

집행적 작업기능이 외인성 및 내인성 주의에 미치는 영향

권 민 영 김 민 식

연세대학교 심리학과

주변단서와 중심단서를 사용한 전통적인 공간주의 과제에서 집행적 작업기능의 정보 조작 (manipulation) 과정이 외인성 및 내인성 주의에 미치는 영향을 3개의 실험을 통하여 알아보았다. 모든 실험에서 정보의 조작이 필요한 작업기능 과제로서 역행 숫자 빼기 과제를 사용하였으며, 외인성 및 내인성 주의의 조작은 공간단서 패러다임을 사용하여 주변단서의 예언가 (predictability)를 조작하거나 혹은 중심단서를 사용하였다. 실험 1에서는 역행 숫자 빼기 과제를 하는 동안 예언가가 없는 주변 단서 효과를 관찰하였고, 실험 2에서는 주변 단서가 표적의 위치에 나타날 확률을 증가시켜 역행 숫자 빼기 과제를 하는 동안 주변 단서 효과를 측정하였으며, 실험 3에서는 역행 숫자 빼기 과제를 하는 동안 예언가가 높은 중심 단서 효과를 측정하였다. 실험 결과, 실험 1에서 단서가 표적의 위치를 잘 예측하지 못할 때 작업기능의 집행기능의 부하는 주변 단서 효과에 부적 영향을 미치지만 실험 2와 3에서와 같이 주변 단서나 중심 단서가 표적의 위치를 잘 예측할 때는 작업기능의 집행기능의 부하가 단서 효과에 거의 영향을 미치지 않았다. 이러한 실험 결과는 작업기능의 요소 중에 정보의 조작과 같은 집행기능이 내인성 주의와 외인성 주의과정에 차별적인 효과를 미칠 수 있음을 시사한다.

주제어: 집행적 작업기능, 공간적 주의, 주변 단서, 중심 단서, 외인성 주의, 내인성 주의

본 연구는 한국학술진흥재단(과제번호: KRF-2002-005-H20001)의 지원을 받아 수행하였음.

교신저자: 김민식, (120-749) 서울시 서대문구 신촌동 134 연세대학교 심리학과

E-mail: kimm@yonsei.ac.kr

인간의 인지적 정보 처리 과정에는 정신적 자원(mental resource)의 한계로 인해 입력된 정보 가운데 일부만을 선택적으로 처리하는 정보의 선택 기제가 필수적으로 요구된다. 공간적 주의는 이러한 정보의 선택 과정에 중요한 역할을 한다. 공간적 주의를 주의 통제에 따라 외인성 주의 통제(exogenous attention control)와 내인성 주의 통제(endogenous attention control)라는 기제로 나누어져 폭 넓게 연구되어 왔다(Posner, 1980; Yantis & Jonides, 1984). 일반적으로 외인성 주의를 자극의 색, 번쩍임 혹은 움직임과 같은 자극 자체의 속성에 근거하여 주의를 자동적으로 끌리는 상향적 통제를 의미하고, 내인성 주의를 지식, 기대나 목적 등과 같은 상위의 인지적 체계가 주의의 할당에 영향을 미치는 하향적 통제를 의미한다(Pashler, Johnston, & Ruthruff, 2001).

Posner(1980)의 공간적 단서 패러다임(spatial cueing paradigm)은 주변 단서(peripheral cue) 및 중심 단서(central cue)에 의한 주의 효과를 측정함으로써 외인성 주의와 내인성 주의의 기제를 연구하는데 널리 이용되었다. 전형적인 공간적 단서 패러다임은 미리 제시된 단서가 표적 자극이 나타날 위치에 대한 정보를 주는 것으로서, 주변 단서는 표적이 나타날 위치에 직접적으로 주어지는 반면 중심 단서는 표적이 나타날 위치에 대한 간접적 정보를 주는 화살표 등이 화면의 중앙에 주어지게 된다. 단서 패러다임을 이용한 많은 공간적 주의 연구들은 단서가 주어지지 않은 위치(uncued location)에 표적이 제시되었을 때에 비해 단서가 주어진 위치(cued location)에 표적이 제시되었을 때 표적에 대한 반응이 빠르게 나타남을 보였다(Posner, Snyder, & Davidson, 1980). 이러한 단서 효과(cueing effect)는 표적이 나타날 위치

에 공간적 주의를 이동한 결과라 여겨지고 있다.

90년대 초반까지 외인성 주의 기제는 상위의 인지적 처리과정에 의해 거의 영향 받지 않는다는 논의가 지배적이었다(Pashler, Johnston, & Ruthruff, 2001). 즉, 자극 자체의 속성이 주의를 끄는 상향적 처리에 의존하며 인지적으로 유도되는 하향적 처리기제에 영향을 받지 않는다는 것이다.

이러한 맥락에서 수행된 Jonides(1981)의 연구를 살펴보면, 그는 실험 참가자들이 3개, 5개, 혹은 7개의 숫자를 기억하는 동안 주변 단서와 중심 단서 효과의 변화를 측정하였다. 실험 결과, 기억의 부하(memory load)가 증가할 때 중심 단서 효과는 감소하였으나 주변 단서에 의한 효과는 거의 영향을 받지 않았다. 이러한 결과를 바탕으로 그는 외인성 주의 기제는 내인성 주의에 비해 기억 부하와 같은 하향적 처리기제의 영향을 거의 받지 않는다고 주장하였다. 즉, 외인성 주의 혹은 반사적 주의(reflexive attention)는 불수의적이고 관찰자의 목적에 의존하는 것이 아니라는 것이다.

그런데, 최근에는 외인성 주의도 상위의 인지과정에 의해 영향 받을 가능성을 시사하는 증거들이 제시되었다. Folk, Remington과 Johnston(1992)의 연구에서는 독특한 색이나 혹은 갑자기 나타나는(abrupt onset) 자극에 의한 외인성 주의의 유도는 그 자극이 표적과 속성을 공유하는가에 따라 달라짐을 보였다. 즉, 표적과 속성을 공유하는 방해 자극만이 외인성 주의를 유도하여 표적에 대한 처리를 방해하는 것을 관찰한 것이다. 이 연구 결과는 외인성 주의의 할당이 언제나 자동적이고, 하향적 처리보다 우선적으로 수행되는 것이 아니라, 관찰자의 기대, 목적, 예측 등과 같은 상위의 인지

적 처리의 영향을 받을 가능성이 있다는 것을 간접적으로 시사한다. 따라서 일종의 상위의 인지적 처리 기제인 작업기억의 활성화도 외인성 주의의 할당에 영향을 미칠 가능성이 있다.

