

반응양식이 P300 숨긴정보검사의 정확도에 미치는 영향

The Effect of Response Type on the Accuracy of P300-based Concealed Information Test

전하정* · 손진훈* · 박광배** · 엄진섭***†

Hajung Jeon* · Jin-Hun Sohn* · Kwangbai Park** · Jin-Sup Eom***†

*충남대학교 심리학과

*Department of Psychology, Chungnam National University

**충북대학교 심리학과

**Department of Psychology, Chungbuk National University

Abstract

This study examined the effects of button response to probe and irrelevant stimuli on P300 amplitude and lie detection rate in P300-based concealed information test. Participants underwent the P300-based concealed information test (P300 CIT) in two conditions. In one button condition participants were instructed to press the left mouse button only when the target was present. In two button condition, they were asked to press the left mouse button for target and right button for non-target. The results showed that the response time to target stimulus was not significantly different between the two conditions, and the response time to the probe stimulus was significantly longer than the irrelevant stimulus. The P300 amplitudes for the probe and irrelevant stimulus were all smaller in one button condition compared to two button condition. However, the P300 amplitude difference between the probe stimulus and the irrelevant stimulus did not show a significant difference in the two experimental conditions, and the lie detection rate did not differ significantly between the two conditions. Based on these findings, the effect of button response on P300 CIT with a short inter-stimulus interval was discussed.

Key words: Button Response, Concealed Information Test, Lie Detection, P300

요약

본 연구에서는 P300 숨긴정보검사에서 관련자극과 무관련자극에 대한 버튼 반응 여부가 P300 진폭과 거짓말 탐지 정확률에 미치는 영향을 검증하였다. 실험참가자들은 두 가지 조건에서 P300 숨긴정보검사를 받았다. 일반응 조건에서는 실험참가자들에게 목표자극이 제시될 때에만 마우스 왼쪽 버튼을 누르도록 지시하였으며, 양반응 조건에서는 제시되는 자극이 목표자극이면 마우스 왼쪽 버튼을 누르고 목표자극이 아니면 마우스 오른쪽 버튼을 누르도록 하였다. 실험 결과, 목표자극에 대한 반응시간은 두 조건에서 유의하게 다르지 않았으며, 양반응 조건에서 관련자극에 대한 반응시간은 무관련자극에 대한 반응시간보다 유의하게 더 길었다. 관련자극에 대한 P300 진폭과 무관련자극에 대한

※ 이 논문은 2015년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2015S1A5A8014315).

† 교신저자 : 엄진섭 (충북대학교 심리학과)

E-mail : jseom2003@hanmail.net

TEL : 043-261-2188

FAX : 043-269-2188

P300 진폭은 모두 양반응 조건에 비교하여 일반응 조건에서 더 작았다. 그러나 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭 차이는 두 실험조건에서 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 거짓말 탐지율도 두 조건 간에 큰 차이가 없었다. 이러한 결과에 근거하여 버튼 반응이 자극 간 제시간격이 짧은 P300 숨긴정보검사에 미치는 영향을 논의하였다.

주제어: 버튼반응, 숨긴정보검사, 거짓말 탐지, P300

1. 서론

P300 숨긴정보검사(P300-based concealed information test: P300 CIT)는 거짓말 탐지 기법의 한 종류로써 1990년대 초에 개발된 이후 현재까지 검사 결과의 타당성을 확보하고 정확도를 높이기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다(Deng, Rosenfeld, Ward, & Labkovsky, 2016; Eom, Han, Sohn, & Park, 2010; Farwell & Donchin, 1991). 뿐만 아니라 우리나라의 검찰과 경찰, 군수사기관에서도 거짓말 탐지에 P300 CIT를 제한적으로 실시하고 있는 것으로 알려져 있다.

전형적인 P300 CIT에서는 관련자극(probe)과 무관련자극(irrelevant), 목표자극(target)을 조사대상자에게 하나씩 제시하면서 뇌파를 측정한다(Farwell & Donchin, 1991; Verschuere, Rosenfeld, Winograd, Labkovsky, & Wiersema, 2009). 관련자극은 오직 범인과 수사관만 알 수 있는 자극으로 범죄와 직접 관련된 자극이다(예; 조사 중인 범죄에 사용된 망치). 조사대상자가 관련자극을 알아본다는 증거가 있다면 그 사람은 범인일 가능성이 높다. 무관련자극은 관련자극과 동일한 범주의 자극이지만 조사 중인 사건과 무관한 다수의 자극들로 구성된다(예; 조사 중인 범죄와 무관한 칼, 도끼, 낫, 삽 등). 목표자극은 조사대상자가 검사 자극에 주의를 집중하도록 하기 위하여 포함시키는 자극으로 보통 관련자극과 같은 범주의 자극으로 구성된다(예; 몽둥이).

관련자극이 1개인 경우 무관련자극 4개와 목표자극 1개를 포함시켜 총 6개의 자극을 P300 CIT에 사용한다(무관련자극의 개수는 3, 5, 또는 6개를 사용할 수도 있다). 조사대상자에게 6개의 자극을 3000 ms(즉 3초)에 하나씩 컴퓨터 모니터에 무선적으로 제시하는 것을 1회기로 하여, 최소 30회기 이상 반복 제시한다. 조사대상자에게는 목표자극이 제시되면 특정 버튼(예; 마우스 왼쪽 버튼)을 누르고 다른 자극이 제

시되면 다른 버튼(예; 마우스 오른쪽 버튼)을 누르도록 지시한다. 검사가 끝난 후에 관련자극과 무관련자극에 대한 사건관련전위(event-related potential: ERP)를 산출하고, 각 자극에 대한 P300 진폭을 비교한다. 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한 P300 진폭보다 통계적으로 유의하게 더 크다면, 조사대상자가 관련자극을 알아본다고 판단한다. 조사대상자가 관련자극을 알아본다는 것은 이 사람이 거짓말하고 있다는 결정적 증거가 된다.

