

P300 숨긴정보검사와 대응수단*

P300-based concealed information test and countermeasures

엄진섭** · 음영지*** · 장은정*** · 정이내*** · 손진훈****†

Jin-Sup Eom** · Young-Ji Eum*** · Un-Jung Jang*** · E-Nae Cheong*** · Jin-Hun Sohn****†

**충북대학교 심리학과

**Department of Psychology, Chungbuk National University

***충남대학교 심리학과/뇌과학연구소

***Department of Psychology, Brain Research Institute, Chungnam National University

Abstract

It is known that P300-based concealed information test (P300 CIT) was not greatly affected by the traditional countermeasures. This study was to test whether P300 CIT is affected by the new countermeasures. We used three types of countermeasures. First type was a sequential countermeasure in which participants had to respond in alternating ways to irrelevants by pressing the left index finger covertly when the encountered irrelevant firstly, by wiggling the right big toe inside the shoe when encountered irrelevant secondly, by imaging his or her mother's name when encountered irrelevant thirdly, and by imaging his or her father's name when encountered irrelevant fourthly until all stimuli were presented. Second type was a partial matching and physical countermeasure. Participants in this type were asked to press the left index finger imperceptibly after one of the irrelevants and wiggle the right big toe after another of the irrelevants. Third type was a partial matching and mental countermeasure. Participants were required to imagine mother's name for one irrelevant and father's name for another irrelevant. The results showed that contrary to our expectation, the use of sequential countermeasure increased the detection rate from 77% to 92%. The partial matching countermeasure had a negative effect on P300 CIT. The physical countermeasure decreased the detection rate from 77% to 46%, and the mental countermeasure decreased the detection rate from 100% to 69%. The necessity for the development of methods to prevent or detect countermeasure is discussed.

Key words: P300, Concealed information test, Mental countermeasure, Physical Countermeasure

요약

P300 숨긴정보검사는 전통적인 대응수단에 큰 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 전형적인 세 자극 프로토콜을 사용한 P300 숨긴정보검사가 새로운 대응수단에 영향을 받는지 검증하였다. 세 가지 유형의 대응수단을 사용하였다. 첫 번째는 순차적 대응수단으로, 무관련자극이 제시될 때마다 왼손 검지손가락에 힘주기, 오른쪽 발가락에 힘주기, 마음속으로 어머니 이름 부르기, 마음속으로 아버지 이름 부르기를 순서대로 하나

* 이 연구는 2014년도 한국연구재단(No. NRF-2006-2005087)의 지원을 받아 수행됨.

† 교신저자 : 손진훈 (충남대학교 사회과학대학 심리학과 및 뇌과학연구소)

E-mail : jhsohn@cnu.ac.kr

TEL : 042-821-6369

FAX : 042-821-8875

씩 수행하는 것이었다. 나머지 두 개의 대응수단은 부분 매칭 대응수단으로 네 개의 무관련자극 중 특정한 2개의 무관련자극에만 반응을 하는 것이었다. 두 번째는 행동적 부분 매칭 대응수단으로, 특정한 한 무관련자극이 제시되면 왼손 검지손가락에 힘을 주고, 특정한 다른 무관련자극이 제시되면 오른쪽 발가락에 힘을 주는 것이었다. 세 번째는 정신적 부분 매칭 대응수단으로, 특정한 한 무관련자극이 제시되면 마음속으로 어머니 이름을 부르고, 특정한 다른 무관련자극이 제시되면 마음속으로 아버지 이름을 부르는 것이었다. 실험결과, 순차적 대응수단을 사용하는 것은 예상과는 달리 P300 숨긴정보검사의 정확판단율을 77%에서 92%로 증가시켰다. 부분 매칭 대응수단은 P300 숨긴정보검사의 정확판단율에 부정적인 영향을 미쳤다. 물리적 대응수단은 정확판단율을 77%에서 46%로 감소시켰으며, 정신적 대응수단은 정확판단율을 100%에서 69%로 감소시켰다. 대응수단의 사용을 억제하거나 탐지할 수 있는 기법의 개발 필요성을 논의하였다.

주제어: P300, 숨기정보검사, 정신적 대응수단, 물리적 대응수단

1. 서 론

거짓말을 탐지하는 방법은 여러 가지가 있지만, 최근에는 중추신경계인 뇌의 반응을 뇌파(electroencephalogram: EEG)나 BOLD(blood oxygen level dependent) 신호로 관찰하여 거짓말 여부를 판단하는 기법이 개발되고 있다. 특히, 뇌파측정 장비는 부피가 작고 상대적으로 비용이 적게 드는 장점을 가지고 있다.

EEG를 이용한 거짓말 탐지 연구들은 대부분 사건관련전위(event-related potential: ERP)의 P300 진폭을 사용하여 거짓말 여부를 판단한다(Cutmore et al., 2009; Farwell & Donchin, 1991; Rosenfeld et al., 1991). P300을 이용한 거짓말 탐지는 대부분 숨긴정보검사(concealed information test: CIT)를 사용한다. CIT는 오직 범인과 수사관만이 알고 있는 범죄관련항목(예; 범죄에 흉기로 사용된 식칼)과 범피무관련항목(예; 과도, 도끼, 회칼, 등산용 칼 등)을 섞어서 조사대상자에게 하나씩 제시한 후, 반응을 비교한다¹⁾.