Jonides(1981)의 연구는 작업기억과 두 가지 종류의 공간적 주의 통제간의 관계를 처음으로 밝히려는 했다는 점에서 중요한 공헌을 하고 있으나, 그의 연구에서 사용한 작업기억과제는 정보를 단순히 기억에 유지하는 기능에만 국한했다는 점에서 아쉬움이 있다. 최근 작업기억에 대한 많은 연구들은 작업기억에 정보를 유지하는 저장 기능뿐만 아니라 정보를 조작하는 집행기능에 대해 관심을 보이고 있다(Postle, Berger, & D'Esposito, 1999; Smith & Jonides, 1999). 일반적으로 작업기억의 집행기능은 기억 정보를 현재의 목적에 맞게 조작하고 다른 인지 기능이 원활하게 작동할 수 있도록 인지적 자원을 배분하는 기능을 의미한다고 여겨지고 있다(Collette, Salmon, Van der Linden, Chicherio, Belleville, Degueldre, Delfiore, & Franck, 1999; Jonides, 1995). 또한 작업기억의 집행적 기능은 주의의 통제적 요소와 매우 깊은 관련이 있다고 알려져 있다(Collette 등, 1999; Engle, 2002). 따라서 작업 기억의 집행기능을 활성화 시킬 수 있는 과제를 사용하여 정보의 조작과정이 외인성 주의와 내인성 주의에 각각 어떻게 영향을 주는 가를 밝히는 것이 필요하다.

본 연구는 작업기억의 요소 중에서 정보의 조작과정이 공간적 주의와 상호작용 하는지 관찰하였다. 특히 작업기억이라는 하향적 처리 과정이 외인성 주의의 할당에 영향을 미칠 수 있는지 알아보았다. 작업 기억에 정보를 유지하면서 동시에 조작하는 인지 과정은 상

당한 인지적 자원을 필요로 할 뿐만 아니라 통제적 주의(controlled attention)가 요구될 것이다. 이때, 공간적 주의 할당과 작업기억 과제 수행은 각각 제한된 인지적 자원에 대해 경쟁 상태를 야기할 수 있으며 결과적으로 작업기억의 집행기능의 부하(load)는 주변 단서 효과에 부적 영향을 줄 가능성이 있다. 그러나, 앞서 언급한 Jonides(1981)의 연구에서와 같이 외인성 주의 할당은 작업 기억의 집행 기능의 활성화와 독립적으로 작동할 가능성도 있다.

또한, 본 연구에서는 단서의 예언가를 변화시켜 그에 따른 주의 통제의 변화가 작업기억의 집행기능에 의해 차별적 영향을 받는지 관찰하였다. 주변 단서 효과는 공간적 주의의 할당이 상향적 처리에 의존한다고 알려져 있으나 주변 단서가 표적의 위치에 나타날 확률을 증가시키는 경우에는, 즉 단서의 타당도를 높이는 경우에는 단서의 타당도가 없는 경우와는 달리 하향적 처리 기제의 영향을 받을 것이다. 그렇게 되면 상향적 그리고 하향적 처리 기제의 영향을 동시에 받는 주변 단서 효과가 또 다른 하향적 처리기제인 작업기억에 의해 받는 영향도 다를 가능성이 있다. 공간적 단서의 예언가가 높을 때는 주변 단서가 표적이 나타날 위치를 잘 예측하기 때문에 과제 수행에 유용한 정보가 된다. 따라서, 이렇게 과제 수행에 유용한 정보를 처리하기 위해서 더 많은 인지적 자원을 할당하게 됨으로써 작업기억의 집행기능이 활성화되더라도 주변 단서 효과가 잘 유지될 가능성이 있다. 그러나, 반대로 단서 처리를 위해 더 많은 인지적 자원이 요구되고 동시에 작업기억의 집행기능 또한 많은 인지적 자원이 필요함으로써 주변 단서 효과가 손상될 가능성도 있다.

기존의 여러 선행 연구들은 상향적 처리기

제와 하향적 처리기제에 의해 처리되는 각각의 주의 효과와 그 기제들간의 상호작용에 관한 연구로서 주의 처리 과정 자체에 국한되어 있다(Posner, 1980; Yantis & Jonides, 1984). 이러한 기존 연구 결과를 바탕으로 본 연구에서는 주의와 작업기억의 상호 작용을 관찰하였다. 또한, 최근 작업기억의 다양한 기능과 역할에 대한 연구가 활발한 추세를 고려할 때, 작업기억의 정보 유지 기능을 다룬 Jonides(1981)의 연구에서 한 걸음 더 나아가 작업 기억의 정보 조작 기능을 추가하여 작업 기억과 주의의 상호작용에 대한 연구가 필요하다.

실험 1. 집행적 작업기억이 주변 단서 효과에 미치는 영향

실험 1에서는 Jonides(1981)의 연구와 다르게 작업기억 과제로서 정보를 단순히 작업기억에 유지하는 것뿐만 아니라 정보를 지속적으로 조작하고 새로운 정보로 바꾸는 처리 과정 즉, 작업기억의 집행 기능 중에서도 정보의 조작 과정이 주변 단서에 의한 공간적 주의의 할당에 어떤 영향을 미치는지 알아보려고 한다. 공간적 주의 과제로는 Posner(1980)의 단서 패러다임(cuing paradigm)을 이용하였고, 작업기억 과제로서는 역행 숫자 빼기 과제(Backward counting task)를 사용하였다. 역행 숫자 빼기 과제는 작업기억 내에 숫자를 기억하면서 동시에 숫자를 거꾸로 빼나가는 과제이며, 이는 특정 숫자를 작업 기억에 보유하고 있어야 할 뿐만 아니라 끊임없이 숫자 빼기를 하면서 새로운 숫자로 바꾸는 처리과정이 요구된다.

실험 1에서 사용한 작업기억 과제는 정보를 유지하면서 지속적인 정보의 조작과정이 함께

요구되므로 상당한 인지적 자원을 필요로 할 뿐만 아니라 통제적 주의가 요구될 것이다. 그렇게 되면 주변 단서에 의한 공간적 주의의 처리에 인지적 자원을 원활히 분배하기 어려울 것이고 결과적으로 작업기억의 집행기능의 부하(load)는 주변 단서 효과에 부적 영향을 줄 가능성이 있다. 그러나 Jonides의 연구에 의하면 외인성 주의는 작업 기억의 정보 유지 기능에 의해 거의 영향 받지 않았다. 따라서 실험 1에서 조작한 작업 기억의 추가적인 기능에 상관없이 작업 기억은 주변 단서 효과에 어떠한 영향도 미치지 않을 가능성도 있다.

