

지난 20여 년 동안, 호흡과 피부전도수준, 혈압 및 맥박을 이용하는 거짓말 탐지기법을 보완하는 수단으로써 사건관련전위(event-related potential: ERP)의 P300 성분을 이용한 거짓말 탐지 연구가 국내외에서 활발히 진행되어 왔다. 전통적인 거짓말 탐지는 비교질문검사(comparison question test: CQT)와 숨긴정보검사(concealed information test: CIT)를 모두 사용할 수 있지만, P300을 이용한 거짓말 탐지는 대부분 CIT를 사용한다.

P300에 기반한 CIT(P300 CIT)에서는 세 가지 종류의 자극을 조사대상자에게 하나씩 제시하면서 뇌파를 측정한다. 한 가지는 조사대상자의 주의를 검사상황에 집중시키기 위한 목적을 가진 자극(‘목표자극’이라고 함)으로, 목표자극이 제시되면 특정 반응키를 누르도록 지시한다. 또한 가지는 조사 중인 범죄 사건과 직접 관련된 자극(‘관련자극’이라고 함)으로 오직 범인과 수사관만이 알 수 있는 자극이다. 마지막 한 가지는 조사 중인 범죄 사건과 직접 관련이 없는 자극(‘무관련자극’이라고 함)이다. 일반적으로 목표 자극과 관련자극, 무관련자극을 1:1:4의 비율로 조사대상자에게 제시한다. 조사대상자에게 의미가 있는 자극은 P300 진폭이 크게 나타나므로 (Johnson, 1986), 조사대상자가 진짜 범인이라면 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한 P300 진폭보다 더 크게 유발될 것으로 예상되며, 범인이 아니라면 두 자극에 대한 P300 진폭이 비슷하게 산출될 것으로 예상된다(Farwell & Donchin, 1991)¹⁾.

ERP는 자발적인 전위(spontaneous potential)에 추가되어 나타난다. 자발적인 전위는 약 50 μV 의 크기를 가지는 반면, ERP는 25 μV 의 크기를 가지므로, 한 번의 자극제시에서 ERP를 확인하기 어렵다. 일반적으로 동일한 자극을 여러 번 반복해서 제시한 후, 자극 제시 시점을 기준으로

로 뇌파를 평균하여 ERP를 산출한다. 여러 번 반복 측정된 뇌파를 평균하면 자발적인 전위는 0에 수렴된다. 자극을 제시하는 횟수가 많을수록 ERP에 포함된 자발적인 전위의 양은 점점 감소하게 되며, 순수한 ERP만 남게 된다. 단순한 시각자극이나 청각자극을 이용하여 뇌파를 측정하는 경우, 목표자극을 약 20회 제시하면 안정적인 ERP가 산출된다고 보고하고 있다 (Cohen & Polich, 1997). 그러나 실제 연구에서는 뇌파가 눈 깜박임 등에 의해 왜곡되므로, 훨씬 더 많은 횟수의 자극제시가 필요하다.

현재까지 P300을 가장 잘 설명하는 이론은 Donchin(1981)의 맥락갱신이론(context-updating theory)으로 평가된다(Polich, 2007). Donchin(1981)은 정향반사(orienting reflex)를 유발하는 자극과 P300을 유발하는 자극이 동일한 특성을 가지는 것으로 생각하여, 정향반응에 대한 이론을 이용한 맥락갱신가설을 제안하였다. 고양이에게 규칙적으로 발생하는 소리(단음)를 들려주어 그 소리에 습관화시킨 후, 규칙적으로 제시되던 소리를 제거하면 고양이는 그 사건에 대하여 정향반사를 보인다. Sokolov(1963)는 이 현상을 설명하기 위하여 고양이의 뇌피질은 모든 유입자극들을 모형 또는 기대와 기 한다는 이론을 세웠다. 이 이론은 유입된 자극이 모형과 일치하면 아무 일도 일어나지 않지만, 유입된 자극이 모형과 일치하지 않으면, 대뇌피질이 활성화되는 정향반사가 나타난다고 설명한다.

표준적인 오드볼 패러다임에서는 10%의 확률로 제시되는 목표자극과 90%의 확률로 제시되는 표준자극을 섞어서 하나씩 실험참가자에게 제시한다. 따라서 표준자극이 더 빈번히 제시되므로, 실험참가자는 목표자극보다는 표준자극에 대한 정신적 모형(또는 내적 표상)을 더 빈번히 형성하게 된다. 표준자극에 대한 내적 표상을 형성하고 있을 때 목표자극이 제시되면, 정신적 모형과 유입된 자극이 불일치하며 피험자가 형성하고 있던 내적 표상을 목표자극에 맞추어 갱신해야 한다. 이러한 맥락갱신의 결과로 P300

1) P300을 이용한 거짓말 탐지의 세부 사항에 대해서는 김영윤(2009)을 참고하면 된다.

이 발생한다고 설명하고 있다(Donchin, 1981; Donchin & Coles, 1988).

정향반사의 특징 중 하나는 습관화 현상을 보인다는 점이다. 즉 동일한 자극을 반복해서 제시하면 정향반사의 강도가 감소한다. 정향반사 이론으로부터 만들어진 맥락갱신이론도 자극이 반복적으로 제시됨에 따라서 P300 진폭이 감소할 것으로 예측한다. 청각자극 또는 시각자극을 이용한 연구에서, 목표자극이 반복해서 제시될수록 P300 진폭이 감소한다는 연구들이 다수 있다(Bourbon, Will, Gary, Papanicolaou, 1987; Lin & Polich, 1999; Lindin, Zurrón, & Diaz 2004; Pan, Yakeshita, Morimoto, 2000; Polich, 1989; Ravden & Polich, 1998; Romero & Polich, 1996). 정향반사는 자극을 몇 번만 반복제시해도 반응이 크게 감소하지만, P300은 습관화 현상이 상대적으로 느리게 나타났다. P300을 측정하기 위해서는 보통 수 십분 동안 실험을 진행하기 때문에, 일반적으로 전체 실험을 몇 개의 블록으로 나누어 실험한다. 선행연구들에 따르면, 자극을 반복해서 제시함에 따라 목표자극의 P300 진폭이 감소하는데, 특히 블록 간에 P300 진폭의 감소가 뚜렷한 것으로 나타났다(Ravden & Polich, 1998; Romero & Polich, 1996)²⁾.

P300 CIT는 전형적인 ERP 실험과는 달리 세 가지 종류의 자극을 사용하며, 목표자극의 P300 보다는 관련자극의 P300에 주된 관심이 있다. Novelty P300 또는 P3a 연구에서는 P300 CIT처럼 세 가지 종류의 자극을 사용한다. 목표자극과 표준자극을 사용하는 오드볼 패러다임에 방해자극을 추가하면, 방해자극의 특성에 따라 novelty P300 또는 P3a라고 부르는 파형이 나타난다. P3a의 진폭은 시행수(즉, 검사 블록)가 증가함에 따라서 감소하는 것으로 나타났다(Riggins & Polich, 2002). 목표자극에 의해 나타나는 P300은 두정영역에서 크게 나타나는 반면 P3a는 중심영역에서

크게 나타나며, P3a의 잠재시간이 목표자극에 대한 P300의 잠재시간보다 짧다(Polich, 2007). P300 CIT에서 측정된 관련자극의 P300은 두정영역에서 크게 나타나지만 잠재시간이 목표자극의 P300 보다 짧다는 연구결과가 있으므로(엄진섭, 2010), 관련자극의 P300이 P3a의 특성을 포함하고 있다고 할 수 있다. 따라서 시행수가 증가할수록 관련자극의 P300 진폭이 감소할 가능성이 있다.

P300 CIT에 관한 선행연구들을 살펴보면 P300 CIT에서 목표자극과 관련자극, 무관련자극을 1:1:4의 비율로 한 번씩 제시하는 것을 한 시행으로 하였을 때, 시행수가 12회부터 72회까지 다양하였다(Abootalebi, Moradi, & Khalilzadeh, 2006; Farwell & Donchin, 1991; Meijer, Smulders, Merkelbach, & Wolf, 2007; Rosenfeld, Angell, & Johnson, 1991). P300 CIT에서 시행수가 많아지면 전체 검사를 여러 개의 블록으로 나누어 시행하게 되며, 블록이 진행됨에 따라서 목표자극과 관련자극에 대한 P300 진폭이 감소할 가능성이 높다. 그러나 아직까지 P300 CIT에서 시행수가 증가함에 따라서 목표자극과 관련자극에 대한 P300의 진폭이 변화하는지를 검증한 연구를 찾아볼 수 없다.

