

P300 숨긴정보검사의 민감도: 목표자극을 이용하는 측정 패러다임과 두 자극에 대한 범주판단 및 재인검사를 이용하는 측정 패러다임의 비교*

엄진섭 한유화 박광배[†] 손진훈

충북대학교 심리학과

충남대학교 심리학과, 뇌과학 연구소

본 연구에서는 피험자에게 친숙하면서 중요한 의미를 가지고 있는 부모의 이름을 숨긴정보로 사용하여 세 자극 패러다임(목표자극과 관련자극, 무관련자극)을 이용한 P300 숨긴정보검사의 민감도를 추정하였으며, 이와 더불어 목표자극을 제거한 새로운 두 자극 패러다임의 민감도를 추정하여 비교하였다. 목표자극을 제거한 두 자극 패러다임은 피험자가 검사자극에 주의를 집중하도록 하는 새로운 절차를 포함하고 있어야 하므로, 본 연구에서 두 가지 절차를 고안하였다. 한 가지는 ‘두 자극 패러다임-범주판단’으로 제시된 자극의 범주를 판단하게 하는 방법이었으며, 다른 한 가지는 ‘두 자극 패러다임-재인검사’로 제시된 자극에 대해재인검사를 실시하는 방법이었다. 32명의 피험자에게 세 가지 종류의 측정패러다임으로 피검자내 설계를 이용하여 실험한 결과, 관련자극에 대한 P300과 무관련자극에 대한 P300의 크기차이는 세 자극 패러다임이 두 자극 패러다임-범주판단과 두 자극 패러다임-재인검사보다 유의하게 큰 것으로 나타났으며, 부트스트랩 절차를 이용한 개인별 진단에서도 목표자극을 포함하고 있는 세 자극 패러다임의 민감도가 .875로 가장 높았으며, 두 자극 패러다임-범주판단과 두 자극 패러다임-재인검사의 민감도는 모두 .594로 낮았다. 반응시간의 측면에서는 기존의 연구결과와 달리, 세 가지 종류의 측정 패러다임 모두에서 관련자극에 대한 반응시간과 무관련자극에 대한 반응시간 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

주요어 : 사건관련전위, P300, 유죄지식검사, 숨긴정보검사, 거짓말탐지

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

[†] 교신저자: 박광배, 충북대학교 심리학과, (361-763) 충북 청주시 흥덕구 성봉로 410
Tel: 043-261-2195, E-mail: kwangbai@chungbuk.ac.kr

한국을 포함한 최소 70개 나라에서 조사대상자가 거짓을 말하고 있는지 또는 진실을 말하고 있는지를 판단하기 위하여 폴리그래프 검사(polygraph test)를 이용하고 있다(Grubin & Madsen, 2005). 폴리그래프 검사는 조사대상자에게 조사 중인 사안을 질문하는 기법에 따라 비교질문검사(comparison question test: CQT)와 유죄지식검사(guilty knowledge test: GKT) 혹은 숨긴정보검사(concealed information test: CIT)로 나누어진다(Reid & Inbau, 1977, Lykken, 1959).

그러나 비교질문검사는 몇 가지 단점을 가지는데, 견고한 이론적인 근거를 가지고 있지 못하다는 것과 폴리그래프 검사의 진행절차에 있어서 표준화가 부족하다는 것, 생리적 반응을 객관적인 방법으로 채점하는 것이 어렵다는 것, 폴리그래프 검사관의 최종판단이 폴리그래프 검사자료 이외에 다른 자료들(예; 전과기록, 사전면접동안의 인상 등)에 의해서 영향을 받을 가능성이 높다는 것, 대응수단(countermeasures)에 의해 오류부정(false negative)의 결과가 증가될 수 있다는 것 등이다(Ben-Shakhar, 2002; Saxe, Dougherty, & Cross, 1985; Furedy, 1996a, Furedy, 1996b; Cross, & Saxe, 2001).

반면, 유죄지식검사(혹은 숨긴정보검사)는 비교질문검사에 비하여 많은 장점을 가지고 있는데(Ben-Shakhar & Elaad, 2002), 이 기법은 잘 정립된 심리생리적 근거를 가지고 있으며, 검사절차의 표준화가 용이하고, 최종 판단이 생리적 반응 이외의 다른 자료들에 의해 오염될 가능성을 제거할 수 있으며, 다른 검사방법들에 비하여 오류긍정(false positive)의 결과가 발생할 가능성이 낮다는 것이다. 그러나 유죄지식검사도 단점을 가지고 있는데, 정신적 대응수단(mental countermeasures)에 의해 오

류부정의 결과가 산출될 가능성이 있다는 점이다(Ben-Shakhar & Dolev, 1996; Honts, Devitt, Winbush & Kircher, 1996).

또한, 폴리그래프 검사의 정확도(또는 타당도)에 관련된 연구결과에 의하면, 폴리그래프 검사의 정확도는 약 90% 정도로 추정되며 약 10% 내외의 오류를 보일 수 있는 것으로 나타났다(National Research Council, 2003; 엄진섭, 지형기, 박광배, 2008). 폴리그래프 검사의 신뢰도와 관련된 연구결과에 의하면, 일반적인 채점자간 신뢰도는 약 .85~.90으로 추정되며(Abrams, 1989; Iacono, 2008), 두 명 이상의 채점자가 채점한 평균점수를 최종판단에 사용하는 것이 폴리그래프 검사의 일반화가능도를 높이는 것으로 나타나(엄진섭, 한유화, 지형기, 박광배, 2008), 채점자에 따라 피검사자에 대한 최종판단이 달라질 가능성이 존재한다.

검사기법에 대한 과학적 근거의 문제, 대응수단의 문제, 정확도의 문제, 평가자간 일치도의 문제 등과 같은 폴리그래프 검사의 불완전성을 보완하기 위하여 1980년대 후반부터 사건관련전위(event related potentials: ERP)의 P300 성분을 이용한 숨긴정보검사 혹은 유죄지식검사(이하 'P300 숨긴정보검사'라고 함)에 관한 연구결과가 발표되었으며(Rosenfeld, Cantwell, Nasman, Wojdac, Ivanov, & Mazzeri, 1988; Farwell & Donchin, 1991; Allen, Iacono, & Danielson, 1992; Abootalebi, Moradi, & Khalilzadeh, 2006; Rosenfeld, Labkovsky, Winograd, Lui Vandenboom, & Chedid, 2008), 최근 한국에서도 P300 숨긴정보검사에 관한 연구결과가 발표되었다(함지선, 이장환, 2007; 김혁, 박판규, 이강희, 김현택, 2008). P300 숨긴정보검사는 폴리그래프 검사와 비교하여, 검사에 대한 논리적 근거가 명확하며(Farwell et al., 1991; Rosenfeld,

Angell, Johnson, & Qian, 1991), 컴퓨터를 이용하여 채점하는 것이 용이하므로 채점시간 불일치에 대한 문제가 발생하지 않으며, 정신적 대응수단의 문제로부터 자유로울 수 있다 (Ben-Shakhar et al., 2002)는 장점을 가진다. 뿐만 아니라, 최근 연구에서 유죄지식검사에서 중요한 생리적 반응으로 고려하고 있는 피부전도반응을 P300 숨긴정보검사에서 함께 측정 한 결과, 피부전도반응의 크기와 P300의 크기가 큰 관련성이 없다고 보고하고 있다(Meijer, Smulders, & Merckelbach, 2008). 즉, 유죄지식검사와 P300 숨긴정보검사가 서로 다른 이론적 근거를 가지므로, 조사대상자가 숨긴정보를 가지고 있는지 또는 거짓을 말하고 있는지의 여부를 판단할 때, 유죄지식검사와 더불어 P300 숨긴정보검사를 함께 사용하면 조사대상자에 대한 판단의 정확도를 높일 수 있을 것이다.

사건관련전위는 제시된 자극과 관련되어서 일정시간동안 나타나는 뇌의 전기적 활동으로, 정적 전위와 부적 전위를 띄는 여러 개의 정점(peak)들로 구성 된다. 이 정점들 중 자극제시 후 약 250-600ms 사이에 나타나는 정적 정점을 P300이라고 하는데, P300의 크기와 잠재신간(latency)은 인지과정과 관련하여 가장 활발히 연구된 요소이다(김명선, 1995). P300은 일반적으로 오드볼 패러다임(oddball paradigm)의 실험에 의해서 측정된다. 오드볼 패러다임은 두 가지 종류의 자극을 피험자에게 하나씩 무선적으로 반복하여 제시하면서 제시된 자극 중 한 자극에만 반응하도록 하는데, 반응을 요구한 자극에서 큰 P300이 발견된다.

P300의 크기에는 여러 가지 요소가 영향을 미치지만, 본 연구와 관련된 요소들은 다음과 같다. 첫째로, P300의 크기는 자극의 제시

확률과 반비례 관계에 있다(Duncan-Johnson & Donchin, 1977). 즉, 한 범주의 자극 제시확률이 낮을수록 그 범주의 자극에 대한 P300은 크게 나타난다. 둘째로, P300의 크기는 기억과정과 관련되어 있는데, 조사대상자에게 의미 있는 자극이 그렇지 않은 자극보다 더 큰 P300을 유발시키는 것으로 예측된다(Fabiani, Karis, & Donchin, 1986; Paller, McCarthy, & Wood, 1988; Johnson, 1993). 셋째는 과제의 난이도에 관한 것으로, 이중 과제를 수행하는 경우에 주 과제의 난이도가 높을수록 P300의 크기가 감소함을 보고하고 있다(Kramer, Sirevaag, & Braune, 1987; Kok, 1997). 전극부착위치에 따라서도 P300의 크기는 다르게 측정되는데, 시각자극을 사용한 연구와 청각자극을 사용한 연구 모두에서 전두영역(frontal: Fz)보다 두정영역(parietal: Pz)에서 P300의 크기가 더 크게 나타난다(Romero & Polich, 1996; Ravden & Polich, 1999).