최근 검사자극을 1000 ms 또는 700 ms 마다 하나씩 제시하는 것이 여러 가지 이점이 있다는 연구결과가 발표되었다(Lee, Eom, Eum, & Sohn, 2015; Lee, Hwang, Park, Sohn, & Eom, 2013). Lee et al.(2013)의 연구에서는 자극 간 제시간격(inter-stimulus interval)¹⁾으로 700 ms를 사용한 경우가 3000 ms를 사용한 경우보다 전체 검사시간이 단축되어 검사의 적용가능성이 더 높고 대응수단(countermeasure)²⁾을 사용하기 어렵다는 것을 보여주었다. 1000 ms의 자극 간 제시간격을 사용한 Lee et al.(2015)의 연구에서는 대응수단을 사용한다고 하더라도 이를 탐지할 수 있음을 보여주었다.

이러한 특성이 장점이 되기 위해서는 자극 간 제시간격이 짧은 P300 CIT의 정확도³⁾가 자극 간 제시간

1) 자극 간 제시간격은 원래 선행자극이 사라진 시점부터 다음 자극의 출현시점까지의 시간간격을 의미한다. 그러나 P300 숨긴정보검사에서는 자극노출시간 보다는 연속된 두 자극이 제시되는 시점 간의 시간 간격이 더 중요하므로, 본 연구에서는 자극 간 제시간격을 선행자극이 제시된 시점부터 다음 자극이 제시된 시점까지의 시간 간격으로 정의하여 사용하였다.

2) 대응수단은 거짓말 탐지 검사를 받는 피검사자가 거짓말이 탄로나는 것을 회피하기 위하여 사용하는 수단을 말한다. 간단한 대응수단으로 검사자극이 제시될 때마다 팔약근에 힘을 주는 방법이 있다.

3) 유죄집단에서 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭차이가 크면 클수록 유죄 판결이 날 가능성이 높아지므로, 본

격이 3000 ms인 P300 CIT의 정확도와 다르지 않아야 한다. Lee et al.(2013)은 이를 검증하기 위하여 자극간 제시간격이 700 ms인 P300 CIT와 3000 ms인 P300 CIT의 정확도를 비교하였으며, 두 가지 P300 CIT의 정확도가 유의하게 다르지 않다는 것을 보여 주었다.

그러나 Lee et al.(2013)의 연구에서 사용한 자극간 제시간격이 3000 ms인 P300 CIT는 전형적인 P300 CIT와 한 가지 차이점이 있었다. 전형적인 P300 CIT에서는 목표자극이 제시되면 특정 버튼(예; 마우스 왼쪽 버튼)을 누르도록 하고 나머지 자극이 제시되는 경우 다른 버튼(예; 마우스 오른쪽 버튼)을 누르도록 지시하지만, Lee et al.(2013)의 연구에서는 목표자극에만 버튼 반응을 하도록 지시하였다. 자극간 제시간격이 짧은 P300 CIT에서는 모든 자극에 반응을 하는 것이 어렵기 때문에 목표자극에만 반응을 하도록 지시할 수 밖에 없다. 이러한 이유로 Lee et al.(2013)의 연구에서는 자극간 제시간격이 700 ms인 조건과 3000 ms인 조건 모두에서 목표자극에만 반응하도록 하였다.

그러나 관련자극과 무관련자극에 대한 버튼 반응여부가 P300 CIT의 정확도에 영향을 미칠 가능성이 있으므로, Lee et al.(2013)의 연구만으로는 자극간 제시간격이 짧은 P300 CIT의 정확도가 전형적인 P300 CIT의 정확도와 다르지 않다고 주장하기 어렵다.

P300에 관한 선행연구들과 P300 CIT에 관한 선행연구들을 살펴보면, 관련자극과 무관련자극에 대한 버튼 반응여부가 두 자극에 대한 P300 진폭의 차이에 영향을 미칠 것으로도 예측되며, 또한 영향을 미치지 않을 것으로도 예측된다.

자율신경계 반응을 종속 측정치로 사용하는 CIT에서는 목표자극 없이 관련자극과 무관련자극만 사용하는데, 자극에 대한 언어적 반응 여부가 CIT의 정확도에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Ben-Shakhar & Elaad, 2003). CIT에서는 관련자극과 무관련자극을 섞어서 하나씩 제시하면서 “이 자극을 알고 있습니까?”와 같은 질문이 제시되고, 조사대상자는

모든 자극에 대해서 ‘아니오’라고 응답한다. 또는 단순히 자극만 하나씩 제시하고 어떠한 질문도 하지 않을 수 있다. Ben-Shakhar & Elaad(2003)는 메타분석을 통하여 언어적 반응을 요구하는 경우가 그렇지 않은 경우보다 거짓말 탐지의 정확도가 더 높다고 결론지었다. 언어적 응답 여부가 조사대상자의 긴장수준에 영향을 미치기 때문으로 추론된다. 동일한 맥락에서 뇌파를 측정하는 P300 CIT에서도 관련자극과 무관련자극에 대해 반응을 요구하는 경우가 아무런 반응을 요구하지 않는 경우보다 거짓말 탐지의 정확도가 높을 가능성이 있다.

