

P300-기반 숨긴정보검사에서 자극유사성이 P300의 진폭에 미치는 영향*

Effects of stimulus similarity on P300 amplitude in P300-based concealed information test

엄진섭^{**,***} · 한유화^{**} · 손진훈^{***} · 박광배^{**†}

Jin-Sup Eom^{**,***} · Yu-Hwa Han^{**} · Jin-Hun Sohn^{***} · Kwang-Bai Park^{**†}

충북대학교 심리학과^{**}

Department of Psychology, Chungbuk National University^{**}

충남대학교 심리학과/뇌과학연구소^{***}

Department of Psychology, Brain Research Institute, Chungnam National University^{***}

Abstract

The present study examined whether the physical similarity of test stimuli affects P300 amplitude and detection accuracy for the P300-based concealed information test (P300 CIT). As the participant pretended suffering from memory impairment by an accident, own name was used as a concealed information to be probed by the P300 CIT in which the participant discriminated between a target and other (probe, irrelevant) stimuli. One group of participants was tested in the easy task condition with low physical similarity among stimuli, the other group was tested in the difficult task condition with high physical similarity among stimuli. Using the base-to-peak P300 amplitude, the interaction effect of task difficulty and stimulus type was significant at $\alpha=.1$ level ($p=.052$). In the easy task condition the difference of P300 amplitude between the probe and the irrelevant stimuli was significant, while in the difficult task condition the difference was not significant. Using peak-to-peak P300 amplitude, on the other hand, the interaction effect of task difficulty and stimulus type was not significant with significant differences of P300 amplitude between the probe and the irrelevant stimuli in both task difficulty conditions. The difference of detection accuracy between task conditions was not significant with both measures of P300 amplitude although the difference was much smaller when peak-to-peak P300 amplitude was used. The results suggest that the efficiency of P300 CIT would not decrease even when the perceptual similarity among test stimuli is high.

Keywords : ERP, P300, concealed information test, guilty knowledge test, lie detection, stimulus similarity

요약

본 연구에서는 P300-기반 숨긴정보검사(P300 CIT)에서 검사자극들 간의 물리적 유사성이 P300 진폭과 검사의 효율성에 미치는 영향을 검증하였다. 사고를 당하여 자신의 이름을 기억하지 못한다고 허위로 주장하는 허위기억상실을 가정한 상황에서, 실험참여자의 이름을 숨긴정보(관련자극)로 사용하여 P300 CIT를 실시하였다. 이 검사에서 실험참여자의 과제는 목표자극과 나머지 자극을 변별하는 것이었다. 한 집단의 실험참여자들은 목표자극과 관련자극, 무관련자극들 간의 물리적 유사성이 낮은 조건(저난도 조건)에서 검사를 받았으며, 다른 한 집단의 실험참여자들은 검사자극들 간의 물리적 유사성이 높은 조건(고난도 조건)에서 검사를 받았

* 이 논문은 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NO. 2009-0084146).

† 교신저자 : 박광배 (충북대학교 심리학과)

E-mail : kwangbai@chungbuk.ac.kr

TEL : 043-261-2195

FAX : 043-271-1713

다. 기저선-정점 P300 진폭을 측정치로 사용한 경우, 난이도 조건과 자극유형의 상호작용효과가 $\alpha=.10$ 수준에서 유의하였다($p=.052$). 저난도 조건에서는 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭차이가 유의하였으며, 고난도 조건에서는 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭차이가 유의하지 않았다. 정점-정점 P300 진폭을 측정치로 사용한 경우, 난이도 조건과 자극유형의 상호작용효과가 유의하지 않았으며, 저난도 조건과 고난도 조건 모두에서 관련자극과 무관련자극간의 P300 진폭차이가 유의하였다. 기저선-정점 P300 진폭을 이용한 개인별 판단결과, 저난도 조건과 고난도 조건 간의 정확판단을 차이가 유의하지 않았으며, 정점-정점 P300 진폭을 이용한 개인별 판단결과도 저난도 조건과 고난도 조건 간의 정확판단을 차이가 유의하지 않았다. 그러나, 난이도 조건 간의 정확판단을 차이가 기저선-정점 P300 진폭을 이용한 경우보다 정점-정점 P300 진폭을 이용한 경우에 더 작은 경향이 있었다. 이러한 결과는 검사자극들 간의 물리적 유사성이 높을 때에도 P300 CIT의 효율성이 크게 감소하지 않는다는 것을 의미한다.

주제어 : ERP, P300, 숨긴정보검사, 유죄지식검사, 거짓말탐지, 자극 유사성

1. 서론

2010년 3월, 여중생 납치 살해 피의자에 대해 거짓말 탐지검사와 뇌파검사를 실시했다는 보도가 여러 방송 매체를 통해 크게 보도된 적이 있다. 폴리그래프 검사(polygraph test)라고 부르는 거짓말 탐지검사는 조사대상자의 피부전도수준과 호흡, 혈압 등의 자율신경계 반응을 관찰하여 조사대상자가 거짓을 말하는지 여부를 판단하는 방법으로 1900년대 초에 개발되어 현재까지 널리 사용되고 있다. 뇌파검사는 조사대상자의 뇌파(electroencephalography: EEG)를 관찰하여 거짓을 말하는지 여부를 판단하는 방법으로 약 20년 전에 개발되어 현재까지 연구가 활발히 진행되고 있는 거짓말 탐지 방법이다(Mastroberardino & Santangelo, 2009).

