

## 회귀억제와 축진의 시간적, 공간적 속성: ERP 연구\*

서 준 호

이 형 철†

광운대학교 산업심리학과

본 연구의 목적은 Tanaka와 Shimojo의 제안처럼 회귀억제와 회귀축진이 각각 두정엽 및 측두엽 경로의 정보처리와 관련성이 있는지를 검증하고 동시에 회귀억제와 회귀축진 현상이 정보처리의 어느 단계에서 발생하는지 사건관련전위 기법을 이용하여 규명하는 것이었다. 이전 시행과 현재 시행에서 표적이 제시되는 위치의 일치성 여부에 따라서 일치조건과 불일치조건을 구별하고 탐지과제, 위치 변별과제, 색 변별과제, 방위 변별과제 수행시의 피험자의 반응시간과 사건관련전위를 측정하였다. 탐지과제와 위치 변별과제 수행 시 일치조건과 불일치조건 사이의 유의미한 반응시간 차이를 발견하지는 못하였다. 하지만, 색 변별과제와 방위 변별과제 수행 시 회귀축진 현상을 발견하였다. 위치 변별과제 수행 시 Pz영역에서 일치조건과 불일치조건 사이의 유의미한 사건관련전위 차이를 발견하였으며 색 변별과제 과제 수행 시 T8 영역에서 두 조건 사이의 유의미한 사건관련 전위 차이를 발견하였고, 방위 변별과제 수행 시 T7/T8 영역에서 두 조건 사이의 유의미한 경향성을 발견하였다. 사건관련 전위의 차이는 특히 반응시간 전 단계에서 발견되었다. 이와 같은 실험결과는 제한적이기는 하지만 회귀억제와 회귀축진이 정보처리 후기 단계인 반응 전 단계에서 각각 두정엽과 측두엽에서 발생할 가능성을 시사한다.

주제어 : 회귀억제, 회귀축진, 사건관련전위

\* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업(2007-F-037-02) 및 2007년 광운대학교 교내학술연구비 지원을 받아 수행하였음.

† 교신저자: 이형철, 광운대학교 산업심리학과, 연구 분야: Human Factor  
E-mail: hyung@kw.ac.kr

다양한 감각 자극에 노출된 상황에서 특정 정보를 선택적으로 처리하기 위하여 인간 정보처리 기제는 유기체에게 필요한 정보를 선택적으로 입력받고 효율적으로 처리하기 위하여 주의기제를 발달시켜 왔다. 주의기제(attention mechanism)는 처리하고자 하는 정보를 선택하고 선택된 정보를 빠르고 정확하게 처리하는 역할을 한다. 특히 주의가 할당된 위치에 제시된 표적(target)은 주의가 할당되지 않은 위치에 제시된 표적보다 더 빠르게 탐지된다(Posner, Nissen, & Ogden, 1978). 이는 인간의 정보처리 기제가 주의가 할당되지 않은 위치에 제시된 표적보다 주의가 할당된 위치에 제시된 표적을 더 빨리 처리함을 시사한다.

Posner와 Cohen(1984)은 단서와 표적이 제시되는 시간차이(자극제시 시차, *stimulus onset asynchrony, SOA*)에 따라서 주의가 할당된 위치와 할당되지 않은 위치에 제시되는 표적에 대한 반응시간이 상이하게 변화함을 보여 주었다. 그들은 실험에서 응시점이 제시된 화면 중앙의 좌측 혹은 우측에 단서(cue)를 제시하고 일정한 자극제시 시차 후에 단서와 동일한 위치 혹은 반대쪽에 표적을 제시하였고, 피험자에게는 가능한 한 정확하고 빠르게 표적을 탐지하여 보고하도록 하는 탐지과제를 수행하도록 지시하였다. 실험결과, 단서와 표적의 자극제시 시차가 300msec이하인 경우, 제시된 단서와 표적의 위치가 동일하지 않은 조건(불일치조건, *invalid condition*)에서의 반응시간보다 제시된 단서와 표적의 위치가 동일한 조건(일치조건, *valid condition*)에서의 표적 탐지시간이 더 빨랐다. 이는 전형적인 촉진현상(*facilitation*)으로 이전 연구들이 밝힌 주의의 특성과 동일하다. 그러나 자극제시 시차가 300~500msec인 경우, 일치조건에서의 표적 탐지시간은 불일치조건의 표적 탐지시간보다 느렸다. Posner와 Cohen은 이 현상을 회귀억제(*Inhibition of Return, IOR*)라고 명명하였는데, 회귀억제는 단서가 제시된 위치에 비자발적으로 할당되었던 주의가 일정한 시간 내에 동일한 위치로 재 할당되는 것이 억제되기 때문에 나타나는 현상으로 알려져 있다(Klein, 2000).

회귀억제는 주의기제의 특성을 밝히는데 큰 역할을 할 것으로 기대되었고, 후속 연구도 많이 이루어 졌다. 후속 연구들은 시각영역 이외에 청각단서와 청각표적을 이용한 연구(Mondor, Terrio & Hurlburt, 2000; Schmidt, 1996), 촉각단서와 촉각표적을 이용한 연구(Roder, Spence, & Rosler, 2002; Spence, Lloyd, McGlone, Nicholls, & Driver, 2000)를 통해 시각, 청각, 촉각의 단일 감각영역에서 모두 회귀억제가 발생함을 밝

했다. 또한, 청각단서와 시각표적을 이용한 연구(Spence & Driver 1997, 1998a, 1998b), 시각단서와 청각표적을 이용한 연구(Reuter-Lorenz, Jha, & Rosenquist, 1996)를 통해 다중 감각영역에서도 회귀억제가 발생할 수 있음을 보여 주었다. 그리고 회귀억제에 대한 관심의 증가와 함께 이 현상이 정보처리의 어느 단계에서 발생하는지에 대한 연구들도 이루어졌지만 일관된 결과를 얻지 못하였다(Prime & Ward, 2006). 이들 연구는 회귀억제가 각기 초기 감각정보 처리 단계(Posner & Cohen, 1984), 지각 단계(Reuter-Lorenz, Jha, & Rosenquist, 1996), 반응 선택 단계(Ivanoff & Klein, 2001; Taylor & Klein, 2000), 운동 전(premotor) 단계(Fuentes, Vivas, & Humphreys, 1999), 혹은 운동(motor) 단계(Godijn & Theeuwes, 2002; Klein & Taylor, 1994; Tassinari, Aglioti, Chelazzi, Marzi, & Berlucchi, 1987)에서 회귀억제가 발생할 수 있음을 제안하였다.