Verschuere et al.(2009)은 속이려는 의도가 P300 CIT의 정확도에 미치는 영향을 검증하기 위하여 두 집단의 참가자들에게 자기참조적인 정보(즉, 실험참가자의 이름)를 이용한 P300 CIT를 실시하였다. 모든 참가자들에게 P300 CIT 동안 목표자극이 제시되면 마우스 오른쪽 버튼을 누르고, 다른 자극이 제시되면 마우스 왼쪽 버튼을 누르도록 지시하였다. 그러나 속이려는 의도를 조작한 집단의 참가자들에게는 관련자극과 무관련자극이 제시되었을 때 마우스 왼쪽 버튼을 누르는 것은 ‘나는 이 자극을 모른다’는 것을 의미한다고 알려주었으며, 다른 집단의 참가자들에게는 ‘이 자극은 목표자극이 아니다’는 것을 의미한다고 알려주었다. 관련자극의 P300 진폭을 비교한 결과 속이려는 의도를 조작한 집단이 그렇지 않은 집단보다 더 큰 경향이 있었으며, 속이려는 의도를 조작한 집단의 판단 정확도가 그렇지 않은 집단의 판단 정확도보다 높은 경향이 있었다. Verschuere et al.(2009)은 속이려는 의도가 관련자극을 더 현저하게(salience) 만들기 때문에 관련자극의 P300 진폭을 더 크게 만들었을 것이라고 설명하였다. 이러한 연구결과에 비추어 보면, 관련자극과 무관련자극에 아무런 반응을 요구하지 않는 것보다 버튼 반응을 요구하는 것이 속이려는 의도를 더 많이 유발시킬 가능성이 있으며, 관련자극과 무관련자극에 대해 반응을 요구하지 않는 경우에 거짓말 탐지의 정확도가 낮아질 가능성이 있다.

이와는 달리, 관련자극과 무관련자극에 대한 반응여부가 P300 CIT의 정확도에 영향을 미치지 않을 가능성도 있다. 시각적으로 제시된 자극에 버튼 반응을 하는 경우가 그렇지 않은 경우보다 P300 진폭이 더 크

연구에서는 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭차이와 정확도를 비슷한 의미로 사용하였다.

게 나타난다는 것은 널리 알려진 사실이다(Bennington & Polich, 1999). 이것은 Johnson(1986, 1993)의 P300 진폭에 대한 삼요인 모형에 의해서도 설명이 되는데, 제시된 자극에 버튼 반응이 요구되면 작업기억의 요구량이 증가하여 P300 진폭이 커질 것으로 예측된다. 그러나 Johnson의 삼요인 모형에 따르면 버튼 반응의 여부는 P300 진폭에 합산적 효과를 가지기 때문에 관련자극과 무관련자극의 P300 진폭에 동일한 크기로 영향을 미칠 것으로 예상된다. 따라서 관련자극과 무관련자극에 대한 버튼 반응의 여부에 관계없이 두 자극 간의 P300 진폭차이는 일정하게 유지될 수 있다.

Rosenfeld, Biroshak, & Furedy(2006)는 목표자극과 나머지 자극(관련자극과 무관련자극)에 변별 반응을 하도록 하는 것보다는 목표자극을 없애고 관련자극과 무관련자극만 제시하여 변별 반응을 없애는 것이 더 효율적인 P300 CIT가 될 수 있다고 예상하였다. 일반적으로 과제에 대한 작업부하량이 감소하면 P300 진폭이 증가하는데(Kramer, Sirevaag, & Braune, 1987), 변별 반응을 제거하면 작업부하량이 감소하고 결과적으로 관련자극에 대한 P300 진폭이 증가할 수 있기 때문이다. 유사하게 목표자극과 나머지 자극에 모두 반응을 하도록 하는 경우보다 목표자극에만 반응을 하도록 하는 것이 작업부하량이 작을 것이므로, 관련자극의 P300 진폭이 증가할 수 있다. 결과적으로 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭 차이는 커지게 되고 거짓말 탐지의 정확도가 높아질 가능성이 있다.

결국 이론적 맥락에서는 P300 CIT에서 목표자극과 나머지 자극에 각각 다른 반응을 하는 경우에 비하여 목표자극에만 반응을 하는 경우에 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭 차이가 감소할 수도 있고 증가할 수도 있으며, 변화하지 않을 수도 있다. 본 연구의 목적은 실험실 연구를 통하여 관련자극과 무관련자극에 대한 반응여부가 두 자극의 P300 진폭과 P300 CIT의 정확도에 미치는 영향을 파악하는 것이다.

만약 목표자극에만 버튼 반응을 하는 것이 모든 자극에 변별 반응을 하는 것보다 P300 CIT의 정확도를 감소시킨다면, Lee et al.(2013)은 자극 간 제시간격이 짧은 P300 CIT를 정확도가 낮은 P300 CIT와 비교한 것이므로 자극 간 제시간격이 짧은 P300 CIT의 유용성을 과대평가한 것이 될 것이다. 반면에 목표자극에

만 버튼 반응을 하는 것이 P300 CIT의 정확도를 증가시키거나 또는 모든 자극에 변별 반응을 하는 것과 정확도에 차이가 없다면, 자극 간 제시간격이 700 ms인 P300 CIT의 정확도가 자극 간 제시간격이 3000 ms인 일반적인 P300 CIT와 다르지 않다는 Lee et al. (2013)의 결과는 타당한 것이 될 것이다.

2. 방법

2.1. 실험참가자

대학생 14명을 모집하여 실험에 참가시켰다. 조사 대상자의 평균연령은 24.7세(범위 21~30세)였으며, 남자 7명과 여자 7명이었다. 실험참가자들은 실험 참가에 대한 금전적 보상을 받았다.

