

시행수가 P300에 기초한 유죄지식검사의 정확도에 미치는 영향*

The effect of the number of trials on P300-based guilty knowledge test

엄진섭¹, 이창규², 음영지², 박광배¹, 손진훈²

¹ 충북대학교 심리학과, ² 충남대학교 심리학과

ABSTRACT

본 연구에서는 P300에 기초한 유죄지식검사에서 목표자극과 관련자극, 무관련자극을 제시하는 횟수가 검사의 정확도에 미치는 영향을 평가하였다. 이를 위하여, 한 집단의 실험참여자들에게는 모의범죄를 수행한 후 P300에 기초한 유죄지식검사를 실시하였으며, 다른 집단의 실험참여자들에게는 모의범죄를 수행하지 않은 상태에서 P300에 기초한 유죄지식 검사를 실시하였다. 모든 실험참여자들에게 목표자극 1개와 관련자극 1개, 무관련자극 4개를 각각 120회씩 총 720회 제시하였다. 실험결과, 유죄조건에서 관련자극은 시행수가 증가함에 따라서 P300의 크기가 감소하는 습관화 현상을 보이는 경향이 있었으며, 시행수가 증가함에 따라서 유죄판단을 위한 통계적 지수가 달라지는 경향이 있었다. 시행수가 40회에서 80회 사이일 때, 가장 높은 정확도가 나타나는 것으로 보였다.

Keyword: ERP, P300, guilty knowledge test, concealed information test, lie detection

1. 서론

폴리그래프 검사의 단점을 보완하기 위하여, 1980년대 후반부터 사건관련전위(ERP: event related potential)의 P300 성분을 측정치로 사용하는 유죄지식검사에 관한 연구가 수행되었다. P300에 기초한 유죄지식검사는 범죄와 관련된 자극을 범죄와 관련이 없는 자극들과 섞어 조사대상자에게 한 자극씩 제시하면서 뇌파를 기록한다.

P300 성분은 피실험자에게 의미 있는 자극에서 큰 값을 보이므로, 조사대상자가 범인이라면 범죄와 관련이 없는 자극보다 범죄와 관련된 자극에서 더 큰 P300이 유발될 것으로 예상된다[1].

ERP는 자발적인 전위(spontaneous potential)에 추가되어 나타나므로, 동일한 자극을 여러 번 제시한 후 자극을 제시한 시점을 기준으로 뇌파를 평균하여 ERP를 추출한다. 자극을 제시하는 횟수(시행 수)가 많을수록 ERP에 포함된 자발적인 전위의 양은 감소한다. P300에 기초한 유죄지식검사에 관한 연구에서는 범죄관련자극의 시행수가 12회부터 72회까지 다양하였으며, 30회 이상을

* 이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (M10740030003-07N4003-00310)

제시하는 경우가 일반적이다[2][3][4][5].

시행수가 P300에 기초한 유죄지식검사의 정확도에 미치는 영향을 두 가지 측면에서 생각해볼 수 있다. 한가지는 습관화와 관련된 것이다. 드물게 제시되는 목표자극과 빈번히 제시되는 표준자극에 추가하여 지각적으로 구별되는 새로운 자극(비목표자극)을 드물게 제시하면, 이 자극에서 P300이 나타나며, 자극이 반복 제시됨에 따라서 크기가 감소하는 습관화 현상을 보인다[6]. P300에 기초한 유죄지식검사에서 범죄와 관련된 자극이 드물게 제시되는 비목표자극의 기능을 한다면, 시행수가 증가함에 따라서 관련자극에 대한 P300은 습관화 현상을 보일 것이다. P300에 기초한 유죄지식검사에서 개인별 평가는 관련자극에 대한 P300 크기가 무관련자극에 대한 P300 크기보다 통계적으로 유의하게 더 크가를 검증하는 것으로 이루어진다. 통계적 검증력은 사례수가 증가함에 따라서 높아지므로[7], 시행수가 증가하면 검사의 정확도가 증가할 것이다.

본 연구에서는 P300에 기초한 유죄지식검사에서 시행수가 증가함에 따라서 습관화 현상이 나타나는지, 시행수가 증가함에 따라서 검사의 통계적 검증력이 증가하는지 살펴보고자 한다.

2. 방법

2.1. 실험참여자

대학생 20명이 실험에 자원하여 참가하였으며, 유죄조건과 무죄조건에 각각 10명씩 할당하였다. 성별은 남자 11명 여자 9명이었고, 평균연령은 23.6세(범위 19-29세)였다.

2.2. 실험절차

유죄조건인 실험참여자들은 모의범죄를 수행한 후 P300에 기초한 유죄지식검사를 받았으며, 무죄조건인 실험참여자들은 모의범죄를 수행하지 않은 상태에서 P300에 기초한 유죄지식검사를 받

았다. 모의범죄는 유죄조건인 실험참여자 혼자 특정 연구실에 들어가서 보석을 훔쳐 나오는 상황으로 구성하였다. 무죄조건인 실험참여자는 도난당한 보석이 무엇인지 알지 못하였다.

