

P300-기반 거짓말 탐지 연구*

김 영 윤⁺
경기대학교

본 연구는 거짓말 탐지를 목적으로 사건관련전위의 요인 P300을 이용한 연구들을 개관하였다. 사건관련전위에 대한 기본적인 개념과 P300의 특징을 알아보고, P300-기반 유죄지식검사와 P300-기반 통제질문검사를 이용한 연구들을 살펴보았다. 각 연구에서 주요한 연구결과를 제시하고 거짓말 탐지에 사용된 분류법에 대해 기술하였으며 분류의 정확도를 정리하였다. 마지막으로 P300-기반 거짓말 탐지에 대응책의 영향을 탐색하였으며 P300-기반 거짓말 탐지 연구들의 한계와 추후 연구 방향을 제안하였다.

주요어 : 거짓말 탐지, 사건관련전위, P300, 유죄지식검사

매일의 일상생활에서 사람들은 다양한 거짓말을 한다. 거짓말은 때때로 상대방의 감정을 다치지 않게 하면서 대화를 원활하게 하거나 서로의 관계를 계속 유지하는데 도움이 된다. 이렇게 일상생활에서 흔히 일어나는 거짓말은 일반적으로 상대방에게 큰 피해를 주는 것도 아니고 설사 밝혀지더라도 자신에게 큰 위협이 되는 것은 아닌 것들이 대부분이다. 그러나 범죄를 숨기기 위한 거짓말의 경우는 심각한 문제를 유발시킨다. 범죄사건에서 실제적 진실을 알기 위해 거짓말을 탐지하는 것은 매우 중요한 문제로 인식되고 있다.

인류는 거짓말 탐지에 대한 오랜 역사를 가지고 있다 (Ford, 2006). BC. 1000년 중국에서는 거짓말이 의심되는 용의자에게 마른 쌀을 입에 넣었다가 뱉게 하였다. 만약 뱉은 쌀이 말라있다면 용의자는 거짓말을 한 것으로 판정

되었는데, 이러한 판정에는 거짓말이 단로 나는 것에 대한 공포와 불안함이 타액을 감소시켜 입이 마르게 되었을 것이라는 생리적인 배경이 있다. 중세 영국법정에서는 거짓말 용의자를 뜨거운 석탄 위를 걷게 하고 불에 데면 거짓말쟁이로 판단하였으며, 다른 방법으로는 물속에 빠트리 가라앉는지를 시험하기도 하였다. 이런 방법의 배경에는 과학적인 지식이 아니라 마술이나 신권이 자리 잡고 있었다. 르네상스시대 이후 과학적 원인과 증명이 중시되었고, 과학적인 거짓말 탐지 방법에 대한 관심이 증가되었다. 혈압측정기와 피부저항 측정기, 호흡 측정기가 개발되면서, 이들 장비를 이용하여 거짓말 탐지가 시도되었다. 19세기말 이탈리아의 생리학자, Lombroso는 거짓말을 측정하는 도구로 혈압맥박측정기(hydrosphygmograph)를 이용하여 실제 범죄사건에 처음으로 적용하였으며, 1917

* 이 논문은 2008년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2008-321-H00007).

⁺ 교신저자 : 김영윤, (443-760) 경기도 수원시 영통구 이의동 산 94-6, 경기대학교 인문대학 교양전공, 전화 : 031) 249-9197, Email : youngy@kgu.ac.kr

년 미국의 Marston은 피의자를 신문하는 중에 혈압을 기록할 수 있는 혈압커프를 사용하였다. 1921년 국의 Larson은 경찰관으로서 호흡, 혈압, 맥박의 3가지 변화를 동시에 측정할 수 있는 장비를 개발하여 폴리그래프(polygraph)라 명명하고 범죄사건에 적용하였다(Lykken, 1981). 이후 장비의 변화와 발전이 있었는데, 현재 수사기관에서는 혈압, 호흡, 피부저항을 기본으로 측정하는 폴리그래프가 일반적으로 사용되고 있다(박관규, 2003). 폴리그래프 이외에 거짓말을 탐지하는 방법으로 성문분석(voice stress analysis)과 체열분석(thermal imaging)이 있다. 성문분석의 경우 후두 미세 떨림을 탐지해서 거짓말의 증거로 제시하고, 체열분석의 경우에는 거짓말을 할 때 눈 주위에 혈류량이 증가하여 미세온도가 증가하는 것을 이용하는데, 두 가지 방법 모두 기본원리에 대한 과학적인 연구가 충분치 않아 사용에 따른 거짓말 탐지에 대한 신뢰도가 떨어진다고(National Research Council, 2003).

폴리그래프 검사는 거짓말을 할 때 심리적인 불안으로 인해 발생하는 생리적인 변화를 탐지하여 진술의 진위 여부를 판단하는 방법이다. 거짓말을 할 때, 사람들은 거짓말이 발각되는 것에 대한 두려움을 보이거나 상호신뢰관계에서 거짓말을 했다는 사실에 대한 죄책감을 가질 수 있고(Zukerman, Depaulo, & Rosenthal, 1981), 속이기 어려운 상대에게 성공적으로 거짓말을 했을 경우 약간의 흥분과 성취감을 느낄 수 있다(Ekman, 1992). 죄책감이나 불안으로 인해 자율신경계인 교감신경계가 활성화 되면, 호흡이나 혈압, 맥박 등의 변화가 일어나게 되고 폴리그래프는 이러한 변화를 감지해냄으로써 거짓말을 탐지한다. 교감신경계가 활성화되었을 때 심박률 증가, 혈압 상승, 피부전도도 증가가 나타나며 말초혈류량은 감소하게 된다. 폴리그래프에서 사용하는 신호변화의 기준으로 호흡억제나 호흡정지, 피부전도도의 진폭과 지속기간의 증가, 심박률의 기저선 증가, 말초혈류량의 진폭감소가 사용되고 있는데 변화의 정도에 따라 점수를 주어 거짓말 유무를 판단한다(박관규, 2003).

그러나 거짓말을 하지 않은 사람이라도 거짓말 탐지 검사를 받을 때 상대방이 자신의 말을 믿어주지 않을지 모른다는 두려움을 가져서 불안을 경험하게 될 수도 있고, 사람에 따라서는 평상시의 기저행동과 기저반응이 독특하여 거짓말과 상관없이 생리적 변화를 나타내는 사람들

이 있다(Ekman, 1992). 폴리그래프는 이런 사람들을 거짓말하는 사람과 구분하는데 어려움이 있다. 또한, 거짓말을 할 때 죄책감을 느끼지 못하는 사이코패스나 거짓말을 해도 불안을 느끼지 않는 마키아벨리즘 성향을 가진 사람들의 경우, 이들의 거짓말을 폴리그래프로 탐지하는 것은 어렵다(Ford, 2006). 이러한 폴리그래프의 문제점은 폴리그래프가 거짓말을 할 때 나타나는 정서변화에 따른 자율신경계의 변화에 기초한 측정치를 제시하기 때문에 나타나며, 결과적으로 정확도를 낮추는데 기여한다. 즉, 폴리그래프는 거짓말을 탐지 한다기보다는 정서의 변화를 탐지한다고 볼 수 있는데 개인에 따라 거짓말을 할 때 나타나는 정서가 다를 수 있기 때문에, 허위부정(false negative)과 허위긍정(false positive)이 나타난다. 허위부정은 거짓말한 사람을 진실한 사람으로 잘못 판단하는 것이고 허위긍정은 결백한 사람을 거짓말한 사람으로 잘못 판단하는 것이다. 폴리그래프에서 사용되는 자율신경계 측정치는 의도적인 거짓말에 대한 정확한 지표를 제시하지 못하고 있으며 거짓말에 관여하는 인지적 처리와 폴리그래프에서 측정된 자율신경계 반응 사이에 인과적 연결을 제공하지 못하고 있기 때문에 장비사용에 대한 신뢰도가 떨어진다고(Happel, 2005).

폴리그래프 검사의 한계를 보완하고자 몇 가지 방법들이 사용되고 있는데, 검사 전 면담법(pre-test interview)과 자극검사(stimulation test)를 예로 들 수 있다. 검사 전 면담법은 검사를 실시하기 전에 이루어지며 검사의 정확성 및 목적을 설명하고 검사자와 피검사자 사이에 심리적 유대감을 형성함으로써 진실한 사람을 심리적으로 안정시키고 상대적으로 거짓말하는 사람은 긴장하도록 유도한다. 자극검사는 일반적으로 수사가 되고 있는 사건의 논점과 관계없이 폴리그래프 본 검사의 전 또는 중간에 부가적으로 실시되는데, 검사자는 피검사자의 반응패턴을 확인할 수 있으며, 피검사자는 거짓말을 하는 곳에서 거짓반응이 나타나고, 진실한 답변에서는 진실반응이 나타나는 지를 확인하여 검사절차가 적합한지를 알 수 있게 해준다. 그 결과 피검사자는 폴리그래프 검사에 대해 신뢰를 가지게 되는데, 이러한 신뢰성은 거짓말을 하는 사람에게는 자극을 하게 되고 진실한 사람에게는 심리적 안정감을 부여하는데 기여하게 된다. 폴리그래프의 한계를 보완하는 기술로서 제시되고 있는 방법 중 뇌파(EEG)를

이용한 거짓말 탐지방법이 있다. 뇌파는 두피에 전극을 부착하여, 두뇌에 있는 신경세포들의 시냅스후 전위(postsynaptic potentials)에 의해 만들어진 전위의 변화를 측정한다. 뇌파 중에서도 특정한 사건과 관련 있는 뇌의 전기적 활동을 사건관련전위(event-related potentials, ERP)라고 한다. 1980년대 후반에 사건관련전위를 이용한 거짓말 탐지 연구가 처음으로 발표되어 현재까지 꾸준히 연구가 진행되고 있다(Abootalebi, Moradi, & Khalizadeh, 2009; Farwell & Donchin, 1991; Rosenfeld, Cantwell, Nasman, Wojdac, Ivanov, & Mazzeri, 1988; Rosenfeld, Nasman, Whalen, Cantwell, & Mazzeri, 1987). 폴리그래프가 자율신경계의 변화를 탐지해낸다면 뇌파는 중추신경계의 변화를 탐지해내며 특히 인지적인 정보처리의 지표를 제공하기 때문에 거짓말에 관여하는 인지적 처리가 어떻게 이루어지는가에 대한 유용한 정보를 제공할 것으로 기대되고 있다. 폴리그래프의 보완책으로 제시되고 있는 뇌파 이외의 유력한 방법으로 fMRI(functional magnetic resonance imaging)를 들 수 있다. 2000년대에 들어 fMRI를 이용한 거짓말 탐지 연구가 몇 편 발표되었다. 거짓말을 하는 동안 전전두피질(prefrontal cortex)과 전대상피질(anterior cingulate cortex)의 활성화가 일어난다는 보고와 전두엽과 대상피질외에 측두엽(temporal lobe), 후두엽(occipital lobe), 방추이랑(fusiform gyrus), 대뇌섬(insula)이 활성화되었다는 연구가 발표되었다(Mohamed, Faro, Gordon, Platek, Ahmad, & Williams, 2006; Phan, Magalhaes, Ziemlewicz, Fitzgerald, Green, & Smith, 2005). fMRI는 공간해상도(spatial resolution)가 뛰어나서 거짓말에 대한 뇌의 기작을 밝히는데 단서를 제공할 것으로 기대되고 있다. 그러나 fMRI를 이용한 연구는 뇌파에 비해 시간해상도가 떨어지고 비용이 많이 들며 휴대가 불가능하고 측정시 소음이 심하다는 단점외에 몸에 금속물질을 가지고 있는 사람을 측정하는 데 제한이 있다.

