

차폐 자극이 시각 작업 기억 비교 과정에 미치는 영향*

현 주 석[†]

중앙대학교 심리학과

변화 탐지 과제(change-detection task)에서 시각 작업 기억에 저장된 정보는 감각 기관을 통해 유입되는 정보와 비교(comparison)되는 과정을 필요로 한다(Hyun 2006). 본 연구에서는 검사 항목이 제시된 직 후 차폐 자극을 제시하여 차폐에 의한 변화 탐지 정확도의 변화와 검사 항목에 의해 유발된 사건 관련 전위의 변화를 조사하였다. 피험자는 색상을 서로 달리하는 네 개의 정사각형과 뒤이어 제시된 또 다른 네 개의 정사각형간 색상 변화의 유무를 보고하는 변화 탐지 과제를 수행하였다. 검사 자극이 사라진 후 약 17ms 후 색상 차폐 자극이 각 사각형의 위치에 제시되었다. 변화 탐지 정확도는 차폐 자극이 제시된 조건에서 저하되었으며, 검사 자극에 의해 유발된 사건 관련 전위(N2pc) 또한 그 발현 정도가 현저히 저하되었다. 이는 검사 자극에 뒤이어 제시된 패턴 차폐 자극이 작업 기억에 저장된 정보를 감각 표상과 비교하는 과정을 방해함을 의미한다.

주요어 : 변화 탐지 과제, 시각 작업 기억, 비교, 차폐, 사건 관련 전위

* 본 연구는 중앙대학교 학술연구비 지원에 의한 것임.

[†] 교신저자 : 현주석, 중앙대학교 문과대학 심리학과, (156-756) 서울시 동작구 흑석동 221번지
E-mail: jshyun@cau.ac.kr

감각 기관을 통해 유입되는 많은 정보 중 수행에 필요한 것들만을 짧은 시간동안 기억하는 능력은 일상의 과제 수행에 매우 중요할 수 있다. 전화를 걸기 위해 메모된 전화번호를 잠시 기억해 되뇌면서 해당되는 번호 단추를 누르는 것은 대표적인 예가 된다. 기억에 관한 기존 이론은 정보의 단기적 저장(short-term storage)과 저장된 정보에 대한 능동적 유지(active maintenance)가 주된 기능이 되는 기억 저장소를 작업 기억(working memory)이라 명하였다(Baddeley, 1986). 작업 기억의 하위 구조에 대한 연구들은 시각 작업 기억(visual working memory)이 개별 세부 특징(예: 색상, 방위, 형태) 단위보다는 객체 중심적으로(object-based) 3-4개 정도의 제한된 갯수의 항목만을 저장함을 밝혀냈다(Cowan, 2001; Luck & Vogel, 1997; Vogel, Woodman, & Luck, 2001).

최근 작업 기억 연구는 작업 기억 내 표상들이 지각적 수준(perceptual level) 으로부터 기억 표상으로 전환되고 기억 저장소에 파지(retention)되는 처리 과정을 조사하였다. Vogel, Woodman과 Luck(2006)은 기억해야 할 자극의 제시 직후 차폐(masking) 자극을 제시함으로써 작업 기억의 초기 표상 형성 과정을 방해하였다. 그 결과 작업 기억에 저장된 항목의 수는 기억 자극과 차폐 자극 사이의 시간 간격(target-mask onset asynchrony)이 늘어남에 따라 증가하였다. 이 결과는 견고한 기억 표상의 형성을 위해서는 기억해야 할 항목의 수와 비례하여 그 소요 시간이 증가하는 기억 공고화 과정(consolidation)이 필요함을 시사한다.

기억 항목의 제시와 동시에 유도되는 사건 관련 전위(event-related potentials; ERPs)의 발현

특성을 조사한 최근 연구는 기억 항목이 제시된 시야와 동측(同側, ipsilateral)에 부착된 두피 전극들 보다는 대측(對側, contralateral)에 부착된 전극들에서 더욱 현저한 사건 관련 전위 활동이 관찰됨을 보고하였다(Vogel & Machizawa, 2004; Vogel, McCollough, & Machizawa, 2005). 이와 같은 대측 활동은 기억 자극 제시로부터 검사 자극이 제시될 때까지 지속되었으며 피험자가 기억하고 있는 항목의 갯수와 직접적이고 분명한 상관성이 있었다. Vogel 등(Vogel & Machizawa, 2005)이 관찰한 대측 지연 활동(contralateral delayed activity)은 기존의 신경 생리학적 측정치가 작업 기억의 용량보다는 자극의 선별과 유지를 관장하는 중앙 처리 시스템(central executive system)의 부하 정도만을 측정하고 있었다는 한계점을 극복한 매우 중요한 결과이다.

