

자극간 제시간격이 짧은 P300 숨긴정보검사에서 대응수단의 영향*

이 민 회 엄 진 섭[†] 음 영 지 손 진 훈
충북대학교 심리학과 충남대학교 심리학과/뇌과학연구소

본 연구에서는 관련자극이 한 개이고 자극간 제시간격이 1초인 P300 숨긴정보검사(P300 CIT)가 부분 매칭 대응수단에 영향을 받는지 검증하였으며, 대응수단의 사용을 탐지할 수 있는 방법을 탐색하였다. 네 개의 무관련자극 중 하나의 무관련자극에 특정 반응을 하는 조건(1CM 조건)과 두 개의 무관련자극에 특정 반응을 하는 조건(2CM 조건)에서 대응수단의 효과를 검증하였다. 각 조건에서 손가락 또는 발가락을 움직이는 물리적 대응수단과 마음속으로 어머니 또는 아버지의 이름을 부르는 정신적 대응수단을 사용하였다. 실험결과, 물리적 대응수단과 정신적 대응수단은 모두 P300 CIT의 결과에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 대응수단을 사용하지 않은 경우에 P300 CIT의 정확탐지율은 71%였던 반면, 물리적 대응수단을 사용한 경우에는 1CM 조건과 2CM 조건의 정확탐지율은 각각 0%와 14%였으며, 정신적 대응수단을 사용한 경우에는 1CM 조건과 2CM 조건의 정확탐지율이 모두 14%였다. ERP들 간의 상관계수로 대응수단의 탐지가능성을 평가하였다. 거짓을 말하였으나 거짓을 말하지 않은 것으로 잘못 판단된 사례들을 대상으로, 무관련자극의 ERP와 관련자극의 ERP 간 상관계수가 무관련자극의 ERP와 목표자극의 ERP 간 상관계수보다 더 크지 확인하였다. 물리적 대응수단집단의 100%와 정신적 대응수단집단의 92%가 이러한 경우에 해당한 반면에 단순유죄집단은 33%만 이러한 양상을 보였다. ERP간 상관계수를 이용한 대응수단 사용의 탐지가능성을 논의하였다.

주요어 : P300, 숨긴정보검사, 거짓말탐지, 대응수단

* 이 논문은 2014년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2014S1A5B5A07041338).

† 교신저자: 엄진섭, 충북대학교 사회과학대학 심리학과, 충북 청주시 흥덕구 내수동로 52

E-mail: jseom2003@hanmail.net

폴리그래프(polygraph)로 알려진 거짓말 탐지 검사는 조사 중인 사건과 직접 관련된 질문에 대한 생리적 반응과 조사 중인 사건과 직접 관련되지는 않았지만 그와 같은 범주의 질문에 대한 생리적 반응을 비교하여 거짓말 여부를 판단한다. 거짓말 탐지 검사에서는 크게 두 가지 질문기법이 사용된다. 한 가지는 비교질문검사(comparison question test: CQT)로 조사 중인 사안과 직접 관련된 질문(예; 일주일 전에 당신이 돈을 훔쳤습니까?)에 대한 반응과 조사 중인 사안과 같은 범주의 사안이지만 직접관련이 없는 질문(예; 과거에 남에게 해가되는 일을 한 적이 있습니까?)에 대한 반응을 비교한다. 숨긴정보검사(concealed information test: CIT)는 오직 범인과 수사관만이 알고 있는 사항(예; 범죄에 사용된 칼)과 범죄와 무관한 사항(예; 범죄에 사용되지 않은 여러 종류의 칼)을 조사대상자에게 하나씩 제시한 후 반응을 비교한다. 거짓을 말한 조사대상자는 거짓말이 탄로 나지 않도록 하기 위하여 다양한 대응수단(countermeasure)을 사용하기도 한다(Ben-Shakhar, 2011). 쉽게 사용할 수 있는 대응수단으로, 질문이 제시될 때 혀를 깨물거나 발가락에 힘을 주는 것과 같은 물리적 대응수단과 검사를 받는 동안 마음속으로 100에서 7씩 빼는 것과 같은 정신적 대응수단이 있다. 물리적 대응수단과 정신적 대응수단은 CQT의 정확판단율을 낮추는데 효과가 있으며(Hont & Kircher, 1994), CIT에서도 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Ben-Shakhar & Dolev, 1996; Honts, Devitt, Winbush, & Kircher, 1996).

생리적 반응을 이용한 폴리그래프가 대응수단에 취약하다는 단점을 보완하기 위하여, 1990년대 초에 사건관련전위(event-related potential: ERP)의 P300 성분을 종속측정치로 사용한 CIT가 개발되었다(Farwell & Donchin, 1991). P300을 이용한 CIT(P300 CIT)는 오직 범인과 수사관만이 알고 있는 관련자극(probe)을 다수의 무관련자극(irrelevant)과 섞어서 하나씩 조사대상자에게 제시하면서 뇌파(electroencephalograph: EEG)를 측정한다.

P300 CIT에서 일반적으로 관련자극 1개당 무관련자극 4개를 섞어서 사용한다. 범인인 조사대상자에게서는 무관련자극보다 관련자극에서 더 큰 진폭의 P300이 나타날 것이며, 무고한 조사대상자에게서는 관련자극과 무관련자극에서 비슷한 크기의 P300이 관찰될 것으로 기대된다(Farwell & Donchin, 1991).

P300 CIT는 검사에 사용되는 관련자극의 개수, 목표자극의 사용여부, 자극간 제시간격(inter-stimulus interval)¹⁾에 따라서 몇 가지 종류로 나눌 수 있다. 관련자극이 1개만 사용되면 단일 관련자극 프로토콜(single probe protocol)로, 2개 이상 사용되면 다중관련자극 프로토콜(multiple probe protocol)로 분류한다. 대부분의 P300 CIT는 조사대상자의 주의를 검사자극에 집중시키기 위하여 목표자극을 포함한 세 자극 프로토콜(three stimulus protocol)을 사용하지만, Rosenfeld 등(2008)이 개발한 복합시행 프로토콜(complex trial protocol)은 관련자극과 무관련자극만을 사용한다. P300 CIT에서는 일반적으로 3초에 하나씩 자극을 제시하지만, 국내 경찰과 검찰의 수사과정에서는 이보다 짧은 시간간격을 사용하고 있다.

폴리그래프가 대응수단에 영향을 많이 받는 것과는 달리, P300 CIT는 대응수단에 영향을 받지 않을 것으로 기대되었으며(Ben-Shakhar & Elaad, 2002), 정신적 대응수단의 효과가 유의하지 않다는 결과가 보고되기도 하였다(Sasaki, Hira, & Matsuda, 2001). 이러한 기대에 따라 2000년대 들어서면서 P300 CIT의 실용화를 위하여 많은 연구들이 수행되었고, 10년 전부터 국내의 경찰과 검찰, 군수사기관에서 P300 CIT를 실제 거짓말 탐지에 활용하기 시작하였다.

그러나 Rosenfeld와 Soskins, Bosh, Ryan(2004)이 고안한 새로운 대응수단은 P300 CIT의 정확판단율을 낮추는데 효과적인 것으로 나타났다. Rosenfeld 등(2004)이 사용한 방법은 무관련자극

1) 본 연구에서는 앞선 자극이 제시된 후부터 다음 자극이 제시되기까지의 시간간격을 의미한다.

들이 제시될 때마다 손가락 또는 발가락을 움직이거나 마음속으로 어떤 생각을 하는 것이었다. Johnson(1986)의 P300 진폭에 대한 삼요인 모델(triarchic model)에 따르면, 제시된 자극에 대하여 피검사자가 어떤 과제를 수행하면 P300 진폭이 크게 나타날 것으로 예상된다. Rosenfeld 등이 사용한 대응수단은 무관련자극에 대하여 과제를 수행하는 것이므로, 무관련자극에 대한 P300 진폭이 크게 나타나게 된다. 무관련자극에 대한 P300 진폭이 관련자극에 대한 P300 진폭만큼 증가하면, 유죄인 조사대상자가 무고한 조사대상자로 분류될 가능성이 높아진다.

Rosenfeld 등(2004)이 개발한 대응수단은 이후에 변형되어 세 가지가 존재한다. 한 가지는 전체 매칭 대응수단으로, 모든 무관련자극 각각에 물리적 또는 정신적 과제를 할당하는 것이다(Rosenfeld et al., 2004). 또 한 가지는 순차적 매칭 대응수단으로, 무관련자극이 제시될 때마다 몇 개의 물리적 또는 정신적 과제를 순서대로 반복해서 수행하는 것이다(Mertens & Allen, 2008). 마지막 한 가지는 부분 매칭 대응수단으로, 무관련자극 중 일부에 물리적 또는 정신적 과제를 할당하는 것이다(Rosenfeld & Labkovsky, 2010).