조사대상자가 거짓을 말하는지 혹은 진실을 말하는지 판단하기 위한 검사기법으로 두 가지가 널리 사용된다. 한 가지 기법은 비교질문검사(comparison question test: CQT)로, CQT는 조사대상자가 거짓을 말하고 있는지를 파악하기 위하여 조사 중인 사안과 직접적으로 관련된 질문(예; 당신이 ○○에서 돈을 훔쳤습니까?)에 대한 반응과 조사 중인 사안과 직접적으로 관련되지 않은 질문(예; 당신은 과거에 다른 사람의 물건을 훔친 적이 있습니까?)에 대한 반응을 서로 비교한다. 다른 한 가지 기법은 숨긴정보검사(concealed information test: CIT) 혹은 유죄지식검사(guilty knowledge test: GKT)이다. CIT 혹은 GKT는 조사대상자가 조사 중인 사안과 관련된 특정 사실(예; 도난당한 돈의 액수인 150만 원)을 알고 있는지의 여부를 파악하기 위

하여, 조사 중인 사안과 직접적으로 관련된 자극(예; 150만 원)에 대한 반응과 조사 중인 사안과 직접적으로 관련되지 않은 자극(예; 100만 원, 200만 원 등)에 대한 반응을 서로 비교한다.

CQT와 CIT는 자율신경계 반응(피부전도수준과 호흡, 혈압 등)에 기초한 폴리그래프 검사를 위해 만들어진 기법이다. CQT와 CIT를 모두 중추신경계 반응(뇌파)에 기초한 거짓말 탐지에 사용할 수 있지만(Farwell & Donchin, 1991; Rosenfeld, Angell, Johnson, & Qian, 1991), 뇌파에 기초한 거짓말 탐지에서는 대부분 CIT를 이용한다. CIT를 사용한 폴리그래프 검사와 CIT를 사용한 뇌파검사는 거짓말 탐지를 위하여 서로 다른 종류의 반응(자율신경계 반응과 중추신경계 반응)을 관찰하므로, 두 종류의 방법을 모두 사용하면 거짓말 탐지의 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 뿐만 아니라 폴리그래프 검사에서 CIT를 사용하는 경우에는 정신적 대응수단(mental countermeasures; 예를 들어, 검사를 받는 도중 100에서 7씩 빼는 암산을 하는 것)에 의해 오류부정(false negative; 실제로 거짓말을 한 조사대상자에 대한 진실 판정)의 결과가 산출될 가능성이 있는데(Ben-Shakhar & Dolev, 1996; Honts, Devitt, Winbush, & Kircher, 1996), 대응수단에 대한 대처방법으로 뇌파를 이용한 CIT를 사용할 수 있다(Ben-Shakhar & Elaad, 2002).

뇌파를 이용한 거짓말 탐지 연구들은 제시된 자극과 관련하여 나타나는 뇌파인 사건관련전위(event-related potential: ERP)를 사용하며, ERP의 여러 성분들 중에서 인지과정을 반영하는 것으로 알려져 있는 P300(또는 P3)을 주로 활용한다. P300은 자극제시 후

250ms~600ms 사이에 나타나는 정적 정점을 말하며 (Kok, 2001), 제시된 자극이 피검사자에게 의미가 있을수록 P300의 진폭이 크게 나타나는 것으로 알려져 있다(Johnson, 1986).

검사기법으로 CIT를 사용하고 ERP의 성분들 중 P300을 관찰하여 거짓말 여부를 판단하는 뇌파검사를 P300-기반 숨긴정보검사(P300-based concealed information test) 혹은 간단히 P300 CIT라고 부르기도 한다. 일반적으로 P300 CIT에서는 세 가지 종류의 자극을 사용한다(Abootalebi, Moradi, & Khalilzadeh, 2006). 첫 번째는 조사대상자의 주의를 검사상황에 집중하도록 하기 위하여 사용하는 목표자극(Target)으로, 목표자극이 제시되면 특정 반응을 하도록 지시한다. 두 번째는 조사대상자가 알고 있는지를 파악하기 위하여 사용하는 관련자극(Probe)으로 조사 중인 사안과 직접적으로 관련된 자극이다. 세 번째는 무관련자극(Irrelevant)으로 조사 중인 사안과 직접적으로 관련되지 않은 자극이다.

P300 CIT에서 조사대상자가 관련자극을 알아본다면, 관련자극에 독특한 의미가 있을 것이므로 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한 P300 진폭보다 더 클 것이라고 예측할 수 있으며, 조사대상자가 관련자극을 알아보지 못한다면, 관련자극과 무관련자극은 동일한 정도의 의미만 있을 것이므로 관련자극에 대한 P300 진폭과 무관련자극에 대한 P300 진폭에 차이가 없을 것이라고 예측할 수 있다(Farwell & Donchin, 1991).

CIT는 CQT보다 더 견고한 이론적 근거를 가진다는 중요한 장점을 가지고 있는 반면, CIT가 실시될 수 있는 경우가 상황에 따라 제한될 수 있다는 단점을 가진다(Ben-Shakhar, 2002; Ben-Shakhar & Elaad, 2002). 조사대상자가 조사 중인 사안과 직접적으로 관련된 특정 사실을 알고 있는지를 검사하여 거짓말 여부를 판단하기 위해서는, 오직 범인과 수사관만 알고 있을 것으로 가정할 수 있는 특정 사실이 존재해야만 한다. 그러나 범죄 상황과 조사 중인 사안에 관한 구체적인 내용이 방송 매체를 통해서 조사대상자에게 노출된 경우나 사건과 관련된 중요한 사실이 조사과정 중에 조사대상자에게 노출된 경우에는 CIT를 사용하기가 어려워진다.

