

P300 숨긴정보검사와 자극간 제시간격: 500ms와 800ms, 3000ms의 비교*

이 병 하¹⁾ 황 순 택¹⁾ 박 광 배¹⁾ 손 진 훈²⁾ 엄 진 섭^{1)†}

¹⁾충북대학교 심리학과

²⁾충남대학교 심리학과/뇌과학연구소

거짓말 탐지 방법의 한 종류인 P300 숨긴정보검사는 두 가지 단점을 가진다. 한 가지는 전체 검사를 실시하는데 걸리는 시간이 길다는 점이고 다른 한 가지는 대응수단에 취약할 수 있다는 점이다. 본 연구에서는, P300 숨긴정보검사에서 1초 이내의 짧은 자극간 제시간격을 사용하는 것이 두 가지 단점을 극복할 수 있는지를 검증하였다. 실험 1에서는 P300 숨긴정보검사에서 1초 이내의 짧은 자극간 제시간격을 사용하였을 때 검사의 정확도가 유지되는지 확인하였다. 실험결과, 자극간 제시간격이 500ms인 조건에서는 3000ms인 조건보다 관련자극과 무관련자극간의 P300 진폭 차이가 크게 감소한 것으로 나타났다. 자극간 제시간격이 800ms인 조건에서도 3000ms인 조건보다 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭 차이가 감소하기는 하였지만, 효과크기 지수는 두 조건 간에 비슷한 것으로 나타났다. 실험 2에서는 자극간 제시간격이 3000ms인 조건과 500ms, 800ms인 조건에서 대응수단의 효과를 검증하였다. 자극간 제시간격이 3000ms인 조건과 800ms인 조건에서는 대응수단의 효과가 나타나지 않았다. 그러나 자극간 제시간격이 500ms인 조건에서는 유의수준 .10에서 검사의 정확도가 낮아지는 것으로 나타났다. 결과적으로, 자극간 제시간격이 800ms인 조건은 전체 검사시간이 짧으면서 대응수단에 영향을 받지 않을 가능성이 높았으며, 자극간 제시간격이 500ms인 조건은 검사의 정확도가 낮아질 가능성이 높은 것으로 나타났다.

주요어 : P300, 숨긴정보검사, 유죄지식검사, 자극간 제시간격

* 이 논문은 제 1저자의 석사학위 청구논문을 수정, 보완한 것임.

† 교신저자: 엄진섭, 충북대학교 사회과학대학 심리학과, 충북 청주시 흥덕구 내수동로 52

E-mail: jseom2003@hanmail.net

거짓말 탐지 검사는 조사 중인 대상자가 거짓을 말하고 있는지 또는 진실을 말하고 있는지를 판단하기 위한 것으로, 우리나라에서는 경찰이나 검찰, 군수사기관에서 주로 활용하고 있다. 또한 교통사고 등을 당한 후 보상금을 많이 받기 위하여 허위로 기억 손상을 주장하고 있는지를 판단할 때에도 사용할 수 있다. 일반적인 거짓말 탐지 검사는 자율신경계 반응(피부전도반응, 호흡, 혈압 및 맥박 등)을 종속측정치로 이용하며, 두 가지 질문 기법을 널리 사용한다. 질문 기법 중 한 가지는 비교질문검사(comparison question test: CQT)이고 다른 한 가지는 숨진정보검사(concealed information test: CIT)이다. 비교질문 검사는 조사 중인 사안과 직접적으로 관련된 질문(예; 당신이 OO에서 돈을 훔쳤습니까?)에 대한 반응과 조사 중인 사안과 유사하지만 직접적으로 관련되지 않은 질문(예; 2012년 이전에 타인의 돈을 훔친 적이 있습니까?)에 대한 반응을 비교한다. 이 기법은 과학적 근거가 부족하다는 점과 검사절차에 비윤리적인 과정이 포함된다는 등의 비판을 끊임없이 받고 있다(Ben-Shakhar & Furedy, 1990).

반면에 숨진정보검사는 오직 범인과 조사관만이 알고 있는 범죄관련 항목(예; 도난당한 돈의 액수 200만원)을 범죄무관련 항목(예; 100만원, 300만원, 400만원 500만원)과 섞어서 조사대상자에게 하나씩 제시한 후, 범죄관련 항목에 대한 반응과 범죄무관련 항목에 대한 반응을 비교한다. 범죄관련 항목에서 체계적인 반응이 나타난다면, 조사대상자가 범죄와 관련이 있다고 판단한다. 이 기법은 과학적 근거가 명확하다는 장점을 가진다. 그러나 CIT는 오직 범인과 조사관만이 알고 있는 검사항목을 구성하는 것이 쉽지 않다는 단점을 가진다. FBI의 폴리그래프 수사를 정리한 Podlesny(2003)에 따르면 전체 수사의 10.8%만이 CIT에 사용할 검사항목을 만들 수 있었다고 하였다. 자율신경계 반응을 이용한 CIT는 또 다른 단점을 가지는데, 검사결과를 의도적으로 왜곡시키는 대응수단(countermeasure)에

영향을 받기 쉽다는 점이다(Ben-Shakhar & Elaad, 2002).

자율신경계 반응을 이용한 CIT가 대응수단에 취약하다는 단점을 보완하기 위하여 P300 숨진정보검사(P300-based concealed information test)가 개발되었다(Farwell과 Donchin, 1991). P300 숨진정보검사는 종속측정치로 사건관련전위(event-related potential: ERP)의 P300 성분을 이용한다. 숨진정보검사에서의 같이 조사중인 사안과 직접 관련된 항목(이하 ‘관련자극’이라 함)과 직접 관련되지 않은 항목(이하 ‘무관련자극’이라 함)을 섞어서 조사대상자에게 하나씩 제시하면서 뇌파를 측정한다. 범죄와 관련된 사실을 알고 있는 조사대상자에서는 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한 P300 진폭보다 더 크게 나타날 것이다. 반면에 범죄와 관련된 사실을 진실로 모르는 조사대상자에게서는 관련자극과 무관련자극에 대한 P300 진폭이 유사하게 나타날 것이다(Farwell & Donchin, 1991). P300 숨진정보검사에서는 관련자극과 무관련자극에 더하여 목표자극을 추가로 제시한다. 목표자극은 조사대상자가 검사자극에 주의를 집중하도록 하기 위한 것으로, 목표자극이 제시될 때에는 특정 버튼(예, 마우스 왼쪽 버튼)을 누르도록 하며, 나머지 자극(즉, 관련자극과 무관련자극)에는 다른 버튼(예, 마우스 오른쪽 버튼)을 누르도록 지시한다. 목표자극 1개, 관련자극 1개, 무관련자극 4개를 한 셋으로 제시하는 것이 일반적이며, 최소한 각 자극 당 30회 이상 제시하여 뇌파를 얻는다. 자극간 제시간격(inter-stimulus interval: ISI)¹⁾은 약 3초를 사용한다(Abootalebi, Moradi, & Khalilzadeh, 2006; Rosenfeld, Biroshak, & Furedy, 2006).

P300 숨진정보검사가 실용적으로 널리 사용

1) 자극간 제시간격은 먼저 제시된 자극이 종료된 후부터 다음 자극이 출현하기까지의 시간 간격을 말한다. 그러나 본 연구에서는 의사소통의 편리성을 위하여, 먼저 제시된 자극이 출현된 시점부터 다음 자극이 출현하기까지의 시간 간격을 자극간 제시간격으로 정의하였다.

되기 위해서는 적어도 다음의 두 가지 문제가 해결될 필요가 있다. 한 가지는 검사에 소요되는 시간에 관한 것이다. 검사에 소요되는 시간이 길어질수록 ERP가 왜곡될 가능성이 높아진다. ERP는 여러 가지 원인에 의해서 왜곡될 수 있다(Luck, 2005). 그 중 가장 두드러진 것이 눈 깜박임에 의한 왜곡이다. 피검사자는 모니터 중앙에 제시되는 검사자극을 계속해서 응시해야하므로, 눈이 피로해지고 눈 깜박임이 발생하게 된다. 안경을 착용하는 사람들은 그렇지 않은 사람들보다 눈을 더 많이 깜박이는 경향이 있으며, 아동이나 정신적 문제가 있는 사람 등은 눈 깜박임을 스스로 통제하는데 문제가 있다(Luck, 2005). 특히 눈이 쉽게 피로해지는 피검사자의 경우에는 검사 자체가 불가능할 수 있다. 따라서 사건관련전위를 이용하는 연구에서는 눈 깜박임을 효과적으로 통제해야만 한다. 현재 일반적으로 사용되는 P300 숨긴정보검사의 실시시간은 최소 9분에서 길게는 20분 이상 걸리므로, 눈 깜박임에 의하여 뇌파가 상당히 많이 왜곡된다. 검사시간이 짧을수록 ERP는 눈 깜박임으로부터 덜 왜곡되며, 검사를 적용할 수 있는 피검사자의 범위가 넓어질 것이다.

눈 깜박임에 의한 뇌파의 왜곡에 대처하는 한 가지 방법은 눈 깜박임에 의해 오염된 시행을 분석에서 제외하는 것이다. 눈을 깜박였을 때 뇌파의 전압은 50-100 μ V가 되는데, 75 μ V가 넘는 구간은 분석에서 제외시킨다(Luck, 2005). 이 방법의 단점은 비대표적인 뇌파 표본을 뽑게 될 가능성이 있으며, 실험 참가자가 눈 깜박임을 통제하지 못하는 경우에는 충분한 시행의 표본을 얻기가 매우 어려울 수 있다(Gratton, Coles, & Donchin, 1983). 또 다른 방법은 눈 깜박임과 안구운동을 안전도(electrooculogram: EOG)를 통하여 측정된 다음, 이를 이용하여 뇌파를 교정하는 것이다. 회귀분석을 이용하는 방법과 독립성분분석을 이용하는 방법이 주로 사용된다. 회귀분석을 이용하는 방법은, 두피에서 측정된 뇌파를 종속변인으로 안전도를 독립변인으로 한 회귀분

석을 수행한 후, 예측오차를 산출한다. 예측오차는 눈 깜박임에 의한 오염이 교정된 뇌파가 된다(Semlitsch, Anderer, Schuster, & Presslich, 1986). 두 번째는 독립성분분석(independent component analysis)을 이용하는 것이다. 독립성분분석에서는 뇌파를 상호독립적인 여러 성분들로 분해한 후, 눈 깜박임이나 안구운동과 관련된 성분을 제거한다(Jung, 2000). EOG를 이용하여 뇌파를 교정하는 방법도 몇 가지 문제점이 있다. 회귀분석 방식에서는 EOG 자체에도 뇌파가 포함되어 있으므로 사건관련전위를 왜곡시킬 수 있으며, 적절한 교정을 위해서는 눈 주위에 적어도 7개의 전극을 붙여야만 한다(Lins, Picton, Berg, & Scherg, 1993). 독립성분분석에서는 눈 깜박임이 사건관련전위와 독립적이라는 가정을 한다. 그러나 실험참가자들은 자극에 대해 체계적으로 눈 깜박임을 보이는 경우가 많기 때문에, 뇌파와 눈 깜박임은 독립적이지 않게 된다. Luck(2005)은 불가피하지 않다면 눈 깜박임에 오염된 시행을 제거할 것을 권하고 있다.

