

인지부하와 베타 주파수 분석을 이용한 거짓말 탐지*

함진선 정재영 이장한**

중앙대학교 심리학과 대검찰청 심리분석실 중앙대학교 심리학과

본 연구의 목적은 거짓말 탐지의 인지모델 이론에 근거하여 거짓말 생성에 따른 인지부하를 중추신경계 인지처리과정의 핵심적인 지표로 알려진 베타 주파수 분석을 통해 진실과 거짓 반응의 차이를 확인하는데 있다. 이를 위해, 20명의 남자 대학생(거짓집단 11명, 진실집단 9명)을 대상으로 3차원 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 모의범죄 시나리오와 인지부하를 차별화시킨 거짓말 탐지 질문 패러다임(사실과 같게 응답하는 '사실 반응조건', 사실과 다르게 응답하는 '사실 역반응조건')을 사용하여 거짓말에 따른 인지부하 정도를 측정하였다. 연구 결과, 거짓 집단의 경우, 범죄관련 질문에 대한 '사실 역반응조건'에서 베타 주파수의 절대파위가 '사실 반응조건'보다 유의미하게 증가하였으며, 진실집단의 경우 질문 조건 간 차이는 나타나지 않았다. 범죄행위에 대한 '사실 역반응 질문기법'을 이용하여 거짓말의 인지부하를 증가시킨 결과, 거짓 집단만이 인지적 노력의 지표로 알려진 베타 주파수의 활동이 활발하게 나타났다. 이상의 연구 결과를 통해, 거짓말에 수반되는 인지부하를 과학적인 방법으로 측정함으로써 거짓말의 인지처리과정에 관한 유용한 정보를 제공하며 거짓말 탐지의 타당성을 높이는데 기여할 수 있다.

주요어: 거짓말 탐지, 인지 부하, 주파수 분석, 모의범죄

거짓말(deception)이란 '화자가 고의적으로 타인을 속이는 행위'와 '상대방이 사실을 알고 싶어한다는 것을 알면서도 사실을 숨기는 행위'를 모두 포함한다. 따라서 거짓말에는 능동적으로 거짓 사실을 말하는 것과 수동적으로 사실을 밝히지 않는 것을 모두 포함하는데 '사실을 감추려는 동기'가 거짓말 정의에서 가장 핵심적인 요소가 될 수 있다(Krapohl, & Sturm, 2002; Miller & Stiff, 1993). 일상생활에서 사람들은 다양한

거짓말을 하는데(DePaulo & Kashy, 1998), 일상생활에서 흔히 일어나는 거짓말은 일반적으로 상대방에게 큰 피해를 주는 것이 아니며 설사 거짓이 밝혀지더라도 자신과 사회에 큰 위협이 되지 않는 것들이 대부분이다. 그러나, 범죄 사실을 숨기거나 축소하기 위한 거짓말의 경우는 사건 당사자뿐 아니라 사회적으로 중대하고 심각한 문제를 일으키게 되므로, 범죄 사건에서 거짓말을 탐지하는 것은 매우 중요한 문제라 할 수 있다.

* 이 논문은 2010년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NO. 2010-0020633).

** 교신저자(Corresponding authors): 이장한, (136-756) 서울시 동작구 흑석동 221, 중앙대학교 심리학과, E-mail: clipsy@cau.ac.kr, Tel: 02-820-5751

함진선, (156-756) 서울시 동작구 흑석동 221, 중앙대학교 심리학과, E-mail: jshahm77@wmcau.ac.kr, Tel: 02-820-5124

정재영, (137-730) 서울시 서초구 반포로 706, 대검찰청 심리분석실, E-mail: hibira@spo.go.kr, Tel: 02-535-4225

현재 국·내외적으로 많이 사용하고 있는 거짓말 탐지 연구의 이론적 배경은 거짓말을 할 때 발생하는 정서적 특성(emotional-based approach)과 인지적 특성(cognitive-based approach)에 기초하고 있다. 먼저, 수사기관에서 널리 사용하고 있는 호흡(복부 및 흉부), 피부전기반응 그리고, 혈압을 측정하는 폴리그래프 검사는 거짓말을 말할 때 느끼는 정서적 특성으로 인해 발생하는 생리적인 변화를 탐지하여 진술의 진위 여부를 판단하는 방법이다(박판규, 2003; Ben-Shakhar & Furedy, 1990). 거짓말을 할 때, 사람들은 거짓이 발각되는 것에 대한 두려움과 불안, 거짓말 하는 것에 대한 죄책감을 느낄 수 있으며(Zuckerman, DePaulo, & Rosenthal, 1981), 속이기 어려운 상대에게 성공적으로 거짓말을 했을 경우 흥분과 성취감(Ekman, 1992)도 느낀다. 폴리그래프 검사는 이러한 정서 변화로 인해 나타나는 자율신경계인 교감신경계의 활성화를 감지해냄으로써 거짓말을 탐지한다.

그러나, 개인에 따라 거짓말을 할 때 나타나는 정서가 다를 수 있으며 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). 이로 인해 폴리그래프 검사는 거짓말을 탐지한다기보다는 정서의 변화를 탐지한다고 볼 수 있으며, 결과적으로 거짓말 탐지의 정확도와 신뢰도를 낮추는 결과를 초래한다(Happel, 2005).

이러한 폴리그래프의 한계점을 보완하는 방법으로 제시되고 있는 또 다른 이론적 관점은 거짓말에 관여하는 인지적 특성을 밝히는 것이다. 폴리그래프가 거짓말의 자율신경계 변화를 탐지해낸다면, 인지적 접근 방법은 뇌로부터 발생하는 전기적 신호인 뇌파(electroencephalogram)를 통해 거짓말에 따른 중추신경계의 변화를 탐지해내며, 특히 거짓말의 인지 정보처리과정의 유용한 지표를 제공해 주고 있다. 뇌파 중에서도 특정한 사건과 관련 있는 뇌의 전기적 활동을 사건관련전위(event-related potentials, ERP)라고 하며, 이를 이용한 거짓말 탐지 연구들이 꾸준히 진행되고 있다(김영운, 2009; Abootalebi, Moradi, & Khalilzadeh, 2006; Boaz, Perry, Raney, & Fischler, 1991; Farewell

& Smith, 2001; Hahm, Ji, Jeong, Oh, Kim, Sim, & Lee, 2009; Mertens & Allen, 2008; Rosenfeld, Shue, & Singer, 2007). 사건관련 전위는 밀리세컨드(ms)단위의 시간해상도를 가지고 있기 때문에 매우 빠른 시간 내에 일어나는 거짓말과 관련된 인지 정보처리의 신경생리학적 기제를 이해하는데 유용하다. 사건관련 전위 중 대표적인 인지 정보처리의 요인인 P300(자극 제시 후 300ms 주변에서 관찰되는 증폭된 뇌파)은 범죄사건의 중요한 세부사항이나 숨기고자 하는 정보의 재인에 대한 지표로 사용되므로 범죄관련 질문에 대한 P300 진폭에 기초하여 피검사자의 거짓말 여부를 탐지한다. 뿐만 아니라, 실수 탐지와 관련된 ERN(error-related negativity), 기억인출과 관련된 N400, 정보처리 정교화와 관련된 LPC(late positive component)와 같은 사건관련전위의 요인들이 거짓말 발생의 복잡한 인지처리 과정을 이해하는데 단서를 제공해주고 있다.