2.2. 실험자극

P300 CIT에 관한 연구는 주로 모의 범죄를 이용하거나(Mertens & Allen, 2008), 카드테스트를 이용하거나(Kubo & Nittono, 2009), 자신의 이름과 같은 자기참조적 정보를 이용한다(Rosenfeld et al., 2008; Verschuere et al., 2009). 본 연구는 Lee et al.(2013)의 연구를 보완하는 성격을 가지므로 이들의 연구에서 사용한 것과 동일한 자기참조적 정보를 이용한 P300 CIT를 실시하였다. 6개의 이름을 실험자극으로 사용하였다. 그 중 하나는 실험참가자의 이름이었으며, 실험참가자의 이름은 관련자극으로 사용되었다. 실험참가자에게 특별한 의미를 가지지 않는 이름 4개를 무관련자극으로 사용하였다. 또 다른 이름 하나를 목표자극으로 사용하였다. P300 CIT에서 실험참가자들은 목표자극과 나머지 자극(관련자극과 무관련자극)을 변별하는 과제를 수행하였다.

2.3. 절차

실험참가자들은 실험에 대한 자세한 설명을 듣고 실험참가 동의서에 자필로 서명한 후에 실험에 참가하였다. 모든 실험참가자들은 일반음 조건(목표자극

에만 마우스 왼쪽 버튼을 누르는 조건)과 양반응 조건(목표자극에 마우스 왼쪽 버튼을 누르고, 나머지 자극에 마우스 오른쪽 버튼을 누르는 조건)에 모두 참가하였다.

실험참가자에게 미리 준비한 무관련자극 이름 4개를 보여주고 특별한 의미를 가진 이름이 있는지 물어보았다. 만약 특별한 의미를 가진 이름이 있다면 다른 이름으로 바꾸어 4개의 무관련자극이 모두 특별한 의미가 없는 이름으로 구성되도록 하였다. 그런 다음 두피에 뇌파측정을 위한 전극을 붙인 후 아래와 같은 지시문을 읽어주고 P300 CIT를 실시하였다. 지시문은 Lee et al.(2013)에서 사용한 것과 동일하였다.

이 실험은 실험참가자가 교통사고 후에 피해 보상금을 많이 받기 위하여 허위로 기억상실을 주장하는 상황을 가정합니다. 실험참가자께서는 본인의 이름조차 기억나지 않는다고 주장해야 합니다. 자신의 이름이 모니터에 제시되었을 때, 자신의 이름이 아닌 것처럼 생각하고 행동해야 합니다.

일반응 조건과 양반응 조건의 P300 CIT에서 목표 자극 1개, 관련자극 1개, 무관련자극 4개를 섞어서 무선적으로 하나씩 제시하였으며, 6개 자극 제시를 1회기로 하여 총 40회기를 실시하였다. 자극은 선행연구에 따라 300 ms 동안 제시하였으며 자극간 제시간격은 3000 ms였다. 검사자극은 실험참가자로부터 1 m 앞에 놓여 있는 LCD 모니터에 흰색 바탕에 검은색 글씨로 제시하였다. 글자의 높이는 1.5 cm였다. 반응은 컴퓨터 마우스로 하도록 하였으며, 마우스를 양손으로 잡고서 왼손 엄지로 왼쪽 버튼을 누르고 오른손 엄지로 오른쪽 버튼을 누르도록 하였다. 일반응 조건과 양반응 조건에서 마우스 버튼 반응에 대한 지시는 아래와 같았다.

일반응 조건: 목표자극이 제시되면 가능한 빨리 마우스 왼쪽 버튼을 누르고, 다른 자극이 제시되면 버튼을 누를 필요가 없습니다.

양반응 조건: 목표자극이 제시되면 가능한 빨리 마우스 왼쪽 버튼을 누르고, 다른 자극이 제시되면 가능한 빨리 마우스 오른쪽 버튼을 누르세요.

일반응 조건과 양반응 조건을 각각 두 번씩 실시하였으며, 각 조건을 실시하는 순서는 실험참가자별로 역균형화하였다.

2.4. 뇌파측정

국제 10-20 체계에 따라 Fz, Cz, Pz에 전극을 부착하였으며, 양쪽 귓볼에 기준전극을, 이마에 접지전극은 부착하였다. 왼쪽 눈의 위와 아래에 전극을 부착하여 안전도(electrooculogram)를 측정하였다. 안전도 측정을 위한 전극을 대각선으로 배치하여 수직 안구운동과 수평 안구운동을 모두 측정하도록 하였다(Rosenfeld, Soskins, Bosh, & Ryan, 2004). 자극은 SuperLab v4.5(Cedrus Corporation, San Fedro, CA, USA)를 이용하여 제시하였으며, 뇌파는 Grass Model 12 Neurodata Acquisition System(Grass Instruments, Quincy, MA, USA)를 사용하여 증폭 및 대역여과시켰다. MP150 A/D 변환기(Biopac Systems, Goleta, CA, USA)를 이용하여 200 Hz의 표본율로 A/D 변환하였으며, AcqKnowledge v4.1(Biopac Systems Inc., Santa Barbara, CA, USA)을 이용하여 뇌파를 기록하였다. 뇌파는 0.3~30 Hz 대역여과한 후에 20,000배 증폭하였으며, 안전도는 5,000배 증폭하였다. 실험이 끝난 후, 안전도를 이용하여 눈 깜박임에 의한 뇌파의 변형을 교정하였으며(Semlitsch, Anderer, Schuster, & Presslich, 1986), 뇌파를 자극제시 전 100 ms를 포함하여 총 1500 ms 구간으로 나누어 분석하였다. 목표자극과 관련자극, 무관련자극 각각에 대하여 자극 제시 시점을 기준으로 각 시행의 뇌파들을 평균하여 ERP를 산출하였다.