P300 숨긴정보검사가 실용적으로 사용되기 위해 해결해야 할 두 번째 문제는 대응수단에 관한 것이다. 대응수단은 속이려는 의도를 가진 조사대상자가 고의적으로 자신의 생리적 반응을 바꾸는 것으로, 크게 두 가지가 사용된다(Ben-Shakhar, 2011). 한 가지는 신체적 대응수단이며, 다른 한 가지는 정신적 대응수단이다. 신체적 대응수단으로 무관련자극이 제시될 때 발가락에 힘을 주는 것과 같은 반응을 하는 것이다. 정신적 대응수단은 무관련자극이 제시될 때 정서적으로 각성이 되는 사건을 상상하거나, 마음속으로 양을 세는 등의 다른 과제를 수행하여 검사 질문으로부터 정신적 해리를 유도하는 것이다. Sasaki와 Hira, Matsuda(2001)은 자기참조적 기억에 대한 P300 숨긴정보검사를 수행하면서, 정신적 대응수단의 효과를 검증하였다. 대응수단은 검사를 받는 동안 큰 수에서 7을 빼는 암산을 수행하는 것이었다. 검사항목들에 대한 P300 진폭이 감소하는 경향이 있었지만, 관련자극에 대한

P300이 무관련자극에 대한 P300보다 컸다. 대응수단을 사용하지 않은 경우에 정확탐지율은 94%였으며, 대응수단을 사용한 경우에 정확탐지율은 84%로 약간 감소하였으나 통계적으로 유의하지는 않았다.

Rosenfeld와 Soskins, Bosh, Ryan(2004)은 P300 숨긴정보검사에서 신체적 대응수단과 정신적 대응수단이 효과적이었음을 보고하였다. 실험 1에서는 실험참가자들이 컴퓨터를 이용한 모의범죄를 수행한 후 숨긴정보검사를 받았으며, 실험 2에서는 자기참조적인 정보에 대한 숨긴정보검사를 받았다. Rosenfeld등(2004)이 사용한 대응수단은 모든 무관련자극 각각에 과제를 부여하는 것이었다. 과제가 주어진 자극 즉, 의미가 부여된 자극은 그렇지 않은 자극보다 P300이 크게 산출된다. 이러한 대응수단을 사용하면, 관련자극과 무관련자극이 모두 의미가 있으므로, 두가지 유형의 자극에 대한 P300의 진폭은 차이가 없을 것으로 기대할 수 있다. 구체적인 방법은 첫 번째 무관련자극에 대해서는 왼손 검지를 움직이고, 두 번째 무관련자극에 대해서는 왼손 중지를 움직이고, 세 번째 무관련자극에는 왼쪽 엄지발가락을 움직이고, 네 번째로 제시되는 무관련자극에는 아무 반응도 하지 않는 것 등이었다. 이 반응방법을 전체 검사에 걸쳐서 반복적으로 수행하도록 하였다. 실험 1의 결과, 대응수단을 사용하지 않은 경우에 정확판단율은 82%였던 반면 대응수단을 사용한 경우에 정확판단율은 18%로 감소하였으며, 실험 2의 결과는 92%에서 50%로 감소하였다. Mertens과 Allen(2008)도 대응수단이 검사의 정확도를 감소시킨다는 것을 다시 보여주었다.

Rosenfeld 등(2008)은 복합시행절차(complex trial protocol)라는 새로운 P300 숨긴정보검사 절차를 개발하였으며, 이 방법이 대응수단에 영향을 받지 않음을 보여주었다. 복합시행절차는 각 시행에 자극이 두 번 제시된다. 첫 번째 제시되는 자극은 관련자극이거나 무관련자극으로 숨긴정보를 탐지하기 위한 것이며, 자극이 제시되면

자극을 보았다는 의미로 반응버튼을 누르게 한다. 첫 번째 자극이 사라진지 1.1~1.5초 후에 두 번째 자극이 제시되며, 이 자극의 색깔에 따라서 다른 반응버튼을 누르게 한다. 두 번째 자극은 피검사자가 실험 자극에 주의 집중하도록 하기 위한 것이다. 자기참조적인 정보에 대해서 P300 숨긴정보검사를 실시하였으며, Rosenfeld 등(2004)과 동일한 방식의 대응수단을 사용하도록 지시하였다. 그 결과, 대응수단을 사용하지 않을 경우에는 정확판단율이 92%였으며 대응수단을 사용한 경우에도 정확판단율은 83%로 높았다. 복합시행절차는 모의범죄를 사용한 연구에서도 대응수단에 저항력을 가지는 것으로 나타났다(Winograd & Rosenfeld, 2011). 실험결과, 대응수단을 사용하지 않는 경우에 정확판단율은 83%였으며 대응수단을 사용한 경우에 정확판단율은 100%였다. 특히, 복합시행절차에서 대응수단을 사용할 경우에는 자극이 제시된 지 약 900ms 후에 관련자극에서 큰 정적 전위(즉, P900)가 나타나는 것으로 보고하고 있다. P900은 특히 Fz와 Cz에서 뚜렷하게 나타났으며(Rosenfeld & Labkovsky, 2010), 4개의 무관련자극 중 두 개나 세 개의 무관련자극에 정신적 대응수단을 사용할 경우에 가장 크게 나타났다(Labkovsky & Rosenfeld, 2012). P900을 이용하여 정신적 대응수단의 사용여부를 파악할 수 있으며, 정확판단율을 높일 수 있을 것이다. 그러나 복합시행절차는 한 시행에 자극을 두 번 제시하므로, 전체 검사시간이 한 배 반 이상 늘어난다는 단점을 가진다. 검사시간이 길어지면, 눈의 피로에 의하여 눈 깜박임이 증가하게 된다. 눈 깜박임에 오염되지 않은 충분한 수의 시행을 얻기 위해서는 또 다시 전체 검사시간이 길어지게 된다.

눈 깜박임을 효과적으로 통제하는 방법은 전체 검사시간을 짧게 하는 것이다(Luck, 2005). 전체 검사시간은 자극의 제시횟수와 자극간 제시 간격에 의해 결정된다. P300 숨긴정보검사에서 ERP를 산출하기 위해서는 자극종류별로 약 30개의 오염되지 않은 뇌파가 필요하므로, 검사시

간을 짧게 할 수 있는 유일한 방법은 자극간 제시간격을 짧게 하는 것이다. 그러나 아직까지 자극간 제시간격을 2초 이내로 사용한 연구는 찾아볼 수 없다. 자극간 제시간격이 짧을 경우 얻을 수 있는 또 다른 이점이 있다. Ben-Shakar와 Elaad (2002)가 예측한 바와 같이 자극간 제시간격이 1초 이내라면, 대응수단을 사용할 시간적 여유가 없을 것이다.

일반적으로 자극간 제시간격이 짧을수록 P300 진폭이 감소한다(Allison & Pineda, 2006; Farwell & Donchin, 1988; Gonsalvez, & Polich, 2002; Polich & Bondurant, 1997; Struber & Polich, 2002). 자극간 제시간격으로 1초, 2초, 4초를 사용한 Gonsalvez와 Polich(2002)의 연구와 2초와 6초를 사용한 Polich와 Bondurant(1997)의 연구에서, 자극간 제시간격이 짧을수록 P300 진폭이 감소함을 보였다. 그러나 이 연구들에서 산출된 목표자극에 대한 P300의 진폭은 자극간 제시간격에 관계없이 $10\mu V$ 이상의 높은 값을 보이고 있으며, 모든 조건에서 목표자극과 비목표자극 간의 P300은 뚜렷한 차이를 보이고 있다. 자극간 제시간격이 1초 이내일 때에도 P300 진폭은 자극간 제시간격에 영향을 받는다. 자극간 제시간격으로 125ms, 250ms, 500ms를 사용한 Allison과 Pineda(2006)의 연구와 125ms와 500ms를 사용한 Farwell과 Donchin(1988)의 연구 모두, 자극간 제시간격이 길 때, 즉 500ms일 때 P300진폭이 가장 크게 나타났다.

자극간 제시간격을 1초 이내로 사용한 연구들은 모두 P300 인간-컴퓨터 인터페이스(P300-based human-computer interface: P300 BCI)에 관한 것이다(Allison & Pineda, 2006; Farwell & Donchin, 1988; Guger et al, 2009). P300 BCI는 오로지 뇌파만을 이용하여 컴퓨터로 타이핑을 하거나, 로봇을 움직이게 하는 것과 관련된 것이다. Farwell과 Donchin(1988)은 뇌파를 이용한 타이핑 연구를 실시하였다. 이들은 알파벳과 숫자로 이루어진 6×6 행렬에서, 행 또는 열이 무작위적으로 125ms에 한 번씩 밝아지도록 하였다. 실험참가

자가 할 일은 타이핑을 하기 원하는 문자가 밝아질 때마다 숫자를 세는 것이다. 6×6 행렬의 6개 행과 6개 열이 무선적으로 한 번씩 밝아지는 것을 1블록으로 하여, 눈감박임이 없는 15블록을 분석한 결과, 주의를 준 문자와 주의를 주지 않은 문자 간에 신뢰로운 P300 진폭의 차이가 나타났으며, 뇌파만을 이용하여 실험참가자가 주의를 준 문자와 주의를 주지 않은 문자를 구별해낼 수 있었다. 이 결과들은 P300 숨진정보 검사에서 자극간 제시간격을 1초 이내로 하였을 경우, P300 진폭은 감소할 것이지만, 자극들 간의 구별은 여전히 가능할 것이라는 점을 보여준다.