방 법

실험참가자 연세대학교 심리학 교양과목을 수강하는 학생 24명을 대상으로 이루어졌다. 모든 피험자는 나안 혹은 교정 시력이 0.8 이상이었으며 본 실험의 가설과 목적을 알지 못하였다.

장치 및 기구 실험은 IBM 호환 Pentium II 급 개인용 컴퓨터와 17 인치(inch) 평면 모니터(LG Flatron 795FT Plus)를 사용하여 실시하였다. 모니터의 화면 주사율(frame rate)은 75 Hz이었으며, 자극의 제시, 반응기록 등의 실험 프로그램은 E-Prime version 1.0을 사용하였다. 실험 참가자는 턱 고정 받침대를 이용하여 실험 참가자와 모니터와의 거리는 45cm를 유지하도록 하였다. 실험은 약한 간접 조명 하에서 실시되었으며, 이 후 모든 실험에서 동일한 장치와 기구를 사용하였다.

자극 주변 단서 과제에서는 응시점을 중심으로 좌우에 시각도 7.32°도 떨어진 곳에 크기가

가로 x 세로, 1.33° x 1.62°인 선으로 된 직사각형이 검은색 바탕 화면에 회색(빨강, 초록, 파랑: 120, 120, 120)으로 제시되었다. 역행 숫자 빼기 과제를 위해 세 자리 숫자가 응시점 위에 나타나는데 각 숫자의 크기는 가로 x 세로 0.8° x 0.8°의 정사각형에 들어가는 크기이고 밝은 파란색으로 제시되었다.

설계 및 절차 실험 1에서 처치된 두 가지 주요 변인은 다음과 같다. 먼저, 기억과제의 효과를 알아보기 위해 역행 숫자 빼기 과제와 주변 단서 과제를 함께 하는 경우(이중과제 조건)와 역행 숫자 빼기 과제 없이 주변 단서 과제만 하는 경우(단일과제 조건)를 각각 블록으로 설정하고 피험자간 역균형화하여 시행하였다. 또 다른 변인으로 단서 효과를 측정하기 위해 표적이 나타날 위치에 단서가 나타나는 타당 조건과 표적이 나타나지 않을 위치에 단서가 나타나는 비타당 조건을 각각 전체 시행의 45%로 동등하게 설정하였다. 또한 단서 제시 후 표적이 나타나지 않는 시행(catch trial)이 전체 시행의 10%였다. 타당 조건, 비타당 조건 및 표적이 나타나지 않는 시행은 모두 무선적으로 제시되었다.

각 시행은 응시점과 좌우로 두 개의 직사각형이 함께 505ms 동안 제시되면서 시작되었다(그림 1 참조). 이 두 개의 직사각형은 시행의 끝까지 남아있게 되고 실험 참가자에게 실험이 진행되는 동안 계속 응시점에 눈을 고정시키도록 지시하였다. 그 후 응시점 위에 세 자리 숫자와 이 숫자 밑에 '-3' 혹은 '-4'가 997ms 동안 제시되었고 1995ms 동안 계속해서 소리내어 숫자 빼기를 하게 하였다. 이때 나타난 숫자를 소리내어 말하고 난 후 숫자 밑에 '-3' 이라고 나타난 경우에는 3씩 '-4' 라고 나타난 경우에는 4씩 제시된 숫자로부터 끊임없이 거꾸로 빼 나가도록 하였다. 이 역행 숫자 빼기 과제를 하는 동안 두 직사각형 중 하나 테두리가 번쩍 하는 단서(cue)가 53ms 동안 제시되었다. 단서 제시 후 양쪽 직사각형 중 하나의 직사각형 중앙에 표적 자극인 '*'가 40ms 동안 나타났다. 단서가 나타난 후 표적이 나타날 때까지의 제시 시간 간격(Stimulus Onset Asynchrony, SOA)은 106ms 이었다. 이때 실험 참가자는 표적자극을 보자마자 가능하면 빨리 오른손으로 키보드의 '/' 키를 누르도록 하였다. 실험 참가자가 이 주변 단서 과제에 반응하고 나면 반응에 대한 피드백을 주었다.

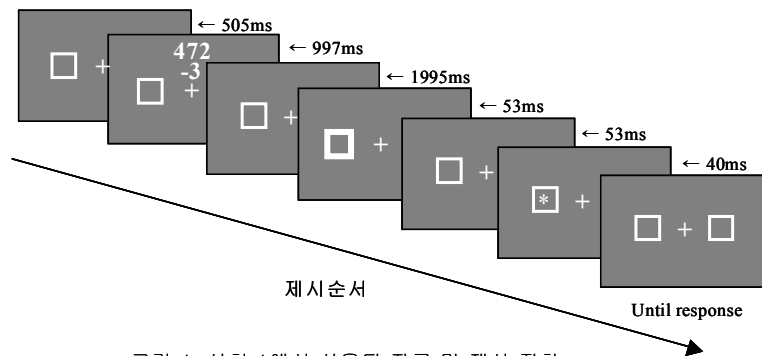


그림 1. 실험 1에서 사용된 자극 및 제시 절차.

그림 1. 실험 1에서 사용된 자극 및 제시 절차

실험 참가자들은 계속해서 다음 시행의 새로운 숫자가 나타날 때까지 빠르고 정확하게 숫자 빼기를 하도록 하였으며 실험자가 실험 내내 피험자들의 수행을 관찰하였다. 총 실험 시간은 각 참가자 당 약 20분 정도였다.

결과 및 논의

본 실험의 주요 종속변인은 표적에 대한 반응시간이었다. 반응시간에 대한 분석에 앞서 오류율을 살펴 보았는데, 표적 자극이 제시되지 않을 때에도 반응키를 누르는 오경보(false alarm) 평균 비율은 단일과제 조건과 이중과제 조건에서 각각 9.0%, 25.8%이었다. 이중과제 조건에서 오경보율이 더 높은 것은 작업 기억 과제의 추가적 수행이 과제 부하나 과제 변경을 통해 전체적으로 표적에 대한 반응을 방해한 결과로 해석된다. 본 실험은 각 과제 조건에서 공간적 단서효과가 어떤 차이를 보이는지에 주된 초점을 두었기 때문에 단순한 과제

간 수행의 차이에 대한 자료만 있을 뿐, 단서의 타당 여부에 대한 자료가 수집될 수 없는 오경보율에 대해서는 더 이상의 추가 분석을 하지 않았다(실험 2와 3에서도 동일함). 또한 표적 자극이 나타났는데도 반응하지 못한 탈락(miss) 비율은 전체 4% 미만으로 매우 적게 나타났다.

