

# P300-based Concealed Information Test Using a Gradual Stimulus Presentation Method

## 점진적 자극제시 방법을 사용한 P300-기반 숨긴정보검사

Jin-Sup Eom<sup>1</sup>

엄진섭<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Lecturer, Department of Psychology, Chungbuk National University, Korea,  
[jseom2003@hanmail.net](mailto:jseom2003@hanmail.net)

**Abstract:** The P300 amplitude is commonly used as a dependent measure in the P300-based concealed information test (P300 CIT). However, the P300 amplitude can be underestimated due to the variation in P300 latency in each trial. Using the P300 area as a dependent measure can overcome this disadvantage, but the P300 area may contain other components, such as the P200. This study aimed to determine if it is possible to remove the P200 from the P300 area by gradually presenting stimuli. Two P300 CITs were conducted, one using a typical stimulus presentation method (typical P300 CIT) and the other using a gradual stimulus presentation method (gradual P300 CIT). The results showed that both P100 and P200 were observed in the typical P300 CIT and P200 was partially overlapping with P300. In the gradual P300 CIT, P100 was not observed, and although P200 was present, it was relatively small in size and did not overlap with P300. It was evaluated whether each participant remembered the relevant stimuli. Regardless of the stimulus presentation method (typical or gradual) or the measurement used (P300 amplitude or area), there were no significant differences observed between experimental conditions with an accuracy rate of 89~95%. The study discusses the reasons why P200 appeared in the gradual P300 CIT and why there was no difference in accuracy between experimental conditions. These findings can be useful for studies requiring pure P300 area measurement and P300 CIT.

**Keywords:** P300, Concealed Information Test, Gradual Stimulus Presentation, Area Measure

**요약:** 일반적으로 P300-기반 숨긴정보검사(P300 CIT)에서는 P300 진폭을 종속측정치로 사용한다. 그러나 각 시행에서 P300 잠재시간의 변산으로 인하여 P300 진폭이 과소 추정된다는 단점이 있다. P300 면적을 종속측정치로 사용하여 이러한 단점을 극복할 수 있지만, P300 면적에 P200과 같은 다른 성분이 포함될 가능성이 있다. 본 연구의 목적은 자극을 점진적으로 제시하는 방법으로 P300 영역에서 P200을 제거하는 것이 가능한지 확인하는 것이다. 이를 위하여 전형적인 자극 제시 방법을 사용한 P300 CIT(전형적 P300 CIT)와 점진적 자극제시 방법을 사용한 P300 CIT(점진적 P300 CIT)를 실시하였다. 실험결과, 전형적 P300 CIT에서 P100과 P200이 모두 관찰되었으며, P200은 P300과 일부 중첩되어 나타났다. 점진적 P300 CIT에서 P100은 관찰되지 않았다. P200은 관찰되었지만, 상대적으로 작은 크기였으며 P300과 중첩되지도 않았다. 각 참가자 별로 관련 자극을 기억하고 있는지 판단하였다. 자극제시 방법(전형적/점진적)과 측정치(P300 진폭/P300 면적)에 관계없이

Received: February 08, 2023; 1<sup>st</sup> Review Result: March 24, 2023; 2<sup>nd</sup> Review Result: April 21, 2023  
Accepted: May 31, 2023

정확도는 89~95%로 나타나 실험조건 간에 차이가 없었다. 점진적 P300 CIT에서 P200이 나타난 이유와 실험조건 간에 정확도 차이가 없었던 이유에 대해 논의하였다. 본 연구결과는 P300 CIT뿐만 아니라 순수한 P300 면적 측정치가 필요한 연구에 활용될 수 있을 것이다.

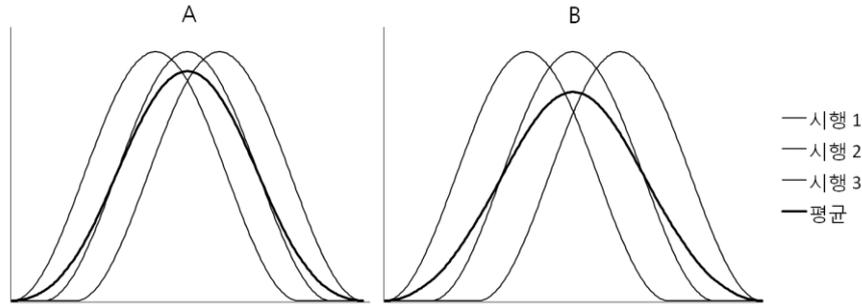
**핵심어:** P300, 숨긴정보검사, 점진적 자극 제시, 면적 측정치