앞서 제시한 회귀억제에 대한 연구 결과들은 정신물리학적 실험을 통해 얻어진 결론들이며, 신경생리학적 연구는 정신물리학적 실험에 비해 많지 않다. 회귀억제에 대한 신경생리학적 연구는 EEG(electroencephalogram)를 이용한 사건관련전위(Event-Related Potential, ERP)기법을 사용하였는데, McDonald, Ward, & Kiehl(1999)은 P1, P2 성분(component)에서 일치조건과 불일치조건을 비교하여 발견하였으며, 이는 초기 정보처리 단계에서 회귀억제가 발생함을 시사한다. Wascher & Tipper(2004)는 두정엽(parietal lobe) 영역에서 Nd310 성분을 이용하여 일치조건과 불일치조건의 차이를 발견하였으며, 이들의 결과는 정보처리의 후기 단계에서 회귀억제가 발생함을 시사한다. Prime와 Ward(2006)는 반응 준비단계에 발생하는 것으로 알려진 LRP 성분(Lateralized Readiness Potential Component)을 이용하여 일치조건과 불일치조건의 차이를 비교함으로써 두 조건 간 유의미한 차이를 발견하였는데, 이 결과를 바탕으로 회귀억제현상은 운동 전 단계에서 발생한다고 주장하였다. 하지만 상이한 단계에서 회귀억제가 발생할 수 있음을 보이는 다양한 정신물리학적 연구결과와 소수의 신경생리학적 연구결과를 바탕으로 회귀억제가 정보처리의 특정 단계에서 발생한다고 규정하는 것은 무리이며 추가적인 신경생리학적 연구가 필요한 상태이다.

회귀억제가 정보처리의 어느 단계에서 발생하는지에 대한 연구문제와 독립적으로 Tanaka와 Shimojo(1996)는 피험자가 수행하는 과제의 성격에 따라서 회귀억제와

촉진이 나타날 수 있으며 회귀억제와 촉진이 각기 두정엽 경로와 측두엽(temporal lobe) 경로에서 나타날 수 있음을 제안하였다. 이들의 연구에서 빨강 혹은 녹색의 수직, 수평 사각형이 표적으로 사용되었으며 화면 중앙의 좌측 혹은 우측 상단에 제시되었고, 피험자들은 독립적인 세션(session)에서 한 가지의 탐지과제와 세 가지의 변별과제(위치, 색, 방위 변별과제)를 수행하였다. Tanaka와 Shimojo의 연구에서는 매 시행(trial) 단서와 표적이 짝을 이루어 제시되지 않고 단지 표적만이 제시되었는데, 현재 시행에서 제시되는 표적과 이전 시행의 표적의 제시위치의 일치성 여부에 따라서 현재 시행에서의 일치조건(이전 시행과 현재 시행에서 표적의 위치가 동일한 조건)과 불일치조건(이전 시행과 현재 시행에서 표적의 위치가 상이한 조건)이 구분되었다. 각 과제에서의 반응시간이 모두 계산되었는데, 탐지과제와 위치 변별과제에서는 일치조건에서의 반응시간이 불일치조건에서의 반응시간보다 느린 회귀억제현상이 발견되었고, 색 변별, 방위 변별과제에서는 반대로 회귀촉진현상(Facilitation of Return, FOR)이 발견되었다.

신경생리학적 연구에 의하면 시각 정보는 독립된 두 가지 경로를 통해 처리되어지는 것으로 알려져 있는데(Duncan, 1993; Mishkin, Ungerleider, & Macko, 1983; Weiskrantz et al., 1974), 한 가지는 “어디” 경로(“where” pathway)로 알려져 있는 두정엽 경로(parietal pathway)이고, 다른 하나는 “무엇” 경로(“what” pathway)로 알려져 있는 측두엽 경로(temporal pathway)이다. 두정엽 경로는 외부정보의 위치와 관련된 정보를 처리하고, 측두엽 경로는 외부정보의 색, 방위 등의 정보를 처리하는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 신경생리학적 이론을 토대로 Tanaka와 Shimojo(1996)는 탐지과제와 위치 변별과제에서 발견된 회귀억제현상은 두정엽 경로를 통해 정보가 처리된 경우 발생하고, 색과 방위 변별과제에서 발견된 촉진현상은 측두엽 경로를 통해 정보가 처리된 경우 발생한다고 가정하였다. 그리고 Tanaka와 Shimojo의 연구를 반복 검증한 Pratt과 Castel(2001)의 연구에서도 탐지과제와 위치 변별과제에서는 회귀억제가, 색 변별, 방위 변별과제에서는 회귀촉진이 동일하게 발견되었다. 하지만 이 연구들은 회귀억제가 두정엽 경로에서 그리고 회귀촉진이 측두엽 경로에서 발생한다는 신경생리학적 증거는 제시하지 않았다.

신경생리학적 연구를 위해 사용되는 방법은 EEG, fMRI(functional Magnetic Resonance Imaging), PET(Positron Emission Tomography) 등이 있다. 그 중 fMRI와 PET

은 공간 해상도(spatial resolution)가 뛰어난 장점을 지니지만 시간 해상도(temporal resolution)가 낮은 단점을 가지고 있다. 반면에 EEG를 이용한 사건관련전위 기법(event-related potential, ERP)은 fMRI와 PET에 비해 공간 해상도가 낮지만 시간해상도가 매우 뛰어나며, fMRI와 PET에 비해 가격이 저렴하다. 특히, 가격이 저렴하며 시간해상도가 뛰어난 장점은 사람이 정보를 받아들이고 처리를 하는 일련의 과정에 대해 살펴볼 수 있으므로 최근 사건관련전위기법이 주의 연구에 널리 사용되고 있다(Luck, Woodman, & Vogel, 2000). 사건관련전위 기법은 자극이 제시된 후부터 반응이 나타난 시점까지 일정 구간(epoch)의 뇌파를 측정할 수 있다. 본 연구의 목적은 Tanaka와 Shimojo(1996)의 제안처럼 회귀억제와 회귀축진 현상이 각각 두정엽 경로와 측두엽 경로에서 발생하는 것인지 규명하는 것이었으며 동시에 회귀억제와 회귀축진 현상이 정보처리의 어느 단계에서 발생하는지 알아보는 것이었다. 이를 위해 본 연구는 일치조건과 불일치조건에서 탐지과제, 위치 변별과제, 색 변별과제, 방위 변별과제의 수행에 필요한 반응시간을 측정함으로써 과제 성격에 따라서 회귀축진과 회귀억제가 나타나는지 검증하였다. 동시에 과제 수행동안의 사건관련전위를 측정하고 회귀억제와 회귀축진이 발생할 것으로 예상되는 두정엽과 측두엽

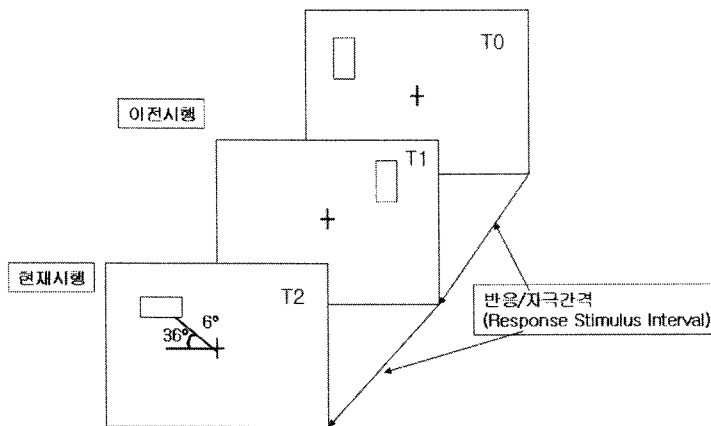


그림 1. 개략적인 실험에서 사용된 자극과 절차. 표적(중앙에 제시된 응시점의 좌측상단 혹은 우측상단에 제시되는 직사각형)은 각 시행에서 색(빨강/녹색), 방위(수직/수평), 위치(좌측/우측)에 대해 무선회(randomize)되어 제시되었다(과제에 대한 자세한 설명은 본문 참조). 반응/자극간격은 700msec로 동일하게 유지하였다.