작업 기억의 표상과 유지에 대한 기존 연구들에는 그림에도 불구하고 명백한 문제점이 존재한다. 즉, 기억된 표상의 양적 그리고 질적 평가(assessment)에 관여하는 처리 과정에 대한 논의가 결여되어 있다는 점이다. 기억된 표상의 정확도를 결정하는 과정은 단지 기억된 표상을 형성하고 유지하는 과정에만 국한된 것이 아니라 그 표상을 검사(test)하는 일련의 과정을 포함한다. 여기에는 작업 기억에 저장된 기억 표상과 검사 자극의 지각 표상 사이에 비교(comparison)라는 반드시 거쳐야 할 과정이 있다. 기억 재인과 관련된 모든 검사 과제의 행동적 수행 측정치는 이 비교 과정의 결과에 의존한다고 해도 과언이 아니다. 이러한 중요성에도 불구하고 기존의 대표적 작업 기억 연구들에는 작업 기억에 저장되는 기억

표상을 형성하고 유지하는 표상적 수준의 처리가 성공적일 경우, 기억-검사간 비교 과정 또한 성공적으로 수행된다는 검증되지 않은 전제가 깔려있다.

본 연구는 검사 항목의 제시 직후 차폐 자극을 제시하고, 검사 자극에 의해 유발된 사건 관련 전위를 통해 차폐 자극이 일으킨 방해현상을 관찰함으로써 비교 과정의 특성을 조사하였다. 시각적 차폐가 검사 자극을 뒤따를 경우 기억 자극에 대한 인출과 검사 자극에 대한 지각적 처리를 방해하여 기억-검사 표상간 비교 과정에 방해 현상이 발생할 수 있다. 이 방해 현상은 기억된 항목과 다른 검사 항목에 의해 발생하는 변화 탐지 사건(change-detection event)의 독특성(saliency)을 감소시킨다. 독특성의 감소는 기억과 검사간 변화의 위치로의 주의 집중을 방해할 수 있으며, 본 연구에서는 이와 같은 주의 집중 현상의 이상 유무를 관찰하여 비교 과정에서 발생한 방해 현상의 특성을 알아보고자 한다.

Vogel등(2006)은 비교 과정에 발생하는 방해 현상을 조사하지는 않았으나, 그들의 실험에서 사용된 차폐 자극이 방해를 일으키는 정보 처리 수준이 지각적 처리 수준이 아닌 시각 작업 기억의 부호화(encoding) 단계임을 시사하는 증거를 제시하였다. 그들은 피험자로 하여금 특정 색상을 가진 표적 자극의 유무를 보고하는 세부 특징 탐색 과제(feature-search task)를 실시하고 탐색 항목의 제시 직후 차폐 자극을 제시하였다. 동일한 자극으로 구성된 변화 탐지 과제의 각 기억 항목에 차폐 자극을 제시했을 때의 변화 탐지 정확도와는 달리 탐색 과제의 표적 탐색 정확도는 95% 이상으로

매우 높았다. 이 결과는 기억 해야할 항목의 작업 기억 부호화 과정을 차폐 자극이 효과적으로 방해한 반면에, 항목들의 지각적 처리 과정은 방해하지 못했음을 의미한다. 본 연구는 이 점에 착안하여 Vogel등(2006)이 사용한 차폐 자극을 사용함으로써 검사 과정에서의 방해 현상 유무와, 방해 현상이 존재할 경우 그 영향을 받는 정보 처리 수준이 어떤 단계인지를 조사하였다.

기억과 검사 항목간 차이로 인한 변화 탐지 현상은 시야에 발생한 급작스런 변화로 인한 주의 집중 현상과 밀접한 관련이 있다. 기존의 시각적 주의 연구는 시야의 특정 위치에 급작스런 변화나 독특한 자극의 출현시 그 위치로 공간적 주의가 집중됨을 보고하였다(Mueller & Rabbit, 1989; Nakayama & Mackeben, 1989). 최근의 연구는 변화 탐지 과제에서 기억된 항목과 현저하게 다른 검사 항목이 제시된 시야상의 위치로 주의가 유도되는 현상을 보고하였다(Hyun, 2006; Hyun, Hollingworth, & Luck, 2006; Hyun, Woodman, Vogel, Niese, & Luck, 2003). 따라서 검사 항목 직후 비교 과정이 수행되는 과정에서 차폐 자극이 검사 항목을 뒤따를 경우 기억과 검사간 변화된 항목 위치로 주의 집중 현상이 방해받을 수 있다¹⁾.

