

Application of ERP-based Memory Identification Using Bootstrap Technique for Eyewitness: Comparison of Recognition Protocol and Concealed Information Task Protocol*

Keunsoo Ham^{1†}, Kipyong Kim¹, Hojin Jeong¹, Yeseul Kim¹

¹Department of Psychological Forensics, National Forensic Service

Some event-related potentials (ERPs) components reflect recognition information processes. In this study, we tested the accuracy of ERP-based memory classification using peak-to-peak bootstrapped amplitude difference (BAD) method. Participants (N=25) watched a mock-crime video and performed task about 1 hour later. One group (n=13) performed recognition protocol which a response was selected from seen or unseen responses after probe presentation. The other group (n=12) performed Target/Non-target (T/NT) protocol which a response was selected from target or non-target responses based on the color of background behind the memory cue. We analyzed cue-evoked ERP and the bootstrapped differences in recollection-related ERP components (late positive complex, LPC; late posterior negativity, LPN) at Pz site were used for classification (observed vs. unobserved). Analyzing ERP differences in recognition protocol group were highly effective in distinguishing between probe and the other type of stimulus (ACC = .85). On the other hands, analyzing ERP differences in T/NT task protocol group were useless for eyewitness memory Identification (ACC = .17). These results indicate neural activity evoked by recognition cue could be used for eyewitness investigation, and suggest the property of the task is important.

Keywords: eyewitness memory, event-related potentials, LPC, LPN, bootstrap

1 차원고접수 19.07.27; 수정본접수: 19.12.19; 최종게재결정 20.01.02

범죄 수사(criminal investigation)의 핵심 중 하나는 피해자나 목격자에게서 정확한 진술을 수집하여 빠른 시일에 피의자를 식별하거나 이들의 범죄 사실을 판단하는 것을 포함한다. 수사 과정에서 목격자나 피해자의 기억 정보를 수집하는 거의 유일한 방법으로 진술이 활용되고 있지만, 진술 정보의 정확성을 검증할 수 있는 객관적인 검사는 거의 없다. 만약 목격자나 피해자가 강렬한 정서에 압도되거나 언어 기능이 저하된 경우에는 진술 정보를 수집하지 못할 수도 있다. 이런 경우 이들이 기억 단서를 처리할 때 발생하는 인지정보처리 과정을 반영하는 신경학적 반응을 측정하여 추론할 수 있다면 진술 내용의 객관적인 분석이 가능할 것으로 생각된다

(Schacter & Loftus, 2013). 기억 단서를 제시했을 때 발생하는 신경학적 반응을 분석했을 때, 목격자극과 목격하지 않은 자극이 서로 다른 신경학적 반응을 발생시킨다는 연구가 보고되고 있다(Abe et al., 2008; Ham, Kim, & Jeong, 2018a). 그러나, 아직까지 재인 과정 중 발생하는 신경학적 반응들을 분석하여 목격 여부를 변별한 연구는 많지 않다. 따라서 본 연구에서는 목격자들에게 기억 단서를 제시했을 때 발생하는 사건관련전위(event-related potentials, ERPs)를 분석하여 목격 여부를 효과적으로 변별할 수 있는지 알아보 고자 했다.

목격자들의 기억은 해당 장면에서 주의를 기울여 기억한

* 본 연구는 행정안전부 주관 국립과학수사연구원 과학수사감정기법 연구개발 사업의 지원을 받아 수행되었음(2019-심리-01).

† 교신저자: 함근수, 국립과학수사연구원 법심리과, (26460) 강원도 원주시 입춘로 10

Tel: 033-902-5355, E-mail: ksham@korea.kr

항목 정보뿐만 아니라 그 항목 정보와 관련된 구체적인 맥락을 담고 있는 맥락 정보(contextual information) 혹은 출처 정보(source information)를 포함하고 있다(Multhaup, De Leonardi, & Johnson, 1999). 출처 정보는 사건 자체의 내용과 더불어 언제, 어디서, 어떤 상황에서 목격했는지와 같은 내용으로 구성되므로 감각/지각적, 시공간적, 의미적 속성들을 포함한다. 따라서 목격한 기억을 인출할 때는 항목 정보 외에도 출처 정보의 인출도 함께 발생할 것이라고 예측된다(Cansino, Maquet, Dolan, & Rugg, 2002; Woroch & Gonsalves, 2010).

연구자들은 항목 정보나 출처 정보의 인출을 반영하는 신경학적인 특성들을 조사했다(Addante, Ranganath, & Yonelinas, 2012). 기능적 자기공명영상(functional magnetic resonance imaging, fMRI)을 이용한 연구에서 목격 여부에 따라 활성화에 차이를 보이는 두뇌 영역으로 전전두피질이나 두정피질이 발견되었다(Wagner, Shannon, Kahn, & Buckner, 2005). 이와 유사하게, 재인 과제 동안 인출 처리를 반영하는 ERP 성분들도 전두 영역과 두정 영역 부근에서 발견되고 있다(Rugg & Curran, 2007). 전두 영역에서 기억 단서 제시 후 300~500ms 구간에서 유발되는 부정적 ERP 성분인 frontal negativity 400(FN400)은 빠르고 자동적으로 이뤄지는 친숙성-기반 재인 처리를 반영한다고 알려져 있다. 그리고 두정 영역에서 단서 제시 후 400~800ms 구간에서 발생하는 정적 ERP 성분인 late positive component(LPC)는 느리지만 의식적인 기억 정보의 탐색 처리와 연결된다(Rugg & Curran, 2007; Wilding, 2000). FN400은 기억하고 있는 단서(old)가 제시됐을 때보다 새로운 단서(new)가 제시됐을 때 부정 전위 값을 보이는 반면, LPC는 old 단서에 대해 더 높은 전위 값을 보인다. LPC는 old 반응을 보이더라도 정보의 출처를 정확하게 기억하고 있는 단서일 때 전위 값이 더 높게 관찰되는 특징이 있다(Stroczak, Bird, Corby, Frishkoff, & Curran, 2016). 후기 인출 처리 과정을 반영하는 또 다른 ERP 성분으로는 late posterior negativity(LPN)가 있다. LPN은 두정 영역에서 기억 단서가 제시된 후 1200~1800ms 구간 동안 부정 전위 값을 보이는 ERP 성분으로, 원 정보를 탐색하여 기억을 재구성하는(reconstruct) 처리를 반영한다고 알려져 있다(Mecklinger, Rosburg, & Johansson, 2016). LPN은 새로운 단서보다 기억 정보의 부호화가 이뤄진 단서를 제시했을 때 발생하는 부정 진폭이 더 크다(Ranganath & Paller, 2000; Senkfor & Van Petten, 1998).

기억 여부에 따라 다르게 발생하는 인출 정보처리의 차이

에 주목하여, ERP나 fMRI를 목격자 기억의 정확성을 평가하는데 사용할 수 있을 것으로 생각된다. ERP 연구에서는 목격 여부에 따라 FN400과 LPC와 같은 성분에서 차이가 발견된다는 것을 확인했으며(Ham, Kim, & Jeong, 2018a), fMRI 연구에서는 두정 피질의 활성화 수준이 재인을 정확하게 할 때만 높다는 결과를 발견했다(Abe et al., 2008). ERP를 이용한 최근 연구에서는 목격한 자극과 목격하지 못했던 무관련자극의 FN400 및 LPC의 차이가 2주의 시간 지연이 있어도 유지됐다는 보고가 있었다(Kim, Jeong, Kim, & Ham, 2019). 특히 LPC는 시간 지연이나 오정보의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 이런 결과는 재인 동안 발생하는 신경학적 반응들을 이용하여 기억 정보처리를 추론할 수 있다는 것을 보여주며, 더 나아가 이를 분석하여 목격 여부를 추정할 수 있음을 시사한다.