전체 시행해서 200ms 보다 작은 반응시간은 표적을 탐지하기 전에 반응한 것으로 간주하여 분석에서 제외하였으며, 극단치에 의한 영향을 최소화하기 위해 각 실험 참가자의 각 조건에 해당하는 중앙값(median)을 사용하여 각 조건의 평균을 구하였으며 이에 대한 변량 분석을 실시하였다(실험 2와 3에서도 동일함). 각 조건에서의 반응시간 평균이 그림 2에 나타나 있다. 역행 숫자 빼기 과제의 유무와 단서의 타당성(타당, 비타당 조건)을 피험자 내 변인으로 한 2 x 2 요인 설계 결과에 대한 변량 분석을 실시하였다. 과제에 따른 반응시간과 단서 타당성에 따른 반응시간의 주효과는

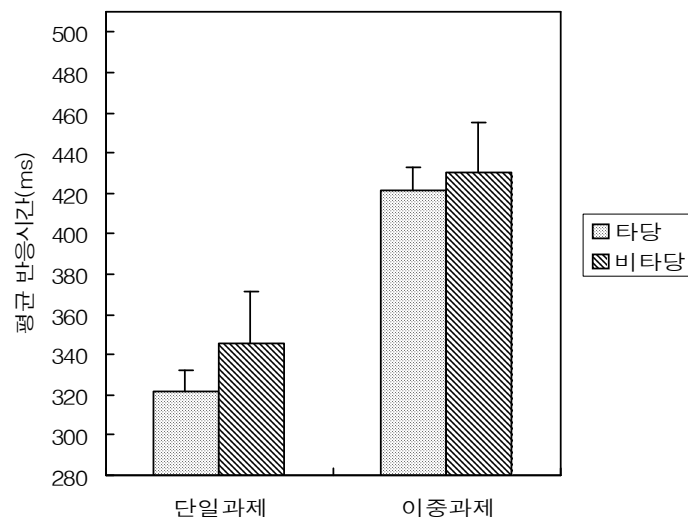


그림 2. 실험 1의 과제와 단서 타당성에 따른 조건별 반응시간의 평균(ms)

모두 유의미하였다(각각, $F(1,23)=16,603$, $MS_e=12378.514$, $p<.05$; $F(1,23)=13,937$, $MS_e=439.690$, $p<.05$). 또한 두 변인간의 상호작용이 통계적으로 유의미하였다, $F(1, 23)=7.486$, $MS_e=175.353$, $p<.05$. 이러한 상호작용은 역행 숫자 빼기 과제를 함께 하는 이중과제 조건에서의 단서 효과(8.59 ms)가 기억과제 없이 주의 과제만 하는 단일과제 조건에서의 단서 효과(23.37 ms)에 비해 유의미하게 낮았음을 의미하는 것이다.

실험 1에서는 작업기억의 집행기능의 부하가 있을 때 주변 단서 효과가 유의미하게 감소하였음을 관찰하였다. 이러한 결과는 주변 단서 효과가 기억과 같은 하향적 처리기제에 의해 거의 영향을 받지 않는다는 Jonides(1981)의 제안과 차이가 있다. 이것은 역행 숫자 빼기 과제가 작업기억에 단지 정보를 유지하기만 하면 되는 Jonides의 기억과제와 달리 작업기억에서 끊임없이 정보를 조작하고 새로운 정보로 바꾸어야 하는 과정이 요구되기 때문일 가능성이 있다. 최근에 Han 과 Kim (2004)은 작업기억에서 정보를 유지하면서 시각탐색 과제를 하는 경우 작업기억의 유지가 탐색기율기에 영향을 주지 않는 반면, 작업기억내에서 정보를 조작하면서 시각탐색을 하는 경우 탐색기율기가 유의미하게 높아짐을 보고하였다. 이러한 발견은 본 실험의 결과와도 상응하는 것으로서, 집행적 작업기억의 정보 조작 과정은 공간적 주의할당 기제에 영향을 미쳐 주변 단서에 공간적 주의를 할당되는 것을 방해했을 것으로 추측된다.

집행적 작업기억의 부하가 공간적 단서 효과를 감소시키는 원인은 무엇일까? 첫 번째 가능성은 작업기억의 부하로 인하여 주변단서가 나타날 때 자동적인 주의할당이 상대적으로

잘 일어나지 않을 가능성을 생각해 볼 수 있다. 즉, 작업기억의 부하가 있는 경우가 작업기억의 부하가 없는 경우에 비해 공간단서가 공간적 주의를 유도하는 정도를 약화시켰을 수 있으며 이러한 과정은 과제의 목표나 의도와는 상관없이 자동적으로 일어났을 가능성이 있다. 두 번째 가능성은, 본 실험의 이중과제 조건에서 작업기억 과제와 주의 과제를 동시에 수행하게 하려는 실험 의도와는 달리 참가자들이 이중과제 조건에서 작업기억 과제를 모두 수행하고 나서 표적에 대한 반응을 함으로써, 이러한 계열적 반응이 단서 효과를 사라지게 만들 수 있다.

세 번째로, 조작적 작업기억의 부하로 인하여, 실제로 표적자극을 탐지하는 데 아무런 연관성이 없는 단서(일종의 방해자극)에 대한 처리를 억제하여 단서효과가 감소되었을 가능성이 있다. 즉 표적자극을 탐지해야 하는 주의과제에서 주변단서가 아무런 예측력을 갖지 못하는 경우 조작적 작업기억의 부하는 이러한 방해 단서를 처음부터 차단했을 가능성이 있다. 이러한 세 가지 가능성에 대하여 후속실험을 통하여 공간적 단서가 표적자극의 위치에 대한 예측력을 갖게 되는 경우 조작적 작업기억의 부하가 공간적 주의할당에 어떤 영향을 미치는 지를 살펴보았다. 만일 조작적 작업기억의 부하가 공간적 주의 유도에 자동적인 부적 영향을 미친다면, 혹은 참가자들이 작업기억과제를 수행하고 난 후 표적에 반응하는 계열적 반응으로 인하여 단서효과가 사라진 것이라면, 공간적 단서가 예측력을 갖고 있는 경우에도 실험 1과 같이 조작적 작업기억의 부하가 공간적 주의 유도를 방해하는 결과를 보일 것이다. 그러나 예측력이 없는 공간단서에 대해서만 선별적으로 기억부하가 영향을 준다

면, 공간단서의 예측력을 증가하는 경우 실험 1과는 다른 결과를 보일 가능성이 크다.