영역에서 일치조건과 불일치조건 사이의 사건관련전위의 차이가 발생하는지 확인하였다.

## 연구방법

### 피험자

광운대학교 학부/대학원 재학생 16명이 실험에 참여하였다. 모든 피험자는 실험의 목적을 알지 못하였고, 정상시력 또는 교정 후 정상시력이었으며, 색에 대한 장애를 가지지 않았다고 보고하였다. 피험자들은 시간당 10,000원의 실험 참가비를 받았다.

### 실험 방법 및 절차

자극은 가로와 세로의 방위를 가진 빨강/녹색의 직사각형을 사용하였다. 자극은 0.5도 X 0.4도, 응시점(fixation point)은 0.1도 X 0.1도의 크기로 구성되었고 화면 중앙 응시점의 좌측 혹은 우측 상단에 제시되었다(그림 1 참조). 자극은 Matlab 7.0.4 와 Matlab 함수모음인 Psychtoolbox를 이용하여 구성하였으며, "LG Flatron 17" LCD 모니터를 통하여 제시되었다. 실험은 소음이 적고 모니터에서 방출되는 빛 이외의 추가적인 빛이 없는 암실에서 진행되었고 피험자와 모니터의 거리는 114cm로 유지하였다.

실험절차는 다음과 같다. 맨 처음 모니터 중앙에 응시점이 150msec동안 제시되고 그 후 응시점의 우측 혹은 좌측 상단에 표적이 제시되었다. 피험자들의 과제는 표적이 제시된 직후 가능한 빠르고 정확하게 키보드를 이용하여 반응하는 것이었다. 피험자의 반응과 함께 표적은 사라지고 700msec(Response Stimulus Interval(RSI), 반응/자극 간격)후에 다음 표적이 제시되었다. 실험이 진행되는 동안 응시점은 화면 중앙에 계속 제시되었으며 피험자의 머리움직임을 제한하기 위해 턱 받침대를 사용하여 턱을 고정하도록 하였다. 반응시간은 표적이 제시된 시점과 반응이 입력

된 시점의 차이로 계산하였다.

피험자들은 탐지과제, 위치 변별, 색 변별, 방위 변별과제의 순서로 실험에서 총 4개의 과제를 수행하였다. 각 과제는 총 300회의 시행으로 구성되었으며, 표적을 구성하는 위치(좌측/우측), 색(빨강/녹색), 방위(수직/수평)별로 각 150회씩 제시되었다. 탐지 과제에서 피험자들은 표적의 위치, 색, 방위에 관계없이 표적이 제시되면 오른손을 이용하여 스페이스 바를 누르도록 요구받았다. 변별과제에서 피험자들은 오른손을 이용하여 자극에 대한 양자 강제 선택(two alternative forced choice, 2AFC)을 하였다. 위치 변별과제에서는 자극이 제시되는 위치에 따라 왼쪽은 1번, 오른쪽은 2번, 색 변별과제에서는 표적이 제시되는 위치에 상관없이 빨강은 1번, 녹색은 2번, 방위 변별과제에서는 표적이 제시되는 위치에 상관없이 세로방향으로 늘어진 사각형은 1번 가로방향으로 늘어진 사각형은 2번 버튼을 눌러서 반응하였다. 모든 과제에서 피험자들은 표적에 대해 가능한 한 정확하고 빠르게 반응하도록 지시받았고, 눈 움직임을 통제하기 위해 실험이 시행되는 동안 화면 중앙에 제시된 응시점을 응시하도록 지시받았다.

과제성격에 관계없이 이전 시행의 표적이 제시된 위치와 현재 시행의 표적이 제시된 위치가 동일한 경우 일치조건, 동일하지 않은 경우 불일치조건으로 구분하였고, 일치조건과 불일치조건 각각에 대하여 과제별로 반응시간 분석을 하였다. 변별과제의 반응시간 분석에서 오답 시행과 반응시간이 100msec~1000msec의 범위에 포함되지 않는 시행과 사건관련전위 분석에서 인위적 뇌파(artifact)로 인해 제거된 시행은 피험자의 평균반응시간을 구하는데 제외하였다. 또한 각 과제에서 오답, 반응시간 범위 미포함, 인위적 뇌파로 인해 제거된 시행 비율이 15%가 넘는 피험자의 자료는 전체분석에서 제외하였다.

사건관련전위를 측정하기 위해 국제표준(International 10/20 system)에 따라 전극이 부착된 모자(Brain Products, Inc., Germany)를 이용하여 29개 영역에서 EEG를 측정하였다(Fp1, Fp2, Fz, F3, F4, F7, F8, FC1, FC2, FC5, FC6, Cz, C3, C4, CP1, CP2, CP5, CP6, T7, T8, TP9, TP10, P3, P4, P7, P8, Pz, O1, O2). 눈 깜박임(blink)과 눈 운동(eye movement)이 뇌파에 주는 영향을 제거하기 위하여 오른쪽 눈의 우측에 전극(electrode)을 부착하고 관련 전위를 측정하였다. 또한 양쪽 유양돌기(mastoids)에 부착된 전극에서 측정된 전위를 준거전위(reference)로 사용하였다. 신뢰로운 뇌파자료

를 얻기 위해 모든 전극의 저항수준(impedance level)은  $5k\Omega$  이하로 낮추었고, 뇌파의 표집율(sampling rate)은 모든 채널에서 500Hz가 되도록 하였으며, 0.03~70Hz 범위(bandpass)의 뇌파를 실시간으로 측정하였다. 과제가 진행되는 동안 뇌파 측정은 계속 이루어졌고, 사건관련전위 분석을 위해 표적이 제시되는 시점을 기록하였다.