P300에 기초한 유죄지식검사에 사용한 검사자극은 6가지로 반지, 목걸이, 시계, 귀걸이, 팔찌 및 브로치였다. 이중 한 자극은 목표자극으로, 다른 한 자극은 관련자극으로, 나머지 네 자극은 무관련자극으로 사용하였다. 20명의 실험참여자 중 10명은 실험자극을 사진으로 제시하였으며, 나머지 10명은 실험자극을 단어로 제시하였다. 사진자극은 검은색 배경의 흑백사진이었으며 가로와 세로 크기가 모두 3.5cm였다. 단어자극은 신명조체로 높이가 1.5cm였다.

목표자극이 무엇인지는 유죄지식검사를 수행하기 전에 알려주었으며, 목표자극이 제시되면 그 자극을 알고 있다는 의미로 '예' 버튼을 누르도록 하였고, 목표자극 이외의 자극(관련자극과 무관련자극)이 제시되면 그 자극을 알지 못한다는 의미로 '아니오' 버튼을 누르도록 지시하였다. 목표자극과 관련자극, 무관련자극은 무선적으로 제시하였으며, 자극은 실험참여자로부터 1m 앞에 있는 모니터 중앙에 제시하였고, 사진자극의 경우에는 500ms 동안 자극을 제시하였으며, 단어자극의 경우는 300ms 동안 자극을 제시하였다. 자극간 시간간격은 3초였다. 실험자극의 제시와 반응기록은 SuperLab 4.0을 이용하였다.

실험은 총 4회기로 구성하였다. 1회기에 각 자극 당 30번씩 총 180번 자극을 제시하여, 4회기 동안 총 720번 자극을 제시하였다. 회기 사이에는 2분 내외의 휴식시간을 두었다.

2.3. 뇌파 기록과 분석

뇌파는 Grass Model 12를 사용하여 기록하였다. Ag/AgCl 전극을 Fz, Cz, 및 Pz에 부착하였으며, 양쪽 귓볼에 기준전극을, 이마에 접지전극을 부착하였다. 왼쪽 눈에서 안전도(EOG)를 측정하

였다. 뇌파는 .3~30Hz 대역여과시킨 후, 200Hz의 표집율로 A/D 변환하여 연속적으로 기록하였다. 실험이 끝난 후, EOG를 이용하여 눈깜박임에 의한 노이즈를 제거하였으며[8], 뇌파를 자극제시 전 100ms를 포함하여 총 1500ms로 구간을 나누어 분석에 사용하였다.

P300의 크기는 peak-peak 방법을 사용하여 측정하였다[5]. Peak-peak 방법은 P300의 값(자극제시 후 300ms~700ms 사이에 100ms 구간의 평균값이 가장 큰 값)과 P300 이후에 나타나는 가장 부적인 값(P300 이후부터 1400ms 사이에 100ms 구간의 평균값이 가장 작은 값) 간의 차이 값을 P300의 크기로 사용한다.

2.4. 개인별 분석

개인수준의 분석을 위하여, 개인별로 부트스트랩 절차를 이용한 P300 크기 차이를 평가하였다[5][9]. 1000개의 부트스트랩 표본 중에서 관련 자극에 대한 P300 크기가 무관련자극에 대한 P300 크기보다 큰 경우의 수를 부트스트랩 크기 차이 지수로 사용하였다.

3. 결과 및 결론

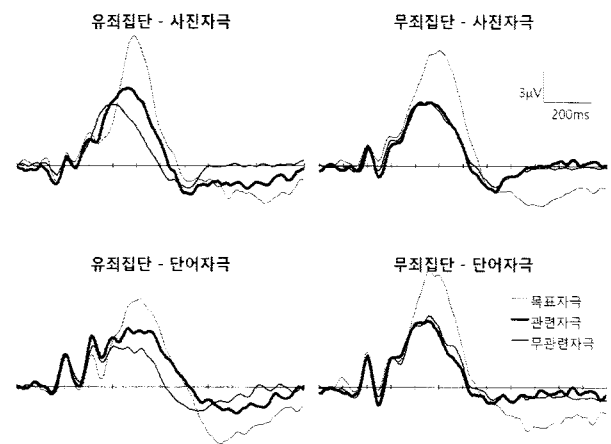
실험 조건별로 목표자극과 관련자극, 무관련자극에 대한 반응시간을 분석한 결과가 표 1에 제시되어 있다. 유죄집단에서는 관련자극에 대한 반응시간이 무관련자극에 대한 반응시간보다 느린 것으로 나타났으며($t=3.313, df=9, p<.01$), 무죄집단에서는 관련자극에 대한 반응시간과 무관련자극에 대한 반응시간이 통계적으로 유의하게 다르지 않았다($t=1.117, df=9, p>.1$).