실험 2. 단서의 예측력(cue predictability)이 증가되었을 때 집행적 작업기억이 주변 단서 효과에 미치는 영향

실험 1의 결과에서 작업기억의 집행기능이 활성화될 때 주변 단서 효과가 감소하였는데, 이것이 주변 단서가 표적이 나타날 위치를 잘 예측하지 못하기 때문에 다시 말하면, 주의를 끄는 주변 단서 자극이 표적에 대한 반응을 하는데 있어서 유용한 정보를 갖고 있지 않기 때문에 그 단서를 잘 무시한 것일 가능성이 있다. 이러한 가능성 여부를 검증하고자 실험 2에서는 표적에 대한 위치를 예측할 수 있도록 주변단서에 표적자극이 나타날 확률을 높게 조작하였다. 만일, 실험 1과는 달리 예측력 있는 주변 단서에 의한 공간적 주의할당 과정이 작업기억의 부하에 의해 영향을 받지 않는다면, 실험 1의 결과는 주변단서가 표적의 위치를 잘 예측하지 못하기 때문에 작업기억의 집행기능의 부하가 있을 때 단서에 대한 처리가 잘 무시되어 나타났을 가능성을 시사하는 것으로 해석될 수 있다.

방 법

실험참가자 연세대학교 심리학 교양과목을 수강하는 학생 20명을 대상으로 이루어졌다. 모든 피험자는 나안 혹은 교정 시력이 0.8 이상이었으며 본 실험의 가설과 목적을 알지 못하였다.

자극 실험 1과 동일한 자극을 사용하였다.

절차 및 설계 실험 1에서의 역행 숫자 빼기 과제와 주변 단서 과제가 동일하게 사용되었다. 그러나 주변 단서 과제에서 단서의 타당 조건이 60%, 비타당 조건이 30%이고 단서 제시 후 표적 자극이 나타나지 않는 시행은 10%로 조작하였다. 실험 시작 전에 실험 참가자들에게 단서가 나타난 곳에 표적 자극이 나타날 확률이 높다는 정보를 주었다.

결과 및 논의

표적이 나타났는데 반응하지 않은 탈락(miss)율은 3% 미만이었으며, 오경보(false alarm)율은 단일과제 조건과 이중과제 조건에서 각각 21.65%, 31.65%이었다.

각 조건 별 평균 반응시간은 그림 3과 같다. 작업기억 과제의 유무와 단서의 타당성을 피험자 내 변인으로 한 2x2 요인 설계에 대한 변량 분석을 실시하였다. 과제에 따른 반응시간에 대한 주효과와 단서의 타당성에 따른 반응시간의 주효과가 모두 유의미하였다(각각, $F(1,19) = 21.703$, $MSe = 3478.374$, $p < .05$; $F(1,19) = 19.234$, $MSe = 1350.416$, $p < .05$). 그러나, 과제와 단서의 타당성에 따른 반응시간의 이원상호작용은 유의미하지 않았다. 즉, 단일과제조건에서 나타난 단서효과가 이중과제조건에서도 통계적으로 유의미한 차이 없이 나타남을 의미한다.

본 실험을 통해 작업기억의 부하와 상관없이 주변단서 효과가 유지되고 있음을 관찰하였다. 이 결과는 작업기억의 집행기능에 부하가 있을 때에도 주변 단서가 표적자극이 나타날 위치를 잘 예측하게 되면 그 자극에 대한

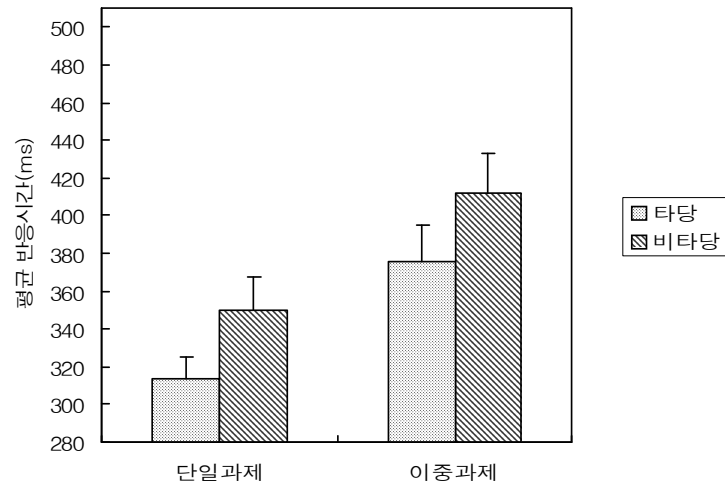


그림 3. 실험 2의 과제와 다너 타당성에 따른 조건별 반응시간의 평균(ms)

처리가 과제 수행에 유용하기 때문에 작업기억의 부하가 없는 조건과 마찬가지로 유사한 양의 단서 효과가 나타나는 것으로 해석할 수 있다.

실험 2의 결과에 근거하여 실험 1의 결과를 다시 논의해 보자면, 실험 1의 논의에서 언급했던 3가지 가능성 가운데 작업기억의 집행기능이 단서의 특성과는 상관없이 언제나 주의 할당을 방해할 수 있다는 설명과, 두 과제의 계열적 수행으로 인해 단서 효과가 감소했다는 설명은 설득력이 없어 보인다. 오히려 실험 1에서는 집행적 작업기억의 부하가 정보나 예측력이 없는 단서의 처리를 사정에 억제했을 가능성이 크다. 즉, 실험 1에서는 실험 2에서와는 달리 주변 단서가 표적 자극에 대한 반응을 하는데 있어서 유용한 정보를 주지 않기 때문에 작업기억의 집행기능에 부하가 걸린 상태에서 과제 수행에 유용하지 않은 주변 단서를 미리 주의 갖춤새 (attentional set; Egeth & Yantis, 1997; Bacon & Egeth, 1994; Folk, Remington, & Johnston, 1992)를 통하여 억제했

을 가능성이 있다. 반면에 실험 2의 경우는 작업기억의 부하 여부에 상관없이 예측력이 있는 단서에 대해 주의 여과 장치를 열어 놓았을 가능성이 있다.

예측력이 있는 공간단서는 내인성 주의를 유도하며, 이러한 내인성 주의를 전통적으로 중심 단서를 이용하여 많이 측정하여 왔다. 내인성 주의에 의한 공간 단서 효과가 작업기억의 부하와 독립적으로 나타날 가능성에 대해 실험 3에서는 주변단서가 아닌 중심단서를 사용하여, 그리고 실험 2에서 사용한 SOA보다 좀 더 긴 SOA를 이용하여 알아보았다.