자극제시 후부터 P300이 나타나는데 까지 걸린 시간인 P300 잠재시간은 과제의 난이도를 반영하는 것으로 보고되고 있다(Duncan-Johnson, 1981; Magliero, Bashore, Coles & Donchin, 1984). 즉, 과제가 쉬울수록 처리속도가 빨라지고 P300 잠재시간이 짧아지는 반면, 과제가 어려울수록 처리속도가 늦어지고 P300 잠재시간이 길어진다는 것이다.

전형적인 P300 숨긴정보검사(Farwell et al., 1991; Rosenfeld et al., 1991; Abootalebi et al., 2006; Cutmore, Djakovic, Keibell, & Shum, 2008; 함지선 등, 2007)는 세 종류의 자극을 사용하는데(이하 ‘세 자극 패러다임’이라고 부름), 한 가지는 숨긴정보 또는 범죄와 직접적으로 관련된 사실에 해당하는 관련자극(probe)이고, 다른 하나는 숨긴정보와 관계없는 무관련자극

(irrelevant)이며, 나머지 하나는 피검사자가 검사상황에 주의를 집중하도록 유도하기 위하여 사용하는 목표자극(target)이다. 일반적으로 P300 숨긴정보검사에서 목표자극과 관련자극, 무관련자극은 약 1:1:4의 비율로 제시되며, 목표자극이 제시되면 특정 버튼(예; 왼쪽 마우스 버튼)을 누르도록 하고, 목표자극 이외의 자극이 나타나면 다른 버튼(예; 오른쪽 마우스 버튼)을 누르도록 지시한다.

반응범주의 측면에서, 목표자극은 하나의 범주에 속하고 관련자극과 무관련자극은 다른 범주에 속하므로, 모든 조사대상자들은 자극 제시비율이 낮은 목표자극에서 큰 P300을 나타낼 것이다. 숨긴정보를 가지고 있는 조사대상자에게는 관련자극과 무관련자극이 의미적 측면에서 서로 구별될 것이므로, 관련자극이 하나의 범주를 형성하고 무관련자극이 다른 하나의 범주를 형성하게 된다. 관련자극의 제시비율이 무관련자극의 제시비율보다 낮으므로, 숨긴정보를 가지고 있는 조사대상자는 관련자극에서 큰 P300을 나타낼 것이다. 숨긴정보를 가지고 있지 않은 조사대상자는 관련자극과 무관련자극이 모두 하나의 범주를 형성할 것이므로, 관련자극에 의해 유발된 P300과 무관련자극에 의해 유발된 P300의 크기는 비슷할 것이다(Farwell et al., 1991). 따라서 P300 숨긴정보검사를 실시했을 때, 관련자극의 P300이 무관련자극의 P300보다 크면 숨긴정보를 가지고 있다고 판단하며, 관련자극의 P300과 무관련자극의 P300이 비슷한 크기를 보이면 숨긴정보를 가지고 있지 않다고 판단한다(Soskin, Rosenfeld, & Niendam, 2001).

유죄지식검사에서 관련자극에 대한 반응시간이 무관련자극에 대한 반응시간보다 길기 때문에(Seymour, Seifert, Shafto, & Mosmann,

2000; Gronau, Ben-Shakhar, & Cohen, 2005), P300 숨긴정보검사에서 P300크기와 더불어 관련자극에 대한 반응시간과 무관련자극에 대한 반응시간의 차이를 숨긴정보의 탐지에 사용하기도 한다(Allen et al., 1992; Rosenfeld et al., 2004).

숨긴정보를 가진 집단만을 사용한 연구에서, P300 숨긴정보검사의 탐지율은 숨긴정보를 가지고 있는 조사대상자들 중 숨긴정보를 가지고 있다고 옳게 판단된 사람들의 비율인 민감도(sensitivity)로 나타낸다. 세 자극 패러다임을 사용한 P300 숨긴정보검사의 민감도는 낮게는 12%에서부터 높게는 100%까지 다양하게 보고되고 있지만(Rosenfeld, Soskins, Bosh & Ryan, 2004; Farwell & Smith, 2001), 대응수단을 사용하지 못하도록 통제하면서 피검사자에게 의미 있는 자극을 관련자극으로 사용하고, 너무 적지 않은 수(10명 이상)의 피험자를 이용한 연구에서는 일반적으로 85-95%의 민감도를 보고하고 있다(Farwell et al., 1991; Rosenfeld et al., 1991; Rosenfeld, Biroshchak, & Furedy, 2006). P300 숨긴정보검사의 민감도가 100%에 미치지 못하는 이유로 두 가지를 생각해 볼 수 있다. 한 가지는 단순한 개인 차이를 꼽을 수 있는데, 일반적인 오드볼 패러다임에서도 제시확률이 낮은 자극과 제시확률이 높은 자극 간에 P300 크기차이가 유의하지 않은 피검사자들이 존재하기 때문이다(Squires, Wickens, Squires, & Donchin, 1976; Allen et al., 1992). 다른 한 가지는 목표자극과 관련자극, 무관련자극을 이용한 검사절차의 특성 때문에 P300 숨긴정보검사의 민감도가 100%에 미치지 못할 가능성이 있다(Rosenfeld et al., 2008). 목표자극을 포함한 P300 숨긴정보검사에서는, 숨긴정보를 가지고 있는 조사대상자는 목표자극과 나머지 자극들

을 명시적으로 구별해야 하는 동시에, 암묵적으로는 관련자극과 무관련자극이 서로 구별되어야 한다. Rosenfeld 등(2008)은 이와 같은 두 가지 처리가 정보처리 자원(*processing resources*)을 둘로 나누게 만들며, 관련자극의 인식에 사용할 수 있는 정보처리 자원이 줄어들어 관련자극에 대한 P300의 크기가 감소할 것이라고 추론하였다.

이와 같은 가능성을 검증하기 위하여 최근 목표자극을 제거한 두 자극 패러다임에 대한 연구가 수행되었다(Rosenfeld et al., 2006, Rosenfeld et al., 2008). Rosenfeld 등(2006)의 연구에서는 목표자극 없이 관련자극과 무관련자극을 1:4의 비율로 무선적으로 제시하였으며 어떠한 반응도 요구하지 않았다. 조사대상자의 주의를 검사자극에 집중하도록 하기 위하여 P300 숨긴정보검사가 진행되는 중에 검사를 잠시 중단하고 방금 전에 제시되었던 자극이 무엇인지를 질문하는 방법을 사용하였다. 연구결과, 두 자극 패러다임의 민감도는 세 자극 패러다임의 민감도와 큰 차이가 없었으며, P300의 크기는 세 자극 패러다임과 비교하여 오히려 감소하였다.

Rosenfeld 등(2008)의 연구에서는, 피검사자에게 관련자극과 무관련자극을 1:4의 비율로 무선적으로 제시하면서 자극을 보는 즉시 왼쪽 버튼을 누르도록 지시하였다. 관련자극과 무관련자극이 제시된 지 1100ms ~ 1550ms가 지난 후 바로 앞에 제시되었던 자극이 다섯 가지 색(녹색, 빨간색, 파란색, 노란색, 자주색) 중 한 가지 색으로 다시 제시되었다. 이 때 피검사자에게 자극이 녹색으로 제시되면 오른쪽 버튼을 누르고, 나머지 색으로 제시되면 왼쪽 버튼을 누르도록 지시하였다. P300 숨긴정보와 관련된 시행은 첫 번째 시행이며, 두

번째 시행은 피험자의 주의를 검사상황에 집중하도록 유도하는 시행이었다. 하나의 사건 관련전위를 얻기 위해서 서로 다른 두 번의 시행이 필요하므로 Rosenfeld 등(2008)은 이 절차를 복합시행절차(*complex trial protocol*)라고 불렀다. 첫 번째 시행에서 자극을 읽지는 않고 자극의 제시여부에만 반응하는 것(*vision blurring*)을 방지하기 위하여, 20-30회 시행마다 검사를 잠시 중단하고 방금 전에 제시되었던 자극이 무엇인지를 질문하였다. 연구결과, 민감도가 .90 ~ 1.0으로 매우 높게 나타났으며, 대응수단을 사용한 경우에도 민감도가 .83 ~ 1.0으로 높게 나타났다.