이러한 단점을 부분적으로 극복할 수 있는 한 가지 방법은 CIT에 사용하는 검사자극을 구체적이고 세밀하게 구성하는 것이다. 예를 들어, 범행에 사용된 흉기가 ‘칼’이라는 것이 사전에 조사대상자에게 노출된

경우에는 조사대상자가 ‘범행에 사용된 흉기가 칼이라는 사실을 알고 있는지’를 검사하는 대신에, 조사대상자가 ‘범행에 사용된 특정한 칼을 알고 있는지’를 검사하는 것이다. 서두에 언급한 여중생 납치 살해 사건의 경우에, 사체유기 장소가 대중 매체에 노출되지 않았다면 피의자가 여러 장소들 중에서 사체를 유기한 장소인 ‘물탱크’에 독특한 반응을 보이는지 검사할 수 있으며, 사체유기 장소가 물탱크라는 것이 대중 매체에 노출되었다면 피의자가 ‘여러 가지 비슷한 물탱크’ 중에서 ‘사체를 유기한 특정한 물탱크’에 독특한 반응을 보이는지 검사할 수 있다.

검사자극들이 구체적이고 세밀하게 구성된다는 것은 검사자극들이 서로 더 유사하게 구성된다는 것을 의미한다. P300 CIT에서 세 가지 종류의 검사자극들이 서로 더 유사해 질 때 관련자극과 무관련자극에 대한 P300 진폭이 달라지는지, 달라진다면 어떻게 달라지는지에 대한 직접적인 연구는 찾아볼 수 없다.

P300 CIT의 맥락에서는 아니지만, 자극들 간의 유사성이 P300의 진폭에 미치는 영향을 검증한 논문들이 있다(Azizian, Freitas, Watson, & Squires, 2006; Polich & Comerchero, 2003). Azizian 등(2006)은 피실험자가 반응해야 하는 하나의 목표자극(제시비율=.11)과 피실험자가 반응하지 않아야 하는 8 종류의 비목표자극(각 종류의 제시비율=.11)을 피실험자에게 무선적인 순서로 하나씩 제시하면서 뇌파를 측정하였다. 8 종류의 비목표자극은 목표자극과의 물리적 유사성 정도가 체계적으로 다른 자극이었다. ERP를 산출한 결과, 비목표자극이 목표자극과 물리적으로 유사할수록 비목표자극에 대한 P300 진폭이 목표자극에 대한 P300 진폭과 더 유사해지는 것으로 나타났다. 즉, 비목표자극이 목표자극과 물리적으로 유사할수록 비목표자극에 대한 P300 진폭이 커지는 것으로 나타났다. Azizian 등(2006)은 비목표자극에 대한 P300이 목표자극과 비목표자극 간의 변별용이성과 관련된 인지과정을 반영한다고 제안하였으며, 목표자극과 유사한 특성을 가진 자극들은 피실험자의 주의를 끌어당기고 변별을 위한 정신적 노력을 더 많이 요구한다고 설명하였다.

Polich와 Comerchero(2003)는 피실험자가 반응해야 하는 목표자극(제시비율=.12)과 피실험자가 반응하지 않아야 하는 표준자극(제시비율=.76), 역시 반응하지 않아야 하는 비목표자극(제시비율=.12)을 사용한 실험을 하였다. Polich와 Comerchero(2003)는 두 가지 요인

의 효과를 검증하였다. 한 가지는 목표자극과 표준자극의 물리적 유사성으로 정의되는 변별 난이도가 P300의 특성에 미치는 효과였으며, 다른 한 가지는 비목표자극의 유형(지각적으로 독특하지 않은 자극과 지각적으로 독특한 자극)이 P300의 특성에 미치는 효과였다. 실험결과, 변별 난이도가 낮은 조건에 비하여 변별난이도가 높은 조건에서(즉, 목표자극과 표준자극간의 물리적 유사성이 높은 조건) 목표자극의 P300 진폭은 감소하였으며, 두 난이도 조건 모두에서 지각적으로 독특한 비목표자극의 P300 진폭이 지각적으로 독특하지 않은 비목표자극의 P300 진폭보다 크게 나타났다. 지각적으로 독특하지 않은 비목표자극에 대하여 목표자극과 표준자극간의 변별난이도가 높은 조건이 낮은 조건보다 더 큰 P300 진폭을 만들어내는 것으로 나타났다. Polich와 Comerchero(2003)는 목표자극과 표준자극 간의 변별 난이도가 높은 상황에서 비목표자극이 제시되면 주의가 비목표자극으로 향하기 때문에 비목표자극의 P300 진폭이 증가한다고 설명한다.

Azizian 등(2006)의 연구결과를 P300 CIT에 적용하면, P300 CIT의 검사자극들이 서로 유사할수록 세가지 검사자극들 간의 P300 진폭차이가 감소하므로, 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭 차이도 감소할 것이라고 예측할 수 있다. 반면에 Polich와 Comerchero(2003)의 연구결과를 P300 CIT에 적용하면 또 다른 결과가 예측된다. P300 CIT의 검사자극들이 서로 유사할수록 목표자극과 무관련자극 간의 변별난이도가 높아지므로, 지각적으로 독특하지 않은 비목표자극인 관련자극에 대한 P300 진폭은 증가할 것으로 예측된다.

본 연구에서는 거짓말 탐지를 위한 P300 CIT에서 검사자극들 간의 물리적 유사성이 사건관련자극과 사건무관련자극의 P300 진폭에 어떠한 영향을 미치는지를 실험을 통하여 검증하고자 하였다.

2. 방법

2.1. 실험참여자

대학생 26명이 실험에 자원하여 참여하였다. 실험 참여자의 성별은 남자 19명, 여자 7명이었으며, 평균 연령은 24.8세(범위 21~30세)였다. 실험참여자들은 모두 신경과나 정신과적 병력이 없다고 응답하였으며, 실험참여에 대한 금전적 보상을 받았다. 뇌파분석은 전체 시행의 90% 이상에서 눈을 깜박여 뇌파가 심

각하게 오염되었던 1명을 제외한 25명을 대상으로 실시하였다. 뇌파를 제외한 다른 행동반응의 분석은 26명의 반응을 모두 이용하였다.