전체 매칭 대응수단의 사용은 세자극 프로토콜과 다중관련자극을 이용한 P300 CIT의 정확판단율을 극적으로 낮추는 것으로 나타났다(Rosenfeld et al., 2004). 세자극 프로토콜과 단일관련자극을 사용한 경우에도 전체 매칭 대응수단의 사용이 정확판단율을 낮춘다고 보고된 바가 있지만(Rosenfeld et al., 2004), 가장 최근의 연구에서는 효과가 없었다(이병하, 황순택, 박광배, 손진훈, 엄진섭, 2013). 복합시행 프로토콜과 단일관련자극을 이용한 P300 CIT는 전체 매칭 대응수단의 영향을 받지 않았으며(Rosenfeld et al., 2008; Winograd & Rosenfeld, 2010), 자극간 제시간격이 1초 이내이며 세자극 프로토콜과 단일관련자극을 이용한 P300 CIT에서는 전체 매칭 대응수단을 사용하는 것이 거의 불가능하였다(이

병하 등, 2013).

순차적 매칭 대응수단의 사용은 세자극 프로토콜과 다중관련자극을 이용한 P300 CIT의 정확판단율을 다소 낮추는 것으로 보고하고 있다(Mertens & Allen, 2008). 그러나 세자극 프로토콜과 단일관련자극 프로토콜을 이용한 P300 CIT에서는 순차적 매칭 대응수단이 정확판단율에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다(엄진섭, 음영지, 장은정, 정이내, 손진훈, 2015). 자극간 제시간격이 1초 이내로 짧을 때에는 전체 매칭 대응수단과 마찬가지로 순차적 매칭 대응수단을 사용하기 어려울 것이다.

부분 매칭 대응수단의 사용은 세자극 프로토콜과 단일관련자극을 이용한 P300 CIT의 정확판단율을 낮추었다(엄진섭 등, 2015). 복합시행 프로토콜과 단일관련자극을 이용한 P300 CIT에서 부분 매칭 대응수단을 사용할 경우, 대응수단의 사용여부를 파악하여 거짓말을 탐지할 수 있다고 보고하고 있다(Labkovsky & Rosenfeld, 2012; Meixner et al., 2013; Rosenfeld & Labkovsky, 2010). 다중관련자극이 이용될 경우에는 때에는 부분 매칭 대응수단이 결과에 영향을 미치지 못할 것이다. 다수의 무관련자극이 이용되므로 한 두 개의 무관련자극에 대응수단을 사용하더라도 ERP에는 큰 영향을 미치지 못하기 때문이다.

P300 CIT의 유형과 대응수단의 종류, 자극간 시간간격에 따라 대응수단의 사용이 정확판단율에 영향을 미치는지의 여부를 표 1에 정리하였다. 복합시행 프로토콜에서 대응수단의 효과가 확인되지 않은 영역이 많이 남아지만, 이 프로토콜은 Rosenfeld의 연구실에서만 사용되고 있다. 세자극 프로토콜에서는 단일관련자극과 1초 이하의 자극간 제시간격을 이용하는 경우에 부분 매칭 대응수단의 효과여부가 밝혀지지 않았다.

본 연구의 첫 번째 목적은, 세자극 프로토콜과 단일관련자극, 1초 이하의 자극간 제시간격을 이용한 P300 CIT의 결과가 부분 매칭 대응수단에 영향을 받는지 검증하는 것이다. 이러한 조합의 P300 CIT는 국내 거짓말 탐지 검사관들

표 1. P300 CIT의 유형과 대응수단의 종류, 자극간 시간간격에 따른 대응수단의 효과

대응수단의 종류	자극간 시간간격	세 자극 프로토콜		복합시행 프로토콜	
		단일관련자극	다중관련자극	단일관련자극	다중관련자극
전체 매칭 대응수단	3초 이상	효과 없음	효과 있음	효과 없음	?
	1초 이하	사용불가능	사용불가능	사용불가능	사용불가능
순차적 매칭 대응수단	3초 이상	효과 없음	효과 있음	?	?
	1초 이하	사용불가능	사용불가능	사용불가능	사용불가능
부분 매칭 대응수단	3초 이상	효과 있음	효과 없음	탐지 가능	효과 없음
	1초 이하	?	효과 없음	×	×

주) ‘?’는 대응수단의 효과 여부가 연구된 적이 없다는 것을 의미하며, ‘×’는 이러한 조합의 P300 CIT가 사용된 적이 없다는 것을 의미한다.

이 실무에 이용하는 것으로, 부분 매칭 대응수단이 거짓말 탐지의 결과에 영향을 미치는지의 여부는 매우 중요한 의미를 가진다. P300 CIT에서는 4개의 무관련자극들 중 2개에 대응수단을 사용한 경우가 많았다. 1초 이하의 자극간 제시 간격을 사용하는 경우에는 3개나 4개의 무관련자극에 대응수단을 사용하는 것이 불가능하며(이병하 등, 2013), 1개나 2개의 무관련자극에 대응수단을 사용하는 것이 가능한지의 여부는 평가된 적이 없다. 따라서 본 연구에서는 4개의 무관련자극 중 1개에 대응수단을 사용하는 경우와 2개에 대응수단을 사용하는 경우에, 대응수단의 효과를 검증하였다. 부분 매칭 대응수단으로 사용할 수 있는 방법은 물리적 대응수단과 정신적 대응수단이 있다. 본 연구에서는 두 가지 대응수단의 효과를 모두 검증하였다.

단일관련자극을 사용한 P300 CIT에서 거짓말 여부를 판단할 때, 대부분의 연구자들은 관련자극의 P300 진폭과 무관련자극 전체의 P300 진폭을 비교한다(Abootalebi, Moradi, & Khalilzadeh, 2006; Cutmore, Djakovic, Keibell & Shum, 2009; Rosenfeld, Biroshak, & Furedy, 2006). 다수의 무관련자극들의 의미가 피검사자에게 정확하게 동일하지는 않으므로, 무관련자극 각각에 대한 ERP는 P300의 진폭이 조금씩 다른 것이 일

반적이다. 이러한 이유로, 무관련자극들을 모두 합하여(I-all) 산출한 ERP의 P300 진폭은 P300 진폭이 가장 큰 무관련자극(I-max)의 P300 진폭보다 작게 산출된다. 따라서 관련자극과 I-all의 P300 진폭을 비교하는 경우와 관련자극과 I-max의 진폭을 비교하는 경우에 판단 결과가 달라진다(Lefebvre, Marchand, Smith, & Connolly, 2009). 4개의 무관련자극 각각에 대한 P300 중 하나라도 관련자극의 P300 진폭과 비슷하거나 크다면, 조사대상자가 관련자극을 알아본다고 판단하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 거짓말 여부를 판단하는 방법으로, 관련자극의 P300 진폭과 I-all의 P300 진폭을 비교하는 방법과 더불어, 관련자극의 P300 진폭과 I-max의 P300 진폭을 비교하는 방법을 사용하였다.

본 연구의 두 번째 목적은, 부분 매칭 대응수단의 효과가 있을 때 대응수단의 사용을 탐지할 수 있는 방법을 탐색하는 것이다. 거짓말 말하고 있는 조사대상자에서는, 목표자극과 관련자극, 대응수단을 사용한 무관련자극에서 P300이 모두 크게 나타날 것이다. 그러나 관련자극에 대한 P300이 크게 나타나는 이유는 나머지 두 자극과 다르다. 목표자극과 대응수단을 사용한 무관련자극에 조사대상자가 수행해야 할 과제가 주어져 있기 때문에 이 자극들에서 P300의 진폭

이 크게 나타난다. 그러나 관련자극의 P300 진폭이 크게 나타나는 이유는 이 자극이 조사대상자에게 특별한 의미를 가지는 두드러진(salience) 자극이기 때문이다. 지각적으로 두드러진 자극에 대한 P300의 잠재시간은 과제가 주어진 자극에 대한 P300의 잠재시간 보다 짧다(Squire, Squire, & Hillyard, 1975). 또한 P300은 다양한 성분들이 합쳐져서 만들어지기 때문에(Luck, 2014), P300 진폭의 발생 원인이 비슷한 목표자극의 P300 진폭과 대응수단이 사용된 무관련자극의 P300 진폭은 크기가 비슷할 것이며, 앞의 두 자극과 원인이 다른 관련자극의 P300 진폭은 크기가 다를 것이다. 따라서 관련자극의 ERP는 목표자극이나 대응수단을 사용한 무관련자극의 ERP와 다를 것으로 예상할 수 있으며, 목표자극의 ERP는 대응수단을 사용한 무관련자극의 ERP와 유사할 것으로 예상할 수 있다.

