

2007; Ferrey et al., 2015). 예를 들어, Seyama와 Nagayama (2007)는 인간과 유사한 로봇의 얼굴에서 언캐니 밸리 현상이 나타나는 것을 확인하였으나 이러한 언캐니 경험은 오로지 얼굴의 국소적 세부특징 자체에서 ‘괴이한(bizarre)’ 경험이 예상될 때만 나타나는 것을 발견하였다. 이는 얼굴의 전체적인 시각적 유사성(summed similarity)이 언캐니 경험에 중요한 요인이긴 하지만, 국소적인 세부특징의 부자연스러움이 동반될 때에만 이러한 유사성이 부정적인 정서 경험으로 이어질 수 있음을 시사한다.

이러한 언캐니 밸리 현상에 대한 새로운 시도 중 최근 눈에 띄는 것은 범주화 상충(category conflict)에서 요구되는 인지적 억제(cognitive inhibition) 가설이다. 인지적 억제 가설은 언캐니 밸리가 인간과의 극단적 유사성 때문이 아닌, 자극 범주화 과정에서의 야기되는 상충 정보에 대한 억제 부담(inhibition load) 때문에 발생함을 가정한다(Burleigh et al., 2013; Ferrey et al., 2015). 이는 언캐니 밸리 현상이 Mori가 강조했던 인간다움의 수준보다는 범주화 모호성에 따른 정보처리 부담의 증감에 의해 좌우된다는 인지심리학적 근거에 기초한다. 예를 들어 Ferrey 등(2015)은 3차원 랜더링을 통해 시각적 그리고 외형적으로 명확히 구분되는 두 범주를 대표하는 자극쌍(예: 오리-코끼리, 거위-토끼, 로봇-인간, 동물-인간 등)을 생성한 뒤, 자극쌍 내의 한 자극을 그와 짝을 이루는 다른 자극으로 점진적으로 변화시키는 처치를 통해 두 범주에 속하기 어려운 모호한 범주의 자극들(bistable figures)을 생성하였다. 생성된 자극구성 목록에 대하여 호감도를 평정한 결과 인간과의 유사성 여부에 관계없이 중간 단계의 모호한 범주 자극에 대한 선호도가 집중적으로 감소하는 것을 발견하였다. 이러한 결과를 토대로 그들은 범주화 상충을 해결하기 위한 인지적 억제 과정에서 발생하는 부적정서(negative affection)에 의해 언캐니 밸리가 나타날 가능성이 크다고 주장하였다.

본 연구에서는 이처럼 언캐니 밸리 현상에 대한 대안적 해석으로 최근 대두된 인지적 억제 가설에 기초해 언캐니 자극에 대한 심리적 불편함이 인지적 부담(cognitive load)에 의해 초래됨을 가정하였으며, 언캐니 자극에 대한 인지적 부담의 발생 여부를 조사하기

위해 언캐니 밸리를 촉발시킬 가능성이 있는 자극들에 대한 범주화 정보처리의 양상을 관찰하였다. 이를 위해 인간의 얼굴과 유사하거나 국소적 유사성을 보유한 자극에 대한 범주화 판단을 요구하였으며, 그 과정에서 발현되는 사건관련전위 성분(event-related potentials, ERPs)과 반응시간 및 정확도를 측정하였다. 관찰의 대상이 된 사건관련전위 성분으로는 얼굴 자극에 대한 시각적 범주화의 증거가 되는 N170 성분(Eimer, 2000, 2011)과 정보처리 부담의 정도의 지표가 될 수 있는 P3 성분(Kok, 2001; Eom et al., 2010)을 사용되었으며, 두 성분의 평균 진폭(mean amplitude)과 잠재기(latency)에 대한 측정함과 동시에 행동적 측정치와의 관련성을 조사하였다.

2. 실험 1

실험 1에서는 인지적 억제 가설에 기초해 언캐니 자극에 대한 범주화 과정에서 예상되는 정보처리 부담의 발현 여부를 조사하였다. 기존 언캐니 밸리 연구의 배경이 되었던 인지적 억제 가설은(Burleigh et al., 2013; Ferrey et al., 2015), 범주가 분명치 않은 자극의 경우 자동적인 범주화 처리가 어려우므로 전역적 및 국소적 세부특징(global and local features)에 대한 평가 등을 위해 주의 집중이 수반된다는 선택적 주의(selective attention) 이론과 맥락을 같이 한다(Pashler, 1998). 따라서 특정 자극에 대한 범주화 과정에서 주의 처리 과정의 개입이 관찰된다면 결국 과제에서 요구하는 자극에 대한 정보처리 과정의 인지적 부담(cognitive load)이 컸음을 의미하며 그에 따른 범주화의 사결정(category decision) 및 반응 선택(response selection)의 지연이 뒤따랐을 가능성이 크다. 따라서 언캐니 자극의 범주적 모호성에 대한 즉각적 범주화의 억제 여부와 그에 따른 선택적 주의의 발현 여부를 조사함으로써 언캐니 밸리 현상에 대한 인지적 억제 가설에 대한 일차적인 검증이 가능해진다.

자극에 대한 범주화 과정에서의 정보처리 부담의 발생 및 그에 따른 주의 처리 과정의 개입 여부는 반응시간 및 정확도와 같은 외현적으로 나타나는 행동적 지표들에 대한 평가를 통해 검증 가능하다. 일반적

으로 과제의 정보처리 부담이 클 경우 정보처리에 소요되는 시간 증가로 인해 반응시간은 지연되며 특히 시간적 제약이 있을 경우 반응 산출에 소요되는 시간 부족으로 인해 정확도는 저하된다. 그러나 행동적 지표에 의존하는 관찰은 궁극적인 반응 산출까지 요구되는 일련의 단계적 정보처리 과정에 대한 실시간 추정이 어렵다는 단점이 있다. 이에 대한 수렴적(converging) 해결책 중 하나로 행동적 지표를 산출하기까지의 정보처리 과정에 대한 실시간 해석이 가능한 신경생리학적 지표를 동시 관찰하는 방법이 있다. 이러한 신경생리학적 지표들 중 대뇌의 전기생리학적 활성화 수준을 관찰하는 비침습적(non-invasive) 관찰 방법의 대표적 사례는 사건관련전위 측정이다.

사건관련전위 파형(ERP waveform)은 과제 자극에 대한 대뇌의 정보처리 활동이 초래한 두피상의 미세한 전위 변화(scalp potential)에 대한 반복적인 측정 및 평균을 통해 산출되며 이들 중 일정 시간대에 특정 극성을 가지고 발현되는 여러 성분들(P1, N1, P2, N2 및 P3, N400 등)의 순차적 조합으로 구성된다(Luck, 2014). 이러한 성분들 중 자극 범주화 과정에서의 정보처리 부담 및 주의 처리 과정의 개입 여부를 조사하는데 적절한 사건관련전위는 P3 성분이다. P3 성분은 자극 출현 이후 약 300ms~800ms 구간에서 나타나는 사건관련전위의 분명한 양극 편향(positive deflection)으로 발현되며 대개 해당 구간 내의 진폭 혹은 잠재기 측면에서 반응시간과 다양한 형태의 상관(correlation)을 보인다. P3 성분의 중요한 특성은 과제에서 요구하는 정보처리 과정에서 반응 산출을 위한 의사 결정 및 반응 선택 과정의 양상 및 주의 집중 여부를 반영한다는 점인데, 대개 범주화에 익숙한 자극 즉 의사 결정과 선택이 용이한 자극에 대해서는 그 발현 정도가 감소되고 그렇지 않은 경우 발현의 정도가 좀 더 분명해 지는 경향이 있다(Hagen et al., 2006). P3에 대한 관찰을 위해 고안된 대표적 실험 패러다임으로는 oddball 과제(oddball task)가 있다. 일반적인 oddball 과제에서는 표적 자극(target)과 일반(standard) 자극 중 하나를 매 시행에서 제시하되, 전체 시행 중 80% 정도의 다수의 시행에서는 일반 자극을 제시하고 나머지 20% 시행에서는 표적을 제시한다. 참가자는 개별 시행에서 제시된 자극의 표적 여부를 판단해 보고하는데, 대

개 빈번하게 출현하는 일반 자극에 대한 반응이 정확하고 신속한 것이 관찰된다(Kok, 2001; Polich, 2003). 이 때 자극의 출현시점을 기준으로 측정된 사건관련전위 파형 또한 표적과 일반 시행 간에 상이한 것이 흔히 관찰되는데 대체적으로 표적이 발현시킨 파형의 P3는 일반 자극에 의해 발현된 P3에 비해 진폭과 잠재기가 좀 더 분명한 것이 자주 발견된다. 이러한 좀 더 분명한 표적 시행의 P3는 친숙하지 않은 자극에 대한 범주화 과정에서의 정보처리 부담 혹은 주의 집중이 개입된 증거로 흔히 해석되며 경우에 따라서는 과제 정보처리 부담의 증가에 수반되는 단기 기억의 유지 혹은 갱신(maintenance or update) 측면에서 해석되기도 한다(Donchin, 1981; Polich, 2003, 2007).