2.2. 실험설계

P300 CIT에 사용되는 검사자극들 간의 물리적 유사성이 낮은 저난도 조건과 검사자극들 간의 물리적 유사성이 높은 고난도 조건에 실험참여자들을 13명씩 무선 할당하는 독립집단설계를 사용하였다.

2.3. 자극 및 실험절차

사고를 당하여 자신의 이름을 기억하지 못한다고 허위로 주장하는 허위기억상실을 가정한 상황에서, 실험참여자의 이름을 숨긴정보로 사용하여 P300 CIT를 실시하였다. 즉, 실험참여자가 자신의 이름을 알아보는지의 여부를 판단하기 위한 숨긴정보검사를 실시하였다. 검사자극은 목표자극 1개와 관련자극 1개, 무관련자극 4개로 구성하였다. 목표자극은 실험자가 실험참여자에게 기억하도록 지시한 이름이었으며, 관련자극은 실험참여자의 이름이었고, 무관련자극은 실험참여자에게 친숙하지 않은 이름들로 구성하였다.

두 실험조건에서 6개 검사자극의 성(family name)은 모두 동일하게 하였다. 저난도 조건에서 6개 검사자극의 이름을 서로 다른 글자로 구성하여, 6개 실험자극들이 서로 쉽게 변별되도록 하였다. 고난도 조건에서는 관련자극인 실험참여자의 이름에서 1~2개의 자모를 변경하여 목표자극을 만들었으며, 목표자극에서 1~2개의 자모를 변경하여 4개의 무관련자극들을 구성하여, 실험자극들을 서로 유사하게 구성하였다(표 1). 실험을 시작하기 전에, 4개의 무관련자극들을 실험참여자에게 보여주어 특별한 의미를 가지는 이름이 있는지 확인하였으며, 실험참여자에게 특별한 의미를 가지는 이름이 있는 경우에는 다른 이름으로 변경하였다.

표 1. 실험자극의 예

	고난도 조건	저난도 조건
목표자극	홍길당	홍재환
관련자극	홍길동	홍길동
무관련자극	홍길달	홍철민
	홍길도	홍승화
	홍기달	홍창희
	홍기당	홍영인

실험참여자들에게 6개의 이름을 무선적인 순서로 하나씩 제시하였으며, 실험자가 알려준 목표자극이 제시되면 그 자극을 알고 있다는 의미로 ‘예’ 버튼(마우스 오른쪽 버튼)을, 목표자극 이외의 다른 자극이 제시되면 그 자극을 모른다는 의미로 ‘아니오’ 버튼(마우스 왼쪽 버튼)을 가능한 빠르고 정확하게 누르도록 지시하였다. P300 CIT를 실시하는 동안, 본인의 이름을 알지 못하는 것처럼 행동하라고 지시하였으나, 숨긴정보검사를 무사히 통과하는 것에 대해 추가적인 보상을 하지는 않았다. 6개의 이름을 무선적인 순서로 하나씩 제시하는 것을 60회 반복하여, 총 360회 자극을 제시하였다. 실험자극은 실험참여자로부터 1m 앞에 있는 LCD 화면의 중앙에 1.5cm 높이의 크기로 제시하였으며, 회색 바탕에 검은색 글자로 제시하였다. 자극 제시 시간은 500ms였으며, 자극 간의 제시간격은 2초였다.

2.4. 뇌파기록

뇌파는 QEEG4(LXE3204, LAXTHA Inc.)를 사용하여 기록하였으며, 도금된 전극을 국제 10~20 체계에 따라 Fz와 Pz에 부착하였다. 왼쪽과 오른쪽 귓볼에 연결된 전극을 부착하여 기준전극으로 사용하였으며, 이마에 접지전극을 부착하였다. 안구운동과 눈 깜박임을 기록하기 위하여 왼쪽 눈 위와 아래에 전극을 부착하여 안전도(electrooculogram: EOG)를 측정하였다. 뇌파는 실험을 하는 동안 0.7~46Hz 대역역과한 후 256Hz 표본율로 A/D 변환하였으며, 실험자극의 제시와 행동반응의 기록, 뇌파의 기록은 TeleScan v2.8 (LAXTHA Inc.)을 사용하였다.

실험이 끝난 후, EOG를 이용하여 눈 움직임에 의한 뇌파의 변형을 교정하였으며(Semlitsch, Anderer, Schuster, & Presslich, 1986), 뇌파를 자극 제시 전 100ms를 포함하여 총 1100ms로 구간을 나누어 분석에 이용하였다. 눈 깜박임에 의한 사건관련전위의 오염을 방지하기 위하여 자극 제시 시점을 기준으로 1000ms 동안 EOG의 측정치가 $50\mu V$ 를 넘는 시행은 분석에서 제외하였고, 오반응을 한 시행도 분석에서 제외하였다. 목표자극과 관련자극, 무관련자극 각각에 대하여 자극제시 시점을 기준으로 각 시행의 뇌파들을 평균하여 사건관련전위를 얻었다.

2.5. 자료분석

각 자극 유형에 대한 P300 진폭은 기저선-정점 방법과 정점-정점 방법을 사용하여 측정하였다. 정점-정점 방법의 P300 측정치는 기저선-정점 방법의 P300 측정치보다 자극에 대한 정보를 더 많이 반영하며, P300 CIT의 정확판단율이 더 높은 측정 방법으로 알려져 있다(Soskins, Rosenfeld, & Niendam, 2001). 기저선-정점 방법은 P300의 전위값에서 자극 제시전의 기저선 전위를 뺀 값으로 P300의 진폭을 정의하며, 정점-정점 방법은 P300의 전위와 P300 이후에 나타나는 부적 정점 전위값 간의 차이를 P300의 진폭으로 정의한다. 기저선의 전위값은 자극제시전 100ms 구간의 평균 전위값을 사용하였으며, P300의 전위는 자극 제시 후 300ms에서 700ms 사이에 100ms 구간의 평균값이 가장 큰 값을 사용하였으며, P300 이후 부적 정점의 전위는 P300이 나타난 이후에 100ms 구간의 평균값이 가장 작은 값을 사용하였다.