방 법

실험참가자

남녀 대학생 42명이 실험에 자원하여 참가하였다. 평균 연령은 23.4세(범위 20~29세)였으며, 남자는 22명이었다. 단순유죄집단과 물리적 대응수단집단, 정신적 대응수단집단에 각각 14명씩 할당하였다. 실험참가자들은 모두 신경과나 정신과적 병력이 없다고 응답하였다. 실험참가자들은 실험참여에 대한 금전적 보상을 받았다.

실험자극

본 연구는 단일관련자극을 사용하기 때문에, 목표자극 1개와 관련자극 1개, 무관련자극 4개를 검사자극으로 사용하였다. CIT 연구에서는 모의범죄와 자기참조적 정보를 모두 이용한다. 그러나 P300 CIT에서는 관련자극이 두드러져야 하므로 자기참조적 정보를 많이 이용한다

(Rosenfeld et al., 2008; Verschuere, Rosenfeld, Winograd, Labkovsky, & Wiersema, 2009). 본 연구에서도 자기참조적 정보를 이용하였다. 실험참가자의 이름을 관련자극으로, 실험참가자에게 특별한 의미가 없는 4개의 이름을 무관련자극으로, 또 다른 하나의 이름을 목표자극으로 사용하였다.

실험절차

실험참가자에게 미리 준비한 무관련자극 이름 4개를 보여주어 특별한 의미를 가진 이름이 있는지 물어본 후, 특별한 의미를 가진 이름이 있다면 특별한 의미를 가지지 않은 다른 이름으로 바꾸었다. 두피에 뇌파측정을 위한 전극을 붙인 후, 실험조건에 따라 서로 다른 지시문을 읽어주었다.

모든 실험참가자들에게 기억상실을 가장하여 본인의 이름이 기억나지 않는다고 주장하도록 지시하였다. 만약 거짓말 탐지에서 거짓을 말하지 않은 것으로 나타나면, 기본적인 실험참가사례비에 추가하여 금전적인 보상을 할 것이라고 알려주었다. 실제로는 실험이 끝난 후 모든 실험참가자들에게 추가적인 보상을 하였다.

단순유죄집단은 대응수단을 사용하지 않는 유죄집단으로 대응수단에 관한 언급을 전혀 하지 않았다. 목표자극을 알려주었으며, 목표자극이 제시될 때 가능한 빨리 마우스 왼쪽 버튼을 누르도록 지시하였다. 단순유죄집단은 P300 CIT를 한번만 실시하였으며, 본 실험을 실시하기 전에 약 1분간의 연습시행을 거쳤다.

물리적 대응수단집단과 정신적 대응수단 집단의 실험참가자들에게 P300 CIT의 원리와 대응수단의 원리를 파워포인트 프로그램을 이용하여 설명하였다. 목표자극이 제시되면 가능한 빨리 마우스 왼쪽 버튼을 누르도록 하였으며, 특정 무관련자극이 제시되면 대응수단을 사용하도록 지시하였다. 대응수단 집단은 P300 CIT를 두 번 실시하였다. 한번은 한 개의 무관련자극에 대응

수단을 사용하도록 하였으며(1CM 조건), 다른 한번은 두 개의 무관련자극에 대응수단을 사용하도록 하였다(2CM 조건). 물리적 대응수단과 정신적 대응수단의 구체적 내용은 선행연구에서 효과가 입증된 방법을 사용하였다(Labkovsky & Rosenfeld, 2012; Rosenfeld et al., 2004). 1CM 조건의 물리적 대응수단은 무관련자극 A가 제시되면 무릎위에 놓인 왼손 검지손가락으로 무릎을 누르는 것이었으며, 2CM 조건은 1CM 조건에 더하여 무관련자극 B가 제시되면 오른쪽 엄지발가락을 움직이는 것이었다. 1CM 조건의 정신적 대응수단은 무관련자극 A가 제시되면 마음속으로 어머니 이름을 부르는 것이었으며, 2CM 조건은 1CM 조건에 더하여 무관련자극 B가 제시될 때 마음속으로 아버지 이름을 부르는 것이었다. 무관련자극 A와 B가 무엇인지는 실험을 시작하기 전에 알려주었으며, 본 실험을 실시하기 전에 약 5분간 대응수단을 연습하였다. 1CM 조건과 2CM 조건을 실시하는 순서는 참가자별로 역균형화하였다.

목표자극 1개와 관련자극 1개, 무관련자극 4개를 섞어서 무선적으로 하나씩 제시하였으며, 6개의 자극을 제시하는 것을 1회기로 하여 총 60회기를 제시하였다. 30회기를 수행한 후에는 30초간의 휴식시간이 있었다. 그림 1에 자극제시절차를 제시하였다. 자극은 평균 1000 ms(범위

800~1200 ms)에 한 번씩 제시하였으며, 자극 제시 시간은 300 ms였다. 나머지 시간은 검은색 화면을 제시하였다. 자극은 실험참가자로부터 1 m 앞에 놓여 있는 LCD모니터에 검은색 바탕에 흰색 글씨로 제시하였으며, 수평 시각도는 2.36°였고, 수직 시각도는 0.72°였다.

실험이 끝난 후, 대응수단집단의 실험참가자들에게 지시대로 대응수단을 사용하였는지 여부를 ‘예’ 또는 ‘아니오’로 답하게 하였으며, 대응수단을 사용하는 것이 얼마나 어려웠는지 5점 척도로 응답하게 하였다. 1점은 ‘매우 쉬웠다’, 3점은 ‘그저 그렇다’, 5점은 ‘매우 어려웠다’였다.

뇌파측정

국제 10-20 체계에 따라 Fz, Cz, Pz에 전극을 부착하였으며, 양쪽 귓볼에 기준전극을, 이마에 접지전극을 부착하였다. 왼쪽 눈의 위와 아래에 그리고 양쪽 눈의 옆에 전극을 부착하여 안전도(electro-oculogram: EOG)를 측정하였다. 자극제시는 SuperLab v4.5를 이용하였으며, EEG의 증폭 및 여과는 Grass Model 12 Neurodata Acquisition System, 기록은 AcqKnowledge v4.2를 이용하였다. EEG는 0.3~30Hz 대역여과한 후 20000배 증폭하였으며, EOG는 0.3~30Hz 대역여과한 후 5000배 증폭하였다. 증폭시킨 신호는 250Hz의 표본율로

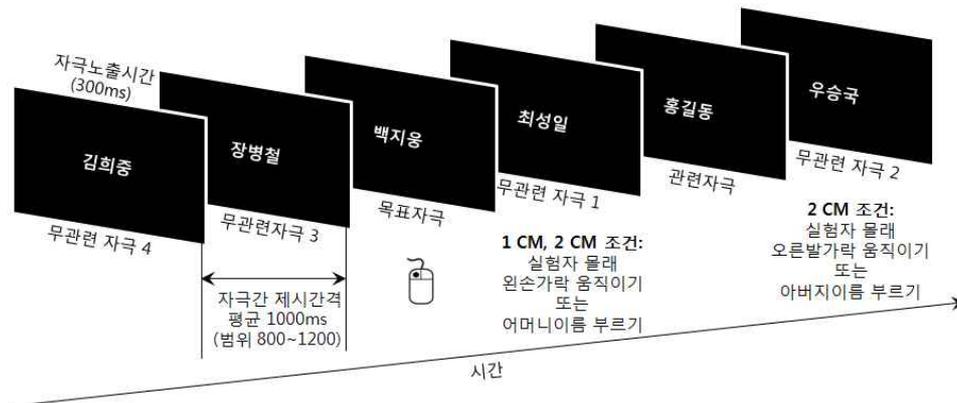


그림 1. 자극제시절차

A/D 변환하여 컴퓨터에 저장하였다. EEG를 자극제시전 100 ms를 포함하여 총 1300 ms 구간으로 나누어 분석하였으며, EOG의 측정치가 75 μ V를 넘는 시행은 분석에서 제외하였다. 6개의 자극에 대해서 자극제시 시점을 기준으로 EEG를 평균하여 ERP를 산출하였다.

자료분석

P300은 Pz에서 가장 큰 값을 보이므로, Pz에서 측정된 뇌파를 이용하여 P300 진폭을 계산하였다. P300 진폭은 관련자극의 ERP, 4개의 무관련자극 각각에 대한 ERP, 4개의 무관련자극을 모두 합한 ERP에 대해서 계산하였다. P300 진폭은 정정-정점(peak to peak) 방법을 이용하여 계산하였다(Soskins, Rosenfeld, & Niendam, 2001). 정점-정점 P300 진폭은 P300의 전위와 P300 이후에 나타나는 가장 부적인 전위 간의 차이 값으로 정의된다. P300의 전위는 자극 제시 후 300 ms에서 700 ms 사이에 100 ms 구간의 평균값이 가장 큰 값을 사용하였으며, P300 이후 가장 부적인 전위는 P300이 나타난 이후부터 1200 ms까지 100 ms 구간의 평균값이 가장 작은 값을 사용하였다. 반응시간은 자극이 제시된 후부터 반응버튼이 눌러지기까지의 시간으로 정의하였으며, 실험조건에 따른 개인별 반응시간은 중앙치로 산출하였다.