본 연구에서는 거짓말 탐지를 목적으로 사건관련전위의 대표적인 요인인 P300을 이용하여 지금까지 발표된 주요 연구들을 정리하였다. 먼저, 사건관련전위에 대한 기본적인 개념과 P300의 특징을 알아보고, P300에 기반을 둔 거짓말 탐지 연구들의 결과와 결과의 의미를 논의하였다. 또한, 각 연구에서 사용된 거짓말의 진위 여부를 결정

짓는 분류법에 대해 기술하고 거짓말 탐지하는 확률과 참을 탐지하는 확률의 평균을 정확도로 정의하여 분류의 정확도를 제시하였다. 연구에 따라서는 거짓말 탐지하는 확률만 제시한 경우와 참을 탐지하는 확률이 아니라 참을 탐지하지 못한 허위긍정율을 제시한 경우도 있으며, 거짓말 탐지하는 확률과 참을 탐지하는 확률만을 제시한 경우 또는 정확도만 제시한 경우가 존재하였다. 여러 연구들에서 나타난 분류의 정확성을 비교를 위해, 연구에서 분류에 따른 구체적인 피험자의 숫자를 제시하고 있어 계산이 가능한 경우에 거짓말 탐지하는 확률과 참을 탐지하는 확률, 정확도를 계산하여 정리하였다. 마지막으로, 거짓말 탐지 검사를 왜곡시킬 수 있는 대응책이 P300-기반 거짓말 탐지에 어떤 영향을 미치는지에 대해 최근의 연구결과들을 제시하였고, 추후 연구방향을 제안하였다.

사건관련전위와 P300

사건관련전위란 뇌파 중에서도 특정한 사건이 일어난 때 반응해서 일정시간 동안 일어나는 뇌의 전기적 활동을 의미한다. 제시된 사건 자극의 물리적 속성에 의해 통제되는 외인성(exogenous) 전위와 외부 자극과는 독립적으로 정보 처리 활동의 기능에 의해 변화되는 내인성(endogenous) 전위로 나누어진다. 외인성 전위가 자극의 제시에 의존적이라면 내인성 전위는 자극에 대한 심리적인 반응으로 나타난다. 사건관련전위는 양 전위 또는 음 전위를 띄는 여러 개의 정점(peak) 혹은 요인(component)들로 구성되어 있으며, 정점은 극성(polarity)과 잠재기(latency)에 따라 이름이 붙여진다. 예로 P300(P3)은 300ms의 잠재기를 가진 양 전위를 띄는 정점을 나타낸다. 각 정점은 보통 두피 전반에서 특정한 분포와 연관되며, 공간적 분포는 사건관련전위의 중요한 분별적 특성으로 여겨진다. 즉, 사건관련전위는 요인이 나타난 시간적인 특적인 잠재기와 요인이 나타난 정도를 보여주는 진폭(amplitude), 처리가 일어난 뇌의 위치에 대한 공간적 정보를 반영하는 두피에서의 분포를 통해 기본적인 특성을 제공한다. 사건관련전위는 전압×시간 함수로 나타내는데 이 함수에 의해 나타나는 다양한 전압의 오르내림은 많은 뉴런의 활동을 반영하며, 이 뉴런들은 어떤 인지적 과정을 수행하는 데 관여한다고 가정된다. 또한, 전체 사건관

련전위는 많은 요인의 집합이 나타난 것으로 여겨진다.

사건관련전위는 뇌파에 섞여서 나오기 때문에 일반적으로 단일 자극에 대한 데이터 샘플에서는 배경뇌파와 구분을 할 수 없다. 전형적으로 사건관련전위는 사건자극을 반복해서 제시하여 자극이 시작된 시점을 기준으로 하여 평균을 내는 신호평균법으로 얻게 된다. 배경뇌파는 사건에 특정적이지 않기 때문에 평균을 내게 되면 영에 가까운 값으로 수렴하게 되고, 사건과 관련된 신경 활동성은 자극마다 일정하게 반복해서 나타나기 때문에 평균을 냈을 때 일정한 전위 값을 가지게 된다는 것이 신호평균법에서 사용된 기본 가정이다. 그러나 일정하게 노이즈가 들어간 경우 평균을 내면 영이 아니라 일정한 신호로 전위값을 가지게 될 수 있고, 사건 자극이 반복되었을 때 초기에 비해 후기에는 피로도가 증가하여 일정한 신경 활동을 가질 수 없게 될 수 있기 때문에 사건에 특정한 전위를 추출하는데 혼동요소로 작용한다. 이런 문제점을 해결하기 위하여 피로를 느끼지 않는 범위에서 집중을 잘 할 수 있는 시간동안 자극을 제시하는 것이 필요하고 체계적으로 노이즈가 들어가지 않도록 피검사자의 상태를 면밀히 살펴보는 것이 필요하다.

사건관련전위는 밀리세컨드(ms) 단위의 시간해상도(temporal resolution)를 가지고 있기 때문에, 매우 빠른 시간 내에 일어나는 인지과정을 이해하는데 있어서 fMRI나 PET(positron emission tomography)보다 뛰어나다는 장점을 지니고 있다. 이런 사건관련전위의 우수한 시간해상도로 인해, 거짓말 탐지에서의 사건관련전위의 연구는 거짓말과 관련된 인지정보처리의 신경생리학적 메커니즘을 이해하는데 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

P300은 자극 제시 후 300 ms 주변에서 관찰되는 요인으로 정보처리의 지표로서 간주되고 있다(Donchin & Cole, 1988). Oddball 패러다임은 빈번하게 나타나는 표준자극(standard)에서 드물게 나타나는 목표자극(target)을 변별하도록 설계되었는데, P300은 빈번하게 나타나는 표준자극에 비해서 낮은 빈도로 나타나는 목표자극에 의해서 유발된다. Oddball 패러다임에서 P300은 맥락에 따라 다른 두 개의 파동 형태를 나타낸다 : P3a는 기대하지 않은 자극(또는 새로운 자극, 비목표 자극)에 의해서 나타나는데 전두엽 부위에서 최고의 진폭을 보인다. 이에 반

해, P3b는 측두엽 부위에서 높은 진폭을 나타내며, 목표 자극이 처리되었을 때 나타난다(Squires, Squires, & Hillyard, 1975a). 자극의 구성이 목표자극과 표준자극으로 이루어진 Oddball 패러다임은 2-자극 패러다임으로 이때 목표자극에 의해 나타나는 사건관련전위가 P3b이고, 목표자극과 표준자극이외에 드물게 나타나는 새로운 자극으로 구성된 3-자극 패러다임에서 새로운 자극에 의해 나타나는 사건관련전위가 P3a이다. Oddball 패러다임을 사용하여 P300을 조사한 연구들은 제시 확률이 높은 표준 자극보다는 확률이 낮은 목표 자극에서 의미 있게 큰 P300을 비교적 일관되게 관찰하였다(Donchin, Karis, Bachore, Coles, & Gratton, 1986; Duncan-Johnson & Donchin, 1977). 보통 목표자극은 5-20% 내외의 확률분포로 제시되는데 제시되는 확률이 작을수록 P300 진폭의 크기가 커진다. P300 진폭의 크기는 두피에서 다른 분포를 나타내는데 정중 두정부에 위치한 Pz(midline parietal) 전극에서 가장 큰 진폭을 보이고, 정중 중심부에 위치한 Cz(midline central), 정중 전두부에 위치한 Fz(midline frontal) 순으로 순차적으로 P300의 진폭의 크기가 줄어든다. P300이 나타나는 잠재기는 일반적으로 250ms에서 600ms까지의 범위를 포함한다. 그러나 잠재기는 자극제시 후 1000ms 에서도 나타나기도 하는데 이렇게 잠재기가 넓은 범위에 존재하는 것은 자극의 속성이 얼마나 복잡함을 보여주는 복잡성에 따라 자극이 처리되는데 걸린 시간이 다를 수 있기 때문이다. 또한 자극이 얼마만큼 의미 있는가에 따라 P300 진폭의 크기가 영향 받는데, 피검사자에게 의미 있는 자극일수록 진폭의 크기가 커진다. 과제의 사건자극에 대한 관련성이 피험자가 크면 클수록 P300의 진폭이 비례적으로 증가하게 된다(Donchin, Karis, Bachore, Coles, & Gratton, 1986; Duncan-Johnson & Donchin, 1977; Squires, Squires, & Hillyard, 1975b). 그림 1은 목표자극이 나올 때마다 버튼을 누르는 능동조건(ACTIVE)과 목표자극과 표준자극 모두에서 어떤 반응도 하지 않는 수동조건(PASSIVE)에서 각각 청각자극과 시각자극으로 구성된 목표자극에 대한 사건관련전위를 보여주고 있다. Pz에서의 P300 진폭의 크기가 가장 크게 나타나고 Cz, Fz 순으로 진폭이 줄어드는 전형적인 P300의 두피분포를 보이며 능동조건이 수동 조건에 비해서 진폭이 크게 나타나는 것을 보여주고 있다

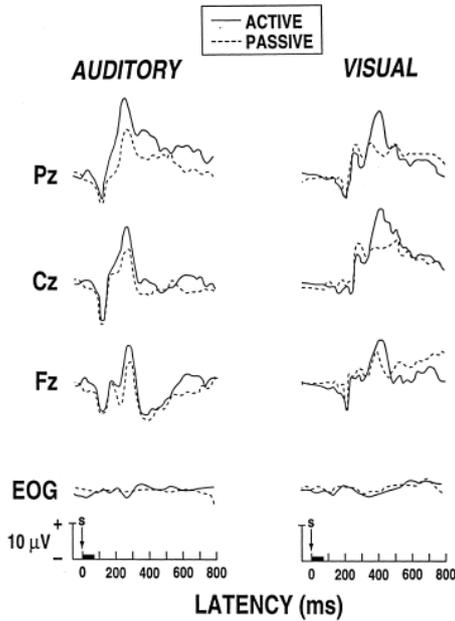


그림 1. 능동조건과 수동조건에서 시각자극과 청각자극의 목표자극으로부터 도출된 사건관련전위(Bennington & Polich, 1999)

(Bennington & Polich, 1999).