연구자들은 뇌파를 이용하여 목격 여부를 변별하기 위해 두 가지 접근법을 시도했다. 한 가지는 기계 학습(machine learning)을 이용하는 것으로, 목격자극과 무관련자극이 제시되었을 때의 뇌파의 시공간적 패턴을 학습시킨 후 학습된 모델을 이용하여 뇌파를 분류하는 것이다(Ham, Kim, & Jeong, 2018b; Ham, Kim, Jeong, & Yoo, 2018). 즉, 기존의 뇌파 자료들을 이용해 목격 여부를 변별하는 분류 모델을 생성하고, 새로운 뇌파 자료를 제시했을 때 이 뇌파의 특징이 목격자극에 대한 뇌파와 확률적으로 유사한지, 아니면 무관련자극에 대한 뇌파와 확률적으로 유사한지 검증하는 접근법이다. 이 방법을 이용한 선행 연구는 ERP를 사용하지 않고 단일 시행의 뇌파를 이용하여 목격 여부를 변별했는데, 정확률이 60% 미만으로 보고되었다. ERP를 이용하여 기계 학습 기반 목격 분류 모델의 정확성을 검증한 연구에서는 정확률이 66~74%로 보고되었다(Kim, Jeong, & Ham, 2019). 기계학습 분류 알고리즘을 이용한 뇌파-기반 기억 분류 연구는 막 진행되고 있는 단계이며, 분류 알고리즘을 학습하는데 다수의 뇌파 자료가 필요하기에 경제성이 낮다는 제한점이 있다.

기계학습 외에 목격 여부를 변별하는 또 다른 방법은 한 개인의 자극 유형(목격자극 vs. 무관련자극) 간 ERP의 차이를 통계적으로 검증하는 것이 있다. 이 접근법은 목격 여부에 따라 재인 처리가 다를 것이라 가정한다. 목격자극은 앞서 기술한 재인 처리(예, 의식적 기억 정보 탐색)를 유발할 가능성이 있으므로, 무관련자극(재인이 이뤄지지 않음)과 ERP가 다르다고 예측하는 것이다. 이러한 가정에 기초하여 탐침자극과 무관련자극의 ERP의 차이가 유의할 때는 자극과 관련하여 재인 처리가 발생했다고 보고 목격자극으로 판단하

며, 차이가 없다면 목격하지 않은 것으로 판단한다. 이 방법은 개인 내에서 자극 유형 간 상대적인 ERP의 차이를 비교하므로, 여러 사람의 자료를 수집하지 않고도 목격 여부를 변별하는데 활용할 수 있다는 장점이 있다. 모의 범죄 동영상에서 목격한 직후 혹은 1시간 지연 후 범인을 재인하는 과제를 수행하는 동안 기록된 ERP의 차이를 이용하여 범인을 식별한 연구에서 정확률은 79~83%인 것으로 나타났다(Lefebvre, Marchand, Smith, & Connolly, 2007). 시간 지연이 1주일로 늘어나거나 화면에 목격 대상이 제시되지 않았을 때 변별 정확률은 60% 이하로 낮게 보고되었다. 하지만, 이 연구에서는 변별을 위해 사용한 ERP의 시간 구간이 단서 제시 후 700ms까지로, LPC(400~800ms)나 LPN(1200~1800ms)의 범위를 모두 포괄한다고 보기 어렵다. 이에 본 연구에서는 LPC와 LPN의 구간을 모두 포괄한 시간 구간을 설정하여 ERP의 차이를 분석하여 목격 여부를 변별했다.

본 연구의 주목적은 기억 재인을 반영하는 ERP를 이용하여 목격자극을 선별하는 것이다. 이를 위해 목격한 자극과 무관련자극의 인출 처리에서 차이가 있을 것으로 예측되는 LPC와 LPN을 이용하여 목격 여부를 변별하였다. 목격자극과 무관련자극의 인출 처리가 다르다면, 유발되는 LPC와 LPN에서 유의한 차이를 발견할 수 있을 것이다. 더 나아가 높은 LPC와 LPN을 유발한다면, 목격자극에서 LPC가 관찰되는 구간의 최대 정적 진폭과 LPN이 관찰되는 구간의 최대 부적 진폭 간의 차이(LPC-LPN)가 무관련자극보다 더 클 것이라 예측했다. 본 연구는 숨김정보과제의 부트스트랩 진폭 차이 과제에서 사용하는 방법(Song, Kim, Lee, Chang, & Kim, 2018; Rosenfeld et al., 2008)을 차용하여 한 개인 내에서 목격자극과 무관련자극을 변별해보고, 변별 정확성을 계산하였다.

이와 함께, 목격 여부를 효과적으로 변별할 수 있는 과제 패러다임을 확인하기 위해서 재인 프로토콜과 Target/Non-target(T/NT) 프로토콜을 비교해 볼 것이다. T/NT 프로토콜은 속임수(deception)를 효과적으로 탐지할 수 있다고 알려진 숨김정보검사(concealed information test; Rosenfeld et al., 2008)를 참고하여 설계했다. 이 검사는 숨김정보검사 에서 대응책(countermeasure) 사용을 방지하기 위해, 모든 탐침자극과 무관련자극이 화면에 나타났을 때 버튼을 누르는 반응 구간과 다수의 비목표자극(예, 12345)에서 목표자극(예, 11111)을 변별하는 일종의 oddball 과제를 결합한 것이 특징이다. 이 프로토콜은 첫 번째 반응 구간에서 개인적인 중요도에 따라 탐침자극과 무관련자극을 처리할 때 필요한 주의 자원(attentional resource)이 다를 것이라 가정하고 이 구

간에서 탐침자극과 무관련자극의 P300의 차이를 분석한다. 이 검사 프로토콜은 정보를 숨기고 있는 참가자들을 효과적으로 탐지할 수 있는 것으로 나타났다(Rosenfeld et al., 2008). 하지만 단순 목격자들을 대상으로 목격 여부를 조사한 연구는 거의 없다. 만약 숨김정보검사 과제가 정보의 보유 여부를 반영한다면, 무관련자극보다 목격한 자극을 처리할 때 더 많은 인지 처리과정이 발생할 것이고 이는 탐침자극과 무관련자극의 ERP에서 유의한 차이를 유발할 것이다. 이런 결과는 숨김정보검사가 목격자의 주장을 검증하는데도 효과적일 수 있음을 의미할 것이다. 반면, 목격자극을 탐침자극으로 사용했을 때 탐침자극과 무관련자극의 ERP 차이가 발견되지 않는다면, 숨김정보검사가 단순 목격자에게 적합하지 않다는 것을 의미할 것이다.