실험집단(단순유죄집단, 물리적 대응수단집단, 정신적 대응수단집단)은 피험자간 설계이며, 대응수단을 사용한 무관련자극의 개수 조건(1CM, 2CM)과 자극종류(관련자극, 무관련자극)는 피험자내 설계이다. P300 진폭에 대한 차이검증을 위하여 실험집단과 자극종류를 독립변인으로 한 혼합설계에 의한 반복측정변량분석을 실시하였다. 단순유죄집단은 대응수단을 사용한 조건이 없으므로, 1CM 조건과 2CM조건을 나누어 분석하였다. 피험자내 요인인 자극 종류가 두 수준으로 구성되어 있으므로 구형성가정은 필요하지 않다(Kirk, 2012).

거짓말 탐지 검사는 개인별로 거짓말 여부를 판단하는 검사이므로, 본 연구에서도 개인별로 거짓말 여부를 판단하였다. P300 CIT에서 거짓말 여부를 판단하는 방법은 여러 가지가 있지만 (Abootalebi et al., 2006; Allen, Iacono, & Danielson, 1992; Farwell & Donchin, 1991), 분석절차의 간단함과 결과의 정확성 때문에, 대부분은 부트스트랩 방법을 사용한 P300 크기차이검증을 사용한다(Cutmore et al., 2009; Rosenfeld et al., 2006). 본 연구에서도 부트스트랩 P300 크기차이분석을 실시하였다.

부트스트랩 분석은 경험적인 표집분포를 산출하여 통계적 검증을 수행하는 기법이다(Efron & Tibshirani, 1993; Wasserman & Bockenholt, 1989). 부트스트랩 P300 크기차이분석의 절차는 다음과 같다. 각 실험조건에서 실험참가자에게 총 360회(목표자극 60회, 관련자극 60회, 4개의 무관련자극 각각 60회) 자극을 제시하였으므로, 분석을 위한 360개의 뇌파가 존재한다(눈을 움직인 시행은 분석에서 제외하였으므로 실제로는 이보다 약간 적은 수의 뇌파가 사용된다). 360개의 뇌파로부터 360개의 표본을 복원추출한다. 새롭게 추출된 표본을 부트스트랩 표본이라고 한다. 어떤 뇌파는 여러 번 표본으로 뽑히며 어떤 뇌파는 한 번도 뽑히지 않는 경우가 존재하게 되어, 부트스트랩 표본뇌파는 원래의 뇌파와 약간의 차이가 있다. 부트스트랩 표본에서 관련자극과 무관련자극에 대한 P300 진폭을 계산하여, 관련자극의 P300 진폭이 무관련자극의 P300 진폭보다 더 크면 부트스트랩 지수에 1을 더한다. 부트스트랩 표본을 뽑고, 관련자극과 무관련자극의 P300 진폭을 비교하는 과정을 1000번 반복한다. 부트스트랩 지수의 최소값은 0이며 최대값은 1000이 된다. 부트스트랩 지수가 900 이상인 경우에 관련자극의 P300 진폭이 무관련자극의 P300 진폭보다 통계적으로 유의하게 더 크다고 판단한다. 90%신뢰수준은 P300 CIT에서 일반적으로 사용하는 기준이다(Rosenfeld et al., 2006). 부트스트랩 P300 크기차이분석을 두 번 실시하

였다. 한 번은 관련자극의 P300 진폭을 I-all의 P300 진폭과 비교하여 부트스트랩 지수를 산출하였으며, 다른 한번은 관련자극의 P300 진폭을 I-max의 P300 진폭과 비교하여 부트스트랩 지수를 산출하였다. 이 지수가 900 이상이면 거짓말을 한 것으로 판단하였다. 본 연구는 허위 기억 상실을 주장하는 조건만을 포함하고 있으므로, 전체 실험참가자들 중 거짓으로 판정된 사람들의 비율로 정확판단율을 정의하였다.

I-max의 P300 진폭과 관련자극의 P300 진폭 간에 차이가 유의하지 않은 것으로 나타났을 때, 조사대상자에게 관련자극이 특별한 의미를 가지지 않기 때문인지(즉, 무죄) 또는 조사대상자에게 관련자극이 특별한 의미를 가지지만 부분 매칭 대응수단을 사용하였기 때문인지(즉, 유죄)를 구분할 필요가 있다. 조사대상자에게 관련자극이 특별한 의미를 가지지 않는다면, I-max의 ERP는 관련자극의 ERP와 유사하게 나타날 것이다. 반면에 대응수단을 사용하였기 때문이라면, I-max의 ERP는 목표자극의 ERP와 유사하게 나타날 것이다. ERP 간의 유사성을 평가하는 방법으로는 상관계수의 차이를 이용할 수 있다(Farwell & Donchin, 1991). 본 연구에서도 I-max의 ERP가 목표자극과 관련자극의 ERP 중 어떤 것과 더 유사한지를 평가하기 위하여 상관계수의 차이를 확인하였다. 본 연구에서는 유죄집단만 사용하였으므로, I-max와 목표자극의 ERP간 상관계수가 I-max와 관련자극의 ERP간 상관계수보다 더 크게 나타나는지 확인하였다. 상관계수는 자극 제시후 200 ms부터 1200 ms까지의 전위 값을 사용하여 계산하였다.

결 과

행동반응

실험조건별 목표자극에 대한 반응시간의 평균을 표 2에 제시하였다. 반응시간은 단순유

표 2. 실험조건별 반응시간(ms)의 평균

	전체	1CM	2CM
단순유죄집단	449 (58)	-	-
물리적 대응수단 집단	553 (71)	538 (69)	567 (78)
정신적 대응수단 집단	512 (66)	502 (65)	522 (70)

주: 괄호 안은 표준편차임.

죄집단이 449(SD=58) ms, 물리적 대응수단 집단이 553(SD=71) ms, 정신적 대응수단집단이 512(SD=66) ms로 통계적으로 유의한 차이가 있었다, $F(2,39)=9.014$, $p<.001$, $\Delta\eta^2=0.32$. Tukey HSD 검증결과, 물리적 대응수단집단과 정신적 대응수단집단의 반응시간이 단순유죄집단의 반응시간 보다 더 길었다. 물리적 대응수단과 정신적 대응수단 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 대응수단 집단에서 1CM 조건과 2CM 조건 간에 반응시간의 차이가 있는지 검증하였다. 물리적 대응수단집단에서 1CM 조건의 반응시간은 538(SD=69) ms로 2CM 조건의 반응시간 567(SD=78) ms보다 더 빨랐다, $t(13)=3.044$, $p<.01$, $d=0.40$. 정신적 대응수단집단에서도 1CM 조건의 반응시간은 502(SD=65) ms로 2CM 조건의 반응시간 522(SD=70) ms보다 더 빨랐다, $t(13)=2.471$, $p<.05$, $d=0.15$. 반응시간을 저장하는 실험도구의 문제로 몇몇 반응의 기록이 누락되어 반응오류율은 산출하지 않았다.

대응수단집단에 속한 28명의 실험참가자 중 24명에게서 대응수단의 사용 용이성에 대한 응답을 얻었다. 대응수단을 지시한 것처럼 사용하였는지의 질문에 대해 모든 실험참가자들이 대응수단을 사용하였다고 응답하였다. 대응수단을 사용하는 것이 얼마나 어려웠는지의 질문에 대한 응답을 분석하였다. 물리적 대응수단집단에서 1CM 조건의 평균은 2.67(SD=0.78), 2CM 조건의 평균은 3.08(SD=1.08)이었으며, 정신적 대응수단집단에서 1CM 조건의 평균은 3.08(SD=1.17), 2CM 조건의 평균은 3.42(SD=1.38)이었다. 집단(물리적 대응수단, 정신적 대응수단)과 조건

(1CM, 2CM)을 독립변인으로 한 혼합설계 이원반복측정변량분석을 실시한 결과, 조건의 주효과가 유의하여 2CM 조건이 1CM 조건보다 대응수단을 사용하는 것이 더 어려웠던 것으로 나타났다, $F(1,22)=7.748$, $p<.05$, $\Delta\eta^2=.26$. 그러나 집단별 주효과는 유의하지 않았고, $F(1,22)=0.733$, $p=.401$, $\Delta\eta^2=.03$, 집단과 조건의 상호작용효과도 유의하지 않았다, $F(1,22)=0.096$, $p=.760$, $\Delta\eta^2=.00$.