P300의 잠재시간은 자극제시 후 P300이 나타난 100ms 구간의 중앙값으로 정의하였으며, P300 이후 부적정점이 나타나는 잠재시간은 자극제시 후 부적정점이 나타난 100ms 구간의 중앙값으로 정의하였다. 반응시간은 자극이 제시된 후부터 반응버튼이 눌러지기까지의 시간으로 정의하였다.

과제난이도와 자극유형에 따라 반응오류율, 반응시간, P300 진폭, P300 잠재시간 등의 평균이 다른지 검증하기 위하여 혼합설계에 의한 변량분석(ANOVA)을 수행하였으며, 반복측정이 포함된 효과항에 대해서 분자의 자유도가 1보다 큰 경우에는 Greenhouse-Geiser의 합동대칭성 지수 ϵ 을 이용하여 교정한 확률을 사용하였다. 개인별로 관련자극과 무관련자극 간의 P300 측정치가 서로 다른 정도에 대한 통계적 유의확률을 계산하기 위하여 부트스트랩 절차를 이용하였으며(엄진섭, 한유화, 박광배, 손진훈, 2008 참고), 기저선-정점 P300 측정치와 정점-정점 P300 측정치 각각에 대해서 수행하였다.

3. 결과

3.1. 행동반응

목표자극에 대한 정반응률(“예” 반응 비율)은 저난

도 조건과 고난도 조건에서 각각 .761과 .797이었으며, 관련자극에 대한 정반응률(“아니오” 반응 비율)은 두 조건에서 각각 .983과 .982였고, 무관련자극에 대한 정반응률(“아니오” 반응 비율)은 두 조건에서 각각 .998과 .990이었다. 저난도 조건과 고난도 조건 간의 정반응률은 통계적으로 유의한 차이가 없었다($F(1,24)=.261$, n.s., $\Delta\eta^2=.011$).

저난도 조건에서 목표자극에 대한 평균 정반응시간은 450ms였고, 관련자극에 대한 정반응시간은 419ms, 무관련자극에 대한 정반응시간은 373ms였다. 고난도 조건에서 목표자극에 대한 평균 정반응시간은 547ms였고, 관련자극에 대한 정반응시간은 494ms, 무관련자극에 대한 정반응시간은 461ms였다(표 2). 변량분석결과, 고난도 조건의 정반응시간이 저난도 조건의 정반응시간보다 유의하게 더 긴 것으로 나타났다($F(1,24)=7.578$, $p<.05$, $\Delta\eta^2=.240$). 자극종류에 따라서도 정반응시간이 다른 것으로 나타났는데($F(2,48)=62.668$, $p<.001$, $\Delta\eta^2=.723$), 목표자극에 대한 정반응시간이 관련자극과 무관련자극에 대한 정반응시간보다 길었으며, 관련자극에 대한 정반응시간이 무관련자극에 대한 정반응시간보다 길었다. 과제난이도와 자극유형의 상호작용효과는 유의하지 않았다($F(2,48)=1.048$, n.s., $\Delta\eta^2=.042$).

표 2. 과제난이도별 정반응률과 정반응시간(ms)

		목표자극	관련자극	무관련자극
정반응률	저난도	.761 (.148)	.983 (.018)	.998 (.003)
	고난도	.797 (.101)	.982 (.021)	.990 (.008)
정반응 시간	저난도	450 (79)	419 (86)	373 (62)
	고난도	547 (93)	494 (99)	461 (74)

3.2. P300 진폭

각 조건에 따라 실험참여자들로부터 산출된 평균 ERP를 그림 1에 제시하였다.

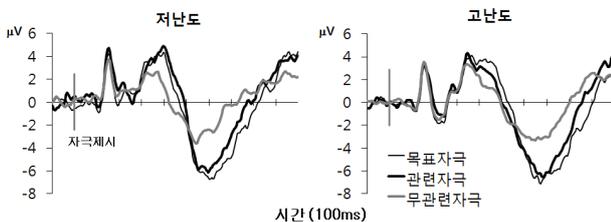


그림 1. 과제난이도별 ERP (전극위치: Pz)

P300-기반 숨긴정보검사에서 대부분 Pz에서 측정된 뇌파를 분석에 활용하며, 관련자극에 대한 P300 진폭과 무관련자극에 대한 P300 진폭 간의 차이를 보는 것이 목적이므로(Rosenfeld, Shue, & Singer, 2007), 본 연구에서도 Pz 영역에서 측정된 뇌파에 한하여, 관련자극과 무관련자극에 대한 P300 진폭과 잠재시간을 분석하였다.

과제난이도별 P300 진폭 측정치의 평균과 표준오차를 그림 2에 제시 하였다. 기저선-정점 P300 진폭에 대하여 과제난이도(저난도/고난도)와 자극종류(관련자극/무관련자극)를 독립변인으로 하는 이원변량분석을 실시하였다. 분석결과 과제난이도의 주효과는 유의하지 않았으며($F(1,23)=.012$, n.s., $\Delta\eta^2=.001$), 자극종류의 주효과가 유의하였고($F(1,23)=19.234$, $p<.001$, $\Delta\eta^2=.455$), 과제난이도와 자극종류의 상호작용효과는 $\alpha=.10$ 수준에서 유의하였다($F(1,23)=4.194$, $p=.052$, $\Delta\eta^2=.154$). 과제난이도별로 나누어 자극종류의 효과를 분석한 결과, 저난도 조건에서는 관련자극과 무관련자극간의 기저선-정점 P300 진폭차이가 2.72µV로 통계적으로 유의하였던 반면, 고난도 조건에서는 관련자극과 무관련자극간의 기저선-정점 P300 진폭차이가 0.99µV로 통계적으로 유의하지 않았다.