P300 CIT에서 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한 P300 진폭과 다른지를 검증하는 방법은 여러 가지가 있다. 가장 많이 사용하는 두 가지 방법은 모두 부트스트랩 표집분포를 이용한다. 부트스트랩 표집분포(sampling distribution)는 이론적인 표집분포를 사용할 수 없는 경우에, 표본 자료를 이용하여 표집분포를 만들어내는 통계적인 기법이다(Wasserman & Bockehholt, 1989). 부트스트랩 표본은 표본자료에서 표본수 N 만큼의 자료를 복원추출한 자료를 말한다. 복원추출을 하면, 어떤 사례는 한 번도 뽑히지 않는 반면 다른 사례는 두 번 이상 뽑히게 되므로, 원래의 표본자료와 부트스트랩 표본자료는 약간의 차이를 가지게 된다.

P300 CIT에서는 각 자극을 제시한 후 약 1초

2) 시행수가 많아지면 블록수가 증가하므로, 본 연구에서는 시행수와 블록수를 동일한 개념으로 사용하였다.

동안의 뇌파가 표본자료를 구성하게 된다. 뇌파 표본 자료에서 부트스트랩 표본을 추출하고, 부트스트랩 표본에서 자극종류별로 ERP를 산출한다. 이러한 부트스트랩 표본을 1000개 만들면 1000개의 ERP가 만들어지며, 이것이 부트스트랩 표집분포를 형성하게 된다. 부트스트랩 크기차이 분석은 부트스트랩 표집분포를 이용하여 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한 P300 진폭보다 통계적으로 유의하게 더 큰지를 검증한다(Rosenfeld, Biroshak, & Furedy, 2006). 부트스트랩 상관차이 분석은, 부트스트랩 표집분포를 이용하여 관련자극의 ERP와 목표자극의 ERP 간 상관계수가 관련자극의 ERP와 무관련자극의 ERP 간 상관계수보다 통계적으로 유의하게 더 큰지를 평가한다(Farwell & Donchin, 1991). 부트스트랩 크기차이 분석은 거의 모든 P300 CIT에 사용할 수 있는 반면, 부트스트랩 상관차이 분석은 목표자극을 포함하지 않는 P300 CIT에는 적용하기 어렵다(Winograd & Rosenfeld, 2011).

중심극한정리(central limit theorem)는 표본수가 클수록 표집분포의 표준편차(즉 표준오차)가 작아질 것이라고 예측한다(Patrick, 1995). 표준오차가 작아지면 검증력이 증가하므로, 작은 차이도 통계적으로 유의한 차이가 있다는 결론을 내리게 된다. P300 CIT에서도 시행수가 증가할수록 진짜 범인에 대해 유죄판정을 내릴 가능성을 증가할 것이다. 그러나 시행수가 증가하면 습관화로 인하여 P300 진폭이 감소할 가능성이 있으므로, 시행수가 P300 CIT의 최종 판단에 어떠한 영향을 미치는지 예측하기가 어렵다. 부트스트랩 크기차이 분석에서는 사례수가 증가함에 따라서 관련자극과 무관련자극에 대한 P300이 습관화되는 정도와 검증력이 증가하는 정도가 최종판단에 영향을 미칠 것이다. 부트스트랩 상관차이 분석에서는 목표자극과 관련자극, 무관련자극 전체에 대한 P300이 습관화되는 정도와 검증력이 증가하는 정도가 최종판단에 영향을 미칠 것이다.

본 연구는 두 가지 목적을 가진다. 한 가지는 P300 CIT를 여러 블록에 걸쳐서 진행할 때, 블록에 따라 P300 진폭이 감소하는지 검증하는 것이다. 다른 한 가지는 P300 CIT를 여러 블록에 걸쳐서 진행할 때, 블록수가 증가함에 따라서 부트스트랩 크기차이 분석과 부트스트랩 상관차이 분석의 결과가 어떻게 변화하는지 확인하는 것이다. 추가적으로, 문자자극과 사진자극 간에 거짓말 탐지의 효과가 다르다는 Cutmore와 Djakovic, Keibell, Shum(2009)의 결과에 따라, 본 연구에서도 문자자극과 사진자극 간에 습관화와 판단결과가 달라지는지 확인하였다.

방 법

실험참가자

대학생 28명이 실험에 자원하여 참가하였다. 성별은 남자 14명, 여자 14명이었으며, 평균연령은 23.7세(범위 18-40)였다. 28명중 4명은 눈 깜박임과 비정상적인 신호가 전체 시행의 50% 이상에서 나타나 분석에서 제외하였다. 실험참가자들은 금전적인 보상을 받고 실험에 참가하였다. 거짓말하려는 동기를 부여하기 위하여 거짓말 탐지에서 진실 판정이 내려질 경우, 기본적인 참가비에 추가하여 금전적 보상을 할 것이라고 알려주었다. 실험이 끝난 후 진실 판정 결과와 관계없이 모든 실험참가자에게 기본적인 참가비와 추가 보상을 모두 주었다.

실험절차

실험참가자들은 실험에 대한 전반적인 사항이 적혀있는 실험참가동의서를 읽고 서명한 후에 실험에 참가하였다. 실험참가자들은 먼저 모의범죄를 수행하였다. 모의범죄는 아무도 없는 실험실에 들어가서 책상서랍에 있는 반지 또는 목걸이를 훔쳐 나오는 것이었다. 책상서랍에는

반지와 목걸이 중 하나가 있었으며, 실험참가자의 받은 책상 서랍에서 반지를 훔쳤으며, 나머지 받은 목걸이를 훔쳤다. 실험참가자에게 아래와 같이 지시하였으며, 모의 범죄를 수행한 후 실험참가자가 돌아오면, 곧바로 P300 CIT를 실시하였다. 진짜 범인이 훔친 물건을 뚜렷하게 기억하는 것처럼, 실험참가자들이 모의범죄에서 훔친 물건을 뚜렷하게 기억시키기 위하여 반지(또는 목걸이)를 자세히 살펴보도록 하는 과정을 포함시켰다.

지금부터 실험자가 지시하는 바와 같이 모의 범죄를 수행하시기 바랍니다.

지금 실험실에서 나가서 000실로 들어가세요. 문을 열고 들어가면 왼편에 책상이 있을 것입니다.

그 책상 위에 작은 보석상자가 있습니다. 상자를 열면 반지(또는 목걸이)가 있습니다.

반지(또는 목걸이)가 들어 있는 것을 확인한 후, 본인의 주머니에 넣어서 나오십시오.

000실에는 다른 사람이 있는데, 그 사람에게 보석을 훔치는 것을 들키지 말아야 합니다.

밖으로 나와서 반지(또는 목걸이)를 정확하게 기억할 수 있도록 자세히 살펴보세요.

실험이 모두 끝난 후 반지(또는 목걸이)를 종이에 그려보라고 할 것입니다.

그런 다음, 반지(또는 목걸이)를 주머니에 넣어서 실험실로 돌아오세요.

보석을 훔친 후, 실험참가자는 절도사건의 용의자가 됩니다.

따라서 실험참가자는 반지(또는 목걸이)를 훔친 것에 대해서 탄로나지 않도록 노력하여야 합니다.

P300 CIT에 사용한 검사자극은 총 6가지로 반지, 목걸이, 팔찌, 시계, 귀걸이 및 브로치였

다. 이 자극들 중 목표자극은 팔찌였으며, 관련 자극은 실험참가자가 훔친 물건(반지 또는 목걸이)이었다. 실험참가자들 중 12명은 검사자극을 사진으로 제시받았으며, 나머지 12명은 검사자극을 문자로 제시받았다. 사진자극은 검은색 배경의 흑백사진이었으며, 가로와 세로의 크기가 모두 3.5cm였다. 문자자극은 신명조체로 제시하였으며 글자 높이는 1.5cm였다. 실험에 사용한 각 단어는 서상규(1998)의 어휘빈도에서 반지 695, 목걸이 254, 팔찌 108, 시계 2253, 귀걸이 105, 브로치 18로, 한국어 어휘빈도에서 문자자극 간에 다소 차이가 있었다.