다양한 실험 방안을 사용하여 P300을 측정 한 선행 연구들은 P300이 불확실감의 해소(Sutton, Braren, & Zubin, 1965), 본보기 맞추기(template matching)(Hillyard, Squires, Bauer, & Lindsay, 1971), 선택적 주의력(Squires, Squires, & Hillyard, 1975a), 의식에서의 정보의 양(Picton, 1992)을 반영한다고 주장하였다. Donchin과 Cole(1988)은 다양한 인지 활동이 P300을 초래할 수 있으나 이러한 다양한 인지적 활동들이 공통적으로 갖고 있는 기능은 정보처리라고 주장하며, P300의 기능에 관해 맥락최신화 가설(context updating hypothesis)을 제안하였다. 즉, 이전 자극에 대한 신경 표상이 새로 유입된 자극과 맞지 않으면 신경 표상을 새로운 자극에 맞게 변화시켜야만 맥락에 일치되는 모델을 유지할 수 있다고 한다. P300은 신경 표상이 변화되는 과정의 부산물로서 나타나며, P300이 나타나는 잠재시간은 자극이 탐지되고 평가되는데 걸린 시간을 나타낸다고 주장하였다(Gracia-Larrea & Cexanne-Bert, 1998). P300의 발생 위치는 아직 명확히 밝혀지지 않았으나, 피질내 레코딩이나 두피에서의 레코딩을

이용한 이전의 손상 연구들은 상 측두 피질, 두정 피질, 전두 피질 등이 P300을 발생시키는데 관여한다는 것을 보여주었다(Neshige & Luder, 1992; Smith, Halgren, Sokolik, Baudena, Musolino, Liegeois-Chauvel, & Chauvel, 1990).

P300-기반 유죄지식검사

1980년대에 Rosenfeld와 그의 동료들은 처음으로 P300의 사건관련전위와 폴리그래프에서 거짓말 탐지 검사기법으로 사용되는 유죄지식검사(Guilty Knowledge Test, GKT) 또는 숨김정보검사(Concealed Information Test, CIT)를 이용하여 거짓말을 탐지하였는데 유죄지식검사와 숨김정보검사는 같은 의미로 사용되고 있다(Rosenfeld, Cantwell, Nasman, Wojdac, Ivanov, & Mazzeri, 1988). 연구자들은 피험자에게 상자 안에 들어있는 모르는 9개 물건 중에 한 개의 물건을 선택하고 선택한 물건을 없애서 훔친 것처럼 가장하게 하였다. 그 다음, 9개 물건의 이름을 단어로 컴퓨터 화면에 반복해서 무선적으로 섞어서 제시하면서 뇌파를 측정하여 사건관련전위를 측정하였다. 9개 물건이름 각각에 대한 사건관련전위를 분석한 결과 10명 중 7명의 피험자에서 선택한 물건에 대해 P300이 나타났다.

유죄지식검사는 1959년 Lykken에 의해 처음 시도되었는데 의심을 받는 사람과 검사자 모두 숨겨려는 내용을 알고 있는 경우에 실시하게 된다. 유죄지식검사는 피검자에게 일련의 선택 질문들을 제시하는데, 일련의 질문 중에 사건에 개입했을 경우에 알 수 있는 자세한 지식이 포함되어 있다. 일련의 질문자극 중에 피검자가 알고 있는 질문자극에서 각성 수준이 증가 될 것이라는 가정에서, 범인이면 분명히 알 수 있거나, 범인만이 알 수 있는 범죄 관련 특정 내용을 범죄와 관련 없는 유사한 내용과 혼합하여 질문을 구성함으로써 피검자가 범죄와 관련된 특정 정보를 알고 있는지의 여부를 검사한다. 확인된 범죄사건의 특정내용에 대해 범인이면 분명히 알 수 있는 내용으로 피해자, 검사관은 알고 있으나 그 외의 일반인에게는 내용이 공개 되지 않아서 그 특정 내용을 알 수 없을 경우에 유죄지식검사를 사용하게 된다. 예로 3백만원 현금 도난 사건에 대한 거짓말 탐지 검사에서 범인

이 훑쳐간 돈의 액수가 얼마인가를 질문하게 된다. 훑쳐간 돈의 액수에 대하여 ‘그 돈이 백만원인가?’ ‘2백만원인가?’ ‘3백만원인가?’ ‘4백만원인가?’ ‘5백만원인가?’를 일련으로 질문하게 되는데 반지를 훑친 범인은 그것이 3백만원이라는 사실을 알기 때문에 3백만원이라는 단어를 듣게 되면 그것을 인식함으로 인해서 다른 질문자극과는 다른 정보처리를 하게 된다. 이것은 피검자의 각성수준의 변화와 뇌 활동성의 변화를 동반하게 된다. 앞에서 말한 것처럼, 만약 그 돈을 훑치지 않은 일반인들이 사건의 내용을 잘 알고 있어서 도난당한 현금의 액수가 3백만원 인지를 알고 있다면 유죄지식검사를 사용하는 것은 부적절하다.

사건관련전위를 이용한 유죄지식검사 패러다임은 전형적인 oddball 패러다임에서 변형된 형태라 볼 수 있는데, 목표자극, 탐침, 무관련자극으로 자극이 구성된다. 전형적인 oddball 패러다임에서 표본자극 중 일부가 특정 사건과 관련된 자극으로 구성되고 이것을 탐침(probe)으로 정한다. 탐침은 범인과 피해자, 수사관, 검사관 같은 관계자만이 알고 있는 숨겨진 정보와 관련된다. 표본자극 중에서 탐침을 제외한 자극들은 특정 사건과 관련되지 않은 자극들로 무관련자극(irrelevant)이 된다. 무관련자극은 유죄이건 무죄이건 모든 사람에게 알려진 범죄사건과 무관한 자극들로 구성된다. 목표자극 역시 특정 사건과 관련 없는 자극으로 구성되는데, 목표자극이 나타날 때 마다 버튼을 누르거나 숫자를 세는 것과 같은 과제를 수행하게 된다. P300-기반 유죄지식검사의 초기 연구들은 낮은 빈도의 목표자극과 빈번하게 나타나는 무관련자극 중에서 피험자는 목표자극이 나타날 때 임의의 버튼을 누르고 무관련자극이 나타날 때는 다른 버튼을 누르도록 지시하였다(Farwell & Donchin, 1991). 탐침의 경우 목표자극과 같이 낮은 빈도로 제시되지만 무관련자극에 대한 반응에서 사용된 버튼을 누르도록 되어 있다. 결백한 사람은 사건에 대한 특정정보를 알지 못하기 때문에 탐침과 무관련자극의 차이를 알지 못하는데 반해서 유죄인 사람의 경우에는 사건에 대한 특정정보를 포함하는 탐침이 나타날 때 마다 주의를 주게 되어 무관련자극과는 다른 정보처리를 하게 된다. 결국, 무죄집단의 경우, 사건에 대한 특정한 정보를 모르기 때문에 탐침과 무관련자극은 차이가 없게 되고 탐침과 무관련자극 사이에서

는 전위차의 차이가 나타나지 않게 되어, 탐침이나 무관련자극에 비해서 목표자극이 더 큰 P300 진폭을 나타내게 된다(그림 2). 이에 반해, 유죄집단의 경우, 목표자극에서 P300이 무관련자극보다 더 큰 양전위를 나타낼 뿐만 아니라, 탐침이 무관련자극보다 자극제시후 300ms 이후에 더 큰 양전위를 나타내게 된다. 무관련자극보다 더 큰 진폭을 보여주는 탐침의 P300은 피검자가 특정 사건과 관련된 탐침의 정보를 이미 알고 있었기 때문에 나타나는 뇌의 활동성을 반영한다(그림 2).

P300-기반 유죄지식검사의 대표적인 모델이 된 연구로 Farwell과 Donchin의 연구(1991)를 들 수 있다. 컴퓨터 프로그램을 이용하여 두 개의 다른 모의 스파이 시나리오 중 하나의 시나리오를 수행하도록 20명의 피험자를 훈련시켰는데, 각각의 피험자는 하나의 시나리오는 경험하고 다른 시나리오의 존재는 알지 못하였다. 따라서 각 피험자는 본인이 경험한 시나리오의 지식을 검사할 때는 유죄조건이 되고 경험하지 않은 다른 시나리오의 지식을 검사할 때는 무죄조건이 되었다. 각각의 시나리오는 피험자에게 특정한 위치에 가거나 특정한 사람을 만나도록 요구하였으며, 각 시나리오는 6개의 중요한 세부사항과 관련 되도록 구성하였다. 화면에 짧은 구를 제시하면서 Fz, Cz, Pz의 3개 전극위치에서 뇌파를 측정하였다. 각각의 시나리오에 포함된 중요한 세부사항의 지식을 이용하여 탐침을 만들어, 목표자극(시나리오 무관련 내용), 탐침(시나리오 관련 내용), 무관련자극(시나리오 무관련 내용)을 각각 17%, 17%, 66%의 확률로 무선적으로 섞어서 제시하였는데, 피험자는 목표자극이 나올 때는 오른쪽 버튼을 누르고, 무관련자극과 탐침이 나올 때는 왼쪽 버튼을 누르도록 하였다. 사건관련전위의 실험결과 무죄조건에서 탐침과 무관련자극은 차이가 나타나지 않고 목표자극에서는 P300이 나타났으며, 유죄조건에서는 목표자극에서 P300이 나타났을 뿐 아니라 탐침에서도 P300이 나타났다. 사건관련전위를 가지고 유죄인지 무죄인지를 판단하기 위해 통계 기법인 부트스트랩(bootstrapping) 방법을 이용하였는데 12.5%의 판정불가를 제외한 모든 경우에 정확한 판단을 내릴 수 있었다고 보고하였다. 실제로 20명의 유죄 피험자중 18명을 빠르게 판단하였고, 20명의 무죄 피험자중 17명을 빠르게 판단하였는데, 이것은 90%의 거짓을 탐지하는 확률과 85%

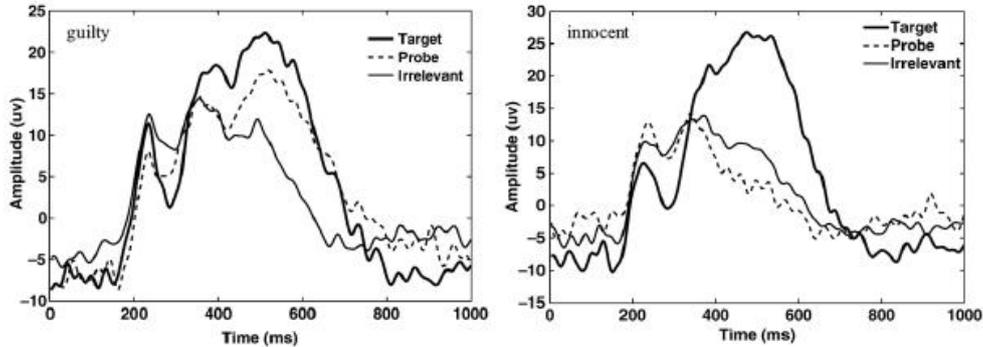


그림 2. 유죄집단과 무죄집단에서 목표자극, 탐침, 무관련자극의 사건관련전위(Abootalebi, Moradi, & Khalizadeh, 2006)

의 참을 탐지하는 확률을 보여주며 87.5%의 정확도를 보여준다. 허위긍정이나 허위부정이 없었다는 것이 의미 있는 결과로 언급하고 있는데, 이것은 판단이 애매할 경우 판정불가로 유보할지라도 무고한 사람이 거짓말을 한 것으로 부당하게 판정 받는 것을 배제할 수 있다는 것을 보여준다.