뇌파는 표적의 제시시점(onset time)을 기준으로 -100msec~1000msec까지 1100msec의 구간을 정하여 분석하였고, 0.03~40Hz의 범위를 초과하는 뇌파는 여과(filtering) 과정을 거쳐 제거하였다. 뇌파에 영향을 많이 주는 것으로 알려진 눈 깜박임과 눈 운동의 영향은 29개 채널에서 Gratton, Coles와 Dunchin(1983)이 제안한 알고리즘(algorithm)에 의해 수정되었고, 파형의 기울기가  $70\mu V/ms$ 가 넘고 최대전위가  $150\mu V$ 를 넘는 인위적 뇌파는 피험자별 시행의 평균을 구하기 전 제거하였으며, 반응의 오류와 인위적 뇌파로 인해 많은 시행이 제거된 피험자의 자료는 신호 대 잡음비(signal to noise ratio)의 신뢰성이 떨어지므로 분석에서 제외하였다. 자극제시 전 100msec에서 자극제시 시점까지의 평균 진폭을 기준으로 삼아 기저선 교정(baseline correction)을 실시하였다. 조건에 따라 피험자별 각 시행의 뇌파를 평균하였고, 평균계산에 사용된 시행은 반응시간에 사용하였던 시행들과 동일하였으며, 평균한 피험자들의 뇌파를 이용하여 전체 평균 사건관련전위(grand average ERP)를 계산하였다.

반응시간에 대한 통계분석에서는 각 과제에서 일치조건과 불일치조건에 대한 일원변량분석을 실시하였다. 그리고 신경생리학적 자료에 대한 통계분석을 위해 색/방위 및 탐지/위치 정보처리가 발생하는 곳으로 알려진 두정엽과 측두엽 영역의 전체평균 사건관련전위에 대한 육안검사(visual inspection)를 실시한 결과, 색 변별, 방위 변별과제에서는 자극제시 후 400~500msec 구간의 측두엽의 T7, T8영역에서, 탐지과제와 위치 변별과제에서는 300~400msec 구간의 두정엽의 Pz 영역에서 일치조건과 불일치조건 간 사건관련전위의 유의미한 차이가 있을 것으로 기대되었다. 따라서 두정엽 영역인 Pz영역과 측두엽 영역인 T7과 T8영역의 일치조건과 불일치조건의 사건관련전위에 대한 통계분석을 실시하였다.



## 결 과

탐지과제, 색 변별과제와 위치 변별과제에서 피험자의 움직임과 졸음 등으로 발생한 인위적 뇌파로 인해 많은 시행이 제거된 뇌파 측정 자료는 신호 대 잡음비가 낮을 것으로 예상되어 탐지과제, 색 변별과제에서 6명과 위치 변별과제에서 4명의 행동자료와 뇌파자료를 전체분석에서 제외하였고, 방위 변별과제에서는 오답율의 비율이 15%가 넘는 8명 피험자의 행동자료와 뇌파자료가 전체분석에서 제외하였다. 반복측정변량분석을 실시하기 위해 방위 변별과제에서 제거된 피험자들 중 탐지과제, 색 변별, 위치 변별과제에 포함된 피험자들은 추가적으로 제거하여 모든 과제의 피험자 수는 8명으로 일치시켰다.

각 과제의 반응시간 분석결과를 살펴보면, 탐지과제수행 시 일치조건과 불일치조건 각각의 피험자 반응시간 평균은 각각 320msec 그리고 322msec 였으며 둘 간의 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다. 위치 변별과제 수행 시 일치조건에서 피험자의 반응시간 평균은 390msec 이었고 불일치조건에서의 반응시간 평균은 398msec 이었는데 이 차이 역시 통계적으로 유의미하지 않았다. 하지만 색 변별과제 수행 시 일치조건에서의 반응시간(487msec)은 불일치조건에서의 반응시간(510msec)보다 빨랐는데 이 차이는 통계적으로 유의미 하였다( $F(1, 7) = 18.181, p = .004$ ). 또한 방위 변별과제 수행 시 일치조건에서의 반응시간(624msec)도 불일치조건에서의 반응시간(657msec)보다 빨랐으며 이 차이 역시 통계적으로 유의미 하였다( $F(1, 7) = 6.526, p = .038$ ). Tanaka와 Shimojo가 발견한 탐지 및 위치 변별과제에서의 회귀억제는 발견되지 않았지만 색 변별 및 방위 변별과제에서 회귀축진 효과가 발견되었다.

사건관련전위 분석을 위해서 탐지과제와 위치 변별과제에서 300~400 msec 구간, 색과 방위 변별과제에서 400~500 msec 구간의 각 영역별 일치조건과 불일치조건의 평균전위를 이용하여 삼원 반복측정변량분석(repeated measures ANOVA)을 실시하였고, 추가적으로 상호작용의 의미를 좀 더 명확히 파악하기 위하여 각 과제에서 각 영역의 일치조건과 불일치조건에 대한 변량분석을 실시하였다. 변량분석에

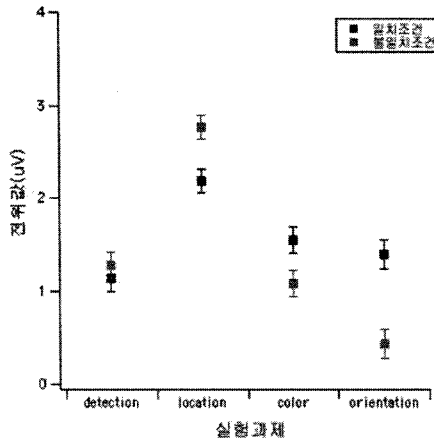
서는 비구형도(non-sphericity)에 대한Greenhouse-Geisser 교정을 하였다.

Tanaka와 Shimojo의 제안처럼 회귀억제와 회귀촉진이 각각 두정엽 영역과 측두엽 영역에서 처리될 것으로 알려진 탐지/위치 변별과제와 색 변별/방위 변별과제에서 발생하는지 알아보기 위해 4개 과제(탐지/위치 변별/색 변별/방위 변별)와 3개 영역(Pz/T7/T8) 그리고 2개 조건(일치/불일치)간의 상호작용 효과를 검증하였다. 하지만 삼원상호작용 효과는 유의미 하지 않았다. 과제별 일치조건과 불일치조건간의 차이가 일정한 패턴을 보였는데, 일반적으로 탐지과제와 위치 변별과제에서는 불일치조건의 평균전위가, 색 변별과제와 방위 변별과제에서는 일치조건의 평균전위가 높은 결과를 보였다( $F(3, 21) = 7.974, p = .003$ , 그림 2 (a) 참조). 각 영역별로 구분 하였을 경우 Pz 영역에서는 탐지과제와 위치 변별과제의 불일치조건의 평균전위가 일치조건의 평균전위보다 높았고, 색과 방위 변별과제에서는 불일치조건의 평균전위가 일치조건의 평균전위보다 높았으며, 통계적으로도 유의미하였다( $F(3, 21) = 4.549, p = .03$ , 그림 2 (b) 참조). T7 영역과 T8 영역에서도 동일한 유형의 결과를 보였고, 모두 통계적으로 유의미하였다(T7 영역:  $F(3, 21) = 6.061, p = .01$ , T8 영역 :  $F(3, 21) = 5.129, p = .034$ , 그림 2 (c), (d) 참조).