주의 집중 과정을 연구하기 위한 측정법으로는 두피상의 미약한 전위 측정 변화를 기록하여 뇌에서 일어나는 전자기 생리학적 변화

1) 차폐 자극에 의해 주의 집중이 방해 받았다는 것은 기억과 검사 항목간 비교가 원활하게 이루어지지 않았다는 사실과 결과적으로, 검사 자극 제시와 동시에 변화된 항목의 유무 판단 또한 원활하지 못했음을 의미한다.

를 조사하는 방법이 있다. 두피상에서 나타나는 전위 변화(scalp potentials) 측정법은 심리적 사건(psychological event)이 발생한 시점에 맞추어 반복 측정된 전위를 평균하여 그 일반적인 패턴을 조사하는 사건 관련 전위법을 통해 시각 연구에 응용되어 왔다. 본 연구에서 집중적으로 조사된 사건 관련 전위는 N2pc(N2 post-contralateral) 성분이다. 주의 유도 자극 제시 후 200ms를 전후해 공간적 주의를 유도하는 자극이 존재하는 시야와 같은 쪽 반구의 전극들(ipsilateral hemispheric electrodes)에 비해 반대 쪽 반구의 전극들(contralateral hemispheric electrodes)에서 측정되는 두피 전위가 음극화(negative-going)된다. 기존의 많은 연구들이 이 음극화의 정도가 주의의 발현 정도와 직접적인 상관이 있음을 보고 하였다(Hyun, Woodman, & Luck, in press; Luck, Girelli, McDermott, & Ford, 1997; Luck & Hillyard, 1990, 1994a, 1994b; Woodman & Luck, 1999, 2003).

종합해 볼 때, 기억과 검사 항목들 사이의 변화에 의해 유도되는 주의 집중 유무는 N2pc

성분의 유무 또는 증감을 측정함으로써 정확히 조사할 수 있다. 본 연구에서는 차폐 자극을 제시한 조건과 제시하지 않은 조건에서의 N2pc 성분의 크기를 측정하여 비교하였다. 차폐 자극에 의한 비교 과정의 방해는 주의의 발현 정도를 약화시킬 것을 예견하였으며, 결과적으로 N2pc 성분의 크기 또한 감소할 것을 예상하였다.

실험

방법

실험참가자 아이오와 시(Iowa City) 지역에서 자원한 지역 시민들 중 18-30세 사이의 유급 피험자 9명이 참가하였다. 각 피험자는 신경학적으로 정상임을 보고하였으며 정상 색상 지각과 정상 시력 또는 정상 교정 시력을 보유하고 있음을 보고하였다.

자극과 절차 그림 1은 자극과 절차를 보여준다. 각 자극(0.8° x 0.8°)은 100cm거리를 두고

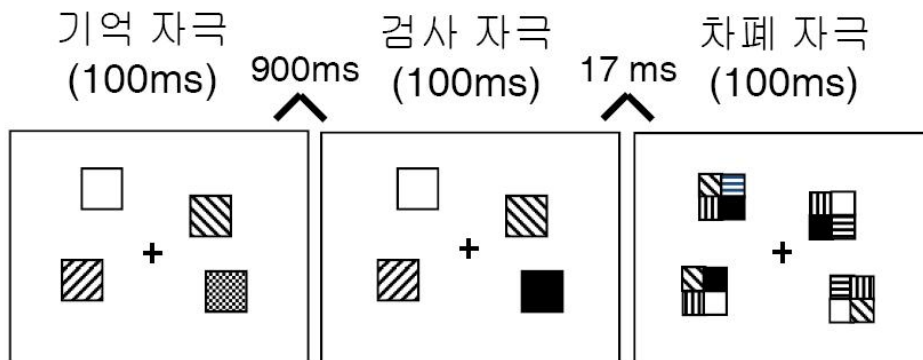


그림 1. 실험의 변화 있음 시행에서 사용된 자극과 절차. 변화 없음 시행의 경우 기억 자극과 검사 자극이 동일하였다. 각 시행은 응시점의 출현에 의해 시작되었다.