2.5. 분석

Lee et al.(2013)을 포함하여 대부분의 P300 CIT에서는 Pz에서 측정된 뇌파만을 사용하므로 본 연구에서도 Pz에서 측정된 뇌파를 이용하여 목표자극과 관련자극, 무관련자극에 대한 P300 진폭을 계산하였다. P300 진폭은 P300 CIT에 가장 적합하다고 알려진 정점-정점 방법을 이용하여 계산하였다(Soskins, Rosenfeld, & Niendam, 2001). 정점-정점 방법은 P300의 전위와

P300 이후에 나타나는 부적 정점 전위값 간의 차이를 P300의 진폭으로 정의한다. P300의 전위는 자극 제시 후 300 ms에서 700 ms 사이에 100 ms 구간의 평균값이 가장 큰 값을 사용하였으며, P300 이후 부적 정점의 전위는 P300이 나타난 이후부터 1400 ms까지 100 ms 구간의 평균값이 가장 작은 값을 사용하였다.

반응시간은 자극이 제시된 후부터 반응버튼이 눌러지기까지의 시간으로 정의하였다. 분자의 자유도가 2인 반복측정 변량분석에서는 Greenhouse-Geisser ϵ 를 이용하여 교정한 확률을 산출하였다.

각 실험참가자별로 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한 P300 진폭보다 통계적으로 유의하게 더 큰지 검증하기 위하여 부트스트랩 P300 크기 차이분석을 실시하였다(Cutmore, Djakovic, Keibell, & Shum, 2009; Rosenfeld, Biroshak, & Furedy, 2006). 선행연구들에 따라서 각 실험조건별로 두 번의 부트스트랩 크기차이분석을 실시하였다(Lefebvre, Marchand, Smith, & Connolly, 2009). 한 번은 4개의 무관련자극에 대한 160회 시행의 뇌파(4개의 무관련 자극×40회 시행)를 평균한 ERP와 관련자극에 대한 40회 시행의 뇌파를 평균한 ERP 간의 P300 진폭을 비교하였으며, 다른 한번은 4개의 무관련자극 중 가장 큰 P300 진폭과 관련자극의 P300 진폭을 비교하였다. 두 경우 모두 1,000번의 부트스트랩 표본 중에서 900번 이상 관련자극의 P300 진폭이 더 크면 거짓을 말한 것으로 판단하였다. 90% 신뢰수준은 P300 CIT에서 일반적으로 사용하는 기준이다(Rosenfeld et al., 2006).

Table 1. Mean(standard deviation) RTs

	Target	Probe	Irrelevant
One Button	595.7(99.7)	-	-
Two Button	570.4(91.2)	564.4(110.6)	532.2(119.5)

3. 결과

3.1. 반응오류율과 반응시간

반응오류율은 실험참가자가 검사자극에 적절한 주의를 기울였는지에 대한 지표가 된다. 각 실험조건과 각 자극에서 반응오류율이 20%를 넘는 실험참가자는 없었으며, 반응오류율의 평균은 모든 조건에서 10% 이내로 실험참가자들이 실험 자극에 적절한 주의를 기울인 것으로 판단하였다(Rosenfeld et al., 2004).

각 실험조건과 각 자극에 대한 반응시간이 Table 1에 제시되어 있다. 목표자극에 대한 반응시간은 일반응 조건에서 595.7 ms로 양반응 조건의 570.4 ms보다 약간 더 긴 경향이 있었지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다($t(13)=1.72, p=.109, d=0.27$). 양반응 조건에서 세 자극 종류 간의 평균 반응시간은 통계적으로 유의한 차이가 있었다($F(2,26)=4.28, p=.04, \Delta\eta^2=.25$). Bonferroni 교정을 사용한 다중비교결과, 관련자극에 대한 반응시간이 564.4 ms로 무관련자극에 대한 반응시간 532.2 ms보다 통계적으로 유의하게 더 길었다.

3.2. P300 진폭

실험조건별 평균 ERP가 Fig. 1에 제시되어 있다. 일반응 조건과 양반응 조건에서 모두 관련자극에 대

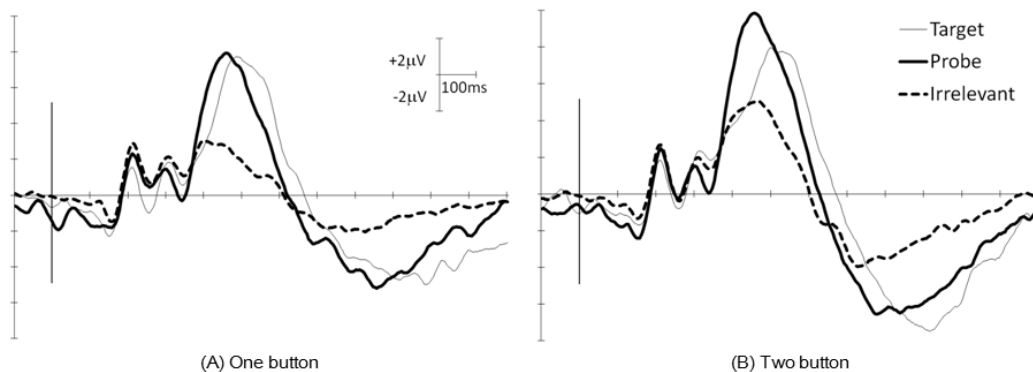


Fig. 1. Grand ERP

Table 2. Mean(standard deviation) P300 amplitudes

	Target	Probe	Irrelevant
One Button	14.80(5.50)	13.51(4.57)	7.45(3.37)
Two Button	16.51(7.16)	17.42(6.14)	10.37(4.53)

한 P300 진폭이 무관련자극 중 P300 진폭이 가장 큰 것(I_{max})보다 더 크게 나타났다. 일반응 조건에서는 관련자극에 대한 P300 진폭이 목표자극에 대한 P300 진폭과 유사하였으며, 양반응 조건에서는 관련자극에 대한 P300 진폭이 목표자극에 대한 P300 진폭보다 더 크게 나타났다.