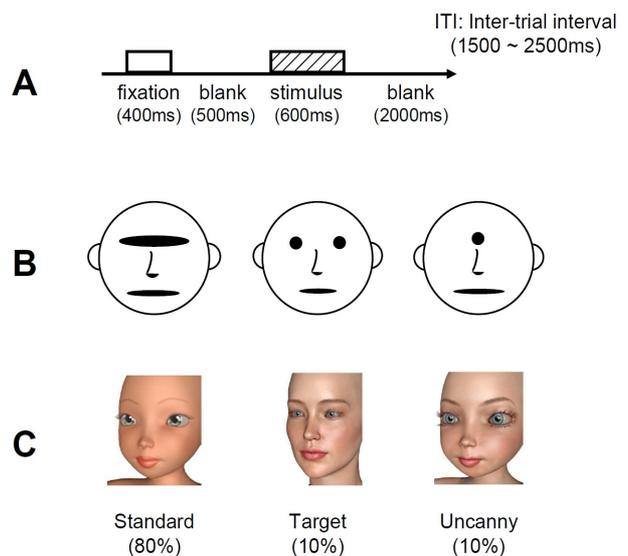


Fig. 2. Stimuli and procedure in Experiment 1. Stimuli onset and duration (A) in each trial. Schematic faces in Experiment 1 (B) and realistic faces in Experiment 2 (C)

실험 1에서는 P3 성분의 발현 특성에 기초해 도식적 얼굴 자극(schematic face)을 토대로 구성한 oddball 과제를 실시하고 언캐니 특성을 보유한 자극에 대한 범주화 정보처리 특성을 행동적 및 사건관련전위 차원에서 관찰하였다. 이를 위해 표적(10%)과 일반(80%) 시행들 및 두 범주와 구분되는 언캐니 비표적 시행(10%)이 추가된 oddball 과제를 구성하였다(Fig. 2 참고). 인지적 부담 가설에 기초해 언캐니 시행에서 관찰된 사건관련전위의 경우 비표적 시행의 그것 보다 좀 더 분명한 P3의 발현을 예상하였다.

2.1. 참가자

실험 1에는 중앙대학교에 재학 중인 남성 5명, 여성 5명이 참여하였다. 참가자의 연령은 18~25세($M = 22$, $SD = 2.16$)이었다. 10명의 참가자 중 9명의 참가자들은 오른손이 우세손이었으며 한명만이 왼손을 우세손이라고 보고하였다. 모든 피험자는 정상시력 또는 정상교정시력을 보고하였다. 참가자들은 사전에 실험참가 동의서에 서명하였으며, 소정의 참가사례비를 지급받았다.¹⁾

2.2. 자극 및 절차

실험 1에서 사용된 얼굴 자극은 구성 요소(눈, 입)의 외형이 구분되는 인간(target), 비인간(standard) 및 언캐니 자극(uncanny)으로 구성되었다(Fig. 2B 참고). 참가자들은 매 시행마다 23인치 모니터의 중앙의 응시점 위치에 출현하는 자극의 표적 혹은 비표적 여부를 판단하도록 요구 받았다. 개별 시행에서는 23인치 모니터 상의 흰색 배경 화면 정중앙에 응시점이 400ms 동안 제시되어 시행의 시작을 알렸다. 응시점의 소멸 후 뒤이어 빈화면(blank)이 500ms 동안 제시되었으며, 그 직후 얼굴 자극이 600ms 동안 화면에 제시되었다(Fig. 2A 참고). 참가자들은 매 시행에서 얼굴 자극 출현 시점으로부터 2초 이내에 게임패드 상의 두 단추 중 하나를 눌러 표적에 해당하는 인간 얼굴이 제시되었는지의 여부를 보고하였다. 매 시행이 종료된 이후 1500~3500ms 내의 시간 간격이 무선적으로 할당(variable inter-trial interval)되었다.

전체 400 시행 중 320 시행(80%)은 비인간 얼굴이 제시되는 비표적 일반(non-target standard) 시행이었고, 나머지 20%인 80시행 중 절반인 40시행(10%)은 언캐니 얼굴이 제시되는 또 다른 비표적 시행이었으며 마지막으로 나머지 40시행(10%)은 인간 얼굴이 제시되는 표적 시행이었다. 모든 시행의 순서는 무선화 되었으며 반응에 사용된 게임패드 상의 단추 위치 또한 참가자 간에 역균형화되었다. 참가자들은 과제 수행에

편안함을 느낄 때까지 본 실험의 시행과 동일한 구조로 설계된 30시행의 연습 시행을 수행하였으며, 본 시행 시작 후 30시행마다 20초간의 짧은 휴식과 200시행 이후 긴 휴식을 취했다. 연습 시행 및 본 시행 모두에서 반응 신속성과 정확성 모두가 강조되었다.

2.3. 뇌파 자료 기록 및 분석

자극의 제시와 뇌파 측정과의 연동 그리고 행동반응의 측정 및 기록을 위해 Matlab에서 구동되는 Psychophysics Toolbox (Brainard, 1997)가 사용되었다. 모든 참가자의 반응시간은 정확 반응만을 대상으로 산출되었으며 얼굴 자극 출현 시점으로부터 200~1500ms 이외의 반응은 오반응으로 처리되어 반응시간 분석에서 제외되었다. 뇌파 측정에는 International 10-20 system에 따라 참가자의 두피 상에 Ag/AgCl 전극이 부착되는 Biosemi 사(Amsterdam, Netherlands)의 Active Two 시스템이 사용되었다. 참조 전극(reference electrode)은 좌우 mastoid 위치에 부착되었으며, 안구운동 여부 및 눈 깜빡임 탐지를 위해 양 눈의 바깥 쪽 측면과 좌측 눈의 상하 위치에 추가 전극을 부착하였다. EEG 신호는 저주파 통과대역 100Hz 이하 그리고 고주파 통과 대역 0.16Hz 이상의 구간에서 256Hz의 표본율(sampling rate)로 대역 여과(bandpass filtered)되었다.

뇌파자료의 분석에는 EEGLAB (Delorme & Makeig, 2004)과 ERPLAB Toolbox (Lopez-Calderon & Luck, 2014)이 사용되었다. EEG와 EOG신호는 좌측 mastoid와 우측 mastoid의 평균에 기초해 재참조(re-reference)되었다. EEG신호에 대해 매 시행의 자극 출현시점으로부터 -200ms 부터 800ms 까지의 시간 구간을 ERP 자료 구간(epoch)으로 설정하였으며 해당 구간 내 -200~0ms 구간에서 산출된 파형 자료에 기초해 이용해 영점 교정(baseline correction)을 실시하였다. 200ms 이내 및 1500ms 이외의 반응시간이 소요되거나 오답 시행 및 안구운동이나 눈 깜빡임 등이 포함된 시행 역시 제거되었다. 전체 시행 중 제거된 시행은 모든 참가자 기준 평균 16.7%였다.

P3 성분은 정중앙선 전극들(midline electrodes) 중 oddball 과제에서 발견되는 P3의 주요 관찰 대상이 되는 Pz 전극을 대상으로 분석되었다(Johnson, 1993; Kok,

1) 실험 1과 2의 자료 수집은 중앙대학교 생명윤리위원회 (Institutional Review Board, IRB)의 승인(1041078-201509-HRSB-155-01)을 득한 후 진행되었다.

2001). P3 성분의 발현 정도를 조사하기 위해 먼저 평균 진폭을 산출하였으며 자극 출현 이후 300~800ms 구간을 선택해 해당 구간 내의 전위 값들을 개별 피험자별로 평균하였다. 다음으로 개별 참가자별 평균 파형을 토대로 동일 구간 내에 반분면적측정(50% fractional area latency measurement)을 실시해 P3 파형의 잠재기를 측정하였다 (Hyun et al., 2009; Hyun, 2008, 2009).