본 연구는 T/NT 프로토콜에서 oddball 과제를 재인 과제로 변형한 재인 프로토콜을 비교했다. 따라서 T/NT 프로토콜과 재인 프로토콜의 반응 구간은 동일하며, 반응 구간 후 후속 과제만 재인(“나는 이 물건을 동영상에서 봤다/못 봤다”)과 목표 탐지(연두색 배경화면에 반응)로 구분되었다. 그리고 기억 단서가 제시되는 반응 구간에서 두 검사 간 ERP의 차이를 조사함으로써, 목격자들의 기억 변별에 적합한 검사 방법을 알아보았다.

방 법

참가자

강원도에 위치한 대학교의 온라인 커뮤니티에서 실험 참여자 모집 공고 글을 보고 자원한 33명의 20대 성인을 대상으로 연구를 진행하였다. 이들에게 실험 참여에 대한 대가로 소정의 금액을 제공했다. 참가자들의 정신의학적인 장애를 평가하기 위해 임상심리사2급 자격증을 소지한 실험자가 한국판 Mini-International Neuropsychiatric Interview(MINI; Yoo et al., 2006)을 이용하여 평가했을 때, 제외 기준(예, 우울장애, 불안장애)에 해당되는 사람은 없었다. 참가자들 중 동영상에서 목격자극으로 사용한 물건을 보지 못했다고 보고한 3명과 뇌파 분석 조건을 충족시키지 못한 5명의 자료를 제외하고 총 25명(남: 7명, 여:18명)의 자료를 최종 분석에 사용하였다(연령 $M=21.92$, $SD=2.10$). 본 연구는 국립과학수사 연구원의 IRB의 승인을 받은 후 진행하였다(906-180118-HR-002-02).

실험 재료 및 검사 프로토콜

본 연구에서 참가자들의 부호화를 위해 절도범죄를 재연한

영상을 사용하였으며, 현장추적 싸이렌 372화(2011. 9. 18, Korea New Network)의 일부를 편집하여 사용했다(Ham, Kim, et al., 2018a). 참여자들에게 범인이 창문을 열고 집 안에 침입하여 흰색 장갑을 착용하고 물건을 훔치는 장면을 보았다. 일부 참가자들에게 범인이 빨간색 보석함에서 귀금속을 훔치는 것을 보여주었으며, 나머지는 옷 수납장에서 만원 봉투를 훔치는 장면을 보여주었다. 빨간색 보석함을 목격한 참가자에게는 변형자극으로 검정색 보석함을 사용했으며, 만원 봉투를 목격한 참가자에게는 변형자극으로 5만원 봉투를 사용했다. 동영상에서 목격할 수 없었던 무관련자극(irrelevant)은 검정색 지갑, 데스크탑 PC, 선풍기로 동일했다. 참가자마다 목격한 대상이 다르긴 했지만, 본 연구에서는 결과를 통합하여 기술했다. 뇌파 검사 프로토콜의 구성(탐침자극 1개, 변형자극 1개, 무관련자극 3개)은 동일했으며, ANOVA나 BAD 분석 결과 목격 대상에 따라 유의한 차이가 발견되지 않았기 때문이다.

뇌파를 기록하면서 진행한 검사는 STIM2(Compumedics, Neuroscan)를 사용하여 제작했다. 모든 실험 자극은 참가자와 70cm 떨어져 있는 29인치(2560×1080) LCD 모니터에서 제시되었으며, 수평 시야각은 5.72°~7.36°, 수직 시야각은 3.28°~4.09° 범위를 넘지 않았다.

참가자들은 두 집단에 무선적으로 할당되어 다른 검사를 수행했다. 한 집단은 목격 여부를 판단하여 각기 다른 버튼을 누르는 재인 과제가 포함된 재인 프로토콜(recognition protocol)을 수행했으며, 나머지 한 집단은 목표 배경색에 반응하는 oddball 과제가 포함된 T/NT 프로토콜(Rosenfeld et al., 2008)을 수행했다.

두 집단의 참가자들은 반응을 판단하여 버튼을 누르기 전

에 제시되는 기억 단서(물건 사진)를 보고 왼쪽 버튼이나 오른쪽 버튼 중 하나를 무작위로 최대한 빠르게 누르도록 안내 받았다. 기억 단서 이후 재인 프로토콜 집단은 직전에 제시된 기억 단서를 동영상에서 목격했는지 여부에 따라 ‘봤다’, ‘못 봤다’가 위치한 영역(왼쪽, 오른쪽 무작위)의 버튼을 눌러야 했다. T/NT 프로토콜은 배경색에 초점을 맞춰 배경색이 연두색일 때에만 왼쪽 버튼을, 연두색이 아닌 경우에는 오른쪽 버튼을 눌러야 했다. 재인 프로토콜과 T/NT 프로토콜의 정답 버튼 위치는 모두 동일하도록 조작했다(왼쪽:오른쪽=1:5). 본 연구는 기억 단서를 처리하는 동안 발생하는 ERP를 분석하는데 초점을 맞췄으며, 반응 판단 구간의 뇌파는 분석하지 않았다.

재인 프로토콜과 T/NT 프로토콜에서 모든 기억 단서는 54회씩 제시되었다. 뇌파 검사는 참가자의 피로도를 고려해 3개의 구획으로 구분했으며, 한 구획마다 5개의 기억 단서를 기억 단서를 18회씩 제시했다. 동일한 단서가 연속적으로 제시됨으로써 뇌파에 영향을 주는 것을 방지하기 위해 기억 단서들이 1회씩 번갈아가며 무선적으로(pseudo-random) 제시되도록 자극 제시 순서를 조작했다. 반응 구간 동안 버튼을 누르지 못한 경우에는 오답으로 간주했으며 다음 시행으로 넘어갔다. 응시점이 제시되는 시행 간 간격은 두 프로토콜 모두 1초였으며, 한 구획을 마치는데 7분 30초가 소요되었다.

실험 절차

실험실에 방문한 참가자들은 연구에 대한 개략적인 설명을 듣고 실험 동의서를 작성했다. 참가자들이 영상의 내용을 의도적으로 부호화하는 것을 방지하기 위해 기억과 관련된 단

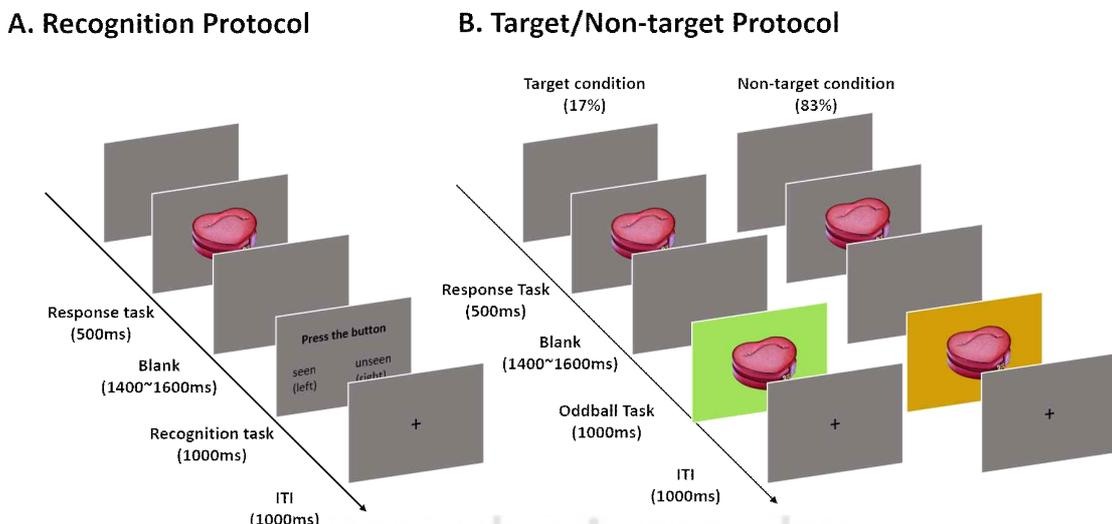


Figure 1. Experimental procedures of (A) recognition protocol and (B) Target/Non-target(T/NT) protocol.