뇌파 이외에도 fMRI(functional magnetic resource imaging)를 이용한 거짓말 탐지 연구(Kozel, Johnson, Mu, Grenesko, Laken, & George, 2005; Langleben, Schroeder, Maldjian, Gur, McDonald, Ragland, O'Brien, & Childress, 2002; Mohamed, Faro, Gordon, Platek, Ahmad, & Williams, 2006)는 공간해상도가 뛰어나 거짓말의 뇌 기제를 밝히는데 많은 단서를 제공하고 있다. 그 결과, 거짓말을 하는 동안 사건의 회상 및 자신이 알고 있는 사실을 억압하고 의사결정 내리는데 관여하는 것으로 알려진 뇌의 전전두 피질(prefrontal cortex)과 전대상 피질(anterior cingulate cortex), 방추이랑(fusiform gyrus) 부위가 활성화되었다. 뇌의 활성화 부위를 관찰함으로써 거짓말의 인지적 특성을 밝히고 거짓말 탐지의 정확성을 높이는데 사용된다. 그러나 fMRI 연구는 뇌파에 비해 시간해상도가 떨어지고 비용이 많이 들며 휴대가 불가능하다. 또한, 측정 시 소음이 심하다는 단점 이외에 몸에 금속 물질을 가지고 있는 사람을 측정하는데 제한이 있다.

이상에서 살펴본 자율신경계 반응뿐 아니라 중추신경계 반응에 기초하여 거짓말을 탐지할 때 가장 큰 취약점으로 언급되는 것이 대응전략에 대한 민감성이 크다는 것이다(Mertens & Allen, 2008; National Research Council, 2003; Rosenfeld, Soskins, Bosh, &

Ryan, 2004). 대응전략(countermeasures)이란 거짓말 탐지 검사를 왜곡하거나 속이기 위해 개인이 인위적으로 사용하는 모든 정신적, 신체적 노력을 의미한다. Rosenfeld 등(2004)은 모의범죄를 저지른 유죄 집단의 실험참가자로 하여금 범죄 무관련 질문에 대해서 손가락이나 발가락을 미세하게 흔들기 또는 마음속으로 검사자가 실험참가자의 뺨을 때리는 것을 상상하는 등의 대응전략을 사용하게 했을 때, 거짓을 탐지하는 정확도가 낮아졌다고 하였다. 자신이 저지른 범죄 사건에 대해 거짓말을 하는 사람은 범죄무관련 질문보다 범죄 관련 질문에 주의를 더 기울이게 되는데 범죄무관련 질문이 나타날 때마다 대응전략을 사용하면 주의를 주어지게 되어, 결과적으로 범죄관련 질문을 응답하는데 쓰이는 인지적 노력이 줄어들고 주위가 분산되어 거짓과 진실의 분류 정확도가 위협받게 된다는 것이다.

거짓말의 인지적 모델(DePaulo, Lindsay, Malone, Muhlenbruck, Charlton, & Cooper, 2003; Lykken, 1998; Sporer, 1997)에 따르면, 거짓말은 복잡한 인지 처리과정을 거쳐 생성되므로 진실을 말하는 것보다 더 많은 인지적 노력(cognitive effort)이 요구된다. 즉, 의도적으로 사실과 다르게 진술하여 상대방을 속이기 위해서는 진실반응의 지속적인 억제와 함께 거짓반응의 선택 및 실행이 요구되므로, 특별한 정보처리과정이 요구되지 않는 진실을 말하는 것보다 거짓말을 할 때 더욱 높은 수준의 인지적 부하가 발생하게 된다. 이러한 현상은 일반적으로 과제 해결에 요구되는 인지자원의 양이 인지구조가 보유하고 있는 자원의 용량을 초과할 때 인지 과부하가 발생하는 인지부하 이론(Cognitive Load Theory)으로도 설명될 수 있다(Paas, Tuovinen, Tabbers, & van Gerven, 2003; Sweller, van Merriënboer, & Paas, 1998). 지금까지 거짓말에 따른 인지부하의 증가는 질문에 대한 답변 지연시간, 언어적 혼란(말 주저, 말 실수, 잠시 멈춤 빈도 등) 및 비언어적 행동 특성(부연 설명 동작, 몸 움직임, 자세 바꾸기)과 관련이 있는 것으로 나타났다(김시엽, 전우병, 김경하, 김미영, 전충현, 2005; Vrij, Edward, Roberts, & Bull, 2000; Vrij & Mann, 2001).

이상의 연구들을 종합해 볼 때, 거짓말의 정서적 변화뿐 아니라 인지적 특성에 기초하여 거짓말을 탐지하

는 것은 피검사자가 쉽게 습득할 수 있는 대응전략에 의해 왜곡될 수 있으며, 거짓말 발생의 인지처리과정에서 중요한 요소로 작용하고 있는 인지부하의 변화를 객관적인 생리측정치로 살펴본 연구는 현재 부족한 실정이다. 지금까지 이루어진 대부분의 연구들이 행동 단서를 통해 간접적인 방법으로 거짓말에 관여하는 인지적 노력을 측정하거나 사건관련전위를 통해 주의처리과정을 밝히는 연구들을 중심으로 진행되어 왔다. 이에 본 연구는 거짓말 탐지의 인지모델 이론에 근거하여 거짓말 생성의 핵심적인 요소로 작용하는 인지부하를 중추신경계의 생리측정치 중 인지처리과정의 지표로 알려진 베타 주파수 분석을 통해 진실과 거짓 반응의 차이를 확인하는데 그 목적이 있다. 이를 위해, 3차원 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 모의범죄를 실시한 후 인지 부하수준을 차별화시킨 거짓말 탐지 질문조건에 대해 거짓집단과 진실집단이 보이는 뇌파 주파수 특징을 비교하고자 하였다.

본 연구에서 사용된 인지 부하수준을 차별화시킨 거짓말 탐지 질문 패러다임은 사람들이 기존에 가지고 있는 도식을 재구성 할 때 인지적 노력이 증가하며 (Geiselman & Callot, 1990), 이중과제(dual-task)가 단일과제(single-task) 수행보다 더 많은 인지부하를 일으킨다(Briggs, Peter, & Fisher, 1972)는 사실에 기초하였다. 따라서 본 연구에서는 범죄관련 및 무관련 질문 각각에 대해 지시문구(사실과 같게 응답하시오 또는 사실과 다르게 응답하시오)를 사용하여 사실 반응 조건과 사실 역반응조건을 통해 인지부하 수준을 조작하였다.