P300 CIT는 목표자극을 사용하는지의 여부에 따라서 크게 두 가지 프로토콜로 나눌 수 있다. 목표자극은 조사대상자가 제시되는 자극에 주의를 기울도록 하기 위해 사용하는 자극이다. 대부분의 P300 CIT는 목표자극과 관련자극, 무관련자극으로 구성된 세 자극 프로토콜(3-stimulus protocol: 3SP)을 사용한다. 목표자극을 사용하지 않는 대표적인 P300 CIT는 Rosenfeld 등(2008)에 의해 개발된 복합시행프로토콜(complex trial

protocol: CTP)이다.

P300 CIT는 검사에 사용되는 관련자극의 개수에 따라서도 나눌 수 있다. 관련자극이 1개이면 단일관련자극 프로토콜(single probe protocol), 2개 이상이면 다중관련자극 프로토콜(multiple probe protocol)이라고 한다. 3SP에서 관련자극을 1개만 사용하는 경우, 관련자극과 동일한 범주의 목표자극 1개와 무관련자극 4개를 더하여 검사자극으로 사용한다. 관련자극이 4개인 경우, 각각의 관련자극과 동일한 범주의 목표자극 1개, 무관련자극 4개를 만들어 최종적으로 목표자극 4개와 무관련자극 16개를 포함하여 사용한다. CTP도 목표자극이 없다는 점을 제외하고는 3SP와 동일한 형식의 자극을 사용한다. 다중관련자극 프로토콜이 단일관련자극 프로토콜보다 더 좋은 것으로 평가되고 있지만(Rosenfeld, Shue, & Singer, 2007), 다수의 관련자극을 확보하는 것이 용이하지 않기 때문에(Elaad, 1990; Podlesny, 2003) 단일관련자극 프로토콜이 자주 사용된다.

P300 CIT에서 거짓말 여부를 판단할 때, 관련자극에 대한 P300 진폭과 무관련자극 전체에 대한 P300 진폭을 비교한다. 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한 P300 진폭보다 통계적으로 유의하게 더 크면 거짓말을 말하고 있다고 판단한다. 단일관련자극 프로토콜이 사용될 때에는 관련자극의 P300 진폭을 P300 진폭이 가장 큰 무관련자극과 비교하여 거짓말 여부를 판단하는 것이 더 타당하다.

대응수단(countermeasure)은 검사를 의도적으로 교란시키기 위하여 하는 모든 정신적·신체적 행동을

1) EEG를 이용한 거짓말 탐지에 대해서는 Kim (2009)을 참고하면 좋다.

말한다. 가장 전형적인 정신적 대응수단은 검사를 받으면서 100에서부터 7씩 계속 빼는 암산을 수행하는 것이며, 신체적 대응수단은 질문이 제시될 때마다 팔약근에 힘을 주는 것이다. 뇌파는 개인이 통제하기 어려워지며 자극이 비교적 빠르게 반복해서 제시되므로, P300 CIT는 대응수단으로부터 영향을 받지 않을 것으로 기대되었다(Ben-Shakhar & Elaad, 2002; Farwell & Donchin, 1991).

그러나 Rosenfeld와 Soskins, Bosh, Ryan(2004)은 P300 CIT가 새로운 유형의 대응수단에 큰 영향을 받는다는 것을 보여주었다. Rosenfeld 등(2004)이 사용한 대응수단은 무관련자극이 제시될 때 수사관 몰래 특정 반응을 하는 것이었다. 제시된 자극에 어떤 과제가 주어지면 P300 진폭이 증가하므로(Johnson, 1986), 조사대상자 스스로 무관련자극에 어떤 과제를 부여하면 무관련자극에 대한 P300 진폭이 관련자극에 대한 P300 진폭만큼 커질 수 있다. 이러한 유형의 대응수단은 세 가지가 있다.

한 가지는 전체 매칭 대응수단으로, Rosenfeld 등(2004)의 실험 1과 2에서 그 효과성이 검증되었다. 실험 1에서는 3SP와 6개의 관련자극, 각각의 관련자극과 동일한 범주의 목표자극 1개씩, 그리고 각각의 관련자극과 동일한 범주의 무관련자극이 4개씩 사용되었다. 대응수단은 첫 번째 범주의 무관련자극이 제시되면 ‘왼손 집게손가락에 힘주기’, 두 번째는 ‘왼손 중지손가락에 힘주기’, 세 번째는 ‘왼쪽 엄지발가락 움직이기’, 네 번째는 ‘오른쪽 엄지발가락 움직이기’, 다섯 번째는 ‘실험자가 실험참가자 얼굴을 때리는 상상하기’, 여섯 번째 범주의 무관련자극이 제시되면 ‘아무것도 안하기’였다. 실험결과, 정확판단율이 82%에서 18%로 감소하였다. 실험 2에서는 1개의 자기참조적인 정보(실험참가자의 생일)를 이용한 P300 CIT에서 전체 매칭 대응수단의 효과를 검증한 결과, 정확판단율이 92%에서 50%로 감소하였다. 단일관련자극 프로토콜을 사용한 CTP는 전체 매칭 대응수단에 영향을 받지 않는 것으로 보고되고 있다(Rosenfeld et al., 2008; Winograd & Rosenfeld, 2010).

두 번째는 순차적 대응수단으로, Mertens과 Allen(2008)이 3SP와 12개의 관련자극을 포함한 연구에서 효과를 검증하였다. 순차적 대응수단은 무관련자극이

제시될 때마다 4가지 행동을 순서대로 반복해서 수행하는 것이었다. 첫 번째는 ‘맞는 상상을 하기’, 두 번째는 ‘팔약근에 힘을 주기’, 세 번째는 ‘발가락 움직이기’, 네 번째는 ‘아무것도 안하기’였다. 실험결과, 정확판단율이 감소하기는 하였지만, 대응수단의 효과가 크지는 않았다.