실험 3: 집행적 작업기억이 중심 단서 효과에 미치는 영향

실험 1의 주변단서는 표적자극이 나타날 위치에 대한 정보가 없는 것으로서, 나타난 단서효과는 외인성 주의에 의해 유도되었다고 할 수 있다. 반면에 실험 2의 주변단서는 표적

자극이 나타날 위치를 어느 정도 예측해 줌으로서 외인성 주의뿐 아니라 내인성 주의에 의해 단서효과를 가져다주었을 것으로 판단된다. 본 실험 3에서는 중심단서를 사용하여 단서에 의한 외인성 주의 유도의 효과를 배제한 상태로 집행적 작업기억의 부하가 내인성 공간 주의 유도에 미치는 영향을 알아보려 하였다. 중심 단서 효과는 표적이 나타날 위치에 대한 지식이나 기대 같은 상위의 인지적 처리 기제에 의존하여 공간적 주의가 할당되는 과정을 통해 나타나는 것으로 주의 통제의 내인성 단서효과라고 할 수 있다. Jonides (1981)는 중심 단서에 의한 공간적 주의의 할당은 외인성 주변 단서에 의한 처리보다 인지적 자원을 더 많이 요구한다고 주장하였다. 만일 집행적 작업기억의 부하가 공간적 주의할당 기제가 사용하는 인지적 자원을 함께 공유하여 서로 부정적 영향을 미친다면, 작업기억의 부하는 중심 단서 효과를 감소시킬 가능성이 있다. 그러나, 집행적 작업기억과 내인성 주의할당 과정이 서로 독립적으로 수행되거나 단서의 예측력을 고려하여 단서에 대한 처리를 억제하지 않는다면 실험 2의 결과처럼 기억 부하의 여부가 단서 효과에 차별적인 영향을 주지 않을

것이다.

방 법

실험참가자 연세대학교 심리학 교양과목을 수강하는 학생 23명을 대상으로 이루어졌다. 모든 참가자는 나안 혹은 교정시력이 0.8 이상이었으며 본 실험의 가설과 목적을 알지 못하였다.

자극 단서 자극을 제외한 모든 자극들은 실험 1과 2에서 사용된 것과 동일하였다. 중심 단서로는 회색 화살표(가로x 세로, 1.6° x 1.2°)가 사용되었다.

설계 및 절차 한 시행에 대한 절차의 예를 도식화하여 그림 4에 제시하였다. 실험 1과 2에서 사용된 역행 숫자 빼기 과정이 동일하게 시행되었다. 다만 이전 실험의 주변단서 대신에 오른쪽 혹은 왼쪽을 가리키는 중심 단서인 화살표가 200ms동안 제시되었다. 400ms 후 양쪽 직사각형 중 하나의 직사각형 중앙에 표적 자극인 ‘*’가 40ms 동안 나타난다. 단서가 나타난 후로부터 표적자극이 나타날 때까지의

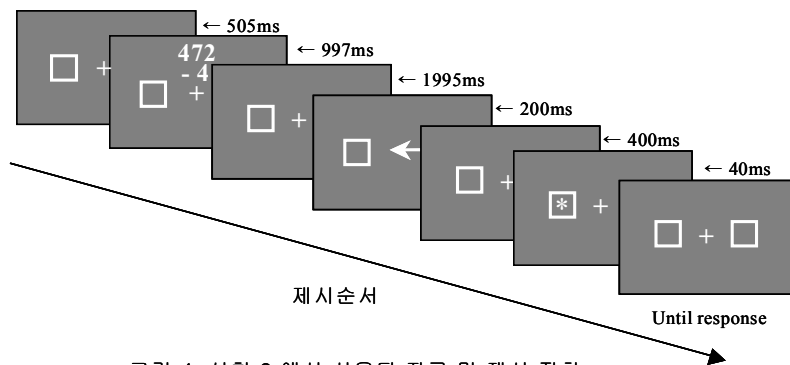


그림 4. 실험 3에서 사용된 자극 및 제시 절차.

그림 4. 실험 3에서 사용된 자극 및 제시 절차

제시 시간 간격(SOA)은 600ms 이었다. 실험 2와 동일하게 타당 조건과 비타당 조건은 각각 전체 시행의 60%, 30%로 설정되었으며 단서 제시 후 표적이 나타나지 않는 시행은 전체 시행의 10%이었다.

결과 및 논의

표적자극에 대한 오류 반응은, 오경보율의 경우 단일과제 조건과 이중과제 조건에서 각각 1.09%, 6.91%이었으며, 탈락률은 전체 3% 미만이었다.

작업기억 과제의 유무와 단서의 타당성을 피험자 내 변인으로 한 2x2 요인 설계에 대한 변량 분석을 각 조건의 참가자들의 반응시간 평균치(그림 5)를 이용하여 실시한 결과, 과제에 따른 반응시간에 대한 주효과와 단서의 타당성에 따른 반응시간의 주효과가 모두 통계적으로 유의미하게 나타났다(각각, $F(1,22)=31.253$, $MSe = 16006.323$, $p < .05$; $F(1,22)=40.508$,

$MSe = 700.738$, $p < .05$). 그러나, 작업기억 과제 유무와 단서 효과의 상호작용은 유의미하지 않았다. 즉, 작업기억과제를 하면서 중심 단서 과제를 해야 할 때와 작업기억과제 없이 중심 단서 과제만 할 때의 단서 효과는 각각 39.02ms, 30.24ms으로, 이들 평균치간의 통계적 차이가 유의미하지 않은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 중심 단서에 의한 내인성 주의 효과가 작업기억과제의 부하에 의해 크게 영향을 받지 않음을 보여 주는 것이다. 이는 앞선 실험 2의 결과와 일관된 결과로서 집행적 작업기억의 부하가 내인성 공간 주의 유도과정에 부적 영향을 주지 않음을 시사하는 것이다. 또한 공간적 단서가 주변단서인지 혹은 중심단서인지에 상관없이, 그 단서가 표적의 위치에 대한 예측력이 있고 정보가 있는 경우, 이러한 유용한 단서 정보는 주의 시스템에 의해 이용되며, 이러한 주의 시스템의 공간 단서 정보의 이용은 작업기억내의 정보처리 과정에 의해 억제되거나 방해 받지 않음을 의미하는 것으