Table 2에 실험조건에 따른 평균 P300 진폭이 제시되어 있다. 평균 P300 진폭이 실험조건 간에 차이가 있는지 검증하기 위하여 반응유형(일반응 조건, 양반응 조건)과 자극종류(관련자극, 무관련자극)를 독립변인으로 반복측정 이원변량분석을 실시하였다. 목표자극에 대한 P300 진폭은 거짓말 탐지와 큰 관련이 없으므로 분석에서 제외하였다. 변량분석결과, 반응유형의 주효과가 통계적으로 유의하였다($F(1,13)=39.05, p<.001, \Delta\eta^2=.75$). 즉, 관련자극과 무관련자극의 P300 진폭은 일반응 조건(각각 13.51 μV , 7.45 μV)보다 양반응 조건(각각 17.42 μV , 10.37 μV)에서 더 컸다. 자극종류의 주효과도 유의하였다($F(1,13)=55.194, p<.001, \Delta\eta^2=.81$). 즉, 관련자극의 P300 진폭(일반응 조건 13.51 μV , 양반응 조건 17.42 μV)이 무관련자극의 P300 진폭(일반응 조건 7.45 μV , 양반응 조건 10.37 μV)보다 더 컸다. 그러나 반응유형과 자극종류의 이원 상호작용효과는 유의하지 않았다($F(1,13)=1.48, p=.246, \Delta\eta^2=.10$). 즉, 일반응 조건에서 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭 차이(6.06 μV)는 양반응 조건(7.05 μV)보다 약 1 μV 작았지만 통계적으로 유의하지는 않았다.

결과적으로 양반응 조건에 비하여 일반응 조건에서 관련자극과 무관련자극의 P300 진폭은 감소하였지만, 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭 차이는 통계적으로 유의하게 감소하지 않았다고 할 수 있다.

3.3. 개인별 판단

실험참가자 개인별로 부트스트랩 절차를 이용한 P300 크기차이검증을 실시하였으며, Table 3에 개인

Table 3. Detection rates (%)

	Probe - Irrelevant	Probe - I _{max}
One Button	93	71
Two Button	93	57

별 검증 결과가 제시되어 있다. 관련자극의 P300 진폭과 무관련자극들 중 가장 큰 P300 진폭을 비교하는 경우에 일반응 조건의 정확탐지율은 71%(14명중 10명)였으며, 양반응 조건의 정확탐지율은 57%(14명중 8명)였다. 양반응 조건의 정확탐지율이 더 낮은 경향이 있었지만 두 조건의 정확탐지율은 통계적으로 유의한 차이가 없었다(McNemar검증, $p=.63$). 관련자극의 P300 진폭과 무관련자극 전체의 평균 P300 진폭을 비교하는 경우에는 일반응 조건과 양반응 조건에서 모두 93%의 정확탐지율을 보였다.

4. 논의

본 연구에서는 자극 간 제시간격이 3000 ms인 P300 CIT에서 목표자극과 나머지 자극을 변별하여 목표자극에만 버튼 반응을 하는 일반응 조건과 목표자극과 나머지 자극에 서로 다른 반응을 하는 양반응 조건 간에 P300 진폭이 달라지는지 검증하였으며, 거짓말 탐지의 정확도가 서로 다른지 확인하였다.

실험결과 관련자극과 무관련자극에 대한 P300 진폭은 양반응 조건보다 일반응 조건에서 더 작았지만, 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭차이는 일반응 조건과 양반응 조건 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 즉, 양반응 조건에 비하여 일반응 조건에서 관련자극과 무관련자극의 P300 진폭이 감소하였지만 두 자극 간의 P300 진폭차이가 그대로 유지되었다고 볼 수 있다. 이러한 결과는 P300 진폭에 대한 Johnson(1986, 1993)의 삼요인 모형에 근거하여 설명할 수 있다.

삼요인 모형에 따르면 P300 진폭은 아래의 수식과 같이 결정된다.

$$P300 \text{ 진폭} = f[T \times (1/P + M)]$$

위 수식에서 T는 자극에 할당된 주의(attentional

allocation)의 양을 의미하며, P는 특정 자극이 제시될 확률을 의미한다. M은 자극의 의미로 자극에 부과된 과제(TC)와 자극의 가치(SV)로 구성되며, 이 두 가지는 P300 진폭에 독립적이며 합산적인 영향을 미치는 것으로 가정된다.⁴⁾

관련자극과 무관련자극의 제시 확률(P)은 일반응 조건과 양반응 조건에서 모두 .17과 .67로 동일하다. 또한 자극의 의미(M)의 구성요소 중 하나인 자극의 가치(SV)도 두 실험 조건에서 동일하다. 거기를 말하는 조사대상자의 입장에서 관련자극은 가치가 크고 무관련자극은 가치가 작으며, 이러한 가치는 두 실험 조건에서 동일할 것이다.