세 번째는 부분 매칭 대응수단으로, Rosenfeld와 Labkovsky(2010)가 CTP와 단일관련자극 프로토콜을 사용한 연구에서 검증하였다. 부분 매칭 대응수단은 4개의 무관련자극 중 특정한 2개가 제시될 때마다 암목적 과제를 수행하는 것이었다. 관련자극은 실험참가자의 생일이었으며, 대응수단은 특정한 하나의 무관련자극이 제시될 때 자신의 이름을, 특정한 다른 하나의 무관련자극이 제시될 때 자신의 성을 마음속으로 부르는 것이었다. 실험결과, 대응수단을 사용한 무관련자극의 P300 진폭과 관련자극의 P300 진폭이 비슷하게 나타났다. 그러나 대응수단을 탐지하는 것이 가능하며, 개인별로 거짓말 여부를 판단한 결과에서는 정확판단율이 감소하지 않았다.

P300 CIT에 대한 대응수단의 효과를 요약하면 다음과 같다. 3SP와 다중관련자극 프로토콜을 사용한 P300 CIT에서, 전체 매칭 대응수단이나 순차적 대응수단은 효과가 있는 것으로 나타났다. CTP와 단일관련자극 프로토콜을 사용하는 경우, 전체 매칭 대응수단은 효과가 없는 것으로 나타났으며, 부분 매칭 대응수단은 대응수단의 사용여부를 탐지할 수 있는 것으로 나타났다.

대부분의 P300 CIT에서는 3SP를 사용하고 있으며, 단일관련자극 프로토콜이 사용되는 경우가 많다. 또한 P300 CIT를 받기 전에는 무관련자극이 무엇인지 알 수 없으므로, 전체 매칭 대응수단을 사용하는 것이 쉽지 않다. 결과적으로 3SP와 단일관련자극 프로토콜을 사용한 거짓말 탐지에서, 순차적 대응수단이나 부분 매칭 대응수단이 사용될 가능성이 높다. 그러나 이러한 조합에서 P300 CIT의 효과를 검증한 연구를 찾아보기는 어렵다.

따라서, 본 연구에서는 3SP와 단일관련자극 프로토콜을 사용한 P300 CIT에서 순차적 대응수단과 부분 매칭 대응수단의 효과를 검증하였다. 부분 매칭 대응수단은 신체적 움직임이 사용되는 물리적 대응수단과

정신적 과정이 사용되는 정신적 대응수단으로 나누어 효과를 검증하였다. 관련자극과 무관련자극의 P300 진폭을 비교하는 방법으로는 관련자극과 무관련자극 전체의 P300 진폭을 비교하는 방법과 함께 P300 진폭이 가장 큰 무관련자극과 관련자극을 비교하는 방법을 모두 사용하였다.

2. 방법

2.1. 실험참가자

대학생 39명이 실험에 자원하여 참여하였다. 실험 참가자의 성별은 남자 19명, 여자 20명이었으며, 평균 연령은 23.9세(범위 20-29세)였다.

2.2. 실험설계

순차적 대응수단 집단(sequential countermeasure group)과 물리적 대응수단 집단(physical countermeasure group), 정신적 대응수단 집단(mental countermeasure group)에 실험참가자들을 13명씩 할당하였으며, 각 집단에서 대응수단을 사용하지 않는 회기(simple guilty session)와 대응수단을 사용하는 회기(countermeasure session)를 반복 측정하였다.

2.3. 자극 및 실험절차

자기 참조적 정보를 이용한 P300 CIT를 실시하였다. 사고를 당하여 자신의 이름이 기억나지 않는다고 허위로 주장하는 허위기억상실을 가정한 상황에서 실험 참가자의 이름을 숨긴정보로 사용하였다. 실험참가자가 자신의 이름을 알아보는지 판단하기 위한 숨긴정보검사를 실시하였다. P300 CIT를 실시하는 동안, 본인의 이름을 알지 못하는 것처럼 행동하라고 지시하였으며, P300 CIT를 무사히 통과하면 금전적 보상이 주어질 것이라고 알려주었다. 실제로는 실험이 끝난 후 모든 실험참가자에게 금전적 보상을 하였다.

세 실험집단 모두 대응수단을 사용하지 않는 회기(단순유죄 회기)를 먼저 진행한 후, 실험참가자에게

P300 CIT의 원리와 대응수단의 사용에 관하여 설명하였다. 5~10분 동안 대응수단을 연습한 후에 대응수단을 사용한 회기(대응수단 회기)를 진행하였다.

검사자극은 목표자극 1개와 관련자극 1개, 무관련자극 4개로 구성하였다. 목표자극은 실험자가 실험참가자에게 기억하도록 지시한 이름이었으며, 관련자극은 실험참가자의 이름이었고, 무관련자극은 실험참가자에게 친숙하지 않은 이름들로 구성하였다. 실험참가자들에게 6개의 이름을 무선적인 순서로 평균 3초(범위: 2.8초 ~ 3.2초)에 하나씩 300 ms동안 제시하였으며, 실험자가 알려준 목표자극이 제시되면 오른손 검지손가락으로 '예' 버튼(마우스 왼쪽 버튼)을, 목표자극 이외의 다른 자극이 제시되면 '아니오' 버튼(마우스 오른쪽 버튼)을 오른손 중지손가락으로 가능한 빠르고 정확하게 누르도록 지시하였다.