뇌파 주파수는 알파(alpha), 베타(beta), 델타(delta), 세타(theta) 파형 등으로 구분되는데, 특히 베타파(14~30Hz)는 정신적 활동 및 신체 운동에 의해 발생하며 인지 및 정서 처리과정과 밀접한 관련이 있다. 거짓말 반응으로 인해 발생하는 인지부하는 뇌파 측정치 중 특히 베타 주파수(beta wave)와 밀접한 관련이 있으며, 거짓반응을 진실반응으로부터 구별해내는데 베타파의 활동이 중추신경계의 중요한 생리적 반응으로 작용한다는 사실이 밝혀졌다(Merzagora, Bunce, Izzetoglu, & Onaral, 2006). Merzagora 등은 거짓반응(본인이 보유하고 있는 카드에 대해 거짓말을 하는 것)에 베타파의

활동이 관여한다는 것을 시각자극을 사용한 질문기법을 이용하여 확인하였다. 일반적으로, 자극이 복잡하거나 자극의 변별이 어려울수록 인지적 노력이 더 많이 요구되며 그에 따른 주의력의 지속으로 베타파의 양이 증가하게 된다(Crawford & Vasilescu, 1995). 따라서, 특정 자극에 대해 주의를 기울이거나 인지적 노력을 요하는 과제를 수행할 때 베타파는 증가하며, 불안과 긴장을 일으키는 정서적 자극에 의해서도 영향을 받는다. 이에 본 연구에서는 정신활동과 인지적 노력의 신호로 알려진 베타 주파수만을 정량적으로 산출하여 인지부하를 차별화시킨 거짓말 탐지 질문에 대해 거짓집단과 진실집단이 보이는 뇌파의 변화량을 비교 분석하고자 하였다.

본 연구를 통해 거짓말 생성에 핵심적인 요소로 작용하는 인지적 부하를 중추신경계의 생리적 측정치를 통해 객관적으로 밝혀냄으로써 거짓말의 인지적 특성을 이해하는데 유용한 단서를 제공해 줄 것으로 보인다. 뿐만 아니라, 인지적인 대응전략으로 인해 발생하는 거짓말 탐지 검사의 한계점을 보완함으로써 좀 더 과학적인 방법으로 거짓말 탐지의 정확도를 높이고자 하였다.

연구방법

연구 대상

본 연구는 서울에 소재하고 있는 C 대학교의 홈페이지 공고를 통해 남성 실험 참가자 20명을 모집하였다. 연구 대상으로 남성을 선정한 이유는 실제 범죄사건에서 용의자로 지목될 확률이 여성보다 높았으며

(Bradley & Rettinger, 1992; Wilson & Herrnstein, 1985), 본 연구에서 모의범죄 시나리오로 사용한 절도 사건에 관여할 가능성이 높을 것으로 가정하였기 때문이다(대검찰청, 2006). 참가자 중 11명은 거짓집단(범죄를 저지르고 거짓말을 하는 유죄집단)으로, 9명은 진실집단(범죄와 무관하며 진실을 말하는 무죄집단)으로 구성되어 실험을 수행하였다. 연구대상자의 평균연령은 거짓집단 25.1세($SD=3.1$), 진실집단 23.1세($SD=2.1$)로 나타나 모의범죄 수행 유무에 따른 집단 간 연령 차이는 없었다.

실험 도구 및 절차

모의범죄 시나리오(mock-crime scenario)

3차원의 컴퓨터 시뮬레이션 게임(Grand Theft Auto San Andreas, Rockstar Games)을 이용하여 모의 절도범죄 시나리오를 구성하였다. 실험 참가자들은 두부고시장치(Head Mounted Device)를 착용하고 조이스틱을 조작하여 3인칭 시점의 아바타(avatar)를 통해 가상환경에서 맡은 역할을 수행하였다. 그림 1에서 거짓집단에 속한 참가자들은 가상환경에서 자동차를 운전하고 가다가 옷 가게를 차로 들이받은 후, 옷 가게 금고를 부수고 돈을 훔쳐 옷 가게를 빠져나오는 역할을 지시 받았다. 진실집단의 경우, 동일한 가상환경 내에서 술집으로 걸어 들어간 후 술집을 둘러보고, 잠시 후 밖에서 사이렌이 울리는 소리를 듣고 술집을 나오게 된다. 이 때 경찰이 출동하여 거짓집단과 진실집단의 역할을 수행한 참가자들을 체포하면서 가상환경 내 모의 절도 범죄 실험이 종료된다.



그림 1. 모의범죄 시나리오 장면(좌: 거짓집단, 우: 진실집단)

모의범죄 실험절차

모의범죄 실험은 이틀에 걸쳐 진행되었는데, 모든 참가자들은 첫째 날 C 대학교 심리학 실험실에서 모의 범죄 시나리오를 수행하였고, 범죄의 용의자로 지목되어 다음 날 오후 대검찰청 심리분석실에서 거짓말 탐지 뇌파측정검사를 받았다. 뇌파측정에 소요되는 시간은 검사 준비시간을 포함하여 대략 1시간 정도 소요되었다. 뇌파를 측정하는 동안 잡파의 혼입을 막기 위해 참가자들에게 움직임이 최소로 줄이도록 부탁하였으며, 전류공급 및 소음으로 인한 잡파를 제거한 뇌파 전용 측정실에서 검사를 실시하였다. 모든 검사가 끝난 후 실험자가 실험 참가자들에게 디브리핑을 하였다.

본 연구에서는 모의범죄 시나리오의 실제감을 높이기 위해 범죄상황의 위험성(high-stake)을 조작하였으며 실험 참가자들이 자발적으로 거짓집단과 진실집단을 선택하도록 하였다. 이를 위해, 실험을 시작하기 전 참가자들에게 거짓집단을 선택할 경우 뇌파측정 검사에서 거짓말을 잘 수행한다면 실험 성공으로 간주하여 기본 참가금과 추가 사례금(기본 참가금보다 많은 액수)을 지급받지만, 거짓말이 탄로나거나 자백을 할 경우 기본 참가비조차 받지 못할 것이라고 알려주었다. 반면, 진실집단을 선택할 경우, 사실대로 결백을 주장하면 기본 사례금과 추가 사례금(기본 사례금과 동일 액수)이 지급되지만, 진실되게 행동하지 못한다면 추가 사례금이 없을 것이라고 설명하였다. 본 실험에서 사용한 실험 참가비 지급 조건에 따른 위험성 조작(거짓

말을 함으로써 얻어지는 이득과 거짓말이 발각되었을 때 나타나는 손실을 크게 설정)은 거짓집단을 선택한 실험참가자들의 동기 수준을 높여 범죄 상황과 행위에 대한 인지적 몰입을 극대화 시키는데 효과적인 방법이 될 수 있다(Jokinen, Santtila, Ravaja, & Puttonen, 2006; Porter & Yuille, 1996). 뿐만 아니라, 모의범죄에 대한 거짓말 탐지 검사를 실험실 상황이 아닌 실제 수사 전문기관에서 실시하는 것이 범죄 상황의 위험성을 조작하는 또 다른 방법이 될 수 있으므로(Jokinen et al., 2006), 대검찰청 심리분석실에서 거짓말 탐지를 위한 뇌파측정검사를 실시함으로써 모의범죄 실험연구가 갖는 생태학적 타당도의 한계점을 극복하고자 하였다.