어는 사용하지 않고 ‘절도범죄의 해석’을 알아보기 위한 연구로 설명하였다. 참가자들은 실험실로 이동하여 동영상 본 후, 약 30분간 MINI. 면담과 연구의 목적과 무관한, 숫자 외우기와 설문지 작성을 무작위 순서로 수행했다. 이 절차들은 참가자들이 동영상의 내용을 의도적으로 시연(rehearsal)하는 것을 방지하려는 목적도 있었다. 이 과정을 마치고 나서 참가자들에게 연구의 목적이 뇌파를 분석하여 목격 여부를 변별할 수 있는지 알아보는 것이라고 설명했으며, 이후 실험 절차에 대한 동의를 구하고 뇌파실로 이동하여 집단 별로 지정된 검사를 수행했다.

뇌파 기록은 방음과 차폐 시설이 갖춰진 공간에서 이뤄졌다. 뇌파 기록에 앞서 약 30분 동안 전극이 부착되어 있는 모자를 착용한 후 참가자에게 검사에 대해 설명하고 연습 검사를 수행했다. 연습 검사에서는 탐침자극으로 흰색 장갑, 무관련자극으로 은시계를 사용하여 본 과제와 겹치지 않도록 구성했다. 그리고 연습과제에서 정확률이 80% 이상일 때만 본 검사를 진행했다. 본 검사는 세 구획으로 구성되었으며, 참가자들의 피로도를 고려하여 한 구획의 과제를 끝마치고 5분가량 휴식을 취하고 다음 구획의 검사를 수행했다.

뇌파 획득 및 전처리

뇌파 자료는 NeuroScan SynAmp2 증폭기(Compumedics, Neuroscan)를 사용하여 국제 10-20 시스템에 따른 64개의 전극 부위에서 초당 500번 기록되었다. 참조 전극으로는 Cz 전극에서 후측(posterior)으로 1cm 떨어져 있는 전극을 사용했으나, 자료 분석 과정에서는 좌-우 유양돌기(mastroid)의 신호 평균값을 재참조(re-reference)하여 사용했다. 뇌파에 영향을 미치는 눈 깜빡임(blink)과 미세 도약안구운동(saccade)을 기록하기 위해 수직 안전도(vertical electrooculogram, vEOG)와 수평 안전도(horizontal electrooculogram, hEOG) 기록 전극을 부착했다. 검사가 진행되는 동안 전극 저항은 vEOG와 hEOG의 경우 10k Ω 이하를, 그 외 나머지 전극은 5k Ω 이하를 유지했다.

수집한 EEG는 Curry7(Compumedics, Neuroscan)을 이용하여 전처리했다. 먼저, 각 참가자마다 뇌파 자료를 검토하면서 실험 도중 움직였거나 잦은 빈도로 눈을 깜빡여 분석이 불가능할 것 같은 구간을 지정하여 분석에서 제외했다. 다음으로 butterworth infinite impulse response(4th order) 필터를 적용하여 0.3~30Hz 대역의 신호만 여과하고, 눈깜빡임(blink)이나 미세 도약 안구 운동(saccade)의 영향을 받은 뇌파를 Semlitsch 등(1986)이 제안한 공변량 분석 절차를 이용하여 교정했다.

잡음이 교정된 뇌파에 대해 모든 자극 유형(목격자극, 변형자극, 무관련자극)의 시행에서 기억 단서 제시 전 200ms부터 제시 후 1400ms까지 총 1600ms 구간을 분리했다. 그리고 매 시행마다 뇌파의 기준선(baseline)을 단서 제시 전 200ms부터 자극 제시 시점(0ms)까지 뇌파 신호를 평균하여 교정했다. 이 뇌파 시행들 중 잡음이 포함되어 있을 것으로 판단되는 시행(maximum/minimum peak $\pm 75\mu V$ 초과)은 추후 분석에서 사용하지 않았다.

사건관련전위(ERP) 분석

뇌파 전처리 후 남아있는 시행에서 두정 중심 영역의 전극(Pz)의 신호만을 사용하여 LPC와 LPN 성분 분석과 개인별 부트스트랩 분석을 수행하였다. 이는 선행 연구(Kim, Jeong, Kim, & Ham, 2019)에서 LPC의 효과 크기가 FN400과 같은 ERP 성분보다 높았기 때문이다. LPC와 LPN 분석은 목격한 물건에 대한 재인정보처리의 차이를 조사하기 위해 수행되었다. LPC와 LPN 진폭을 자극 유형(목격자극, 변형자극, 무관련자극) 별로 계산하여 2(검사 프로토콜: 재인 프로토콜, T/NT 프로토콜) \times 3(자극 유형: 탐침자극, 변형자극, 무관련자극) 반복측정 변량분석을 수행했다. 통계분석은 SPSS 23.0(IBM)을 사용했으며, 유의수준은 .05였다.

개인별 목격 여부 변별

참가자마다 목격 여부를 조사하기 위해 BAD 분석을 수행하여 목격 단서에 의해 유발된 LPC와 LPN의 차이가 무관련자극에 대한 차이보다 높은지 검증했다. BAD 분석은 Matlab 2018a(Mathworks)를 이용하여 실시했다. 참가자의 뇌파 시행들을 자극 유형(탐침자극, 변형자극, 무관련자극)으로 구분하고 각 자극별로 N개의 표본을 복원 추출(with replacement)했다. 본 연구에서 복원 추출의 시행 횟수(N)는 세 자극 유형 중 시행 수가 가장 적은 것을 기준으로 선택했다(Rosenfeld, Ward, Meijer, & Yukhnenko, 2017; Song et al., 2018). 재표집된 뇌파 시행들을 평균하여 ERP 파형을 생성한 후, 이 ERP의 LPC와 LPN 진폭을 탐색했다. 본 연구의 부트스트랩 분석에서 LPC는 400ms부터 800ms 구간 사이에서 100ms 크기의 윈도우 구간을 기준으로 평균값이 가장 높은 최댓값 지점의 평균 진폭으로 정의했다. LPN 진폭은 LPC의 지연 시간(latency) 이후 1400ms 구간 사이의 윈도우 구간(100ms)을 기준으로 평균값이 가장 낮은 최솟값 지점의 평균 진폭으로 정의했다. 이렇게 산출된 LPC와 LPN의 차이를 계산하여 ERP 차이 지표(LPC-LPN)로 사용했다. 본 연구는 재인 처리가 발생하면 LPC가 증가하고, LPN이