## 1. 서론

범죄 사건의 범인은 그 범죄와 관련된 구체적 사실들을 기억하고 있다. P300-기반 숨긴 정보검사(P300-based concealed information test: P300 CIT)는 거짓말 탐지 검사의 한 종류로 범죄 용의자가 범죄와 관련된 구체적 정보(예, 도난된 물건)를 알고 있는지 확인하는 검사이다. 전형적인 P300 CIT에서는 범죄와 직접 관련된 정보인 관련 자극(예, 도난 물건인 '반지')과 범죄와 직접 관련이 없지만 같은 범주에 속하는 무관련 자극들(예, '시계', '목걸이', '팔찌', '귀걸이'), 피검사자가 탐지해야 하는 목표 자극(예, '핸드폰')을 모두 섞어서 하나씩 제시하면서 뇌파를 측정한다. 피검사자에게는 목표 자극이 제시되면 특정 버튼을 누르고, 다른 자극이 제시되면 다른 버튼을 빠르고 정확하게 누르도록 지시한다. 자극을 제시하면서 측정한 뇌파에는 자극과 관련된 뇌파뿐만 아니라 자극과 관련 없는 배경 뇌파가 포함되어 있기 때문에[1], 자극과 관련된 뇌파를 확인하기 위하여 자극을 여러 번 반복 제시한 후, 뇌파를 자극 제시 시점에 맞추어 평균하여 사건관련전위(event-related potential: ERP)를 산출한다. P300 CIT에서는 관련 자극이 30회 이상 제시되도록 전체 자극을 반복 제시한 후 ERP를 산출하는 것이 일반적이다. 기억하고 있거나 의미 있는 자극이 그렇지 않은 자극보다 더 큰 P300 진폭을 유발시키므로[2], P300 CIT에서는 ERP의 P300 성분을 측정하여 피검사자가 범죄와 관련된 구체적 사실을 기억하는지 판단한다. 일반적으로 관련 자극에 대한 P300 진폭이 무관련 자극에 대한 P300 진폭보다 통계적으로 유의하게 더 크면 관련 자극을 기억하고 있다고 판단한다[3].

P300 진폭으로 관련 자극과 무관련 자극에 대한 반응을 비교하는 데에는 한 가지 단점이 있다. [그림 1] A와 같이 각 시행의 P300 잠재시간 변산성이 작은 경우보다 [그림 1] B와 같이 각 시행의 P300 잠재시간 변산성이 큰 경우에 평균 P300 진폭은 더 많이 과소 추정된다[1]. 그런데, 관련 자극이 제시된 각 시행에서 P300 성분이 나타나는 잠재시간의 변산성과 무관련 자극이 제시된 각 시행에서 P300 성분이 나타나는 잠재시간의 변산성이 다를 가능성이 높다. P300 성분이 나타나는 잠재시간은 반응시간과 서로 관련이 있으며[4], 관련 자극에 대한 반응시간의 변산성이 무관련 자극에 대한 반응시간의 변산성보다 더 크다고 알려져 있다[5][6]. 결과적으로 관련 자극에 대한 평균 P300 진폭이 무관련 자극에 대한 평균 P300 진폭보다 더 많이 과소 추정되어 관련 자극을 '기억'하는 피검사자를 탐지하지 못할 가능성이 커지게 될 것이다.

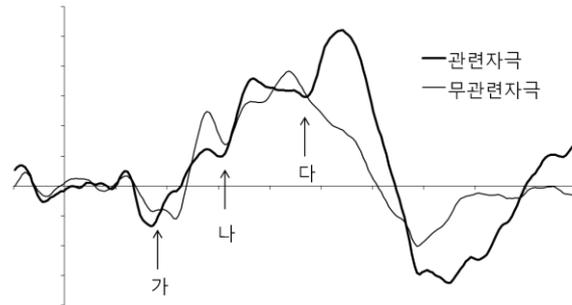
P300 진폭을 대신하여 P300 면적을 사용하면 이러한 단점을 극복할 수 있다[1]. 평균 P300 면적은 개별 P300 면적을 선형 결합한 것이므로, 개별 P300의 잠재시간 변산성에 영향을 받지 않는다. [그림 1]의 A와 B에서 P300이 나타나는 잠재시간의 변산성이 크면 P300 진폭이 감소하는 대신 P300의 폭이 더 넓어지므로, P300의 면적이 P300의 잠재시간의 변산성에 영향을 받지 않는다는 것을 시각적으로도 확인할 수 있다.



[그림 1] 잠재시간 변산성이 진폭에 미치는 영향의 예

[Fig. 1] Examples of the Effect of Latency Variation on Amplitude

그러나 P300 면적을 측정치로 사용하는 데에도 한 가지 단점이 있다. [그림 2]에서 볼 수 있듯이 '가', '나', '다' 중 어느 시점부터 P300 면적을 측정해야 하는지가 분명하지 않다. P300 면적을 측정하기 위한 범위를 너무 넓게 설정하면, 즉 '가' 위치에서 시작하면 P300 이외의 다른 성분이 포함될 것이며, 너무 좁게 설정하여 '다' 위치에서 시작하면 P300의 일부만 측정될 것이다. 그뿐만 아니라 범위를 최선으로 설정하였다 하더라도 ERP에는 여러 성분이 서로 중첩되어 나타나므로 P300 성분만 측정하기가 어렵다[1].