정점-정점 P300 진폭에 대해서도 이원변량분석을 실시하였다. 과제난이도의 주효과는 유의하지 않았으며($F(1,23)=.218$, n.s., $\Delta\eta^2=.009$), 자극종류의 주효과는 유의하였고($F(1,23)=57.480$, $p<.001$, $\Delta\eta^2=.714$), 과제난이도와 자극종류의 상호작용효과는 유의하지 않았다($F(1,23)=2.218$, n.s., $\Delta\eta^2=.088$).

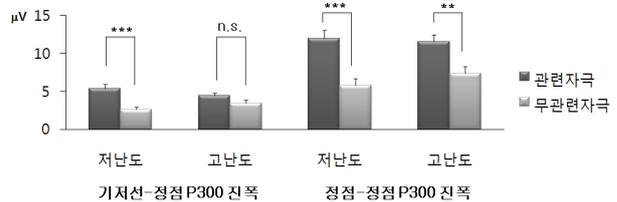


그림 2. 과제난이도별 P300 진폭의 평균과 표준오차

3.3. P300과 P300 이후 부적 정점의 잠재시간

과제난이도별 P300의 잠재시간과 P300 이후 부적 정점의 잠재시간의 평균과 표준오차를 그림 3에 제시 하였다. P300의 잠재시간에 대하여 과제난이도(저난

도/고난도)와 자극종류(관련자극/무관련자극)를 독립변인으로 하는 이원변량분석을 실시하였다. 분석결과, 과제난이도의 주효과($F(1,23)=.048$, n.s., $\Delta\eta^2=.002$)와 자극종류의 주효과($F(1,23)=.422$, n.s., $\Delta\eta^2=.018$), 과제난이도와 자극종류의 상호작용효과($F(1,23)=.055$, n.s., $\Delta\eta^2=.002$) 모두 유의하지 않았다.

P300 이후 부적정점에 대한 잠재시간에 대해서 이원변량분석을 실시하였다. 과제난이도의 주효과가 유의하였으며($F(1,23)=9.680$, $p<.01$, $\Delta\eta^2=.296$), 자극종류의 주효과도 유의하였지만($F(1,23)=17.509$, $p<.001$, $\Delta\eta^2=.432$), 과제난이도와 자극종류의 상호작용효과는 유의하지 않았다($F(1,23)=1.269$, n.s., $\Delta\eta^2=.052$). 즉, P300 이후 부적정점의 잠재시간이 저난도 조건(관련자극=612ms, 무관련자극=557ms)에서보다 고난도 조건(관련자극=671ms와 무관련자극=640ms)에서 더 길었으며, 관련자극에 대한 부적정점의 잠재시간이 무관련자극에 대한 부적정점의 잠재시간보다 길었다.

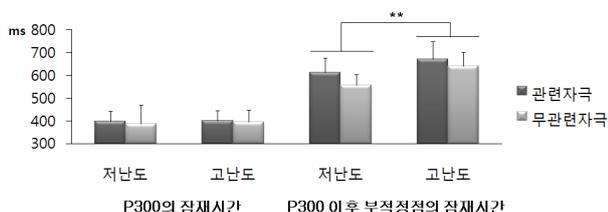


그림 3. 과제난이도별 P300 잠재시간과 부적정점 잠재시간의 평균과 표준오차

3.4. P300-기반 숨긴정보검사에 대한 개인별 판단

개인수준에서 관련자극의 P300 진폭이 무관련자극의 P300 진폭보다 더 크지에 대해 판단하기 위하여, 실험참여자 개인별로 부트스트랩 절차를 이용한 P300 진폭 차이검증을 수행하였다. 개인별 판단결과를 표 3에 제시하였다.

기저선-정점 P300 진폭을 이용하여 개인별 판단을 내린 결과, 저난도 조건의 정확판단율은 53.8%였으며, 고난도 조건의 정확판단율은 25.0%였다. 저난도 조건의 정확판단율이 높은 경향은 있었지만, Fisher's exact test 결과 통계적으로 유의한 차이는 없었다 ($p>.1$). 정점-정점 P300 진폭을 이용하여 개인별 판단을 내린 결과, 저난도 조건의 정확판단율은 84.6%였

으며, 고난도 조건의 정확판단율은 75.0%였다. 저난도 조건의 정확판단율이 약간 높은 경향이 있었지만 통계적으로 유의하지는 않았다($p>.4$). 기저선-정점 P300 진폭을 이용한 경우의 정확판단율과 정점-정점 P300 진폭을 이용한 경우의 정확판단율 간의 차이검증을 수행한 결과, 저난도 조건에서는 유의한 차이가 발견되지 않았지만(McNemar Test, $p>.1$), 고난도 조건에서는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(McNemar Test, $p<.05$).

표 3. P300-기반 숨긴정보검사에 대한 개인별 판단 결과

	기저선-정점 P300	정점-정점 P300
저난도	53.8 (7/13)	84.6 (11/13)
고난도	25.0 (3/12)	75.0 (9/12)

주) 표 안의 수치는 부트스트랩 절차를 이용하여 90% 신뢰수준에서 관련자극의 P300 진폭이 무관련자극의 P300 진폭보다 큰 것으로 판단된 실험참여자의 백분율이며, 괄호 안은 백분율임.

4. 논의

본 연구에서는 P300 CIT에서 목표자극과 관련자극, 무관련자극 간의 물리적 유사성이 각 자극의 P300 진폭에 미치는 영향을 검증하였다. 자극들 간의 물리적 유사성이 높은 고난도 조건의 반응시간이 자극들 간의 물리적 유사성이 낮은 저난도 조건의 반응시간 보다 긴 것으로 나타나, 물리적 유사성을 통한 과제 난이도의 조정이 적절하게 이루어졌음을 알 수 있었다.