감소할 것으로 가정했다. 따라서 목격한 자극에 대한 ERP 차이 지표가 목격하지 않은 자극의 ERP 차이 지표보다 유의하게 높을 것이라 생각했다. 따라서 탐침자극(혹은 변형자극)의 ERP 차이 지표가 무관련자극보다 유의하게 높지 않으면 목격하지 않은 것으로, 높으면 목격한 것으로 간주했다. 이를 위해 Rosenfeld et al. (2008)에서 사용한 부트스트랩 분석 절차를 참고하여 탐침자극(혹은 변형자극)의 ERP 차이 지표와 무관련자극의 ERP 차이 지표의 유의성을 판단했다. 한 복원 추출 시행마다 탐침자극과 변형자극의 ERP 차이 지표에서 무관련자극의 ERP 차이 지표를 뺐다. 이런 계산을 100번 반복하여 탐침자극-무관련자극(P-I), 변형자극-무관련자극(L-I)의 ERP 차이 지표의 분포를 생성했다. 그리고 100번의 복원 추출 과정에서 생성된 ERP 차이 지표 평균값이 신뢰구간 90% 하한 범위가 0보다 높은지 살펴보았다. 즉, 분석 지표(예, P-I, L-I)의 평균이 0보다 높으면 해당 자극을 목격한 것으로, 그렇지 않으면 목격하지 않은 것으로 변별했다. 이를 위해 일방향 유의수준 .10을 기준으로 하여, (분석 지표평균)>1.29×(분석지표의 표준편차)인지 검증했다¹⁾.

결 과

인구통계학적 및 심리적 속성

본 연구의 참가자들을 재인 프로토콜 집단과 T/NT 프로토콜 집단으로 분류하여 인구통계학 및 인지 특성을 Table 1에 제시하였다. 집단 간 연령과 손잡이, 작업 기억 용량을 비교하였으며 독립표본 *t*-검증을 통해 분석하였다. 그 결과 집단 간 유의한 차이를 보이는 특성은 없는 것으로 나타났다

Table 1. Demographic information

	Recognition Protocol (<i>n</i> =13)		T/NT Protocol (<i>n</i> =12)		<i>t</i> (χ^2)
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	
Age	21.92	2.25	21.92	2.02	.01
Handedness (EHI)	1.38	.51	1.42	.51	-.16
Digit span	20.00	3.19	18.92	2.07	1.00
Forward	11.62	1.71	8.38	2.33	.68
Backward	8.39	2.33	7.75	1.48	.80
Gender (Male/Female)	5/8		2/10		1.47

Note. EHI: Edinburgh Handedness Inventory.

1) 본 연구는 Rosenfeld et al.(2008)의 분석 절차를 참고하여 BAD 분석의 유의수준을 .10로 설정했다. 유의수준을 .05로 설정했을 때 변별 정확률이 40%로 유의수준을 .10로 설정했을 때(44%)보다 낮았다. 검사

(*p*)>.05). 또한 재인 프로토콜 집단의 경우 남성 및 여성 인원이 5명과 8명으로 큰 차이가 없었으나 T/NT 프로토콜 집단의 경우 2명과 10명으로 여성 인원이 약 5배 더 많았다. 그렇지만 집단에 따른 성별 분포의 차이는 유의하지 않았다 ($\chi^2=1.47, p>.05$).

행동 반응

반응 과제에서 참가자들이 화면에 제시되는 물건 사진을 보자마자 버튼을 눌렀는지 확인하기 위해 각 유형의 물건 사진마다 반응 시간을 산출한 후 2(검사 프로토콜: 재인 프로토콜, T/NT 프로토콜)×3(자극 유형: 탐침자극, 변형자극, 무관련자극) 반복측정 변량분석을 수행한 결과, 어떠한 주효과나 상호작용 효과도 유의하지 않았다(*p*)>.10). 즉 검사 프로토콜이나 자극 유형에 따라 기억 단서에 대한 반응시간에는 유의한 차이가 없었다. 구체적으로, 재인 프로토콜 집단의 반응 시간은 탐침자극과 변형자극, 무관련자극에 대해 각각 260.98ms(*SD*=64.34ms), 254.60ms(*SD*=52.40), 257.92ms(*SD*=48.88ms)로 나타났다. T/NT 프로토콜 집단의 반응 시간은 탐침자극 278.18ms(*SD*=28.33ms), 변형자극 277.55ms(*SD*=32.72ms), 무관련자극 276.91ms(*SD*=28.31ms)였다.

사건관련전위

집단 별 자극유형에 따른 ERP 성분의 평균 및 표준편차가 Table 2에 제시되어 있다.

LPC 성분에 대한 반복측정 변량분석을 수행한 결과, 검사 프로토콜의 주효과는 유의하지 않았지만, 자극 유형의 주효과는 유의했다($F_{(2,46)}=8.10, p<.01, \eta_p^2=.26$). 또한 검사 프로토콜과 자극 유형 간 상호작용 효과도 유의했다($F_{(2,46)}=3.75,$

$p < .05$, $\eta_p^2 = .14$). 즉 검사 프로토콜에 따라 자극 유형에 따른 LPC 진폭의 차이가 달랐다. 사후분석을 위해 집단을 구분하여 자극 유형의 단순주효과를 검증한 결과,재인 프로토콜 집단은 탐침자극에 대한 LPC 진폭($M = 7.08$)이 변형자극($M = 4.57$)이나 무관련자극($M = 4.71$)보다 유의하게 높았다($F_{(2,24)} = 14.11$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .54$). T/NT 프로토콜 집단은 자극 유형에 따른 LPC 진폭의 차이가 유의하지 않았다($F_{(2,22)} = .57$, $p > .10$).

다음으로 LPN 성분에 대해서 반복측정 변량분석을 실시한 결과, LPC 결과와 동일하게 자극 유형의 주효과($F_{(2,46)} = 6.03$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .21$)가 유의했으며, 검사 프로토콜과 자극 유형 간 상호작용 효과가 유의한 것으로 나타났다($F_{(2,46)} = 7.06$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .24$). 검사 프로토콜에 따라 집단을 구분하여 자극 유형의 단순주효과를 검증했을 때,재인 프로토콜 집단은 탐침자극에 대한 LPN의 진폭($M = -2.59$)이 변형자극($M = -.44$)이나 무관련자극($M = -.55$)보다 유의하게

Table 2. The mean amplitude (μV) of LPC and LPN components for the type of stimuli in recognition and T/NT protocol.