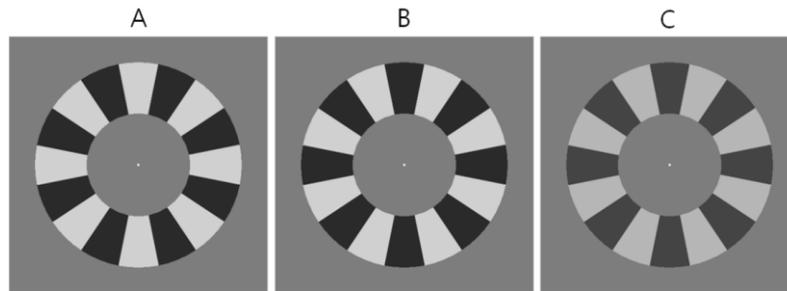
[그림 2] P300 CIT에서 측정된 ERP의 예

[Fig. 2] A Real Example of ERPs Measured in P300-based CIT

O'connell과 동료들[4]은 단순한 지각 탐지과제에서 P300 성분만 측정하기 위하여 독특한 자극제시 방법을 고안하였다. O'connell 등은 [그림 3]의 A와 B가 21.25Hz의 속도로 번갈아 제시되어 반짝이는 것처럼 보이는 상태에서 특정 시점에 흰색과 검은색의 대비가 점차 감소하여 [그림 3]의 C가 되고 다시 원래의 상태로 점차 돌아오는 자극을 제시하였다. 실험참가자의 과제는 흰색과 검은색의 대비가 변하기 시작하는 시점을 탐지하여 특정 버튼을 누르는 것이었다. 실험 자극이 지속해 존재하는 상태에서 자극 강도의 작은 변화를 탐지하는 과제이므로, 자극의 출현과 밀접한 관련이 있는 P100, N100, P200 등이 포함되지 않고 탐지과제와 관련된 P300 성분만 포함된 뇌파를 측정할 수 있었다.

본 연구에서는 O'connell 등의 점진적 자극제시 방법을 P300 CIT에 적용하여 P300 이외의 다른 성분이 포함되지 않은 뇌파를 측정하는 것이 가능한지 확인하였다. 그리고 전형적인 자극제시 방법을 사용한 P300 CIT와 점진적 자극제시 방법을 사용한 P300 CIT에서 P300 면적을 이용하여 기억을 탐지하는 방법과 P300 진폭을 이용하여 기억을

탐지하는 방법 간에 정확도의 차이가 있는지 확인하였다. 본 연구는 충북대학교 생명윤리심의위원회의 승인을 받았다(CBNU-202010-HR-0174).



[그림 3] O'connel의 실험에 사용된 자극

[Fig. 3] Stimulus used in O'connel's Experiment

## 2. 방법

자극을 점진적으로 제시하는 조건(점진적 P300 CIT 조건)과 전형적인 방법으로 자극을 제시하는 조건(전형적 P300 CIT 조건)에서 P300 CIT를 실시하였다. 본 연구에서는 개인적 항목 패러다임을 이용하였다. 개인적 항목 패러다임은 실험참가자 자신과 관련된 정보(예, 참가자의 이름)를 관련 자극으로 사용하는 실험방법이다[7].

### 2.1 실험참가자

대학생 40명이 심리학 관련 과목의 이수 조건을 충족하기 위해 실험에 참가하였다. 실험참가자의 성별은 남자 15명과 여자 25명이었으며, 평균 연령은 21.1(범위 19~25세)세였다.