대응수단 회기에서는 무관련자극이 제시되었을 때, '아니오' 버튼을 누르기 전에 특정한 행동이나 생각한 후에 버튼을 누르도록 지시하였다(Rosenfeld et al., 2008). 순차적 대응수단집단에 대해서는 무관련자극이 제시될 때마다 순차적으로 네 가지 행동과 생각을 반복하도록 하였다. 첫 번째는 '왼손 검지손가락을 몰래 움직이는 것'이고, 두 번째는 '오른쪽 엄지발가락을 몰래 움직이는 것'이고, 세 번째는 '마음속으로 어머니 이름을 부르는 것'이고, 네 번째는 '마음속으로 아버지 이름을 부르는 것'이었다.

물리적 대응수단 집단과 정신적 대응수단 집단의 실험참가자들에게 네 개의 무관련자극 중 특정한 두 개의 무관련자극(A와 B)이 제시될 때 대응수단을 사용하도록 하였다. 대응수단을 사용할 무관련자극은 연구자가 지정해 주었다. 물리적 대응수단은 무관련자극 A가 제시되면 왼손 검지손가락을 몰래 움직이고, 무관련자극 B가 제시되면 오른손 엄지발가락을 몰래 움직이는 것이었다. 정신적 대응수단은 무관련자극 A가 제시되면 마음속으로 어머니 이름을 부르고 무관련자극 B가 제시되면 아버지 이름을 부르는 것이었다.

6개의 이름을 무선적인 순서로 하나씩 제시하는 것을 40회 반복하여 총 240회 자극을 제시하였다. 실험자극은 실험참가자로부터 1 m 앞에 있는 LCD 화면의 중앙에 1.5 cm 높이의 크기로, 검은색 바탕에 흰색 글

자료 제시하였다.

2.4. 뇌파측정

국제 10-20 체계에 따라 Fz와 Cz, Pz에 전극을 부착하였으며, 양쪽 귓볼에 연결된 전극을 부착하여 기준 전극으로 사용하였고, 이마에 접지전극을 부착하였다. 왼쪽 눈 위와 아래에 그리고 양쪽 눈의 옆에 전극을 부착하여 안전도(electrooculogram: EOG)를 측정하였다. 자극제시는 SuperLab v4.5(Cedrus Corporation, San Fedro, CA, USA)를 이용하였으며, 뇌파 Grass Model 12 Neurodata Acquisition System(Grass Instruments, Quincy, MA, USA)을 사용하여 0.3~30 Hz 대역역과한 후, 20000 배 증폭하였으며, 안전도는 5000배 증폭하였다. MP100 A/D 변환기(Biopac Systems, Goleta, CA, USA)를 이용하여 250 Hz의 표본율로 컴퓨터에 저장하였다.

실험이 끝난 후, EOG를 이용하여 눈 깜박임에 의한 뇌파의 변형을 교정하였으며(Semlitsch et al., 1986), 뇌파를 자극제시 전 100 ms를 포함하여 총 1300 ms로 구간을 나누어 분석에 사용하였다. 목표자극과 관련 자극, 무관련자극 각각에 대하여 자극제시 시점을 기준으로 각 시행의 뇌파들을 평균하여 ERP를 얻었다.

2.5. 자료분석

P300 진폭이 가장 큰 Pz에서 측정된 뇌파만 이용하여 관련자극과 무관련자극에 대한 ERP를 산출하고, P300 진폭을 계산하였다. P300 진폭은 정점-정점 방법을 사용하여 측정하였다(Soskins, Rosenfeld, & Niendam, 2001). 반응시간은 자극이 제시된 후부터 반응버튼이 눌러지기까지의 시간으로 정의하였다.

단순유죄 회기와 대응수단 회기 각각에서, 개인별로 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한

P300 진폭보다 통계적으로 유의하게 더 큰지를 검증하기 위하여 부트스트랩 P300 크기차이분석을 실시하였다(Cutmore, Djakovic, Kebell, & Shum, 2009; Rosenfeld et al., 2006). 표본 뇌파로부터 1000개의 부트스트랩 표본을 추출하여, 1000번 중에 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한 P300 진폭보다 큰 경우가 몇 번인지를 확인하여 부트스트랩 지수를 산출하였다.

부트스트랩 크기차이분석을 두 번 실시하였다. 한 번은 4개 무관련자극을 모두 합한 P300 진폭과 관련 자극의 P300 진폭을 비교하여 부트스트랩 지수를 산출하였으며, 900 이상이면(90%신뢰수준) 거짓말을 한 것으로 판단하였다. 90%신뢰수준은 P300 CIT에서 일반적으로 사용하는 기준이다(Rosenfeld et al., 2006). 다른 한번은 4개 무관련자극 중 P300 진폭이 가장 큰 무관련자극의 P300 진폭과 관련자극의 P300 진폭을 비교하여 부트스트랩 지수를 산출하였으며, 850 이상이면 거짓말을 한 것으로 판단하였다. 이 경우에는 무관련자극들 중 P300 진폭이 가장 큰 것과 관련자극을 비교하므로, 85%의 신뢰수준을 사용하였다.

3. 결과

3.1. 행동반응

오반응률은 실험참가자들이 실험에 적절한 주의를 기울였는지에 대한 지표가 된다. 실험조건과 자극유형에 따라 오반응률은 12% 이내로 나타나 실험자극에 적절한 주의를 기울인 것으로 판단되었다.