그러나 Rosenfeld 등(2008)의 연구도 두 가지 제한점을 가지는 것으로 판단되는데, 하나는 Rosenfeld 등(2006)에서 논의되었던 것처럼, P300 숨긴정보검사 중에 검사를 잠시 중단하고 방금 전에 제시되었던 자극이 무엇인지를 묻는 과정이 검사 전체에 부정적 영향을 미칠 가능성이 여전히 남아 있다는 점이며, 다른 하나는 두 자극 패러다임의 민감도와 세 자극 패러다임의 민감도를 직접 비교하지 않았다는 점이다. P300이 개인차가 크다는 점을 감안하면(Squires et al., 1976; Allen et al., 1992), 반복측정실험을 이용하여 세 자극 패러다임과 두 자극 패러다임의 민감도를 비교할 필요가 있을 것이다

목표자극 없이 피검사자의 주의를 검사자극에 집중하도록 하면서, 주의 집중여부를 매 시행마다 평가할 수 있는 방법으로 다음의 두 가지 방법을 고려해 볼 수 있다. 한 가지 방법은 관련자극과 무관련자극이 포함된 범주를 판단하게 하는 것이다(이하 ‘두 자극 패러다임-범주판단’이라고 함). 하나의 관련자극을 사용하는 것보다 다수의 관련자극을 사용하는 것

이 검사의 효율성을 높이므로(Rosenfeld, Shue, Singer, 2007), 일반적으로 P300 숨긴정보검사는 여러 가지 종류의 목표자극을 사용한다(Farwell et al., 1991). 예를 들면, 신용카드 절도사건에서 도난당한 신용카드와 신용카드가 들어 있었던 지갑을 관련자극으로 사용할 수 있다. 두 자극 패러다임-범주판단은 도난당한 신용카드를 포함한 다수의 신용카드와 그 신용카드가 들어 있었던 지갑을 포함한 다수의 지갑을 피검사자에게 무선적으로 제시하면서 제시된 자극이 신용카드의 범주인지 지갑의 범주인지를 판단하게 하는 것이다. 제시된 자극이 목표자극인지 아닌지를 판단하는 것보다는 제시된 자극이 의미적 수준에서 어느 범주에 속하는지를 판단하는 것이 처리수준(level of processing)이 높으므로, 자극을 더 잘 기억하게 될 것이다(Craik & Tulving, 1975). 사건관련전위의 실험에서 실험 후에 회상이 더 잘 되었던 자극에서 P300이 더 크게 유발된다는 연구 결과들(Fabiani et al., 1986; Paller et al., 1988)에 비추어 보면, 두 자극 패러다임-범주판단의 민감도가 세 자극 패러다임의 민감도 보다 높을 것이라고 예측할 수 있다.

목표자극 없이 주의집중 여부를 매 시행마다 평가할 수 있는 두 번째 방법은 Rosenfeld 등(2008)의 복합시행절차를 수정한 것이다. 첫 번째 시행은 Rosenfeld 등(2008)과 동일하지만, 두 번째 시행에서는재인검사를 실시하는 것이다(이하 ‘두 자극 패러다임-재인검사’라고 부름).재인검사에서는 화면에 제시된 자극이 앞에 나왔던 자극인지 아닌지를 판단하게 한다. 두 자극 패러다임-재인검사는 검사의 중단 없으면서, 제시된 자극을 변별하는 별도의 과정을 동시에 수행하지 않으므로, P300 숨긴정보검사의 민감도가 증가할 것으로 예상된다.

연구 목적과 가설

본 연구는 두 가지 목적을 가진다. 한 가지는 전형적인 P300 숨긴정보검사에서 사용하고 있는 세 자극 패러다임의 민감도를 추정하는 것이다. P300 숨긴정보검사의 민감도가 유죄지식검사의 민감도만큼 높다면, 형사피의자에게 유죄지식검사를 대신하여 P300 숨긴정보검사를 사용할 수 있을 것이며, 유죄지식검사와 함께 P300 숨긴정보검사를 사용함으로써 형사피의자에 대한 판단의 정확도를 높일 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구의 두 번째 목적은 Rosenfeld 등(2008)의 두 자극 패러다임에 관한 연구의 제한점을 보완하여, 목표자극이 없어도 매 시행마다 피검사자가 검사자극에 주의를 집중하는지 평가할 수 있는 두 자극 패러다임-범주판단과 두 자극 패러다임-재인검사의 민감도와 세 자극 패러다임의 민감도를 비교하는 것이다. 새로운 측정패러다임을 통하여 P300 숨긴정보검사의 탐지율을 높일 수 있다면, P300 숨긴정보검사의 실용성에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

본 연구의 가설은 다음과 같다. 첫째로, 유죄지식검사에서 관련자극에 대한 반응시간이 무관련자극에 대한 반응시간보다 길기 때문에, P300 숨긴정보검사에서 관련자극에 대한 반응시간이 무관련자극에 대한 반응시간보다 더 길 것이다. 둘째로, 숨긴정보를 가지고 있는 피검사자에게 관련자극은 의미 있는 자극으로 지각되므로, 관련자극에 대한 P300의 크기가 무관련자극에 대한 P300의 크기보다 더 클 것이다. 셋째로, 두 자극 패러다임-범주판단은 처리수준이 높으며 두 자극 패러다임-재인검사는 처리자원이 이분화 되지 않으므로, 두

자극 패러다임-범주판단과 두 자극 패러다임-재인검사의 관련자극에 대한 P300이 세 자극 패러다임의 관련자극에 대한 P300 보다 더 클 것이다. 넷째로, 두 가지 두 자극 패러다임의 민감도가 세 자극 패러다임의 민감도보다 더 높을 것이다.

방 법

참가자

대학생과 대학원생 36명이 실험에 자원하여 참가하였다. 실험 참가자들의 성별은 남자 16명, 여자 20명이었고, 평균연령은 28.4세(범위 23-41세)였으며, 신경과나 정신과적 병력이 없었다고 진술하였다. 실험참가자들은 실험참여에 대한 서면동의서에 서명한 후 실험에 참여하였으며, 실험참여에 대한 물질적 보상을 받았다. 36명중 4명은 전체 시행의 30% 이상에서 눈 깜박임을 보여 최종 분석에서 제외하였다.

실험자극

하나의 관련자극을 사용한 것보다는 다수의 관련자극의 사용하는 것이 검사의 정확도를 증가시킨다는 연구결과(Rosenfeld et al., 2007)와, 우연적으로 획득된 정보나 모의 범죄를 이용한 검사결과보다는 자기참조적인 정보를 이용한 검사결과의 정확도가 높다는 연구결과(Rosenfeld et al., 2006; Rosenfeld et al., 2007)에 따라, 피험자의 부모 이름을 관련자극으로 사용하였다. 즉, P300 숨긴정보검사에서 숨긴정보로 사용한 자극(관련자극)은 피험자의 아버

지 이름과 어머니 이름이었으며, 무관련자극은 피험자의 아버지와 성이 같은 남자 이름 2개와 여자 이름 2개, 피험자의 어머니와 성이 같은 남자 이름 2개와 여자 이름 2개로 구성하였다. 세 자극 패러다임에서만 사용하는 목표자극은 피험자의 아버지와 성이 같은 남자 이름 1개와 피험자의 어머니와 성이 같은 여자 이름 1개로 구성하였다. 결과적으로 전체 자극은 관련자극 2개, 무관련자극 8개, 목표자극 2개였다.

실험절차

모든 참가자는 세 가지 실험조건(세 자극 패러다임, 두 자극 패러다임-범주판단, 두 자극 패러다임-재인검사)에 모두 참여하였다. 세 조건의 반복실험에 따른 피로효과를 상쇄시키기 위하여 총 6가지 실험순서(123, 132, 213, 231, 312, 321) 각각에 6명의 참가자를 할당하였다. 세 실험조건에서 관련자극은 실험참가자의 부모 이름이었으며, 실험참가자가 부모의 이름을 알지 못한다고 주장하는 가상적 상황에서 P300 숨긴정보검사를 실시하였다. 즉, 허위 기억상실(malingered amnesia) 여부를 판단하기 위한 P300 숨긴정보검사를 실시하였다.

실험참가자가 실험상황에 적응하도록 하기 위하여 사람 이름을 자극으로 한 오드볼 패러다임(oddball paradigm)의 실험을 105회 실시하였다. 목표자극과 표준자극은 미리 정해진 무선적 순서에 따라 제시되었으며, 목표자극이 연이어 제시되는 경우는 없도록 하였다. 마우스 버튼을 이용하여 각 자극에 반응하도록 하였으며, 목표자극이 컴퓨터 화면에 제시되면 ‘예’(왼쪽) 버튼을, 표준자극이 제시되면 ‘아니오’(오른쪽) 버튼을 누르도록 하였으며, 모든

반응은 가능한 빠르고 정확하게 하라고 지시하였다. 오드볼 패러다임에서 목표자극과 표준자극의 제시비율은 1:4였다. 자극은 피실험자로부터 1m 앞에 있는 컴퓨터 화면의 중앙에 0.5cm 크기(글자의 높이)로 제시하였다. 자극간 제시간격은 3초였으며, 자극은 375ms 동안만 화면에 제시되었다.

세 자극 패러다임에 사용된 자극은 목표자극 2개와 관련자극 2개, 무관련자극 8개였다. 12개의 자극은 미리 정해진 무선적 순서에 따라 제시되었으며 목표자극이나 관련자극이 두 번 연이어 제시되는 경우는 없도록 하였다. 12번의 시행을 1회기로 하여 총 16회기를 실시하였다. 회기 간에 명시적 구분은 없었으며, 8회기가 끝난 후에는 1분간의 휴식시간을 두었다. 목표자극이 화면에 제시되면 '예' 버튼을, 목표자극 이외의 자극(관련자극과 무관련자극)이 제시되면 '아니오' 버튼을 누르도록 하였다. 각 자극의 제시방법은 오드볼 패러다임과 동일하였다.