### 2.2 실험자극

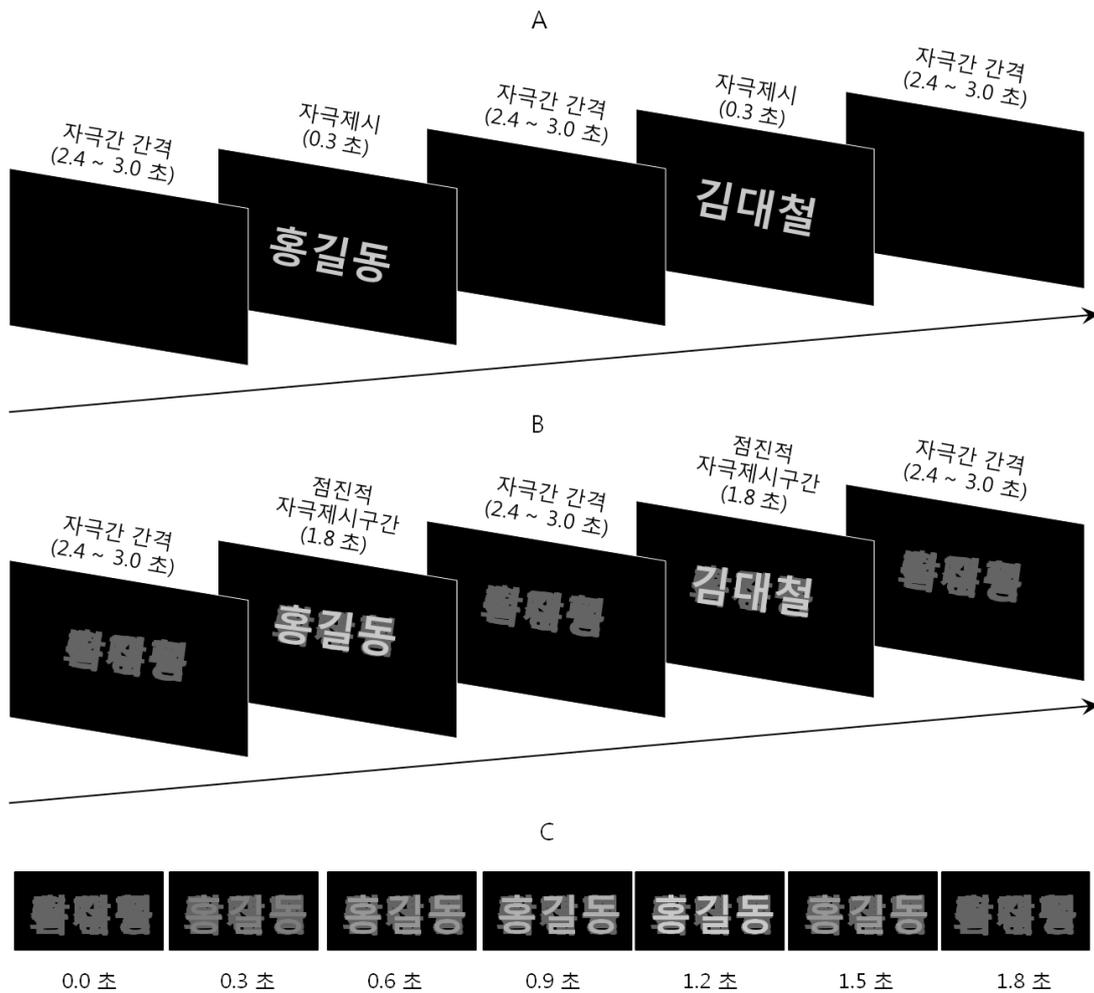
관련 자극, 무관련 자극, 목표 자극을 1:4:1로 구성하였다. 관련 자극은 실험참가자 본인의 이름이었다. 실험참가자와 같은 성별인 다른 참가자의 이름 5개를 무작위로 선택하여 그중 4개를 무관련 자극으로 사용하였으며, 나머지 하나를 목표 자극으로 사용하였다. 무관련 자극 중 실험참가자에게 친숙한 이름이 있는 경우에는 다른 이름으로 대체하였다.

### 2.3 실험절차

실험참가자에게 '사고 후에 보상을 많이 받기 위하여 거짓으로 기억이 상실된 것처럼 행동하는 상황'을 가정하여 실험한다고 설명해 주었으며, '실험이 시작되면 사고로 인하여 자신의 이름이 기억나지 않는다'고 주장하라고 지시하였다. 실험이 시작되면 실험참가자에게 기억상실에 대한 심문을 실시하였다. 심문 과정에서 실험참가자의 이름을 포함한 6개의 이름을 하나씩 제시하면서 '누구인지 아십니까?'라는 질문을 하고 '예', 또는 '아니오'로 응답하도록 하였으며, 실험참가자들은 모든 이름에 '아니오'로 응답하였다. 심문 과정

이 끝나면 두피에 전극을 부착한 후 P300 CIT 연습 시행을 하였고, 검사 절차에 익숙해지면 본 시행을 시작하였다. P300 CIT에서는 실험참가자에게 목표 자극이 무엇인지 알려준 후, 「당신이 알고 있는 이름이 제시되면 '예' 버튼을 누르고, 모르는 이름이 제시되면 '아니오' 버튼을 가능한 빠르고 정확하게 누르세요」라는 지시문을 제시하면서 검사를 시작하였다.

[그림 4]의 A에 전형적 P300 CIT 조건의 자극 제시 절차가 제시되어 있다. 전형적 P300 CIT에서는 관련 자극 1개, 무관련 자극 4개, 목표 자극 1개를 무선적인 순서로 하나씩 제시하였으며, 6개의 자극을 총 40회 반복 제시하였다. 자극은 실험참가자 70cm 앞에 있는 LCD 모니터에 검은색 바탕의 밝은 회색 글씨로 300ms 동안 제시하였으며, 자극 간 간격은 2400~3000ms 였다. 글자의 높이는 1cm였다. 점진적 P300 CIT에서는 [그림 4]의 B와 같이 전체 자극을 회색(RGB: 100, 100, 100)으로 중첩하여 항상 제시한 상태에서 [그림 4]의 C와 같이 특정 자극을 제시할 때 1.2초 동안 점차 밝은 회색으로 제시하였다가 다시 0.6초 동안 점차 원래의 회색으로 변화시켰다. 자극 간 간격은 2400~3000ms였으며, 6개 자극을 무선적인 순서로 하나씩 강조하는 것을 총 40회 반복하였다.