P300 분석결과

실험조건별 ERP가 그림 2에 제시되어 있다. 단순유죄집단에서 관련자극의 P300 파형은 큰 진폭을 보인 반면, 무관련자극은 P300이 거의 나타나지 않았다. 물리적 대응수단 집단에서 대응수단을 사용한 무관련자극의 P300 파형은 관련자극의 P300 파형보다 진폭이 더 컸으며, 대응수단을 사용하지 않은 무관련자극은 작은 진폭의 P300을 보였다. 정신적 대응수단 집단에서

대응수단을 사용한 무관련자극의 P300 파형은 관련자극의 P300 파형만큼 큰 진폭을 보였으며, 대응수단을 사용하지 않은 무관련자극의 P300 파형은 작은 진폭을 보였다.

집단별 관련자극에 대한 P300 진폭의 평균과 I-all에 대한 P300 진폭의 평균, I-max에 대한 P300 진폭의 평균을 그림 3에 제시하였다. 집단과 실험조건에 따라 P300 진폭의 평균이 다른지 검증하였다. 실험설계의 특성 때문에, 1CM 조건과 2CM 조건을 나누어 분석하였으며, 무관련자극의 P300 진폭으로 I-all을 이용한 경우와 I-max를 이용한 경우도 나누어 분석하였다. 단순유죄 집단은 네 번의 분석에 모두 포함시켰다.

1CM 조건에서 I-all을 사용하는 경우에, 집단(단순유죄집단, 물리적 대응수단집단의 1CM조건, 정신적 대응수단집단의 1CM 조건)과 자극유형(관련자극, 무관련자극)을 독립변인으로 한 혼합설계 이원변량분석을 실시하였다. 집단과 자극유형의 이원상호작용효과는 유의하지 않았으며, $F(2,39)=1.987$, $p=.151$, $\Delta\eta^2=.09$, 집단의 주효

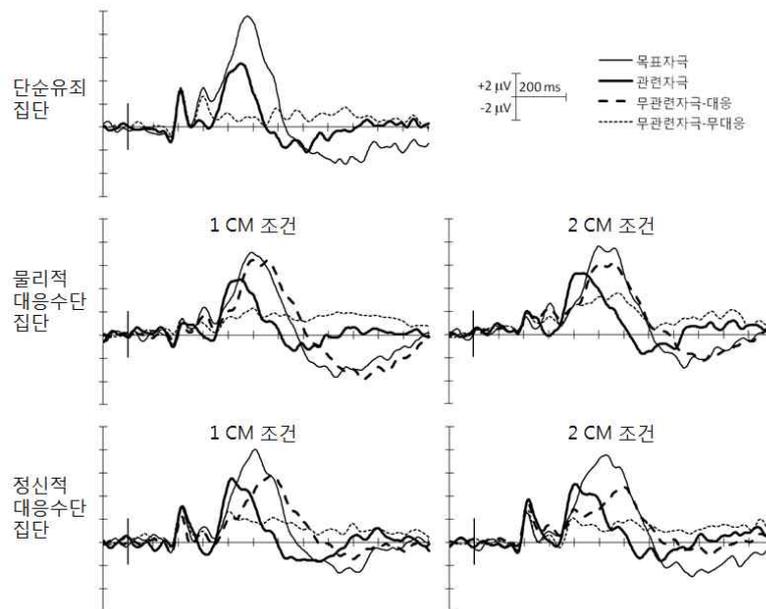


그림 2. 집단별 실험조건별 평균 ERP

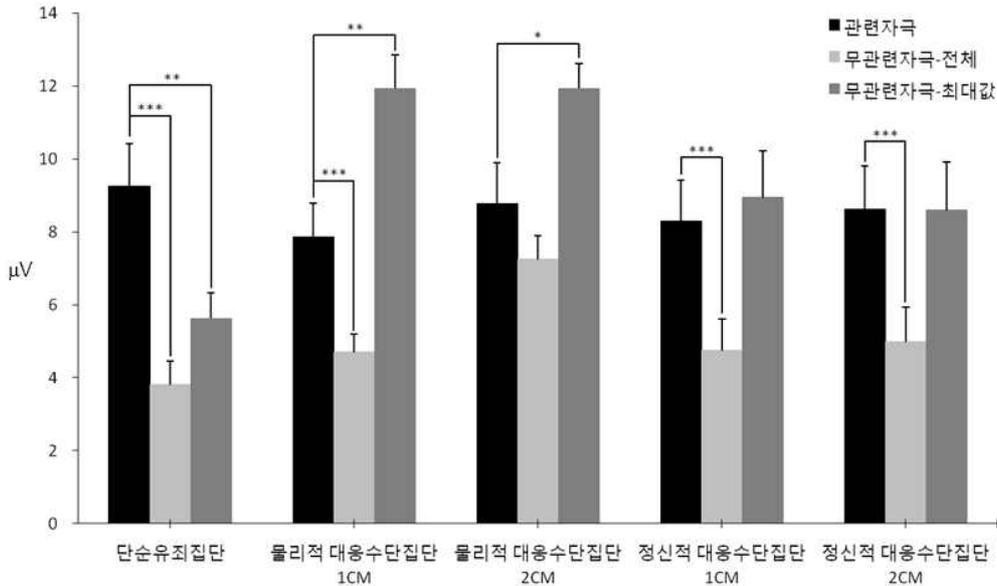


그림 3. 집단별 실험조건별 P300 진폭의 평균. 오차 막대는 표준오차임

과도 유의하지 않았다, $F(2,39)=0.032$, $p=.969$, $\Delta\eta^2=.00$. 그러나 자극의 주효과는 매우 유의하였다, $F(1,39)=65.380$, $p<.001$, $\Delta\eta^2=.63$. 세 집단 모두, 관련자극에 대한 P300 진폭이 I-all에 대한 P300 진폭보다 더 컸다. I-max를 사용하여 집단과 자극유형을 독립변인으로 한 변량분석결과, 집단과 자극유형의 상호작용효과가 유의하였다, $F(2,39)=13.485$, $p<.001$. $\Delta\eta^2=.41$. 집단별로 관련자극과 I-max간의 P300 진폭차이에 대한 대응표본 t 검증을 수행한 결과, 단순유죄집단은 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극 보다 더 컸지만, $t(13)=2.995$, $p<.01$, $d=1.03$, 물리적 대응수단집단은 오히려 무관련자극에 대한 P300 진폭이 관련자극에 대한 것보다 더 컸으며, $t(13)=-3.699$, $p<.01$, $d=1.18$. 정신적 대응수단 집단은 두 자극간에 유의한 차이가 없었다, $t(13)=-0.825$, $p=.424$, $d=0.15$.

2CM 조건에서 I-all의 P300 진폭을 사용하는 경우에, 집단(단순유죄집단, 물리적 대응수단집단의 2CM 조건, 정신적 대응수단집단의 2CM 조건)과 자극유형(관련자극, 무관련자극)을 독립변

인으로 한 혼합설계 이원변량분석을 실시하였다. 집단과 자극의 이원상호작용효과가 유의하였다, $F(2,39)=4.354$, $p<.05$, $\Delta\eta^2=.18$. 집단별로 자극유형에 대한 대응표본 t검증을 수행한 결과, 단순유죄집단에서 관련자극의 P300 진폭이 I-max의 P300 진폭보다 더 컸으며, $t(13)=4.560$, $p<.001$, $d=1.60$, 물리적 대응수단 집단에서는 두 자극 간에 유의한 차이가 없었고, $t(13)=1.835$, $p=.089$, $d=0.47$, 정신적 대응수단 집단에서는 관련자극의 P300 진폭이 I-max의 P300 진폭보다 더 컸다, $t(13)=5.115$, $p<.001$, $d=0.91$. I-max를 사용하여 집단과 자극유형을 독립변인으로 한 변량분석결과, 집단과 자극유형의 이원상호작용효과가 매우 유의하였다, $F(2,39)=9.951$, $p<.001$, $\Delta\eta^2=.34$. 집단별 대응표본 t검증결과, 단순유죄집단에서는 관련자극의 P300 진폭이 I-max의 P300 진폭보다 더 컸으며, $t(13)=2.995$, $p<.01$, $d=1.03$, 물리적 대응수단집단에서는 I-max의 P300 진폭이 관련자극보다 더 컸고, $t(13)=-2.903$, $p<.01$, $d=0.93$, 정신적 대응수단집단에서는 두 자극 간에 유의한 차이가 없었다, $t(13)=0.025$,

$r = .980, d = 0.00.$

개인별 판단결과

부트스트랩 P300 크기차이 분석을 이용하여 개인별로 거짓말 여부를 판단하였다. 표 3에 개인별 판단결과를 제시하였다. I-all의 P300 진폭을 이용하여 개인별 판단을 한 결과, 단순유죄 집단에서는 14명 중 12명(85.7%)이 거짓을 말한 것으로 판단되었으며, 물리적 대응수단집단은 1CM 조건에서는 14명중 9명(64.3%), 2CM 조건에서는 14명중 7명(50.0%)이 거짓을 말한 것으로 판단되었다. 정신적 대응수단집단의 1CM 조건에서는 14명중 12명(85.7%), 2CM 조건에서는 14명중 11명(78.6%)이 거짓을 말한 것으로 판단되었다. I-max를 이용하여 개인별 판단을 한 결과, 단순유죄집단에서는 14명 중 8명(57.1%)이 거짓을 말한 것으로 판단되었으며, 물리적 대응수단 집단은 1CM 조건에서는 14명중 0명(0.0%), 2CM 조건에서는 14명중 2명(14.3%)이 거짓을 말한 것으로 판단되었다. 정신적 대응수단집단의 1CM 조건에서는 14명중 1명(7.1%), 2CM 조건에서도 14명중 1명(7.1%)이 거짓을 말한 것으로 판단되었다.