		Recognition Protocol (n=13)	T/NT Protocol (n=12)
LPC	Probe	7.08(3.29)	4.46(2.45)
	Lure	4.57(2.93)	4.16(2.26)
	Irrelevant	4.71(3.07)	3.77(1.61)
LPN	Probe	-2.59(4.27)	-.50(1.51)
	Lure	-.44(2.66)	-.62(1.51)
	Irrelevant	.55(2.09)	-.62(1.70)

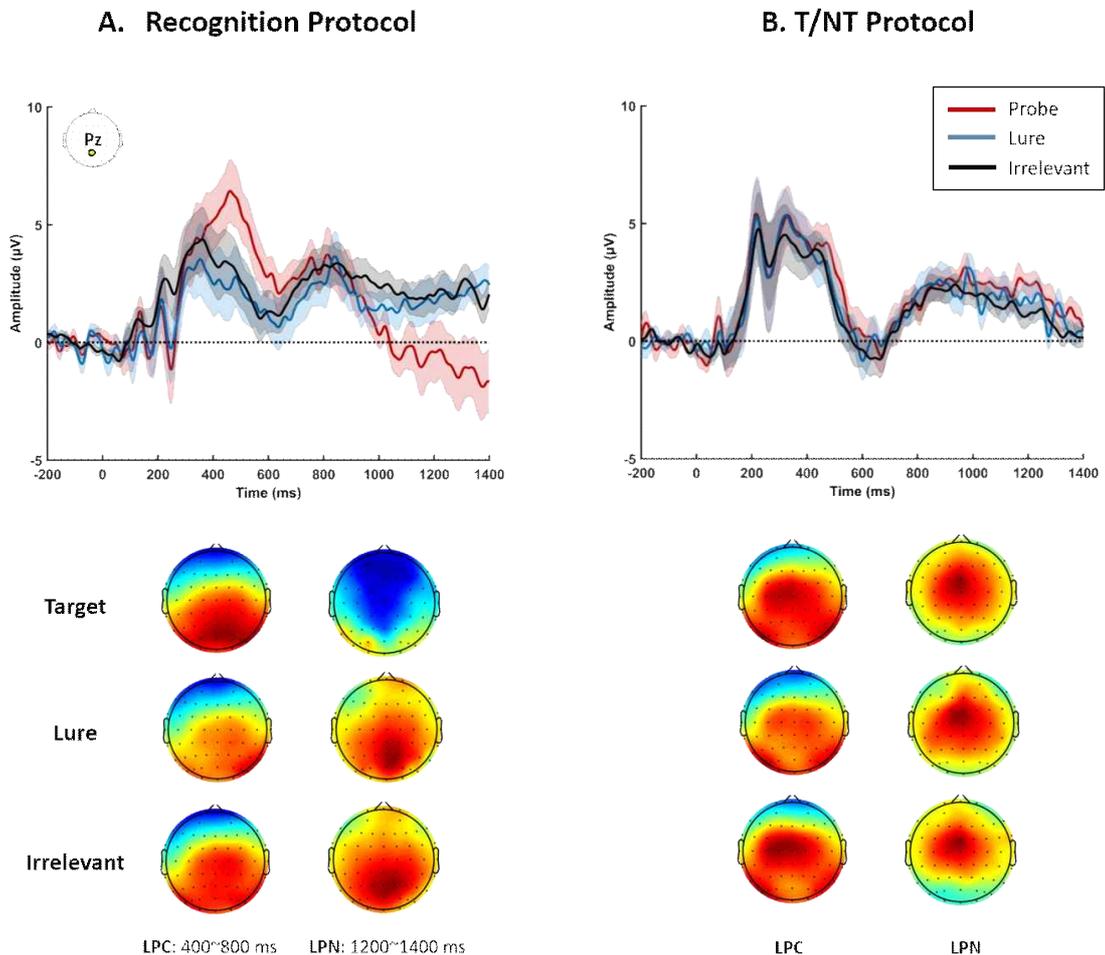


Figure 2. ERP and topological scalp maps at PZ electrode for stimulus type (probe, lure, irrelevant) for (A) recognition protocol and (B) T/NT protocol.

낮았다($F_{(2,24)}=8.43, p<.01, \eta_p^2=.41$). T/NT 프로토콜 집단은 자극 유형에 따른 LPN 진폭의 차이가 유의하지 않았다 ($F_{(2,22)}=.07, p>.10$).

각 집단 별 Pz 전극에서 측정된 ERP가 Figure 2에 제시되어 있다. 요약하면,재인 과제를 수행한 집단에서는 변형 자극이나 무관련자극보다 탐침자극이 더 큰 LPC와 LPN를 유발했다. 반면, T/NT 과제를 수행한 집단에서는 자극유형에 따른 ERP의 차이는 발견되지 않았다.

개인별 분석

Table 3에는 BAD(p-p)를 사용하여 개인별로 목격 여부를 변별한 결과가 제시되어 있다.재인 프로토콜 집단은 13명 중 11명(84.6%)에게서 자극 유형별 목격 여부를 정확하게 변별한 것으로 나타났다. 탐침자극을 목격자극으로 정확하게 변별한 비율은 92.3%(12/13)이었다. 한 참가자의 경우 탐침 자극과 변형자극을 모두 목격했다고 변별했다.

T/NT 프로토콜 집단은 12명 중 1명(8.33%)에게서만 탐침 자극과 변형자극을 모두 정확하게 변별했다. 탐침자극을

목격자극으로 정확하게 변별한 비율은 12명 중 2명(16.7%)이었지만, 한 사람의 경우 변형자극도 목격된 것으로 잘못 변별한 것으로 나타났다.

논 의

본 연구는 부트스트랩 방법(BAD)을 적용하여 범죄 동영상에서 목격한 물건과 변형자극, 그리고 목격하지 못한 자극이 제시되었을 때 발생한 ERP 중 인출 처리를 반영하는 성분들(LPC, LPN)의 진폭 차이를 분석하여 목격 여부를 변별할 수 있는지 알아보았다. 주요 결과는재인 프로토콜을 수행한 집단에서는 뇌파를 이용한 목격 여부 변별 정확률이 84.6%인 반면, T/NT 프로토콜을 수행한 집단에서는 변별 정확률이 16.7%에 불과했다는 것이다. 이런 결과는 과제의 속성이 LPC나 LPN 유발에 영향을 미치기 때문에 목격 여부 변별에 중요하게 작용할 수 있음을 보여준다. 그러나 본 연구에서 기억 변별의 지표로 사용한 신경학적 측정치(LPC, LPN)가 진짜 기억(true memory)과 가짜 기억(false memory)을

Table 3. Identification accuracy based on ERP bootstrapped amplitude difference method using peak-to-peak measurement.

Subject	Recognition Protocol (n=13)			T/NT Protocol (n=12)		
	P-I(SD)	L-I(SD)	Identification results	P-I(SD)	L-I(SD)	Identification results
1	3.45(1.72)*	-2.15(1.43)	CI	0.51(1.77)	-0.83(1.54)	M
2	2.78(1.59)*	0.68(1.22)	CI	-0.26(1.56)	1.59(1.6)	M
3	5.99(2.46)*	-1.34(1.56)	CI	2.14(1.76)	-0.17(1.68)	M
4	4.79(1.64)*	-0.35(1.68)	CI	0.53(3.59)	0.30(2.16)	M
5	3.18(2.03)*	0.38(1.75)	CI	-0.77(2.34)	-0.50(2.19)	M
6	2.65(1.67)*	-0.47(1.4)	CI	1.08(1.81)	1.01(2.04)	M
7	1.30(1.66)	0.00(1.46)	M	1.70(1.59)	1.06(1.76)	M
8	3.27(1.54)*	0.36(1.86)	CI	4.73(2.36)*	1.60(2.07)	CI
9	12.27(2.27)*	1.3(2.12)	CI	3.33(1.68)*	2.51(1.6)*	FA
10	2.48(1.79)*	1.79(1.86)	CI	1.70(1.82)	1.81(1.56)	M
11	5.00(1.58)*	3.28(1.55)*	FA	-1.45(1.94)	-2.18(1.95)	M
12	12.96(3.43)*	-3.06(2.57)	CI	-2.05(1.91)	-0.40(1.93)	M
13	5.20(2.4)*	3.28(2.59)	CI		-	
Identification Accuracy						
Recognition Task Group				11/13(84.6%)		
T/NT Task Group				2/12(16.7%)		

Notes. P-I: Mean amplitude difference between probe and irrelevant stimulus, L-I: Mean amplitude difference between lure and irrelevant stimulus. CI: correct identification, FA: false alarm, M: Miss. The * indicates that the amplitude difference was significant at $p < .10$.