본 연구의 목적은 P300 숨진정보검사에서 자극간 제시간격을 1초 이내로 짧게 했을 때, 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한 P300 진폭보다 크게 산출되는지, 그리고 대응수단에 저항력을 가지는지 검증하는 것이었다. 실험 1에서는, 먼저 P300 숨진정보검사서 자극간 제시간격을 3초로 설정한 경우와 자극간 제시간격을 500ms 또는 800ms로 설정한 경우의 P300 진폭을 비교하였다. 실험 2에서는 자극간 제시간격이 짧을 때, 대응수단의 사용이 검사의 정확도를 감소시키지 않는다는 것을 검증하였다.

실 험 1

P300 숨진정보검사서, 자극간 제시간격이 500ms 또는 800ms인 조건에서 산출된 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭 차이와 자극간 제시간격이 3000ms인 조건에서 산출된 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭 차이를 비교하였다. 선행연구들에 따르면, 자극간 제시간격이 500ms 또는 800ms인 조건의 P300 진폭 차이가 자극간 제시간격이 3000ms인 조건의 P300진폭 차이보다 작을 것이다. 그러나 자극간 제시간격이 500ms 또는 800ms 조건에서도 관련자극의

P300 진폭이 무관련자극의 P300 진폭보다 체계적으로 더 클 것이므로, 자극 종류의 효과크기는 자극간 제시간격이 3000ms인 조건의 효과크기와 다르지 않을 것으로 예상된다.

방 법

실험참가자

대학생 26명이 실험에 자원하여 참가하였다. 평균 연령은 23.9세(범위 20~28세)였으며, 남자는 14명이었다. 13명은 500/3000 집단에 할당하였으며, 자극간 제시간격 500ms와 3000ms 조건에서 실험하였다. 나머지 13명은 800/3000 집단에 할당하였으며, 자극간 제시간격이 800ms와 3000ms 조건에서 실험하였다.

실험자극

P300 숨긴정보검사에 관한 연구는 주로 모의 범죄를 이용하거나(Abootalebi et al., 2006; Mertens, R. & Allen, 2008), 카드테스트를 이용하거나(Kubo & Nittono, 2009), 자신의 이름과 같은 자기참조적 정보를 이용한다(Rosenfeld et al., 2008; Verschuere, Rosenfeld, Winograd, Labkovsky, & Wiersema, 2009). 본 연구에서는 개인적 의미가 큰 자기참조적 정보를 이용한 P300 숨긴정보검사를 실시하였다. 구체적으로는 실험참가자의 이름을 관련자극으로 사용하였으며, 실험참가자에게 특별한 의미를 가지지 않는 이름 4개를 무관련자극으로, 또 다른 이름 하나를 목표자극으로 사용하였다. 6개 이름자극의 성은 동일하게 하였다.

실험절차

실험참가자에게 미리 준비한 무관련자극 이름 4개를 실험참가자에게 보여주어 특별한 의미

를 가진 이름이 있는지 물어본 후, 특별한 의미를 가진 이름이 있다면 다른 이름으로 바꾸었다. 두피에 뇌파측정을 위한 전극을 붙인 후, 아래와 같은 지시문을 읽어주었고, 곧이어 P300 숨긴정보검사를 실시하였다.

이 실험은 실험참가자가 교통사고 후에 피해 보상금을 많이 받기 위하여, 허위로 기억상실을 주장하는 상황을 가정합니다. 실험참가자께서는 본인의 이름조차 기억나지 않는다고 주장해야 합니다. 자신의 이름이 모니터에 제시되었을 때, 자신의 이름이 아닌 것처럼 생각하고 행동해야 합니다.

우리는 ○○○씨가 본인의 이름을 보았을 때, 뇌의 반응을 관찰하여 자신의 이름을 알아보는지 그렇지 않은지를 판단할 것입니다.

거짓말 탐지에서 거짓을 말하지 않은 것으로 나타나면, 금전적 보상을 할 것입니다.

실험이 시작되면, 화면에 여러 개의 이름이 0.5(또는 0.8초, 3초)초마다 하나씩 제시됩니다. 이름은 0.3초 제시되고, 0.2(또는 0.5초, 2.7초)초는 공백이 제시됩니다. ○○○씨가 해야 할 일은 □□□가 제시되면 오른쪽 버튼을 가능한 빠르고 정확하게 누르는 것입니다.

P300 숨긴정보검사에서 목표자극 1개, 관련자극 1개, 무관련자극 4개를 섞어서 무선적으로 하나씩 제시하였으며, 6개의 자극을 제시하는 것을 1회기로 하여 총 40회기를 제시하였다. 그림 1에 자극제시절차가 제시되어 있다. 선행연구들에 따라서, 자극은 300msec 동안만 제시되었으며 나머지는 공백을 제시하였다. 검사는 2회에 걸쳐서 실시하였다. 한번은 자극간 제시간격을 3초로 한 검사이며, 나머지 한번은 자극간 제시간격을 500msec 또는 800msec로 한 검사였다. 검사자극은 실험참가자로부터 1m 앞에 놓여 있는 LCD모니터에 흰색바탕에 검은색 글씨로 제시하였으며, 수평시각도는 2.36° 였고, 수직시각도는

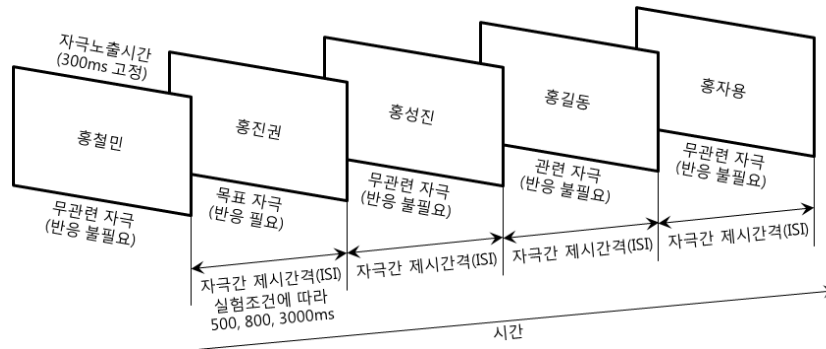


그림 1. 자극제시절차

0.72° 였다. 실험참가자는 목표자극이 나올 때마다 마우스 왼쪽 버튼을 오른손 검지손가락으로 누르도록 지시하였다. 자극간 제시간격이 3초인 검사와 1초 이내인 검사를 실시하는 순서는 실험참가자별로 역균형화하였다. 두 번의 검사는 5회기의 예비시행 후에 본 실험을 실시하였다.

뇌파측정

국제 10-20 체계에 따라 Fz, Cz, Pz에 전극을 부착하며, 양쪽 귓볼에 기준전극을, 이마에 접지전극을 부착하였다. 왼쪽 눈의 위와 아래에 그리고 양쪽 눈의 옆에 전극을 부착하여 안전도를 측정하였다. 자극제시는 SuperLab v4.5(Cedrus Corporation, San Fedro, CA, USA)를 이용하였으며, 뇌파의 증폭 및 여파는 Grass Model 12 Neurodata Acquisition System(Grass Instruments, Quincy, MA, USA), 뇌파의 기록은 AcqKnowledge v4.1(Biopac Systems Inc., Santa Barbara, CA, USA)을 이용하였다. 뇌파는 .3~30Hz 대역여과한 후 20000배 증폭하였으며, 안전도는 .3~30Hz 대역여과한 후 5000배 증폭하였다. 뇌파를 자극제시전 100ms를 포함하여 총 1100ms 구간으로 나누어 분석하였으며, 자극을 제시한 후 1000ms 동안 EOG의 측정치가 75µV를 넘는 시행은 분석에서 제외하였다. 목표자극과 관련자극, 무관련자극 각각에 대하여 자극제시 시점을 기준으로 각 시행의 뇌파

들을 평균하여 ERP를 산출하였다.

자료분석

거짓말 탐지연구에서는 주로 Pz에서 측정된 뇌파만을 이용하므로, 본 연구에서도 Pz에서 측정된 뇌파만을 이용하여 관련자극과 무관련자극에 대한 P300 진폭을 계산하였다. P300 진폭의 계산은 숨긴정보검사에서 효과적으로 알려진 정점-정점 방법을 이용하였다(Soskins, Rosenfeld, & Niendam, 2001). 정점-정점 P300 진폭은 P300의 전위와 P300 이후에 나타나는 가장 부적인 전위간의 차이 값이다. P300의 전위는 자극 제시 후 300ms에서 700ms 사이에 100ms 구간의 평균값이 가장 큰 값을 사용하였으며, P300 이후 가장 부적인 전위는 P300이 나타난 이후에 100ms 구간의 평균값이 가장 작은 값을 사용하였다. 반응시간은 자극이 제시된 후부터 반응버튼이 눌러지기까지의 시간으로 정의하였다.

수사현장에서는 거짓말 탐지 검사 후에 피검사자가 거짓말을 하였는지를 판단하므로, 실험 상황에서도 개인별로 거짓말여부를 판단하는 것이 중요하다. P300 숨긴정보검사에서 부트스트랩 방법을 사용하여 거짓말 여부를 판단한다(Farwell & Donchin, 1991; Rosenfeld et al., 2006). 본 연구에서도 개인별로 관련자극에 대한 P300 크기가 무관련자극에 대한 P300 크기보다 통계

적으로 유의하게 더 큰지를 검증하기 위하여 부트스트랩 P300 크기차이분석을 실시하였다 (Cutmore, Djakovic, Keibell, & Shum, 2009). 표본 뇌파로부터 1000개의 부트스트랩 표본을 추출하여, 1000번 중에 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한 P300 진폭보다 큰 경우가 몇 번인지를 확인하여, 90번 이상이면 거짓말을 한 것으로 판단하였다. 90%신뢰수준은 P300 CIT에서 일반적으로 사용하는 기준이다(Rosenfeld et al., 2006). 본 연구는 허위기억상실을 주장하는 조건만을 포함하고 있으므로, 전체 실험참가자들 중 거짓으로 판정된 사람들의 비율로 정확판단율을 정의하였다.