[그림 4] 자극 제시 절차

[Fig. 4] Stimulus Presentation Procedures

## 2.4 뇌파 기록 및 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, P3, Pz, P4, A2에 부착하여 뇌파를 측정하였으며, A1에 참조전극을 부착하고 이마에 접지전극을 부착하였다. 눈 움직임과 눈 깜빡임에 의한 뇌파의 왜곡을 교정하기 위하여 왼쪽 눈의 위와 아래에 대각선으로 전극을 부착하여 안전도(electrooculogram)를 기록하였다. 뇌파는 0.3~30Hz 대역 여과한 후 20,000배 증폭하였으며, 안전도는 5,000배 증폭하였다. 증폭된 뇌파를 250Hz 표집율로 디지털 변환하여 컴퓨터에 저장하였다.

P300 CIT가 끝난 후 A2에서 측정한 뇌파를 이용하여 A1과 A2의 평균을 참조하도록 Fz, P3, Pz, P4의 뇌파를 수정하였다. 이후 안전도를 이용하여 눈 움직임과 눈 깜빡임에 의한 뇌파의 변형을 교정하였다[8]. 뇌파를 자극 제시 전 200ms부터 자극 제시 후 1,800ms까지 총 2,000ms 구간으로 나누어 관련 자극과 무관련 자극, 목표 자극에 대한 단일 시행 뇌파(sweeps)를 추출하였다. 단일 시행 뇌파 중에서  $\pm 50\mu V$ 를 넘는 값이 있는 시행은 분석에서 제외하였다. 각 자극 종류별로 단일 시행 뇌파들을 자극 제시 시점에 맞추어 평균하여 ERP를 산출하였다.

모든 분석은 P300이 가장 크게 나타나는 Pz 영역에서 측정한 뇌파를 이용하였으며, 자극 제시 전 200ms 구간의 평균값이 0이 되도록 기저선을 교정하였다. 관련 자극과 무관련 자극에 대한 정점-정점 P300 진폭과 P300 면적을 측정하였다. 정점-정점 P300 진폭은 자극 제시 후 250ms부터 700ms까지 100ms 구간의 평균 전위가 가장 큰 값에서 P300 정점 이후 1800ms까지 100ms 구간의 평균전위가 가장 낮은 값을 뺀 값으로 정의하였다[9]. 관련 자극과 무관련 자극에 대한 P300 면적은 자극 제시 후부터 1800ms까지 전체 구간에서 측정한 전위의 절댓값을 모두 합하여 계산하였다[1].

전형적 P300 CIT와 점진적 P300 CIT의 정확도를 산출하기 위하여 실험참가자 개인별로 관련 자극을 '기억'하고 있는지 판단하였다. 개인별 판단을 위하여 P300 CIT에서 1종 오류가 가장 잘 통제되는 것으로 보고된 순열검증을 이용하였다[10]. 관련 자극의 P300 진폭이 무관련 자극의 P300 진폭보다 통계적으로 유의하게 더 큰지 검증하기 위하여 P300 진폭 차이에 대한 순열검증을 하였으며, 관련 자극의 P300 면적이 무관련 자극의 P300 면적보다 통계적으로 유의하게 더 넓은지 검증하기 위하여 P300 면적 차이에 대한 순열검증을 하였다. 순열검증에서 1000번의 재표본추출 과정을 거쳐 차이값에 대한 표집분포를 형성하였으며, 원래 표본자료의 P300 진폭 차이값 또는 P300 면적 차이값이 표집분포에서 상위 5%에 포함되면 관련 자극을 '기억'하고 있는 것으로 판단하였다. P300 CIT의 정확도는 전체 참가자 중 관련 자극을 '기억'하고 있다고 판단한 참가자의 비율로 계산하였다.

## 3. 결과

전형적 P300 CIT 조건에 포함된 1명과 점진적 P300 CIT 조건에 포함된 2명은 P300을 확인하기 어려울 정도로 뇌파에 노이즈가 많이 포함되어 있어 분석에서 제외하였다.

### 3.1 정반응률 및 반응시간

실험조건별 정반응률 및 반응시간이 [표 1]에 제시되어 있다. 두 실험조건 모두 목표

자극에 대한 정반응률은 .92였으며, 관련 자극과 무관련 자극의 정반응률은 .99 이상이였다. 두 실험조건 모두 목표 자극에 대한 반응시간이 관련 자극과 무관련 자극에 대한 반응시간보다 길었으며, 관련 자극에 대한 반응시간은 무관련 자극에 대한 반응시간보다 길었다.