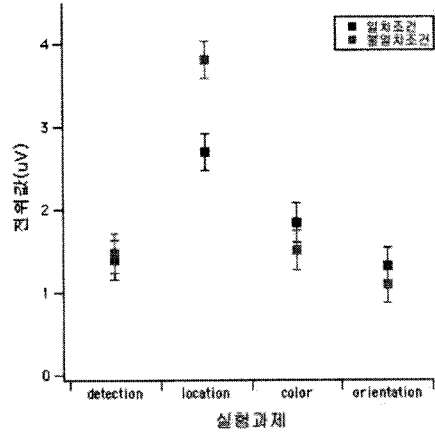
표 1. 과제별 일치조건과 불일치조건에서의 반응시간 및 두 조건 간 차이의 통계적 유의확률

과제	일치조건(msec)	불일치조건(msec)	유의확률
탐지과제	320 ms	322 ms	.668
위치 변별과제	390 ms	398 ms	.636
색 변별과제	487 ms	510 ms	.004**
방위 변별과제	624 ms	657 ms	.038*

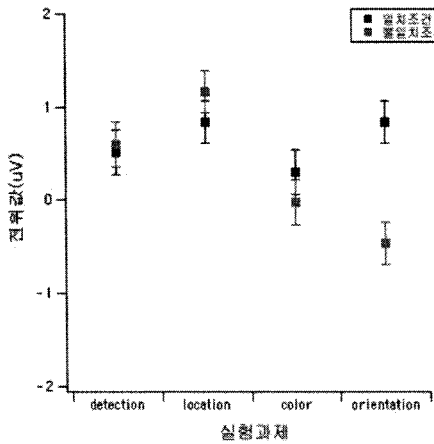
\*p < .05, \*\*p < .01



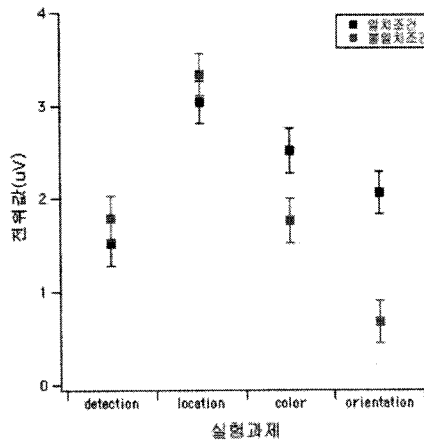
(a) 각 과제의 일치조건/불일치조건의 전위값



(b) Pz 영역 일치조건/불일치조건의 전위값



(c) T7 영역 일치조건/불일치조건의 전위값



(d) T8 영역 일치조건/불일치조건의 전위값

그림 2. (a) 각 과제의 일치조건과 불일치조건의 전위값( $\mu V$ ), (b) Pz 영역의 일치조건과 불일치조건의 전위값, (c) T7 영역의 일치조건과 불일치조건의 전위값, (d) T8 영역의 일치조건과 불일치조건의 전위값. 각 그림에서 검은색은 일치조건, 회색은 불일치조건을 나타낸다.

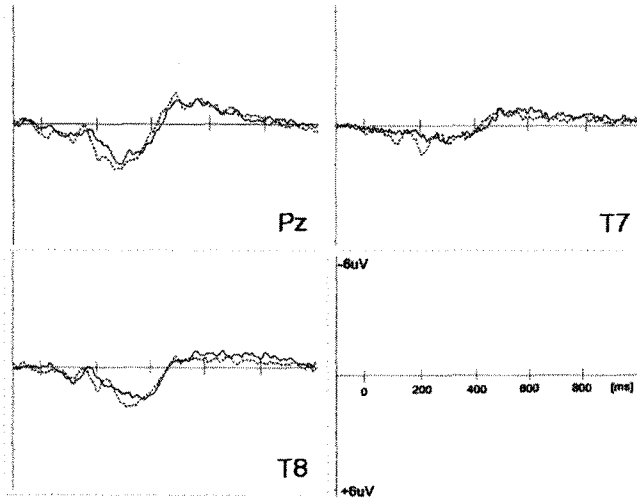


그림 3. 탐지과제 수행동안의 사건관련 전위 전체평균. 실선은 일치조건에서의 사건관련 전위를 그리고 점선은 불일치조건에서의 사건관련전위를 나타낸다. 세로축에 표시된 전위는 관례상 음극이 위쪽 그리고, 양극이 아래쪽을 향하고 있다.

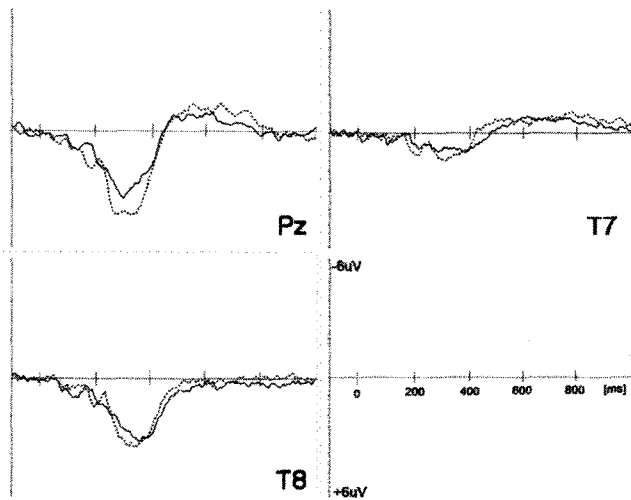


그림 4. 위치 변별과제 수행동안의 사건관련 전위 전체평균. 실선은 일치조건에서의 사건관련 전위를 그리고 점선은 불일치조건에서의 사건관련전위를 나타낸다. 세로축에 표시된 전위는 관례상 음극이 위쪽 그리고, 양극이 아래쪽을 향하고 있다.

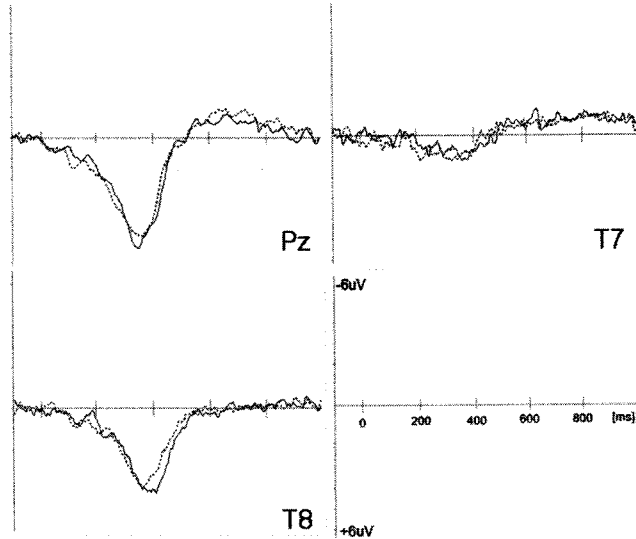


그림 5. 색 변별과제 수행동안의 사건관련 전위 전체평균. 실선은 일치조건에서의 사건관련 전위를 그리고 점선은 불일치조건에서의 사건관련전위를 나타낸다. 세로축에 표시된 전위는 관례상 음극이 위쪽 그리고, 양극이 아래쪽을 향하고 있다.