Farwell과 Donchin(1991)의 연구에서 분류법으로 사용된 부트스트랩 방법은 이후의 사건관련전위에 기반한 거짓말 탐지 연구에서 계속해서 사용되고 있으며, 더 나은 변별 방법을 찾기 위해 변수나 방법을 수정하고 있기 때문에 간단하게 소개하고자 한다. 여기서 사용한 부트스트랩은 Pz 에서 탐침 샘플들의 평균과 무관련자극 샘플들의 평균 간의 상관, 탐침 샘플들의 평균과 목표자극 샘플들의 평균 간의 상관을 내서 두 가지 상관의 분포를 추정하였으며, 100번의 샘플을 반복해서 뽑아서 확률을 계산하였다. 상관을 계산하기 전에 먼저, 탐침, 목표자극, 무관련자극의 평균 파형에서 전체 자극유형의 평균을 뺐다. 만약 탐침과 목표자극 사이의 상관이 탐침과 무관련자극 사이의 상관보다 크다면, 탐침의 사건관련전위반응이 P300이 나타나지 않은 무관련자극 사건관련전위반응보다 더 유사하다고 결론지을 수 있다. 이 경우에 피험자는 탐침을 구별하고 드문 범주로 인식하였다고 보여진다. 즉, 탐침을 범죄관련 사건으로서 인식하였다고 보여지고 유죄지식을 가진 것으로 판단 내리게 된다. 만약, 탐침과 무관련자극 사이의 상관이 탐침과 목표자극사이에 상관보다 크게 나온 경우에는 유죄지식을 가지지 않은 결백한 사람으로

평가하게 된다.

P300-기반 유죄지식검사의 분류법

P300-기반 유죄지식검사가 발표된 이후 꾸준히 후속연구들이 발표되었는데, 표 1에 년도 순으로 연구결과들을 비교하여 제시하였다. 주요 연구결과를 제시하고, 거짓말의 진위 여부를 결정짓는데 사용된 분류법을 제시하였고, 분류의 정확도를 정리하였다. 각 연구에서 거짓말을 탐지한 결과를 거짓을 탐지하는 확률(Hit율), 참을 탐지하는 확률(Correct Rejection율, CR율), Hit율과 CR율의 평균인 정확도(Accuracy)로 정리하여 제시하였다. 연구에 따라서는 Hit율만 제시한 경우와 참을 탐지하는 확률이 아니라 참을 탐지하지 못한 허위긍정율을 제시한 경우도 있었으며, Hit율과 CR율만 제시한 경우, Accuracy만 제시한 경우가 존재하였다. 여러 연구들에서 나타난 분류의 정확도를 비교를 위해, 연구에서 분류에 따른 구체적인 피험자의 숫자를 제시하고 있어 계산이 가능한 경우에 Hit율과 CR율, Accuracy를 계산하여 정리하였다.

P300-기반 유죄지식검사에 모델이 되는 연구를 발표한 Farwell과 Donchin은 유죄지식검사 동안 나타난 특별한 뇌파를 탐지하는 방법을 뇌지문(brain fingerprint)이라 이름 부쳤는데, 그들은 1990년대 미국 CIA에서 연구비를 받아 뇌지문 연구를 진행하였다(Guevin, 2002). 뇌지문에서 나타난 뇌파를 특히 MERMER(memory and encoding related multifaced electroencephalographic response)로 명명하였는데(Farwell & Smith, 2001), 결국

표 1. P300-기반 유죄지식검사 연구결과 요약

연구(년)	주요결과	정확도	분류법
Farwell & Donchin (1991)	유죄조건에서 목표자극뿐 아니라, 탐침에서 P300 나타남.	Hit율 : 90%, CR율 : 85%, Accuracy : 87.5%.	상관 부트스트랩(탐침-무관련 자극 파형간의 상관과 탐침-목표자극 파형간의 상관 비교)
Farwell & Smith (2001)	유죄조건에서 탐침에 P300이 나타남.	Accuracy : 100%.	상관 부트스트랩
Rosenfeld 등 (2004)	P300-기반 유죄지식검사가 대응책에 의해 왜곡되어 분류 정확도가 낮아졌음. 분류법의 정확도 비교	유죄집단 Hit율 : 82%, 대응책집단 Hit율 : 18%. SIZE(b-p)법 Accuracy : 82%(Hit율 73%, CR율 91%), SIZE(p-p)법 Accuracy : 86.5%(Hit율 82%, CR율 91%), FIT법 Accuracy : 77%(Hit율 54%, CR율 100%), RT-BOOT법 Accuracy : 91%(Hit율 91%, CR율 91%).	SIZE(진폭 부트스트랩, 탐침 P300과 무관련자극 전위비교), FIT(상관 부트스트랩), RT-BOOT(반응시간 부트스트랩)
Abotalebi 등 (2006)	3종류의 분류법의 정확도 비교 : 상관 부트스트랩법의 정확도 높게 나타남.	BAD법 Accuracy : 83%, BCD법 Accuracy : 86%, 웨이브렛법 Accuracy : 82%.	BAD(진폭 부트스트랩), BCD(상관 부트스트랩), 웨이브렛법(Wavelet분석)
Rosenfeld 등 (2006)	P300-기반 분류 정확도 : 자서진적 정보 > 우연히 획득한 정보	자서진적 정보 Hit율 : 90%, 우연히 획득한 정보 Hit율 : 40%.	SIZE(진폭 부트스트랩)
Rosenfeld 등 (2007)	P300 탐지 민감도 : 1개탐침 > 6개탐침, 자기참조 정보 > 우연히 획득한 정보	유의수준 .07	진폭 부트스트랩(peak-peak)
Mertens & Allen (2008)	가상현실 모의범죄에서 P300-기반 유죄지식검사가 대응책에 의해 왜곡되어 분류정확도가 떨어짐.	Bayesian법 Accuracy : 70.5%(Hit율 47%, CR율 94%), 상관 부트스트랩 Accuracy : 35.5%(Hit율 27%, CR율 44%), 진폭 부트스트랩 Accuracy : 73.5%(Hit율 47%, CR율 100%).	Bayesian(ERP), 상관 부트스트랩, 진폭 부트스트랩(peak-peak)
Lui & Rosenfeld (2008)	P300-기반 분류 정확도 : 2개탐침집단 > 3개탐침집단, 시공간 주성분분석 > 진폭부트스트랩	2개탐침 Accuracy : 78.55%, 3개탐침 Accuracy : 67.45%, 시공간 주성분분석법 Accuracy : 78.55% (Hit율 85.7%, CR율 71.4%). 진폭 부트스트랩법 Accuracy : 67.9%(Hit율 42.9%, CR율 92.9%).	Spatial-Temporal Component 분석(ERP의 시공간 주성분 분석), 진폭 부트스트랩

주석 : Hit율 거짓을 탐지하는 확률; CR율 correct rejection, 참을 탐지하는 확률; Accuracy 거짓을 탐지하는 확률과 참을 탐지하는 확률의 평균

이것은 유죄지식검사에서 나타난 탐침의 P300을 의미한다. Farwell과 Donchin의 1991년 연구와 동일한 기법으로 2001년 6명의 사람들을 대상으로 연구한 결과, 6명 모두 정확하게 분류하였다고 발표하였으며(Farwell & Smith, 2001), 이를 뇌 MERMER검사라고 이름 부치기도 하였다. 어떤 이름을 붙이는가와 상관없이 주 내용은 P300-기반 유죄지식검사인데, 뇌지문이라는 이름을 사용하면 수사에 있어서 지문에 대한 정보의 신뢰가 그대로 이전되기 때문에 매우 정확할 것이라는 기대를 하게 된다. 그러나 이름만큼 정확한 분류를 하고 있지는 못하기 때문에, 분류법을 개발하고 좀 더 효과적인 방법을 만들어서 정확도를 높이는 것이 요구되고 있다.

P300-기반 유죄지식검사에서, 다양한 분류법을 사용하여 정확도를 비교한 연구들이 발표되었다(Abootalebi, Moradi, & Khalilzadeh, 2006; Allen & Iacono, 1997; Mertens & Allen, 2008; Rosenfeld, Soskins, Bosh, & Ryan, 2004). Abootalebi와 동료들은 BAD(Bootstrapped amplitude difference)법, BCD(Bootstrapped correlation difference)법, 웨이브렛(Wavelet)법의 3가지 방법을 서로 비교하였다(Abootalebi, Moradi, & Khalilzadeh, 2006). BAD법은 탐침의 P300 진폭이 무관전자극의 사건관련전위보다 더 큰가를 부트스트랩 방법으로 리샘플링한 방법이고, BCD법은 탐침과 목표자극의 사건관련전위반응사이의 상관과 탐침과 무관전자극의 사건관련전위반응사이의 상관보다 더 큰가를 부트스트랩 방법으로 리샘플링한 방법으로 기존에 연구에서 많이 사용하고 있던 방법으로 1991년 Farwell과 Donchin이 사용하였던 분류법이다. 웨이브렛법은 유죄집단에서 탐침의 사건관련전위반응에서 특정한 패턴을 인식하는 통계적인 분류법이다. 사건관련전위를 푸리에변환으로 주파수 분석을 하게 되면 시간정보를 잃게 되는데 웨이브렛변환을 하면 시간정보와 주파수 정보를 모두 잃지 않게 된다. 유죄집단의 사건관련전위와 무죄집단의 사건관련전위를 가지고 트레이닝을 통해 함수를 만들어내고 만들어진 함수를 가지고 새로운 집단에 적용하여 알려진 특징(특정한 패턴)이 존재하는지 평가하게 된다. 정확도를 비교해 본 결과 BAD법, BCD법, 웨이브렛법의 정확도는 각각 83%, 86%, 82%로 나타났다. BCD법이 BAD법과 웨이브렛법보다 정확도가 더 높았다. 그러나 BCD법과 BAD법이 전체데이터를 대상으

로 하나의 결과를 도출해내는 내는 것에 비해, 웨이브렛법의 장점은 단일시행의 뇌파자극을 분석해서 데이터 각각에서 분류를 해낼 수 있다는 장점이 있다. 따라서 단일시행의 실시간분석이 가능하게 되고, 검사관이 신문을 하면서 바로 정보를 받을 수 있기 때문에 보다 역동적인 조사가 가능해진다.