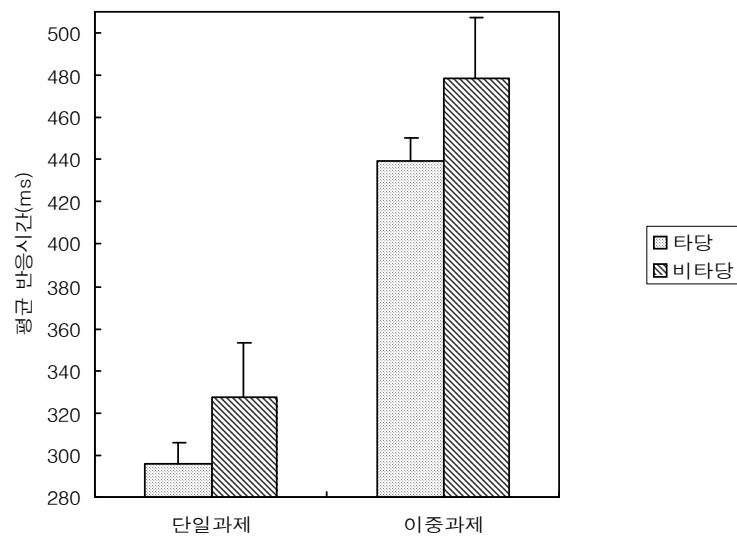


그림 5. 실험 3의 과제와 단서 타당성에 따른 조건별 반응시간의 평균(ms)

로 해석될 수 있다.

종합논의

본 연구에서는 역행 숫자 빼기 과제를 이용하여 집행적 작업기억 과제 수행이 주변 단서와 중심 단서 효과에 미치는 영향에 대하여 알아보았다. 실험 결과를 요약하면, 실험 1에서는 작업 기억과제로서 역행 숫자 빼기 과제를 하는 동안 주변 단서 효과를 측정하였는데, 작업 기억의 기능이 활성화될 때 주변 단서 효과에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 실험 1과 달리 실험 2에서는 주변 단서가 표적의 위치를 잘 예측하도록 조작한 후 역행 숫자 빼기 과제를 하는 동안 주변 단서 효과를 측정하였다. 실험 결과, 작업기억 과제는 주변 단서 효과의 크기에 유의미하게 영향을 주는 것으로 나타나지 않았다. 또한, 중심 단서 효과를 측정한 실험 3에서 역시 실험 2와 유사하게, 집행적 작업기억이 중심단서효과 크기를 바꾸는 데 유의미한 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

본 연구 결과에서 흥미로운 것은 단서가 표적의 위치를 얼마나 잘 예측하느냐에 대한 지식이나 하향적 정보처리 요소가 공간적 주의와 작업기억의 상호작용을 이해하는 데 있어 중요한 요인이 될 가능성을 시사하고 있다는 것이다. 공간적 주의의 할당과 작업기억 과제를 동시에 처리해야 하는 상황에서 단서가 표적의 위치를 상대적으로 잘 예측한다면 이에 대한 처리는 과제 수행에 있어서 유용한 정보가 되고 따라서 참가자들은 작업기억의 부하가 있는 경우에도 이를 무시하지 않아 동일한 단서 효과를 보였을 가능성이 있다. 그러나 표

적의 위치를 예측하지 못하는 단서(실험 1)에 대한 처리는 표적자극 탐지에 있어 유용하지 않기 때문에 작업기억의 부하가 있을 때는 일종의 방해자극으로 작용하는 주변 단서에 대해 처리를 하지 않음으로써 단서 효과가 감소한 것으로 보인다. 따라서 작업기억의 부하가 있을 때 피험자들은 단서가 표적의 위치를 예측하는 정도에 의존하여 단서에 대한 주의의 정도를 사전에 조절하는 등, 서로 다른 전략을 사용했을 가능성이 있다.

Baddeley(1992)는 작업기억체계가 단기저장소와 이 저장소에 있는 내용에 대해 조작을 하는 집행 과정을 포함하는 것으로 봤으며, 이러한 집행적 작업기억 과정은 주의할당이나 정보를 유지하는 과정에 필수적인 것으로 가정하였다. 그러나 집행적 작업기억이 주의할당에 영향을 주는 지의 여부와 어떻게 영향을 주는 지에 대한 경험적 연구는 그동안 거의 이루어지지 않았다. 작업기억에 정보를 저장 유지하는 것과 주의과정과의 관계에 대해서는 최근의 몇몇 연구들에서 비공간적 시각 작업기억이 시각탐색과정에 영향을 주지 않는 반면(Woodman, Vogel & Luck, 2001), 공간적 작업기억의 부하는 시각탐색과정에 영향을 준다는(Oh & Kim, 2004; Woodman & Luck, 2004) 보고가 있었다. 시각적 주의과정이 요구되는 시각 탐색과정에 집행적 작업기억이 영향을 주는 것을 밝힌 최근의 Han과 Kim (2004)의 연구에서는 본 연구에서 사용한 것과 동일한 집행적 작업기억과제를 사용하여, 작업기억내에서의 정보의 조작이 정보의 유지와 달리 시각적 탐색과정에 체계적인 영향을 줌을 밝혔다. 이러한 맥락에서, 본 연구는 집행적 작업기억 수행이 공간적 주의할당 과정에 영향을 줄 수 있으며, 더욱이 공간적 주의를 유도할 수 있는

단서의 정보가(예측력)에 따라 그 영향이 달라짐을 보임으로써 집행적 작업기억이 그동안 주의과정으로 가정했던 통제과정과 밀접하게 관련이 있음(Tuholski et al., 2001)을 확인해 주었다고 할 수 있다. 즉, 작업기억의 집행적 과정은 정보의 조절과 통제과정을 포함하는 것으로서 이러한 조절/통제 과정을 통하여 공간적 주의과제에서 단서의 예측력이 있는 경우와 없는 경우 단서를 고려할 것인지, 아니면 고려하지 않을 것인지(filtering out)에 영향을 주었을 가능성이 있다. 뿐만 아니라, 본 연구 결과는 지각적 부하(perceptual load)가 높은 경우 방해자극으로부터의 영향이 감소되는 현상(Lavie, 1995)과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단되는데, 집행적 작업기억의 부하가 실험 1의 경우에서처럼 예측력이 없는 단서의 출현을 일종의 방해자극으로 간주하여 처리하도록 했을 가능성이 있다. 반면에 실험 2와 3에서처럼 예측력이 있는 단서가 제시되는 경우는, 동일한 자극이라고 해도 마치 지각적 부하가 없는 것처럼 단서에 대한 처리를 막지 않았을 가능성이 있다.