타당하게 구분할 수 있는지는 확인할 수 없다(Abe et al., 2008).

재인 프로토콜을 수행한 참가자들에게서 탐침자극과 변형 자극, 무관련자극 간 LPC, LPN 성분의 차이가 유의했다. 이 결과는 동영상에서 목격한 자극에 대한 기억 탐색 과정을 반영하는 것으로 해석할 수 있다(Ranganath & Paller, 2000; Senkfor & Van Petten, 1998; Strozak et al., 2016). 즉 목격 여부에 따라 제시된 자극과 관련된 세부 정보를 탐색하거나 출처 정보를 인출하는 처리 과정에서 유의한 차이가 있음을 보여준다. LPC와 LPN 모두 탐침자극과 유사한 변형자극에 대해서는 발생하지 않은 결과는 참가자들이 탐침자극에 대해서 의식적으로 기억을 탐색하고 재구성하는 과정을 반영하는 것으로 보인다(Rugg & Curran, 2007). 특히, 재인 프로토콜 집단의 경우 ERP를 이용하여 목격 여부를 변별했을 때 정확률이 약 85%로 나타났다. 이러한 결과는 개인 내에서도 목격 여부에 따라 기억 단서에 대한 인출 처리 과정이 유의하게 다르며, 이를 추론하여 목격 여부를 객관적으로 검증할 수 있다는 것을 시사한다.

마지막으로, 본 연구는 재인 과제 집단의 ERP 분석에 주요 관심이 있었으나, T/NT 프로토콜에서 목격 여부에 따라 사건관련전위의 차이가 발생하지 않았음을 추가로 논의할 필요가 있다. T/NT 프로토콜을 수행한 참가자들도 뇌파 과제의 목적이 목격 여부 변별이라는 설명을 들었을 뿐만 아니라, 실험 후 면담에서 탐침자극을 동영상에서 봤다고 보고했다. 그럼에도 이 집단에서 탐침자극과 다른 유형의 자극에 대한 LPC와 LPN 성분에서 차이가 발생하지 않았다.

재인 프로토콜과 T/NT 프로토콜을 수행한 참가자들의 탐침자극에 대한 LPC(재인: 7.08, T/NT: 4.46)와 LPN(재인: -2.59, T/NT: -.50) 진폭을 비교해볼 때, T/NT 프로토콜을 수행한 참가자들은 반응 구간에서 기억 정보를 인출하는 인지 처리과정이 발생하지 않았을 가능성을 고려해볼 수 있다. 반응 구간 이후 목표 배경 색에만 반응해야 하는 T/NT 프로토콜의 특성상 기억 단서를 처리하는 것이 과제 수행과는 무관하기 때문이다. 또한, 탐침자극에만 주관적인 의미를 부여하도록 이끄는 절차(예, 모의 범죄 행위의 은닉, 탄로시 불이익 명시)가 사용되지 않았다. 이런 절차를 적용한 숨김 정보검사 연구에서 탐침자극 변별의 정확률은 76%~93%로, 본 연구(12.2%)보다 훨씬 높게 보고되고 있다(Rosenfeld, Hu, Labkovsky, Meixner, & Winograd, 2013). 숨김정보검사는 유죄인 피검사가 무관련자극보다 탐침자극을 처리하는데 더 많은 주의자원을 사용한다고 가정하는데(Johnson Jr, 1993), 단순 목격자들에게는 숨김정보검사가 목격 여부에

따라 인지 처리과정에서 유의한 차이를 유발하지 않는 것으로 보인다. 재인 프로토콜의 경우 제시되는 기억 단서를 보고 동영상에서 봤는지 혹은 못 봤는지를 판단하는 것이 후속 반응으로 이어지기 때문에, 탐침자극에 대해서만 추가적인 재인처리(예, 원정보 탐색)가 발생하여 ERP에도 영향을 미쳤을 것이다.

본 연구는 기억 인출의 신경생리학적 특성을 이용해 목격 여부를 변별한 탐색적 연구로서, 재인 프로토콜의 경우 참가자 수가 13명으로 적었지만 변별 정확률이 85%로 비교적 높았다. 그러나 이런 결과의 반복 검증과 타당성을 확인하기 위해 많은 표본을 대상으로 연구 결과를 검증하는 것이 필요하다.

또 다른 방법론적 한계로 시간 지연을 고려하지 않은 것이다. 선행 연구에서 모의 범죄 목격 후 1주일이나 지나서 뇌파로 범인을 분류했을 때 정확률이 58%에 정도였다(Lefebvre et al., 2007). 본 연구의 재인 과제와 거의 동일한 절차를 거친 연구(Kim, Jeong, Kim, & Ham, 2019)에서는 2주의 시간 지연이 LPC에 미치는 영향이 유의하지 않은 것으로 나타났다. 따라서 시간 지연으로 인한 기억 소실이나 망각이 사건관련전위를 이용한 목격 여부의 분류 결과에 미치는 영향을 면밀하게 탐색해야 할 것이다.

인지신경학적 기억 변별 모델을 개발하기 위해 풀어나가야 할 문제점들이 있지만, 본 연구 결과는 목격 여부를 변별하기 위해 기억 인출 동안 발생하는 대뇌의 전기생리학적 반응 측정치를 이용할 수 있다는 것을 보여주었다. 본 연구는 목격 여부에 따른 사건관련전위의 속성을 탐색하던 시도에서 더 나아가, 부트스트랩 방법을 적용하여 목격 여부를 변별했다. 단일 시행의 뇌파를 이용했던 선행 연구와 비교해서 변별 정확률이 더 높다는 것을 확인함으로써, 인출 정보처리 과정을 모델링한 기억 변별 기법을 개발하는데 기여할 것으로 기대한다.

한편, 동일한 처치를 받은 참가자라 할지라도 과제 방법에 따라 사건관련전위의 특성과 변별 정확률이 크게 다르다는 것은 검사 목적에 따라 과제를 설계하는 것이 중요하다는 것을 보여준다. 즉 개인의 사건관련전위의 차이가 인지 처리과정에서 발생했다는 것을 고려하여, 검사를 통해 알고자 하는 인지 처리과정을 정확하게 측정할 수 있는 과제를 설계해야 한다. 이는 실질적으로 수사에 활용할 수 있는 심리과학적 검사 도구를 개발하기 위해서는 다양한 방법론적 접근법이 필요하다는 것을 시사한다.