무관련자극에 대한 ‘아니오’ 버튼 반응을 하기 전에 대응수단을 사용하라고 지시하였으므로, 대응수단을 적절히 사용하였다면 대응수단을 사용한 무관련자극의 반응시간이 다른 자극의 반응시간보다 더 길 것이

Table 1. RTs (ms) for correct trials (standard errors in parentheses)

Group	Simple guilty session			Countermeasure session			
	Target	Probe	Irrelevant	Target	Probe	IC	INC
Sequential CM	591 (135)	552 (116)	521 (133)	683 (103)	770 (209)	1144 (347)	
Physical CM	578 (73)	537 (74)	510 (94)	742 (111)	619 (70)	1291 (172)	646 (106)
Mental CM	577 (89)	547 (121)	507 (119)	710 (129)	667 (140)	1073 (397)	666 (155)

라고 예상할 수 있다. Table 1에 실험조건별 반응시간을 제시하였다.

순차적 대응수단집단에서, 목표자극과 관련자극, 무관련자극 모두 단순유죄 회기에 비해서 대응수단 회기에 반응시간이 길어졌다. 특히, 무관련자극에 대한 반응시간이 521 ms에서 1144 ms로 623 ms 길어졌다 ($t(12) = 6.797, p < .001, d = 2.60$). 물리적 대응수단집단과 정신적 대응수단집단에서도 목표자극과 관련자극, 무관련자극 모두 단순유죄 회기에 비해서 대응수단 회기에 반응시간이 길어졌다. 특히 대응수단 회기에서, 대응수단을 사용한 무관련자극(countered irrelevant: IC)의 반응시간이 대응수단을 사용하지 않은 무관련자극(non-countermeasured irrelevant: INC)의 반응시간보다 물리적 대응수단 집단은 645 ms, 정신적 대응수단 집단은 407 ms 더 길었다(물리적 대응수단집단, $t(12) = 14.188, p < .001, d = 4.63$; 정신적 대응수단집단, $t(12) = 4.587, p < .001, d = 1.47$).

3.2. P300 진폭

각 실험조건 별 평균 ERP를 Figure 1에 제시하였다. 모든 실험조건에서 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한 P300 진폭보다 크게 나타났다. 순차적 대응수단집단에서, 단순유죄 회기와 대응수단 회기 간에 비슷한 ERP가 산출되었다. 물리적 대응수단집단에서, 단순유죄 회기에 비하여 대응수단 회기에서 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭 차이가 다소 감소하였다. 특히 대응수단 회기에서, 대응수단을 사용한 무관련자극의 P300 진폭이 대응수단을 사용하지 않은 무관련자극의 P300 진폭보다 더 크게 나타났다. 정신적 대응수단집단에서도 물리적 대응수단집단과 비슷한 ERP가 산출되었지만, 대응수단 회기에서 대응수단을 사용한 무관련자극의 P300 진폭과 대응수단을 사용하지 않은 무관련자극의 P300 진폭 간의 차이가 크지는 않았다.

실험조건간 P300 진폭의 평균차이를 검증하기 위하여, 집단(순차적 대응수단집단, 물리적 대응수단집단, 정신적 대응수단집단)과 회기(단순유죄 회기, 대응수단회기), 자극유형(관련자극, 무관련자극)을 독립변인으로 한 혼합설계 3원변량분석을 실시하였다. 3원변

량분석은 4개의 무관련자극들을 모두 포함하여 P300 진폭(Iall)을 산출한 경우와, 무관련자극들 중 P300 진폭이 가장 큰 무관련자극의 P300 진폭(I_{max})을 사용한 경우에 각각 실시하였다. Figure 2에 실험조건별 P300 진폭이 제시되어 있다.

Iall을 사용한 3원변량분석결과, 집단과 회기와 자극 유형의 3원 상호작용효과가 유의하였다($F(2,36) = 8.578, p < .001, \Delta\eta^2 = .323$). 3원 상호작용효과를 해석하기 위하여, 집단별로 회기와 자극유형의 2원변량분석을 실시하였다. 순차적 대응수단 집단에서, 회기와 자극유형의 이원상호작용효과가 유의하였다($F(1,12) = 6.214, p < .05, \Delta\eta^2 = .341$). 단순유죄 회기와 대응수단 회기 모두에서 관련자극의 P300 진폭이 무관련자극의 P300 진폭보다 더 컸지만, 단순유죄 회기에서 관련자극과 무관련자극간의 P300 진폭 차이는 6.9 μV 인 반면, 대응수단 회기에서 P300 진폭 차이는 9.4 μV 로 더 늘어났다.

물리적 대응수단 집단에서, 회기와 자극유형의 이원상호작용효과는 유의수준 .10 수준에서 유의하였다($F(1,12) = 3.204, p = .099, \Delta\eta^2 = .211$). 단순유죄 회기와 대응수단 회기 모두에서 관련자극의 P300 진폭이 무관련자극의 P300 진폭보다 더 컸지만, 단순유죄 회기에서 관련자극과 무관련자극간의 P300 진폭 차이는 7.8 μV 인 반면, 대응수단 회기에서 P300 진폭 차이는 6.1 μV 로 감소하였다. 정신적 대응수단 집단에서, 회기와 자극유형의 이원상호작용효과가 유의하였다($F(1,12) = 13.455, p = .01, \Delta\eta^2 = .529$). 단순유죄 회기와 대응수