두 자극 패러다임-범주판단에서 사용한 자극은 관련자극 2개와 무관련자극 8개였으며 목표자극은 없었다. 10개의 자극은 미리 정해진 무선적 순서에 따라 제시되었으며, 10번의 시행을 1회기로 하여 총 18회기를 실시하였다. 회기 간에 명시적 구분은 없었으며, 9회기가 끝난 후에는 1분간의 휴식 시간을 두었다. 실험 자극이 컴퓨터 화면에 제시되면 제시된 이름의 범주(즉, 성별)를 판단하게 하였으며, 남자 이름이 제시되면 '예' 버튼을, 여자 이름이 제시되면 '아니오' 버튼을 누르게 하였다. 각 자극의 제시방법은 오드볼 패러다임과 동일하였다.

두 자극 패러다임-재인검사에서 사용한 자극과 회기는 두 자극 패러다임-범주판단과 동

일하였지만, 각 자극이 제시되었을 때 반응하는 방법이 달랐다. 먼저 실험자극이 제시되면 무조건 '예' 버튼을 누르도록 지시하였으며, 실험자극이 제시된 지 1.5초 후에 실험자극에 대한 재인검사를 실시하였다. 재인검사에서 실험자극과 동일한 이름이 제시되면 '예' 버튼을, 실험자극과 다른 이름이 제시되면 '아니오' 버튼을 누르게 하였다. 실험자극에 대한 반응과 재인검사에 대한 반응의 혼란을 피하기 위하여 재인검사에 제시된 자극 뒤에 '?'를 추가하여 제시하였다. 재인검사에서 '예' 반응과 '아니오' 반응의 비율은 1:1이었다. 실험자극간 제시간격은 3.5초였으며, 실험자극과 재인검사자극은 모두 375ms 동안만 화면에 제시되었다.

오드볼 패러다임의 실험을 포함하여 총 4번의 실험사이에는 충분한 휴식시간을 두어 피로효과를 최소화하고자 하였다.

뇌파 기록과 분석

뇌파는 PolyG-II(LAXTHA Inc.)를 사용하여 기록하였다. 국제 10-20 체계에 따라 Fz와 Cz, Pz 세 부위에 도금한 전극(gold plated brass)을 부착하였고, 오른쪽 유양돌기에 기준전극을, 왼쪽 유양돌기에 접지전극을 부착하였다. 신호는 0.7 ~ 46 Hz 대역여과(band pass) 시킨 후, 256 Hz의 표본율로 A/D 변환기를 통과시켰다. ERP 분석을 위해서는 선행연구를 참고하여 (Farwell et al., 1991; Rosenfeld et al., 1991; Allen et al., 1992), TeleScan V2.89 프로그램(LAXTHA Inc.)에 내장되어 있는 IIR(infinite impulse response) 저역 통과 필터를 이용하여 6Hz 이상의 고주파 성분을 디지털 방식으로 여과한 후, 전체 뇌파의 평균을 0으로 재조정하였다. 세

조건의 실험이 모두 끝난 후, 뇌파를 자극제 시 전 100ms부터 자극제시 후 1000ms를 포함한 1100ms의 시행단위(sweeps)로 구분하였다. 눈 깜박임에 가장 예민하게 반응을 보이는 Fz 부위의 뇌파를 시각적으로 평가하여, 눈 깜박임이 있었던 시행을 ERP 분석에서 제외시켰으며, 뇌파가 $\pm 50 \mu V$ 를 넘어서는 시행도 분석에서 제외하였다. 각 피험자 별로 유효한 관련 자극의 시행 수가 20 미만이었다는 4명의 피험자는 분석에서 제외하였다. 숨긴정보검사에서는 일반적으로 유효한 관련 자극의 시행 수가 30 이상이 되도록 실험하지만(Rosenfeld et al., 2006), 본 연구에서는 세 가지 측정 패러다임의 실험을 한 피험자가 모두 수행해야 하므로 각 실험의 길이를 최소화하였다. 청각과제나 시각과제에서 목표자극의 유효 시행의 수가 20을 넘으면 P300의 크기 파악에 큰 문제가 없다는 연구 결과(Polich, 1986; Cohen & Polich, 1997)에 따라 각 실험의 길이를 조절하였다.

P300의 크기는 P300 숨긴정보검사에서 가장 효율적인 방법이라고 평가받고 있는 정점-정점(peak-peak) 방법을 사용하여 평가하였다(Soskins et al., 2001). 정점-정점 방법은 P300의 값과 P300 이후에 나타나는 가장 부적인 값간의 차이 값을 P300의 크기로 사용한다. P300의 값은 자극 제시 후 300ms에서 700ms 사이에 100ms 구간의 평균값이 가장 큰 값으로 정의하였으며, P300 이후 가장 부적인 정점 값은 P300이 나타난 이후부터 1000ms 사이에 100ms 구간의 평균값이 가장 작은 값으로 정의하였다.

P300의 잠재시간은 자극 제시 후 300ms에서 700ms 사이에 100ms 구간의 평균값이 가장 큰 구간의 중앙점으로 정의하였다.

집단분석 및 개인별 진단

본 연구의 종속변인은 첫째로 각 자극이 제시된 후부터 반응을 할 때까지 걸린 시간인 반응시간과 둘째로 각 실험조건에서 관련자극과 무관련자극에 대한 P300 크기차이, 셋째로 자극제시 후부터 P300이 나타날 때 까지 걸린 시간을 의미하는 잠재시간, 마지막으로 각 실험조건의 민감도였다. 반복측정변량분석(repeated measure ANOVA)을 이용하여 세 가지 실험조건에서 반응시간의 차이와 관련자극과 무관련자극간 P300 크기의 차이, P300 잠재시간의 차이를 검증하였으며, McNemar 검증을 이용하여 민감도의 차이를 살펴보았다. 반복측정변량분석에서 분자의 자유도가 1보다 큰 경우에는 Greenhouse-Geisser의 합동대칭성 지수 ϵ 을 이용하여 교정한 확률을 산출하였다.

집단수준의 P300 크기차이 검증과 더불어, 피험자 개인별로 관련자극에 의해 유발된 P300이 무관련자극에 의해 유발된 P300 보다 통계적으로 유의하게 큰 지를 평가하였다. 즉, 각 피험자가 부모의 이름을 모른다고 거짓을 말하는 지의 여부를 P300의 크기를 이용하여 개인별로 진단을 하였다. 각 개인별로 P300의 크기에 대한 통계적 검증을 위해서는 개인 내에서 P300의 크기에 대한 표집분포(sampling distribution)를 추정할 수 있어야 한다. 그러나 개인 내에서는 각 자극별로 단 하나의 평균 P300 크기만 산출하므로 일반적인 통계분석 방법으로는 P300의 표집분포를 추정할 수 없다. 이 문제를 해결하는 한 가지 방법은 부트스트랩(bootstrap) 기법을 이용하는 것이다(Wasserman & Bockenholt, 1989; Efron & Tibshirani, 1993). 부트스트랩 기법은 표본자료에서 n 개의 사례를 복원추출(sampling with

replacement)하는 것을 말하고, 이렇게 복원추출된 표본을 부트스트랩 표본이라고 한다. 예를 들어, 한 명의 피험자가 두 자극 패러다임-범주판단 실험에서 180번의 시행을 하면 180개의 1100ms 시행단위의 뇌파 표본자료가 만들어진다. 180개의 뇌파 표본자료를 관련자극에 대한 것 36개와 무관련자극에 대한 것 144개로 나눈 후, 36개의 관련자극에 대한 뇌파에서 무작위로 36개의 뇌파를 복원추출하고, 144개의 무관련자극에 대한 뇌파에서 무작위로 144개의 뇌파를 복원추출하여 부트스트랩 표본을 구성한다. 복원추출 방법을 사용하면 어떤 시행의 뇌파 표본자료는 한 번 이상 뽑히고 어떤 시행의 뇌파 표본자료는 한 번도 안 뽑히는 경우가 발생하므로, 부트스트랩 표본은 원래의 뇌파 표본자료와 약간의 차이를 가지게 된다. 이러한 부트스트랩 표본을 1000개 만든 후, 1000개의 부트스트랩 표본 각각에서 관련자극의 P300 크기와 무관련자극의 P300 크기를 빼주어 P300 차이값에 대한 부트스트랩 표집분포를 구성할 수 있다. 숨긴정보검사에서 일반적으로 많이 사용하는 90% 신뢰수준에서(Rosenfeld et al., 2006; Farwell et al., 1991) 관련자극에 의해 유발된 P300 이 무관련자극에 의해 유발된 P300 보다 크다고 결론 내리기 위해서는 부트스트랩 표집분포에서 0보다 큰 값의 면적이 90% 이상이어야 한다. 이것은 1000개의 부트스트랩 표본 중 관련자극의 P300 크기가 무관련자극의 P300 크기보다 더 큰 경우의 수가 900번 이상인 것과 동일하다. 따라서 본 연구에서는 1000번의 부트스트랩 표본 중 900번 이상에서 관련자극의 P300 이 무관련자극의 P300 보다 크게 산출되면, 피검사가 부모의 이름을 알고 있으면서도 거짓으로 모른다고 주장하는 것으로

진단하였다.