영역별로 구분하여 분석하였을 경우 4개 과제와 2개 조건간의 상호작용이 3개 영역 모두에서 관찰되었는데, 4개 과제로 자료를 구분하였을 경우 각각의 영역에서 두 조건 간에 차이가 있는지를 검증하기 위하여 일원변량분석을 실시하였다. 탐지과제에서는 두정엽과 측두엽 모두에서 일치조건과 불일치조건의 유의미한 차이가 발견되지 않았다. 위치 변별과제에서는 Pz영역에서 불일치조건의 평균전위 ( $4.15\mu V$ )가 일치조건의 평균전위( $2.21\mu V$ )보다 높았고, 이는 통계적으로 유의미하였다( $F(1, 11) = 7.627, p = .028$ , 그림 4 참조). 색 변별과제에서는 T8영역에서 일치조건의 평균전위( $2.91\mu V$ )는 불일치조건의 평균전위( $2.05\mu V$ )보다 높았는데, 이는 통계적으로 유의미하였다( $F(1, 9) = 11.173, p = .012$ , 그림 5 참조). 방위 변별과제에서는 T7영역과 T8영역 모두에서 일치조건의 평균전위가 불일치조건보다 빠른 결과를 보였는데, 모두 통계적으로 유의미한 경향성을 보였다(T7:  $F(1, 7) = 4.759, p = .065$ ; T8:  $F(1, 7) = 3.7, p = .096$ , 그림 6 참조).

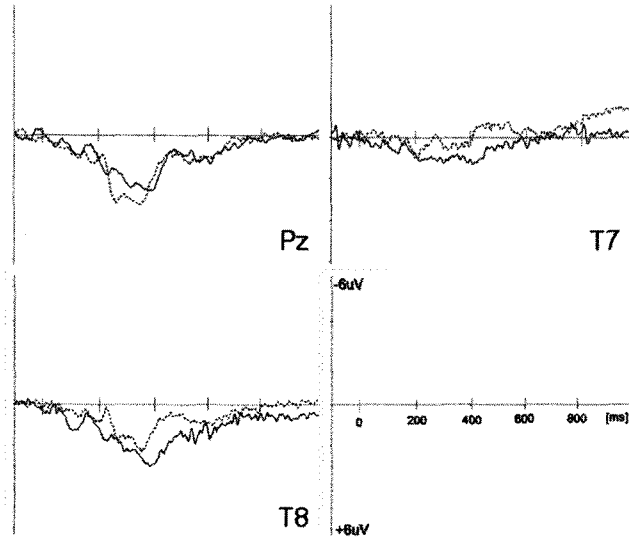


그림 6. 방위 변별과제 동안의 사건관련 전위 전체평균. 실선은 일치조건에서의 사건관련 전위를 그리고 점선은 불일치조건에서의 사건관련전위를 나타낸다. 세로축에 표시된 전위는 관례상 음극이 위쪽 그리고, 양극이 아래쪽을 향하고 있다.

## 논 의

본 연구의 목적은 Tanaka와 Shimojo(1996)의 제안처럼 회귀억제와 회귀촉진이 각각 두정엽 및 측두엽 경로의 정보처리와 관련성이 있는지를 검증하고 동시에 회귀억제와 회귀촉진 현상이 정보처리의 어느 단계에서 발생하는지를 규명하는 것이었다. Tanaka와 Shimojo의 연구 결과와 달리, 본 연구에서는 탐지과제와 위치 변별과제에서 회귀억제 현상이 발견되지 않았다. 하지만 색 변별과 방위 변별과제에서 회귀촉진현상은 발견되었다. Tanaka와 Shimojo의 제안처럼 회귀억제와 촉진이 각각 두정엽 및 측두엽 경로의 정보처리와 관련이 있는지 검증하기 위해 사건관련전위를 이용하여 4개 과제(탐지/위치 변별/색 변별/방위 변별)와 3개 영역(Pz/T7/T8) 그리고 2개 조건(일치/불일치)간의 상호작용 효과를 검증하였는데 유의미한 삼원상호작용 효과를 발견하지 못하였다. 전반적으로 탐지과제와 위치 변별과제 수행 시

불일치조건에서의 전위가 일치조건에서의 전위보다 높았으며 반대로 색 변별과제와 방위변별과제 수행 시에는 일치조건에서의 전위가 불일치조건에서의 전위보다 높았으며 이와 같은 과제와 조건간의 상호작용 패턴은 세 개 관심영역 모두에서 발견되었다. 삼원상호작용 효과가 통계적으로 무의미하고 동시에 세 개 관심영역에서 동일한 패턴의 과제와 조건간의 이원상호작용이 발견되었다는 것은 회귀억제와 회귀축진이 각각 두정엽과 측두엽 경로의 정보처리와 관련이 있다는 Tanaka와 Shimojo의 제안을 지지할 강력한 증거를 확보하지 못하였음을 시사한다.

Tanaka와 Shimojo(1996)의 제안을 지지할 강력한 신경생리학적 증거를 확보하지는 못하였지만 그들의 제안을 일부 지지하는 결과를 획득하였다. 영역별 과제와 조건간의 이원상호작용 효과를 심도 있게 분석하기 위하여 사건관련전위 데이터를 각 과제별, 영역별로 분리한 후 일치조건과 불일치조건간의 차이를 검증하였는데 탐지과제에서는 세 영역 모두에서 일치조건과 불일치조건 간 사건관련전위의 유의미한 차이를 발견하지 못하였지만, 색 변별과제, 방위 변별과제 그리고 위치 변별과제에서는 일부 유의미한 차이를 발견하였다. 특히 색 변별과제의 경우, T8영역에서 유의미한 차이를 발견한데 반하여 Pz영역에서는 유의미한 차이를 발견하지 못하였고, 방위 변별과제의 경우, T7과 T8에서 유의미한 경향성을 발견한데 반하여 Pz영역에서는 유의미한 차이를 발견하지 못하였고, 위치 변별과제의 경우, Pz영역에서는 유의미한 차이를 발견한데 반하여 T7과 T8에서는 유의미한 차이를 발견하지 못하였다. 주의해야 할 것은 이와 같은 자료가 Tanaka와 Shimojo의 제안을 지지할 강력한 증거가 될 수는 없는데, 왜냐하면 이와 같은 신경 생리학적 데이터는 두정엽 영역 중에서 Pz 영역, 그리고 측두엽 영역 중에서는 T7, T8 영역에 제한되기 때문이다.