목표자극이 무엇인지는 P300 CIT를 실시하기 전에 컴퓨터 모니터로 알려주었으며, 목표자극이 제시되면 그 자극을 알고 있다는 의미로 ‘예’ 버튼(마우스 왼쪽 버튼)을 누르도록 하였고, 목표자극 이외의 자극(관련자극과 무관련자극)이 제시되면 그 자극을 알지 못한다는 의미로 ‘아니오’ 버튼(마우스 오른쪽 버튼)을 누르도록 지시하였다(Verschere, Rosenfeld, Winograd, Labkovsky, & Wiersema, 2009). ‘예’ 버튼과 ‘아니오’ 버튼은 실험 참가자별로 균형화하였다. 검사자극이 제시되었을 때 눈을 깜박이게 되면 뇌파가 크게 왜곡되므로, 검사자극이 제시되었을 때에는 가능하면 눈을 깜박이지 않도록 지시하였다. 목표자극과 관련자극, 무관련자극을 무선적인 순서로 하나씩 제시하였으며, 자극은 실험참여자로부터 1 m 앞에 있는 모니터 중앙에 제시하였다. 사진자극의 경우에는 500ms 동안 자극을 제시하였으며, 문자자극의 경우에는 300ms 동안 자극을 제시하였다. 자극은 3초에 한 번씩 제시하였다. 실험자극의 제시와 반응의 기록은 SuperLab 4.0을 이용하였다. 자극제시절차가 그림 1에 제시되어 있다.

24회의 연습시행 후에 본 검사를 실시하였다. 본 검사는 총 네 블록으로 구성되었다. 한 블록에 각 자극당 30번씩 총 180번 자극을 제시하여, 네 블록 동안 총 720번 자극을 제시하였다. 블록 사이에는 약 2분의 휴식시간을 두었다.

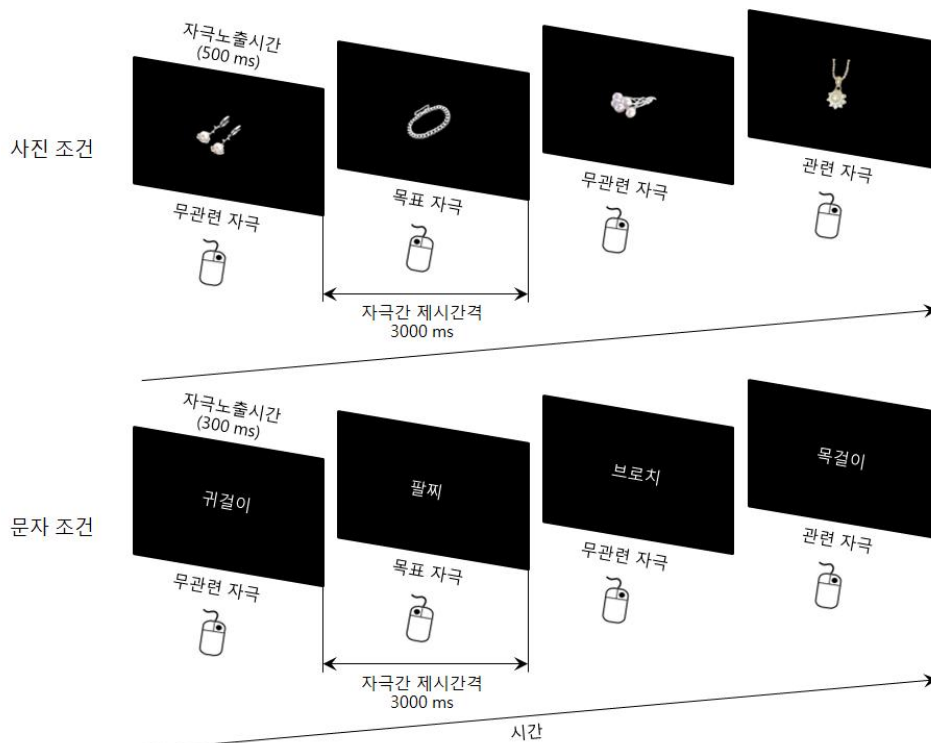


그림 1. 자극제시절차

뇌파 기록과 분석

뇌파는 Grass Model 12 Neurodata acquisition system(Grass Instruments, Quincy, MA, USA)을 이용하여 측정하였다. Ag/AgCl 전극을 국제 10-20 체계에 따라 Fz, Cz, 및 Pz에 부착하였으며, 양쪽 귓볼에 기준전극을, 이마에 접지전극을 부착하였다. 왼쪽 눈 위와 아래에 전극을 부착하여 안전도(EOG)를 측정하였다. Soskins, Rosenfeld, 및 Niendam(2001)의 실험결과에 따라 뇌파는 .3~30 Hz 대역여과시켰으며, Biopac system(model MP100, Santa Barbara, California, USA)을 이용하여 200 Hz의 표집률로 A/D 변환하여 연속적으로 기록하였다. 실험이 끝난 후, EOG를 이용하여 눈 깜박임에 의한 노이즈를 교정하였다(Semlitsch, Anderer, Schuster, & Presslich, 1986). 뇌파를 자극 제시전 100 ms를 포함하여 총 1200 ms의 분석구

간으로 나누어 분석하였다. 목표자극과 관련 자극, 무관련자극 각각에 대하여 자극제시 시점을 기준으로 각 시행의 뇌파를 평균하여 ERP를 산출하였다.

P300의 진폭은 P300 CIT에 가장 유용한 것으로 평가되는 peak-peak 방법을 이용하여 측정하였다(Soskins et al., 2001). Peak-peak 방법은 P300의 전위 값에서 P300 이후 가장 부적인 전위 값을 뺀 값을 P300 측정치로 사용한다. P300의 전위 값은 자극제시 후 300-700 ms 사이에 100 ms 구간의 평균값이 가장 큰 값을 사용하였으며, P300 이후 가장 부적인 전위 값은 P300 이후부터 1100 ms 사이에 100 ms 구간의 평균값이 가장 작은 전위 값을 사용하였다. 반응시간은 자극이 제시된 후부터 반응버튼이 눌러지기까지의 시간으로 정의하였다.

반응시간과 P300 진폭의 평균이 자극조건(사

진조건, 문자조건)과 자극유형(목표자극, 관련자극, 무관련자극), 블록(블록 1, 블록 2, 블록 3, 블록 4)에 따라 다른지 검증하기 위하여 혼합설계에 의한 삼원변량분석을 실시하였다. 최종 판단결과에 대한 분석은 카이제곱검증과 McNemar 검증을 이용하였다. 반복측정된 요인이 포함된 효과의 분자자유도가 3 이상인 경우에는 Greenhouse-Geisser ϵ 을 이용하여 교정한 확률을 산출하였다.

개인별 분석

개인수준에서 실험참가자가 관련자극을 알고 있는지 여부를 판단하였다. 부트스트랩 크기차이분석과 부트스트랩 상관차이분석을 사용하여 거짓말 여부를 판단하였다. 부트스트랩 크기차이분석에서는 관련자극과 무관련자극이 제시된 후 1.1초와 무의 뇌파들로부터 부트스트랩 표본을 추출하였다. 부트스트랩 표본은 측정된 N개의 뇌파로부터 N개의 뇌파를 복원추출하는 것을 말한다. 부트스트랩 표본에서 관련자극과 무관련자극에 대한 P300 진폭을 측정하서는 두 자극에 대한 P300 진폭을 비교한다. 이 과정을 1000번 반복하여, 1000번의 부트스트랩 표본 중에서 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한 P300 진폭보다 큰 경우가 몇 번인지를 계산한다. 900번을 초과하면 거짓말을 한 것으로 판단하며(즉, 유죄), 900번 미만이면 진실을 말한 것으로 판단한다(즉, 무죄). 90%신뢰수준은 P300 CIT에서 일반적으로 사용하는 기준이다 (Rosenfeld et al., 2006).

부트스트랩 상관차이분석은 Farwell과 Donchin (1991)의 방법을 따라서 수행하였다. 목표자극과 관련자극 무관련자극이 제시된 후 1.1초 동안의 뇌파들로부터 부트스트랩 표본을 추출한다. 부트스트랩 표본에서 전체 자극에 대한 ERP를 산출한다. 목표자극과 관련자극, 무관련자극에 대한 ERP에서 전체 자극에 대한 ERP를 빼서 세 종류의 중심화된(centered) ERP를 산출한다. 관련

자극의 중심화된 ERP와 목표자극의 중심화된 ERP 간의 상관계수를 산출하고, 관련자극의 중심화된 ERP와 무관련자극의 중심화된 ERP 간의 상관계수를 산출한다. 이 과정을 1000번 반복하여, 1000번의 부트스트랩 표본 중에서 관련자극과 목표자극 간의 상관계수가 관련자극과 무관련자극 간의 상관계수보다 큰 경우가 900번을 초과하면 거짓말을 한 것으로 판단하며, 300번 미만이면 진실을 말한 것으로 판단한다. 300번 이상 900번 이하면 판단불능인 것으로 간주한다.

본 연구는 무죄집단을 사용하지 않았으므로, 전체 실험참가자 중에서 거짓말한 것으로 판단된 사람의 비율을 정확판단율로 정의하였다.