I-max를 이용한 개인별 판단에서 나타난 실험 조건의 효과가 대응수단 때문인지 확인하기 위하여, I-max가 대응수단을 사용한 무관련자극인지 검토하였다. 물리적 대응수단집단의 1CM조건에서 거짓을 말하지 않은 것으로 판단된 14명

과 2CM조건에서 거짓을 말하지 않은 것으로 판단된 12명 모두 I-max는 대응수단을 사용한 무관련자극이었다. 정신적 대응수단집단의 1CM조건에서 거짓을 말하지 않은 것으로 판단된 13명 중 12명은 I-max가 대응수단을 사용한 무관련자극이었으며, 2CM조건에서도 동일한 결과가 나타났다.

대응수단 사용의 탐지 가능성 평가

I-max를 사용한 개인별 판단에서 거짓을 말하지 않은 것으로 판단된 사례에 대해서, 대응수단의 사용여부를 판단하기 위한 분석을 실시하였다. 구체적으로 I-max의 ERP가 목표자극과 관련자극의 ERP 중 어떤 것과 더 유사한지를 평가하기 위하여, I-max의 ERP와 목표자극의 ERP간 상관계수(I-T 상관계수)와 I-max의 ERP와 관련자극의 ERP간 상관계수(I-P 상관계수)를 산출하였다. I-T 상관계수가 I-P 상관계수보다 더 크면 대응수단의 사용을 의심해볼 수 있다. 표 4에 분석결과를 제시하였다. 단순유죄집단에서 무죄 판정이 내려진 사례는 6명이었으며, 그 중 2명은 I-T 상관계수가 I-P 상관계수보다 더 컸다. 물리적 대응수단집단의 1CM 조건에서 무죄판정은 14명이었으며, 14명 모두 I-T 상관계수가 더 컸다. 2CM 조건에서도 무죄판정을 받은 12명 모두 I-T 상관계수가 더 컸다. 정신적 대응수단집단의 1CM 조건에서 12명이 무죄판정을 받았으며, 그 중 11명은 I-T 상관계수가 I-P 상관계수

표 3. 개인별 정확판단결과(명/%)

	집단	조건	무관련자극 -전체	무관련자극 -최대값
개인별 판단결과	단순유죄집단 (N=14)	-	12 (85.7)	8 (57.1)
	물리적 대응수단집단 (N=14)	1CM	9 (64.3)	0 (0.0)
		2CM	7 (50.0)	2 (14.3)
	정신적 대응수단집단 (N=14)	1CM	12 (85.7)	1 (7.1)
		2CM	11 (78.6)	1 (7.1)

표 4. 대응수단 사용의 탐지 가능성 평가 결과 (명)

집단	조건	무죄	$r_{IT} > r_{IP}$
단순유죄 집단	-	6	2
물리적 대응수단 집단	1CM	14	14
	2CM	12	12
정신적 대응수단 집단	1CM	13	12
	2CM	13	12

주) r_{IT} 는 I-max와 목표자극의 ERP간 상관계수이며, r_{IP} 는 I-max와 관련자극의 ERP간 상관계수이다.

보다 더 컸다. 2CM 조건도 1CM 조건과 동일한 결과가 산출되었다.

논 의

본 연구에서는 자극간 제시간격이 1초이고, 단일관련자극을 사용하는 P300 CIT가 부분 매칭 대응수단에 영향을 받는지 검증하였으며, 조사 대상자가 무죄로 판정된 경우에 대응수단의 사용여부를 파악하기 위한 방법을 탐색하였다.

대응수단 집단의 실험참가자들에게 대응수단을 사용할 수 있었는지 질문한 결과, 모든 실험 참가들이 대응수단을 사용할 수 있었다고 응답하였다. 대응수단을 사용하기 어려웠던 정도는 실험조건에 따라 평균 3점 내외로 나타나 아주 어렵지는 않은 수준이었으며, 1CM 조건보다는 2CM 조건에서 더 어려웠다고 응답하였다. 대응수단의 사용은 목표자극의 반응시간을 증가시키므로(Rosenfeld et al., 2004), 반응시간을 분석하면 실험참가자들이 실제로 대응수단을 사용하였는지 간접적으로 평가할 수 있다. 물리적 대응수단집단과 정신적 대응수단집단의 반응시간이 단순유죄집단의 반응시간보다 더 길었고, 2CM 조건의 반응시간이 1CM 조건의 반응시간보다 더 긴 것으로 나타나, 본 연구의 실험참가자들이 대응수단을 실제로 사용하였다고 추론할 수 있다.

실험집단과 실험조건에 따라 ERP를 산출한

결과, 예상한 바와 같이 물리적 대응수단집단과 정신적 대응수단집단에서 대응수단을 사용한 무관련자극의 P300 진폭이 대응수단을 사용하지 않은 무관련자극의 P300 진폭보다 더 크게 나타났다. 일부 무관련자극에 과제를 부과하는 대응수단이 무관련자극의 P300 진폭을 증가시켰던 것이다. 목표자극에 마우스 버튼을 누르는 것과 대응수단으로서 일부 무관련자극에 신체적 행동을 하는 것이나 마음속으로 특정 생각을 하는 것은, 제시된 자극에 과제를 부여한다는 점에서 동일한 것이다. 따라서 목표자극의 P300 진폭과 대응수단을 사용한 무관련자극의 P300 진폭의 값은 비슷할 것으로 기대할 수 있다. 그러나 그림 2에서 볼 수 있듯이 대응수단을 사용한 무관련자극의 P300 진폭이 목표자극보다는 다소 작게 나타났다. 대응수단을 사용한 무관련자극의 P300 진폭이 목표자극의 P300 진폭만큼 크지 않은 이유는 과제의 숙달 정도가 다르기 때문인 것으로 생각된다. 목표자극에 대해 오른손으로 마우스 왼쪽 버튼을 누르는 것은 매우 숙달된 과제인 반면, 무관련자극에 대해 왼손가락 또는 발가락을 움직이거나, 마음속으로 부모님의 이름을 부르는 것은 덜 숙달된 과제일 것이다. Pz에서 측정된 P300 진폭이 과제의 난이도가 높을 수록 작아지는 것을 보인 연구들이 이러한 해석을 지지해준다(Hagen, Gatherwright, Lopez, & Polich, 2006; Smulders, Kenemans, Schmidt, & Kok, 1999). 이러한 결과는 조사대상자들이 대응수단을 충분히 연습한다면 대응수단을 사용한 무관련자극의 P300 진폭이 더 커질 수 있다는 것을 의미한다.

그림 2에서 보면, 정신적 대응수단집단에서 대응수단을 사용한 무관련자극의 P300 잠재시간이 목표자극의 P300 잠재시간보다 더 길게 나타났다. 수많은 요소들이 P300 잠재시간에 영향을 미칠 수 있지만(Luck, 2014), 본 연구에서 나타난 차이는 반응속도, 반응의 난이도 등을 반영한 결과일 것으로 생각된다. 실험을 통하여 확인할 것은 아니지만, 부모의 이름을 부르는 정신적

과정이 P300의 잠재시간에 영향을 미친 것으로 생각된다.

관련자극의 P300 진폭과 I-all의 P300 진폭간의 평균차이검증결과, 1CM 조건에서는 물리적 대응수단과 정신적 대응수단의 효과가 나타나지 않았으나, 2CM 조건에서는 물리적 대응수단집단에서 대응수단의 효과가 있었다.