CRT 화면에 제시되었다. 각 자극은 균질한 회색 배경(10.29 cd/m^2)에 흰색(25.51 cd/m^2) 응시점($0.1^\circ \times 0.1^\circ$)을 중심으로 $8.2^\circ \times 8.2^\circ$ 크기의 정사각형 영역에 제시되었다. 각 자극의 광도와 색상을 측정하기 위해 Tektronix 사의 모델명 J17 색상 측정기가 사용되었으며, 1931 CIE (Commission International de L'Eclairage) 색상 좌표 체계를 적용하였다. 각 항목의 색상은 반복없이 다음의 8가지의 색상 중 무선적으로 선정되었다: 흰색(25.49 cd/m^2), 및 빨강($x = .625, y = .313, 8.05 \text{ cd/m}^2$), 파랑($x = .202, y = .131, 6.64 \text{ cd/m}^2$), 녹색($x = .321, y = .545, 14.17 \text{ cd/m}^2$), 검정($< 0.01 \text{ cd/m}^2$), 노랑($x = .458, y = .445, 24.99 \text{ cd/m}^2$), 하늘색($x = .221, y = .251, 16.90 \text{ cd/m}^2$), 자주색($x = .324, y = .151, 4.72 \text{ cd/m}^2$).

각 시행은 전 시행의 끝에서 250ms 동안 사라졌던 검은색 응시점의 재출현에 의해 시작되었다. 응시점이 출현하고 약 500ms 후 (400-600ms으로 변화) 기억 항목이 제시되었으며, 기억 및 검사항목은 각기 900ms의 기억 지연(delay) 시간을 사이에 두고 각기 100ms 동안 제시되었다. 각 시행내 응시점은 검사 항목이 제시된 후 약 3초 뒤에 사라졌다. 기억 및 검사 항목은 제 각기 서로 다른 색상을 가진 네 개의 정사각형 이었으며, 두 개씩 응시점의 좌우 시야에 제시되었다. 시야 내 두 항목의 위치는 무선화 되었다. 절반의 시행에서는 기억-검사간 한 항목이 색상이 달랐으며, 나머지 시행에서는 같았다. 차폐 자극($1.1^\circ \times 1.1^\circ$)은 Vogel 등(2006)의 실험에서 사용된 것과 동일하게 서로 다른 색을 가진 네 개의 작은 사각형($0.55^\circ \times 0.55^\circ$)의 조합으로 이루어진 패

턴 자극이었다. 차폐 자극은 전체 시행 중 절반의 시행에서만 제시되었으며 검사 항목 제시로부터 117ms 후, 즉 검사 항목이 사라진 후 17ms (interstimulus interval; ISI) 뒤에 제시되었다. 피험자는 총 192시행으로 구성된 구획을 5회에 걸쳐 반복 수행하였으며, 각 구획내 차폐 자극 있음 조건과 없음 조건 그리고 기억-검사간 변화 유무 조건의 숫자는 동일하였다. 각 구획 내 전체 시행의 제시 순서는 무선화 되었다.

피험자는 기억과 검사 항목 사이에 색깔이 변화하는 항목이 없으면 게임패드상의 두 단추 중 하나를 우세손(dominant hand)의 검지 손가락을 사용하여 눌렀으며, 그렇지 않으면 중지를 사용하여 다른 나머지 단추를 눌렀다. 피험자는 가능한 신속히 단추를 눌러 보고하도록 요구받았으나, 반응의 정확도 또한 강조되었다. 다섯 번의 반복 구획에 앞서 피험자는 과제에 대해 익숙해질 때까지 48 시행으로 구성된 연습 구획을 원하는 만큼 수행하였다.

자료 측정 및 분석 피험자의 뇌파(EEGs)는 신축성 있는 모자에 부착된 주석 소재의 전극(tin electrodes)을 사용하여 측정되었다. 전극은 국제 공인된 10/20 체계를 따른 10개(F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, T5, T6)와 비공인된 위치인 O1과 T5 정중앙에 부착된 OL 그리고 O2와 T6 정중앙에 위치한 OR 및 귀 뒤쪽에 위치한 마스토이드(mastoid) 전극이었다. 모든 전극들의 신호는 이 마스토이드 전극의 신호에 실시간 참조(reference) 되었다. 실시간 측정이 종료된 후 평균된 사건 관련 전위 파형들은 좌우측 마스토이드 전극에서 측정된 신호

의 평균에 다시 참조되었다. 수평 안구 운동을 측정하기 위해 좌우 눈의 측면에 부착된 전극으로부터 안구 전위(electrooculogram)가 측정되었다. 눈깜박임과 수직 안구 운동은 좌측 눈의 바로 아래에 부착된 또 다른 전극의 신호를 우측 마스토이드 전극의 신호에 참조함으로써 조사되었다. 전기 저항은 5k Ω 이하로 조정되었다. 뇌파와 안구 전위는 모두 SA Instrument사의 증폭기를 사용하여 증폭되었으며 0.01-80Hz의 대역의 뇌파만을 선별하여 250Hz의 속도로 디지털 신호화 되었다. 눈깜박임이나 눈운동이 일어났던 시행들은 행동적 그리고 사건 관련 전위 분석에서 모두 제거되었다. 기존의 관례에 따라 25%이상의 시행 제거가 필요했던 피험자는 자료 분석에서 제외되었으며, 최종 파형 분석에 앞서 오반응 시행들(error trials) 또한 자료 분석에서 제외되었다.