결 과

반응오류율과 반응시간

세 자극 패러다임의 반응오류율은 .031 (SD=.030)이었고, 두 자극 패러다임-범주판단의 반응오류율은 .028 (SD=.034)로, 두 실험조건은 95%이상의 정확반응을 보였으며, 두 자극 패러다임-재인검사에서 재인검사의 반응오류율은 0.056(SD=.009)으로 95%에 근접한 정확반응을 보였다.

세 실험조건에서 관련자극과 무관련자극의 반응시간 평균이 표 1에 제시되어 있다. 실험조건과 자극종류를 독립변인으로 한 이원 반복측정 변량분석을 실시한 결과, 실험조건의 주효과는 유의하였으며($F=127.00$, $df=2,62$, $p<.001$, $\epsilon=.931$, $\eta^2=.804$), 자극종류의 주효과와 실험조건과 자극종류의 상호작용효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다(각각 $F=1.923$,

표 1. 세 실험조건에서 관련자극과 무관련자극의 반응시간(msec) 평균(표준편차)

실험조건	관련자극	무관련자극
세 자극 패러다임	572(89)	584(86) ^a
두 자극 패러다임 - 범주판단	577(84)	582(93) ^a
두 자극 패러다임 - 재인검사 ¹⁾	405(84)	403(88) ^b

ab 첨자가 동일한 실험조건들 간에는 평균차이가 유의하지 않음(Bonferroni 방법)

1) 두 자극 패러다임-재인검사의 반응시간은 실험 자극에 대한 반응시간임.

$df=1,31, p=.175, \eta^2=.058; F=1.190, df=2,62, p=.308, \epsilon=.903, \eta^2=.037$). 실험조건들 간에 쌍비교(Bonferroni 방법)를 수행한 결과, 세 자극 패러다임의 반응시간과 두 자극 패러다임-범주판단의 반응시간은 유의하게 다르지 않았으며, 두 자극 패러다임-재인검사의 반응시간만 다른 실험조건들의 반응시간보다 빠른 것으로 나타났다. 실험조건과 자극종류의 상호작용효과가 유의하지는 않았지만, 실험조건별로 자극종류 간 평균반응시간의 차이가 유의한지를 t 검증한 결과, 본 연구의 첫 번째 가설과는 다르게 모든 실험조건에서 관련자극에 대한 반응시간의 평균과 무관련자극에 대한 반응시간의 평균은 유의하게 다르지 않았다(모두 $p>.10$).

P300의 크기

관련자극의 P300 크기와 무관련자극의 P300 크기를 비교한 결과가 표 2와 그림 1에 제시되어 있다. 관련자극과 무관련자극 간의 P300

크기 차이가 실험조건과 전극부착위치에 따라 유의하게 다른지 검증하기 위하여 이원 반복 측정 변량분석을 실시한 결과, 실험조건들의 주효과가 유의하였으며($F=5.428, df=2,62, p<.01, \epsilon=.897, \eta^2=.149$), 전극부착위치의 주효과도 유의하였지만($F=17.780, df=2,62, p<.001, \epsilon=.897, \eta^2=.364$), 실험조건과 전극부착위치의 상호작용효과는 유의하지 않았다($F=.399, df=$

표 2. 세 실험조건에서 관련자극과 무관련자극 간 P300 크기 차이(μV)의 평균(표준편차)

실험조건	전극부착위치		
	Fz	Cz	Pz
세 자극 패러다임	2.33 (1.84)	2.55 (1.91)	3.00 (1.99) ^a
두 자극 패러다임 - 범주판단	1.10 (1.88)	1.37 (2.34)	1.68 (2.34) ^b
두 자극 패러다임 - 재인검사	1.13 (1.84)	1.73 (1.90)	1.96 (1.87) ^b

ab 첨자가 동일한 실험조건들 간에는 평균차이가 유의하지 않음(Bonferroni 방법)

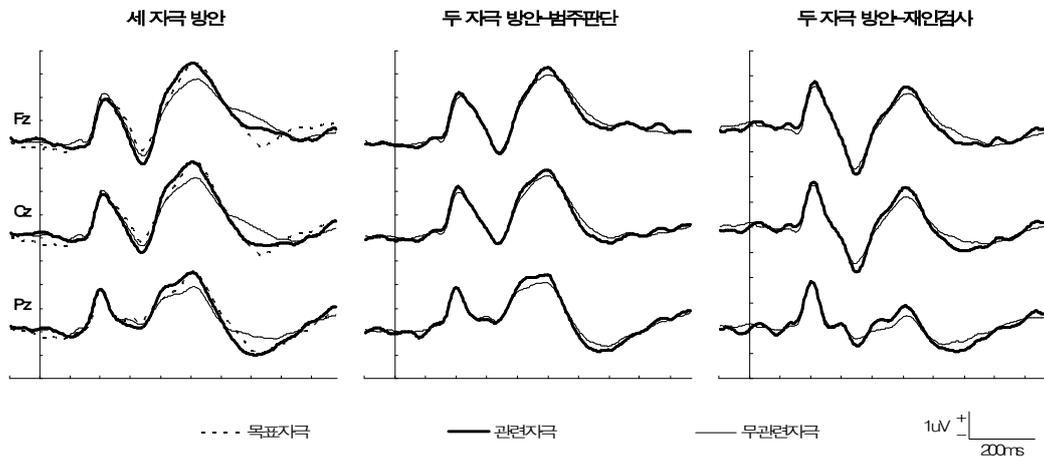


그림 1. 세 실험조건에서 Fz, Cz, Pz 영역의 평균 ERP

4,124, $p=.750$, $\epsilon=.734$, $\eta^2=.013$). 실험조건들 간에 쌍비교를 수행한 결과, 세 자극 패러다임이 두 자극 패러다임-범주판단과 두 자극 패러다임-재인검사 보다 P300 크기 차이가 더 큰 것으로 나타났다. 전극부착위치에 대한 쌍비교를 수행한 결과, Fz 에서의 Pz 로 갈수록 관련자극과 무관련자극간 P300 크기차이가 커지는 것으로 나타났다.

세부적인 분석을 위하여, 관련자극과 무관련자극간 P300의 크기차이가 가장 크게 나타난 Pz 영역에서 실험조건과 자극(관련자극과 무관련자극)을 독립변인으로 이원변량분석을 수행한 결과, 실험조건의 주효과($F=34.697$, $df=2,62$, $p<.001$, $\epsilon=.865$, $\eta^2=.528$)와 자극의 주효과($F=75.884$, $df=1,31$, $p<.001$, $\eta^2=.710$), 실험조건과 자극의 상호작용효과($F=4.570$, $df=2,62$, $p<.001$, $\epsilon=.893$, $\eta^2=.128$)가 유의하였다. 상호작용효과를 해석하기 위하여, 표 3에 제시되어 있는 것처럼 자극별로 실험집단간 쌍비교를 수행하였다. 검증결과, 관련자극에 대한 P300의 크기는 세 자극 패러

표 3. Pz 영역에서 실험조건별 관련자극과 무관련자극에 대한 P300 크기(μV)의 평균(표준편차)

실험조건	관련자극	무관련자극
세 자극 패러다임	8.15 (3.40) ^a	5.15 (2.38) ^d
두 자극 패러다임 - 범주판단	8.24 (3.32) ^a	6.56 (2.56) ^c
두 자극 패러다임 - 재인검사	5.11 (3.62) ^b	3.15 (2.57) ^e

ab 첨자가 동일한 실험조건들 간에는 평균차이가 유의하지 않음(Bonferroni 방법)

cde 모든 실험조건들에 평균차이가 유의함 (Bonferroni 방법)

다임과 두 자극 패러다임에서 산출된 것이 세 자극 패러다임-재인검사에서 산출된 것보다 유의하게 컸으며($p<.001$), 무관련자극에 대한 P300의 크기는 두 자극 패러다임-범주판단에 산출된 것이 가장 컸으며 두 자극 패러다임-재인검사에서 산출된 것이 가장 작은 것으로 나타났다($p<.001$).

이러한 결과는 본 연구의 두 번째 가설인 P300 숨긴정보검사에서 관련자극에 대한 P300이 무관련자극에 대한 P300보다 클 것이라는 가설을 지지하지만, 세 번째 가설인 관련자극에 대한 두 자극 패러다임의 P300이 세 자극 패러다임의 P300보다 클 것이라는 가설과는 반대되는 것이다.

Pz 영역에서 P300의 잠재시간 평균은 실험조건과 자극종류에 따라 유의한 차이가 없었으며, 477 ~ 497msec의 범위를 보였다.

개인별 진단 결과

본 연구에 참여한 피험자가 본인의 부모 이름을 모른다고 주장하는 가상적 상황에서, P300 숨긴정보검사의 최종 목적인 개인별 진단을 실시하였다. 개인별 진단은 세 가지 실험조건 각각에 대하여 실시하였으며, 부트스트랩 절차를 이용하여 90% 신뢰수준에서 ‘숨긴 정보’를 가지고 있는지, 즉 거짓을 말하고 있는지 그렇지 않은지를 평가하였다.