Rosenfeld와 동료들은 SIZE(Bootstrapped amplitude difference)법, FIT(Bootstrapped correlation analysis of disparity)법, RT-BOOT(Bootstrapped analysis of reaction time)법의 3가지 방법을 가지고 거짓을 탐지하는 확률과 참을 탐지하는 확률을 비교하였다(Rosenfeld, Soskins, Bosh, & Ryan, 2004). SIZE법은 위에서 설명한 BAD법(진폭 부트스트랩)으로 진폭을 계산하는 기준을 기저선으로 한 경우(base-peak)와 이전 요인의 정점으로 한 경우(peak-peak) 두 가지 방법을 사용하였고, FIT법은 위에서 설명한 BCD법(상관부트스트랩)이며, RT-BOOT법은 탐침에 대한 반응시간이 무관전자극에 대한 반응시간보다 긴가를 부트스트랩 방법으로 리샘플링한 방법이다. SIZE(base-peak)법의 거짓을 탐지하는 확률은 73%(11명중 8명)였고, 참을 탐지하는 확률은 91%(11명중 10명)였으며, SIZE(peak-peak)법의 거짓을 탐지하는 확률은 82%(11명중 9명)였고, 참을 탐지하는 확률은 91%(11명중 10명)였다. FIT법의 거짓을 탐지하는 확률은 54%(11명중 6명)였고, 참을 탐지하는 확률은 100%(11명중 11명)였으며, RT-BOOT법의 거짓을 탐지하는 확률은 91%(11명중 10명)였고, 참을 탐지하는 확률은 91%(11명중 10명)였다. 결과적으로, SIZE(base-peak)법, SIZE(peak-peak)법, FIT법, RT-BOOT법의 정확도는 각각 82%, 86.5%, 77%, 91%로 나타났다. 초기의 P300-기반 유죄지식검사에서 주로 사용되었던 상관 부트스트랩(탐침-무관전자극 파형간의 상관과 탐침-목표자극 파형간의 상관 비교)법 보다는 진폭 부트스트랩법의 정확도가 더 큰 것으로 나타났다. 그러나 Abootalebi 등(2006)의 연구에서는 상관 부트스트랩법이 진폭 부트스트랩법보다 정확도가 높게 나타났기 때문에, 추후의 연구에서 더 많은 피험자와 다양한 실험조건에서 분류법의 정확도를 비교해보는 것이 필요하다고 보인다. 또한 반응시간을 이용한 분류법인 RT-BOOT법의 정확도가 높게 나타났지만, 반응시간이 피험자의 의도에 따라 왜곡이 되는 것이 여러 연구들에서 나타났기 때

문에 반응시간에 의한 분류법만으로 판단하는 것은 무리한 일로 받아들여지고 있다. 일반적으로 사건과 관계된 사람에게는 사건과 관련된 자극을 처리하는데 더 많은 인지적 자원이 사용되기 때문에 무관관계자보다 자극을 처리하는데 소요되는 시간이 길게 되는데, 거짓말 탐지 검사를 숙이기 위해 개인이 사용하는 방법들에 의해 무관관계자의 반응시간이 관련자극의 반응시간보다 더 길게 나타나게 된다. 이것은 개인이 필요에 따라 의도적으로 반응시간을 변화시킬 수 있다는 것을 보여준다.

진폭과 상관의 부트스트랩법 이외에 자주 사용되는 분류법은 Bayesian법이 있다(Allen & Iacono, 1997; Mertens & Allen, 2008). P300-기반 유죄지식검사에서 사용된 Bayesian법은 주어진 사건관련전위가 재인된 자극의 전형적인 P300지표 패턴에 얼마나 비슷한가의 확률을 계산하는 방법이다. Mertens와 Allen의 연구(2008)는 상관 부트스트랩법, Bayesian법, 진폭 부트스트랩(peak-peak)법의 3가지 분류법을 사용하여 비교하였는데, 진폭 부트스트랩(peak-peak)법에 의한 분류가 가장 정확도가 높게 나타났다. 그 외에 방법으로 최근에 사건관련전위의 시공간 주성분 분석법(Spatial-temporal component analysis)이 거짓말 탐지에 분류법으로 사용되었다(Lui & Rosenfeld, 2008). 시공간 주성분 분석법은 주어진 데이터셋에서 변이성의 백분율을 최대화하는 가장 최소화된 개수의 직교(orthogonal) 시공간 요인을 찾는다. 시공간 주성분 분석법은 관심 있는 시간대에 중요한 뇌의 공간적 위치에서 사건관련전위내에 변이성을 대표하는 요인을 찾는 데도 용이할 뿐만 아니라 데이터를 축소하거나 노이즈를 제거하는 데에도 많이 사용되는 방법이다. Lui와 Rosenfeld의 연구(2008)에서는 시공간 주성분 분석법과 기존의 연구들에서 많이 사용되었던 P300진폭 부트스트랩 방법의 분류 정확도가 각각 78.55%(거짓말 탐지하는 확률 85.7%, 참을 탐지하는 확률 71.4%), 67.9%(거짓말 탐지하는 확률 42.9%, 참을 탐지하는 확률 92.9%)로 나타나서 시공간 주성분 분석법의 분류 정확도가 높게 나타났다. P300-기반 유죄지식검사에서 다양한 분류법을 사용하여 정확도를 비교한 연구들의 결과를 종합해보면, P300-기반 거짓말 탐지 검사에서 같은 실험 데이터를 가지고서 어떤 분류법을 사용하느냐에 따라 거짓말 탐지의 정확도가 상당히 크게 차이

가 난다는 것을 알 수 있다. 또한, 분류법에 따라 거짓말 탐지하는 확률이 높은 반면 참을 탐지하는 확률은 상대적으로 낮은 분류법이 있는가 하면 그 반대로 나타나는 분류법이 존재하기 때문에, 사건의 특징에 따라 적절한 분류법을 사용하는 것이 필요하다.

P300-기반 유죄지식검사의 중요한 이슈로서 탐침정보의 의미와 개수의 영향을 들 수 있다. Rosenfeld와 동료들은 49명의 대학생을 대상으로 하여, 사용한 탐침이 몇 개인가와 검사에 사용되는 정보가 어떤 의미를 가졌는가에 따라 P300-기반 유죄지식검사에서 분류법의 정확도가 어떤 영향을 받는지를 연구 발표하였다(Rosenfeld, Shue, & Singer, 2007). 모의범죄에서 6개의 중요한 세부사항들을 탐침으로 사용한 6탐침블록과 1개의 중요한 세부사항을 탐침으로 사용한 1탐침블록을 비교한 결과, 1탐침블록에서 P300 탐지 민감도가 6탐침블록보다 더 높은 경향을 보여주었고(유의수준 .07보다 낮음), 사회보장번호, 피험자가 살고 있는 지역의 전화지역번호, 생일과 같은 피험자 자신과 관련된 자기참조 정보와 모의범죄에 가담하여 얻은 우연히 획득한 정보를 비교한 결과, P300 탐지 민감도가 자기참조 정보에서 우연히 획득한 정보보다 더 높은 경향을 보여주었다(유의수준 .07 보다 낮음). 탐침의 숫자에 상관없이 자기참조 정보가 우연히 획득한 정보보다 더 큰 P300을 나타내고 더 높은 거짓말 탐지 정확도를 나타냈는데, 자기참조 정보는 심리적인 영향력이 비교적 작은 살고 있는 지역의 전화지역번호나 사회보장번호를 사용하였다. 여기서 사용한 자기참조 정보의 경우, 모의범죄를 통해 우연히 획득된 정보에서처럼 사건의 특정한 세부사항을 회상하는 것이 요구되지 않고 잘 알고 있는 사실을 단순히 재인하는 것이 요구되기 때문에 P300 진폭과 정확도의 차이가 나타났다고 논의하고 있다. 이러한 결과는 자서전적 정보와 우연히 획득된 정보의 분류 정확도를 비교한 Rosenfeld 등(2006)의 이전연구의 결과와 일치한다. 자신의 이름을 자서전적 정보로 사용하고, 실험자의 이름을 우연히 획득된 정보로 사용하여, SIZE(진폭 부트스트랩)법으로 분류한 결과, 자서전적 정보의 거짓말 탐지하는 확률은 90%(10명중 9명)로 나타났고, 우연히 획득한 정보의 거짓말 탐지하는 확률은 40%(10명중 4명)로 나타났다. 이것은 자신의 이름과 같은 매우 의미 있는 자서전적 정보가 유죄지식검사의 맥락에서 P300을 도출해내는

데 가장 잠재성을 많이 가지고 있다는 것을 보여주며, 이에 반해, 우연히 획득된 정보는 숨김 정보를 탐지하는데 유용성과 효과가 떨어진다는 것을 보여준다. 또한, 피검사자에게 의미 있는 자극이 분류 정확도가 높은 것은 자극의 의미성이 크면 P300 진폭의 증가가 나타나는 것과 연관된다고 볼 수 있다.

Rosenfeld 등(2007)의 연구에서 탐침의 개수에 따른 분류 정확도의 비교결과는 1개 블록내에서 6개의 탐침을 사용할 때는 1개 탐침을 사용할 때보다 각각의 시행에서 더 큰 주의를 필요로 하기 때문에 인지적 자원의 요구가 커지고 피로도가 크기 때문에 P300 탐지 민감도가 감소하는 것으로 해석되고 있다. 그러나 1개 탐침을 사용하는 것보다 6개 탐침을 사용하면 여러 가지 중요한 세부사항에 대한 검사를 한꺼번에 할 수 있을 뿐만 아니라, 1개 탐침의 사용으로 놓칠 수 있는 세부사항에 대한 반응을 잡아낼 수 있다는 장점이 있다. 피로도 문제와 중요한 세부사항에 대한 정보량의 문제점을 해결하고자, 한 개 블록내에서는 1개 탐침을 사용하는 여러 개 블록을 사용하여 여러 개의 탐침에 대한 사건관련전위를 평균 내는 방법을 제안하고 있다. 블록내에 사용한 탐침의 숫자에 따라 정확도에 차이가 있다는 보고가 Lui와 Rosenfeld의 연구(2008)에서도 발표되었다. 모의범죄의 중요한 세부사항 중에서 두 개의 항목을 탐침으로 사용한 2개탐침집단과 세 개의 항목을 탐침으로 사용한 3개탐침집단의 분류 정확도를 비교한 결과, 2개탐침집단의 정확도가 78.55%로 3개탐침집단의 정확도 67.45% 보다 높게 나타났다. 좀 더 자세히 결과를 살펴보면 2개탐침집단의 거짓을 탐지하는 확률은 85.7%(14명중 12명)이고 참을 탐지하는 확률은 71.4%(14명중 10명)였고, 3개탐침집단의 거짓을 탐지하는 확률은 70.6%(17명중 12명)이고 참을 탐지하는 확률은 64.3%(14명중 9명)으로 나타났다. 이러한 결과는 한 블록내에서 2개탐침을 사용하는 것이 3개탐침을 사용하는 것보다 거짓과 참 모두를 탐지하는 데에 더 정확한 분류를 했다는 것을 의미하며 Rosenfeld 등(2007)의 연구결과와도 연결되는 결과로 볼 수 있다.