결 과

행동반응분석

실험참가자들이 검사자극에 적절한 주의를 집중하였는지 평가하기 위하여 표 1, 2와 같이 반응오류율과 반응시간을 산출하였다. 사진조건에서 목표자극에 대한 반응오류율은 블록에 따라 7.41%~14.42%를 보여 비교적 높았으며, 관련자극에 대한 반응오류율은 0.00%~1.17%의 범위를 보였고, 무관련자극에 대한 반응오류율은 0.29%~0.51%의 범위를 보였다. 문자조건에서 목표자극에 대한 반응오류율은 블록에 따라 9.80%~12.17%를 보였으며, 관련자극에 대한 반응오류율은 0.00%~1.21%의 범위를 보였고, 무관련자극에 대한 반응오류율은 0.27%~0.54%의 범위를 보였다.

사진조건에서 목표자극에 대한 반응시간은 479~548 ms, 관련자극에 대한 반응시간은 402~495 ms, 무관련자극에 대한 반응시간은 376~470 ms의 평균을 보여, 목표자극에 대한 반응시간이 가장 길고, 다음으로 관련자극에 대한 반응시간이 길었다. 문자조건에서 목표자극에

표 1. 반응 오류율 (%)

		블록 1	블록 2	블록 3	블록 4
사진조건	목표자극	7.41 (13.20)	12.79 (15.42)	14.42 (19.44)	13.05 (13.93)
	관련자극	1.14 (2.20)	0.72 (1.72)	1.17 (1.74)	0.00 (0.00)
	무관련자극	0.30 (0.61)	0.51 (0.82)	0.29 (0.56)	0.37 (0.58)
문자조건	목표자극	9.80 (7.95)	11.96 (11.80)	10.92 (11.44)	12.17 (12.06)
	관련자극	0.83 (2.07)	1.21 (2.43)	0.60 (2.06)	0.00 (0.00)
	무관련자극	0.54 (0.64)	0.27 (0.49)	0.45 (0.90)	0.35 (0.52)

표 2. 반응시간 (msec)

		블록 1	블록 2	블록 3	블록 4
사진조건	목표자극	548 (136)	521 (100)	502 (100)	479 (75)
	관련자극	495 (153)	451 (139)	425 (119)	402 (97)
	무관련자극	470 (149)	432 (120)	404 (105)	376 (66)
문자조건	목표자극	622 (145)	586 (160)	572 (159)	546 (135)
	관련자극	564 (158)	525 (192)	472 (158)	450 (144)
	무관련자극	529 (127)	492 (164)	463 (157)	433 (130)

대한 반응시간은 546~622 ms, 관련자극에 대한 반응시간은 450~564 ms, 무관련자극에 대한 반응시간은 433~529 ms의 평균을 보여, 사진자극과 비슷한 경향을 보였지만, 사진자극보다 반응시간이 더 긴 경향이 있었다. 자극조건과 자극 유형에 관계없이 블록이 진행되면서 반응시간이 빨라지는 경향이 뚜렷하였다.

자극조건과 자극유형, 블록에 따라 반응시간의 평균이 다른지 검증하기 위하여 혼합설계에 의한 삼원변량분석을 실시하였다. 분석결과, 자극조건을 포함하는 모든 상호작용효과는 유의하지 않았으며(모두 $p > .5$), 자극종류와 블록의 상호작용효과가 유의하였다($F(6,132)=3.435, p < .05, \Delta r^2 = .14$). 블록별로 자극종류의 단순주효과분석을 실시한 결과, 블록 1과 블록 2, 블록 3, 블록 4 모두에서 자극종류의 효과가 유의하였다(각각 $F(2,44)=23.434, p < .001, \Delta r^2 = .52; F(2,44)=41.624,$

$p < .001, \Delta r^2 = .65; F(2,44)=77.329, p < .001, \Delta r^2 = .77; F(2,44)=78.971, p < .001, \Delta r^2 = .78$). Bonferroni 방법의 다중비교결과, 목표자극에 대한 반응시간이 관련자극과 무관련자극에 대한 반응시간보다 길었으며, 관련자극에 대한 반응시간이 무관련자극에 대한 반응시간보다 길었다. 자극유형별로 블록의 단순주효과분석을 실시한 결과, 목표자극과 관련자극, 무관련자극 모두에서 블록의 주효과가 유의하였다(각각 $F(3,66)=14.069, p < .001, \Delta r^2 = .39; F(3,66)=20.497, p < .001, \Delta r^2 = .48; F(3,66)=22.614, p < .001, \Delta r^2 = .51$). 경향분석결과, 세 자극 모두에서 블록이 진행됨에 따라서 반응시간이 선형적으로 감소하는 것으로 나타났다(모두 $p < .001$). 결과적으로 목표자극, 관련자극, 무관련자극 모두 블록이 진행될수록 반응시간이 빨라지지만, 무관련자극에 대한 반응시간이 가장 가파르게 빨라지는 것으

로 나타났다.

자극조건인 주효과는 유의하지 않았다($F(1,22)=1.424, p=.246, \Delta\eta^2=.06$). 자극종류의 주효과가 유의하였으며($F(2,44)=66.783, p<.001, \Delta\eta^2=.75$), 블록의 주효과가 유의하였지만($F(3,66)=22.669, p<.001, \Delta\eta^2=.51$), 자극종류와 블록의 상호작용효과가 유의하였으므로, 이 결과는 해석하지 않았다.

ERP 분석

그림 2에 실험조건별 평균 ERP가 제시되어 있으며, 표 3에 실험조건별 P300 진폭의 평균이 제시되어 있다. 사진조건과 문자조건 모두에서 P300 진폭은 Fz에서 가장 작았으며, Cz와 Pz에서 큰 진폭을 보였다. 전체적으로 목표자극에 대한 P300 진폭이 가장 컸으며, 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한 P300 진폭보다 더 컸다. 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭차이는 문자조건보다 사진조건에서 더 큰 경향이 있었다. 사진조건과 문자조건 모두에서 목표자극의 P300의 진폭은 블록이 진행됨에 따라서 증가하는 경향이 있었다.

일반적으로 P300 CIT에서는 Pz에서 측정된 P300만을 분석하므로, 본 연구에서도 분석의 복잡성을 회피하기 위하여 Pz에서 측정된 P300 진폭만을 대상으로 분석하였다. 실험조건에 따라 Pz에서 측정된 P300 진폭의 평균이 다른지 검증하기 위하여, 자극조건(사진조건, 문자조건)과 자극유형(목표자극, 관련자극, 무관련자극), 블록(블록 1, 블록 2, 블록 3, 블록 4)을 독립변인으로 한 혼합설계에 의한 삼원변량분석을 실시하였다. 삼원변량분석결과, 자극조건과 자극유형과 블록의 삼원상호작용효과는 유의하지 않았고($F(6,132)=0.913, p=.464, \Delta\eta^2=.04$), 자극조건과 블록의 이원상호작용효과도 유의하지 않았으며($F(3,66)=1.264, p=.294, \Delta\eta^2=.05$), 자극조건과 자극유형의 이원상호작용효과도 유의하지 않았다

($F(2,44)=1.518, p=.234, \Delta\eta^2=.07$).

자극유형과 블록의 이원상호작용효과가 유의하였다($F(6,132)=6.173, p<.001, \Delta\eta^2=.22$). 이원상호작용효과를 해석하기 위하여 자극유형별로 단순주효과분석을 실시하였다. 목표자극의 P300 진폭은 블록에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F(3,66)=6.457, p<.01, \Delta\eta^2=.23$). 경향분석결과, 선형향과 삼차향이 유의하였다(각각 $p<.01, p<.05$). 그림 3에서 볼 수 있는 바와 같이, 목표자극에 대한 P300 진폭은 블록이 진행됨에 따라서 증가하였다. 관련자극과 무관련자극에 대한 P300 진폭은 블록이 진행됨에 따라 약간 감소하는 경향이 있었다. 그러나 관련자극에 대한 P300 진폭은 블록에 따라 유의한 차이가 없었으며($F(3,66)=1.143, p<.335, \Delta\eta^2=.05$). 무관련자극에 대한 P300 진폭은 블록에 따라 유의한 차이가 있었다($F(3,66)=3.642, p<.05, \Delta\eta^2=.14$). 경향분석결과, 무관련자극에 대한 P300 진폭이 선형적으로 감소하였다($p<.05$).