표 4에 개인별 진단을 실시한 결과가 제시되어 있다. 개인별 진단 결과, 세 실험조건 모두에서 Pz 영역의 뇌파를 이용한 정확진단율이 Fz 영역과 Cz 영역의 뇌파를 이용한 정확진단율보다 높게 나타났다. Pz 영역의 뇌파를 이용한 정확진단백분율은 세 자극 패러다임에서 87.5%로 가장 높았고, 두 자극 패러다임-

표 4. 세 실험조건에서 P300 숨긴정보검사의 민감도('거짓'으로 진단된 피검사자 수/전체 피검사자 수)

실험조건	전극부착위치		
	Fz	Cz	Pz
세 자극 패러다임	20/32 (62.5%)	21/32 (65.6%)	28/32 ^a (87.5%)
두 자극 패러다임 - 범주판단	8/32 (25.0%)	11/32 (34.4%)	19/32 ^b (59.4%)
두 자극 패러다임 - 재인검사	7/32 (21.9%)	14/32 (43.8%)	19/32 ^b (59.4%)

ab 첨자가 동일한 실험조건들은 민감도가 유의하게 다르지 않음(McNemar 검증결과, 유의수준 $\alpha = .05$)

범주판단과 두 자극 패러다임-재인검사에서 각각 59.5%로 나타났다. 실험조건에 따라 정확진단율이 유의하게 다른지를 검증하기 위하여 실험조건 쌍별로 McNemar 검증을 실시한 결과, 세 자극 패러다임의 정확진단율이 두 자극 패러다임-범주판단과 두 자극 패러다임-재인검사의 정확진단율보다 유의하게 높은 것으로 나타나(모두 $p < .05$), 두 자극 패러다임-범주판단과 두 자극 패러다임-재인검사의 민감도가 세 자극 패러다임의 민감도보다 높을 것이라는 가설과는 반대의 결과가 나타났다.

논 의

본 연구는 두 가지 목적을 위하여 수행되었다. 한 가지는 현재 P300 숨긴정보검사에서 널리 사용하고 있는 세 자극 패러다임의 민감도를 추정하는 것이었다. 세 자극 패러다임을 사용한 선행 연구에서는 일반적으로 .85 ~ .95의 민감도를 보고하고 있지만, 한국에서는

현재까지 P300 숨긴정보검사의 민감도가 보고된 적이 없었으므로 본 연구에서 P300 숨긴정보검사의 민감도를 추정하고자 하였다. 본 연구의 두 번째 목적은 새로운 두 자극 패러다임의 효율성을 검증하는 것이었다. 세 자극 패러다임에서 목표자극은 피검사자의 주의를 검사자극에 집중하도록 유도하는 역할을 하지만, P300 숨긴정보검사를 복잡하게 만들기 때문에 검사의 효율성을 낮출 가능성이 있는 것으로 알려져 있다. Rosenfeld 등(2008)에 의해서 고안된 두 자극 패러다임(복합시행절차)의 효율성이 검증된 바가 있지만, 피검사자가 검사자극에 주의를 집중하는지에 대한 실시간 평가가 어렵다는 점과 세 자극 패러다임과의 정확도 비교를 하지 않았다는 제한점을 가지고 있다. 본 연구에서는 반복측정설계를 사용하여 피검사자가 검사자극에 주의를 집중하는지에 대한 실시간 평가가 가능한 새로운 두 자극 패러다임의 민감도를 세 자극 패러다임의 민감도와 비교하고자 하였다.

P300 숨긴정보검사에 관한 연구들(Allen et al., 1992; Rosenfeld et al., 2004; Seymour et al., 2000)에서 관련자극과 무관련자극에 대한 반응시간이 숨긴정보의 유무를 판단하는데 중요한 지표가 된다는 보고에 따라, 본 연구에서도 반응시간에 대하여 분석해 보았다. 분석결과, 세 자극 패러다임과 두 자극 패러다임-범주판단, 두 자극 패러다임-재인검사에서 관련자극과 무관련자극에 대한 반응시간은 유의한 차이가 없는 것으로 나타나, 관련자극에 대한 반응시간이 무관련자극에 대한 반응시간 보다 길다는 기존의 연구결과와 일치하지 않았다. 본 연구에서 관련자극과 무관련자극에 대한 반응시간이 차이가 없었던 이유 중 한 가지는 본 연구에서 사용한 자극의 특성 때문인 것으

로 판단된다. 기존의 연구들은 실험자극으로 사진을 이용하거나, 사물의 이름을 사용하거나, 또는 숫자를 이용한 연구들이 대부분이었으며, 이들 연구에서는 관련자극에 대한 반응시간이 무관련자극에 대한 반응시간보다 긴 것으로 나타났었다. 그러나 피실험자 본인의 이름을 관련자극으로 사용하였던 Rosenfeld 등(2006)의 연구에서는 관련자극과 무관련자극간 반응시간에서 차이가 나타나지 않았으며, 이들의 연구에서 산출된 자극 종류별 반응시간(관련자극의 반응시간=560ms, 무관련자극의 반응시간=551ms, 목표자극의 반응시간=634ms)은 본 연구에서 산출한 자극 종류별 반응시간(관련자극의 반응시간=572ms, 무관련자극의 반응시간=584ms, 목표자극의 반응시간=635ms)과 매우 비슷하였다. 이러한 결과는, 관련자극과 무관련자극에 대한 반응시간의 차이를 숨긴정보의 지표로서 사용한 Allen 등(1992)의 연구와는 달리, 피검사자와 매우 가까운 관계에 있는 사람 이름(본인 이름이나 가족 이름)을 관련자극으로 사용할 때에는 숨긴정보의 지표로 반응시간을 사용하기 어렵다는 것을 의미한다.

본 연구의 세 자극 패러다임에서 부모의 이름을 관련자극(숨긴정보)으로 사용하고 Pz 영역의 뇌파를 이용하여 개인별 진단을 내렸을 때, 민감도는 .875인 것으로 나타났다. 즉, 32명 피검사자중 28명은 숨긴정보를 가지고 있는 것으로 판정되었다. 이러한 민감도는 모의 범죄를 수행한 후 범죄 관련자극을 확실하게 암기하도록 한 연구(Farwell et al., 1991; 민감도=.90)나 특정 범주의 단어를 암기하도록 한 후 관련자극으로 사용한 연구(Allen et al., 1992; P300의 크기만 이용하여 진단한 경우의 민감도=.85), 피검사자의 이름을 관련자극으로

사용한 연구(Rosenfeld et al., 2006; 민감도=.90), 형제와 친한 친구의 사진을 관련자극으로 사용한 연구(Meijer, Smulders, Merckelbach, & Wolf, 2007; 민감도=.92)와 비슷한 수준이었으며, 피검사자의 사회보장번호(social security number)와 지역번호(area code), 생일, 어머니 이름, 마을이름, 학교이름을 함께 사용한 연구(Rosenfeld et al., 2007; 민감도=.33~.62)나 우연히 알게 된 타인의 이름을 사용한 연구(Rosenfeld et al., 2006; 민감도=.40), 가상현실에서 모의범죄를 이용한 연구(Mertens, Allen, Culp, & Crawford, 2003; 민감도=.27~.47), 보석을 훔치는 모의범죄를 이용한 연구(Rosenfeld et al., 2004; 민감도=.82) 보다는 높은 수준이었다. 따라서 우연적으로 습득된 정보에 대한 P300 숨긴정보검사나 모의범죄를 이용한 P300 숨긴정보검사, 나아가 실제 사건에 대한 P300 숨긴정보검사에서는 .875 보다는 낮은 민감도를 보일 가능성이 높다. 이러한 결과는 정확도가 높은 새로운 검사 패러다임을 만들어 내야 하는 필요성을 보여주는 것이라 할 수 있다.

본 연구에서 산출한 세 자극 패러다임의 민감도인 .875는 기존의 폴리그래프 검사의 정확도 추정치인 .90과 비슷한 수준이었다. 따라서, 폴리그래프 검사(특히 유죄지식검사)의 대안으로서 P300 숨긴정보검사의 사용을 고려해 볼 수 있을 것이다. 또한 폴리그래프 검사는 탄로에 대한 두려움으로 인해 유발되는 생리적 반응을 측정하는 반면, P300 숨긴정보검사는 범죄와 관련된 자극(또는 허위로 기억상실되었다고 주장하는 내용)의 의미에 의해 유발된 P300을 측정하므로, 두 가지 검사를 함께 사용한다면 조사대상자가 거짓을 말하는지의 여부를 좀 더 정확하게 판단할 수 있을 것이라고 생각된다.

세 자극 패러다임에서 Cz 영역과 Fz 영역의 뇌파를 이용하여 개인별 진단을 수행한 결과에서는 각각 .656와 .625의 민감도를 보여 Pz 영역의 뇌파를 이용한 결과보다 낮은 민감도를 보였으며, 이것은 P300을 이용한 실험에서 전형적으로 보고되는 결과와 일치하는 것이다.

본 연구에서 고안한 두 자극 패러다임-범주판단과 두 자극 패러다임-재인검사의 민감도는 Pz 영역의 뇌파를 사용하였을 때 .594인 것으로 나타났으며, Fz와 Cz 영역의 뇌파를 사용했을 때는 더 낮은 .219 ~ .438의 민감도를 보였다. 새로운 두 자극 패러다임들의 민감도가 세 자극 패러다임의 민감도 보다 낮게 나온 것은 본 연구에서 예상하였던 결과와 완전히 상반되는 것이었다.