그러나 자극의 의미(M)의 구성요소인 자극에 부과된 과제(TC)는 두 실험조건에서 다르다. 양반응 조건에서는 관련자극과 무관련자극에 버튼 반응을 해야 하므로 일반응 조건보다 더 큰 값이 할당될 것이다. 따라서 양반응 조건에서 관련자극과 무관련자극의 P300 진폭이 일반응 조건보다 더 클 것이다.

자극에 할당된 주의(T)는 두 실험조건에서 다를 수도 있고 다르지 않을 수도 있다. 과제에 대한 작업부하량이 증가하면 자극에 할당된 주의(T)가 감소하게 된다(Kramer et al., 1987). 자극에 할당된 주의(T)는 자극의 의미(M)에 곱해져서 P300 진폭에 영향을 미치므로, 일반응 조건과 양반응 조건의 작업부하량이 다르다면 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭 차이도 달라질 것이다. 그러나 본 연구결과에 의하면 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭 차이는 두 실험조건 간에 유의하지 않았으므로 일반응 조건과 양반응 조건 간에 작업부하량이 크게 다르지 않았을 것이라고 추론할 수 있다.

사실 작업부하량은 P300 CIT의 결과에 큰 영향을 미치지 않을 가능성이 많다. Rosenfeld et al.(2006)은 목표자극에 특정 반응을 하고 관련자극과 무관련자극에 다른 반응을 하는 전형적인 P300 CIT(목표자극 패러다임)와 목표자극 없이 관련자극과 무관련자극만을 사용하여 버튼 반응을 없앤 P300 CIT(무목표자

극 패러다임)의 결과를 비교하였다. 그 결과 목표자극 패러다임에 비하여 무목표자극 패러다임에서 관련자극과 무관련자극의 P300 진폭은 감소하였지만, 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭 차이는 실험 조건에 따라 유의하게 다르지 않았다. Rosenfeld, Shue, & Singer(2007)는 목표자극을 하나만 사용할 조건과 목표자극을 6개 사용한 조건을 비교하였다. 목표자극이 6개인 조건에서 실험참가자는 6개의 목표자극을 암기하고 있어야 하므로 작업부하량이 증가할 것이다. 그러나 실험결과는 두 조건 간에 큰 차이가 없었다.

이러한 선행연구와 본 연구결과를 종합하여 보면, P300 CIT에서 실험참가자가 수행하는 과제 자체는 작업부하량 또는 자극에 할당된 주의(T)에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보인다. 그 이유는 아마도 P300 CIT에서 자극에 할당된 주의(T)의 값보다 자극의 가치(SV)가 가지는 값이 훨씬 더 크기 때문일 가능성이 있다. 만약 자극의 가치(SV)가 가지는 값이 작다면 본 연구결과는 다르게 나타날 수도 있다. 그러나 거짓말 탐지 상황에서 관련자극은 범인에게 큰 가치를 가질 수 밖에 없으므로 본 연구결과가 실제 거짓말 탐지에도 적용될 가능성이 높을 것이다.

자율신경계 반응을 이용하는 CIT에서는 언어적 응답 여부가 거짓말 탐지 결과에 영향을 미쳤지만 (Ben-Shakhar & Elaad, 2003), Rosenfeld et al.(2006)과 본 연구에서는 P300 CIT에서 관련자극과 무관련자극에 대한 버튼 반응 여부가 검사결과에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이러한 차이는 말로 ‘아니오’라고 하는 것과 버튼으로 반응하는 것이 다르기 때문일 것이다. 즉, 관련자극을 알고 있는지에 대한 질문에 ‘아니오’라고 말하는 것은 명시적으로 거짓말을 말하는 것이므로 긴장수준이 높아졌을 것이다. 그러나 변별과제의 일환으로 마우스 버튼을 누르는 것은 특별한 심리적 상태를 유발하지는 않는 것으로 생각할 수 있다.

본 연구의 결과는 서론에서 언급한 Verschuere et al.(2009)의 연구결과와 상충된다고 생각할 수도 있지만, 그렇지 않다고 볼 수도 있다. Verschuere et al.(2009)은 관련자극에 특정 마우스 버튼을 누르는 것이 ‘나는 이 자극을 모른다’는 것을 의미한다고 지시

4) Johnson(1986)은 T와 P, M의 구성요소를 더 세분화하고 있지만 논의의 편의성을 위하여 최소한의 구성요소들만 언급하였음을 밝힌다.

함으로써 숨기려는 의도를 조작하였다. 본 연구에서는 일반응 조건과 양반응 조건 모두 다음과 같은 지시문을 읽어주었다. “실험참가자께서는 본인의 이름 조작 기억나지 않는다고 주장해야 합니다. 자신의 이름이 모니터에 제시되었을 때, 자신의 이름이 아닌 것처럼 생각하고 행동해야 합니다.” 즉, 본 연구에서는 일반응 조건과 양반응 조건 모두 숨기려는 의도를 동일하게 조작하였다고 볼 수 있으며, 결과적으로 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭차이가 두 실험 조건에서 서로 유의하게 다르지 않았을 것이다.

결과적으로 본 연구결과에 비추어보면 관련자극과 무관련자극에 대한 버튼 반응 여부는 P300 CIT의 정확도에 영향을 미치지 않거나 또는 큰 영향을 미치지 않을 가능성이 높다. 따라서 자극 간 제시간격이 짧은 P300 CIT가 일반적인 자극 간 제시간격(3000 ms 내외)을 사용하는 P300 CIT보다 더 좋다는 Lee et al. (2013)의 주장이 타당할 가능성이 높다. 그러나 본 연구는 영가설을 기각하기 위한 연구라기보다는 영가설을 기각되지 않기를 바라는 연구이며, 가설검증의 형식을 가지기 보다는 탐색적 연구의 형식을 가진다. 또한 본 연구의 사례수가 14명에 불과하기 때문에 검증력이 낮았을 것이다. 따라서 추후 연구에서 이러한 결과가 반복 검증될 필요성이 있음을 밝힌다.