자극 구성 및 거짓말 탐지 질문 패러다임

뇌파 측정시 사용하는 거짓말 탐지 질문검사는 모니터를 이용한 시각자극을 사용하였다. 자극은 질문과 지시문구가 한 쌍으로 이루어진 형태로 질문유형은 범죄관련 질문과 범죄무관련 질문으로 구성되었다. 범죄관련 질문은 ‘당신이 차로 옷가게를 들이받았습니까?’, 범죄무관련 질문은 ‘당신은 의자에 앉아있습니까?’로 구성되었다. 지시문구는 ‘사실과 같게 응답하시오(사실 반응조건)’, ‘사실과 다르게 응답하시오(사실 역반응조건)’를 사용하였다.

하나의 질문형태는 범죄관련 또는 무관련 질문에 지시문구가 한 쌍으로 이루어져 컴퓨터 화면을 통해 제시되었으며, 각 질문 자극에 대해 반응키(예 또는 아니

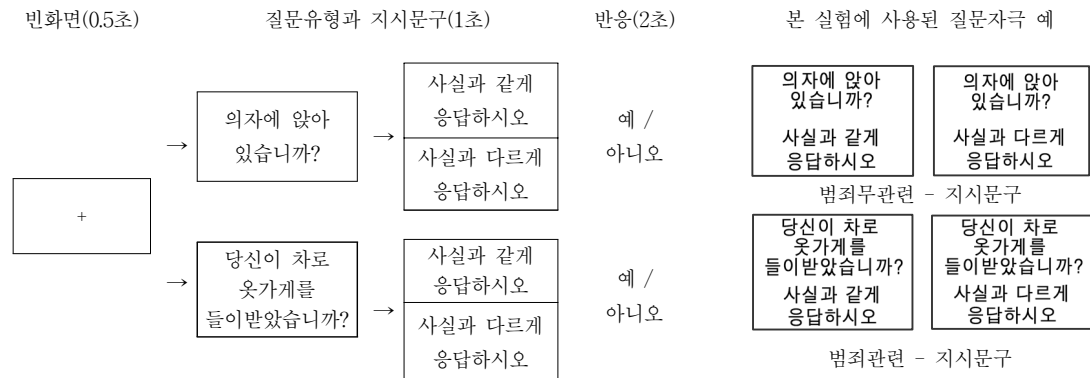


그림 2. 뇌파 측정 검사에 사용된 질문자극 및 거짓말 탐지 질문 패러다임

오)를 눌러 질문에 대해 응답을 하도록 하였다. 그림 2에 하나의 질문자극 제시순서인 빈 화면(0.5초), 범죄 관련(또는 무관련) 질문유형과 지시문구(1초), 반응(2초)이 배열되어 있다. 자극 간 제시시간은 2초로 제한하였으며, 하나의 질문형태가 무선적으로 20회 반복 시행되었다.

뇌파장비 및 측정

실험에 사용된 뇌파검사는 전산화된 뇌파측정기 QEEG-32 (모델명: LXE 3232, Laxtha Inc.) 장비를 사용하였으며, 뇌파는 대검찰청 심리분석실 내 주변기기의 영향을 받지 않기 위해 구리차폐가 된 뇌파 전용 검사실에서 측정되었다. 뇌파는 국제 10-20 전극배치법 기준에 의해 8개의 전극을 부착하였으며(F3, F4, C3, C4, T3, T4, O1, O2), 기준전극(reference electrode)은 오른쪽 귓볼을 이용하였다. 두피에 부착하는 전극은 금으로 도포된 접시형태의 디스크 전극을 사용했으며, 피부와의 접촉 저항을 최소화하기 위해 알코올 솜을 이용하여 머리표면의 이물질질을 닦아낸 후 뇌파전용 전극 풀을 문혀 부착하였다. 뇌파신호는 256Hz로 샘플링되었고 잡음의 제거를 위한 단계여과기(notch filter)는 60Hz로 설정하여, 12bit 디지털 신호로 변환한 자료를 수집하였다.

자료 분석

자료 분석을 위해 뇌파의 비주기적으로 진동하는 신호를 측정하여 시간 영역의 신호를 주파수 영역으로 변환하는 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform: FFT)을 이용한 스펙트럼 분석(EEG Spectrum Analysis) 방법을 사용하였다. 본 연구에서 관찰된 뇌파의 주파수 성분은 델타(0~4Hz), 세타(4~7Hz), 알파(8~13Hz), 베타(14~30Hz)영역으로 세분화할 수 있는데, 심장활동, 몸 움직임, 눈 깜박임으로 인해 많이 발생하는 0-4Hz 영역의 델타의 주파수를 제외하였으며, 정신헌동 및 인지처리 과정의 신호로 알려진 베타 주파수만을 정량적으로 산출하여 질문유형에 따른 거짓 집단과 진실집단이 보이는 변화량을 비교 분석하였다.

구체적으로, 질문과 지시문구 제시(1초) 후 이에 대한 실험참가자의 반응구간(2초) 사이의 베타파의 양을 산출하여 총 3초 동안 8개의 전극(F3, F4, C3, C4, T3, T4, O1, O2)을 통해 수집된 베타주파수를 합산하여 분석에 사용하였다. 거짓말 탐지의 모든 질문에 대해 정반응(지시문구에 대해 진실, 거짓집단 역할 수행에 일치되도록 응답한 경우)을 보인 실험참가자들의 베타주파수와 반응시간을 최종 자료 분석에 사용하였다. 통계분석을 위해 윈도우형 SPSS 15.0 프로그램을 사용하여 먼저, 연구대상자의 일반적인 특성을 파악하고 비교하기 위해 기술통계 분석과 *t* 검증을 사용하였다. 베타 주파수의 절대파워 및 반응시간에 대해 피험자간 요인은 집단(거짓집단, 진실집단)이었으며, 피험자내 요인은 질문유형(범죄관련, 범죄무관련 질문)과 지시조건(사실 반응조건, 사실 역반응조건)으로 설계하여 삼원 변량분석을 실시하였다. 연구결과에 따라 각 질문조건(질문유형 및 지시조건)별로 추가적인 이원변량 분석을 실시하였다.

결 과

베타 주파수 영역의 절대파워

표 1은 질문조건(질문유형 및 지시조건)에 따른 두 집단의 베타 주파수 절대파워 평균 및 표준편차를 보여주고 있다. 베타 주파수 절대파워의 삼원변량분석 결과, 질문유형, 지시조건, 집단 간에 유의미한 삼원 상호작용이 나타났다($F(1,18)=12.34, p < .01$). 또한, 지시조건과 집단의 상호작용($F(1,18)=4.57, p < .05$)과 지시조건의 주효과($F(1,18)=6.34, p < .05$)가 통계적으로 유의미하였다. 각 질문조건(질문유형 및 지시조건)별로 추가적인 이원변량 분석을 실시한 결과가 아래에 제시되어 있다.