References

- Abe, N., Okuda, J., Suzuki, M., Sasaki, H., Matsuda, T., Mori, E., . . . Fujii, T. (2008). Neural correlates of true memory, false memory, and deception. *Cerebral Cortex*, *18*, 2811-2819.
- Addante, R. J., Ranganath, C., & Yonelinas, A. P. (2012). Examining ERP correlates of recognition memory: evidence of accurate source recognition without recollection. *Neuroimage*, *62*, 439-450.
- Cansino, S., Maquet, P., Dolan, R. J., & Rugg, M. D. (2002). Brain activity underlying encoding and retrieval of source memory. *Cerebral Cortex*, *12*, 1048-1056.
- Ham, K. S., Kim, K. P., & Jeong, H. J. (2018a). Estimating eyewitness memory accuracy using event-related potentials(ERPs): Focusing on FN400 and LPC. *Korean Journal of Investigative Psychology*, *4*(1), 1-12.
- Ham, K. S., Kim, K. P., & Jeong, H. J. (2018b). Support Vector Machine(SVM)-based classification of eyewitness memory using single-trial EEG. *The Korean Journal of Cognitive and Biological Psychology*, *30*, 413-419.
- Ham, K. S., Kim, K. P., Jeong, H. J., & Yoo, S. H. (2018). The assessment of eyewitness memory using electroencephalogram: Application of machine learning algorithm. *Korean Journal of Legal Medicine*, *42*, 62-70.
- Johnson Jr, R. (1993). On the neural generators of the P300 component of the event related potential. *Psychophysiology*, *30*, 90-97.
- Kim, K. P., Jeong, H. J., & Ham, K. S. (2019). Comparison of deep-learning algorithms for EEG-based eyewitness memory classification system. *Journal of Scientific Criminal Investigation*, *13*(2), 95-101.
- Kim, K. P., Jeong, H. J., Kim, Y. S., & Ham, K. S. (2019). ERP correlates of eyewitness memory recognition: Effects of time delay and misinformation. *The Korean Journal of Psychology: General*, *38*, 53-74.
- Lefebvre, C. D., Marchand, Y., Smith, S. M., & Connolly, J. F. (2007). Determining eyewitness identification accuracy using event-related brain potentials (ERPs). *Psychophysiology*, *44*, 894-904.
- Mecklinger, A., Rosburg, T., & Johansson, M. (2016). Reconstructing the past: The late posterior negativity (LPN) in episodic memory studies. *Neuroscience Biobehavioral Review*, *68*, 621-638.
- Multhaup, K. S., De Leonardis, D. M., & Johnson, M. K. (1999). Source memory and eyewitness suggestibility in older adults. *The Journal of General Psychology*, *126*, 74-84.
- Ranganath, C., & Paller, K. A. (2000). Neural correlates of memory retrieval and evaluation. *Cognitive Brain Research*, *9*, 209-222.
- Rosenfeld, J. P., Hu, X., Labkovsky, E., Meixner, J., & Winograd, M. R. (2013). Review of recent studies and issues regarding the P300-based complex trial protocol for detection of concealed information. *International Journal of Psychophysiology*, *90*, 118-134.
- Rosenfeld, J. P., Hu, X., & Pederson, K. (2012). Deception awareness improves P300-based deception detection in concealed information tests. *International Journal of Psychophysiology*, *86*, 114-121.
- Rosenfeld, J. P., Labkovsky, E., Winograd, M., Lui, M. A., Vandenberg, 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., Ward, A., Meijer, E. H., & Yukhnenko, D. (2017). Bootstrapping the P300 in diagnostic psychophysiology: How many iterations are needed?. *Psychophysiology*, *54*, 366-373.
- Rugg, M. D., & Curran, T. (2007). Event-related potentials and recognition memory. *Trends in Cognitive Science*, *11*, 251-257.
- Schacter, D. L., & Loftus, E. F. (2013). Memory and law: What can cognitive neuroscience contribute?. *Nature Neuroscience*, *16*, 119-123.
- 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.
- Senkfor, A. J., & Van Petten, C. (1998). Who said what? An event-related potential investigation of source and item memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *24*, 1005-1025.
- Song, I. U., Kim, H. M., Lee, K. E., Chang, E. H., &

- Kim, H. T. (2018). The comparison of bootstrapping analyses in P300-CIT. *The Korean Journal of Forensic Psychology, 9*, 75-99.
- Stozak, P., Bird, C. W., Corby, K., Frishkoff, G., & Curran, T. (2016). FN400 and LPC memory effects for concrete and abstract words. *Psychophysiology, 53*, 1669-1678.
- Wagner, A. D., Shannon, B. J., Kahn, I., & Buckner, R. L. (2005). Parietal lobe contributions to episodic memory retrieval. *Trends in Cognitive Science, 9*, 445-453.
- Wilding, E. L. (2000). In what way does the parietal ERP old/new effect index recollection? *International Journal of Psychophysiology, 35*, 81-87.
- Woroch, B., & Gonsalves, B. D. (2010). Event-related potential correlates of item and source memory strength. *Brain Research, 1317*, 180-191.

목격자들을 대상으로 부트스트랩 기법을 이용한 뇌파 기반 기억 변별 기법의 적용: 재인 프로토콜과 숨김정보검사 프로토콜의 비교

함근수¹, 김기평¹, 정호진¹, 김예슬¹

¹국립과학수사연구원 법심리과

범죄 목격자가 목격 단서와 목격하지 않은 단서를 재인하는 과정에서 회상이나 원정보 탐색과 같은 정보처리 방식에는 차이가 있을 것이다. 본 연구는 인출 처리를 반영하는 사건관련전위 성분을 분석한다면, 목격 여부를 변별할 수 있을 것으로 가정했다. 구체적으로 두정 중심 부근의 영역(Pz)에서 목격한 자극을 탐침자극으로 제시했을 때 목격하지 않았던 무관전자극보다 400~600ms 구간의 late positive component(LPC)는 더 크게, 1200~1400ms 구간의 late posterior negativity(LPN)는 더 낮게 나타날 것으로 보고, 이 두 사건관련전위 성분의 차이(LPC-LPN)를 부트스트랩 방법(peak-to-peak bootstrapped amplitude difference)으로 분석하여 목격 여부를 변별하고자 했다. 참여자 25명은 범죄 동영상을 목격하고 1시간 후 과제를 수행했다. 재인 프로토콜 집단(n=13)은 물건 사진에 반응하는 과제 후 앞서 제시된 물건을 동영상에서 봤는지, 못 봤는지를 판단하는 재인 과제를 수행했으며, Target/Non-target(T/NT) 프로토콜 집단(n=12)은 물건 사진에 반응한 후, 물건의 배경색을 보고 목표 배경색에 반응하는 oddball 과제를 수행했다. 물건 자극을 처리할 때 발생한 사건관련전위를 분석했을 때 재인 프로토콜 집단에서만 동영상에서 목격했었던 탐침자극과 목격하지 못한 자극(변형자극, 무관전자극) 간 LPC와 LPN의 차이가 유의했다. 부트스트랩 방법을 이용하여 목격 여부를 변별했을 때, 재인 프로토콜 집단의 경우 13명 중 11명(84.6%)이 목격 여부를 정확하게 변별한 것으로 나타났다. T/NT 프로토콜 집단의 정확한 변별은 12명 중 2명(16.7%)에 불과했다. 이런 결과는 목격자들을 대상으로 기억 단서에 대한 재인 처리를 반영하는 사건관련전위를 분석하여 목격 여부를 조사할 수 있다는 것을 보여주며, 재인을 이끌어내는 과제의 속성이 중요하다는 것을 시사한다.

주제어: 목격자 기억, 사건관련전위, LPC, LPN, 부트스트랩