3. 결과 및 논의

3.1. 과제 정확도 및 반응시간

실험 1의 평균 정확도와 반응시간 결과를 Fig. 3에 제시하였다. 시행 유형 조건 별 정확도는 일반(99.4±0.1%), 언캐니(97.3±2.5%), 표적(88.0±10.2%) 시행 순으로 감소하였으며 따라서 비인간 얼굴이 제시된 일반 시행에서 반응이 가장 정확했다. 세 조건 간 정확도 평균 차이에 대한 통계적 검증을 위해 반복측정 일원변량분석(repeated-measure one-way ANOVA)을 수행한 결과 시행 유형에 따른 주효과가 관찰되었으며, $F(2, 18) = 9.45, p < .05$, 개별 조건 간 평균 차이에 대한 쌍별

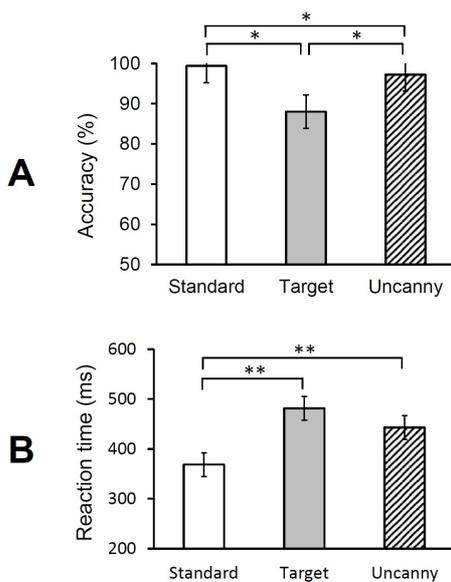


Fig. 3. Mean reaction times (A) and accuracies (B) in Experiment 1. Error bars and asterisks or n.s. here and in all subsequent charts represent 95% confidence interval (Loftus & Masson, 1997) and statistical significance (* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$) or non-significance, respectively.

비교(pairwise t-test) 결과 또한 모두 통계적으로 유의미하였다, all $ps < .05$. 반응시간은 일반(368.5±44.5), 언캐니(448.4±61.7), 표적 시행(495.5±64.7) 순으로 나타나 일반 시행에서 반응이 가장 신속했던 것이 관찰되었으며, 이에 대한 일원변량분석 결과 역시 통계적으로 유의미하였다, $F(2, 18) = 25.8, p < .001$. 개별 조건 간 평균 차이에 대한 쌍별 비교 결과, 일반 조건과 다른 두 조건 간 차이가 유의미했으나, $ps < .001$. 언캐니와 표적 조건 간 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다, $p = .089$.

3.2. P3

Fig. 4에 표적, 일반 및 언캐니 얼굴 세 시행 유형 조건에 걸친 Pz전극에서 측정된 사건관련전위 파형과 평균 진폭 및 잠재기를 제시하였다. P3 성분에 대

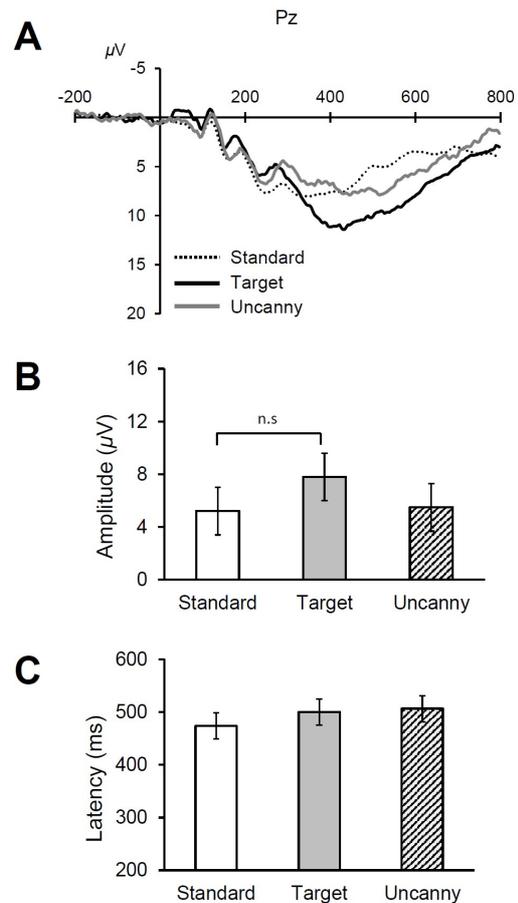


Fig. 4. ERP results of Experiment1. Grand average ERP waveforms at Pz electrode (A). Mean Amplitudes (B) and 50% fractional area latency measures (C) across three conditions (300~800ms measurement window)

한 조건 별 평균 진폭은 표적($7.8 \pm 3.4 \mu V$), 언캐니($5.5 \pm 3.9 \mu V$) 및 일반($5.21 \pm 2.6 \mu V$) 시행 순으로 감소했으나 이에 대한 일원변량분석 결과 통계적으로 유의미한 차이는 발견되지 않았다, $F(2, 18) = 2.72, p = .093$. 세 조건 별 잠재기는 일반($460.6 \pm 63.9 \text{ms}$), 표적($487.4 \pm 29.7 \text{ms}$) 및 언캐니($538.1 \pm 27.6 \text{ms}$) 시행 순으로 지연되었으나 이에 대한 일원변량분석 결과 또한 통계적으로 유의미하지 않았다, $F(2, 18) = 2.17, p = .141$.

3.3. 논의

실험 1의 결과 참가자의 oddball 과제 반응은 일반 시행(비인간 얼굴)에서 가장 정확하고 신속했으며, 표적 시행(인간 얼굴)에서 가장 부정확하고 지연되었다. 표적 시행의 정확도와 반응시간 지연은 전체 시행 중 90%(일반+언캐니) 시행에서 요구되는 다수의 '비표적' 반응을 고려한 참가자의 오반응(false-standard response) 즉 반응 편향(response bias)에 의해 초래된 것으로 보인다. 또 다른 oddball에 해당하는 언캐니 시행(언캐니 얼굴)은 오히려 정확도가 증가한 것이 관찰되는데 이것 역시 언캐니 시행의 정확 반응에 해당되는 '비표적' 반응이 반응 편향에 의해 다수 발생해 정확도가 다소 상승한 것에 기인한 것으로 추측된다. 정확도 패턴과 달리 언캐니 시행의 반응시간은 일반 시행보다 확연히 지연되었는데 이는 언캐니 얼굴의 범주적 모호성에도 불구하고 과제 요구에 기초해 '비표적' 반응을 산출해야 하는 과정에서 발생하는 정보처리 부담에 의한 것으로 짐작된다.

실험 1의 언캐니 시행에서 정보처리 부담의 발생 여지는 얼핏 보면 언캐니 경험의 배경이 되는 인지적 부담 가설을 지지하는 결과로 비춰질 수 있다. 그러나 또 다른 oddball인 표적 시행 또한 반응 편향에 대한 억제 과정에서 인지적 부담이 예상되므로 종국적으로는 표적 및 언캐니 두 시행 모두에서 oddball 효과가 나타났다는 점 이외에 서로 다른 시사점을 발견하기는 어려운 것으로 볼 수 있다. 물론 이와 같은 불분명한 행동 자료 결과에 대해 P3 성분이 분명한 해석을 제공할 것을 예상했으나, 사실상 언캐니 시행과 비교해 일반 시행의 P3에는 눈에 띄는 차이가 발견되지는 않았다. 구체적으로 언캐니 시행의 P3 진폭

은 일반 시행과 비교해 큰 차이가 없었고 오히려 표적 시행의 진폭만이 증가하는 패턴이 관찰되었으나 이 또한 그 지연의 정도가 나머지 조건에 비해 분명하지는 않았다. 잠재기 또한 세 조건 간에 걸쳐 분명한 차이가 발견되지 않았다. 이는 P3 성분의 진폭 혹은 잠재기가 반응시간과 정적 상관을 가짐(Polich, 2003; Luck, 2014)을 고려할 때 사실상 정확도와 반응시간 결과 패턴을 일부 반영한 것이며 궁극적으로는 oddball 효과가 나타났다는 점을 제외하고는 행동 자료 결과와 마찬가지로 뚜렷한 시사점을 제공하지 못한다.