결 과

행동반응

반응오류율

실험참가자들이 검사자극에 주의를 집중하였는지 평가하기 위하여 반응오류율을 산출하였다. 두 실험집단에서 모두 반응오류율은 실험조건과 자극종류에 따라 3% 이내로 나타났다.

반응시간

500/3000 집단에서, 자극간 제시간격 500ms 조건의 평균반응시간은 441($SD=33$)ms로 3000ms 조건의 평균반응시간 602($SD=113$)ms보다 통계적으로 유의하게 더 짧았다, $t(12)=5.521, p<.001, d=1.53$. 800/3000 집단에서도, 자극간 제시간격 800($SD=31$)ms 조건의 평균반응시간은 462($SD=107$)ms로 3000ms 조건의 평균반응시간 582($SD=107$)ms보다 통계적으로 유의하게 더 짧았다, $t(12)=5.254, p<.001, d=1.46$.

분석에서 제거된 시행 수

눈 깜박임으로 인하여 분석에서 제외된 시행수를 실험조건에 따라 산출하였다. 500/3000 집

단에서, 자극간 제시간격 500ms 조건의 제거된 시행수 평균은 47.69($SD=31.95$)로 3000ms 조건의 제거된 시행수 평균 56.00($SD=42.92$)와 유의하게 다르지 않았다, $t(12)=0.615, p>.5, d=0.17$. 800/3000 집단에서도, 자극간 제시간격 800ms 조건의 제거된 시행수 평균은 99.75($SD=21.98$)로 3000ms 조건의 제거된 시행수 평균 98.46($SD=44.82$)와 유의하게 다르지 않았다, $t(12)=0.068, p>.5, d=0.02$.

P300 분석결과

실험조건별 ERP가 그림 2에 제시되어 있으며, P300 진폭의 평균이 표 1에 제시되어 있다. 모든 실험조건에서 관련자극의 P300 진폭이 무관련자극의 P300 진폭보다 더 크게 나타났다. 500/3000 집단에서, 자극간 제시간격(500ms, 3000ms)과 자극종류(관련자극, 무관련자극)에 따라서 P300 진폭에 차이가 있는지 검증하기 위하여 이원 반복측정변량분석을 실시하였다. 분석결과, 자극간 제시간격의 주효과가 통계적으로 유의하였으며, $F(1, 12)=40.943, p<.001, \Delta\eta^2=.77$, 자극종류의 주효과가 통계적으로 유의하였다, $F(1, 12)=62.470, p<.001, \Delta\eta^2=.84$. 자극간 제시간격이 3000ms일 때가 500ms일 때보다 P300 진폭이 더 컸으며, 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한 P300 진폭보다 더 컸다. 자극간 제시간격과 자극종류의 상호작용효과가 통계적으로 유의하였다, $F(1, 12)=18.491, p<.001, \Delta\eta^2=.61$. 상호작용의 양상을 파악하기 위하여 자극간 제시간격별로 자극종류에 따른 P300 진폭의 차이검증을 수행하였다. 자극간 제시간격이 500ms 일 때 관련자극의 P300 진폭 평균은 6.27 μV 로 무관련자극의 P300 진폭평균인 3.11 μV 보다 더 큰 것으로 나타났다, $F(1, 12)=14.512, p<.01, \Delta\eta^2=.55$. 자극간 제시간격이 3000ms 일 때에도 관련자극의 P300 진폭 평균은 14.45 μV 로 무관련자극의 P300 진폭평균인 6.64 μV 보다 더 큰 것으로 나타났다, $F(1, 12)=70.980, p<.001,$

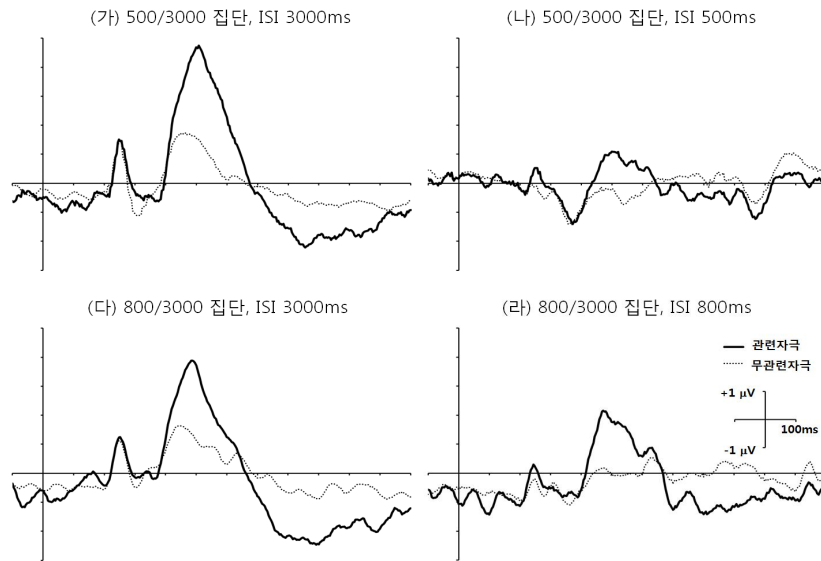


그림 2. 실험 1의 집단별 자극간 제시간격별 ERP

표 1. 관련자극과 무관련자극에 대한 P300 진폭(μV)의 평균

		관련자극	무관련자극
500/3000 집단	ISI 500ms	6.27 (1.90)	3.11 (1.89)
	ISI 3000ms	14.45 (4.26)	6.64 (2.57)
800/3000 집단	ISI 800ms	9.49 (2.69)	3.95 (1.45)
	ISI 3000ms	15.65 (4.98)	6.87 (1.57)

주: 괄호 안은 표준편차임.

$\Delta\eta^2 = .86$. 이러한 결과는 자극간 제시간격이 500ms인 조건과 3000ms인 조건 모두에서 P300 숨긴정보검사가 거짓말을 탐지할 수 있다는 것을 의미한다.

800/3000 집단에서도 이원 반복측정변량분석을 실시하였다. 자극간 제시간격의 주효과가 통계적으로 유의하였으며, $F(1, 12)=42.991, p<.001, \Delta\eta^2 = .78$, 자극종류의 주효과가 통계적으로 유의하였다, $F(1, 12)=49.757, p<.001, \Delta\eta^2 = .81$. 자극간 제시간격이 3000ms일 때가 800ms일 때보다 P300 진폭이 더 컸으며, 관련자극에 대한 P300

진폭이 무관련자극에 대한 P300 진폭보다 더 컸다. 자극간 제시간격과 자극종류의 상호작용효과가 통계적으로 유의하였다, $F(1, 12)=8.273, p<.05, \Delta\eta^2 = .41$. 상호작용의 양상을 파악하기 위하여 자극간 제시간격별로 자극종류에 따른 P300 진폭의 차이검증을 수행하였다. 자극간 제시간격이 800ms 일 때 관련자극의 P300 진폭 평균은 $9.49\mu V$ 로 무관련자극의 P300 진폭평균인 $3.95\mu V$ 보다 더 큰 것으로 나타났다, $F(1, 12)=37.228, p<.001, \Delta\eta^2 = .76$. 자극간 제시간격이 3000ms 일 때에도 관련자극의 P300 진폭 평균은 $15.65\mu V$ 로 무관련자극의 P300 진폭평균인 $6.87\mu V$ 보다 더 큰 것으로 나타났다, $F(1, 12)=41.217, p<.001, \Delta\eta^2 = .78$. 이러한 결과는 자극간 제시간격이 800ms인 조건과 3000ms인 조건 모두에서 P300 숨긴정보검사가 거짓말을 탐지할 수 있다는 것을 의미한다.

개인별 판단결과

부트스트랩 표집분포를 이용하여 개인별로

거짓말 여부를 판단하였다. 500/3000 집단에서, 자극간 제시간격이 500ms인 조건에서 13명 중 10명(76.9%)이 거짓말 한 것으로 판단되었으며, 자극간 제시간격이 3000ms인 조건에서 13명 중 12명(92.3%)이 거짓말 한 것으로 판단되었다. 두 조건의 정확판단율은 통계적으로 유의한 차이가 없었다, McNemar test, $p > .5$. 800/3000 집단에서, 자극간 제시간격이 800ms인 조건에서 13명 중 11명(84.6%)이 거짓말 한 것으로 판단되었으며, 자극간 제시간격이 3000ms인 조건에서 13명 중 13명(100.0%)이 거짓말 한 것으로 판단되었다. 두 조건의 정확판단율은 통계적으로 유의한 차이가 없었다, McNemar test, $p > .5$.

논 의

실험 1에서는 자극간 제시간격이 1초 미만일 때 P300 숨긴정보검사의 결과를 확인하였다. 모든 실험조건에서 반응오류율은 3% 이하로, 실험 참가자들이 검사 자극에 주의를 기울인 것으로 평가하였다. 자극간 제시간격이 3000ms인 조건보다 500ms인 조건에서 반응시간이 통계적으로 유의하게 빨랐으며, 3000ms인 조건보다 800ms인 조건에서도 반응시간이 통계적으로 유의하게 더 빨랐다. 자극간 제시간격이 짧을수록 반응시간이 빨라지는 것은 선행연구들에서 공통적으로 발견되는 현상으로(Gonsalvez & Polich, 2002; Struber & Polich, 2002), 본 실험의 신뢰성을 확인시켜주는 결과로 해석할 수 있다.

눈 깜박임으로 인하여 제거된 시행수가 자극간 제시간격이 500ms(또는 800ms)인 조건과 3000ms인 조건간에 유의하게 다르지 않았다. 500ms 조건의 실험시간은 2분이었으며, 800ms 조건의 실험시간은 3분 12초, 3000ms조건의 실험시간은 12분이었다. 두 조건 간에 제거된 시행수는 다르지 않으면서 전체 실험시간은 다르기 때문에, 자극간 제시간격이 500ms 또는 800ms인 조건의 효율성이 더 높은 것으로 평가

된다. 자극간 제시간격이 3000ms인 조건의 실험시간이 500ms 또는 800ms 조건보다 훨씬 길었음에도 불구하고 제거된 시행수에서 차이가 없었던 이유는, 자극간 제시간격이 3000ms인 조건에서는 한 번의 눈 깜박임이 한 시행 내에서 발생하지만, 자극간 제시간격이 짧은 경우에는 한 번의 눈 깜박임이 여러 시행에 걸쳐서 발생하기 때문이다.