블록별로 자극유형의 단순주효과분석을 실시한 결과, 블록 1에서 자극유형의 효과가 유의하였다($F(2,44)=22.738, p<.001, \Delta\eta^2=.51$). Bonferroni 다중비교 결과, 목표자극과 관련자극의 P300 진폭이 무관련자극의 P300 진폭보다 더 컸다. 블록 2와 블록3, 블록 4에서도 자극유형의 효과가 유의하였으며(각각 $F(2,44)=31.120, p<.001, \Delta\eta^2=.59$; $F(2,44)=39.627, p<.001, \Delta\eta^2=.64$; $F(2,44)=41.952, p<.001, \Delta\eta^2=.66$), 목표자극의 P300 진폭이 관련자극과 무관련자극의 P300 진폭보다 더 컸으며, 관련자극의 P300 진폭이 무관련자극의 P300 진폭보다 더 컸다.

자극조건인 주효과는 유의하지 않았으며($F(1,22)=0.000, p=.998, \Delta\eta^2=.00$), 블록의 주효과도 유의하지 않았다($F(3,66)=1.517, p=.228, \Delta\eta^2=.06$). 자극유형의 주효과는 유의하였지만($F(2,44)=47.228, p<.001, \Delta\eta^2=.68$), 자극유형과 블록의 이원상호작용효과가 유의하였으므로 이 효과는 해석하지 않았다.

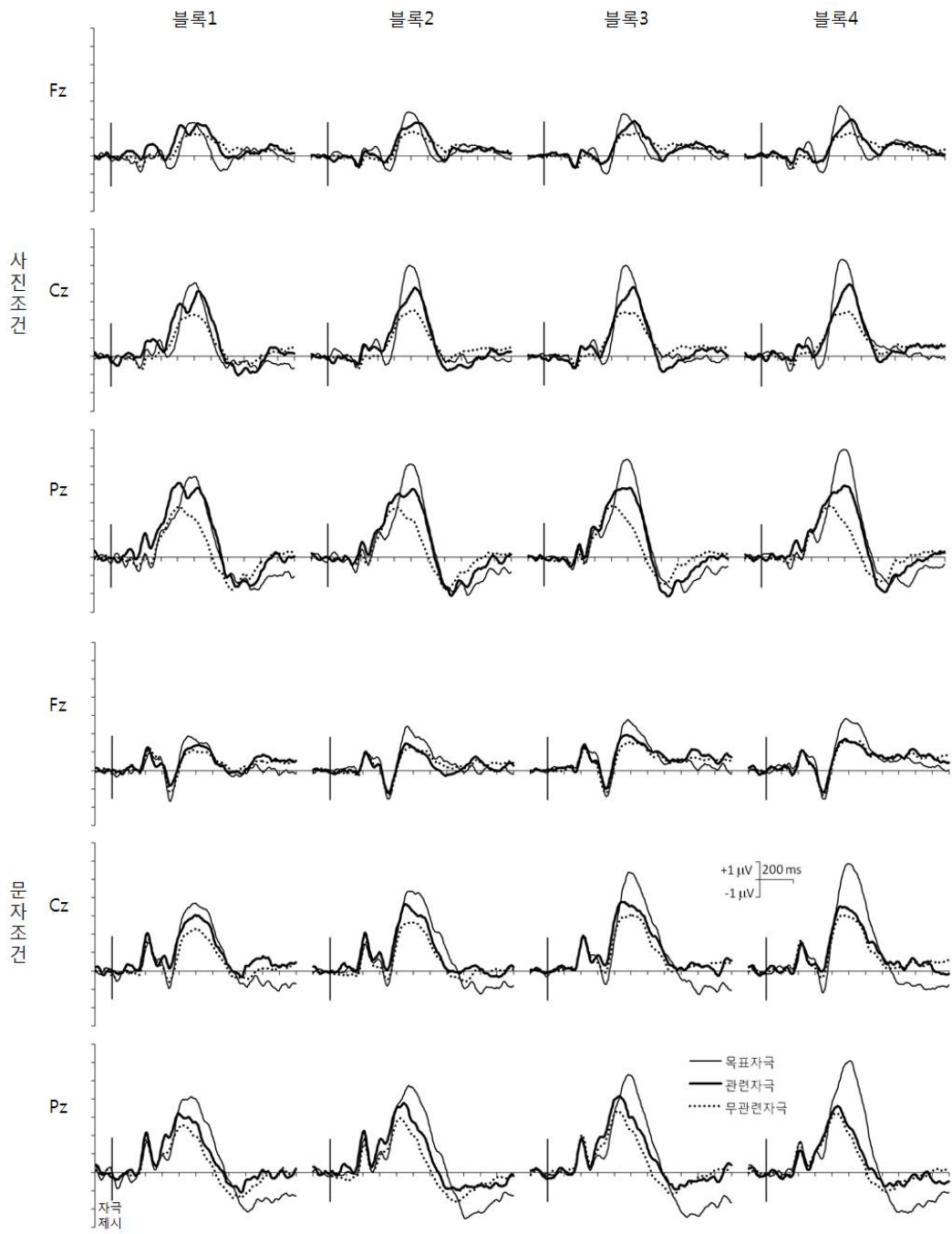


그림 2. 실험조건별 블록별 ERP

표 3. 실험조건과 블록별로 Pz에서 측정한 P300 진폭 (μV)

		블록 1	블록 2	블록 3	블록 4
사진조건	목표자극	14.21 (3.54)	15.69 (3.09)	15.43 (3.53)	16.18 (2.95)
	관련자극	14.63 (4.74)	13.45 (4.35)	13.79 (3.82)	13.20 (4.09)
	무관련자극	9.44 (2.59)	9.07 (2.52)	8.84 (2.58)	8.59 (2.59)
문자조건	목표자극	15.00 (5.14)	15.98 (5.18)	16.57 (5.55)	18.06 (7.02)
	관련자극	11.86 (3.74)	12.70 (4.18)	12.08 (3.77)	11.32 (3.11)
	무관련자극	9.41 (2.93)	9.85 (2.55)	9.74 (2.64)	9.41 (2.70)

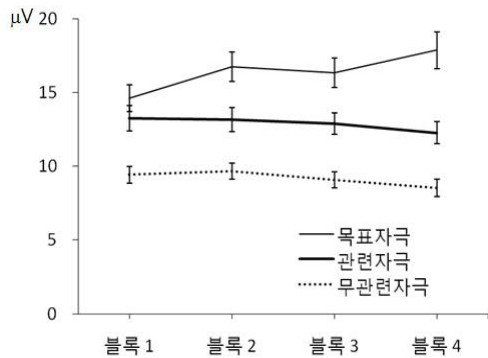


그림 3. 블록과 자극유형별 P300 진폭

개인별 판단

그림 4와 같이 Pz에서 측정한 각 블록의 뇌파를 단계적으로 누적하면서 ERP를 산출하였으며, 이 ERP를 이용하여 부트스트랩 크기차이분석과 부트스트랩 상관차이분석을 실시하였다. 먼저, 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭 차이에 대한 부트스트랩 표준오차가 분석에 사용된 블록수가 증가할수록 작아지는지 확인하였다. 자극조건과 블록수를 독립변인으로 한 혼합설계에 의한 이원변량분석결과, 분석에 사용된 블록수에 따라서 부트스트랩 표준오차가 다른 것으로 나타났다($F(3,66)=309.844, p<.001, \Delta\eta^2=.93$). 경향분석결과, 분석에 사용된 블록수가 증가할수록 표준오차는 단조 감소하는 것으로 나타났다. 중심극한정리에 따르면 표준오차는 $SD \times 1/\sqrt{N}$

로 결정되는데, 블록수(즉, N)가 증가함에 따라 부트스트랩 표준오차가 이러한 형태로 감소하였다. 표준오차의 감소패턴은 자극조건에 따라 다르지는 않았으며($F(3,66)=1.470, p=.231, \Delta\eta^2=.06$), 자극조건이 주효과도 유의하지 않았다($F(1,22)=2.100, p=.161, \Delta\eta^2=.09$).

표 4에 개인별 판단결과가 제시되어 있다. 부트스트랩 크기차이 분석에서, 블록에 따른 정확판단율은 사진자극에서 75%~83%, 문자자극에서 50%~58%로 큰 차이가 없었다. 부트스트랩 상관차이 분석에서는 블록 1의 정확판단율이 사진자극에서 42%, 문자자극에서 8%로 블록 1-2의 정확판단율(사진자극 67%, 문자자극 25%)과 블록 1-4의 정확판단율(사진자극 67%, 문자자극 25%) 보다 낮은 경향이 있었다(McNemar 검증, 모두 $p=.063$). 부트스트랩 크기차이분석의 정확판단율은 50%~83%로 부트스트랩 상관차이분석의 정확판단율 8%~67%보다 높은 경향이 뚜렷하였다. 블록 1에서는 부트스트랩 크기차이분석의 정확판단율이 부트스트랩 상관차이분석의 정확판단율보다 유의하게 높았으며(McNemar 검증, $p<.01$), 블록 1-3에서는 유의수준에 근접하였다(McNemar 검증, $p=.07$). 사진자극에 대한 정확판단율이 문자자극에 대한 정확판단율보다 높은 경향이 있었지만, 통계적으로 유의하지는 않았다(모두 $p>.10$).