실험 1의 모호한 결과를 해석하기 위해서는 도식적 얼굴이 제공하는 감각 정보량 및 범주화 과정에 요구된 세부특징(feature)의 복잡성을 고려할 필요가 있다. 자극 재인 과정에서의 범주화 의사 결정(recognition or categorical decision)에 중요한 요소 중 하나는 자극의 세부특징 차원이 구성하는 복잡성이다(Nosofsky, 1991, 1997; Kahana & Sekuler, 2002). 실험 1의 세 조건에 사용된 도식적 얼굴들은 이런 복잡성의 수준이 낮고 지극히 국소적 특성(예: 안구부위의 명암 분포)만으로 구분이 가능하다. 더 나아가 인간다움의 측면에서 세 도식적 얼굴 모두 비인간(만화형 얼굴) 범주로 확연히 구분되므로 과제에서 부여된 oddball 여부를 제외하고 특별히 인지적 부담을 초래할 근거가 부족하다. 결과적으로 언캐니 현상의 핵심에 해당하는 인간다움 및 그에 대한 범주화 과정에서 인지적 부담을 평가하기에는 실험 1의 도식적 얼굴은 지나치게 단순한 것으로 판단되어 실험의 처치 효과를 기대하기 어려운 것으로 해석된다. 이런 문제점을 해결하기 위해서는 도식적 얼굴보다는 인간다움에 대한 평가를 분명히 할 수 있도록 실제 얼굴에 근접하는 시각적 특성을 가진 얼굴 자극이 사용될 필요가 있다.

4. 실험 2

실험 1에서는 도식적 얼굴 그림을 사용해 oddball 과제 수행 중 발현된 P3 성분을 조사한 결과 언캐니 밸리 현상에 대한 인지적 부담 가설을 지지할 뚜렷한 증거를 발견하지 못했다. 이러한 문제점에 대해 한 가지 고려할 점은 과연 실험 1에서 공히 '비표적' 반응이 요

구된 언캐니 얼굴 자극과 일반 얼굴 자극이 P3 성분에 반영될 인지적 부담 및 주의 집중을 야기할 만한 상충적 정보를 가지고 있었는지의 여부이다. 실험 1의 자극들은 부분적으로 공유되는 세부특징을 가진 자극들이라는 점에서 범주적 모호성을 떨 것으로 예상되었으나, 실제로는 자극의 지나친 단순성에 의해 눈 위치와 같은 부분적 세부특징에 근거한 변별이 이루어졌을 가능성이 있다. 즉 실험 1의 도식적 언캐니 자극은 표적과 일반 자극 사이의 범주화 과정에서 예상되는 다양한 정보처리 부담을 초래하기에는 다소 부적절한 자극들이었을 수 있다. 실제로 Ferrey 등(2015)의 연구에서도 오리-토끼와 같은 도식적 자극을 사용한 경우에 상대적으로 약한 효과가 관찰된 바 있다.

또 한 가지 고려할 점은 Ferrey 등(2015)이 처치한 범주적 상충이 각각의 단일 자극에 의해 단독으로 유발되었기 보다는 자극세트의 점진적 변화를 지속적으로 경험하는 과정에서 강조되었을 가능성이 있다. 이 경우 사건관련전위를 측정하기 위해 세 자극유형 oddball 과제를 사용하는 본 연구의 특성을 고려할 때 단순히 애매한 중간 자극을 사용하는 전략은 범주적 상충을 촉발시키기에는 다소 부적절할 수 있다. 따라서 실험 2에서는 3-D 렌더링을 통해 구성된 자극을 사용함으로써 각각의 범주에 대한 보다 많은 정보를 제공하였으며 서로 다른 두 범주 자극의 세부특징을 혼합하되 각각의 범주구분 정보들이 서로 다른 범주 자극과 동일한 수준이 되도록 언캐니 자극을 구성하였다.

4.1. 참가자

실험 2에는 3명 남성과 7명의 여성 참가자가 참여했으며 이들의 연령은 18~33세($M = 23.7$, $SD = 4.11$)였다. 이들 중 8명의 참가자가 오른손이 우세손이었다. 참가자들은 사전에 실험참가 동의서에 서명하였으며, 소정의 참가사례비를 지급받았다.

4.2. 자극 및 절차

실험 2 자극과 절차는 실험 1의 각 시행 유형(표적, 일반, 언캐니)에 사용되었던 비도식적 얼굴들이 3-D 렌더링 얼굴로 교체된 점을 제외하고는 실험 1과 동

일하였다. 3-D 렌더링에는 Daz Productions 사(Salt Lake City, Utah)의 Daz Studio 4.6 Pro 소프트웨어가 사용되었으며 Genesis 2 Female 기반의 Victoria 6와 Willow 캐릭터 모델의 피부 재질(skin texture) 및 모핑 파라미터 조절을 통해 1) 균형 잡힌 인간 얼굴(표적 조건) 및 2) 인간이 아닌 만화형 얼굴(일반 조건) 그리고 3) 양 측 얼굴 모두와 국소적 세부특징 면에서 유사한 언캐니 얼굴(언캐니 조건)을 구현하였다(Fig. 2C 참고). 특히 언캐니 얼굴의 경우 만화형 얼굴과 외형 및 국소적 세부특징의 윤곽은 동일했으나 피부의 재질감 및 국소적 특징의 세부 묘사 측면에서는 표적 조건의 얼굴(인간) 수준과 동일하도록 구성하였다.

4.3. 뇌파 자료 기록 및 분석

실험 2는 실험 1과 동일한 뇌파 측정 장비가 사용되었으며, 기록된 뇌파 자료로부터 P3 성분을 분석하기 위한 기록 전극(Pz) 및 분석 구간 그리고 뇌파 측정치에 대한 사건관련전위 분석 방식은 다음과 같은 차이를 제외하고는 실험 1과 동일하였다. 실험 2의 주요 처치인 3-D 렌더링 자극 사용은 렌더링 얼굴에 구현된 시각적 세부특징들이 인간의 실제 얼굴을 보고 있는 듯한 감각적 경험을 초래할 수 있다는 잠정적인 가정을 내포한다.

인간 얼굴에 대한 감각적, 지각적 경험 여부(perception of human-likeness)에 대한 사건관련전위 지표로는 N170 성분이 있다. 이 성분은 얼굴 자극 출현 이후 140~200ms에서 나타나는 부정(negative) 파형으로 얼굴 재인 및 식별과 관련된 초기 지각적 처리 과정의 특성을 반영하며(Eimer, 2000, 2011) 출현한 얼굴 자극이 실제 인간 얼굴과 유사할수록 그 발현의 정도가 증가한다(Churches, Baron-Cohen, & Ring, 2009). 따라서 실험 2에서는 적어도 ‘일반’ 시행의 만화형 얼굴에 비해 ‘표적’ 시행의 균형 잡힌 인간 얼굴은 좀 더 분명한 N170을 발현시킬 것을 예상할 수 있으며 언캐니 얼굴 또한 이러한 N170을 발현시킬 가능성이 있다. 이를 고려해 실험 2에서는 정중앙선 전극들 중 하나인 Oz 전극을 추가해 세 시행 유형 조건 간 140~200ms 측정 구간 내의 정점 전위(peak amplitude)를 측정해 각 시행 유형의 얼굴 자극에 의한 N170의 발현 여부를 추

가 조사하였다. 전체 시행 중 오반응 및 잡음 시행으로 간주되어 제거된 시행의 비율(artifact rejection ratio)은 모든 참가자 기준 평균 14.8%였다.

4.4. 과제 정확도 및 반응시간

실험 2의 평균 정확도와 반응시간 결과를 Fig. 5에 제시하였다. 시행 유형 조건 별 정확도는 일반(99.5±0.9%), 언캐니(98.0±2.6%), 표적(89.5±14.9%) 시행 순으로 저하된 것이 관찰되었으며 실험 1과 동일하게, 비인간 얼굴이 제시된 일반 시행에서 반응이 가장 정확한 것이 관찰되었으나 세 조건 간 평균 차이에 대한 일원변량 분석 결과 경향성만이 관찰되었다, $F(2, 18)=4.33, p=.066$. 반면, 반응시간의 경우, 일반(376.2±49.3), 언캐니(475.0±116.1), 표적 시행(533.4±86.1) 순으로 지연된 것이 관찰되었으며, 이에 대한 일원변량분석 결과는 통계적으로 유의미했다, $F(2, 18)=25.8, p<.001$. 개별 조건 간 평균 차이에 대한 쌍별 비교 결과, 모든 조건 간 차이가 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다, all $ps<.05$.