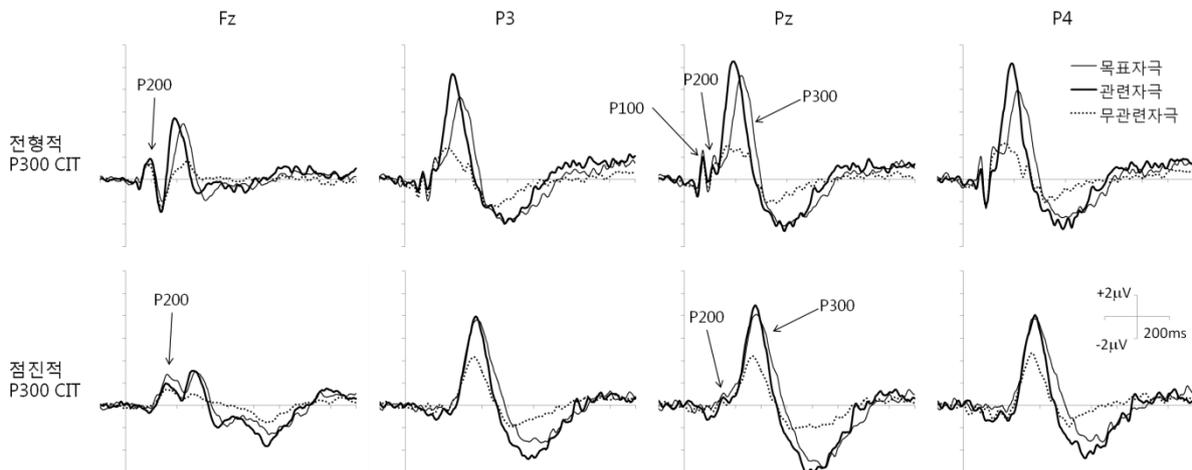
[표 1] 실험조건별 정반응률과 반응시간의 평균(표준편차)

[Table 1] Mean (standard deviation) of Correct Responses and Reaction Times in Each Condition

실험조건	정반응률			반응시간 (ms)		
	목표 자극	관련 자극	무관련 자극	목표 자극	관련 자극	무관련 자극
전형적 P300 CIT	.92(.09)	.99(.02)	1.00(.00)	610(123)	576(141)	497(111)
점진적 P300 CIT	.92(.04)	.99(.02)	1.00(.00)	791(133)	740(119)	663(119)

### 3.2 사건관련전위

실험조건별 ERP가 [그림 5]에 제시되어 있다. 두 실험조건 모두 Pz 영역의 P300 진폭이 다른 영역보다 더 컸으며, 목표 자극과 관련 자극에 대한 P300 진폭이 무관련 자극에 대한 P300 진폭보다 더 컸다. 전형적 P300 CIT의 ERP에서는 P100이 뚜렷하게 나타났지만, 점진적 P300 CIT의 ERP에서는 P100이 나타나지 않았다. 전형적 P300 CIT와 점진적 P300 CIT 모두에서 P200이 관찰되었다. 그러나 둘 간에는 차이가 있었는데, 전형적 P300 CIT에서는 P200이 P300과 중첩되어 나타난 반면, 점진적 P300 CIT에서는 중첩이 덜하였으며 P200의 크기도 더 작았다.



[그림 5] 실험조건별 사건관련전위

[Fig. 5] Event-related Potentials for Each Condition

[표 2]에 제시된 바와 같이 전형적 P300 CIT에서 관련 자극의 P300 진폭이 16.57µV로 무관련 자극의 P300 진폭 6.75µV보다 통계적으로 유의하게 더 컸으며( $t=9.87, df=18, p<.001, d=2.16$ ), 관련 자극의 P300 면적이 3.15µV·sec로 무관련 자극의 P300 면적 1.51µV·sec보다

통계적으로 유의하게 더 넓었다( $t=7.96$ ,  $df=18$ ,  $p<.001$ ,  $d=1.83$ ). 점진적 P300 CIT에서도 관련 자극의 P300 진폭이  $16.30\mu V$ 로 무관련 자극의 P300 진폭  $7.46\mu V$ 보다 통계적으로 유의하게 더 컸으며( $t=8.81$ ,  $df=17$ ,  $p<.001$ ,  $d=2.08$ ), 관련 자극의 P300 면적이  $3.15\mu V\cdot sec$ 로 무관련 자극의 P300 면적  $1.54\mu V\cdot sec$ 보다 통계적으로 유의하게 더 넓었다( $t=9.07$ ,  $df=17$ ,  $p<.001$ ,  $d=2.14$ ). P300 CIT의 정확도를 평가하기 위하여 개인별로 순열검증을 실시하였다. 전형적 P300 CIT에서는 관련 자극과 무관련 자극의 P300 진폭 차이에 대한 순열검증을 실시하였으며, 점진적 P300 CIT에서는 P300 진폭 차이에 대한 순열검증과 더불어 관련 자극과 무관련 자극의 P300 면적 차이에 대한 순열검증을 실시하였다. [표 2]의 마지막 열에 정확도가 제시되어 있다. 전형적 P300 CIT에서 P300 진폭을 사용한 정확도는 94.7%(19명 중 18명)였으며, P300 면적을 사용한 정확도는 89.4%(19명 중 17명)였다. 점진적 P300 CIT에서 P300 진폭을 사용한 정확도와 P300 면적을 사용한 정확도는 모두 94.4%(18명 중 17명)였다. 실험조건 간 정확도 차이는 통계적으로 유의하지 않았다(Fisher's exact test,  $p>.10$ ).