범죄관련 질문에 대한 지시조건(사실 반응조건 vs. 사실 역반응조건)의 효과

그림 3에서 보는 바와 같이, 베타 주파수 영역에서 집단과 질문조건간의 상호작용($F(1,18)=6.69, p < .01$)

표 1. 질문조건(질문유형 및 지시조건)에 따른 두 집단의 베타 주파수 절대파워 평균 및 표준편차(단위: μV^2)

집단구분	질문유형	지시조건		t
		사실 반응조건	사실 역반응조건	
거짓집단 (N=11)	범죄무관련 질문	16.31(8.09)	15.23(6.98)	-3.62**
	범죄관련 질문	14.55(6.02)	21.86(5.85)	
진실집단 (N=9)	범죄무관련 질문	17.28(6.83)	18.32(8.28)	
	범죄관련 질문	17.90(6.96)	17.37(6.20)	

* $p < .05$, ** $p < .01$

및 질문조건 주 효과($F(1,18)=7.24, p < .05$)가 통계적으로 유의미하였다. 거짓집단의 경우, 범죄관련 질문에 대한 사실 역반응조건이 사실 반응조건보다 베타 주파수가 증가하였다($t(10)=3.62, p < .05$). 그러나, 진실집단의 경우 범죄관련 질문에 대해 사실 반응 또는 사실 역반응 지시조건 간에 베타 주파수의 차이가 없었다.

질문유형(범죄관련 vs. 범죄무관련 질문)에 따른 지시조건(사실 역반응조건)의 효과

그림 4에서 보는 바와 같이, 베타 주파수 영역에서 집단과 실험조건간의 상호작용 효과가 통계적으로 유의미하였다($F(1,18)=6.77, p < .05$). 범죄무관련 질문에 대한 사실 역반응 조건에서 진실집단과 거짓집단간 베타 주파수의 차이는 나타나지 않았다. 그러나, 범죄관련 질문에 대한 사실 역반응 조건에서 거짓집단의 베타 주파수가 진실집단 보다 통계적으로 유의미하게 증가하였다($t(18)=2.66, p < .05$).

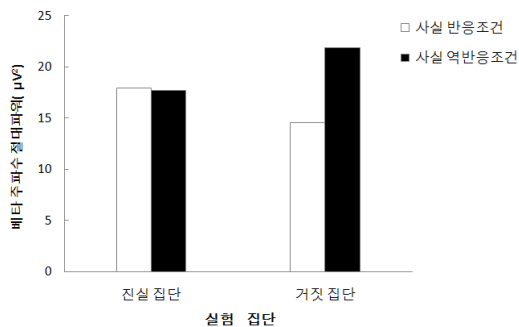


그림 3. 베타주파수 절대파워에 대한 집단과 범죄관련 질문에 따른 지시조건 상호작용 효과

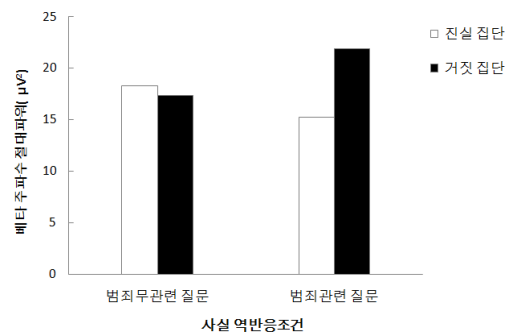


그림 4. 베타주파수 절대파워에 대한 집단과 질문유형에 따른 사실 역반응조건의 상호작용 효과

질문유형과 지시조건 간의 상호작용 효과

베타 주파수에서 집단과 질문조건 간의 상호작용 ($F(1,18)=4.12, p=.057$) 및 질문조건 주 효과($F(1,18)=4.39, p=.051$)가 통계적으로 미미한 수준에서 나타났다. 거짓집단의 경우, 범죄관련 질문에 대한 사실 역반응 조건이 범죄무관련 질문에 대한 사실 반응조건 보다 베타 주파수가 더욱 증가하였으나($t(10)=2.34, p < .05$), 진실집단의 경우, 범죄무관련 질문에 대한 사실 반응 조건과 범죄관련 질문에 대한 사실 역반응조건 간에 베타 주파수의 차이가 나타나지 않았다.

반응 시간

표 2에 제시된 바와 같이, 반응시간(질문에 대한 응답으로 예, 아니오 반응키를 누르는데 걸리는 시간)의 삼원변량분석 결과, 질문유형과 집단의 상호작용 ($F(1,18)=5.38, p < .05$)과 지시조건의 주효과 ($F(1,18)=20.53, p < .05$)만이 통계적으로 유의미하였다.

표 2. 질문조건(질문유형 및 지시조건)에 따른 두 집단의 반응시간 평균 및 표준편차(단위:sec)

집단구분	지시조건	질문유형		t
		범죄무관련 질문	범죄관련 질문	
거짓집단 (N=11)	사실 반응조건	1.16(0.28)	1.42(0.29)	-3.92**
	사실 역반응조건	1.29(0.23)	1.57(0.23)	-3.43**
진실집단 (N=9)	사실 반응조건	1.22(0.22)	1.38(0.22)	
	사실 역반응조건	1.37(0.23)	1.45(0.22)	

* $p < .05$, ** $p < .01$

거짓집단의 경우, 범죄관련 질문에 대한 사실 역반응 조건이 범죄무관련 질문에 대한 사실 역반응조건 보다 반응하는데 시간이 더 오래 걸렸으며($t(10)=3.43, p < .01$), 사실 반응조건에서 범죄관련 질문에 대한 반응시간이 범죄무관련 질문보다 더 느렸다($t(10)=3.92, p < .01$). 진실집단의 경우, 범죄무관련 질문에 대해 사실 반응조건보다 사실 역반응조건할 때 반응 시간이 더 느린 것으로 나타났다($t(8)=4.24, p < .01$).

논 의

본 연구는 거짓말 탐지의 인지모델 이론에 근거하여 거짓말 생성의 핵심적인 요소로 작용하는 인지부하를 중추신경계의 생리측정지 중 인지처리과정의 지표로 알려진 베타 주파수 측정 및 분석을 통해 진실과 거짓 반응의 차이를 확인하는데 있다. 이를 위해, 3차원 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 모의범죄를 실시한 후 인지 부하수준을 차별화시킨 거짓말 탐지 질문 조건에 대해 거짓집단과 진실집단이 보이는 뇌파 주파수 특징을 비교분석하였다. 본 연구에서 얻어진 결과들을 바탕으로 다음과 같이 요약하고 논의해보고자 한다.