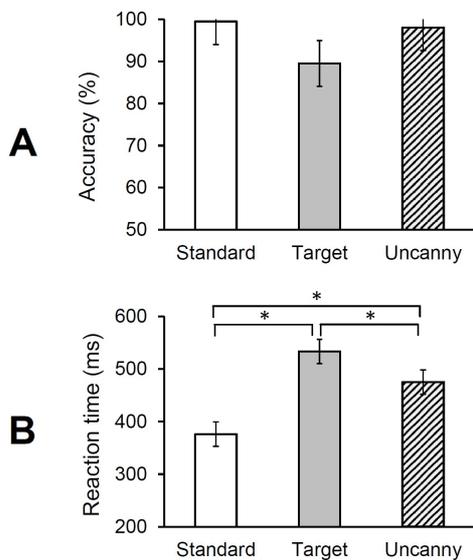


Fig. 5. Mean reaction times (A) and accuracies (B) in Experiment 2

4.5. P3

Fig. 6에 표적, 일반 및 언캐니 얼굴 세 시행 유형 조건에 걸친 Pz 전극에서 측정된 사건관련전위 파형

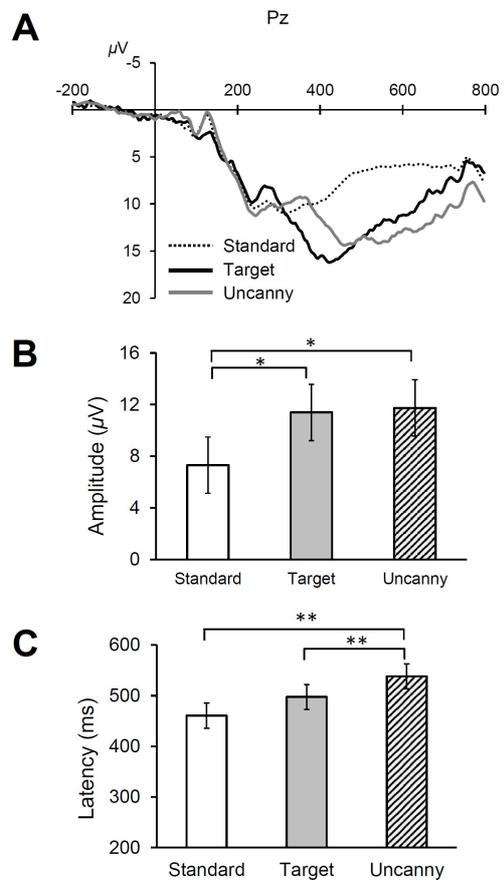


Fig. 6. ERP results of Experiment 1. Grand average ERP waveforms at Pz electrode (A). Mean Amplitudes (B) and 50% fractional area latency measures (C) across three conditions (300~800ms measurement window)

및 평균 진폭과 잠재기를 제시하였다. P3 성분에 대한 조건 별 평균 진폭은 일반(7.31±7.0µV), 표적(11.4±9.2µV) 및 언캐니 시행(11.7±8.9µV) 순서로 증가한 것이 나타났으며, 이에 대한 일원변량 분석 결과 실험 1과 달리 통계적으로 유의미한 차이가 발견되었다, $F(2, 18)=5.63, p<.05$. 세 시행 유형 간 평균 차이에 대한 쌍별 비교 결과 일반 조건과 나머지 두 조건 간 평균 진폭의 차이가 유의미하였으나, $ps<.05$, 표적과 언캐니 조건 간 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다, $t(9)=-0.176, p=.864$. 세 조건 별 P3 잠재기는 일반(460.6±63.9ms), 표적(497.4±29.7ms) 및 언캐니 (538.1±27.6ms) 시행 순으로 지연된 것이 관찰되었으며 자극유형에 따른 주효과가 통계적으로 유의미하였다, $F(2, 18)=12.3, p<.01$. 개별 조건의 평균 차이에 대한 쌍별 비교 결과 일반과 표적 조건 간 차이는 유의미하지 않았으나, $t(9)=-2.20, p=.056$, 표

적과 언캐니, $t(9)=-5.87, p<.001$ 및, 일반과 언캐니, $t(9)=-3.86, p<.01$, 조건 간에 유의미한 차이가 발견되었다. 실험 1에 견주어 실험 2의 결과는 언캐니 조건의 진폭이 상대적으로 증가해 표적 조건의 진폭에 근접했으며, 잠재기 또한 언캐니 조건에서 표적 조건에 비해 뚜렷이 지연된 것으로 해석할 수 있다.

4.6. N170

Figure 7에 실험 1과 2 각각에 걸쳐 세 시행 유형 조건에서 산출된 140~200ms 구간에서 측정된 부정점 전위(negative-peak amplitude)를 제시하였다. 실험 1의 조건 별 정점 전위는 일반(-1.00±5.4μV), 표적(-1.00±5.76μV) 및 언캐니 (1.08±6.00μV) 이었으며 이에 대한 일원변량분석 결과 통계적으로 유의미한 차이는 발견되지 않았다, $F(2, 18)=.001, p=.980$. 반면 실험 2의 정점 전위는 일반(-2.33±3.91μV), 언캐니 (-5.30±5.00μV) 및 표적(-5.38±4.21μV) 시행 순으로 증가했으며 조건 간 차이에 대한 쌍별 비교 결과 일반과 나머지 두 조건 간 차이는 모두 통계적으로 유의미했으나, $ps < .05$, 표적과 언캐니 조건 간 차이는 유의미하지 않았다, $t(9) = -0.08, p = .942$. 이러한 결과는 첫째, 실험 1에서는 세 시행 유형 조건의 도식적 얼굴들에 의해 발현된 N170 성분에 차이가 없었

음을 의미한다. 둘째, 실험 2의 일반 시행 조건에 사용된 만화형 얼굴은 나머지 두 시행 조건에 사용된 언캐니 얼굴과 균형 있는 인간 얼굴에 비해 N170가 상대적으로 덜 분명했으나, 언캐니 얼굴과 균형 있는 얼굴은 모두 분명한 N170를 발현시켰으며 그 발현 정도에 있어서 양 얼굴 사이에 큰 차이가 없었음을 의미한다.

4.7. 논의

실험 2에서는 반응 정확도와 반응시간 측면에서 실험 1과 결과 패턴 면에서 유사한 것이 관찰되었다. 실험 1에 비해 분명하지는 않았으나, 참가자의 반응은 일반 자극 즉 비인간 얼굴이 제시된 경우 상대적으로 정확하고 신속했으며 표적 시행 즉 인간 얼굴이 제시된 경우 부정확하고 지연된 패턴이 관찰되었다. 반면 실험 1과 비교해 P3의 평균 진폭과 반응시간 측면에서는 분명한 변화가 관찰되었다. 실험 2에서는 언캐니 조건의 진폭이 증가해 표적 조건과 언캐니 조건 간 평균 진폭의 차이가 사라졌으며, 잠재기의 경우 또한 실험 1과 달리 언캐니 조건이 표적 조건에 비해 분명하게 지연되었다.

실험 2에서 드러난 P3 진폭과 잠재기의 현격한 변화는 도식적 얼굴이 아닌 질감과 부피감 등의 사실적 요소를 추가한 실험 2의 얼굴 자극 사용에 기인한 것으로 해석된다. 실험 2의 언캐니 조건에서 P3 성분의 발현에 변화가 생겼다는 것은 본 연구의 탐색적 가설인 인지적 부담의 발생 여부와 관련해 매우 중요한 시사점을 가진다. 구체적으로, 실험 2의 얼굴 자극에 구현된 사실감은 얼굴 자극에 대한 범주화 과정에서 고려될 시각적 속성 혹은 세부특징 차원의 다양성과 복잡성 증가를 의미하며, 얼굴 범주화 과정에 요구되는 정보처리 부담의 증가를 수반한다. 만약 실험 2의 P3 성분에 이러한 처치 효과가 나타났다면, 본 연구의 oddball 과제에서 요구하는 범주화 과정에서 예상되는 인지적 부담의 수준이, 개별 시행에서 사용된 얼굴의 인간다움 여부에 의해 민감하게 영향을 받을 가능성을 시사한다.