N2pc 성분은 각 전극의 좌우 두피상의 위치를 기준으로, 기억과 검사 자극간 색상이 변화하는 항목이 속한 시야가 대측(contralateral)인 경우와 동측(ipsilateral)인 경우의 시행들에서 얻어진 사건 관련 전위에서 색상이 변화하는 항목이 없었던 변화 없음 시행들(no-change trials)에서 얻어진 사건 관련 전위를 빼준 파형을 조사함으로써 측정되었다. 이와 같은 감산(subtraction) 처리 과정은 기억-검사간 변화(change)의 탐지 과정과 무관한 사건 관련 전위 성분들을 제거하기 위한 과정의 일환으로 실시되었다. N2pc의 평균 전위(mean amplitude)는 변화가 속한 시야 반대쪽 신호로부터 변화 없음 시행의 신호들을 빼낸 차이 파형(difference waves)들 중에서 중앙과 측면 후두부(medial and

lateral occipital) 그리고 후면 측두부(posterior temporal)에 위치한O1/O2, OL/OR 및 T5/6 전극들의 검사 자극 제시 후 200-400ms에 걸친 전위를 평균함으로써 측정되었다. 평균된 전위의 통계적 검증을 위한 변량 분석과정에서 모든 p 값은 Greenhouse-Geisser 교정(Jennings & Wood, 1976)에 의해 비구형도(nonsphericity)를 감안하여 교정되었다.

결 과

반응시간과 오반응률이 그림 2에 제시되었다. 반응시간과 오반응률은 시행 조건(기억-검사 시간 변화 항목 유무)과 차폐 자극 조건(차폐 자극 유무)의 두 요인에 대한 변량 분석을 통해 분석되었다. 반응 시간은 차폐 없음 조건보다 있음 조건에서 느린 것으로 나타났으며 이는 차폐 자극 요인의 유의미한 반응 시간 주효과와, $F(1, 8) = 6.18, p < .05$, 오반응률 주효과를 통해 지지되었다, $F(1, 8) = 39.36, p < .01$. 반응시간은 변화 있음 조건보다 없음 조건에서 약간 느렸지만 시행 변화 유무 조건 요인의 주효과는 유의미하지 않았다, $F(1, 8) = 2.22, NS$. 반면에 시행 변화 유무 조건에 따른 오반응률은 변화 없음 조건보다 있음 조건에서 유의미하게 낮았다, $F(1, 8) = 10.78, p < .05$. 차폐 유무와 시행 조건간 상호작용은 반응시간에 있어서 유의미하지 않았으며, $F(1, 8) = 3.65, NS$, 오반응률에 있어서도 유의미한 수준에 미치지 못하였다, $F < 1$. 종합해 볼 때, 차폐 자극은 변화 탐지 정확도를 저하시키고 반응 시간을 지연시켰으나 기억 항목과 검사 항목간 변화의 유무에 따른 변화 탐지 수행