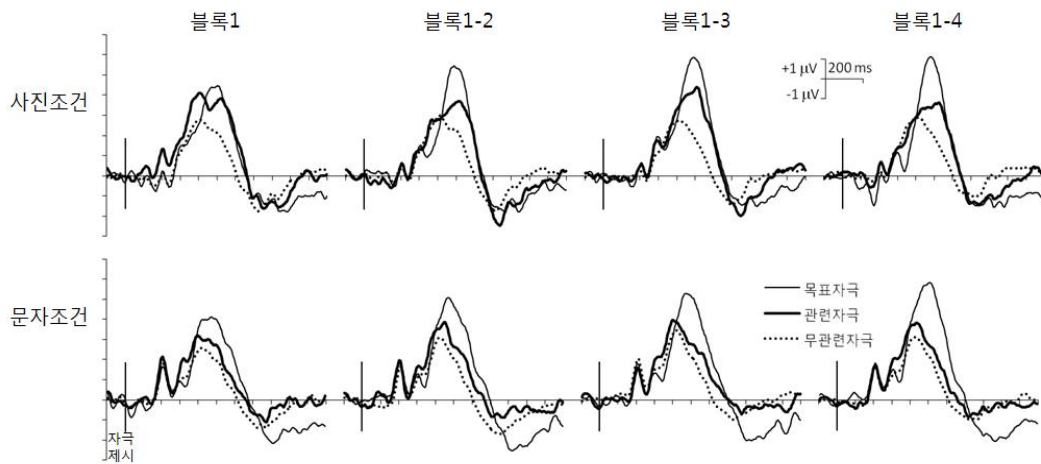


그림 4. 실험조건별로 블록을 누적인 Pz의 ERP

표 4. 개인별 판단결과 (명) 및 정확판단율 (%)

			블록 1	블록 1-2	블록 1-3	블록 1-4	
개인별 판단결과	부트스트랩 크기차이분석	사진조건	거짓	9	10	9	9
		진실	3	2	3	3	
	문자조건	거짓	7	6	7	6	
		진실	5	6	5	6	
	부트스트랩 상관차이분석	사진조건	거짓	5	8	7	8
		판단불능	6	3	4	3	
진실		1	1	1	1		
문자조건		거짓	1	3	3	3	
정확 판단율	부트스트랩 크기차이분석	판단불능	5	4	2	0	
		진실	6	5	7	9	
	부트스트랩 상관차이분석	사진조건	75	83	75	75	
		문자조건	58	50	57	50	
부트스트랩 상관차이분석	사진조건	42	67	58	67		
	문자조건	8	25	25	25		

논 의

본 연구에서는 시행수가 P300 CIT의 종속 측
정치인 P300의 진폭과 P300 CIT의 정확판단율에

미치는 영향을 검증하기 위하여, 실험참가자에
게 모의범죄를 실시하게 한 후 P300 CIT를 실시
하였다. 목표자극 1개와 관련자극 1개, 무관련자
극 4개를 30번 제시하는 것을 한 블록으로 하여

총 네 블록을 실시하였다.

목표자극의 반응오류율이 자극조건과 블록에 따라 7.41%에서 14.42%로 나타났다. 낮은 오류율을 보고한 연구들도 있지만(Rosenfeld et al., 2006; Rosenfeld et al., 2007), 대부분의 P300 CIT의 선행연구들과 비슷한 수준으로(Cutmore et al., 2009; Kubo & Nittono, 2009; Mertens & Allen, 2008; Verschuere et al., 2009), 실험참가자들이 P300 CIT에 적절한 주의를 기울인 것으로 평가되었다.

검사블록이 진행됨에 따라서 반응시간은 점차 빨라지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 세 개의 검사 블록을 사용한 선행연구에서도 관찰된 현상으로(Rosenfeld, Shue, & Singer, 2007), 연습효과를 반영한다. 관련자극에 대한 반응시간이 무관련자극에 대한 반응시간 보다 더 긴 것으로 나타났다. P300 CIT 패러다임에서 P300 진폭 대신에 반응시간을 이용하여 거짓말을 탐지할 수 있다는 연구들이 발표되고 있고(Seymour & Fraynt, 2009; Seymour & Kerlin, 2008; Seymour, Seifert, Shafto, & Mosmann, 2000; Verschuere, Crombez, Degrootte, & Rosseel, 2010; Visu-Petra, Miclea, & Pesu-Petra, 2012), P300 진폭과 더불어 반응시간을 함께 이용하여 거짓말 여부를 판단하는 연구도 있지만(Allen, Iacono, & Danielson, 1992), 이 연구들은 모두 5개 이상의 관련자극을 동시에 사용하였다. 본 연구와 같이 관련자극을 1개만 사용한 선행 연구에서도 관련자극에 대한 반응시간이 무관련자극에 대한 반응시간 보다 긴 것으로 나타났지만(Meijer et al., 2007; Gamer & Berti, 2010), 큰 차이가 없다는 연구도 있다(Rosenfeld et al., 2006). 따라서 관련자극이 1개만 있을 경우에는 반응시간을 이용하여 거짓말 여부를 판단하기 어려울 수 있다.

목표자극에 대한 P300 진폭은 예상과는 달리 블록 1에서 가장 작았고 블록 4에서 가장 컸다. 즉, 습관화 현상과 정반대가 되는 결과가 나타났다. 블록 1에서 목표자극에 대한 P300 진폭이 가장 작았던 원인은 자극이 제시될 때 눈을 감

박이지 말라고 지시한 것 때문일 수 있다. 눈 깜박임을 억제하라고 지시할 경우 목표자극에 대한 P300 진폭은 감소한다(Ochoa & Polich, 2000; Verleger, 1991). 이중과제를 수행하면 P300 진폭은 감소하는데(Kok, 1997), 실험참가자는 목표자극과 비목표자극(관련자극과 무관련자극)을 구분하는 과제를 수행하면서 자극이 제시될 때 눈을 깜박이지 않는 부가적인 과제를 수행해야 하므로, 목표자극에 대한 P300 진폭이 감소한 것으로 생각된다. 이렇듯 첫 번째 블록에서는 눈 깜박임을 억제하는 것이 어려운 과제였지만, 두 번째 블록 이후부터는 연습효과에 의해 눈 깜박임을 억제하는 것이 상대적으로 쉬워져서 P300 진폭이 다시 증가하였을 것이다. 이러한 결과는 눈 깜박임을 억제하라는 지시가 목표자극으로 향한 주의의 양을 감소시켜 P300의 습관화를 늦춘다는 연구결과(Pan et al., 2000)와 유사하다.

눈 깜박임에 대한 지시를 하지 않았을 경우에는 본 연구결과가 달라질 수도 있다. 그러나 눈 깜박임에 대한 통제를 하지 않으면, ERP가 눈 깜박임에 의해 크게 오염될 가능성이 매우 높다(Pham, Croft, Cadusch, & Barry, 2011; Small, 1971). 눈 깜박임에 대한 통제를 하지 않고 오염된 시행을 제거할 수도 있지만, 대표적이지 못한 시행을 얻을 가능성이 높으며 충분한 시행을 얻지 못할 수도 있다. EOG를 측정하여 눈 깜박임에 대한 오염을 제거할 수도 있지만, 교정이 또 다른 오염원이 될 가능성도 있다. 관련자극에 대한 오염되지 않은 ERP를 얻기 위해서는, 가능한 눈 깜박임을 억제하라고 지시하는 것이 최선의 방법일 수 있다.

블록 4에서 목표자극에 대한 P300 진폭이 가장 컸던 이유는 실험 종료에 대한 기대 때문일 것으로 생각된다. P300 진폭은 자극에 할당된 주의의 양에 큰 영향을 받는다(Johnson, 1986). ERP 실험은 일반적으로 상당히 지루한 편이어서, 오랫동안 자극에 주의를 할당하기가 쉽지 않다. 실험참가자들은 실험 동의를 받는 과정

에서 언제 실험이 끝나는지에 대한 정보를 제공 받았다. 마지막 블록에서 실험이 끝날 것에 대한 기대가 자극에 주의를 할당하기 쉽게 만들었을 것으로 생각된다.