거짓집단의 경우, 범죄관련 질문에 대해 사실 역반응조건($M=21.86$)이 사실 반응조건($M=14.55$)보다 베타 주파수 절대파위가 더 높게 나타났다. 그러나, 진실집단의 경우 범죄관련 질문에 대해 지시조건 간에 베타 주파수의 값에서 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 인지 부하수준을 차별화하여 사용한 거짓말 탐지 질문 패러다임에서, 거짓 집단의 경우 사실 역반응조건(사실과 다르게 응답하시오 지시문구에 대한 반응)이 사실 반응조건(사실과 같게 응답하시오 지시문구에

대한 반응)보다 더 많은 인지적 노력을 요구하는 질문 과제였기 때문이다. 거짓 집단에 속한 실험 참가자들에게 질문에 대한 ‘사실 역반응조건’은, 실험목적에 의해 범죄관련 질문에 대해 거짓을 말해야 하는 본래의 역할 과제(single-task)를 수행하는 동시에, 질문 지시조건에 대해서도 반응해야 하므로, ‘사실 역반응조건’은 좀 더 복잡한 이중 과제수행(dual-task)으로 작용하였으며, 이로 인해 인지적 부하가 증가했을 것으로 판단된다. 이와 반대로, 진실 집단의 실험 참가자들은 본래 실험 목적을 위해 요구되는 역할 과제가 없으므로, 두 가지 형태의 실험 지시 조건(사실 반응, 사실 역반응조건)은 각각 단일 과제(single-task)의 특성을 띄게 되므로 인지적 부하의 차이가 나타나지 않았다.

구체적으로, 질문유형에 따른 ‘사실 역반응조건’의 효과를 분석해 본 결과, 범죄 무관련질문에 대해서는 거짓 집단과 진실 집단간의 베타 주파수 절대파위의 차이가 없었다. 그러나, 범죄 관련질문에 대해서는 거짓 집단의 실험 참가자들($M=21.86$)이 진실 집단의 사람들($M=17.37$)보다 베타 주파수 절대파위가 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 밝혀졌다. 이러한 결과는 거짓 집단의 실험 참가자들이 범죄 무관련질문에 대해서는 진실 집단의 참가자들과 동일하게 각각의 지시조건을 단일 과제(single-task)로 받아들여 인지적 처리를 하였음을 반영한다. 다시 말해, 거짓 집단의 경우 범죄무관련 질문(의자에 앉아 있습니까?)에 대해서는 거짓을 말해야 하는 본래의 역할 과제(single-task)를 부과하지 않았으므로 진실 집단과 동일한 인지처리과정을 거쳐 응답한 것으로 볼 수 있다. 이러한 결과가 나타나게 된 또 다른 가능성으로는, 질문에 대한 ‘사실 반응조건’은 자동적인 인지처리과정(automatic cognitive

processing)의 수준에서 일어나는 정보처리에 분류될 수 있으며, '사실 역반응조건'은 좀 더 정교한 인지처리과정(deliberate cognitive processing)을 거쳐 나오는 의도적인 정보처리 반응으로 분류될 수 있다(Gilbert, 1991; Walczyk, Roper, Seemann, & Humphrey, 2003; Walczyk, Schwartz, Clifton, Adams, Wei, & Zha, 2005). 결론적으로, 베타주파수 분석을 통해 거짓말을 탐지하기 위해서는 질문유형(범죄관련 질문)뿐 아니라 지시문구(사실 역반응 질문)를 함께 사용하여 응답자의 인지부하를 일으키는 거짓말 탐지 질문기법이 효과적일 수 있음을 시사한다.

다른 한편으로, 모든 실험 참가자들은 무선적으로 제시되는 '사실 반응' 또는 '사실 역반응' 지시문구에 대해 최대한 빠르고 정확하게 답변해야 하는 과정에서, 참가자들은 주의의 빠른 전환(attention shift)이 요구된다(Broadbent, 1957). 따라서, 인지부하 수준이 높은 지시조건(사실 역반응조건)에 더 많은 주의를 기울이게 되므로, 그렇지 않은 지시조건(사실 반응조건)에는 상대적으로 덜 주의를 쏟게 된다. 결과적으로, 주의할당에 의해서도 베타 주파수가 영향을 받을 가능성이 제기되므로, 연구의 결과를 해석하는데 있어 주의 기제(attention mechanism)의 개입 가능성을 함께 고려해야 할 필요성이 있다. 뿐만 아니라, 베타 주파수는 정서적 반응과도 밀접한 관련이 있으므로, 거짓말의 기저에 있는 인지 처리과정뿐 아니라 정서 처리과정과의 관련성도 후속연구를 통해 살펴볼 필요가 있다.

다음으로, 인지부하를 차별화시킨 거짓말 탐지 질문 패러다임(사실과 같게 응답하는 '사실 반응조건', 사실과 다르게 응답하는 '사실 역반응조건')을 사용하여 거짓과 진실의 특징적인 차이를 살펴본 결과, 거짓 집단에게 있어 가장 많은 인지부하를 요구하는 '범죄 관련 질문에 대한 사실 역반응조건($M=21.86$)'의 베타 주파수 절대과위가 인지부하가 없는 조건으로 사용된 '범죄 무관련질문에 대해 사실 반응조건($M=16.31$)'에 대한 반응보다 더 높게 나타났다. 그러나, 진실 집단의 경우 인지부하 수준을 차별화시킨 지시문구 조건간 베타 주파수의 절대과위는 차이가 없었다. 질문에 대한 행동측정치로 반응시간을 측정된 결과, 거짓 집단의 실험 참가자들은 범죄 관련질문에 대해 사실 역반응조

건($M=1.57$ 초)이 범죄 무관련질문에 대해 사실 역반응조건보다 반응시간($M=1.29$ 초)이 더 느렸으며, 사실 반응조건에서 범죄 관련질문에 대한 반응시간($M=1.42$ 초)이 범죄 무관련질문($M=1.16$ 초)보다 더 오래 걸렸다. 질문에 대한 반응시간을 측정함으로써, 거짓말을 하는 것이 진실을 말하는 것보다 더 많은 인지적 노력이 요구되어 비언어적 행동단서로 나타날 것이라고 예측하였으나(Spence, Hunter, Farrow, Green, Leung, Hughes, & Ganesan, 2004), 본 연구에서는 부분적으로 지지가 되었다. 사실 역반응조건뿐만 아니라 사실 반응조건에서도 범죄 관련질문에 대해 반응하는 시간이 범죄 무관련질문보다 더 오래 걸린 것으로 밝혀졌다.