지금까지 P300-기반 유죄지식검사의 주요 연구결과를 제시하고, 거짓말의 진위 여부를 결정짓는데 사용된 분류법을 설명하였으며, 분류의 정확도를 비교하였다. 탐침과 무관자극 파형간의 상관과 탐침-목표자극 파형간

의 상관을 비교하는 상관 부트스트랩법과 탐침 P300과 무관자극 전위를 비교하는 진폭 부트스트랩법이 가장 많이 쓰이고 있으나, 단일시행에서의 분류에 장점을 가진 분류법으로서 탐침의 사건관련전위반응에서 특정한 패턴을 인식하는 웨이브렛법과 사건관련전위내에 변이성을 대표하는 요인을 찾는 데 용이한 시공간 주성분 분석법을 이용한 분류가 시도되었다. P300-기반 유죄지식검사의 경우 각 연구에서 사용한 분류법 중 정확도가 높은 분류법을 적용하였을 때 분류의 정확도가 낮게는 73.5%였고 (Mertens & Allen, 2008), 높게는 100%의 정확도를 나타냈다(Farwell & Smith, 2001). P300-기반 유죄지식검사의 중요한 이슈로서 탐침정보의 의미와 개수의 영향을 제시하였는데, 피험자 자신에게 보다 중요한 자기참조 정보에 대한 거짓말 탐지 정확도가 높았으며, 한 번에 사용되는 탐침의 숫자가 클수록 거짓말 탐지의 분류 정확도가 작아지는 것으로 나타났다.

P300-기반 통제질문검사 연구

P300에 기반한 거짓말 탐지 연구에서 거짓말 탐지 검사로 유죄지식검사 이외에 통제질문검사(Control question technique)가 쓰이고 있는데, 표 2에 P300에 기반한 통제질문검사 연구들을 정리하였다. 표 1과 마찬가지로, 주요 연구결과를 제시하고 거짓말의 진위 여부를 결정짓는데 사용된 분류법을 제시하였고, 분류의 정확도를 Hit율과 CR율, Accuracy로 계산하여 제시하였다. 통제질문은 과거에 범하였음직한 범죄행위에 관한 내용에 대한 질문으로 통제질문검사에서는 통제질문과 당해사건과 관련 있는 관련질문을 비교하게 된다. 예로 현금 도난 사건에서 관련질문이 ‘당신이 그 돈을 훔쳐 갔나?’라면 통제질문은 ‘이전에 남의 것을 한 개라도 훔친 적이 있는가?’가 될 수 있다. 통제질문을 통해서 무죄 피험자는 무언가 자신의 과거를 캐는 듯한 질문으로 불안심리가 이진되어 관련질문에서의 막연한 불안심리가 제거될 것이고, 유죄 피험자는 통제질문이 제공되더라도 관련질문이 보다 현실적으로 위협적이기 때문에 통제질문에 비해 관련질문의 긴장이 고조될 것이라고 통제질문검사에서는 가정한다.

Rosenfeld와 동료들은 통제질문검사를 이용하여 관

표 2. P300-기반 통제질문검사 연구결과 요약

연구(년)	주요결과	정확도	분류법
Rosenfeld 등 (1991)	유죄집단에서 관련자극에서 통제자극의 P300진폭을 뺀 값이 유의미하게 나타남.	Hit율 : 92.3% CR율 : 86.7% Accuracy : 89.5%	관련자극에 P3유무, 관련자극과 통제자극사이의 P300 진폭차이의 부트스트랩, 관련자극-목표자극간의 상관과 통제자극-목표자극간의 상관 비교
Johnson & Rosenfeld (1992)	직원채용 심사절차에서 비행에 대한 관련자극에서 유죄집단과 무죄집단 사이에 P300 진폭의 차이 나타남.	Accuracy : 87%	관련자극 P300 진폭, 관련자극과 통제자극에서 P300 진폭차이의 부트스트랩, 관련자극대 목표자극 P300 진폭의 비율
MacLaren & Taukulis (2000)	유죄집단은 관련질문과 비교질문에서 유사한 크기의 P300이 나타남. 무죄집단은 관련질문보다 비교질문에서 P300이 더 크게 나타남.	Hit율 : 62.5% CR율 : 75% Accuracy : 68.75%	관련문장과 비교질문 사이에 P300 면적 차이를 부트스트랩

주석 : Hit을 거짓을 탐지하는 확률; CR을 correct rejection, 참을 탐지하는 확률; Accuracy 거짓을 탐지하는 확률과 참을 탐지하는 확률의 평균

련질문과 통제질문에서 P300요인을 서로 비교하였다 (Rosenfeld, Angell, Johnson, & Qian, 1991). 두 개의 실험을 수행하였는데, 자극은 목표자극 1개, 무관련자극 4개, 관련자극 1개, 통제자극 3개로 구성되었으며 Fz, Cz, Pz 전극에서 뇌파를 측정하였다. 통제자극과 관련자극은 반사회적 행동과 관련된 것으로 예를 들면 시험에서 컨닝을 했다거나 옷을 훔쳤다는 내용의 구로 제시되었다. 관련자극은 피험자가 실제 저지른 비행이 제시되고 통제자극은 피험자가 실제로는 행한 적이 없는 비행이 제시되었다. 실험1에서 유죄집단에서는 관련자극과 통제자극을 비교하였을 때 관련자극의 P300진폭이 커서 관련자극의 P300에서 통제자극의 P300을 뺀 값이 유의미하게 나타났다. Pz 전극에서 관련자극에 P300반응이 있는지, P300 진폭차이의 부트스트랩, 관련자극과 목표자극 반응간의 상관인 통제자극과 목표자극 반응간의 상관보다 더 크기에 대한 기준을 가지고 분류 알고리즘을 만들어서 적용한 결과, 13명의 유죄 피험자 중 12명을 바르게 판단하였고, 15명의 무죄 피험자 중 13명을 바르게 판단하였다. 이것은 92.3%의 거짓을 탐지하는 확률과 86.7%의 참을 탐지하는 확률을 보여준다. 실험2에서는 유죄집단을 1주에서 2주 뒤에 두 가지 집단으로 재실험하였는데, 한 집단은 지연 후 사건에 대한 시연을 하였고 다른 집단은 지연 후 사건에 대한 시연 없이 재실험하였다. 실험결과로 지연만한 집단에서는 관련자극의 P300에

서 통제자극의 P300을 뺀 값이 유의미하게 나타나지 않았고 지연 후 사건에 대한 시연을 한 집단에서 유의미한 차이가 나타났다. 분류 알고리즘을 적용한 결과, 지연집단 8명중 3명을 바르게 판단하였고, 지연후 시연집단 8명 중 7명을 바르게 판단하였다. 이것은 지연집단과 지연후 시연집단의 거짓을 탐지하는 확률이 각각 37.5%, 87.5%라는 것을 알려주며, 본인이 경험한 비행에 대해 시연을 통해 다시 기억해내는 것이 거짓말 탐지에 정확도를 높여준다는 것을 보여준다.

Johnson과 Rosenfeld(1992)는 Rosenfeld와 동료들의 1991년도 연구의 실험패러다임을 직원 채용 심사 절차에 적용하였다. 8개의 반사회적 행동이 제시되는데, ‘예’버튼을 누르는 목표자극 1개를 포함한다. 무죄/유죄 점검목록을 제시하고 피험자로 하여금 체크하도록 하였다. 14명의 무죄집단과 17명의 유죄집단을 대상으로 사건관련전위를 가지고 분류 알고리즘을 이용하여 판정한 결과 87%의 정확도를 보여주었다. 분류 알고리즘은 실제로 경험한 비행과 관련된 자극과 그 외 자극에서 P300의 부트스트랩된 진폭 비교, 관련자극대 목표자극의 P300 진폭의 비율, 관련자극 P300 진폭을 포함하여 구성되었다.

통제질문검사에서 통제질문을 실제 사건의 내용을 포함하는 비교질문으로 바꾸어서 사건과 관련된 관련질문과 비교질문을 비교하여 사건관련전위를 분석한 연구가 MacLaren과 Taukulis (2000)에 의해 발표되었다. 이전에

사용되었던 통제질문은 해당 사건과 관련된 것이 아니라 이전에 이와 유사한 범죄경험이 있었는지를 물어봄으로써 대답하기 애매한 질문인데 반해, 비교질문은 해당사건에 대한 정보를 그대로 가지고 있으면서 사건을 일으킨 주체에 대한 정보가 없는 정보이다. 연구자들은 16명의 대학생을 대상으로 8명은 유죄집단으로 마네킹인 스티븐에게 총을 쏘는 모의 범죄에 가담하게 하고 8명은 무죄집단으로 모의범죄에 대한 글을 읽도록 하였다. 범죄에 대한 내용으로 이루어진 3단어 문장을 컴퓨터 화면에 제시하면서 Fz, Cz, P3(좌 두정부), Pz, P4(우 두정부)의 5개 전극에서 뇌파를 측정하였다. 문장이 진실인지 거짓인지를 판단하여 진실한 문장에서는 ‘예’ 버튼을 누르고, 거짓된 문장에서는 ‘아니오’ 버튼을 누르는데 단, 범죄사실에 대해서는 숨기도록 하였다. 16개 문장이 무작위로 섞여서 26번 제시되었는데 관련문장은 ‘나는 스티븐에게 총을 쏘다’이고, 비교문장은 ‘스티븐이 총에 맞았다’이며 무관련 문장은 ‘나는 캐빈에게 총을 쏘다’, ‘나는 프랭크를 때렸다’, ‘피터가 총에 맞았다’와 같은 문장들로 구성되었다. 유죄집단과 무죄집단을 비교하였을 때 관련문장에서는 유죄집단이 무죄집단보다 유의미하게 더 큰 P300 진폭을 나타냈으며, 비교문장에서 유죄집단은 P300이 나타났고, 무죄집단은 CNV(contingent negative variation)가 나타났다. CNV는 인지처리나 운동반응이 요구되는 곧 제시될 자극에 대한 기대와 관련해서 나타나는 사건관련전위이다. 유죄집단은 관련질문과 비교질문에서 유사한 크기의 P300이 나타났고 무죄집단은 관련질문보다 비교질문에서 P300이 더 크게 나타났다. 유죄집단은 관련문장과 비교문장이 서로 비슷한 기대 수준으로 처리되지만 무죄집단에서는 ‘스티븐은’으로 시작되는 비교문장이 범죄사건에 대한 더 의미 있는 기대를 불러일으키고 ‘나는’으로 시작되는 관련문장은 범죄사건에 대한 예측기대치가 더 떨어질 것으로 해석되었다. P300과 CNV 모두 범죄사건에 대한 기대, 예상의 정보를 처리할 것으로 볼 때 유죄집단에서 비교문장과 관련문장은 범죄사건에 대해 유사한 수준으로 예기의 정보를 처리한다고 보인다. 관련문장과 비교질문 사이에 P300 면적 차를 빼서 얻는 값을 우연히 얻을 확률을 부트스트랩 통계방법으로 추정하였다. 이 방법으로 분류한 결과 유죄집단에서 8명중 5명을 바르게 판단하였고, 3명은 판단불가로 나타났고, 무죄집단에서 8명

중 6명을 바르게 판단하고 1명은 판단불가, 1명은 허위긍정으로 나타났다. 이 연구의 결과는 비록 분류의 정확도는 68.75%로 높지는 않으나, 문장을 이용하여 자극을 제시했다는 것과 비교질문을 사용하였다는 점, P300 요인 외에 CNV 요인을 거짓말 탐지에 사용할 수 있다는 가능성을 제시했다는 점에서 의미 있는 것으로 보인다. 비교질문을 사용하는 것의 장점은 목격자가 용의자로 거짓말 탐지 검사를 받아야 하는 경우 목격자가 사건에 대해 범인과 비슷한 정도의 정보를 가지고 있고 사건의 주체에 대한 정보가 없기 때문에 관련질문과 비교하였을 때 목격자를 범인과 구별해줄 수 있다는 것이다.