목표자극과 표준자극, 방해자극을 사용하는 P3a 연구에서, 방해자극에 대한 P3a의 진폭은 블록이 진행됨에 따라서 감소한다(Riggins & Polich, 2002). 관련자극의 P300이 P3a의 특성 중 일부를 포함하고 있으므로(엄진섭, 2000), 관련자극에 대한 P300 진폭도 블록이 진행되면서 감소할 가능성이 있었다. 그러나 관련자극에 대한 P300 진폭은 블록이 진행되면서 약간 감소하는 경향이 있었지만, 통계적으로 유의한 변화는 없었다. 관련자극에 대한 P300 진폭에서 습관화 현상이 나타나지 않았다는 것은 실험참가자가 관련자극에 지속적인 주의집중을 하였다는 의미가 된다. 실험참가자가 각 검사 블록에서 무죄판결을 받을 경우 금전적인 보상을 받으므로, 실험참가자는 관련자극을 알고 있다는 사실을 숨기려는 의도를 지속적으로 가지고 있었을 것이다. 정보를 숨기려는 의도는 오히려 관련자극에 더 주의 집중하게 만들고(Verschuere et al., 2009), P300 진폭을 증가시키므로(Kubo & Nittono, 2009; Verschuere et al., 2009), 블록에 걸쳐서 P300 진폭의 변화가 거의 없었을 것으로 생각된다. 블록간 시간간격이 P300 진폭의 습관화에 영향을 미친다(Wesensten, Badia, & Harsh, 1990). Wesensten 등(1990)은 1시간의 블록간 시간간격을 둔 경우에 습관화가 감소한다는 결과를 보고하였다. 본 연구에서는 블록간 시간간격이 2분에 불과하므로, 이 결과가 본 연구에 적용되지는 않을 것이다.

무관련자극에 대한 P300 진폭은 블록이 진행되면서 통계적으로 유의하게 감소하는 것으로 나타났지만, P300 진폭의 감소 정도가 크지는 않았다. 높은 확률로 제시되는 자극에서는 P300 진폭이 작게 나타나므로(Johnson, 1986), 블록이 진행됨에 따라서 P300의 진폭이 감소하는 정도도 작을 것이다.

개인별로 거짓말 여부를 판단하기 위한 부트스트랩 크기차이 분석결과, 예상한 바와 같이 부트스트랩 표집분포의 표준오차는 분석에 사용된 블록수가 많아질수록 작아졌다. 그러나 부트스트랩 크기차이 분석을 이용한 판단결과는 분석에 사용된 블록수에 따라서 다르지 않은 것으로 나타났다. 이러한 상반된 결과가 산출된 이유는 실험참가자에 따라 관련자극에 대한 P300 진폭의 크기가 극단적으로 달랐기 때문인 것으로 파악된다. 거짓말이 탄로난 실험참가자는 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한 P300 보다 훨씬 더 컸으며, 거짓말이 탄로나지 않은 실험참가자는 두 개의 P300 진폭이 비슷하였다. 분석에 사용된 블록수에 따라 정확판단율이 높아지려면 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한 P300 진폭보다 약간만 더 큰 사례들이 많아야 하는데, 본 연구에서 그러한 경우에 해당하는 사례는 한두 개에 불과하였다.

부트스트랩 크기차이분석에서 나타난 P300 CIT의 정확판단율은 50%~83% 수준으로 비교적 낮은 편이었다. 일반적으로 자기참조적인 정보나 잘 학습된 정보를 숨긴정보로 사용한 P300 CIT의 정확판단율은 90% 내외로 높은 편이지만(Rosenfeld et al., 2006; Allen et al., 1992; Farwell & Donchin, 1991; Meijer et al., 2007), 단순한 모의범죄를 수행 후에 범죄 관련자극을 숨긴정보로 사용하거나 선택한 카드를 숨긴정보로 사용한 P300 CIT의 정확판단율은 33%~95% 다양하였으며, 평균적으로는 낮은 편이었다(Abootalebi et al., 2006; Mertens & Allen, 2008; Cutmore et al., 2009; Kubo et al., 2009). 모의범죄에서 알게 된 정보나 여러 장의 카드 중에서 뽑은 카드가 실험참가자에게 주는 의미는 실제 범죄상황에서 알게 된 정보가 주는 의미와는 매우 다를 것이다. 검사 자극에 대한 낮은 현저성(salience)이 모의범죄를 사용한 연구의 정확판단율을 낮게 만들었을 것이다.

부트스트랩 상관차이 분석에서 블록 1만 사용한 경우는 정확판단율이 매우 낮았으며, 분석에

사용된 블록수가 2개 이상일 경우에는 정확판단율이 다소 높아졌다. 블록 1만 사용한 경우에 정확판단율이 낮은 이유를 파악하기 위하여, 블록 1을 사용한 경우에만 거짓이 탄로나지 않고 여러 블록을 사용한 경우에는 거짓말이 탄로나 5명에 대해서 개인별 ERP를 살펴보았다. 부트스트랩 상관차이분석은 관련자극에 대한 ERP를 목표자극과 무관련자극에 대한 ERP와 비교하여, 목표자극과 더 유사할 확률이 90%이상이면 거짓 판정을 내리고 무관련자극과 더 유사할 확률이 70%이상이면 진실 판정을 내린다. 5명 중 4명은 블록 1에서 목표자극의 P300 진폭이 무관련자극의 P300 진폭과 비슷하였기 때문에, 이 확률이 50% 전후로 나타났다. 이것은 앞서 논의하였듯이 블록 1에서 목표자극의 P300 진폭이 감소하였기 때문에 나타난 현상으로 이해된다. 나머지 한명은 목표자극의 P300 진폭이 무관련자극의 P300 진폭보다 크기는 하였지만, 관련자극의 ERP 모양이 무관련자극에 대한 ERP와 더 유사하였기 때문에 거짓말이 탄로나지 않았다.

부트스트랩 상관차이 분석의 정확판단율과 부트스트랩 크기차이 분석의 정확판단율을 비교한 연구들을 살펴보면, 본 연구와 일치하는 결과를 보인 연구들도 있으며(Mertens et al., 2008; Rosenfeld, Soskins, Bosh, & Ryan, 2004), 부트스트랩 상관차이분석의 정확도가 더 높다는 연구들도 있다(Allen & Iacono, 1997; Abootalebi et al., 2006). 이 연구들 간에 차이점을 발견하기는 어렵지만, 목표자극의 의미가 두 가지 방법의 정확판단율을 다르게 만들 것으로 생각된다. 부트스트랩 크기차이 분석은 목표자극을 사용하지 않는 반면 부트스트랩 상관차이 분석은 목표자극을 사용한다. 목표자극이 관련자극과 유사한 특성을 가질수록 부트스트랩 상관차이 분석의 정확판단율이 높아질 것이다. 이 방법을 고안한 Farwell은 실제 범죄현장에 있었던 자극을 목표자극으로 사용할 것을 권하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 P300 CIT를 실시하기 바로 직전에 실험참가자에게 컴퓨터 모니터로 목표자

극을 잠시만 보여주었을 뿐이므로, 목표자극은 관련자극과 유사한 특성을 가지기 어려웠을 것이다.

본 연구에서 사용한 단어들의 어휘빈도는 시계가 2253으로 가장 높았으며, 브로치가 18로 가장 낮았다. 단어자극의 어휘빈도가 낮을수록 350ms 전후의 ERP 진폭이 더 크게 나타난다는 연구결과가 있다(Hauk & Pulvermuller, 2004). 그러나 Hauk와 Pulvermuller(2004)의 연구에서 어휘빈도에 따른 진폭의 차이가 크지 않았으며, 본 연구에서 어휘빈도와 P300 진폭 간에 관련성도 발견되지 않았다(브로치의 P300 진폭은 8.9 μ V로 무관련자극들 중에서 가장 작았으며, 무관련자극으로 사용된 목걸이의 진폭이 10.4 μ V로 가장 컸다). 따라서 단어자극의 어휘빈도가 P300 진폭에 의미 있는 영향을 미친 것 같지는 않다.

전체적인 결과를 보면, 관련자극에 대한 P300 진폭은 시행수가 증가하여도 감소하지 않는다고 할 수 있다. 부트스트랩 크기차이 분석에서는 분석에 사용된 블록수가 증가함에 따라서 표준오차가 감소하므로, 비록 본 연구에서 블록수의 증가에 따라 정확판단율이 높아지지 않았을지라도, 적절한 상황에서는 정확판단율이 높아질 가능성이 높다는 것을 보았다. 따라서 상황이 허락한다면, P300 CIT에서 가능한 많은 수의 시행을 사용하는 것이 정확판단율의 향상에 도움을 줄 것이다. 부트스트랩 상관차이분석에서는 눈 깜박임을 억제 하라고 지시하는 경우에는 시행수(즉, 블록수)를 늘리는 것이 좋을 것이며, 목표자극은 관련자극과 유사한 특성을 가지도록 조작하는 것이 필요할 것이다.