관련자극의 P300 진폭을 I-max와 비교하는 경우, 물리적 대응수단과 정신적 대응수단의 효과가 유의하였다. 관련자극의 P300 진폭을 최대의 P300 진폭을 보이는 무관련자극 1개와 비교하므로, 1CM 조건과 2CM 조건 간에는 큰 차이가 없었다. 물리적 대응수단의 효과가 정신적 대응수단의 효과보다 더 큰 것으로 나타났는데, 두 대응수단의 과제 복잡성(task complexity)이 다르기 때문인 것으로 생각된다(Johnson, 1986). 물리적 대응수단의 효과가 정신적 대응수단의 효과보다 더 크기는 하지만, 실제 거짓말 탐지에서는 물리적 대응수단을 사용하는 것이 쉽지 않다. 팔걸이와 의자, 발판 등에 압력센서를 설치하여 물리적 대응수단의 사용여부를 쉽게 탐지할 수 있기 때문이다. 이에 비하여 정신적 대응수단을 탐지하는 방법은 아직까지 개발된 것이 없다.

I-all을 사용하여 개인별로 거짓말 여부를 판단한 결과, P300 진폭의 차이검증결과와 유사하게 대응수단의 효과가 없거나 작았다. 그러나 I-max를 사용하여 거짓말 여부를 판단한 결과, 정확판단율이 71.4%에서 실험조건에 따라 0~14%로 감소하였다. 대응수단의 종류와 조건에 따라서 큰 차이는 없었다. 3초의 자극간 제시간격을 사용한 P300 CIT에서 부분 매칭 대응수단의 사용은 정확판단율을 약 30% 낮추었다(엄진섭 등, 2015). P300 CIT에서 3초의 자극간 제시간격을 사용한 경우보다 1초의 자극간 제시간격을 사용한 경우에 부분 매칭 대응수단의 효과가 더 컸던 이유는 주의분산효과 때문인 것으로 생각된다. 1초의 자극간 제시간격을 사용한 P300 CIT에서는 목표자극에 대해서만 마우스 왼쪽 버튼을 누르고, 1개 또는 2개의 무관련자극

이 제시되었을 때 대응수단을 사용하였으므로, 각 자극에 대해서 한가지의 과제만 주어진 것이다. 그러나 3초의 자극간 제시간격을 사용한 P300 CIT에서는 목표자극에는 마우스 왼쪽 버튼을 누르고 나머지 자극에 대해서는 마우스 오른쪽 버튼을 누르도록 지시한다. 대응수단을 사용할 무관련자극이 제시되면 대응수단을 사용하면 마우스 오른쪽 버튼을 눌러야하므로, 이 자극에 이중과제가 주어진 것이다. 어떤 자극에 이중과제가 주어지면 주의분산효과로 인하여, 단일과제가 주어진 경우보다 P300 진폭이 작게 산출된다(Kok, 1997; Kramer, Sirevaag, & Braune, 1987).

I-all을 사용한 개인별 판단결과와 I-max를 사용한 개인별 판단결과 간의 차이가 복합시행프로토콜을 사용한 선행연구에서는 10~20%에 불과하였지만(Meixner et al., 2009), 본 연구에서는 이보다 훨씬 더 컸다. 특히 단순유죄집단에서는 선행연구와의 차이가 크지 않았지만(선행연구 8.3%, 본 연구 28.6%), 대응수단집단에서는 큰 차이가 나타났다(선행연구 18.2%, 본연구 35.7~71.5). 이러한 차이가 나타난 이유는 복합시행프로토콜은 무관련자극에 명시적인 반응을 요구하지만, 자극간 제시간격이 짧은 P300 CIT에서는 무관련자극에 대해 명시적인 반응을 요구하지 않기 때문일 것이다. 복합시행 프로토콜에서 대응수단을 사용하면, 이중과제에 의한 주의분산효과로 인하여 P300 진폭이 크게 증가하지 않았을 것이다. 반면 본 연구에서는 무관련자극에 대응수단만 사용하였기 때문에 P300 진폭이 관련자극만큼 증가하였을 것이다.

관련자극의 P300 진폭을 I-all의 P300 진폭과 비교하는 것이, I-max의 P300 진폭과 비교하는 경우보다 대응수단에 영향을 덜 받는 것으로 나타났다. 이것은 당연한 결과로, 일부 무관련자극의 P300 진폭이 크더라도 무관련자극 전체의 P300 진폭은 그보다 작게 나타나기 때문이다. I-all을 사용하는 것이 부분 매칭 대응수단에 저항력을 가지기는 하지만, 중요한 단점도 함께

가진다. Lefebvre 등(2009)이 보여준 바와 같이 각 자극에 대한 P300의 진폭과 잠재시간은 약간의 차이를 가지게 된다. 이러한 경우에 여러 자극을 합하여 평균 P300 진폭을 측정하면, 자극들 중 받은 평균 P300 진폭보다 더 크게 나타나며 받은 평균 P300 진폭보다 더 작게 나타난다. 더욱이 각 무관련자극의 P300 잠재시간이 다른 경우에는 전체 무관련자극을 합한 P300 진폭은 훨씬 더 작아진다(Luck, 2014). 무고한 사람에게 1개의 관련자극과 4개의 무관련자극은 모두 친숙하지 않은 자극이므로, 평균적으로 보면 관련자극의 P300 진폭은 무관련자극 전체의 P300 진폭과 같다. 그러나 경우의 수를 살펴보면, 관련자극의 P300 진폭이 무관련자극 전체의 P300 진폭보다 더 큰 경우가 50% 이상이 된다. 따라서 I-all을 사용하는 경우에는 무고한 사람을 거짓을 말한 것으로 판단하는 1종 오류가 증가할 것이다. 1종 오류를 범하는 것과 대응수단의 효과를 허용하는 것 중에 1종 오류를 범하는 것이 더 위험한 일이므로, 목표자극의 P300 진폭을 I-all의 P300 진폭과 비교하는 것보다는 I-max의 P300 진폭과 비교하는 것이 더 타당할 것이다. 자기참조적 정보를 이용한 P300 CIT에서 약 10%의 1종 오류를 보고하고 있으므로(Hu, Hegeman, Landry, & Rosenfeld, 2012; Rosenfeld et al., 2004), 관련자극을 I-max와 비교한다면 1종 오류는 훨씬 더 작아질 것이다.

본 연구에서는 네 개의 무관련자극 중 1개 또는 2개에 대응수단을 사용하였다. 이병하 등(2013)의 결과에 의하면 1초의 자극간 제시간격을 사용한 P300 CIT에서 네 개의 무관련자극 전체에 대응수단을 사용하는 것은 거의 불가능하다. 전체 매칭 대응수단을 사용하는 것이 가능하다고 하더라도 Meixner와 Rosenfeld(2010)가 확인한 누락효과(omit effect)에 의해 대응수단의 효과는 없을 것으로 생각된다. 네 개의 무관련자극 중 3개의 무관련자극에 대응수단을 사용하는 것은 어렵기는 하지만 불가능하지는 않을 것이다. 이 경우에는 누락효과와 대응수단의 효과가

경합하여, 대응수단의 효과는 있지만 1개나 2개의 무관련자극에 대응수단을 사용한 경우보다 효과가 작을 것으로 기대된다.

거짓말 탐지 검사를 받는 조사대상자가 거짓을 말하지 않은 것으로 판정되었을 때, 세 가지 가능성이 존재한다. 첫 번째 가능성은 조사대상자가 진짜로 무죄인 경우이고(가능성 1), 두 번째 가능성은 조사대상자가 대응수단을 사용한 경우이고(가능성 2), 세 번째 가능성은 P300 CIT의 정확도가 완벽하지 않은 경우이다(가능성 3). 가능성 1의 경우에는 관련자극과 I-max가 조사대상자에게 동일한 의미를 가지므로, 관련자극의 ERP와 I-max의 ERP가 서로 비슷할 것이라 예상할 수 있다. 가능성 2의 경우에는 조사대상자에게 목표자극과 I-max의 의미가 비슷하며, 목표자극의 ERP와 I-max의 ERP가 서로 비슷할 것이라 예상할 수 있다. 가능성 3의 경우에는 여러 가지 상황이 포함되므로 예측이 어렵다.

무죄로 판정된 사례에 대해서 가능성1과 가능성2를 비교하기 위하여, I-max와 목표자극의 ERP간 상관계수가 I-max와 관련자극의 ERP간 상관계수보다 더 큰 경우를 세어보았다. 물리적 대응수단 집단에서는 100%, 정신적 대응수단집단에서는 약 90%가 가능성 1보다 가능성2의 상관계수가 더 크게 나타나, ERP간의 상관계수를 통하여 대응수단여부를 판단하는 것이 가능할 것으로 생각된다. 이러한 판단방법은 조사대상자가 유죄인 경우에 관련자극에 대한 ERP와 목표자극에 대한 ERP가 서로 다르다는 가정에 기초한다. Novelty P300과 P3a, No-go P300에 대한 연구를 종합한 Polich(2007)의 연구결과에 비추어보면, 관련자극이 두드러진(salience) 경우에는 관련자극에 대한 P300은 P3a와 유사할 것으로 예상된다. 범죄를 저지른 사람에게 범죄와 관련된 자극은 다른 자극들보다 두드러질 것이므로 관련자극에 의해 유발된 P300은 P3a일 가능성이 높다(엄진섭, 2010; Lui & Rosenfeld, 2008). P3a는 목표자극에 의해 유발된 P3b보다 잠재시간(latency)이 더 빠르므로(Squire, Squire, &

Hillyard, 1975), 목표자극과 관련자극의 ERP는 서로 구별될 것이다.