실험 2에서 반응 정확성과 신속성 측면에서 실험

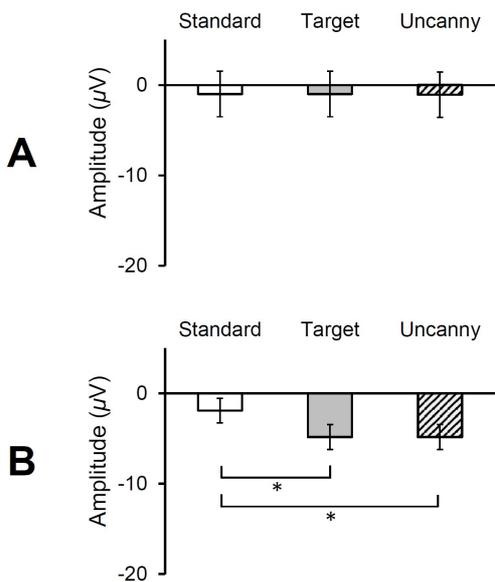


Fig. 7. Peak amplitudes of N170 in Experiment 1 (A) and in Experiment 2 (B) at Oz electrode

1과 유사한 결과가 나타났음에도 언캐니 조건의 P3 진폭이 증가하고 잠재기가 지연되었다는 점은 언캐니 밸리 현상에 대한 인지적 부담 가설의 관점에서 흥미로운 시사점을 제공한다. 실험 1에서와 동일한 논리로 실험 2에서 언캐니 얼굴은 얼굴과 마찬가지로 ‘비표적’ 반응을 요구한다. 즉 참가자는 표적이 아니면 무조건 ‘비표적’ 반응을 해야 하는데, 이러한 반응이 요구되는 10%의 oddball 언캐니 시행의 얼굴 자극은 인간다움에 대한 평가 면에서는 일반 자극보다 좀 더 인간 얼굴에 가까우므로 사실 상 ‘인간얼굴’로의 지각적 범주화와 과제에서 요구하는 ‘비표적’으로의 범주화 사이의 상충으로 이어질 가능성이 있다.

언캐니 얼굴에서 지각되는 인간다움의 정도는 실험 2에서 추가 분석된 N170 성분에 의해 추정이 가능하다. 구체적으로, 시각적으로는 분명히 구분되나 사실감이 결여된 실험 1의 도식적 얼굴에 대해서는 세 시행 유형 조건 모두에서 N170의 차이가 나타나지 않았다. 반면 사실감이 구현된 실험 2에서는 사실감이 가장 결여된 만화형 얼굴의 N170에 비해 인간과 표적 얼굴에 대해 더욱 분명한 N170이 관찰되었으며 언캐니 얼굴에 대해서도 이와 유사한 수준의 N170이 발견되었다. 이는 실험 1과 달리, 실험 2의 사실감이 보완된 언캐니 얼굴의 경우 인간의 얼굴에 준하는 지각적 범주화(perceptual categorization)가 가능했음을 시사한다.

지각적 범주화에 뒤이은 반응 의사 결정 및 반응 선택 과정은 언캐니 얼굴과 인간 얼굴과의 지각적 범주 모호성 때문에 반응시간 지연이나 정확도의 감소 같은 행동적 수준의 변화를 초래할 가능성이 있다. 이러한 예상과 달리 실험 2에서는 실험 1과 거의 유사한 반응 정확도 및 신속성이 관찰되었는데, 이는 실험 2의 자극 처치에도 불구하고 oddball 과제에서 요구하는 자극 범주화에 실험 1과 비교해 큰 무리가 없었음을 의미한다. 바꿔 말하면 적어도 외현적(explicit)인 수준에서는 지각적 범주화와는 관계없이 oddball 과제에서 요구하는 기준을 충족시키는 행동적 반응을 산출하는 데에는 실험 1과 비교해 큰 차이가 없었음을 의미한다.

행동적 수준에서는 분명하지 않았지만, 인지적 부담 가설을 지지하는 범주화 상충 가능성은 실험 1과 2의 N170와 P3 성분에 대한 해석을 통해 비교적 분명하게 드러난다. 먼저 실험 1의 경우 세 시행 유형 간 N170의 차이가 나타나지 않았으므로 인간 얼굴과의 유사성 정도를 반영하는 실험 2와 같은 뚜렷한 지각적 범주 형성은 없었던 것으로 추정된다. 실험 1의 P3 진폭 또한 표적 시행만이 상대적으로 증가하여 정확도 및 반응시간 결과 패턴과 분명한 상관성이 나타났으며, 잠재기에서는 오히려 세 조건 간 뚜렷한 차이가 발견되지 않았다. 따라서 실험 1의 결과는 과제의 특성을 충실히 이행한 참가자의 ‘인지적’ 범주화 정보처리 및 그에 따른 외현적 수준의 반응에 의한 것으로 추측된다. 반면 실험 2에서는 언캐니와 표적 시행에서 일반 시행에 비해 현격히 N170이 증가됨과 동시에, 언캐니 시행의 P3 진폭이 증가하고 잠재기가 지연되었다. 중요한 것은, 실험 1과 분명한 차이를 보인 실험 2의 언캐니 시행에서의 P3 진폭과 잠재기 변화는 행동적 관찰에서는 분명하지 않았던 언캐니 얼굴에 대한 지각적 범주(‘얼굴’)와 과제에서 요구하는 인지적 범주(‘비표적’) 사이의 상충에 의해 초래된 것으로 짐작된다.

이러한 실험 2의 지각적 범주화 과정과 인지적 범주화의 상충 가능성은 궁극적으로는 언캐니 밸리 현상에 대한 인지적 부담 가설을 지지하는 예비 증거로 해석될 수 있다. 즉 실험 2의 N170 및 P3 결과는, 언캐니 얼굴에 대한 대뇌 피질 수준의 자동적 범주화(인간 얼굴)를 무시 혹은 억제하고 과제 정의에 기초한 인지적 범주화(비표적)를 강제하려는 정보처리 과정이 개입되었음을 시사한다. 본 연구에서는 이러한 억제 과정에서 요구되는 인지적 부담이 언캐니 현상을 초래하는지에 대한 정서 차원의 검증은 시도되지 않았지만, 적어도 도식적 얼굴에 비해 인간다움의 수준을 높인 실험 2의 얼굴 자극(N170)에 대해 인지적 부담의 영향력(P3)이 눈에 띄게 증가했다는 점은 지극히 주목할 만한 점이다. 다소 비약적이긴 하나, 언캐니 경험은 어찌 보면 인간과 유사한 로봇의 얼굴에 대한 자동적이고 즉각적인 대뇌 활동 수준의 범주화에도 불구하고 그 촉발 대상 자체를 인간이 아닌 ‘로

벗'임을 분명히 의식해야 하는 범주적 상충 경험에서 초래된 것일 수 있다.

5. 요약 및 결론

본 연구는 두 편의 oddball 과제 실험을 통해 언캐니 벨리 현상에 대한 인지적 부담 가설을 검증하였다. 반응 정확성과 신속성 및 사건관련전위가 측정된 실험 1과 2에서는 비인간, 인간 및 얼굴 자극에 대한 범주화 판단을 요구하여 반응 정확도와 반응시간에서 유사한 결과를 얻었다. 구체적으로, 80%의 시행에 해당하는 일반 조건에서 참가자의 반응이 가장 정확하고 신속하였으며, 표적 조건에서 가장 부정확하고 지연되었다. 언캐니 시행의 경우 표적 시행에 준하는 반응 정확성이 나타났으나 반응시간은 분명하게 지연된 것이 관찰되었다. N170의 경우 도식적 얼굴이 사용된 실험 1에서는 세 시행 유형에 있어서 큰 차이가 발견되지 않았으나 사실감을 구현한 실험 2에서는 비인간 조건에 비해 인간 및 언캐니 조건에 있어서 상대적으로 높은 정점전위가 관찰되었다. P3 진폭의 경우 실험 1에서는 표적 조건에서 가장 컸으며 나머지 인간 및 언캐니 조건의 경우 큰 차이가 발견되지 않았다. 실험 2의 경우 인간 및 언캐니 조건에서 상대적으로 일반 조건보다 진폭이 컸으며 두 조건 간 뚜렷한 차이는 발견되지 않았다. P3 잠재기의 경우 실험 1의 경우 세 조건 간 분명한 차이가 발견되지 않았으나 실험 2에서는 일반, 표적 및 언캐니 시행 순으로 지연된 것이 관찰되었다.

실험 1과 2에 걸쳐 관찰된 반응 정확성 및 신속성 결과는, 참가자가 과제에서 요구한 바대로 '비표적' 반응을 위해 일반 시행과 언캐니 시행의 얼굴을 비표적 범주로 그리고 '표적' 반응을 위해 표적 시행의 얼굴을 표적 범주로 구분해 충실히 반응했음을 시사한다. 이 과정에서 전체 시행의 90%에서 요구하는 '비표적' 반응으로의 반응 편향에 의해 일반 시행과 언캐니 시행에서의 반응 정확성이 상대적으로 나머지 10%에 해당하는 표적 시행의 반응 정확성에 비해 높은 것으로 나타났다. 즉 표적 시행의 대다수 오반응은 다

수의 비표적 시행에 비해 소수에 해당하는 표적 시행의 출현으로 인한 오반응인 경우가 대부분인 것으로 추측된다. 반면 반응 편향을 수정하기 위한 참가자의 노력이 반영되어, 표적 시행과 언캐니 시행의 반응시간이 일반 시행에 비해 상대적으로 지연된 것이 관찰되었다.