최근의 연구들은 중다과제 조절, 갇춤새 전이, 방해 해결과정, 기억내용 갱신 과정과 같은 집행적 작업기억 과정이 고등 인지 과정에 중요한 역할을 하고 있음을 제안하고 있다(예, D'Esposito, Detre, Alsop, Shin, Atlas, & Grossman, 1995). 따라서 이러한 집행적 작업기억이 공간적 주의 할당과 같은 다른 인지적 통제 과정과 관련이 있는지의 여부와, 관련이 있다면 어떻게 관련이 있는지를 밝히는 것이 필요하다. 본 연구는 공간적 주위의 할당이 집행적 작업기억 과정에 의해 영향을 받고 있음을 밝히고, 나아가 작업기억의 집행기능과 단서의 표적위치에 대한 예측력이라는 하향적 처리 과정이

주변단서와 같은 눈에 띄는(salient) 자극으로의 공간적 주의 할당에도 영향을 미칠 가능성을 시사해 주고 있다.

본 연구에서 제안한 가능성은 후속 연구들을 통해 더욱 면밀히 밝힐 필요가 있다고 판단된다. 본 연구에서 사용된 작업기억의 집행기능 과제로 쓰인 역행 숫자 빼기 과제는 집행기능 중에서 정보의 조작과정과 관련 있는 과제이므로 작업기억의 집행기능 전반에 대한 결론으로 일반화시킬 수 없는 제한점을 갖고 있다. 또한 아직까지 작업기억의 집행기능에 대한 이론적 정의가 명확치 않다는 점도 본 연구의 한계점이라고 볼 수 있다. 따라서 작업기억의 다양한 집행 기능을 반영할 수 있는 과제를 개발하여 작업기억과 공간적 주의의 상호작용을 관찰하는 후속 연구가 필요할 것으로 보인다. 또한 내인성 주의와 외인성 주의가 제시 자극들의 속성이나 과제 목표에 따라서 시간적인 변화를 보인다는 점(Kim & Cave, 1999, 2001; Theeuwes, 1995)을 고려하여, 다양한 SOA를 사용하여 시간의 경과에 따라 작업기억의 부하가 내인성 및 외인성 단서 효과에 어떠한 영향을 미치는지 알아보는 것도 흥미로운 것으로 보인다.

참고문헌

- Bacon, W. F., & Egeth, H., (1994). Overriding stimulus-driven attentional capture. *Perception & Psychophysics*, 55, 485-496.
- Baddeley, A.D. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556-559.
- Collette, F., Salmon, E., Van der Linden, M., Chicherio, C., Belleville, S., Degueldre, C.,

- Delfiore, C., & Franck, G. (1999). Regional brain activity during tasks devoted to the central executive of working memory. *Cognitive Brain Research*, 7, 411-417.
- D'Esposito, M., Postle, B.R., Ballard, D., & Lease, J. (1999). Maintenance versus manipulation of information held in working memory: An event-related fMRI study. *Brain and cognition*, 41, 66-86.
- Egeth, H. E., & Yantis, S. (1997). Visual attention: Control, representation, and time course. *Annual Review of Psychology*, 48, 269-297.
- Engle, R. W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current Directions in Psychological Science*, 11 (1), 19-23.
- Folk, C. L., Remington, R. W., & Johnston, J. C. (1992). Involuntary covert orienting is contingent on attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 18, 1030-1044.
- Han, S. H., & Kim, M.-S. (2004). Visual search does not remain efficient when executive working memory is working. *Psychological Science*, 15, 623-628.
- Jonides, J. (1981). Voluntary versus automatic control over the mind's eye movement. In J.[B.]Long & A.[D.]Baddeley(Eds.), *Attention and performance IX* (pp. 187-203). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Jonides, J. (1995). Working memory and thinking. In E. E. Smith & D. N. Osherson (Eds.), *An invitation to cognitive science: Thinking* (Vol. 3, pp.215-265). Cambridge, MA: MIT Press.
- Kim, M.-S., & Cave, K. R. (2001). Perceptual grouping via spatial attention in a focused-attention task. *Vision Research*, 41, 611-624.
- Kim, M.-S., & Cave, K. R. (1999). Top-down, and bottom-up attentional control: On the nature of interference from a salient distractor. *Perception and Psychophysics*, 61, 1009-1023.
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 21, 451-468.
- Oh, S. H., & Kim, M.-S. (2004). The role of spatial working memory in visual search efficiency. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11, 275-281.
- Pashler, H., Johnston, J. C., & Ruthruff, E. (2001). Attention and performance. *Annual Review of Psychology*, 52, 629-651.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Posner, M. I., Snyder, C. R., & Davidson, B. J. (1980). Attention and detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 160-174.
- Postle, B. R., Berger, J. S. & D'Esposito, M. (1999). Functional neuroanatomical double dissociation of mnemonic and executive control processes contributing to working memory performance. *PNAS*. 96, 12959-12964.
- Smith, E. E. & Jonides, J. (1999). Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, 283, 1657-1661.
- Theeuwes, J. (1995). Temporal and spatial characteristics of preattentive and attentive

- processing. *Visual Cognition*, 2, 221-233.
- Tuholski, S.W., Engle, R.W., & Baylis, G.C. (2001). Individual differences in working memory capacity and enumeration. *Memory & Cognition*, 29(3), 484-492.
- Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2004). Visual search is slowed when visuospatial working memory is occupied. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11, 2, 269-274.
- Woodman, G.F., Vogel, E.K., & Luck, S.J. (2001). Visual search remains efficient when visual working memory is full. *Psychological Science*, 12, 219-224.
- Yantis, S., & Jonides, J. (1984). Abrupt visual onsets and selective attention: Voluntary versus automatic allocation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 10, 601-621.

1 차원고접수: 2004. 10. 12

최종게재결정: 2004. 12. 3

K C I

The Influence of Executive Working Memory on Exogenous and Endogenous Cuing Effects

Min Young Kwon

Min-Shik Kim

Department of Psychology, Yonsei University

Three experiments were conducted to examine whether and how executive working memory(WM) can influence the allocation of spatial attention in exogenous and endogenous cuing tasks. All the experiments involved executive WM tasks that required counting backward from a randomly selected three-digit number and spatial cuing tasks in which peripheral cues with or without predictability or central cues were presented. The results showed that when the spatial cue did not predict the location of a target, as in Experiment 1, the executive function of working memory reduced the peripheral cueing effect. However, when the spatial cue could predict the location of a target in Experiment 2, the peripheral cueing effect was not affected by the executive function of working memory. Moreover, in Experiment 3 the manipulation process of working memory did not change the central cueing effect. These results suggested that executive functions of WM such as manipulating information might affect exogenous and endogenous attention process differently.

Keywords: executive working memory, spatial attention, exogenous cue, endogenous cue