두 자극 패러다임-범주판단은 처리수준이론에 근거한 것으로, 제시된 자극이 속해 있는 의미적 범주를 판단하는 것이 제시된 자극이 목표자극인지 아닌지를 판단하는 것보다 처리수준이 깊으므로, 제시된 자극을 더 잘 기억하게 되고 P300이 더 크게 유발될 것이라고 예측하였다. 두 자극 패러다임-범주판단의 민감도가 세 자극 패러다임의 민감도보다 낮게 산출된 이유를, 두 가지 측정 패러다임에서 측정된 관련자극과 무관련자극의 P300 크기를 통해 추론해 볼 수 있다. 표 3에 제시되어 있는 것처럼, 세 자극 패러다임과 두 자극 패러다임-범주판단에서 관련자극의 P300은 유의하게 다르지 않았지만, 무관련자극의 P300은 세 자극 패러다임에서보다 두 자극 패러다임-범주판단에서 더 크게 산출되었다. 즉, 두 자극 패러다임-범주판단의 민감도가 낮게 산출된 이유는 두 자극 패러다임-범주판단에서 무관련자극의 P300이 크게 나타났기 때문이었다. 처리수준이론에 따라 관련자극과 무관련자극

에 대한 P300 크기가 모두 증가하리라 예상했는데, 결과적으로 무관련자극에 대한 P300 크기만 증가하였다. 관련자극 즉, 부모의 이름은 피검사자에게 이미 잘 기억되어 있고 개인적으로 중요한 의미를 지니고 있으므로 부모의 이름에 대한 의미적 처리가 P300에 특별한 효과를 가지지는 않는 것으로 생각된다. 그러나 관련자극이 우연히 획득된 정보일 경우에는 두 자극 패러다임-재인검사의 민감도가 세 자극 패러다임의 민감도 보다 높을 가능성이 여전히 남아 있다. 우연히 획득된 정보에 대한 P300은 의미 있는 정보에 대한 P300 보다 작으므로(Rosenfeld et al., 2006), 범주판단이라는 의미적 처리가 우연히 획득된 정보의 P300을 증가시킬 여지가 남아 있는 것으로 생각된다.

두 자극 패러다임-재인검사는 Rosenfeld 등(2008)이 두 자극 패러다임으로 고안한 복합시행절차를 약간 변형시킨 것이었다. 복합시행절차는 피검사자가 검사자극에 주의 집중하고 있는지에 대한 실시간 평가가 어려우며, 복합시행절차에 포함되어 있는 두 번째 시행(자극의 색에 반응하도록 하는 시행)의 역할이 불명확하다는 제한점을 가진다. 본 연구에서는 복합시행절차에서 역할이 불명확한 두 번째 시행을 재인검사 시행으로 바꾸어 이러한 제한점을 해소하고자 하였는데, 새로운 두 자극 패러다임-재인검사의 민감도가 세 자극 패러다임의 민감도에 미치지 못하는 결과가 산출되었다. 이러한 결과가 산출된 이유 중 세 가지는 다음과 같이 추론할 수 있다.

첫 번째로, 세 자극 패러다임에서는 목표자극과 나머지 자극에 대한 독특한 반응이 있었던 반면, 두 자극 패러다임-재인검사에서는 각 자극에 따른 독특한 반응이 없이 무조건적

인 반응만 있었던 점이다. 세 자극 패러다임에서는 피검사자가 목표자극과 나머지 자극을 구분해야 하므로 많은 주의가 필요했을 것이며, 두 자극 패러다임-재인검사에서는 자극의 존재여부를 판단할 수 있는 정도의 주의만 필요했을 것이다. 자극에 주어지는 주의의 양이 P300크기에 영향을 주므로(Polich, 1991), 세 자극 패러다임의 민감도가 두 자극 패러다임-재인검사의 민감도 보다 높았을 것으로 추론된다. 표 2에 제시되어 있는 것처럼 세 자극 패러다임에서의 반응시간이 두 자극 패러다임에서의 반응시간보다 유의하게 길다는 점과, 표 6에 제시되어 있는 것처럼 자극의 종류에 관계없이 세 자극 패러다임에서의 P300이 두 자극 패러다임-재인검사의 P300보다 크다는 점이 이러한 추론의 타당성을 뒷받침해준다. 그러나 Rosenfeld 등(2008)의 연구에서도 검사자극에 대한 반응 방법이 본 연구와 동일하였음에도 불구하고 민감도가 높게 산출되었던 점으로 보아, 본 연구에서 사용한 반응방법 자체가 P300의 크기를 작게 만들지는 않았을 것이며, 다른 요인들과의 상호작용에 의해 P300의 크기를 작게 만들었을 것으로 추론된다.

두 번째로, 세 자극 패러다임에서 피험자들은 제시된 자극을 암기해야 할 이유가 없었지만, 두 자극 패러다임-재인검사에서는 제시된 자극을 암기한 후에 재인검사에서 정확한 반응을 해야만 했다. Rosenfeld 등(2006)이 지적한 바와 같이, 제시된 자극에 대한 암송이 하나의 과제가 되며 그것으로 인해 P300의 크기가 감소될 수 있다. Rosenfeld 등(2008)의 두 자극 패러다임인 복합시행절차에서도 피검사자들이 실험자극을 기억했어야 했지만, 본 연구에서처럼 반드시 암송을 해야 할 이유는 없었던 것으로 보이며, 이러한 암송의 차이가 민감도

의 차이를 유발한 것으로 생각된다.

세 번째로, 세 자극 패러다임에서는 피검사자가 3000ms 동안에 한 번만 반응하지만, 두 자극 패러다임에서는 3500ms 동안에 두 번 반응해야 하므로(실험자극에 한 번, 재인검사자극에 한 번), 두 자극 패러다임-재인검사가 세 자극 패러다임보다 더 큰 작업부하를 가졌던 것으로 보인다. 작업부하가 많을수록 P300의 크기는 감소하므로(Kramer et al., 1987), 두 자극 패러다임-재인검사의 민감도가 세 자극 패러다임의 민감도 보다 낮았던 것으로 추론된다. Rosenfeld 등(2008)의 연구에서도 한 번의 시행에 두 번 반응을 하지만, 각각의 시행사이에 얼마의 시간간격이 있었는지는 분명하게 제시하지 않아서 본 연구와 비교하기는 어려웠다.

이상의 세 가지 추론을 종합하여 보면, 두 자극 패러다임에서도 피검사자가 실험자극에 대해 좀 더 의미 있는 반응을 할 필요가 있을 것이며, 작업부하가 높은 재인검사 대신 작업부하가 낮은 다른 방법으로 피검사자의 주의를 실험자극에 집중시키도록 하는 절차를 개발할 필요가 있을 것이다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 한 가지는 진실집단을 연구에 포함시키지 않았기 때문에, P300 숨진정보검사의 정확도와 오류긍정율을 산출할 수 없었다는 점이다. 본 연구에서 진실집단을 포함시키지 않은 이유는, 본 연구의 주요 목적 중 하나가 여러 가지 측정 패러다임들의 민감도를 비교하는 것이었기 때문에 진실집단에 사용할 피험자를 거짓집단에 사용하여 측정 패러다임들 간에 비교의 효율성을 높이고자 하였다(Rosenfeld et al., 2006, Rosenfeld et al., 2007). 두 번째는 눈 움직임이 사건관련전위에 미치는 영향을 통제하는 방법

으로 뇌파에 대한 시각적 평가를 이용하였다는 점이다. 즉, 특정 시행에 대한 뇌파가 눈 움직임에 의한 영향을 받았는지 판단하기 위하여 Fz 영역의 뇌파를 시각적으로 평가하였다. 일반적으로 시각적인 자극을 사용한 사건 관련전위 연구는 안전도(electro-oculogram: EOG)를 함께 측정하여 눈 움직임에 의한 영향을 교정하거나, 눈 움직임이 있었던 시행을 분석에서 제외시키므로, P300 숨긴정보검사에 대한 추후 연구에서는 안전도를 측정하여 눈 움직임에 의한 효과를 적극적으로 통제할 필요가 있다. 본 연구의 마지막 제한점은 본 연구에서 사용한 자극이 부모의 이름이었다는 점이다. 따라서 피검사자에게 중요한 의미를 가지는 자극을 관련자극으로 사용한 경우에는 본 연구에서 산출한 세 자극 패러다임의 민감도를 일반화할 수 있을 것이지만, 피검사자에게 중요한 의미를 갖지 못하는 자극(예를 들면 우연히 습득한 자극)을 관련자극으로 사용한 경우에는 세 자극 패러다임의 민감도가 낮아질 가능성이 있다.