실험 2가 가지는 실험 1에 대한 중요한 처치의 차이 즉 얼굴 자극에 부여된 사실감에도 불구하고, 두 실험에서 관찰된 반응 정확도와 반응시간 결과는 사실상 동일한 것으로 판단되며 결과적으로 본 연구의 핵심 사안인 인지적 부담 가설에 대해 분명한 시사점을 제공하지 않는다. 그러나 사건관련전위 성분인 N170과 P3는 실험 2에서 추가된 얼굴 자극의 사실감이 초래하는 처치 효과를 분명히 반영한다. 첫째, 실험 2의 얼굴 자극에는 실험 1의 도식적 얼굴에는 결여되었던 인간 얼굴이 가지는 부피감과 질감이 구현되었으며, 이는 실험 1에서는 분명하지 않았던 얼굴 지각 관련 성분인 N170의 차이를 발현시켰다. 특히 실험 2에서는 일반 시행에 비해 표적 시행과 언캐니 시행의 N170 정점 전위가 높은 것이 관찰되었는데 이는 언캐니 얼굴에 대해 과제에서 요구하는 반응이 '비표적'임에도 불구하고 '인간다움'의 측면을 반영하는 지각적 식별 과정에서는 인간의 얼굴 중 하나로 식별 되었을 가능성을 시사한다. 결국 인간 얼굴로 범주화된 언캐니 얼굴에 대해 oddball 과제 정의상 '비표적'으로의 범주화가 강제되므로, 이러한 상황은 초기 지각적 범주화와 인지적 범주화와의 상충을 초래한다.

이러한 상충은, 실험 1에서는 발견되지 않았던 실험 2의 언캐니 시행에서의 진폭 증가와 잠재기 지연의 원인인 것으로 추측된다. 구체적으로 실험 1에서는 관찰되지 않았던 일반 시행과 언캐니 시행 간의 진폭 차이가 실험 2에서는 언캐니 시행의 뚜렷한 진폭 증가로 이어졌으며, 차이가 분명하지 않았던 P3 잠재기 또한 실험 2에서는 언캐니 시행에서 가장 지연된 것이 발견되었다. 이러한 진폭 증가 및 잠재기 지연은 대개 oddball 자극의 새로움(novelty)에 대처하는 과정에서의 정보처리 부담 및 변별 난이도 증가에 따른 주의 집중에 의해 촉발된다(Polich, 2007). 이는 본 연구에서 가정하는 인지적 부담의 개념과 상응하

는 것으로, 결국 실험 2의 얼굴 자극에 대한 oddball 과제에서 실험 1과 달리 분명한 정보처리 부담이 추가되었다는 점을 시사한다.

본 연구는 실험 2의 언캐니 시행의 P3 발현이, 자극 복잡성 증가로 인한 시각적 변별의 어려움보다는 과제에서 요구하는 외현적 수준의 자극 범주화와 자극의 인간다움에 대한 암묵적(implicit) 범주화 사이의 상충에 의해 초래된다고 해석한다. 이는 N170가 발현되는 시각정보처리 시간대(140~200ms)가 얼굴 자극에 대한 인간다움의 평가뿐만 아니라 과제에서 요구하는 표적과 비표적 변별에 대한 다양한 정보처리가 가능한 시간대에 해당한다는 사실에서 출발한다. 예를 들어 시각적 식별(visual identification)에 대한 기존 연구들은 시각 자극에 대한 비교적 정확한 범주화가 초기 시각 피질 수준에서 이미 200ms 이내에 완료됨을 보고한 바 있으며(Thorpe & Marlot, 1996; Agam et al., 2009), 여기에는 얼굴 식별을 담당하는 영역만이 아니라 다수의 독립적인 대뇌 피질 영역이 관여할 것이 예상된다(Freedman et al., 2003; Johnson & Olshausen, 2003; Foxe & Simpson, 2002).

본 연구의 oddball 과제에서 표적 및 비표적 여부를 결정할 시점의 정보처리 과정은 이러한 다양한 대뇌 피질 영역 간의 상호작용이 산출한 암묵적이고도 다차원적 증거를 토대로 수행될 가능성이 크다. 이러한 증거들은 실험 2에서 사용된 얼굴 자극들에 대해 다양한 범주 정보를 제공할 가능성이 큰데, 분명한 것은 N170의 발현에 의해 확인된 인간다움에 기초한 범주 정보는 과제에서 요구한 표적 여부에 대한 범주 정보와 적어도 언캐니 시행의 얼굴에 대해서 분명한 상충을 초래한다. 즉 언캐니 얼굴은 초기 시각 정보처리에서 ‘표적’인 인간얼굴과 동일 범주로 식별되더라도 그 결과는 무시 혹은 억제되어야 하며 표적과의 시각적 상이성(visual dissimilarity)에 기초해 ‘비표적’으로 범주화되어야 한다.

본 연구는 이러한 범주화 상충이 실험 2에서 나타난 P3 성분에 반영된 것으로 해석하며, 범주화 과정의 상충 경험에 의한 인지적 노력 혹은 부담이 부적 정서를 유발한다는 인지적 부담 가설을 지지하는 하나의 증거가 될 수 있다고 해석한다. 이러한 부정

적 정서 촉발 여부를 직접 조사해 언캐니 경험의 발생 여부를 본 연구에서 직접 검증하지는 않았으나 인지적 부담이 초래하는 정서적 긴장감이나 스트레스 수준의 증가는 이미 학습과 정서의 관계에 대한 다른 분야의 연구에서 이미 그 증거가 확보된 상태이다(Frischen et al., 2012; Hoogerheide & Paas, 2012, Garbarino & Edell, 1997).

특히 본 연구는 언캐니 현상에 대한 인지적 부담 가설에 대한 지지뿐만 아니라 이러한 인지적 부담의 의미에 대한 좀 더 분명한 해석이 필요함을 강조한다. 아마도 언캐니 자극에 대한 부정적 평가는 우리가 언캐니 대상을 일차적으로는 인간으로 지각했음에도 불구하고 그것이 인간일 수 없다는 맥락을 의식적으로 이해하게 되면서 야기되는 상충 경험에 의해 발생할 가능성이 있다. 역으로 완전히 인간이 아닌 대상을 마주한 상황에서 그 대상이 인간이라는 사실을 받아들일 수밖에 없는 상황을 상상해 보라. 비록 현실성이 결여되었지만 그러한 사실을 수용해야만 하는 상황이라면 우리의 정서적 경험은 언캐니 경험과 비교해 큰 차이가 없을 것이다. 이러한 상충의 상황이 반드시 본 연구의 얼굴 자극에 대한 oddball 과제 상황과 동일할 수는 없으나 적어도 언캐니 현상에 대한 탐색적 가설을 생성하는 데에는 본 연구의 해석이 일말의 도움이 될 것을 예상한다.

그럼에도 불구하고 본 연구에서는 다음과 같은 제한점이 발견된다. 첫째, 본 연구에서 시도된 oddball 과제는 사실상 기존 연구에서 권장되는 P3 oddball 과제의 설계와는 다소 차이가 있다. 전형적인 세 자극 P3 oddball 과제(three-stimulus oddball task)는 상호 자극 변별이 어려운 다수의 일반(standard) 시행과 소수의 표적(target) 시행으로 구성되며 여기에 새로움(novelty)의 영향을 조사하기 위해 표적 및 일반 시행의 자극과 분명히 구분되는 소수의 비표적 방해자극(non-target distractor) 시행이 더해진다(Hagen et al., 2006; Polich, 2004, 2007). 이러한 전형적 실험의 틀 안에서 대개 P3는 P3a와 P3b로 구분되어 각각의 성분이 반영하는 정보처리 과정의 지표로 해석되는데, 본 연구에서는 이러한 세부적인 기준보다는 P3 성분의 일반적 양상 즉 반응 의사 결정 및 선택 과정

에서의 인지적 부담의 정도를 반영하는 특성을 기준으로 oddball 과제를 설계하였다. 물론 실험 1과 2의 결과상으로 연구 가설에 부합하는 결과를 관찰했으나 사실상 기존 P3a 및 P3b와 같은 주요 P3의 파생 성분에 기초한 이론적 해석이 어렵다는 점에서 결과 해석에 있어서 한계점을 드러낸다.