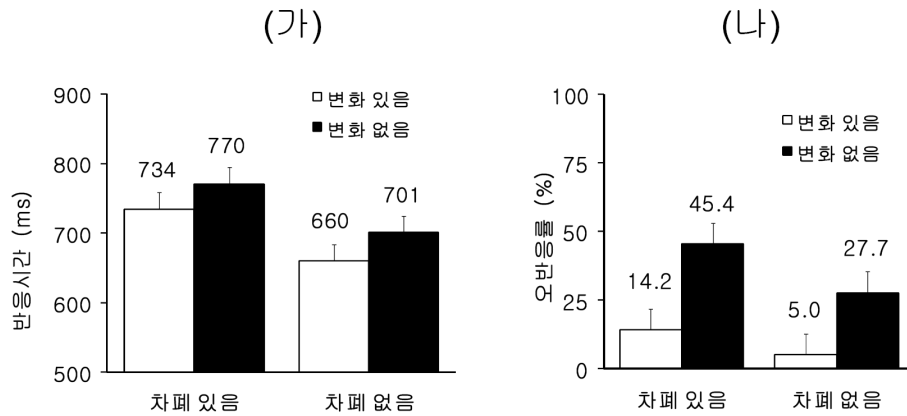


그림 2. (가) 반응 시간 및 (나) 오반응률 결과

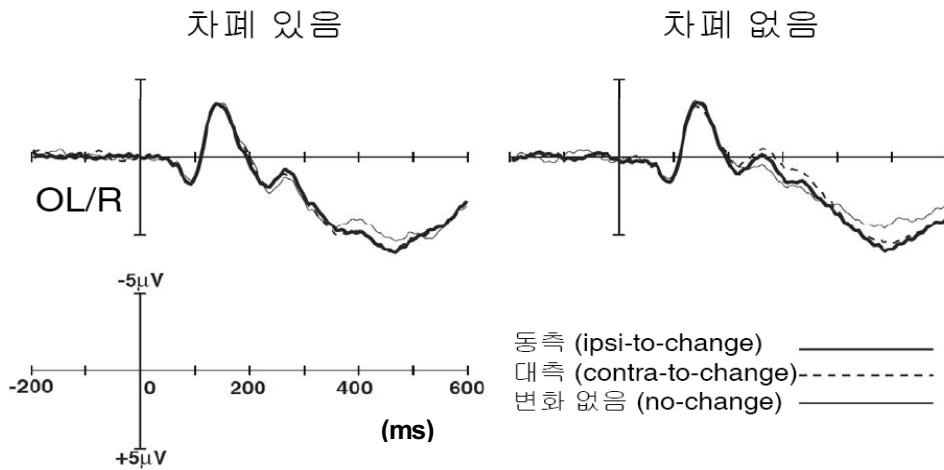


그림 3. 차폐 있음과 없음 조건에서 측정된 동측과 대측 및 변화 없음 시행(no change trials)의 원자료 파형 (raw waveforms). 상단의 파형은 N2pc 성분이 가장 뚜렷하게 발현되는 OL/OR 전극의 예이며, 검사 항목의 출현에 의해 유발된 사건 관련 전위를 나타낸다. N2pc 성분의 유무를 강조하기 위하여 상단의 파형에서는 차폐 유무에 따른 동측과 대측 및 변화 없음 조건의 차이를 비교하였다.

정확도와 반응 시간에는 영향을 주지 않았다.

사건 관련 전위 파형은 그림 3에 제시되었으며, 그림 4는 변화 있음 조건에서 변화 없음 조건을 빼낸 차이 파형(difference waves)을 보여준다. N2pc 파형(200-400ms)은 이 차이 파형을 기준으로 분석되었으며 차폐 제시(차폐

유무), 시야 대측성(對側性 contralaterality) 및 전극 위치(O1/2, OL/R, T5/6)의 세 요인에 대한 변량 분석이 실시되었다. 전위는 대측 시행에서 차폐 없음 조건이 있음 조건보다 컸으나 동측 시행에서는 그렇지 않았다. 이는 차폐 유무 요인과 대측성 요인의 유의미한 상호작