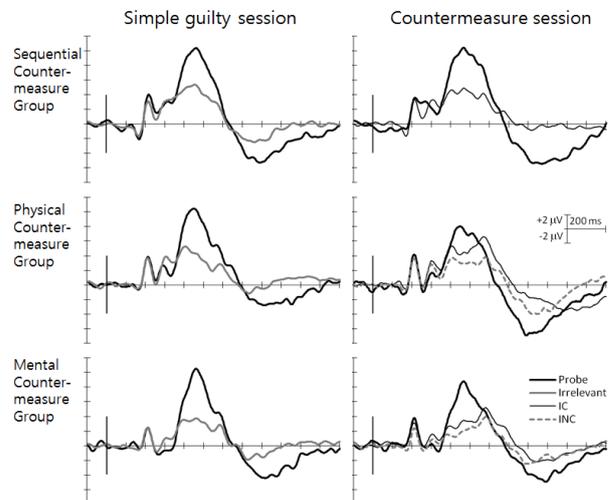


Figure 1. Grand average ERPs

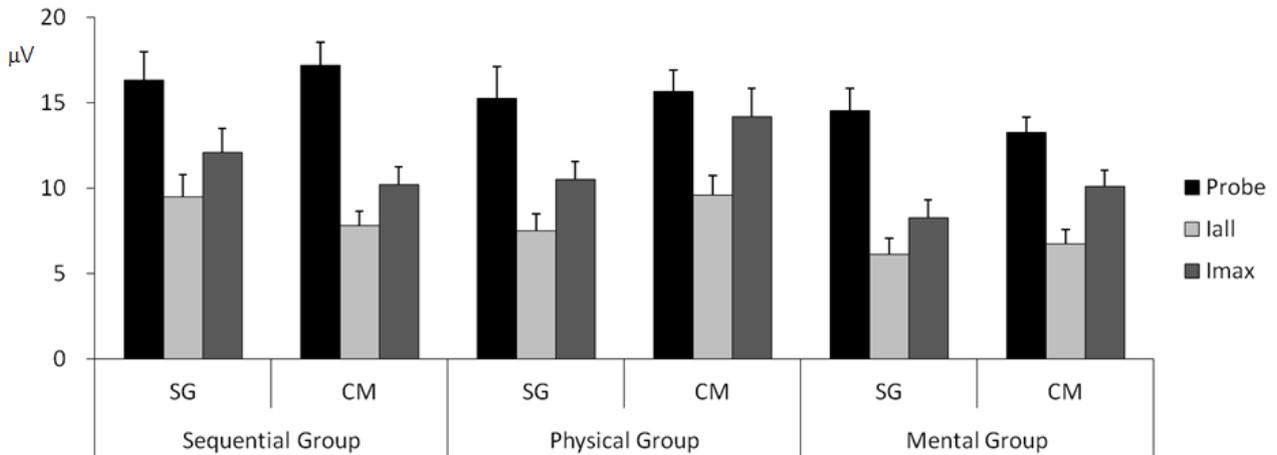


Figure 2. P300 amplitudes (error bars represent standard error)

단 회기 모두에서 관련자극의 P300 진폭이 무관련자극의 P300 진폭보다 더 컸지만, 단순유죄 회기에서 관련자극과 무관련자극간의 P300 진폭 차이는 8.4 μV 인 반면, 대응수단 회기에서 P300 진폭 차이는 6.5 μV 로 감소하였다.

I_{max}를 사용한 3원변량분석결과, 집단과 회기와 자극 유형의 3원 상호작용효과가 유의하였다($F(2,36)=10.303$, $p<.001$, $\Delta\eta^2=.364$). 3원 상호작용효과를 해석하기 위하여, 집단별로 회기와 자극 유형의 2원변량분석을 실시하였다. 순차적 대응수단 집단에서, 회기와 자극 유형의 이원상호작용효과가 유의하였다($F(1,12)=7.201$, $p<.05$, $\Delta\eta^2=.375$). 단순유죄 회기와 대응수단 회기 모두에서 관련자극의 P300 진폭이 무관련자극의 P300 진폭보다 더 컸지만, 단순유죄 회기에서 관련자극과 무관련자극간의 P300 진폭 차이는 4.3 μV 인 반면, 대응수단 회기에서 P300 진폭 차이는 6.9 μV 로 더 늘어났다.

물리적 대응수단 집단에서, 회기와 자극 유형의 이원상호작용효과가 유의하였다($F(1,12)=5.555$, $p<.05$, $\Delta\eta^2=.316$). 단순유죄 회기에서는 관련자극과 무관련자극간의 P300 진폭 차이는 4.8 μV 로 유의한 반면, 대응수단 회기에서 P300 진폭 차이는 1.5 μV 로 유의하지 않았다. 정신적 대응수단 집단에서, 회기와 자극 유형의 이원상호작용효과가 유의하였다($F(1,12)=23.333$, $p=.001$, $\Delta\eta^2=.660$). 단순유죄 회기와 대응수단 회기 모두에서 관련자극의 P300 진폭이 무관련자극의 P300 진폭보다 더 컸지만, 단순유죄 회기에서 관련자극과 무관련

자극간의 P300 진폭 차이는 6.3 μV 인 반면, 대응수단 회기에서 P300 진폭 차이는 3.2 μV 로 감소하였다.

3.5. 개인별 판단

개인수준에서 관련자극의 P300 진폭이 무관련자극의 P300 진폭보다 통계적으로 유의하게 더 큰지를 판단하기 위하여, 실험참가자 개인별로 부트스트랩 절차를 이용한 P300 진폭 차이검증을 수행하였다. Table 2에 개인별 판단결과를 제시하였다.

순차적 대응수단 집단에서, I_{all}를 사용했을 때의 정확판단율은 단순유죄 회기에서 100%, 대응수단 회기에서 100%로 동일하였다. I_{max}를 사용했을 때의 정확판단율은 단순유죄 회기에서 77%, 대응수단 회기에서 92%로 대응수단을 사용하였을 때 오히려 정확판단율이 약간 증가하였다.