기저선-정점 P300 진폭에 대한 분석결과, 저난도 조건에서는 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭 차이가 통계적으로 유의하였던 반면, 고난도 조건에서는 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭차이가 통계적으로 유의하지 않았다. 이러한 결과는 Azizian 등(2006)의 연구결과에 의한 예측과 일치한다. 거짓을 말하는(즉, 관련자극을 알고 있는) 조사대상자에게 관련자극은 또 다른 목표자극이 되므로(Rosenfeld, Biroshak, & Furedy, 2006), 관련자극과 무관련자극이 유사할수록 두 자극 간의 P300 진폭차이가 감소하게 된 것으로 생각된다.

정점-정점 P300 진폭에 대한 분석결과, 저난도 조건과 고난도 조건 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 Azizian 등(2006)의 연구결과에 의한 예측과 불일치하고 Polich와 Comerchero(2003)의 연구

결과에 의한 예측과도 불일치하는 것이다. 그러나 이러한 결과는 두 선행연구결과에 의한 예측과 모두 일치한 결과라고도 생각해 볼 수 있다. 즉, Polich와 Comerchero(2003)에 의한 예측과 같이 목표자극과 무관련자극 간의 유사성이 높을 때 관련자극의 P300 진폭이 증가하지만, Azizian 등(2006)에 의한 예측과 같이 무관련자극의 P300 진폭도 함께 증가하여 과제난이도의 효과가 상쇄된 것으로 볼 수 있다. 반대로, Azizian 등(2006)이 발견한 자극유사성 효과가 기저선-정점 P300 진폭에서는 크게 나타나지만 정점-정점 P300 진폭에서는 그 효과가 작기 때문에 자극유사성의 효과가 관찰되지 않았을 수 있다.

기저선-정점 P300 진폭에 대한 결과와 정점-정점 P300 진폭에 대한 결과가 일치하지 않는 이유는 P300 이후 부적정점이 반영하는 속성 때문일 것으로 생각된다. P300 이후 부적정점은 P300에 반영되지 않는 어떠한 인지과정을 반영하며(Soskins et al, 2001), 0.3Hz 이상의 아날로그 고역통과필터를 사용하여 EEG를 기록하면 P300 이후 부적정점의 중요성이 높아진다는 것이다(엄진섭, 음영지, 손진훈, 박광배, 2010). 결과적으로 기저선-정점 P300 진폭은 변별용이성과 관련된 인지과정을 반영한 반면에, 정점-정점 P300 진폭은 변별용이성과 관련된 인지과정에 더하여 또 다른 인지과정을 반영한 결과이다. P300 이후 부적정점에 영향을 미치는 인지과정이 무엇인지 아직까지 밝혀진 바는 없지만, 변별용이성과는 관련이 적은 ‘자극의 의미’에 대한 인지과정일 수도 있다고 추론해 볼 수 있다.

P300의 잠재시간은 난이도에 따라 다르지 않았지만, P300 이후 부적정점의 잠재시간은 저난도 조건보다 고난도 조건에서 더 길었다. P300의 잠재시간은 자극을 변별하는데 걸리는 시간을 반영한 것으로 알려져 있는데(Magliero, Bashore, Coles, & Donchin, 1984), 본 연구에서는 P300 이후 부적정점의 잠재시간이 자극을 변별하는데 걸리는 시간을 반영한 것으로 보인다. 이전의 연구들과 다르게, 본 연구에서는 P300 이후 부적정점의 잠재시간이 자극 변별 시간을 반영하는 것으로 보이는 이유는 EEG 측정 절차의 차이에 의한 것으로 생각되는데, P300 연구들이 주로 .1Hz 이하의 고역통과필터(high pass filter)를 사용하는 반면 대부분의 P300 CIT 연구들은 .3Hz의 고역통과필터를 사용하고 있다.

조사대상자 개인별로 거짓말 말하는지의 여부(즉,

관련자극을 알고 있는지)를 판단한 결과, 선행연구들과 동일하게 기저선-정점 P300 진폭을 이용하는 경우보다 정점-정점 P300 진폭을 이용하는 경우에 정확판단율이 높은 경향이 있었다(엄진섭 등, 2008; 엄진섭 등, 2010; Soskins et al., 2001; Rosenfeld et al. 2006). 난이도 조건에 따라 정확판단율이 유의하게 다르지는 않았다. 특히, 기저선-정점 P300 진폭을 이용하는 경우보다 정점-정점 P300 진폭을 이용하여 판단하는 경우에, 난이도 조건 간의 정확판단율이 서로 유사하였다. 난이도 조건 별로 기저선-정점 P300 진폭을 이용한 경우와 정점-정점 P300 진폭을 이용한 경우의 정확판단율을 비교한 결과, 저난도 조건에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나 고난도 조건에서는 정확판단율에 유의한 차이가 있었다.

결과적으로, P300 CIT에 사용되는 검사자극들 간의 물리적 유사성이 증가하면, 관련자극과 무관련자극 간의 기저선-정점 P300 진폭차이가 감소하고, 숨진정보검사의 효율성이 감소할 가능성이 높을 것이다. 그러나 정점-정점 P300 진폭차이는 검사자극들 간의 유사성에 큰 영향을 받지 않으며, 숨진정보검사의 효율성에도 큰 영향을 미치지 않을 것으로 생각된다. 대중매체를 통해서나 수사과정에서 조사 중인 사안에 대한 정보의 일부(예; 현금이 도난당한 사건이며, 도난당한 돈의 액수가 1000만원이 넘는다는 정보)가 피의자에게 노출되었다하더라도, 검사자극들을 서로 유사하게 구성(예; 1100만 원, 1200만 원, 1300만 원 등)하여 검사하고 정점-정점 P300 진폭을 이용한다면, 거짓말 탐지 방법으로 P300 CIT를 사용하는데 무리가 없을 것으로 판단된다.