참고문헌

- 김명선 (1995). 사상관련전위의 임상적 활용. 한국심리학회지: 임상, 14(1), 253-263.
- 김혁, 박관규, 이강희, 김현택 (2008). 관련자극과 무관련자극에서 사건관련전위 비교 분석 연구. 2008 한국심리학회 연차학술대회 논문집, 122-123.
- 엄진섭, 지형기, 박광배 (2008). 폴리그래프 검사의 정확도 추정. 한국심리학회지: 사회문제, 14(4), 1-18.
- 엄진섭, 한유화, 지형기, 박광배 (2008). Backster ZCT를 사용한 폴리그래프 검사의 일반화가능도. 감성과학, 11(4), 인쇄 중.
- 함지선, 이장한 (2007). 가상의 범죄환경과 뇌파를 이용한 거짓말 탐지 연구. 2007 한국심리학회 연차학술대회 논문집, 524-525.
- Abootalebi, V., Moradi, M. H., & Khalilzadeh, M. A. (2006). A comparison of methods for ERP assessment in a P300-based GKT. *International Journal of Psychophysiology*, 62, 309-320.
- Abrams, S. (1989). *The Complete Polygraph Handbook*. Lexington, MA: Lexington Books.
- Allen, J., Iacono, W. G., & Danielson, K. D. (1992). The identification of concealed memories using the event-related potential and implicit behavioral measures: A methodology for prediction in the face of individual differences. *Psychophysiology*, 29, 504-522.
- Ben-Shakhar, G. & Elaad, E. (2002). The guilty knowledge test (GKT) as an application of psychophysiology: future prospects and obstacles. In Murray Kleiner (Ed.), *Handbook of Polygraph Testing*. San Diego: Academic Press.
- Ben-Shakhar, G. (2002). A Critical review of the control questions test (CQT). In Murray Kleiner (Ed.), *Handbook of Polygraph Testing*. San Diego: Academic Press.
- Ben-Shakhar, G. & Dolev, K. (1996). Psychophysiological detection through the guilty knowledge technique: the effects of mental countermeasures. *Journal of Applied psychology*, 81, 273-281.
- Cohen, J. & Polich, J. (1997). On the number of

- trials needed for P300. *International Journal of Psychophysiology*, 25, 249-255.
- Craik, F. I. M. & Tulving, E. (1975). Depth of processing and the retention of words in episodic memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 104, 268-294.
- Cross, T. P. & Saxe, L. (2001). Polygraph testing and sexual abuse: The lure of the magic lasso. *Child Maltreatment*, 6, 195-206.
- Cutmore, T. R. H., Djakovic, T., Keibell M. R., & Shum, D. H. K. (2008). An object cue is more effective than a word in ERP-based detection of deception. *International journal of Psychophysiology*, doi:10.1016/j.ijpsycho. 2008. 08.003
- Duncan-Johnson, C. C. & Donchin, E. (1977). On quantifying surprise: The variation of event-related potentials with subjective probability, *Psychophysiology*, 14, 456-467.
- Duncan-Johnson, C. C. (1981). P300 Latency: a new metric for information processing. *Psychophysiology*, 35, 344-347.
- Efron, B. & Tibshirani, R. (1993). *An Introduction to the Bootstrap*. New York: Chapman and Hall.
- Fabiani, M., Karis, D., & Donchin, E. (1986). P300 and recall in an incidental memory paradigm. *Psychophysiology*, 23, 298-308.
- Farwell, L. A. & Donchin, E. (1991). The truth will out: Interrogative polygraphy ("lie detection") with event-related 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.
- Furedy, J. J. (1996a). Some elementary distinctions among, and comments concerning the 'control' question 'test' (CQT) polygrapher's many problems: A reply to Honts, Kircher, and Raskin. *International Journal of Psychophysiology*, 22, 53-59.
- Furedy, J. J. (1996b). The North American polygraph and psychophysiology: Disinterested, uninterested and interested perspectives. *International Journal of Psychophysiology*, 21, 97-105.
- Gronau, N., Ben-Shakhar, G. & Cohen, A. (2005). Behavioral and Physiological Measures in the Detection of Concealed Information. *Journal of Applied Psychology*, 90, 147-158.
- Grubin, D. & Madsen, L. (2005) Lie detection and the polygraph: A historical review. *The Journal of Forensic Psychiatry & Psychology*, 16, 357-369.
- Honts, C. R., Devitt, M. K., Winbush, M., & Kircher, J. C. (1996). Mental and Physical countermeasures reduce the accuracy of the concealed knowledge test. *Psychophysiology*, 33, 84-92.
- Iacono, W. G. (2008). Accuracy of polygraph techniques: Problems using confessions to determine ground truth. *Physiology & Behavior*, 95, 24-26.
- Johnson, R. (1993). On the neural Generators of the P300 component of the event-related potential. *Psychophysiology*, 30, 90-97.
- Kok, A. (1997). Event-related-potential (ERP) reflections of mental resources: a review and

- synthesis. *Biological Psychology*, 45, 19-56.
- Kramer, A. F., Sirevaag, E. J., & Braune, R. (1987). A psychological assessment of operator workload during simulated flight missions. *Human Factors*, 29, 145-160.
- Lykken, D. T. (1959). The GSR in the detection of guilt. *Journal of Applied Psychology*, 43, 385-388.
- Magliero, A., Bashore, T. R., Coles, M. G. H., & Donchin, E. (1984). On the dependence of P300 latency on stimulus evaluation processes. *Psychophysiology*, 21, 171-186.
- Meijer, E. H., Smulders, F. T. Y., Merckelbach, H. L. G. J., & Wolf, A. G. (2007). The P300 is sensitive to concealed face recognition. *International Journal of Psychology*, 66, 231-237.
- Meijer, E. H., Smulders, F. T. Y., & Merckelbach, H. L. G. J. (2008). Combining P300 and SCR in the detection of concealed information. *International Journal of Psychology*, 69, Symposium Abstract, 150.
- Mertens, R., Allen, J., Culp, N., & Crawford, L., (2003). The detection of deception using event-related potentials in a highly realistic mock crime scenario. *Psychophysiology*, 40, S60 (abstract).
- National Research Council. (2003). *The Polygraph and Lie Detection*. Washington, D. C.: National Academies Press.
- Paller, K. A., McCarthy, G., & Wood, C. C. (1988). ERPs predictive of subsequent recall and recognition performance. *Biological Psychology*, 26, 269-276.
- Polich, J. (1986). P300 Development from Auditory Stimuli. *Psychophysiology*, 23, 590-597.
- Polich, J. (1991). P300 in the evaluation of aging and dementia. In: Brunia, C. H. M., Mulder, G., & Verbaten, M. N. (Eds.), *Event-related Brain Potential Research* (EEG Supplement 42). Amsterdam: Elsevier.
- Ravden, D. & Polich, J. (1999). On P300 measurement stability: habituation, intra-trial block variation, and ultradian rhythms, *Biological Psychology*, 51, 59-76.
- Reid, J. E. & Inbau, F. E. (1977). *Truth and deception, the polygraph technique* (2nd ed.). Baltimore: Williams and Wilkins Co.
- Romero, R. & Polich, J. (1996). P3(00) Habituation from Auditory and Visual Stimuli. *Physiology & Behavior*, 59, 517-522.
- 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.
- Rosenfeld, J. P., Angell, A., Johnson, M., & Qian, J. (1991). An ERP-based, control-question lie detector analog: Algorithms for discriminating effects within individuals' average waveforms. *Psychophysiology*, 38, 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, G., 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., Labkovsky, E., Winogard, M., Lui, M. A., Vandenboom, 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., Shue, E., & Singer, E. (2007) Single versus multiple probe blocks of P300-based concealed information tests for autobiographical versus incidentally learned information. *Biological Psychology*, 74, 396-404
- Saxe, L., Dougherty, D., & Cross, T. (1985). The validity of polygraph testing. *American Psychologist*, 40, 355-366.
- Seymour, T. L., Seifert, C. M., Mosmann, A. M., & Shafto, M. G. (2000). Using Response Time Measures to Assess "Guilty Knowledge". *Journal of Applied Psychology*, 85, 30-37.
- Soskins, M., Rosenfeld, J. P., & Niendam, T. (2001). The case for peak-to-peak measurement of P300 recorded at .3 hz high pass filter settings in detection of deception. *International Journal of Psychophysiology*, 40, 173-180.
- Squires, K. C., Wickens, C., Squires, N. K., & Donchin, E. (1976). The effect of stimulus sequence on the waveforms of the cortical event related potentials. *Science*, 193, 1142-1146.
- Wasserman, S. & Bockenholt, U. (1989). Bootstrapping: applications to psychophysiology. *Psychophysiology*, 26, 208-221.
- 1 차원고접수 : 2008. 10. 31.
수정원고접수 : 2008. 12. 2.
최종게재결정 : 2008. 12. 9.

**Sensitivity of P300-based concealed information test:
A comparison between testing paradigms with
and without a target stimulus**

Jin-Sup Eom

Yu-Hwa Han

Kwang-Bai Park

Jin-Hun Sohn

Department of Psychology
Chungbuk National University

Department of Psychology
Institute for Brain Research
Chungnam National University

In this study, the sensitivity of P300-based concealed information test using the paradigm of three stimuli(targets, probes, and irrelevants), P3S, was estimated with parental names as concealed information and it was compared with the sensitivity of two stimuli(probes and irrelevants) paradigm. Two new procedures were devised to force the subjects to concentrate on the stimuli in the two stimuli paradigm. In the 'paradigm of two stimuli with category judgement (P2S-CJ)', the subjects made a judgement on the category to which the presented stimulus belonged. In the 'paradigm of two stimuli with recognition test (P2S-RT)', on the other hand, the subjects were given a recognition test after the presentation of a stimulus. The highest P300 difference between probes and irrelevants was found when the P3S was used, compared to the differences in P300 when the P2S-CJ or the P2S-RT was used. The sensitivity of the P3S for individual diagnosis was also highest (.875) compared to the sensitivity of the P2S-CJ or the P2S-RT. In contrast to the results from previous studies, the differences in response time between probes and irrelevants were not statistically significant in all three types of paradigm. Failure to find the differences in response time was explained by the nature of the stimuli used in the present study.

Key words : event-related potential, P300, concealed information test, guilty knowledge test, lie detection