물리적 대응수단 집단에서, I_{all}를 사용했을 때의 정확판단율은 단순유죄 회기에서 100%, 대응수단 회기에서 77%였다. I_{max}를 사용했을 때의 정확판단율은 단순유죄 회기에서 77%, 대응수단 회기에서 46%였다. 정신적 대응수단 집단에서, I_{all}를 사용했을 때의 정확판단율은 단순유죄 회기에서 100%, 대응수단 회기에서 100%였다. I_{max}를 사용했을 때의 정확판단율은 단순유죄 회기에서 100%, 대응수단 회기에서 69%로 약간 낮아졌다.

Table 2. Detection rates (%)

	Simple guilty Session		Countermeasure Session	
	Probe - Iall	Probe - Imax	Probe - Iall	Probe - Imax
sequential CM	100	77	100	92
Physical CM	100	77	77	46
Mental CM	100	100	100	69

4. 논 의

본 연구에서는 3SP와 단일관련자극 프로토콜을 사용한 P300 CIT에서 무관련자극이 제시되는 순서에 따라 4가지 암묵적 반응을 순차적으로 반복하는 순차적 대응수단과 2개의 무관련자극에 암묵적 과제를 부여하는 부분 매칭 대응수단의 효과를 검증하였다.

먼저, 반응시간을 통하여 실험참가자들이 대응수단을 적절하게 사용하였는지 확인하였다. 대응수단을 사용한 후에 반응버튼을 누르도록 하였기 때문에, 대응수단을 사용한 무관련자극의 반응시간이 그렇지 않은 경우보다 더 길 것이다. 예상한 바와 같이, 세 집단 모두에서 대응수단을 사용한 무관련자극의 반응시간이 대응수단을 사용하지 않은 무관련자극의 반응시간보다 더 긴 것으로 나타났다. 이것은 실험참가자들이 실제로 대응수단을 사용하였음을 간접적으로 보여준다.

순차적 대응수단 집단에서 P300 진폭을 산출한 결과, 예상과는 달리 대응수단을 사용한 경우가 그렇지 않은 경우보다 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭 차이가 통계적으로 유의하게 더 컸다. 4개의 무관련자극을 모두 포함하여 P300 진폭을 산출하는 경우에는 단순유죄 회기와 대응수단 회기 모두 100%의 탐지율을 보였다. 가장 큰 P300 진폭을 보이는 무관련자극만 사용한 경우에는 단순유죄 회기보다 대응수단 회기에서 더 높은 탐지율을 보였다.

Meixner와 Rosenfeld(2010)는 CTP가 전체 매칭 대응수단에 저항력을 가지는 이유가 오직 관련자극만 특별한 반응을 하지 않기 때문이라고 밝혔다. 즉, 관련자극과 무관련자극들 중 무관련자극들이 제시되었을 때에만 추가적인 대응수단을 사용하므로, 관련자극이

무관련자극들과 구별되는 특성을 가지게 된다. 대응수단을 사용하지 않는 관련자극의 제시 빈도가 대응수단을 사용하는 무관련자극의 제시 빈도보다 적기 때문에, 관련자극에 대한 P300의 진폭이 더 크게 나타난 것이다. 3SP에서도 전체 매칭 대응수단의 효과가 나타나지 않는다는 연구결과가 있다(Lee et al., 2013).

이 원리가 본 연구의 순차적 대응수단에도 적용된 것으로 보인다. 순차적 대응수단에서도 무관련자극은 모두 특별한 대응수단이 사용되고, 관련자극만 특별한 대응수단이 사용되지 않으므로 관련자극만 독특한 특성을 가지게 된다. 결과적으로 단일관련자극 프로토콜이 사용되는 경우에, 전체 매칭 대응수단과 순차적 대응수단은 CTP와 3SP 모두에서 효과가 없는 것으로 생각된다.

부분 매칭 대응수단 중 물리적 대응수단을 사용한 집단에서 ERP를 산출한 결과, 예상한 바와 같이 대응수단을 사용한 무관련자극의 P300 진폭이 대응수단을 사용하지 않은 무관련자극의 P300 진폭보다 더 크게 나타났다. 개인별 판단결과, 전체 무관련자극의 P300을 사용하는 경우와 가장 큰 P300을 보이는 무관련자극을 사용하는 경우 모두, 정확판단율이 약 30% 감소하였다.

정신적 대응수단을 사용한 집단에서 ERP를 산출한 결과, 단순유죄 회기보다 대응수단 회기에서 무관련자극 전체의 P300 진폭과 관련자극의 P300 진폭 간 차이가 유의하게 더 작았다. 전체 무관련자극의 P300 진폭을 사용한 개인별 판단결과는 단순유죄 회기와 대응수단 회기 모두에서 100%의 정확판단율을 보였으며, 가장 큰 P300 진폭을 보이는 무관련자극을 이용한 개인별 판단결과에서는 단순유죄 회기에 비하여 대응수단 회기의 정확판단율이 약 30% 감소하였다.

부분 매칭 대응수단에서 물리적 대응수단과 정신적 대응수단의 결과를 비교하였을 때, 물리적 대응수단의 효과가 더 큰 경향성이 있다. 그러나 실제 거짓말 탐지에서는 물리적 대응수단을 사용하는 것이 쉽지는 않다. 일반적인 거짓말 탐지에서 물리적 대응수단의 효과는 널리 알려진 사실이므로, 실제 거짓말 탐지에서는 물리적 대응수단의 사용이 의심될 때에는 의자와 바닥 등에 압력센서를 설치하여 사용하기도 한다. 반면에 정신적 대응수단의 사용은 상대적으로 탐지하

기가 어렵다.