둘째, 본 연구의 실험 1, 2에서는 사실상 세 시행 유형 각각에 단일 자극만을 사용해 반복 측정을 시도함으로써 각 조건에 사용된 얼굴 자극의 물리적 특성 차이가 사건관련전위의 파형에 영향을 줄 가능성을 통제하지 못했다(Luck, 2014). 물론 이러한 물리적 차이가 의미 있는 감각적 차이로 이어졌을 경우 예상되는 100ms 미만 구간에서의 현격한 파형 차이나 영점 수준(baseline)의 차이는 적어도 육안 상으로는 발견되지는 않으나, 이러한 자극 통제의 결여는 여전히 본 연구의 커다란 약점으로 남는다. 이는 사실상 시행의 구획화(blockwise manipulation) 등을 통해 개별 구획에 걸쳐 서로 다른 종류의 얼굴 자극을 사용하는 방식으로 자극 일반화를 시도하는 방식이 고려될 수 있다.

셋째, 본 연구에서 관찰의 대상이 된 Oz와 Pz 전극은 파형 자료 수집에 사용된 다수의 전극 중 정중앙선 전극을 대표하는 지극히 소수 전극 중 두 전극에 불과하다. 비록 기존의 사건관련전위 연구에서 N170와 P3 성분을 비교적 분명하게 관찰할 수 있는 전극으로 정중앙선 전극들(Fz, Cz, Pz 및 Oz)이 집중 선택되긴 하였으나(Hagen et al., 2006; Katayama & Polich, 1996) 한편으로는 각 성분을 관찰하기 위해 단일 전극을 사용함으로써 통계적 검증력(testing power)의 저하 및 2종 오류(Type-II error)의 발생 가능성이 증가할 수밖에 없었다는 단점이 존재한다(Luck, 2014). 이를 보완하기 위해서는 자료 분석 과정에서 다수 전극을 대상으로 관찰된 사건관련전위 측정치에 대해 자료 분석을 시도함과 동시에 전극 간 상호작용 및 평균을 통해 검증력의 확보와 2종 오류의 감소를 시도하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 후속 연구는 이러한 제한점들을 극복하는 방향으로 진행되는 것이 바람직할 것이다.

REFERENCES

- Agam, Y., Hyun, J. S., Danker, J. F., Zhou, F., Kahana, M. J., & Sekuler, R. (2009). Early neural signatures of visual short-term memory. *Neuroimage*, *44*(2), 531-536.
- Brainard, D. H. (1997). The psychophysics toolbox. *Spatial Vision*, *10*, 433-436.
- Burleigh, T. J., Schoenherr, J. R., & Lacroix, G. L. (2013). Does the uncanny valley exist? An empirical test of the relationship between eeriness and the human likeness of digitally created faces. *Computers in Human Behavior*, *29*(3), 759-771.
- Churches, O., Baron-Cohen, S., & Ring, H. (2009). Seeing face-like objects: an event-related potential study. *Neuroreport*, *20*(14), 1290-1294.
- Delorme, A. & Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, *134*(1), 9-21.
- Donchin, E. (1981). Surprise!... surprise? *Psychophysiology*, *18*(5), 493-513.
- Eimer, M. (2000). The face-specific N170 component reflects late stages in the structural encoding of faces. *Neuroreport*, *11*(10), 2319-2324.
- Eimer, M. (2011). The face-sensitive N170 component of the event-related brain potential. In: Calder, A.J., Rhodes, G., Johnson, M.H., Haxby, J. (Eds.), *The Oxford Handbook of Face Perception*. Oxford University Press, Oxford, (pp.329-344).
- Eom, J. -S., Han, Y. -H., Sohn, J. -H., & Park, K. -B. (2010). Effects of stimulus similarity on P300 amplitude in P300-based concealed information test(P300-기반 숨긴정보검사)에서 자극유사성이 P300의 진폭에 미치는 영향, *Science of Emotion and Sensibility*, *13*(3), 541-550.
- Ferrey, A. E., Burleigh, T. J., & Fenske, M. J. (2015). Stimulus-category competition, inhibition, and affective devaluation: a novel account of the uncanny valley. *Frontiers in Psychology*, *6*.

- Foxe, J. J. & Simpson, G. V. (2002). Flow of activation from V1 to frontal cortex in humans. *Experimental Brain Research*, 142(1), 139-150.
- Freedman, D. J., Riesenhuber, M., Poggio, T., & Miller, E. K. (2003). A comparison of primate prefrontal and inferior temporal cortices during visual categorization. *The Journal of Neuroscience*, 23(12), 5235-5246.
- Frischen, A., Ferrey, A. E., Burt, D. H., Pistchik, M., & Fenske, M. J. (2012). The affective consequences of cognitive inhibition: devaluation or neutralization?. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 38(1), 169.
- Garbarino, E. C. & Edell, J. A. (1997). Cognitive effort, affect, and choice. *Journal of Consumer Research*, 24(2), 147-158.
- Hagen, G. F., Gatherwright, J. R., Lopez, B. A., & Polich, J. (2006). P3a from visual stimuli: task difficulty effects. *International Journal of Psychophysiology*, 59(1), 8-14.
- Hoogerheide, V. & Paas, F. (2012). Remembered utility of unpleasant and pleasant learning experiences: Is all well that ends well?. *Applied Cognitive Psychology*, 26(6), 887-894.
- Hyun, J. -S. (2008). The properties and measurements of N2pc component evoked by a target in visual search(시각적 탐색에서 표적에 의해 유발된 N2pc 성분의 특성 및 측정). *The Korean Journal of Experimental Psychology*, 20(4), 247-263.
- Hyun, J. -S. (2009). Properties of visual working memory representations as examined by memory-perception comparison process(기억 표상과 시각적 입력 간 비교 과정을 통해 본 시각작업기억 표상의 특성). *The Korean Journal of Cognitive and Biological Psychology*, 21(4), 265-282.
- Jang, P. S. (2007). An Experimental Approach to Uncanny Valley Hypothesis(Uncanny Valley 가설에 대한 실험적 접근). *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 26(1), 47-53.
- Johnson, R., Jr. (1993). On the neural generators of the P300 component of the event-related potential. *Psychophysiology*, 30(1), 90-97.
- Johnson, J. S. & Olshausen, B. A. (2003). Timecourse of neural signatures of object recognition. *Journal of Vision*, 3(7), 4.
- Kahana, M. J. & Sekuler, R. (2002). Recognizing spatial patterns: a noisy exemplar approach. *Vision Research*, 42, 2177-2192.
- Katayama, J. & Polich, J. (1996). P300, probability, and the three-tone paradigm. *Evoked Potentials-Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 100(6), 555-562.
- Kok, A. (2001). On the utility of P3 amplitude as a measure of processing capacity. *Psychophysiology*, 38(3), 557-577.
- Loftus, G. R. & Masson, M. E. J. (1994). Using Confidence-Intervals in within-Subject Designs. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1(4), 476-490.
- Lopez-Calderon, J. & Luck, S. J. (2014). ERPLAB: an open-source toolbox for the analysis of event-related potentials. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8.
- Luck, S. J. (2014). *An Introduction to the Event-related Potential Technique*. Boston: MIT press.
- Mori, M. (1970). Bukimi no tani the un-canny valley. *Energy*, 7, 33-35. (In Japanese)
- Mori, M. (2012). The Uncanny Valley. *Ieee Robotics & Automation Magazine*, 19(2), 98-100.
- Nosofsky, R. (1991). Tests of an exemplar model for relating perception classification and recognition memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 17(1), 3-27.
- Nosofsky, R. M. & Palmeri, T. J. (1997). An exemplar-based random walk model of speeded classification. *Psychological Review*, 104(2), 266-300.
- Pashler, H. (1998). *Attention*. Hove, England UK: Psychology Press/Erlbaum (UK) Taylor & Francis.
- Polich, J. (2003). Theoretical overview of P3a and P3b. In Polich, J. (Ed.), *Detection of Change: Event-related Potential and fMRI Findings*. Springer, US. 83-98.
- Polich, J. (2007). Updating P300: an integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, 118(10),

2128-2148.

Seyama, J. I. & Nagayama, R. S. (2007). The uncanny valley: Effect of realism on the impression of artificial human faces. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 16(4), 337-351.

원고접수: 2015.11.23

수정접수: 2016.03.02

게재확정: 2016.03.07