그러나, ERP간 상관계수를 이용하여 대응수단을 탐지하기 위해서는 몇 가지 해결해야할 문제가 남아 있다. 대응수단을 사용하지 않은 단순 유죄집단에서도 6명중 2명은 이 경우에 해당하므로, 가능성2와 가능성3을 구분할 수 있는 방법의 개발이 필요하다. 또한 본 연구에서는 무죄집단을 포함하지 않았기 때문에, 무죄집단에서 가능성 1보다 가능성 2가 더 높은 사례가 어느 정도인지 알 수 없다. 추후 연구에서는 무죄집단을 포함하여, 진짜 무죄인 경우와 대응수단을 사용하여 무죄로 판정된 사례를 구분하는 합수를 개발할 필요성이 있다.

본 연구는 자기참조적인 정보를 이용하였다. 모의범죄를 이용한 P300 CIT의 정확판단은 자기참조적인 정보를 이용한 P300 CIT의 정확판단율보다 일반적으로 낮다. 이것은 모의범죄를 통하여 알게 된 범죄관련정보가 자기참조적인 정보만큼 두드러지지 않기 때문일 것이다. 따라서 모의범죄를 이용하여 본 연구를 반복한다면, 대응수단의 탐지 결과가 다르게 나타날 가능성이 있다. 그러나 실제 범죄자에게 범죄관련자극은 큰 의미를 가지므로, 실제 범죄자들에서 본 연구의 결과가 반복관찰될 가능성이 높을 것이다.

참고문헌

이병하, 황순택, 박광배, 손진훈, 엄진섭 (2013). P300 숨긴정보검사와 자극간 제시간격: 500ms와 800ms, 3000ms의 비교. *한국심리학회지: 사회 및 성격*, 27, 87-107.

엄진섭 (2010). 사건관련전위를 이용한 숨긴정보검사에서 P300의 진폭에 영향을 미치는 요인. 충북대학교 대학원 박사학위청구논문.

엄진섭, 음영지, 장은정, 정이내, 손진훈 (2015). P300 숨긴정보검사와 대응수단. *감성과학*, 18, 39-48.

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.

Allen, J. J., Iacono, W. G., & Danielson, K. D. (1992). The identification of concealed memories using the event-related potential and implicit behavioral measures: A methodology for prediction in the face of individual differences. *Psychophysiology*, 29, 504-522.

Ben-Shakhar, G. (2011). Countermeasures. *Memory Detection: Theory and Application of the Concealed Information Test*, 200-214.

Ben-Shakhar, G. & Dolve, K. (1996). Psychophysiological detection through the guilty knowledge technique: The effects of mental countermeasures. *Journal of Applied Psychology*, 81, 273-281.

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* (pp.87-102). San Diego: Academic Press.

Cutmore, T. R. H., Djakovic, T., Kebbelle, 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.

Efron, B. & Tibshirani, R. (1993). *An introduction to the bootstrap*. New York: Chapman and Hall.

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

Hagen, F. H., Gatherwright, J. R., Lopez, B. A., & Polich, J. (2006). P3a from visual stimuli: Task difficulty effects. *International Journal of Psychophysiology*, 59, 8-14.

Hont, C. R., Devitt, M. K., Winbuch, M., &

- Kircher, J. C. (1996). Mental and physical countermeasures reduce the accuracy of the concealed knowledge test. *Psychophysiology*, *33*, 84-92.
- Hont, C. R. & Kircher, J. C. (1994). Mental and physical countermeasures reduce the accuracy of polygraph tests. *Journal of Applied Psychology*, *79*, 252-259.
- Hu, X., Hegeman, D., Landry, E., & Rosenfeld, J. P. (2012). Increasing the number of irrelevant stimuli increases ability to detect countermeasures to the P300-based complex trial protocol for concealed information detection. *Psychophysiology*, *49*, 85-95.
- Johnson, R. (1986). A triarchic model of P300 amplitude. *Psychophysiology*, *23*, 367-384.
- Kirk, R. E. (2012). *Experimental design: Procedures for the behavioral sciences (4th ed.)*. Los Angeles: Sage.
- Kok, A. (1997). Event-related-potential (ERP) reflections of mental resources: a review and synthesis. *Biological Psychology*, *45*, 19-56.
- Kramer, A. F., Sirevaag, E. J., & Braune, R. (1987). A psychological assessment of operator workload during simulated flight missions. *Human factors*, *29*, 145-160.
- 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.
- 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*, 218-225.
- Luck, S. J. (2014). *An introduction to the event-related potential technique*. MA: MIT Press.
- Lui, M. & Rosenfeld, J. P. (2008). Detection of deception about multiple, concealed, mock crime items, based on a spatial-temporal analysis of ERP amplitude and scalp distribution. *Psychophysiology*, *45*, 721-730.
- Meixner, J. B., Labkovsky, E., Rosenfeld, J. P., Winograd, M., Sokolovsky, A., Weishaar, J., Ullmann, t. (2013). P900: A putative novel ERP component that indexed countermeasure use in the P300-based concealed information test. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, *38*, 121-132.
- Meixner, J. B., Haynes, A., Winograd, M. R., Brown, J., & Rosenfeld, J. P. (2009). Assigned versus random, countermeasure-like responses in the P300 based complex trial protocol for detection of deception: Task demand effects. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, *34*, 209-220.
- 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>.
- Polich, J. (2007). Updating P300: an integrative theory of P3a and P3b. *Clinical neurophysiology*, *118*, 2128-2148.
- 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. & 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.
- Sasaki, M., Hira, S., and Matsuda, T. (2001). Effects of mental countermeasure on the physiological detection using the event-related brain potentials. *Japanese Journal of Psychology*, 72, 322-328.
- Smulders, F. T. Y., Kenemans, J. L., Schmidt, W. F., & Kok, A. (1999). Effects of task complexity in young and old adults: Reaction time and P300 latency are not always dissociated. *Psychophysiology*, 36, 118-125.
- Squire, N. K., Squire, K. C., & Hillyard, S. A. (1975). Two varieties of long-latency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 38, 387-401.
- 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, 253-262.
- Wasserman, S. & Bockenholt, U. (1989). Bootstrapping: Applications to psychophysiology. *Psychophysiology*, 26, 208-221.
- Winograd, M. R. & Rosenfeld, J. P. (2010). Mock crime application of the Complex Trical Protocol (CTP) P300-based concealed information test. *Psychophysiology*, 47, 1-7.

1 차원고접수 : 2015. 03. 16.

수정원고접수 : 2015. 05. 01.

최종게재결정 : 2015. 05. 20.

Effects of Countermeasures on P300-based Concealed Information Test with Short Inter-Stimulus Interval

Min-Hee Lee¹⁾

Jin-Sup Eom¹⁾

Young-Ji Eum²⁾

Jin-Hun Sohn²⁾

¹⁾Department of Psychology, Chungbuk National University

²⁾Department of Psychology, Brain Research Institute, Chungnam National University

This study was to test whether P300 CIT, which has one probe and 1s inter-stimulus interval affected by countermeasures. Also, it was to investigate the method for the detection of countermeasure. The effect of countermeasures was tested under the condition where the participants were asked to respond to a particular irrelevant (1CM condition) and respond to two particular irrelevants (2CM condition) out of four irrelevants. We used both physical countermeasure whether the participants were required to wiggling their fingers or toes and mental countermeasure whether the participants were required to calling his or her mother's name in mind. The results showed the use of physical and mental countermeasures influence on the detection rate in P300 CIT. When the countermeasures were not used, the detection rate was 73% in P300 CIT. The detection rate was 0 % and 14 % in 1CM condition and 2 CM condition respectively, when the physical countermeasures were used. The detection rate was 14% both in 1CM condition and 2 CM condition when the mental countermeasures were used. The detectability of the countermeasures was evaluated from correlation coefficients among ERPs. We tested whether the correlation coefficients between ERPs from irrelevant and target were greater than the correlation coefficients between ERPs from irrelevant and probe for the cases incorrectly evaluated as not lying. One hundred percent in the group of physical countermeasure and 92% in the group of mental countermeasure were included while 33% in the group of guilt were included in the criteria. The possibility for the detection of countermeasure by using correlation coefficients among ERPs was discussed.

Keywords : P300, Concealed information test, Lie detection, Countermeasure