본 연구에서는 무죄집단을 사용하지 않고 유죄집단만 사용하였으므로, 무죄조건에서 목표자극과 관련자극, 무관련자극의 P300 진폭이 시행수에 어떠한 영향을 받는지 알 수 없으며, 시행수가 무죄의 정확판단율에 어떠한 영향을 미치는지는 알 수 없다. 그러나 CIT는 특이도가 높은 것이 특징이며(Ben-Shakhar & Furedy, 1990), 시행수가 증가할수록 신호 대 잡음의 비율이 높

아질 것이므로, 시행수가 P300 CIT의 특이도에 부정적인 영향을 미치지 않을 것으로 예상된다.

본 연구는 한 개의 관련자극만 사용하였기 때문에, 다수의 관련자극을 사용하는 P300 CIT에는 본 연구결과를 일반화하기 어려울 수 있다. 또한 눈 깜박임에 대한 지시를 하지 않는 경우에는 결과가 달라질 수 있다.

참고문헌

- 김영운 (2009). P300-기반 거짓말 탐지 연구. 한국 심리학회지: 사회 및 성격, 23, 111-129.
- 서상규 (1998). 현대한국어의 어휘빈도 (상·하). 연세대학교 언어정보개발연구원 내부보고서(CLID-WP-98-02-28).
- 엄진섭 (2010). 사건관련전위를 이용한 숨긴정보검사에서 P300의 진폭에 영향을 미치는 요인. 충북대학교 대학원 박사학위 청구논문.
- Abbootalebi, 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. & Furedy, J. (1990). *Theories and applications in the detection of deception*. New York: Springer-Verlag.
- Bourbon, W. T., Will, K. W., Gary, H. E., & Papanicolaou, A. C. (1987). Habituation of auditory event-related potentials: a comparison of self-initiated and automated stimulus trains. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 66, 160-166.
- Cohen, J. & Polich, J. (1997). On the number of trials needed for P300. *International Journal of Psychophysiology*, 25, 249-255.
- 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, 185-192.
- Donchin, E. & Coles, M. G. H. (1988). Is the P300 component a manifestation of context updating? *Behavioral and Brain Sciences*, 11, 357-374.
- Donchin, E. (1981). Surprise!...Surprise? *Psychophysiology*, 18, 493-513.
- Farwell, L. A. & Donchin, E. (1991). The truth will out: Interrogative polygraphy ("lie detection") with event-related Potentials. *Psychophysiology*, 28, 531-547.
- Gamer, M. & Berti, S. (2010). Task relevance and recognition of concealed information have different influences on electrodermal activity and event-related brain potentials. *Psychophysiology*, 47, 355-364.
- Hauk, O. & Pulvermuller, F. (2004). Effects of word length and frequency on the human event-related potential. *Clinical Neurophysiology*, 115, 1090-1103.
- Johnson, R. (1986). A triarchic model of P300 amplitude. *Psychophysiology*, 23, 367-384.
- Kok, A. (1997). Event-related-potential (ERP) reflections of mental resources: a review and synthesis. *Biological Psychology*, 45, 19-56.
- Kubo, K. & Nittono, H. (2009). The role of intention to conceal in the P300-based concealed information test. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 34, 227-235.
- Lin, E. & Polich, J. (1999). P300 habituation patterns: Individual differences from ultradian rhythms. *Perceptual and Motor Skills*, 88, 1111-1125.

- Lindin, M., Zurrón, M., & Diaz, F. (2004). Changes in P300 amplitude during an active standard auditory oddball task. *Biological Psychology*, 66, 153-167.
- Meijer, E. H., Smulders, F. T. Y., Merckelbach, H. L. G. J., & Wolf, A. G. (2007). The P300 is sensitive to concealed face recognition. *International Journal of Psychology*, 66, 231-237.
- 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.
- Ochoa, C. J. & Polich, J. (2000). P300 and blink instructions. *Clinical Neurophysiology*, 111, 93-98.
- Pan, J., Yakeshita, T., & Morimoto, K. (2000). P300 habituation from auditory single-stimulus and oddball paradigms. *International Journal of Psychophysiology*, 37, 149-153.
- Patrick, B. (1995). *Probability and measure*, John Wiley & Sons.
- Pham, T. T. H., Croft, R. J., Cadusch, P. J., & Barry, R. J. (2011). A test of four EOG correction methods using an improved validation technique. *International Journal of Psychophysiology*, 79, 203-210.
- Polich, J. (1989). Habituation of P300 from auditory stimuli. *Psychobiology*, 17, 19-28.
- Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, 118, 2128-2148.
- Ravden, D. & Polich, J. (1998). Habituation of P300 from visual stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 30, 359-365.
- Riggins, B. R. & Polich, J. (2002). Habituation of P3a and P3b from visual stimuli. *The Korean Journal of Thinking & Problem Solving*, 12, 71-81.
- Romero, R. & Polich, J. (1996). P3(00) habituation from auditory and visual stimuli. *Physiology & Behavior*, 59, 517-522.
- 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 autobiographical versus incidentally learned information. *Biological Psychology*, 74, 396-404.
- 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.
- 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., Fraynt, B. R., (2009). Time and encoding effects in the concealed knowledge test. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 34, 177-187.
- 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.
- Seymour, T. L., Seifert, C. M., Shafto, M. G., & Mosmann, A. L. (2000). Using response time measures to assess "Guilty Knowledge". *Journal of Applied Psychology*, 85, 30-37.
- Sokolov, E. N. (1963). *Perception and the Conditioned Reflex*. Pergamon Press.
- 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.

- Small, J. G. (1971). Sensory evoked responses of autistic children. *Infantile Autism*, 224-129.
- Verleger, R. (1991). The instruction to refrain from blinking affects auditory P3 and N1 amplitudes. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 78, 240-251.
- Verschuere, B., Crombez, G., Degrootte, T., & Rosseel, Y. (2010). Detecting concealed information with reaction time: Validity and comparison with the polygraph. *Applied Cognitive Psychology*, 24, 991-1002.
- 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.
- Visu-Petra, G., Miclea, M., & Visu-Petra, L. (2012). Reaction time-based detection of concealed information in relation to individual differences in executive functioning. *Applied Cognitive Psychology*, 26, 342-351.
- Wasserman, S. & Bockenholt, U. (1989). Bootstrapping: Applications to psychophysiology. *Psychophysiology*, 26, 208-221.
- Wesensten, M. J., Badia, P., & Harsh, J. (1990). Time of day, repeated testing, and interblock interval effects on P300 amplitude. *Physiology & Behavior*, 47, 653-658.
- Winograd, M. R. & Rosenfeld, J. P. (2011). Mock crime application of the Complex Trial Protocol (CTP) P300-based concealed information test. *Psychophysiology*, 48, 155-161.
- 1 차원고접수 : 2014. 07. 11.
수정원고접수 : 2014. 08. 12.
최종게재결정 : 2014. 08. 13.

Effects of the Number of Trials on Test Results in P300-based Concealed Information Test

Jin-Sup Eom

Kwangbai Park

Department of Psychology, Chungbuk National University

The number of trials can influence P300-based concealed information test (P300-based CIT) in two ways. First, as the number of trial increases, the P300 amplitude is likely to reduce due to habituation. If P300 amplitude decreases, accuracy rate of P300 CIT would be declined. Second, as the number of trial increases, the power of test increases and then the accuracy rate would also be increased. This study is to verify whether the accuracy rate of P300 CIT declines or improves as the number of trials increases. After twenty-four participants performed a mock crime, lie detection test was administered to them by using the P300 CIT. Half of the participants was exposed to photo stimuli, and the other half was presented with letter stimuli. A target stimulus, a probe stimulus, and four irrelevant stimuli were presented 30 times in one block, and four blocks were presented to each participant. Contrary to our expectation, P300 amplitude to the target stimulus was smallest in the first block and was largest in the fourth block. P300 amplitude to the relevant stimulus and to the irrelevant stimuli tended to decrease slightly at the second half of the experiment. In bootstrapped amplitude difference tests, there was no significant difference in the accuracy rate as the number of blocks increase. In bootstrapped correlation difference tests, the accuracy rate tended to be lower when only the first block was used, compared to that when several blocks were included. There was no significant difference between the photo stimuli and the letter stimuli in both bootstrapped tests. Reasons why P300 amplitude by a target stimulus was increased and the bootstrapped correlation difference tests were impacted by the number of trials were discussed.

Key words : P300, concealed information test, habituation, the number of trials