실험조건별로 사건관련전위를 산출한 결과가 그림 1에 제시되어 있는데, 유죄집단에서는 관련자극에 대한 P300이 무관련자극에 대한 P300보다 유의하게 큰 것으로 나타났으며($t=2.826, df=9, p<.05$), 무죄집단에서는 관련자극에 대한 P300

과 무관련자극에 대한 P300 크기가 유의하게 다르지 않았다($t=1.012, df=9, p>.10$).

[표 1] 실험 조건 별 반응시간(ms)

자극	집단	목표자극	관련자극	무관련자극
사진	유죄	527(137)	463(179)	439(163)
	무죄	525(83)	455(24)	439(37)
단어	유죄	643(204)	589(188)	546(191)
	무죄	494(36)	439(22)	437(17)

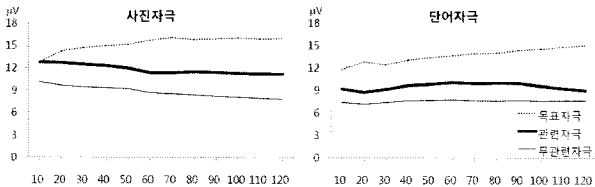


[그림 1] 실험 조건 별 사건관련전위

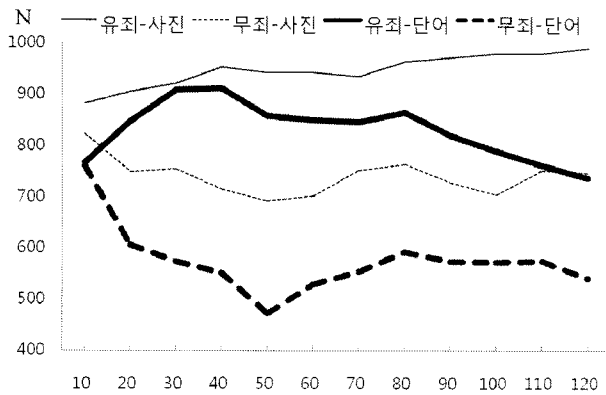
시행수가 관련자극에 대한 P300의 크기에 미치는 영향을 살펴보기 위하여, 시행수가 10 증가할 때마다 평균 ERP를 산출하여 P300의 크기를 평가하였으며, 그림 2에 제시되어 있다. 시행수에 따른 P300의 크기에 대한 통계분석 결과가 유의하지는 않았지만, 사진자극에서는 시행수가 증가함에 따라서 관련자극에 대한 P300 크기가 감소하는 경향이 있었으며, 단어자극에서는 90회 이후부터 감소하는 경향이 있었다.

시행수가 개인별 분석결과에 미치는 영향을 살펴보기 위하여, 시행수가 10 증가할 때마다 분석을 실시하여 부트스트랩 크기차이 지수를 산출하였으며, 그림 3에 제시되어 있다. 시행수에 따른 부트스트랩 크기차이 지수의 변화가 통계적으로

유의하지는 않았지만, 사진자극을 사용한 유죄조건에서는 부트스트랩 지수가 상승하는 경향이 있었으며, 단어자극을 사용한 유죄조건에서는 30회에서 80회까지는 안정적인 값을 보였으며 90회 이후부터 부트스트랩 크기차이 지수가 감소하는 경향을 보였다.



[그림 2] 유죄조건에서 시행수의 증가에 따른 P300 크기의 변화



[그림 3] 실험조건별 시행수의 증가에 따른 부트스트랩 크기차이 지수의 변화

시행수가 증가함에 따라 관련자극에 대한 P300 성분이 습관화 현상을 보일 가능성이 높은 것으로 나타났다. 그러나, 사진자극에서는 무관련 자극에서도 습관화 현상이 나타나, 검사의 정확도에는 영향을 미치지 못하였으며, 단어자극에서는 시행수가 90회에 이르러서 검사의 정확도가 다소 감소하는 경향이 있었다. 유죄조건과 무죄조건의 결과를 함께 보았을 때, 시행수가 40회에서부터 80회 수준일 때 가장 좋은 결과를 산출하는 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] Mertens, R. & Allen, J.J.B. (2008). The role of psychophysiology in forensic assessments: deception detection, ERPs, and virtual reality mock crime scenarios. *Psychophysiology*, 45, 286-298.
- [2] Rosenfeld, J.P., Angell, A., & Johnson, M. (1991). An ERP-based, control-question Lie detector Analog: algorithms for discriminating effects within individuals' average waveforms. *Psychophysiology*, 28, 319-335.
- [3] 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 Psychophysiology*, 66, 231-237.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] Riggins, B.R. & Polich, J. (2002). Habituation of P3a and P3b from Visual Stimuli. *The Koreans Journal of Thinking & Problem Solving*, 12, 71-81.
- [7] Gravetter, F.J. & Wallnau, L.B. (2000). *Statistics for the behavior sciences* (5th ed.). Wadsworth (Belmont, CA).
- [8] 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.
- [9] Wasserman, S. & Bockenholt, U. (1989). Bootstrapping: applications to psychophysiology. *Psychophysiology*, 26, 208-221.