REFERENCES

- Bennington, J. Y., & Polich, J. (1999). Comparison of P300 from passive and active tasks for auditory and visual stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 34(2), 171-177. DOI: 10.1016/s0167-8760(99)00070-7
- Ben-Shakhar, G., & Eiland, E. (2003). The validity of psychophysiological detection of information with the guilty knowledge test: A meta-analytic review. *Journal of Applied Psychology*, 88(1), 131-151. DOI: 10.1037/0021-9010.88.1.131
- Cutmore, T. R. H., Djakovic, T., Keibell, M. R., & Shum, D. H. K. (2009). An object cue is more effective than a word in ERP-based detection of deception. *International Journal of Psychophysiology*, 71(3), 185-192. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2008.08.003
- Deng, X., Rosenfeld, J. P., Ward, A., & Labkovsky, E. (2016). Superiority of visual (verbal) vs. auditory test presentation modality in a P300-based CIT: The Complex Trial Protocol for concealed autobiographical memory detection. *International Journal of Psychophysiology*, 105, 26-34. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2016.04.010
- 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. *Science of Emotion & Sensibility*, 13(3), 541-550.
- Eom, J-S, Sohn, S., Park, K., Eum, Y-J., & Sohn, J-H. (2016). Effects of varying numbers of probes on RT-based CIT accuracy. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 11(2), 229-238. DOI: 10.14257/ijmue.2016.11.2.23
- Farwell, L. A., & Donchin, E. (1991). The truth will out: Interrogative polygraphy ("lie detection") with event-related brain potentials. *Psychophysiology*, 28(5), 531-547. DOI: 10.1111/j.1469-8986.1991.tb01990.x
- Johnson, R. (1986). A triarchic model of P300 amplitude. *Psychophysiology*, 23(4), 367-384. DOI: 10.1111/j.1469-8986.1986.tb00649.x
- Johnson, R. (1993). On the neural generators of the P300 component of the event-related potential. *Psychophysiology*, 30(1) 90-97. DOI: 10.1111/j.1469-8986.1993.tb03208.x
- Kramer, A. F., Sirevaag, E. J., & Braune, R. (1987). A psychophysiological assessment of operator workload during simulated flight missions. *Human Factors*, 29(2), 145-160. DOI: 10.1177/001872088702900203
- Kubo, K., & Nittono, H. (2009). The role of intention to conceal in the P300-based concealed information test. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 34(3), 227-235. DOI: 10.1007/s10484-009-9089-y
- Lefebvre, C. D., Marchand, Y., Smith, S. M., & Connolly, J. F. (2009). Use of event-related brain potentials (ERPs) to assess eyewitness accuracy and deception. *International Journal of Psychophysiology*, 73(3), 218-225. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2009.03.003

- Lee, B-H., Hwang, S-T., Park, K., Sohn, J-H., & Eom, J-S. (2013). P300-based concealed information test and inter-stimulus intervals (ISIs): A comparison among 500ms, 800ms, and 3000ms ISIs. *Korean Journal of Social and Personality Psychology*, 27(3), 87-107.
- Lee, M-H., Eom, J-S., Eum, Y-J., & Sohn, J-H. (2015). Effects of countermeasure on P300-based concealed information test with short inter-stimulus interval. *Korean Journal of Social and Personality Psychology*, 29(2), 91-108.
- Mertens, R., & Allen, J. J. (2008). The role of psychophysiology in forensic assessments: Deception detection, ERPs, and virtual reality mock crime scenarios. *Psychophysiology*, 45(2), 286-298. DOI: 10.1111/j.1469-8986.2007.00615.x
- Rosenfeld, J. P., Soskins, M., Bosh, G., & Ryan, A. (2004). Simple, effective countermeasures to P300 based tests of detection of concealed information. *Psychophysiology*, 41(2), 205-219. DOI: 10.1111/j.1469-8986.2004.00158.x
- 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(3), 251-259. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2005.06.002
- 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(3), 396-404. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2006.10.002
- Rosenfeld, J. P., Labkovsky, E., Winogard, M., Lui, M. A., Vandenboom, C., & Chedid, E. (2008). The complex trial protocol(CTP): A new, countermeasure-resistant, accurate, P300-based method for detection of concealed information. *Psychophysiology*, 45(6), 906-919. DOI: 10.1111/j.1469-8986.2008.00708.x
- 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(6), 695-703. DOI: 10.1111/j.1469-8986.1986.tb00696.x
- Soskins, M., Rosenfeld, J. P., & Niendam, T. (2001). Peak-to-peak measurement of P300 recorded at .3 hz high pass filter settings in intraindividual diagnosis: complex vs. simple paradigms. *International Journal of Psychophysiology*, 40(2), 173-180. DOI: 10.1016/s0167-8760(00)00154-9
- Verschuere, B., Rosenfeld, J. P., Winograd, M., Labkovsky, E., & Wiersema, R. (2009). The role of deception in P300 memory detection. *Legal and Criminological Psychology*, 14(2), 253-262. DOI: 10.1348/135532508x384184

원고접수: 2017.05.04

수정접수: 2017.07.17

게재확정: 2017.08.11