대응책에 대한 민감성

자율신경계 반응에 기초해서 거짓말을 탐지하는 폴리그래프 검사의 가장 큰 취약점으로 언급되는 것이 대응책에 대한 잠재적 민감성이 크다는 것이다(National Research Council, 2003). 대응책은 거짓말 탐지 검사를 왜곡시키거나 속이기 위해 개인이 하는 모든 노력을 포함한다. 폴리그래프에 의해서 측정되는 생리적인 측정치들은 인지적인 방법과 물리적인 수단에 의해서 의식적으로 변화될 수 있기 때문에 대응책은 폴리그래프검사의 정확도를 심각하게 위협하고 있다. 이러한 문제점의 보완책으로 개발된 것이 P300-기반 유죄지식검사에서 P300을 범죄의 중요한 세부사항이나 숨기고자하는 정보의 재인에 대한 지표로 사용하였다. 정보의 재인은 뇌의 활동성을 통해서 나타나는데, 자극제시후 300ms 동안의 짧은 순간에 일어나는 P300 지표를 사람이 인위적인 대응책으로 조정하기란 쉽지 않을 것이기 때문에 P300-기반 거짓말 탐지는 대응책에 어느 정도 저항을 가지고 있다고 기대되었다(National Research Council, 2003).

실제로 Rosenfeld와 동료들은 P300-기반 유죄지식검사를 이용하여 대응책의 영향을 연구하였는데(Rosenfeld, Soskins, Bosh, & Ryan, 2004), 실험1에서는 범죄에 관한 6가지 세부사항을 사용하는 6탐침 프로토콜을 이용하였다. 대응책으로는 탐침의 범주와 같은 범주의 무관련 자극이 나올 때마다 숨김반응을 하도록 하였는데, 숨김반응은 왼손을 다리위에 두고 미세하게 왼쪽 검지를 누르거나 왼쪽 중지를 누르기, 왼쪽 엄지발가락을 미세하게 흔들기

나 오른쪽 엄지발가락을 미세하게 흔들기, 또는 마음속으로 실험자가 피험자의 뺨을 때리는 것을 상상하는 것이었다. 유죄집단의 거짓을 탐지하는 확률은 82%(11명중 9명)였고, 대응책집단의 거짓을 탐지하는 확률은 18%(11명중 2명)로 나타났다. 실험2에서는 범죄에 관한 하나의 세부사항을 사용하는 1탐침 프로토콜을 이용하여 유죄집단을 총 3주에 걸쳐 실험하였는데, 1주에는 유죄집단으로 참여하고, 2주에는 대응책을 연습시켜서 대응책집단으로 참여하고, 3주에는 특별한 대응책에 대한 지시 없이 유죄집단으로 참여하여 사건관련전위를 측정하였다. P300-기반 유죄지식검사의 분류 정확도를 비교한 결과 1주는 92%, 2주는 50%, 3주는 58%로 나타났다. 이러한 결과는 거짓말의 인지지표로서 P300진폭에 기초한 거짓말 탐지검사가 쉽게 습득할 수 있는 대응책에 의해 왜곡될 수 있다는 것을 보여준다. 또한 한번 대응책을 배우게 되면 이후에는 쉽게 거짓말 탐지 검사를 왜곡할 수 있게 된다는 것을 보여준다. P300-기반 거짓말 탐지 검사가 대응책에 저항을 가질 것이라는 기대와는 달리, P300이 나타나는 원리를 이용한 대응책을 사용하였기 때문에 거짓말 탐지 결과가 대응책에 의해 왜곡되었다. P300-기반 유죄지식검사에서, 목표자극이나 탐침에서 P300이 나타나는 것은 무관련자극에 비해 주의가 더 주어지기 때문인데, 무관련자극이 나타날 때마다 대응책을 사용하게 되면 주의가 주어지게 되어 결과적으로 탐침에 쓰이는 인지적 자원이 줄어들고 주의가 분산되어 자극간 P300 진폭의 차이가 줄어들어 분류의 정확도가 줄어들게 된다.

최근 들어 모의범죄를 좀 더 실재감 있게 하는데 가상현실을 이용하는 시도들이 있는데, 가상현실을 이용한 모의범죄에서 대응책을 사용하였을 때 P300-기반 유죄지식검사의 분별 정확도를 제시한 연구가 발표되었다(Mertens & Allen, 2008). 이 연구는 Rosenfeld 등(2004)의 연구를 반복한 연구로, 79명의 대학생을 대상으로 연구한 결과 대응책에 의해 분류 정확도가 떨어지는 것을 마찬가지로 보여주었다. 3가지 분류법을 사용하였는데, 가장 정확도가 높게 나타난 진폭 부트스트랩(peak-peak)법에 의한 분류로 거짓을 탐지하는 확률을 비교해보면, 대응책을 사용하지 않은 유죄집단은 47%이고 3종류의 대응책을 사용한 집단 등의 결과는 대응책에 따라 11%에서 27%로 나타났고, 참을 탐지하는 확률은 100%로

나타났다. 이것은 P300-기반 유죄지식검사에서, 유죄인 사람이 대응책을 사용함으로써 무죄로 판정될 확률이 높아진다는 것과 P300-기반 유죄지식검사가 적어도 결백한 무죄 피험자를 억울하게 죄를 씌우지는 않는다는 것을 보여준다.

추후 연구를 위한 제언

지금까지 P300을 이용하여 거짓말 탐지를 한 연구들의 주요 연구결과와 각 연구에서 사용한 거짓말의 진위 여부를 결정짓는 분류법을 알아보았고, 분류의 정확도를 정리하였다. P300-기반 유죄지식검사의 경우 분류의 정확도가 낮게는 73.5%였고, 높게는 100%의 정확도를 나타냈다. P300-기반 통제질문검사의 경우에는 분류의 정확도가 68.75%에서 89.5%로 나타났는데, 전반적으로 P300-기반 유죄지식검사와 비교해보았을 때 분류 정확도가 대체로 더 낮은 것으로 나타났다. 이러한 분류의 정확도를 기존의 폴리그래프의 분류 정확도와 비교해보면 P300-기반 유죄지식검사의 경우와 폴리그래프의 정확도가 비슷한 범위에 존재한다고 보여진다. 실제로, 미국폴리그래프협회는 적절한 절차에서 훈련을 받은 검사자에 의해 폴리그래프가 실시될 경우 정확도는 85-95%에 이른다고 주장하고 있지만(Steinbrook, 1992), 많은 사람들은 폴리그래프의 이러한 정확도의 통계수치에 대해 낮은 신뢰도를 가지고 있다(Brett, Phillips, & Beary, 1986). P300-기반 유죄지식검사의 경우에도 법적인 증거로서의 채택이 논란이 되고 있다(Ford, 2006). 또한 최근 연구에서 무관련질문이 제시될 때마다 숨김반응을 해서 대응책을 사용했을 경우 P300-기반 거짓말 탐지의 결과가 심하게 왜곡되는 것이 발표되었는데, 이러한 연구결과는 P300-기반 거짓말 탐지검사의 한계를 보여주고 있다. 이런 문제점에 대한 해결책은 거짓말 탐지에 관한 충분한 이론적 근거와 과학적 근거가 제시되어, 거짓말의 생리학적인 탐지에 대한 확신을 제공하는 것이라고 보여진다. 그러기 위해서는 다양한 실험조건에서 좀 더 효과적인 패러다임과 최신의 기술을 사용하여 더 많은 연구들이 진행되는 것이 필요하며 연구에 대한 지원이 함께 이루어져야 할 것으로 생각된다. 거짓말을 하는 사람은 인지적인 처리와 정서적인 경험 이 수반되는 생리적인 변화를 겪게 된다. 거짓말 탐지 검

사에서 거짓말의 발생은 질문을 보거나 들은 다음 이해하는 과정, 질문과 관련된 사건의 기억회상, 반응 억제를 포함한 반응에 대한 계획과 판단, 언어적인 반응, 거짓말을 하고난 이후의 죄책감이나 불안, 성취감과 같은 정서경험, 실수 모니터링, 교감신경계 활성화와 같은 서로 유기적으로 연결되어 있는 매우 복잡한 과정을 포함한다. 먼저 거짓말 발생에 대한 심리학적 처리과정의 구체적인 모델이 세워질 필요가 있으며, 거짓말 발생의 각각의 과정에서 일어나는 변화에 대한 체계적인 연구가 이루어져야 할 것이다. 거짓말에 관여하는 인지적 처리에 대한 유용한 정보를 제공할 것이라는 기대로 사건관련전위를 이용한 거짓말 탐지 연구가 진행되고 있는데, 현재 연구는 대부분 P300에 치우쳐 진행되고 있다. 사건관련전위의 다른 요인에 대한 거짓말 탐지 연구가 좀 더 활발하게 이루어지는 것이 필요하다고 생각된다. 예로, 반응억제와 관련된 전두엽 비목표 자극 P3(frontal non-target P3), 주의처리와 관계된 N200, 실수탐지와 관련된 ERN(error-related negativity), 기억인출과 관련된 N400, 정보처리 정교화와 관련된 P600나 LPC(late positive component)와 같은 사건관련전위의 요인들에 대한 거짓말 탐지 연구들은 거짓말 발생의 복잡한 과정을 이해하는데 단서를 제공할 것으로 기대된다. 실제로 이들 요인에 대한 몇몇 연구들이 발표되었으나 현재 활발한 연구가 이루어지지 않고 있다(Boaz, Perry, Raney, Fischler, & Shuman, 1991; Johnson, Barnhardt, & Zhu, 2003; Johnson, Barnhardt, & Zhu, 2005). 또한 거짓말은 여러 유형이 존재하는데 각 유형에 따라 다른 인지적 과정과 신경기제를 가지고 있을 것으로 생각되기 때문에 거짓말 유형에 따른 연구도 필요하다고 보여 진다. 이러한 연구는 거짓말 탐지의 혼동요인을 상당부분 제거해줄 것으로 보인다. 이런 연구들을 효과적으로 수행하기 위해서는 시간해상도가 뛰어난 사건관련전위와 함께 fMRI, PET과 같은 공간해상도가 높은 장비를 사용하는 것이 도움이 될 것이다. 실제로 인지 신경과학의 여러 분야에서 fMRI와 사건관련전위를 동시에 사용한 연구들이 현재 발표되고 있다. 이러한 연구들이 발전하기 위해서는 MRI용 EEG 측정센서의 개발 뿐만 아니라 뇌파에 삽입되는 MRI의 노이즈를 효과적으로 제거하는 소프트웨어의 개발도 함께 이루어질 필요성이 있다. 또한 최근에 NIRS(near infrared spectroscopy)가

의학분야에 쓰이고 있는데, NIRS는 뇌의 신경활동과 관련해서 혈액의 헤모글로빈 농도의 변화를 탐지하여 뇌기능을 측정한다. fMRI와는 달리 유아에게도 사용할 수 있고 장비의 이동이 가능하며 몸을 움직일 때도 측정이 가능하다는 장점을 가지고 있기 때문에 거짓말 탐지 연구에서의 활용도 기대된다.