자극간 제시간격이 1초 미만인 조건의 P300 진폭이 자극간 제시간격이 3000ms인 조건의 P300 진폭보다 작았으며, 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한 P300 진폭보다 더 컸다. 자극간 제시간격이 짧을수록 P300 진폭이 작아지는 것은 일반적인 현상이다(Allison & Pineda, 2006; Farwell & Donchin, 1998; Gonsalvez & Polich, 2002; Struber & Polich, 2002). 500/3000 집단에서 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭차이는 자극간 제시간격이 3000ms인 조건에 비해서 500ms인 조건에서 더 작은 것으로 나타났으며, 효과크기도 500ms인 조건($\Delta r^2 = .55$)이 3000ms 조건($\Delta r^2 = .86$)보다 더 작은 경향이 있었다. 800/3000 집단에서도 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭차이는 자극간 제시간격이 3000ms인 조건에 비해서 800ms인 조건에서 더 작은 것으로 나타났지만, 800ms인 조건의 효과크기($\Delta r^2 = .76$)와 3000ms인 조건의 효과크기($\Delta r^2 = .78$)가 비슷하였다.

부트스트랩 표집분포를 이용하여 개인별로 거짓말 여부를 판단한 결과, 500/3000 집단과 800/3000 집단 모두에서 자극간 제시간격이 3000ms인 조건 비해서 자극간 제시간격이 500ms인 조건에서는 두 명을 더 오분류하였지만, 이러한 차이가 통계적으로 유의하지는 않았다.

종합하여 보면, 자극간 제시간격이 500ms인 조건은 자극간 제시간격이 3000ms인 조건보다 P300 숨긴정보검사의 정확도가 낮을 가능성이 있는 것으로 평가되며, 자극간 제시간격이 800ms인 조건은 자극간 제시간격이 3000ms인 조건과 P300 숨긴정보검사의 정확도에 큰 차이가

없는 것으로 평가되었다.

실 험 2

실험 2의 목적은 P300 숨긴정보검사에서 자극간 제시간격이 1초 미만일 때, 대응수단의 사용이 검사의 결과에 영향을 미치는지 확인하는 것이었다. 이것을 위해서는, 본 연구에서 사용한 대응수단이 일반적인 조건, 즉 자극간 제시간격이 3000ms인 조건에서 효과적이라는 것을 먼저 증명하여야 한다. 그런 다음, 자극간 제시간격이 500ms 또는 800ms인 조건에서 대응수단의 사용이 P300 숨긴정보검사의 정확도에 영향을 미치는지 살펴보아야 한다. 따라서 실험 2는 두 단계에 걸쳐서 진행하였다. 첫 번째 단계에서는 자극간 제시간격이 3000ms일 때, Rosenfeld 등(2004)이 사용한 대응수단이 P300 숨긴정보검사의 효율성을 감소시키는지 확인하였다. 대응수단이 효과적이라면, 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭 차이가 대응수단을 사용하지 않은 실험 1에서 산출된 P300 진폭차이보다 작을 것이다. 두 번째 단계에서는 자극간 제시간격이 500ms 또는 800ms 일 때, 대응수단이 검사의 효율성에 영향을 미치는지 평가하였다. 자극간 제시간격을 1초 미만으로 짧게 설정한다면 대응수단을 사용할 시간이 충분하지 않을 것이며, 대응수단의 효과가 작을 것이다. 결과적으로 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭차이가 실험 1에서 산출된 P300 진폭차이와 다르지 않을 것이다.

방 법

실험참가자

실험 2는 대응수단을 사용하는 것이 검사의 정확판단율을 감소시키는지 판단하는 것이므로,

실험 1에서 자극간 제시간격이 500ms 또는 800ms인 검사에서 자신의 이름을 알고 있는 것으로 정확하게 판단 된 21명의 실험참가자들이 실험 2에 참가하였다. 평균연령은 23.9세(범위 20~28세)였으며, 남자가 13명이었다. 500/3000 집단에 속한 실험참가자가 10명이었으며, 800/3000 집단에 속한 실험참가자가 11명이었다.

실험자극

실험 1과 동일하였다.

실험절차

실험 1을 실시한 지 1 주일 후에 실험 2를 실시하였다. 대응수단을 사용한다는 집단을 제외하고는 실험 1과 동일한 절차를 사용하였다. 실험참가자에게 다음과 같이 P300 숨긴정보검사의 원리와 대응수단의 사용방법을 지시하였다.

뇌파를 이용한 거짓말 탐지의 기본원리는, 의미가 있는 자극을 보았을 때와 의미가 없는 자극을 보았을 때 뇌파가 다르게 나온다는 점을 이용한 것입니다. 실험참가자 자신의 이름은 의미가 있기 때문에, 모르는 사람의 이름을 보았을 때와 뇌파가 다르게 산출됩니다. 이러한 거짓말 탐지 기법을 역으로 속이는 한 가지 방법이 있습니다. 실험참가자에게 의미가 없는 네 개의 이름자극을 의미가 있는 자극으로 바꾸면, 실험참가자 이름을 포함하여 모든 자극이 의미가 있기 때문에, 실험참가자 이름에 대한 뇌파와 모르는 사람의 이름에 대한 뇌파가 비슷하게 나오고, 결과적으로 실험참가자가 자신의 이름을 기억하는지? 정말로 기억상실이 되었는지 구별을 하지 못하게 됩니다.(실험참가자가 이해할 때까지 설명을 반복함)

모르는 사람의 이름에 의미를 부여하는 방법은 다음과 같습니다.

마우스 버튼을 눌러야 하는 □□□와 실험참가자 본인의 이름 ○○○을 제외한 나머지 네 개의 이름에 대해서, 다음과 같은 반응을 하시기 바랍니다.

△△△ 이 제시되면, 왼손 검지손가락을 눌러주세요.

▽▽▽ 이 제시되면, 오른쪽 엄지발가락을 구부려주세요.

▷▷▷ 이 제시되면, 실험자에게 ‘찰싹’ 뺨을 맞는 상상을 해주세요.

◁◁◁ 이 제시되었을 때에는 아무런 반응도 하지마세요.

위의 이름이 제시되면 곧바로 각 자극에 해당하는 반응을 수행하기 바랍니다.

대응수단의 사용법에 대해 10분간의 예비시행을 거친 후, 본 검사를 실시하였다. 실험 2는 자극간 제시간격이 3000ms 일 때 대응수단의 효과를 검증하고, 이어서 자극간 제시간격이 500ms 또는 800ms 일 때 대응수단의 효과를 검증하고자 하였으므로, 모든 실험참가자들이 자극간 제시간격이 3000ms 조건에서 먼저 실험을 하였으

며, 500ms 또는 800ms 조건에서 두 번째 실험을 실시하였다. 각 실험이 끝난 후, 대응수단을 실제로 사용하였는지의 여부를 질문하였다.

뇌파측정

실험 1과 동일하였다.

자료분석

P300 진폭의 계산과 반응시간의 계산, 개인별 판단 방법은 실험 1과 동일하였다. 반복측정변량분석에서 분자의 자유도가 3 이상인 경우에는 Greenhouse-Geisser ϵ 을 이용하여 교정한 확률을 보고하였다.

결 과

행동반응

반응오류율

실험 2에 참가한 21명에 대한 실험 1과 실험 2의 반응오류율을 표 2에 제시하였다. 500/3000

표 2. 실험 1과 실험 2의 반응오류율(%) 평균

		실험 1 (대응수단 사용안함)		실험 2 (대응수단 사용함)	
		ISI 500ms/ ISI 800ms	ISI 3000ms	ISI 500ms/ ISI 800ms	ISI 3000ms
500/3000ms 집단	탈루	1.50(2.42)	0.75(1.69)	7.75(8.45)	1.00(1.29)
	관련자극 오경보	2.75(2.75)	2.50(2.04)	4.00(1.75)	0.25(0.79)
	무관련자극 오경보	0.31(0.44)	0.19(0.42)	0.31(0.53)	0.44(0.51)
800/3000ms 집단	탈루	0.68(1.17)	0.23(0.75)	1.14(2.05)	2.27(6.07)
	관련자극 오경보	0.45(1.01)	1.14(1.72)	1.82(2.76)	0.00(0.00)
	무관련자극 오경보	0.00(0.00)	0.57(0.19)	0.45(0.57)	0.34(0.58)

주: 괄호 안은 표준편차임.

집단에서, 실험(1, 2)과 자극간 제시간격(500 또는 800, 3000)과 오류유형(탈루, 관련자극 오경보, 무관련자극 오경보)을 독립변인으로 한 삼원 변량분석을 실시하였다. 실험과 자극간 제시간격의 상호작용효과가 통계적으로 유의하였다, $F(1, 9)=12.10, p<.01, \Delta\eta^2=.57$. 실험별로 자극간 제시간격의 효과를 분석한 결과, 실험 1에서는 자극간 제시간격의 효과가 통계적으로 유의하지 않았던 반면, $F(1, 9)=0.77, n.s., \Delta\eta^2=.08$, 실험 2에서는 자극간 제시간격의 효과가 통계적으로 유의하였다, $F(1, 10)=9.24, p<.05, \Delta\eta^2=.51$. 즉, 실험 2에서는 자극간 제시간격이 500ms인 조건이 3000ms인 조건보다 오류율이 높았다. 실험과 오류유형의 상호작용효과가 통계적으로 유의하였다, $F(1, 18)=7.62, p<.01, \Delta\eta^2=.46$. 실험별로 오류유형의 효과를 분석하였다. 실험 1에서는 오류유형의 효과가 통계적으로 유의하였으며, $F(2, 18)=6.82, p<.05, \Delta\eta^2=.43$, Bonferroni 교정을 이용한 쌍비교 결과, 관련자극에 대한 오경보율이 무관련자극에 대한 오경보율보다 큰 것으로 나타났다. 실험 2에서도 오류유형의 효과가 통계적으로 유의하였으며, $F(2, 18)=7.96, p<.05, \Delta\eta^2=.47$, 쌍비교 결과, 탈루율과 관련자극에 대한 오경보율이 무관련자극에 대한 오경보율보다 높았다. 자극간 제시간격과 오류유형의 상호작용효과는 통계적으로 유의하지 않았으며, $F(2, 18)=4.46, n.s., \Delta\eta^2=.33$, 삼원상호작용효과도 통계적으로 유의하지 않았으며, $F(2, 18)=4.75, n.s., \Delta\eta^2=.35$. 800/3000 집단에서 삼원변량분석을 실

시한 결과, 어떤 효과도 통계적으로 유의하지 않았다, 모두 $p>.05$.