부분 매칭 대응수단이 P300 CIT의 정확탐지율을 감소시키는 것으로 나타났으므로, 3SP에서 부분 매칭 대응수단의 효과를 제거하기 위한 새로운 프로토콜이나 대응수단의 사용을 탐지할 수 있는 방법의 개발이 필요하다. 국내 검찰과 경찰에서는 자극간 제시간격이 짧은 P300 CIT를 사용하고 있다. 이 방법이 전체 매칭 대응수단에는 저항력을 가지지만(Lee et al., 2013), 부분매칭 대응수단에는 영향을 받을 가능성이 높다. 따라서 이에 대한 검증과 대처방법의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 단순유죄 회기를 먼저 실시하고 대응수단 회기를 후에 실시하였으므로, 순서효과가 개입하였을 가능성이 있다. 그러나 P300 CIT를 2분간의 간격으로 4번 반복측정한 Eom과 Park(2014)에 의하면, 순서효과가 정확탐지율에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 비슷한 프로토콜을 사용한 본 연구에서도 순서효과는 크지 않았을 것으로 예상할 수 있다.

실제로 P300 CIT를 받는 사람이 대응수단을 사용하려고 한다면, P300 CIT를 받기 전에 대응수단의 사용에 대하여 충분한 연습을 할 것이며, 전문가로부터 조언도 받을 것이다. 본 연구에서는 10분간의 훈련 후에 대응수단을 사용하였기 때문에, 실제 대응수단의 효과가 과소 추정되었을 가능성이 있다. 따라서 대응수단의 사용에 관하여 충분한 연습을 거친 경우에 P300 CIT의 정확판단율이 어떻게 변하는지 연구할 필요성이 있다.

거짓말 탐지에 대한 실험연구들이 가지는 공통적인 제한점은 실험참가자들이 진짜 범죄를 저지른 사람이 아니므로 연구결과를 일반화하기 어려울 수 있다는 것이다. 본 연구의 결과도 동일한 제한점을 가진다. 그러나 P300 CIT는 기억이라는 인지과정을 사용하기 때문에, 실험참가자와 실제 범죄자 간에 연구결과가 크게 다를 것 같지는 않다.

REFERENCES

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.

Cutmore, T. R. H., Djakovic, T., Kebbell, 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, 185-192.

Elaad, E. (1990). Detection of guilty knowledge in real-life criminal investigations. *Journal of Applied Psychology*, 75, 521-529.

Eom, J. S., Park, K. (2014). Effects of the number of trials on test results in P300-based concealed information test. *Korean Journal of Social and Personality Psychology*, 28, 61-79.

Farwell, L. A. & Donchin, E. (1991). The truth will out: Interrogative polygraphy ("lie detection") with event-related Potentials. *Psychophysiology*, 28, 531-547.

Johnson, R. (1986). A triarchic model of P300 amplitude. *Psychophysiology*, 23, 367-384.

Kim, Y. Y. (2009). P300-based studies in detection of deception. *Korean Journal of Social and Personality Psychology*, 23, 111-129.

Labkovsky, E. & Rosenfeld, J. P. (2012). The P300-based, complex trial protocol for concealed information detection resists any number of sequential countermeasures against up to five irrelevant stimuli. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 37, 1-10.

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 500 ms, 800 ms, and 3000 ms ISIs. *Korean Journal of Social and Personality Psychology*, 27, 87-107.

Meixner, J. B. & Rosenfeld, J. P. (2010). Countermeasure mechanisms in a P300-based concealed information test. *Psychophysiology*, 47, 57-65.

Mertens, R. & Allen, J. J. (2008). The role of psychophysiology in forensic assessments: Deception detection, ERPs, and virtual reality mock crime scenarios. *Psychophysiology*, 45, 286-298.

Podlesny, J. A., (2003). A paucity of operable case facts restricts applicability of the guilty knowledge

- technique in FBI criminal polygraph examinations. *Forensic Science Communications*, 5, Retrieved March 29, 2012, from <http://www2.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/july2003/podlesny.htm>
- 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 wave forms. *Psychophysiology*, 38, 319-335.
- Rosenfeld, J. P., Labkovsky, E. (2010). New P300-based protocol to detect concealed information: Resistance to mental countermeasures against only half the irrelevant stimuli and a possible ERP indicator of countermeasures. *Psychophysiology*, 47, 1002-1010.
- Rosenfeld, J. P., Labkovsky, E., Winograd, 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, 906-919.
- Rosenfeld, J. P., Soskins, M., Bosh, G., & Ryan, A. (2004). Simple effective countermeasures to P300-based tests of detection of concealed information. *Psychophysiology*, 41, 205-219.
- 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 paradigm, *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.
- Sokolovsky, A., Rothenberg, J., Labkovsky, E., Meixner, J., & Rosenfeld, J. P. (2011). A novel countermeasure against the reaction time index of countermeasure use in the P300-based complex trial protocol for detection of concealed information. *International Journal of Psychophysiology*, 81, 60-63.
- 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.
- Winograd, M. R. & Rosenfeld, J. P. (2010). Mock crime application of the complex trial protocol (CTP) P300-based concealed information test. *Psychophysiology*, 47, 1-7.

원고접수: 2015.02.05

수정접수: 2015.03.12

게재확정: 2015.03.26