거짓말을 하는 것은 상대방의 신뢰를 얻고 상대방에게 진실되게 보이기 위해 상대방의 반응을 주의 깊게 모니터링하며, 상대방의 반응에 따라 본인의 행동을 조절 및 통제하는 과정을 모두 포함하고 있으므로(Buller & Burgoon, 1996; Schweitzer, Brodt, & Croson, 2002), 거짓말을 하는 사람은 인지적 노력을 많이 기울여야 한다. 본 연구에서 사용한 거짓말 탐지 질문 패러다임은 모니터를 통해 시각적으로 질문 자극을 제시하고 반응키를 이용하여 실험 참가자들의 응답을 측정하는 방법을 사용하였다. 따라서, 대화나 면담과정에서 관찰되는 거짓말의 반응을 측정하는 것이 아니라, 일방적이거나(one-way) 폐쇄형 질문에 대한 응답으로 나타나는 거짓말 반응을 확인하였다. 실제 수사기관에서 사용하고 있는 면담과정에 적용하여 검사자와 피검사자의 상호작용 상황에서 발견되는 거짓말의 특성을 측정한다면 인지부하의 영향력을 더욱 효과적으로 검증할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서 주목할만한 점은 가상의 3차원 시물레이션을 이용하여 모의범죄를 구성하고, 범죄 상황의 위험성(high-stake)을 조작함으로써 기존의 모의범죄 실험 연구가 갖는 현실감과 몰입감의 제약을 극복하고자 시도한 것이다. 뿐만 아니라 대응전략(countermeasures)의 문제점을 보완하고 거짓말에 따른 인지적 노력을 객관적으로 측정하기 위해, 인지 부하수준을 차별화한 거짓말 탐지 질문 패러다임을 제안하였다. 특히, 본 연구에서는 인지적인 대응전략(마음속으로 다른 생각을 하는 것 또는 상상하기)의 한계점을 극복하

고자 질문기법 패러다임과 중추신경계의 생리적 반응을 측정하는데 초점을 맞추었으나, 신체적 움직임에 의한 행동적 대응전략(손가락이나 발가락을 미세하게 흔들기, 손을 다리위에 두고 검지를 누르기)은 통제하지 못하였다. 일반적으로, 거짓말에 대한 성공 동기가 높은 경우(예를 들어, 거짓말에 따른 이익 또는 손실 크거나 좋은 인상을 형성할 필요가 있을 때)와 좀 더 복잡하거나 정교한 반응을 요하는 경우(Granhag, & Stromwall, 2002; Hartwig, Granhag, Stromwall, & Kronkvist, 2006; Vrij & Mann, 2001; White & Burgoon, 2001), 거짓말에 따른 인지 부하가 증가하는 것으로 밝혀졌다. 이에 본 연구에서는 실험 참가비 지급조건에 따른 위험성 조작(거짓말을 함으로써 얻어지는 이득과 거짓말이 발각되었을 때 나타나는 손실을 크게 설정)을 통해 거짓 집단을 선택한 실험 참가자들의 동기 수준을 높여 범죄 상황과 행위에 대한 인지적 몰입을 극대화시켰다(Jokinen, Santtila, Ravaja, & Puttonen, 2006; Porter & Yuille, 1996). 특히, 모의범죄에 대한 거짓말 탐지 검사를 실험실이 아닌 대검찰청 심리분석실이라는 전문기관에서 실시함으로써 모의범죄 실험실 연구가 갖는 생태학적 타당도의 한계점을 극복하였다.

마지막으로, 본 연구의 제한점을 살펴보면, 첫째, 본 연구에서는 모의범죄의 핵심적 정보 하나만을 포함시켜 범죄관련 질문자극(예: 당신이 차로 옷가게를 들이받았습니까?)을 구성하였다. 이는 사건 기억의 영향을 최소화하고 거짓말의 인지 부하 특성만을 살펴보기 위한 목적으로 이루어졌으나, 문장을 이용한 질문 검사 패러다임이 실제 현장에서 유용하게 사용되기 위해서는 좀 더 추가적인 연구가 이루어질 필요가 있다. 사건에 대한 언론의 상세한 보도로 인해 범죄 사건의 정보가 공개되어 목격자와 같이 범인과 유사한 범죄 관련 정보량을 가지고 있는 사람이 범죄 용의자로 지목되었을 경우에 나타나는 인지 부하를 검증하는 연구도 함께 이루어질 필요성이 있다. 둘째, 본 연구에서 사용한 베타 주파수의 정량화 분석은 좌, 우반구에서 측정된 뇌파를 통합하여 두 집단의 변화량을 산출하였다. 현재까지 좌, 우반구의 비대칭성에 대한 거짓말 탐지의 이론적, 과학적 근거가 충분하지 못하여 대뇌 비대

칭을 가정하지 않고 전체 대뇌반구에서 측정된 뇌파의 평균값을 자료 분석에 사용하였다. 마지막으로, 거짓말은 의사 결정(자발적 거짓말, 지시적 거짓말)과 기억 정도(기억된 거짓말, 창조된 거짓말)에 따라 여러 유형으로 분류될 수 있다(Seth, Iversen, & Edelman, 2006). 이러한 선행 연구에 기초해 볼 때, 본 연구에서 인지 부하를 조작하기 위해 사용한 실험 지시조건(사실 반응조건, 사실 역반응조건)은 자발적인 의사결정에 따른 거짓말을 배제하고 지시적 거짓말(instructed lie)의 인지적 특성을 측정하였다고 볼 수 있다. 따라서, 거짓말의 기저에 있는 인지부하를 측정함으로써 거짓말 탐지의 타당성을 높이기 위해서는 거짓말 유형을 세분화하여 보다 폭넓고 다양한 인지처리과정의 특성을 살펴보는 후속 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- 김시업, 전우병, 김경하, 김미영, 전충현 (2005). 용의자의 거짓말 탐지를 위한 비언어적 단서 탐색. *한국심리학회지: 사회 및 성격*, 19, 151-162.
- 김영운 (2005). P300-기반 거짓말 탐지 연구. *한국심리학회지: 사회 및 성격*, 23, 111-129.
- 대검찰청 (2006). 범죄백서. 서울: 대검찰청.
- 박관규 (2003). 거짓말탐지검사. 서울: 삼우사.
- Abbootalebi, V., Moradi, M.H., & Khalilzadeh, M. A. (2006). comparison of methods for ERP assessment in a P300-based GKT. *International Journal of Psychophysiology*, 62, 309-320.
- Ben-Shakhar, G., & Furedy, J. J. (1990). *Theories and applications in the detection of deception*. New York: Springer-Verlag.
- Boaz, T. L., Perry, N. W., Raney, G., & Fischler, I. S. (1991). Detection of guilty knowledge with event-related potentials. *Journal of Applied Psychology*, 76, 788-795.
- Bradley, M. T., & Rettinger, J. (1992). Awareness of crime-relevant information and the guilty knowledge test. *Journal of Applied Psychology*, 77, 55-59