반응시간

대응수단의 사용은 반응시간을 증가시키는 것으로 알려져 있다(Rosenfeld et al., 2004). 실험 참가자들이 실험 2에서 대응수단을 사용하였다면, 실험 2에서의 반응시간이 실험 1에서의 반응시간보다 길 것이다. 실험 1과 실험 2의 반응시간이 표 3에 제시되어 있다. 500/3000 집단에서, 실험(1, 2)과 자극간 제시간격(500ms, 3000ms)을 독립변인으로 한 이원반복측정변량 분석결과, 실험의 주효과가 통계적으로 유의하였다, $F(1, 9)=77.96, p<.001, \Delta\eta^2=.90$. 대응수단을 사용하도록 지시한 실험 2의 반응시간이 실험 1의 반응시간보다 길었다. 자극간 제시간격의 주효과도 통계적으로 유의하였다, $F(1, 9)=21.22, p<.001, \Delta\eta^2=.70$. 자극간 제시간격이 3000ms인 조건에서 반응시간이 더 길었다. 실험과 자극간 제시간격의 상호작용효과는 통계적으로 유의하지 않았다, $F(1, 9)=.93, n.s., \Delta\eta^2=.09$. 800/3000 집단에서도 반응시간에 대한 이원반복 측정변량분석을 실시하였다. 실험의 주효과가 통계적으로 유의하였다, $F(1, 10)=50.26, p<.001, \Delta\eta^2=.83$. 대응수단을 사용하도록 지시한 실험 2의 반응시간이 실험 1의 반응시간보다 길었다. 자극간 제시간격의 주효과도 통계적으로 유의하였다, $F(1, 10)= 37.08, p<.001, \Delta\eta^2=.79$. 자극간 제시간격이 3000ms인 조건에서 반응시간이 더

표 3. 실험 1과 실험 2의 반응시간(ms) 평균

		실험 1 (대응수단 사용 안함)	실험 2 (대응수단 사용함)
500/3000 집단	ISI 500ms	437(35)	655(89)
	ISI 3000ms	610(119)	788(124)
800/3000 집단	ISI 800ms	462(34)	642(69)
	ISI 3000ms	580(117)	770(128)

주: 괄호 안은 표준편차임.

길었다. 실험과 자극간 제시간격의 상호작용효과는 통계적으로 유의하지 않았다, $F(1, 9)=.14$, n.s., $\Delta\eta^2=.01$.

P300 분석

실험 2에서 산출한 사건관련전위가 그림 3에 제시되어 있다. 자극간 제시간격이 3000ms인 조건에서는 관련자극에 대한 P300진폭이 무관련자극에 대한 것보다 크게 산출된 것을 볼 수 있다. 자극간 제시간격이 800ms인 조건에서는 관련자극에 대한 P300진폭이 무관련자극에 대한 것보다 크게 나타났다. 자극간 제시간격이 500ms인 조건에서는 관련자극과 무관련자극의 P300 진폭이 다르지 않은 것처럼 보이지만, 그림 4에 제시되어 있는 바와 같이 관련자극과 무관련자극간의 P300 진폭은 유의한 차이가 있었다. 이러한 현상은 실험참가자 별로 P300의 잠재시간이 달라서 발생한 것이다.

자극간 제시간격 3000ms 조건

자극간 제시간격이 3000ms 일 때(500/3000 집

단과 800/3000 집단을 모두 합하여) 대응수단의 사용이 P300 진폭에 영향을 미쳤는지 확인하였다. 실험 1에서 산출된 관련자극과 무관련자극에 대한 P300 진폭과 실험 2에서 산출된 관련자극과 무관련자극에 대한 P300 진폭의 평균이 그림 4(가)에 제시되어 있다. 실험(1, 2)과 자극(관련자극, 무관련자극)을 독립변인으로 한 이원 반복측정 변량분석을 실시한 결과, 실험의 주효과는 통계적으로 유의하지 않았고, $F(1, 20)=0.07$, n.s., $\Delta\eta^2=.00$, 자극종류의 주효과는 통계적으로 유의하였다, $F(1, 20)=64.50$, $p<.001$, $\Delta\eta^2=.76$. 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한 P300 진폭보다 더 컸다. 실험과 자극종류의 상호작용효과는 통계적으로 유의하지 않았다, $F(1, 20)=2.95$, n.s., $\Delta\eta^2=.13$. 결과적으로, 자극간 제시간격 3000ms 조건에서 대응수단의 효과가 나타나지 않았다.

자극간 제시간격 500ms 조건

자극간 제시간격이 500ms 일 때 대응수단의 사용이 P300 진폭에 영향을 미쳤는지 확인하였다. 실험 1에서 산출된 관련자극과 무관련자극

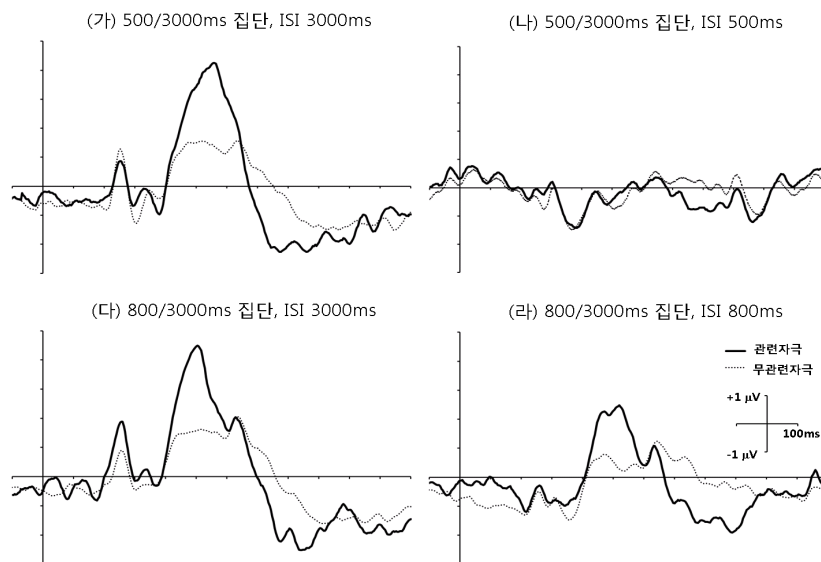


그림 3. 실험 2의 집단별 자극간 제시간격별 ERP

에 대한 P300 진폭과 실험 2에서 산출된 관련자극과 무관련자극에 대한 P300 진폭의 평균이 그림 4(나)에 제시되어 있다. 실험(1, 2)과 자극(관련자극, 무관련자극)을 독립변인으로 한 이원 반복측정 변량분석을 실시한 결과, 실험의 주효과는 통계적으로 유의하지 않았고, $F(1, 9)=1.13$, n.s., $\Delta\eta^2=.11$, 자극종류의 주효과는 통계적으로 유의하였으며, $F(1, 9)=32.55$, $p<.001$, $\Delta\eta^2=.78$, 실험과 자극종류의 상호작용효과는 $\alpha=.10$ 수준에서 통계적으로 유의하였다, $F(1, 9)=3.65$, $p<.10$, $\Delta\eta^2=.29$. 실험 1에서 관련자극과 무관련자극의 평균은 각각 $6.81\mu V$ 와 $2.56\mu V$ 로 $4.25\mu V$ 차이가 있었으며, 실험 2에서는 관련자극과 무관련자극의 평균이 각각 $4.94\mu V$ 와 $2.82\mu V$ 로 $2.12\mu V$ 차이가 있었다. 실험 1과 실험 2의 자극종류 간의 평균 차이는 주로 관련자극에 대한 P300진폭에 기인하는 것으로 보인다.

자극간 제시간격 800ms 조건

자극간 제시간격이 800ms 일 때 대응수단의 사용이 P300 진폭에 영향을 미쳤는지 확인하였다. 실험 1에서 산출된 관련자극과 무관련자극에 대한 P300 진폭과 실험 2에서 산출된 관련자극과 무관련자극에 대한 P300 진폭의 평균이 그림 4(다)에 제시되어 있다. 실험(1, 2)과 자극(관련자극, 무관련자극)을 독립변인으로 한 이원 반복측정 변량분석을 실시한 결과, 실험의 주효과는 통계적으로 유의하지 않았고, $F(1, 10)=0.38$, n.s., $\Delta\eta^2=.08$, 자극종류의 주효과는 통계적으로

유의하였다, $F(1, 10)=41.47$, $p<.001$, $\Delta\eta^2=.81$. 관련자극에 대한 P300 진폭이 무관련자극에 대한 P300 진폭보다 통계적으로 유의하게 더 컸다. 실험과 자극종류의 상호작용효과는 유의하지 않았다, $F(1, 10)=1.12$, n.s., $\Delta\eta^2=.10$. 실험 1에서 관련자극과 무관련자극의 평균은 각각 $10.23\mu V$ 와 $3.82\mu V$ 로 $6.41\mu V$ 차이가 있었으며, 실험 2에서는 관련자극과 무관련자극의 평균이 각각 $10.35\mu V$ 와 $5.58\mu V$ 로 $4.77\mu V$ 차이가 있었다. 결과적으로, 자극간 제시간격 800ms 조건에서 대응수단의 효과가 나타나지 않았다.