본 연구에서 회귀억제 현상이 발견되지 않은 이유 중 하나는 Tanaka와 Shimojo(1996)의 연구와 달리 반응-자극제시 간격이 700msec로 동일했다는 점을 들 수 있다. Tanaka와 Shimojo의 연구에서 전 반응-자극제시 간격 구간에서 회귀축진과 회귀억제를 발견하였기 때문에 본 연구에서는 피험자의 피로로 인한 뇌파의 오염을 피하기 위하여 반응-제시 간격을 한 가지로 줄였다. 이로 인해 피험자는 시행의 반복을 통해 이전 표적과 다음표적이 제시되는 시간을 예측할 수 있었을 것이고, 다음 시행의 표적이 제시될 시점을 예측하여 반응했을 가능성이 있다. 따라서 반응

시간이 짧은 탐지과제와 위치 변별과제에서는 반응시간 효과가 상쇄되었을 가능성이 있다. 또한 Posner와 Cohen(1984)이 회귀억제를 발견하였을 때 실험방법은 단서와 표적이 제시되는 위치에 따라 일치조건과 불일치조건을 구분하는 단서-표적 방법(cue-target paradigm)이었지만, 본 연구에서는 Tanaka와 Shimojo의 연구와 동일하게 각 시행의 표적에 따라 일치조건과 불일치조건을 구분하는 표적-표적 방법(target-target paradigm)을 사용하였다. 비록 Tanaka와 Shimojo의 연구에서 회귀억제 현상이 발견되었을지라도, 표적-표적 방법이 회귀억제 연구의 주된 방법이 아닌 점은 연구 결과에 영향을 미쳤을 것이다. 또한 눈 운동은 회귀억제 현상이 발생하는데 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있으나(Rafal, Calabresib, Brennanb, & Sciolto, 1989), 본 연구에서 피험자들은 눈 운동을 못하도록 통제받았다. 이처럼 실험 방법의 차이와 눈 운동에 대한 제약 때문에 본 연구에서 회귀억제현상을 발견하지 못하였을 가능성이 있다.

제한적이기는 하지만 색 변별/방위 변별/위치 변별과제에서 일치조건과 불일치조건간의 사건관련전위 차이가 일부 영역에서 관찰되었다. 색 변별, 방위 변별과제 동안의 T7/T8 영역의 사건관련전위에서 일치조건의 평균전위가 불일치조건에 비하여 유의미하게 크게 나타나거나 경향성을 보였다. 일반적으로 사건관련전위 기법에서 전위에 대한 해석의 기준은 정해진 것이 없지만 크게 기록된 전위는 피험자가 과제수행을 위해 많은 인지적 자원을 할당한 것이라고 해석할 수 있다. 그러므로 본 연구의 결과는 일치조건에서 인지적 자원이 많이 할당되어 전위가 증가하였고, 반응시간이 빠르게 나타났음을 시사한다. 흥미롭게도 위치 변별과제에서 반응시간 자료는 회귀억제 현상을 보여주지 못했지만 뇌파측정 자료는 Pz 영역에서 유의미한 결과를 보였다. 또한 색 변별, 방위 변별과제와는 반대로 위치 변별과제의 Pz영역에서 불일치조건의 평균전위가 일치조건의 것보다 크게 나타난 것을 볼 수 있다. 이와 같은 자료는, 일치조건보다 불일치조건에서의 정보처리에 더 많은 인지적 자원이 할당된 것으로 해석할 수 있다. 이는 신경생리학적으로 색 변별, 방위 변별과제의 결과와 비교하였을 때, 적절한 실험패러다임이 적용될 경우 위치 변별과제에서 회귀억제 현상이 발견될 가능성이 있음을 시사한다. 또한 위치 변별과제와 색 변별, 방위 변별과제 간 ERP 패턴(pattern)의 차이는 색과 방위 그리고 위치에 대한 정보처리 방식이 상이할 가능성을 시사한다.



회귀억제가 발생하는 정보처리 단계에 대한 신경생리학적 결과는 정신물리학적 결과에 비해 매우 적다. 그 중 McDonald, Ward, & Kiehl(1999)은 P1, P2 성분에서 일치조건과 불일치조건을 비교하여 이 결과를 바탕으로 초기 정보처리 단계에서 회귀억제가 발생한다고 주장하였다. Wascher & Tipper(2004)는 두정엽 영역에서 Nd310 성분을 이용하여 일치조건과 불일치조건을 비교하였으며, 이들은 정보처리의 후기 단계에서 회귀억제가 발생함을 주장하였다. Prime와 Ward(2006)는 반응 준비단계에 발생하는 것으로 알려진 LRP성분(Lateralized Readiness Potential Component)을 이용하여 일치조건과 불일치조건을 비교함으로써 두 조건 간 유의미한 차이를 발견하였는데, 이 결과를 바탕으로 회귀억제현상은 운동 전 단계에서 발생한다고 주장하였다. 본 연구의 결과는 위치 변별과제의 300 ~ 400msec 구간에서, 색 변별, 방위 변별과제의 400 ~ 500msec 구간에서 일치조건과 불일치조건 간 사건관련전위의 유의미한 차이를 보였는데, 각 과제별 두 조건에서의 사건관련 유발전위 차이가 나타나는 구간대와 표 1의 각 과제별 반응시간을 비교해 보면 이와 같은 조건 간 유발전위의 차이가 과제별 피험자의 반응이 발생하기 직전인 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 회귀축진과 회귀억제의 발생 시기는 반응이 일어나기 전인 운동 전 단계이며, 회귀축진 및 억제 현상은 정보처리 초기 단계 아닌 후기단계에서 발생할 가능성을 시사한다. 이는 회귀억제 현상이 운동 전 단계에서 발생한다고 주장한 Prime와 Ward(2006)의 결과와 정보처리 후기 단계에서 발생한다는 Wascher & Tipper(2004)의 결과를 지지한다.

본 연구는 Tanaka와 Shimojo가 제안한 것처럼 회귀억제는 두정엽 경로에서의 정보처리에 의해 발생하고 회귀축진은 측두엽 경로에서의 정보처리에 의해 발생하는지를 사건관련전위 기법을 이용하여 검증하였다. 반응시간 연구결과, 측두엽 경로에서 처리될 것으로 예상되는 색 변별, 방위 변별과제에서 회귀축진 현상이 발견되었고 제한적이기는 하지만 실제 측두엽 영역 일부(T7/T8)에서 회귀축진 현상이 발생함을 시사하는 연구결과를 획득하였다. 반응시간 연구결과, 탐지과제와 위치 변별과제에서는 회귀억제 현상을 발견하지 못하였으나, 신경생리학적 자료는 미약하지만 위치 변별과제 수행 시에 일부 두정엽 영역(P2)에서 회귀억제가 발생할 가능성을 보여주었다. 또한 반응시간 직전 발생하는 사건관련전위에서의 일치조건과 불일치조건 간 차이는 회귀억제와 회귀축진이 정보처리 후기단계에서 발생할 가능

성을 시사한다. 종합적으로 판단할 때, 본 연구가 회귀촉진과 회귀억제가 상이한 정보처리 경로와 관련이 있을 수 있다는 제한적인 가능성을 확인하기는 하였지만 상이한 정보처리 경로가 회귀촉진과 회귀억제에 관련이 있다는 가설에 대한 보다 확실적인 결론은 추가적인 연구를 필요로 한다.