거짓말과 거짓말 탐지에 관한 이론적인 연구뿐 만 아니라 실제 현장에서 사용하기 적합한 검사의 기반이 되는 연구가 활발하게 이루어질 필요가 있다. 먼저 효과적이고 신뢰할 수 있는 P300-기반 거짓말 탐지 검사를 위해 패러다임에 대한 연구가 필요하다고 보이며, P300-기반 통제질문검사에 대한 연구가 좀 더 다양한 조건에서 이루어질 필요가 있다. 예로, 목표자극을 제시하는 목표 자극 패러다임과 목표자극 없이 탐침과 무관련자극 만이 제시되는 비목표자극 패러다임을 비교한 연구는 어떤 패러다임이 더 나은 결과를 제공하는가를 알려줄 수 있고 (Rosenfeld, Biroshak, & Furedy, 2006), 문장을 이용한 패러다임의 개발은 거짓말 탐지검사를 하는 현장에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 보여 진다. 또한 사건에 대한 언론의 상세한 보도로 인해 범죄사건의 정보가 공개되어 더 이상 유죄지식검사를 사용할 수 없을 경우와 목격자와 같이 범인과 비슷한 정보량을 가지고 있는 사람이 용의자로 몰렸을 경우에 이에 적합한 사건관련전위-기반 거짓말 탐지 검사가 개발될 필요가 있다고 생각된다. 또한 움직임에 의해 노이즈가 들어가면 신뢰로운 뇌파측정이 어렵고 전극을 두피에 부치는데 사용되는 전극풀의 사용은 피험자와 실험자 모두에게 번거로운 불편함을 안겨주고 있다. 움직임에 저항을 가지면서 간단하고 편리하게 사용할 수 있는 뇌파 장비의 개발은 측정에 필요한 노력들을 간소화시킬 수 있을 것이며, 거짓말의 진위여부에 대한 과학적인 근거에 기초한 분류법의 개발은 거짓말 탐지의 정확도를 높이는 데 기여할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 박판규 (2003). 거짓말탐지검사. 삼우사.
 Abootalebi, V., Moradi, M. H., & Khalizadeh, M. A. (2006). A comparison of methods for ERP assess-

- ment in a P300-based GKT. *International Journal of Psychophysiology*, 62, 309-320.
- Abootalebi, V., Moradi, M. H., & Khalizadeh, M. A. (2009). A new approach for EEG feature extraction in P300-based lie detection. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, in press.
- Allen, J. J., & Iacono, W. (1997). A comparison of methods for the analysis of event-related potentials in deception detection. *Psychophysiology*, 34, 234-240.
- Bennington, J. Y., & Polich, J. (1999). Comparison of P300 from passive and active tasks for auditory and visual stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 34, 171-177.
- Boaz, T. L., Perry, N. W., Raney, G., Fischler, I. S., & Shuman, D. (1991). Detection of guilty knowledge with event-related potentials. *Journal of Applied Psychology*, 76, 788-795.
- Brett, A. S., Phillips, M., & Beary, J. F. (1986). Predictive power of the polygraph : Can the "lie detector" really detect liars? *Lancet*, 1, 544-547.
- Donchin, E., & Cole, M. G. H. (1988). Is the P300 component a manifestation of context updating? *Behavioral Brain Science*, 11, 357-374.
- Donchin, E., Karis, D., Bashore, T. R., Coles, M. G. H., & Gratton, G. (1986). Cognitive psychophysiology and human information processing. In M. G. H. Coles, E. Donchin, & S. W. Porges(Eds.), *Psychophysiology : systems, processes and applications*. New York : Guilford press.
- Duncan-Johnson, C. C., & Donchin, E. (1977). On quantifying surprise : The variation of event-related potentials with subjective probability. *Psychophysiology*, 14, 456-467.
- Ekman, P. (1992). *Telling lies*. New York : Norton.
- Farwell, L. A., & Donchin, E. (1991). The truth will out : Interrogative polygraphy ("lie detection") with event-related brain potentials. *Psychophysiology*, 28, 531-547.
- Farwell, L. A., & Smith, S. S. (2001). Using brain MERMER testing to detect knowledge despite efforts to conceal. *Journal of Forensic Sciences*, 46, 135-143.
- Ford, E. B. (2006). Lie detection : Historical, neuropsychiatric and legal dimensions. *International Journal of Law and Psychiatry*, 29, 159-177.
- Garcia-Larrea, L., & Cezanne-Bert, G. (1998). P3, positive slow wave and working memory load : A study on the functional correlates of slow wave activity. *Electroencephalogram and Clinical Neurophysiology*, 108, 260-273.
- Guevin, L. (2002). Picking your brain in the name of security. *BiometriTech*. Retrieved from([http : // www.biometritech.com/features/laurapop5.htm](http://www.biometritech.com/features/laurapop5.htm))
- Happel, M. D. (2005). Neuroscience and the detection of deception. *Review of Policy Research*, 22, 667-685.
- Hillyard, S. A., Squires, K. C., Bauer, J. W., & Lindsay, P. H. (1971). Evoked potential correlates of auditory signal detection. *Science*, 172, 1357-1360.
- Johnson, M. M., & Rosenfeld, J. P. (1992). Oddball-evoked P300-based method of deception detection in the laboratory. II : Utilization of non-selective activation of relevant knowledge. *International Journal of Psychophysiology*, 12, 289-306.
- Johnson, R., Barnhardt, J., & Zhu, J. (2003). The deceptive response : Effects of response conflict and strategic monitoring on the late positive component and episodic memory-related brain activity. *Biological Psychology*, 64, 217-253.
- Johnson, R., Barnhardt, J., & Zhu, J. (2005). Differential effects of practice on the executive processes used for truthful and deceptive responses : An event-related brain potential study. *Cognitive Brain Research*, 24, 386-404.
- Lui, M., & Rosenfeld, J. P. (2008). Detection of deception about multiple, concealed, mock crime items, based on a spatial-temporal analysis of ERP ampli-

- tude and scalp distribution. *Psychophysiology*, 45, 721-730.
- Lykken, D. T. (1981). *A tremor in the blood : Uses and abuses of the lie detector*. New York : McGraw-Hill Book Company.
- MacLaren, V., & Taukulis, H. (2000). Forensic identification with event-related potentials. *Polygraph*, 29, 330-343.
- 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.
- Mohamed, F. B., Faro, S. H., Gordon, N. J., Platek, S. M., Ahmad, H., & Williams, J. M. (2006). Brain mapping of deception and truth telling about an ecologically valid situation : Functional MR imaging and polygraph investigation-initial experience. *Radiology*, 238(2), 679-688.
- National Research Council. (2003). *The polygraph and lie detection*. Washington, DC : National Academies Press.
- Neshige, R., & Luder, H. (1992). Recording of event-related potentials (P300) from human cortex. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 9, 294-298.
- Phan, K. L., Magalhaes, A., Ziemlewicz, T. J., Fitzgerald, D. A., Green, C., & Smith, W. (2005). Neural correlates of telling lies : A functional magnetic resonance imaging study at 4 Tesla. *Academic Radiology*, 12, 164-172.
- Picton, T. W. (1992). The P300 wave of the human event-related potential. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 9, 456-479.
- Rosenfeld, J. P., Angell, A., Johnson, M., & Qian, J-H. (1991). An ERP-based, control-question lie detector analog : Algorithms for discriminating effects within individuals' average waveforms. *Psychophysiology*, 28, 319-335.
- 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., Cantwell, B., Nasman, V. T., Wojdac, V., Ivanov, S., & Mazzeri, L. (1988). A modified, event-related potential-based guilty knowledge test. *International Journal of Neuroscience*, 24, 157-161.
- Rosenfeld, J. P., Nasman, V. T., Whalen, R., Cantwell, B., & Mazzeri, L. (1987). Late vertex positivity as a guilty knowledge indicator : A new method of lie detection. *International Journal of Neuroscience*, 34, 125-129.
- Rosenfeld, J. P., Shue, E., & Singer, E. (2007). Single versus multiple probe blocks of P300-based concealed information tests for self-referring versus incidentally obtained 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.
- Smith, M. E., Halgren, E., Sokolik, M., Baudena, P., Musolino, A., Liegeois-Chauvel, C., & Chauvel, P. (1990). The intracranial topography of the P3 event-related potential elicited during auditory oddball. *Electroencephalogram and Clinical Neurophysiology*, 76, 235-248.
- Squires, N. K., Squires, K. C., & Hillyard, S. A. (1975a). Two varieties of long-latency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli in man. *Electroencephalogram and Clinical Neurophysiology*, 38, 387-401.
- Squires, N. K., Squires, K. C., & Hillyard, S. A. (1975b). Decision-related cortical potentials during an auditory signal detection task with cued intervals. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 1, 268-279.
- Steinbrook, R. (1992). The polygraph test-A flawed diagnostic methods. *New England Journal of medicine*,

- 327(2), 122-123.
- Sutton, S., Braren, M., & Zubin, J. (1965). Evoked potentials correlates of stimulus uncertainty. *Science*, 150, 1187-1188.
- Zuckerman, M., DePaulo, B. M., & Rosenthal, R. (1981). Verbal and nonverbal communication of deception. In L. Berkowitz (Ed.), *Advances in experimental social psychology*. New York : Academic Press.

P300-based Studies in Detection of Deception

Young Youn Kim

Kyonggi University

The purpose of this study was to investigate P300-based studies in lie detection. First, this study described the concept of event-related potentials (ERP) and the characteristics of P300. Important results were reviewed in regard to P300-based guilty knowledge test and P300-based control question test in previous studies. In detection of deception, the methods for ERP assessment in P300-based studies were evaluated on the basis of the accuracy of classification. In addition, this study examined the effect of countermeasures in P300-based lie detection. The limitations of previous studies and the directions for the further research were suggested in order to detect deception with more accuracy.

Keywords: Lie detection; Event-related potentials; P300; Guilty knowledge test

1차원고 접수일 : 2009년 1월 7일
수정원고 접수일 : 2009년 2월 11일
게재 확정일 : 2009년 2월 17일