개인별 판단결과

부트스트랩 표집분포를 이용하여 개인별로 거짓말 여부를 판단하였다. 500/3000 집단에서, 자극간 제시간격이 500ms일 때 10명 중 7명(70.0%)이 거짓말 한 것으로 판단되었으며, 자극간 제시간격이 3000ms일 때 10명 중 8명(80.0%)이 거짓말 한 것으로 판단되었다. 800/3000 집단에서, 자극간 제시간격이 800ms일 때 11명 중 10명(90.9%)이 거짓말 한 것으로 판단되었으며, 자극간 제시간격이 3000ms일 때 11명 중 8명(72.7%)이 거짓말 한 것으로 판단되었다.

사후 질문

자극간 제시간격이 3000ms인 조건에서는 모든 실험참가자들이 대응수단을 실제로 사용할 수 있었다고 응답하였으며, 자극간 제시간격이

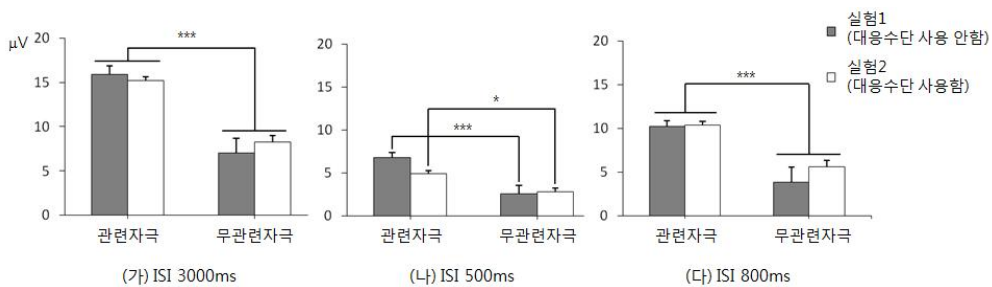


그림 4. 대응수단 사용유무에 따른 P300 진폭의 평균. 오류 막대는 표준오차임.

500ms인 조건과 800ms인 조건에서는 모든 실험 참가자들이 대응수단을 적절하게 사용할 수 없었다고 응답하였다.

논 의

실험 2에서는 우선, 자극간 제시간격이 3000ms인 조건에서 대응수단의 효과를 검증하였으며, 다음으로 자극간 제시간격이 500ms와 800ms인 조건에서 대응수단의 효과를 검증하였다. 대응수단의 사용은 인지부하를 증가시키므로 반응오류율이 증가할 것으로 예상하였다. 본 연구의 500/3000 집단에서, 대응수단을 사용하지 않은 실험 1보다는 대응수단을 사용한 실험 2에서 반응오류율이 통계적으로 유의하게 컸으며, 자극간 제시간격이 500ms인 조건에서 목표자극에 대한 탈루율이 컸다. 이러한 결과는 대응수단의 사용이 특히 500ms 조건에서 인지부하를 증가시켰음을 의미한다. 800/3000 집단에서는 실험과 자극유형, 오류유형 간에 차이가 없었다. 대응수단의 사용은 반응시간을 증가시키는 것으로 알려져 있다(Rosenfeld et al., 2004). 500/3000 집단에서, 실험 1의 반응시간보다 실험 2의 반응시간이 길었으며, 800/3000 집단에서도 실험 1의 반응시간보다 실험 2의 반응시간이 길었다. 반응오류율과 반응시간에 대한 분석결과는 본 연구의 실험참가자들이 실험 2에서 실제로 대응수단을 사용하려고 노력하였음을 의미한다고 볼 수 있다.

자극간 제시간격이 3000ms인 조건에서, 대응수단을 사용하지 않은 실험 1의 P300 진폭과 대응수단을 사용한 실험 2의 P300 진폭을 비교한 결과, 실험 2에서 산출한 관련자극과 무관련자극간의 P300 진폭차이가 실험 1보다 작았지만 통계적으로 유의하지는 않았다. 즉, 대응수단의 효과가 나타나지 않았다. 자극간 제시간격이 500ms인 조건에서는 대응수단의 사용이 P300의 진폭에 영향을 미칠 가능성이 높은 것으로 나타

났다. 대응수단을 사용하지 않은 경우에 비교해서, 대응수단을 사용한 경우에 관련자극과 무관련자극 간의 P300 진폭차이가 감소하였다. 자극간 제시간격이 800ms인 조건에서는 대응수단의 사용여부가 P300 진폭에 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이 조건의 실험참가자들은 실험을 진행하는 동안 대응수단을 사용하려고 노력하였지만 사용할 수 없었다고 보고하였다.

종합논의

P300을 이용한 숨긴정보검사는 1990년대 전후에 개발된 방법으로 여러 연구자들이 현재까지 그 타당성과 정확도를 증명해왔으며, 더불어 단점에 관한 연구도 진행되고 있다. 본 연구에서 주목한 P300 숨긴정보검사의 단점은 두 가지로, 검사의 시간이 길다는 점과 대응수단에 취약할 수 있다는 점이다. 본 연구에서는, P300 숨긴정보검사에서 1초 이내의 짧은 자극간 제시간격을 사용하는 것이 두 가지 단점을 극복할 수 있는지를 검증하고자 하였다.

실험 1의 결과, P300 숨긴정보검사서 자극간 제시간격 800ms를 사용한 조건은 3000ms를 사용한 조건과 효과크기에서 큰 차이가 없었지만, 자극간 제시간격 500ms를 사용한 조건은 3000ms 사용한 조건과 효과크기에서 차이가 있었다. 자극간 제시간격이 500ms인 조건에서만 P300 숨긴정보검사의 효율성이 낮은 이유는 P300 정점의 잠재시간과 관련이 있는 것으로 보인다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 P300 정점의 잠재시간은 약 500ms이다. P300의 파형이 증가하고 있을 때 짝 새로운 자극이 나타나므로, 주의 집중에 방해를 받아 P300의 진폭이 정점까지 오르지 못하는 것으로 여겨진다. 이러한 현상은 Farwell과 Donchin(1988)의 연구에서도 확인할 수 있다. 자극간 제시간격이 500ms인 조건과는 달리 800ms인 조건에서 P300 숨긴정보검사의 정확

도가 크게 하락하지 않은 이유는, 관련자극의 P300 진폭이 감소하기는 하였지만, 무관련자극의 P300 진폭도 함께 감소하였기 때문인 것으로 생각된다.

실험 2에서는 실험 1에서 거짓을 말한 것으로 판정된 실험참가자들만을 이용하여 Rosenfeld 등(2004)이 사용한 대응수단의 효과를 검증하였다. 자극간 제시간격이 3000ms인 조건과 800ms인 조건에서는 대응수단의 효과가 나타나지 않았으며, 자극간 제시간격이 500ms인 조건에서는 유의수준 .10에서 대응수단의 효과가 나타났다.

자극간 제시간격이 3000ms인 조건에서 실험참가자들이 대응수단을 사용했음에도 불구하고, 대응수단의 효과가 나타나지 않은 이유를 몇 가지 생각해볼 수 있다. 첫째로, Rosenfeld 등(2004, 2008)의 연구에서 허용한 연습시간의 양이 3-5일로 길었던 반면, 본 연구에서 대응수단의 연습시간이 10분 이내로 짧았기 때문일 수 있다. 그러나 실제 거짓말 탐지 장면에서 각 무관련자극과 대응수단을 짝지어 대응수단을 연습할 시간이 없다는 점을 고려하면, 10분의 연습시간은 현실적이라고 할 수 있다.

둘째로, Rosenfeld 등(2004, 2008)의 연구에서는 목표자극에 반응(예, 마우스 왼쪽 버튼 누르기)을 요구하는 것뿐만 아니라, 나머지 자극(관련자극과 무관련자극)에 대해서도 구별된 반응(예, 마우스 오른쪽 버튼 누르기)을 하도록 지시한 반면, 본 연구에서는 목표자극에만 반응을 하도록 지시하였다. 본 연구에서 이렇게 지시한 이유는, 자극간 제시간격이 500ms인 조건과 800ms인 조건에서 제시되는 모든 자극에 반응을 하기 어렵기 때문이었다. 어떤 자극에 구체적 반응이 요구되면 P300 진폭이 증가한다(Johnson, 1986). 무관련자극에 과제가 주어지지 않으면 과제가 주어진 경우보다 무관련자극에 대한 P300 진폭이 감소할 것이다. Rosenfeld 등(2004)이 사용한 대응수단은 무관련자극의 P300 진폭을 증가시켜서 관련자극의 P300 진폭과 구분이 안 되도록 하는 효과를 가진다. 다시 말하면, 버튼을 누르

는 반응과 대응수단이 결합하여 무관련자극의 P300 진폭을 증가시킨다. 본 연구에서는 버튼을 누르는 반응이 없이 대응수단만을 사용하였기 때문에 무관련자극의 P300 진폭이 충분히 증가하지 않았을 가능성이 있다.

셋째로, 1주일 간의 간격을 두고 반복측정을 하였기 때문에 대응수단의 효과가 나타나지 않았을 가능성이 있지만, 선행연구는 P300 진폭에서 반복측정의 효과가 나타나지 않는다는 것을 보여주고 있다(Rosenfeld et al., 2008). 결과적으로, 연습시간이 10분으로 제한되었다는 점과 관련자극과 무관련자극에 대한 명시적 행동반응을 요구하지 않았다는 점이 대응수단의 효과를 약하게 만든 것으로 판단된다.

자극간 제시간격이 500ms인 조건에서 대응수단의 효과가 나타났는데, 이 효과는 Rosenfeld 등(2004, 2008)이 확인한 대응수단의 효과와는 다른 효과인 것으로 해석된다. 앞서도 언급하였듯이 본 연구에서 사용한 대응수단은 무관련자극의 진폭을 증가시켜 자극들 간의 구별을 어렵게 만드는 것인데, 자극간 제시간격이 500ms인 조건에서 무관련자극의 P300진폭은 거의 증가하지 않았다. 오히려, 관련자극의 P300 진폭이 작아진 경향이 뚜렷하였다. P300 진폭은 주의의 양과 비례하는데(Johnson, 1993), 500ms 내에 목표자극을 탐지하거나 대응수단을 사용하려는 시도가 주의를 분산시켰을 가능성이 높다. 500ms 조건에서 탈루율이 증가했다는 점이 이러한 해석의 가능성 높여준다. 실험 후 질문에서, 500ms 조건에서 실제로 대응수단을 사용할 수 있었다는 실험참가자는 한 명도 없었다.