### 참고문헌

- [1] Abrams, R. A., & Dobkis R. S. (1994). Inhibition of return: Effects of attentional cuing on eye movement latencies. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 467-477.
- [2] Duncan, J. (1993). Coordination of what and where in visual attention. *Perception*, 22, 1261-1270.
- [3] Fuentes, L. J., Vivas, A. B., & Humphreys, G. W. (1999). Inhibitory mechanisms of attentional networks: spatial and semantic inhibitory processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 1114-1126.
- [4] Godijn, R., & Theeuwes, J. (2002). Oculomotor capture and inhibition of return: evidence for an oculomotor suppression account of IOR. *Psychological Research*, 66, 234-246.
- [5] Gratton, G., & Coles, M. G. H., & Donchin, E. (1983). A new method for offline removal of ocular artifact. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 55, 468-484.
- [6] Ivanoff, J., & Klein, R. M. (2001). The presence of nonresponding effector increases inhibition of return. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8, 307-314.
- [7] Klein, R.M., Taylor, T. L., 1994. *Categories of cognitive inhibition, with reference to attention*. In: Dagenbach, D., Carr, T. H. (Eds.), *Inhibitory Processes in Attention, Memory, and Language*. Academic Press, San Diego, pp.113 - 150.
- [8] Klein, R. M. (2000). Inhibition of return. *Trends in Cognition Science*, 4, 138-147.
- [9] Luck, S. J., Woodman, G. F., & Vogel, E. K. (2000). Event-related potential studies of

- attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 432-420.
- [10] McDonald, J. J., Ward, L. M., & Kiehl, K. A. (1999). An event-related brain potential study of inhibition of return. *Perception & Psychophysics*, 61, 1411-1423.
- [11] Mishkin, M., Ungerleider, L. G., & Macko, K. A. (1983). Object vision and spatial vision: two cortical pathways. *Trends in Neuroscience*, 6, 414-417.
- [12] Mondor, T. A., Terrio, N. A., & Hurlburt, J. (2000). On the role of eye movements and saccade preparation in generating auditory inhibition of return. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 54, 326-338.
- [13] Posner, M. I., Nissen, M. J., & Ogden, W. C. (1978). *Attended and unattended processing modes: The role of set for spatial location*. In H. Oick & E. Saltzman (Eds.), *Modes of perceiving and processing information* (pp. 137-157). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- [14] Posner, M. I., Rafal, R. D., Choate, L. S., & Vaughan, J. (1985). Inhibition of return: neural basis and function. *Cognitive Neuropsychology*, 2, 211-228.
- [15] Pratt, J., & Castel, A. D. (2001). Responding to feature or location: a re-examination of inhibition of return and facilitation of return. *Vision Research*, 41, 3903-3908.
- [16] Prime, D. J., & Ward, L. M. (2006). Cortical expressions of inhibition of return. *Brain Research*, 1072, 161-174.
- [17] Rafal, R. D., Calabresib, P. A., Brennanb, C. W., & Sciolto, T. K. (1989). Saccade preparation inhibits reorienting to recently attended locations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 673-685
- [18] Reuter-Lorenz, P. A., Jha, A. P., & Rosenquist, J. N. (1996). What is inhibited in inhibition of return. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 367-378.
- [19] Roder, B., Spence, C., & Rosler, F. (2002). Assessing the effect of posture change on tactile inhibition-of-return. *Experimental Brain Research*, 143, 453-462.
- [20] Schmidt, W. C. (1996). Inhibition of return without visual input. *Neuropsychologia*, 34, 943-952.
- [21] Spence, C., & Driver, J. (1997). Audiovisual links in exogenous covert spatial

- orienting. *Perception & Psychophysics*, 59, 1-22.
- [22] Spence, C., & Driver, J. (1998a). Inhibition of return following an auditory cue. *Experimental Brain Research*, 118, 352-360.
- [23] Spence, C., & Driver, J. (1998b). Auditory and audiovisual inhibition of return. *Perception & Psychophysics*, 60, 125-139.
- [24] Spence, C., Lloyd, D., McGlone, F., Nicholls, M. E. R., & Driver, J. (2000). Inhibition of return is supramodal: a demonstration between all possible pairings of vision, touch, and audition. *Experimental Brain Research*, 134, 42-48.
- [25] Tassinari, G., Aglioti, S., Chelazzi, L., Marzi, C. A., & Berlucchi, G. (1987). Distribution in the visual field of the costs of voluntarily associated attention and of the inhibitory after-effects of covert orienting. *Neuropsychologia*, 25, 55-71.
- [26] Taylor, T. L., & Klein, R. M. (2000). On the causes and effects of inhibition of return. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 625-643.
- [27] Wascher, E., & Tipper, S. P. (2004). Revealing effects of noninformative spatial cues: An EEG study of inhibition of return. *Psychophysiology*, 41, 716-728.
- [28] Weiskrantz, L., Warrington, E. E., Sanders, M. D., & Marshall, J. (1974). Visual capacity in the hemianomic field following a restricted occipital ablation. *Brain*, 97, 704-728.

1 차원고접수 : 2008. 11. 3  
2 차원고접수 : 2009. 2. 20  
최종게재승인 : 2009. 3. 4

(Abstract)

## Temporal/Regional properties of inhibition/facilitation of return: ERP study

Jun-Ho Seo

Hyung-Chul O. Li

Department of Industrial Psychology, Kwangwoon University, Seoul, Korea

The purpose of the present research was to examine whether the parietal pathway and the temporal pathway were responsible for the phenomena of the inhibition of return and the facilitation of return respectively and at what stage of the information processing they occurred. The response time and the ERPs(event-related potentials) were examined in the two conditions(the valid condition and the invalid condition) while subjects were doing detection task, location discrimination task, color discrimination task and orientation discrimination task in separate sessions. No significant response time difference was found between the valid and the invalid conditions when subjects did the detection task as well as the location discrimination task. However, significant response time difference was found when they did the color discrimination as well as the orientation discrimination task. Futhermore, there was a significant difference of ERP difference between the two conditions in the Pz area when subjects were doing location discrimination task and significant difference was found in the T7 area when they were doing color discrimination task and marginal difference was found in T7/T8 area when they were doing orientation discrimination task just before they responded. These results imply the possibility that both the inhibition of return and the facilitation of return occur in the parietal and in the temporal pathway respectively in the late stage of information processing.

*Keywords : inhibition of return, facilitation of return, event-related potential*