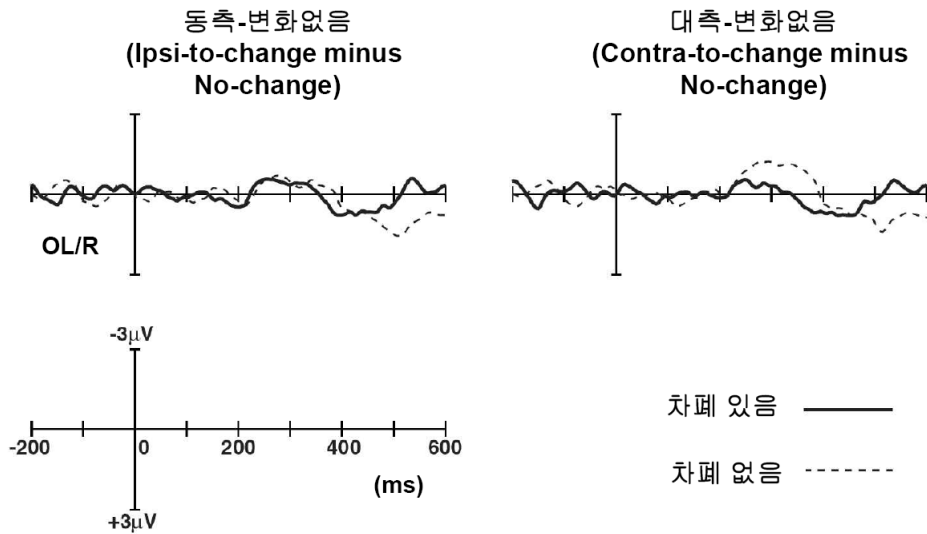


그림 4. 차폐 있음과 없음 조건에서 측정된 동측과 대측 파형에서 변화 없음 시행을 빼낸 후 차이 파형(ipsi-/contra-to-change minus no-change difference waves). 우측 상단의 차이 파형(대측 평균 파형에서 변화 없음 시행의 평균 파형을 감산)에서 나타나듯이, 200-400ms 사이의 N2pc 성분은 차폐 자극이 없었던 경우 대측에서 그 발현 정도가 현저하였으나, 차폐 자극이 검사 항목을 뒤따랐던 경우는 그 발현 정도가 현저히 저하되었다.

용에 의해 지지되었다, $F(1, 8) = 6.19, p < .05$. 대측 시행에서 측정된 뇌파의 평균 전위 값에 대한 사전 대비 검증(planned test)은 차폐 있음 조건보다 없음 조건에서 전위가 더 음극화 되었음을 보여주었다, $F(1, 8) = 8.57, p < .05$. 동측 시행에서 측정된 뇌파에 대한 사전 대비 검증 결과 차폐 없음 조건과 있음 조건 간 차이는 유의미하지 않았다, $F < 1$.

논 의

본 실험의 결과는 변화 탐지 과제에서 검사 항목 제시 후 117ms 뒤(검사 자극이 사라진 후 17ms)에 차폐 자극이 뒤따를 경우 기억항목과 검사 항목간 비교 과정에 대한 방해 현

상이 일어날 수 있음을 보여주었다. 이 방해 현상은 정확도 감소와 반응시간 증가 및 N2pc 성분 감소 양쪽에서 모두 관찰 되었다. 방해 현상을 일으키는 차폐 자극 부재시 N2pc 성분은 검사 자극 제시 시점으로부터 약 200ms 이후부터 발현되기 시작하였다. 차폐 자극이 검사 자극 제시 후 117ms에 제시되었을 경우는 N2pc 성분의 발현 정도는 크게 감소되었다. 이처럼 검사 항목에 대한 정보 처리가 집중적으로 진행될 것으로 예상되는 시점에 제시된 차폐 자극이 변화 탐지 정확도와 N2pc 성분을 감소시킨다는 사실은 차폐 자극이 검사 항목의 지각적 표상 형성 자체를 방해할 가능성을 시사한다.

그러나 Vogel 등(2006)은 본 연구와 동일한

차폐 자극이 시각 탐색 항목을 즉각적으로 뒤따라 제시될 지라도 피험자가 무난히 탐색 과제를 수행할 수 있음을 보여주었다. 그들의 실험 내 각 수행에서는 색상이 서로 제각기 다른 사각형의 도형들이 제시되었으며 그 항목들 중 표적으로 지목된 색상을 가진 항목이 있는지를 보고하도록 요구받았다. 표적 자극의 유무를 보고하는 정확도는 검색항목-차폐 자극 제시 간격(stimulus-onset asynchrony; SOA)이 117ms인 경우일지라도 95% 이상을 유지하였다. 시각 탐색 과제가 지각적 수준의 과제임을 고려할 때, 차폐 자극이 방해한 것은 지각적 표상의 형성 과정 자체가 아님을 알 수 있으며, 117ms의 간격이 탐색 항목들의 확고부동한 지각적 표상을 형성하는데 충분한 시간임을 의미한다.

그럼에도 불구하고 본 연구의 차폐 자극에 의해 방해 현상이 유발되었다는 점은 검사 항목의 지각적 표상이 온전하게 형성된 후일 지라도, 기억 항목과 검사 항목을 서로 비교하는 과정을 무리 없이 수행하기 위해서는 추가적인 시간이 필요함을 의미한다.

추가된 시간의 용도를 설명하기 위해서는 검사 자극의 성공적인 지각 표상 형성이 반드시 성공적인 비교 과정으로 이어지지만은 않는다는 가설을 뒷받침해 줄 모형이 필요하다. Vogel 등(2006)의 연구에서 관찰된 기억 공고화 모형에 근거해 볼 때, 기억 항목이 지각적 표상 형성 후 기억 공고화 과정을 거치듯 검사 항목 또한 기억 공고화와 같은 지각적 처리 수준이상으로의 표상 전환 과정을 거친다는 검사 자극의 공고화 가설을 고려해 볼 수 있다.