자극간 제시간격이 800ms인 조건에서는 대응수단의 효과가 나타나지 않았다. 자극간 제시간격이 3000ms인 조건에서는 실험참가자들이 대응수단을 사용했음에도 불구하고 대응수단의 효과가 나타나지 않았지만, 자극간 제시간격이 800ms인 조건에서는 실험참가자들이 대응수단을 사용할 수 없었기 때문에 대응수단의 효과가 나타나지 않았다고 할 수 있다. 500ms 조건과는

다르게, 800ms 조건에서는 실험참가자들이 대응수단을 사용하려는 시도가 각 자극을 확인하는데 필요한 주의의 양을 크게 분산시키지 않는 것으로 평가된다. 800/3000 집단의 탈루율과 오경보율이 500/3000 집단의 탈루율과 오경보율보다 낮은 것이 이러한 해석을 가능하게 한다.

결과적으로, 자극간 제시간격이 800ms인 조건은 자극간 제시간격이 3000ms인 조건에 비해서 전체 실험시간이 1/3 이상 단축되고, 대응수단을 사용할 시간적 여유를 주지 않으며, P300 숨긴정보검사의 정확도는 크게 감소하지 않는 것으로 평가되었다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가진다. 한 가지는 본 연구에서 사용한 자극재료가 실험참가자의 이름이라는 점이다. 자기참조적인 정보는 모의 범죄에서 획득한 정보나, 카드테스트에서 획득한 정보보다 자극의 친숙성 높다. 결과적으로 모의 범죄나 카드테스트를 사용한 P300 숨긴정보검사에서는 본 연구의 결과가 반복되지 않을 수 있다. 그러나, 실제 범죄자가 범죄 상황에서 획득한 정보는 그 범죄자에게 큰 중요성을 가지므로, 본 연구의 결과가 실험실 상황을 벗어난 실제 상황에서도 유지될 가능성이 높은 것으로 생각된다.

또 한 가지는 다양한 대응수단의 방법을 적용하지 못하였다는 점이다. 본 연구에서 사용한 대응수단은 몇 번의 연구에서 그 효과가 입증된 방법이었다(Mertens & Allen, 2008; Rosenfeld et al., 2004; Rosenfeld et al., 2008). 그러나 대안적인 대응수단이 존재한다(Sasaki, Hira, & Matsuda, 2001; Mertens & Allen, 2008). Sasaki 등(2001)은 P300 숨긴정보검사 동안에 7을 빼는 암산을 수행하는 대응수단의 효과를 검증하였으며, Mertens과 Allen(2008)은 목표자극에 정신적 대응수단을 사용하게 하거나(즉, 목표자극이 제시될 때마다 불량배에게 맞는 상상을 함) 물리적 대응수단을 사용하게 하였다(즉, 목표자극이 제시될 때마다 발가락에 힘을 줌). Sasaki 등(2001)이 사용한 방법은 대응수단의 효과가 적은 것으로 나타났기

때문에, 자극간 제시간격이 1초 미만일 경우에도 대응수단의 효과가 적을 것으로 생각된다. 목표자극에 대해 정신적, 신체적 대응수단을 사용하는 것이 검사의 정확도에 미치는 영향은 아직 불분명하다.

본 연구에서 사용한 대응수단의 변형도 존재한다. 무관련자극 각각에 서로 다른 대응수단을 할당하는 대신, 무관련자극이 제시될 때마다 서로 다른 대응수단을 교대로 사용하는 방법도 있으며, 무관련자극들 중 특정한 한 두 개에만 대응수단을 사용하는 방법도 가능하다. 대응수단을 교대로 사용하거나, 한 두 개의 무관련자극에만 대응수단을 사용하는 방법이 본 연구에서 사용한 대응수단 보다 더 효과적일 수도 있으므로, 추후 연구에서는 이러한 대응수단의 효과성을 확인할 필요가 있을 것이다.

참고문헌

- 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.
- Allison, B. Z. & Pineda, J. A. (2006). Effects of SOA and flash pattern manipulations on ERPs, performance, and preference: Implications for a BCI system. *International Journal of Psychophysiology*, 59, 127-140.
- Ben-Shakhar, G. (1977). Further study of the dichotomization theory in detection of information. *Psychophysiology*, 14, 408-413.
- Ben-Shakhar, G. (2011). Countermeasures. In Bruno Verschuere, Gerson Ben-Shakhar, and Ewout Meijer (Ed.), *Memory Detection: Theory and Application of the Concealed Information Test* (pp. 200-214). San Diego: Academic Press.
- 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* (pp. 87-102). San Diego: Academic Press.
- Ben-Shakhar, G. & Furedy, J. (1990). *Theories and Applications in the Detection of Deception*. New York: Springer-Verlag.
- Cutmore, T. R. H., Djakovic, T., Keibell, M. R., & Shum, D. H. K. (2009). An object cue is more effective than a word in ERP-based detection of deception. *International Journal of Psychophysiology*, 71, 185-192.
- Farwell, L. A. & Donchin, E. (1988). Talking off the top of your head: Toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 70, 510-523.
- Farwell, L. A. & Donchin, E. (1991). The truth will out: Interrogative polygraphy ("lie detection") with event-related Potentials. *Psychophysiology*, 28, 531-547.
- Gonsalvez, C. J. & Polich, J. (2002). P300 amplitude is determined by target-to-target interval. *Psychophysiology*, 39, 388-396.
- Gratton, G., Coles, M. G. H., Donchin, E. (1983). A new method for of-line removal of ocular artifacts. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 55, 468-484.
- Guger, C., Daban, S., Sellers, E., Holzner, C., Krausz, G., Carabalona, R., Gramatica, F., & Edlinger, G. (2009). How many people are able to control a P300-based brain-computer interface (BCI)? *Neuroscience Letters*, 462, 94-98.
- Johnson, R. (1986). A triarchic model of P300 amplitude. *Psychophysiology*, 23, 367-384.
- Johnson, R. (1993). On the neural generators of the P300 component of the event-related potential. *Psychophysiology*, 30, 90-97.
- Jung, T. P., Makeig, S., Humphries, C., Lee, T. W., McKeown, M. J., Iragui V, Sejnowski, T. J. (2000). Removing electroencephalographic artifacts by blind source separation. *Psychophysiology*, 37, 163-178.
- Kubo, K. & Nittono, H. (2009). The role of intention to conceal in the P300-based concealed information test. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 34, 227-235.
- Lins, O. G., Picton, T. W., Berg, P., & Scherg, M. (1993). Ocular artifacts in recording EEGs and event-related potentials. II: Source dipoles and source components. *Brain Topography*, 6, 65-78.
- Luck, S. J. (2005). *An introduction to the event-related potential technique*. MA: MIT Press.
- Mertens, R. & Allen, J. J. (2008). The role of psychophysiology in forensic assessments: Deception detection, ERPs, and virtual reality mock crime scenarios. *Psychophysiology*, 45, 286-298.
- Podlesny, J. A., (2003). A paucity of operable case facts restricts applicability of the guilty knowledge technique in FBI criminal polygraph examinations. *Forensic Science Communications*, 5, Retrieved March 29, 2012, from <http://www2.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/july2003/podlesny.htm>.
- Polich, J. & Bondurant, T. (1997). P300 sequence effects, probability, and interstimulus interval. *Physiology & Behavior*, 61, 843-849.
- 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., 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., 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.
- Sasaki, M., Hira, S., and Matsuda, T. (2001). Effects of mental countermeasure on the physiological detection using the event-related brain potentials. *Japanese Journal of Psychology*, 72, 322-328.
- Semlitsch, H. V., Anderer, P., Schuster, P., & Presslich, O. (1986). A solution for reliable and valid reduction of ocular artifacts, applied to the P300 ERP. *Psychophysiology*, 23, 695-703.
- 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.
- Struber, D. & Polich, J. (2002). P300 and slow wave from oddball and single-stimulus visual tasks: Inter-stimulus interval effects. *International Journal of Psychophysiology*, 45, 187-196.
- Verschuere, B., Rosenfeld, J. P., Winograd, M., Labkovsky, E., & Wiersema, R. (2009). The role of deception in P300 memory detection. *Legal and Criminological Psychology*, 14, 253-262.
- Winograd, M. R. & Rosenfeld, J, P. (2011). Mock crime application of the Complex Trical Protocol (CTP) P300-based concealed information test.

1 차원고접수 : 2013. 02. 12.

수정원고접수 : 2013. 05. 03.

최종게재결정 : 2013. 05. 13.

**P300-based Concealed Information Test
and Inter-Stimulus Intervals (ISIs):
A Comparison Among 500ms, 800ms, and 3000ms ISIs**

Byoung-Ha Lee¹⁾ Soon-Taeg Hwang¹⁾ Kwangbai Park¹⁾ Jin-Hun Sohn²⁾ Jin-Sup Eom¹⁾

¹⁾Department of Psychology, Chungbuk National University

²⁾Department of Psychology, Brain Research Institute, Chungnam National University

Major shortcomings in P300-based CIT are the length of time to complete the test and vulnerability to countermeasures. The present study examined whether inter-stimulus interval (ISI) less than 1 second could make up for the two shortcomings of P300-based CIT. Study 1 examined detection accuracy of P300-based CIT with ISI less than 1 second. Compared to 3000ms ISI, 500ms ISI significantly decreased the difference of P300 amplitude between the probe and the irrelevant stimuli. Although the difference of P300-based amplitude between the probe and the irrelevant stimuli with 800ms ISI also decreased from that with 3000ms ISI, interestingly, the decrease was not significant. Study 2 examined effect of countermeasure in 500ms, 800ms and 3000ms ISI. The effect of countermeasure with 800ms and 3000ms ISI was not significant, while it was significant with 500ms ISI at alpha level of .1. With 500ms ISI, detection accuracy of P300-based CIT diminished. The results of study 1 and 2 suggest that 800ms ISI would supplement the two shortcomings of P300-based CIT without a significant loss of accuracy.

Key words : P300, concealed information test, guilty knowledge test, inter-stimulus interval