- Briggs, G. E., Peter, G. L., & Fisher, R. P. (1972). On the locus the divided attention effects. *Perception & Psychophysics, 11*, 315-320.
- Broadbent, D. E. (1957). A mechanical model for human attention and immediate memory. *Psychological Review, 64*, 205-215.
- Buller, D. B., & Burgoon, J. K. (1996). Interpersonal deception theory. *Communication Theory, 6*, 203-242.
- Crawford, H. J. & Vasilescu, P. (1995). Differential EEG pattern activity of low and high sustained attention adults during decision-making tasks. *Psychophysiology, 32 (Suppl. 1)*, S26.
- DePaulo, B. M., & Kashy, D. A. (1998). Everyday lies in close and causal relationships. *Journal of Personality and Social Psychology, 74*, 63-79.
- DePaulo, B. M., Lindsay, J. J., Malone, B. E., Muhlenbruck, L., Charlton, K., & Cooper, H. (2003). Cues to deception. *Psychological Bulletin, 129*, 74-118.
- Ekman, P. (1992). *Telling lies*. New York: Norton.
- Farewell, L. A., & Smith, S. S. (2001). Using brain MEMBER 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.
- Geiselman, R. E., & Callot, R. (1990). Reverse and forward order recall of script based text. *Journal of Applied Cognitive Psychology, 4*, 141-144.
- Gilbert, D. T. (1991). How mental systems believe. *American Psychologist, 46*, 107-119.
- Granhag, P. A., & Stromwall, L. A. (2002). Repeated interrogations: Verbal and nonverbal cues to deception. *Applied Cognitive Psychology, 16*, 243-257.
- Hahm, J. S., Ji, H. K., Jeong, J. Y., Oh, D. H., Kim, S. H., Sim, K. B., & Lee, J. H. (2009). Detection of concealed information: Combining a virtual mock crime with a P300-based guilty knowledge test. *CyberPsychology & Behavior, 12*, 269-275.
- Happel, M. D. (2005). Neuroscience and the detection of deception. *Review of Policy Research, 22*, 667-685.
- Hartwig, M., Granhag, P. A., Stromwall, L. A., & Kronkvist, O. (2006). Strategic use of evidence during police interrogations: When training to detect deception works. *Law and Human Behavior, 30*, 603-619.
- Jokinen, A., Santtila, P., Ravaja, N., & Puttonen, S. (2006). Salience of guilty knowledge test items affects accuracy in realistic mock crimes. *International Journal of Psychophysiology, 62*, 175-184.
- Kozel, F. A., Johnson, K. A., Mu, Q., Grenesko, E. L., Laken, S. J., & George, M. S. (2005). Detecting deception using functional magnetic resonance imaging. *Biological Psychiatry, 58*, 605-613.
- Krapohl, D., & Sturm, S. (2002). *Terminology reference for the science of psychophysiological detection of deception*. Washington, DC: American Polygraph Association.
- Langleben, D. D., Schroeder, I., Maldjian, J. A., Gur, R. C., McDonald, S., Ragland, J. D., O'Brien, C. P., & Childress, A. R. (2002). Brain activity during simulated deception: An event-related functional magnetic resonance study. *Neuroimage, 15*, 727-732.
- Lykken, D. T. (1998). *A tremor in the blood: Uses and abuses of the lie detector*. New York: Plenum Press.
- 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.
- Merzagora, A. C., Bunce, S., Izzetoglu, M., & Onaral, B. (2006). Wavelet analysis for EEG feature extraction in deception detection. *Proceedings of the 28th IEEE, Engineering in Medicine and Biology Society Annual International Conference*, 2434-2437.
- Miller, G. R., & Stiff, J. B. (1993). *Deceptive communication*. CA: Sage.
- 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, 679-688.
- National Research Council. (2003). *The polygraph and lie detection*. Washington, DC: National Academies Press.
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., & van Gerven, P. W. (1998). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist*, 38, 63-71.
- Porter, S., & Yuille, J. C. (1996). The language of deceit: An investigation of the verbal clues to deception in the interrogation context. *Law and Human Behavior*, 20, 443-458.
- 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.
- Schweizer, M. E., Brodt, S. E., & Croson, R. T. A. (2002). Seeing and believing: Visual access and the strategic use of deception. *The International Journal of Conflict Management*, 13, 258-275.
- Seth, A. K., Iversen, J. R., & Edelman, G. M. (2006). Single-trial discrimination of truthful from deceptive responses during a game of financial risk using alpha-band MEG signals. *Neuroimage*, 32, 465-476.
- Spence, S. A., Hunter, M. D., Farrow, T. F. D., Green, R. D., Leung, D. H., Hughes, C. J., & Ganesan, V. (2004). A cognitive neurobiological account of deception: Evidence from functional neuroimaging. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 359, 1755-1762.
- Sporer, S. L. (1997). The less traveled road to truth: Verbal cues in deception detection in accounts of fabricated and self-experienced events. *Applied Cognitive Psychology*, 11, 373-397.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-296.
- Vrij, A., & Mann, S. (2001). Telling and detecting lies in a high-stake situation: The case of a convicted murderer. *Applied Cognitive Psychology*, 15, 187-203.
- Vrij, A., Edward, K., Roberts, K. P., & Bull, R. (2000). Detecting deceit via analysis of verbal and nonverbal behavior. *Journal of Nonverbal Behavior*, 24, 239-263.
- Vrij, A., Fisher, R., Mann, S., & Leal, S. (2006). Detecting deception by manipulating cognitive load. *Trend in Cognitive Sciences*, 10, 141-142.
- Vrij, A., Fisher, R., Mann, S., & Leal, S. (2008). A cognitive load approach to lie detection. *Journal of Investigative Psychology and Offender Profiling*, 5, 39-43.
- Vrij, A., Mann, S., Fisher, R., Leal, S., Milne, R., & Bull, R. (2008). Increasing cognitive load to facilitate lie detection: The benefit of recalling an event in reverse order. *Law and Human Behavior*, 32, 253-265.

- Walczyk, J. J., Roper, K. S., Seemann, E., & Humphrey, A. M. (2003). Cognitive mechanisms underlying lying to questions: Response time as a cue to deception. *Applied Cognitive Psychology, 17*, 744-755.
- Walczyk, J. J., Schwartz, J. P., Clifton, R., Adams, B., Wei, M., & Zha, P. (2005). Lying person-to-person about events: A cognitive framework for lie detection. *Personnel Psychology, 58*, 141-170.
- White, C. H., & Burgoon, J. K. (2001). Adaptation a communicative design: Patterns of interaction in truthful and deceptive conversations. *Human Communication Research, 27*, 9-37.
- Wilson, J. Q., & Herrnstein, R. J. (1985). *Crime and human nature*. New York: Simon & Schuster.
- 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.

Cognitive Load and EEG Beta Spectrum Analysis for Deception Detection

Jinsun Hahm Je-Young Jeong Jang-Han Lee

Department of Psychology, Chung-Ang University Forensic section, S.P.O. in Korea Department of
Psychology, Chung-Ang University

The purpose of this study was to examine the differences between truthful and deceptive responses detecting cognitive load underlying the basis of the cognitive model of lie generation by cognitive processing of central nervous system by EEG beta spectrum analysis. To test this, 20 male university students (11 guilty participants, 9 innocents) answered the differentiation of deception-question paradigm manipulating cognitive load (instruction: truth response vs. truth-reverse response) and to perform the 3D simulated mock-crime scenario in this experiment. Results showed that guilty participants had higher beta power activity when they were instructed to answer as truth-reverse response than truth response for crime-relevant questions whereas innocents didn't. As results of increasing cognitive load underlying lie using a truth-reverse response to crime-relevant question, liars reacted with significantly greater beta power activity as an index of cognitive demand. These findings provide useful information and evidence of cognitive processing underlying deception by scientific measurement of cognitive load and also lead to a better validity of lie detection.

Keywords: lie detection, cognitive load, spectrum analysis, mock crime

1차원고 접수일 : 2010년 12월 01일
수정원고 접수일 : 2011년 02월 17일
게재 확정일 : 2011년 02월 18일