[표 2] 실험조건별 P300 측정치의 평균(표준편차)과 정확도

[Table 2] Means (standard deviations) of P300 Measures and Accuracies for Each Condition

실험조건	관련 자극	무관련 자극	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	정확도
전형적 P300 CIT (진폭; $\mu V$ )	16.57 (6.42)	6.75 (4.24)	9.87	<.001	2.16	94.7%
전형적 P300 CIT (면적; $\mu V\cdot sec$ )	3.15 (1.29)	1.51 (0.87)	7.96	<.001	1.83	89.4%
점진적 P300 CIT (진폭; $\mu V$ )	16.30 (6.57)	7.46 (3.64)	8.81	<.001	2.08	94.4%
점진적 P300 CIT (면적; $\mu V\cdot sec$ )	3.15 (1.18)	1.54 (0.69)	9.07	<.001	2.14	94.4%

#### 4. 논의 및 결론

전형적 P300 CIT와 점진적 P300 CIT에 대한 실험에서 정반응율은 .92 이상으로 높았으며, 목표 자극과 관련 자극에 대한 반응시간이 무관련 자극에 대한 반응시간보다 더 길게 나타났다. 이러한 결과는 동일한 실험 패러다임을 사용한 선행연구와 동일한 것으로 [11], 실험참가자들이 새로운 자극제시 방법을 사용한 점진적 P300 CIT에 잘 반응할 수 있었다는 것을 의미한다.

ERP에는 자극의 출현에 의해 발생하는 외인성 감각 성분과 과제와 관련된 처리 과정을 반영하는 내인성 성분이 포함되어 있다[1]. 전형적 P300 CIT에서 측정된 ERP에는 두정영역(P3, Pz, 및 P4)에서 외인성 감각성분의 한 종류인 P100이 뚜렷하게 관찰되었지만, 점진적 P300 CIT에서는 이러한 P100이 관찰되지 않았다. P100은 자극의 출현에 의해 시각 피질이 있는 후두엽에서 발생한다[1][12]. 점진적 P300 CIT에서는 자극이 지속해 제시되어 있으므로 P100이 나타나지 않은 것으로 생각할 수 있다. 전형적 P300 CIT에서는 전두영역(Fz)과 두정영역에서 P200이 관찰되었으며, 두정영역의 P200은 P300과 중첩되어 나타났다. 본 연구의 예상과 달리 점진적 P300 CIT에서도 전두영역과 두정영역에서 P200이 관찰되었지만, 두정영역에서 관찰된 P200의 크기는 전형적 P300 CIT에서 관찰된 P200보다는 작았다. 본 연구에서 관찰된 P200은 전두 영역과 중심영역에 기원을 둔 성분으로 파악되며 자극의 탐지와 관련이 있다[13]. O'connell과 동료들의 실험에서는 자극의 대비가 변하는 것 자체가 목표 자극이었으므로, 자극의 탐지와 목표 자극의 탐지가 동일하여 P300만

관찰되었을 것이다. 반면에, 점진적 P300 CIT에서는 자극이 밝은 회색으로 변하는 것을 탐지 한 후, 그 자극이 목표 자극인지 아닌지 변별해야 하므로 P200과 P300이 구분되어 나타났을 것이며, 자극이 점진적으로 서서히 변한 까닭에 P200의 크기가 작았던 것으로 생각된다. 비록 점진적 P300 CIT에서 Pz 영역에서 측정된 ERP에도 P200 성분이 포함되어 있기는 하지만 전형적 P300 CIT의 P200보다는 작으므로 P300 영역에 중첩된 P200의 양은 많지 않을 것으로 보인다.

결과적으로 본 연구에서는 점진적 자극제시 방법을 통하여 P300 이외의 성분들을 상당 부분 감소시킬 수 있다는 것을 확인하였다. 점진적 자극제시 방법은 관련 자극을 1개만 사용하는 경우보다 여러 개의 관련 자극을 사용하는 P300 CIT에서 더 효과적일 것이다. 여러 개의 관련 자극을 사용하는 경우에 개별 시행의 P300 잠재시간 변산성이 더 커질 것이기 때문이다. 점진적 자극제시 방법은 P300 CIT뿐만 아니라, P300 성분만 추출하기를 원하는 다른 연구에도 사용될 수 있을 것이다.