본 연구에서 가설검증을 하고자 한 사항은 아니었지만, 고난도 조건과 저난도 조건 모두에서 관련자극에 대한 반응시간이 무관련자극에 대한 반응시간보다 긴 것으로 나타났다. 관련자극과 무관련자극의 반응시간을 이용하여 거짓말 탐지가 가능하다는 연구결과가 있는 반면(Seymour & Kerlin, 2008), 반응시간을 이용한 거짓말 탐지가 가능하지만, 피검사자가 반응시간을 조작하기 용이하다는 주장도 있으며(Farwell & Donchin, 1991), 관련자극과 무관련자극간 반응시간의 차이가 없었던 연구들도 있다(엄진섭 등, 2008; Rosenfeld et al., 2006). 이러한 상이한 연구결과들은 숨진정보검사의 반응시간에 영향을 미치는 요인들에 대한 연구가 필요함을 보여준다.

본 연구에서는 글자 자극을 이용하여 자극 유사성

이 P300의 진폭에 미치는 영향을 검증하였으므로, 본 연구결과를 사진 자극에 대해 일반화하기 어려울 가능성이 있다. 추후에 사진 자극을 이용하여 자극 유사성이 P300 CIT의 효율성에 미치는 영향을 검증할 필요가 있다.

참고문헌

- 엄진섭, 음영지, 손진훈, 박광배 (2010). 고역통과필터 값이 P300의 파형에 미치는 영향. *감성과학*, 13(1), 179-186.
- 엄진섭, 한유화, 박광배, 손진훈 (2008). P300 숨긴 정보 검사의 민감도: 목표자극을 이용하는 측정 패러다임과 두 자극에 대한 범주판단 및 재인검사를 이용하는 측정 패러다임의 비교. *한국심리학회지: 일반*, 27(3), 653-673.
- Abootalebi, V., Moradi, M. H., & Khalilzadeh, M. A. (2006). A comparison of methods for ERP assessment in a P300-based GKT. *International Journal of Psychophysiology*, 62, 309-320.
- Azizian, A., Freitas A. L., Watson, T. D., & Squires, N. K. (2006). Electrophysiological correlates of categorization: P300 amplitude as index of target similarity. *Biological Psychology*, 71, 278-288.
- Ben-Shakhar, G. (2002). A Critical review of the control questions test (CQT). In Murray Kleiner (Ed.), *Handbook of Polygraph Testing*. San Diego: Academic Press.
- Ben-Shakhar, G. & Elaad, E. (2002). The guilty knowledge test (GKT) as an application of psychophysiology: Future prospects and obstacles. In Murray Kleiner (Ed.), *Handbook of Polygraph Testing*. San Diego: Academic Press.
- Ben-Shakhar, G. & Doley, K. (1996). Psychophysiological detection through the guilty knowledge technique: the effects of mental countermeasures. *Journal of Applied psychology*, 81, 273-281.
- Farwell, L. A. & Donchin, E. (1991). The truth will out: Interrogative polygraphy ("Lie detection") with event-related potentials. *Psychophysiology*, 28, 531-547.
- Honts, C. R., Devitt, M. K., Winbush, M., & Kircher, J. C. (1996). Mental and Physical countermeasures reduce the accuracy of the concealed knowledge test. *Psychophysiology*, 33, 84-92.
- Johnson, R. (1986). A triarchic model of P300 amplitude. *Psychophysiology*, 23, 367-384.
- Kok, A. (2001). On the utility of P3 amplitude as a measure of processing capacity. *Psychophysiology*, 38, 557-577.
- Magliero, A., Bashore, T. R., Coles, M. G. H., & Donchin, E. (1984). On the dependence of P300 latency on stimulus evaluation processes. *Psychophysiology*, 21, 171-186.
- Mastroberardino, S. & Santangelo, V. (2009). New perspectives in assessing deception: The evolution of the truth machine. *European Journal of Cognitive Psychology*, 21, 1085-1099.
- Polich, J. & Comerchero, M. D. (2003). P3a from visual stimuli: Typicality, task, and topography. *Brain Topography*, 15, 141-152.
- Rosenfeld, J. P., Angell, A., Johnson, M., & Qian, J. (1991). An ERP-based, control-question lie detector analog: Algorithms for discriminating effects within individuals' average waveforms. *Psychophysiology*, 38, 319-335.
- Rosenfeld, J. P., Biroshak, J. R., & Furedy, J. J. (2006). P300-based detection of concealed autobiographical versus incidentally acquired information in target and non-target paradigms. *International Journal of Psychophysiology*, 60, 251-259.
- Rosenfeld, J. P., Shue, E., & Singer, E. (2007). Single versus multiple probe blocks of P300-based concealed information tests for self-referring versus incidentally obtained information. *Biological Psychology*, 74, 396-404.
- Semlitsch, H. V., Anderer, P., Schuster, P., & Presslich, O. (1986). A solution for reliable and valid reduction of ocular artifacts, applied to the P300 ERP. *Psychophysiology*, 23, 695-703.
- Seymour, T. L., & Kerlin, J.R. (2008). Successful detection of verbal and visual concealed knowledge using an rt-based paradigm. *Applied Cognitive Psychology*, 22, 475-490.
- Soskins, M., Rosenfeld, J. P., & Niendam, T. (2001). The case for peak-to-peak measurement of P300 recorded at .3 Hz high pass filter settings in detection of

deception. *International Journal of Psychophysiology*,
40, 173-180.

원고접수 : 10.08.11

수정접수 : 10.09.02

게재확정 : 10.09.10