검사 항목의 기억 공고화 가설을 검증하기 위해서는 검사 항목과 차폐 자극간 제시 간격과 항목수를 변화시켜가면서 변화 탐지 과제 수행 수준의 변화를 면밀히 조사해야 한다. 그 결과 패턴이 기억 항목의 Vogel등(2006)이 얻은 결과와 유사한지를 살펴보는 것은 매우 흥미로운 것이다.

그러나 기억 공고화 가설을 검증하기 위한 다각도적인 처치가 실시되지 못한 본 실험의 결과만 가지고는 검사 항목의 기억 공고화 모형을 뒷받침할 결정적 증거를 확보하기 어렵다. 후속 연구는 이러한 단점을 보완하여 검사 항목에 뒤따른 차폐 자극의 효과를 체계적으로 조사해 보아야 할 것이다.

참고문헌

- Baddeley, A. D. (1986). *Working Memory*. Oxford: Clarendon.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 87-185.
- Hyun, J.-S. (2006). *How are visual working memory representations compared with perceptual inputs?*, University of Iowa, Iowa City, Iowa.
- Hyun, J.-S., Hollingworth, A., & Luck, S. J. (2006). How change-detection is related to visual search: A change in a remembered object is like a simple feature. [Abstract]. *Journal of Vision*, 6(6), 985a.
- Hyun, J.-S., Woodman, G. F., & Luck, S. J. (in press). The role of attention in the binding

- of surface features to locations. *Visual Cognition*.
- Hyun, J.-S., Woodman, G. F., Vogel, E. K., Niese, A. T., & Luck, S. J. (2003). How are visual inputs compared with memory representations in the change-detection paradigm? [Abstract]. *Journal of Vision*, 3(9), 322a.
- Jennings, J. R., & Wood, C. C. (1976). The e-adjustment procedure for repeated-measures analyses of variance. *Psychophysiology*, 13, 277-278.
- Luck, S. J., Girelli, M., McDermott, M. T., & Ford, M. A. (1997). Bridging the gap between monkey neurophysiology and human perception: An ambiguity resolution theory of visual selective attention. *Cognitive Psychology*, 33, 64-87.
- Luck, S. J., & Hillyard, S. A. (1990). Electrophysiological evidence for parallel and serial processing during visual search. *Perception and Psychophysics*, 48, 603-617.
- Luck, S. J., & Hillyard, S. A. (1994a). Electrophysiological correlates of feature analysis during visual search. *Psychophysiology*, 31, 291-308.
- Luck, S. J., & Hillyard, S. A. (1994b). Spatial filtering during visual search: Evidence from human electrophysiology. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 1000-1014.
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, 279-281.
- Mueller, H. J., & Rabbit, P. M. A. (1989). Reflexive and voluntary orienting of visual attention: Time course of activation and resistance to interruption. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 315-330.
- Nakayama, K., & Mackeben, M. (1989). Sustained and transient components of focal visual attention. *Vision Research*, 29, 1631-1647.
- Vogel, E. K., & Machizawa, M. G. (2004). Neural activity predicts individual differences in visual working memory capacity. *Nature*, 428, 748-751.
- Vogel, E. K., McCollough, A. W., & Machizawa, M. G. (2005). Neural measures reveal individual differences in controlling access to working memory. *Nature*, 438, 500-503.
- Vogel, E. K., Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2001). Storage of features, conjunctions, and objects in visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 92-114.
- Vogel, E. K., Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2006). The time course of consolidation in visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32(6), 1436-1451.
- Woodman, G. F., & Luck, S. J. (1999). Electrophysiological measurement of rapid shifts of attention during visual search. *Nature*, 400, 867-869.
- Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2003). Serial

deployment of attention during visual search.

1 차원고접수 : 2008. 5. 8

Journal of Experimental Psychology: Human

최종게재결정 : 2008. 9. 23

Perception and Performance, 29, 121-138.

Test of Comparison Process in Visual Working Memory by Consolidation Masking

Joo-Seok Hyun

Department of Psychology, Chung-Ang University

Change-detection necessitates comparison of visual working memory (VWM) representations with perceptual inputs (Hyun, 2006). The current study tests masking interference with consolidation of test items being compared with sample items in memory. Subjects performed a change-detection task where they were asked for reporting a color change between two sets of colored boxes. In masking trials, complex pattern masks were presented at each item position 17ms after the test display disappeared. Change-detection performance was worse in masking trials than no-masking trials, and Event-related potentials (N2pc) was virtually absent when masks were present. The interference effect observed both behaviorally and electrophysiologically supports for the presence of a comparison process between memory and perceptual inputs.

Key words : *change-detection task, visual working memory, comparison, masking, ERPs*