P300 진폭을 이용한 경우와 P300 면적을 이용한 경우에 정확도는 모두 89~95%로 실험 조건 간에 차이가 발견되지 않았다. 일반적으로 CIT의 정확도가 높은 편이므로[7][14], 실험연구에서 실험조건 간 정확도 차이가 유의하게 나타나기 어려웠을 것이다. 점진적 P300 CIT의 정확도를 평가하기 위해서는 P300 CIT의 정확도를 낮춘 실험설계를 고안할 필요가 있는데, 예를 들면 탐지가 잘 안되는 것으로 알려진 범죄 관련 정보를 관련 자극으로 사용할 수 있을 것이다. 또는 점진적 P300 CIT를 사용한 실험연구가 누적되었을 때, 여러 연구 결과들을 통합하는 메타분석을 통하여 점진적 P300 CIT와 P300 면적 측정치의 정확도를 정확하게 추정할 수 있을 것이다.

## 5. 감사의 글

이 논문은 2020년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2020S1A5B5A17090384).

## References

- [1] S. J. Luck, An introduction to the event-related potential technique, MIT press, (2014)
- [2] J. Polich, Updating P300: an integrative theory of P3a and P3b, *Clinical neurophysiology*, (2007), Vol.118, No.10, pp.2128-2148.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.04.019>
- [3] J. P. Rosenfeld, P300 in detecting concealed information and deception: A review, *Psychophysiology*, (2020), Vol.57, No.7, e13362.  
DOI: <https://doi.org/10.1111/psyp.13362>
- [4] R. G. O'connell, P. M. Dockree, S. P. Kelly, A supramodal accumulation-to-bound signal that determines perceptual decisions in humans, *Nature neuroscience*, (2012), Vol.15, No.12, pp.1729-1735.  
DOI: <https://doi.org/10.1038/nn.3248>
- [5] X. Hu, A. Evans, H. Wu, K. Lee, G. Fu, An interfering dot-probe task facilitates the detection of mock crime memory in a reaction time (RT)-based concealed information test, *Acta Psychologica*, (2013), Vol.142, No.2, pp.278-285.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2012.12.006>
- [6] T. L. Seymour, C. M. Seifert, M. G. Shafto, A. L. Mosmann, Using response time measures to assess "guilty knowledge", *Journal of Applied Psychology*, (2000), Vol.85, No.1, pp.30-37.

DOI: <https://doi.org/10.1037/0021-9010.85.1.30>

- [7] E. H. Meijer, N. K. Selle, L. Elber, G. Ben-Shakhar, Memory detection with the Concealed Information Test: A meta analysis of skin conductance, respiration, heart rate, and P300 data, *Psychophysiology*, (2014), Vol.51, No.9, pp.879-904.  
DOI: <https://doi.org/10.1111/psyp.12239>
- [8] H. V. Semlitsch, P. Anderer, P. Schuster, O. Presslich, A solution for reliable and valid reduction of ocular artifacts, applied to the P300 ERP, *Psychophysiology*, (1986), Vol.23, No.6, pp.695-703.  
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1986.tb00696.x>
- [9] M. Soskins, J. P. Rosenfeld, T. Niendam, Peak-to-peak measurement of P300 recorded at 0.3 Hz high pass filter settings in intraindividual diagnosis: complex vs. simple paradigms, *International Journal of Psychophysiology*, (2001), Vol.40, No.2, pp.173-180.  
DOI: [https://doi.org/10.1016/s0167-8760\(00\)00154-9](https://doi.org/10.1016/s0167-8760(00)00154-9)
- [10] H. Jeon, J. H. Sohn, J. S. Eom, The accuracy of permutation test in P300-based concealed information test, *The Korean Journal of Cognitive and Biological Psychology*, (2020), Vol.32, No.1, pp.69-83.  
DOI: <https://doi.org/10.22172/cogbio.2020.32.1.005>
- [11] B. Verschuere, J. P. Rosenfeld, M. R. Winograd, E. Labkovsky, R. Wiersema, The role of deception in P300 memory detection, *Legal and Criminological Psychology*, (2009), Vol.14, No.2, pp.253-262.  
DOI: <https://doi.org/10.1348/135532508x384184>
- [12] S. J. Luck, E. S. Kappenman (Eds.), *The Oxford handbook of event-related potential components*, Oxford university press, (2011)
- [13] S. J. Luck, S. A. Hillyard, Spatial filtering during visual search: evidence from human electrophysiology, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, (1994), Vol.20, No.5, pp.1000-1014.  
DOI: <https://doi.org/10.1037/0096-1523.20.5.1000>
- [14] G. Ben-Shakhar, E. Elaad, The validity of psychophysiological detection of information with the Guilty Knowledge Test: A meta-analytic review, *Journal of Applied Psychology*, (2003), Vol.88, No.1, pp.131-151.  
DOI: <https://doi.org/10.1037/0021-9010.88.1.131>