

선분 운동 착시를 통해 본 주의 효과의 공간적 패턴¹⁾

The Spatial Profile of Visual Attention as Measured by the Line-Motion Illusion

현 주 석* 정 상 철* 정 찬 섭*
(Joo-seok Hyun) (Sang Chul Chong) (Chan Sup Chung)

요 약 주의 효과의 공간적 패턴이 점진적 감소 모형이 규정하는 것과 같은지를 알아보기 위하여 주의 유도점과 선분간 거리의 함수로써 선분 운동 착시가 어떻게 달라지는가를 조사하였다. 주의는 십자형 자극을 회전시킴으로써 유도되었다. 두 개의 선분이 주의 유도점으로부터 서로 다른 거리에 동시에 제시되었을 때에는 주의 유도점과 가까운 선분의 운동 착시가 더 현저한 것으로 보고됨으로써 점진적 감소 모형이 지지되었다. 주의가 공간적으로 떨어진 두 점에 유도되었을 때는 이심률에 따라 두 점 사이에 제시된 선분의 운동 착시 방향이 달리 지각되었다. 두 점의 이심률이 4.5° 이내 일 때는 그 두 점 사이에 제시된 선분이 주의가 유도된 쪽으로부터 반대편으로 운동하는 것으로 지각되었다. 반면에 4.5° 이상일 때는 주의가 유도된 쪽을 향해 선분이 운동하는 것으로 지각됨으로써 주의 효과의 공간적 패턴이 중심-흥분 주변부-억제적 구조일 가능성을 시사하였다.

주제어 공간적 패턴, 시각적 주의, 점진적, 선분 운동 착시, 중심-흥분 주변부-억제

Abstract In order to test whether the spatial profile of visual attention is consistent with the predictions of the gradient model, changes in the magnitude of line-motion illusion was investigated as a function of the distance between a locus of attention and a target line. Attention was induced by rotating a cross-shaped stimulus. When two lines located at different distances from the locus of attention were presented at the same time, the line-motion illusion of the nearer one was reported more vivid, which is an evidence supporting the gradient model. When attention was simultaneously induced to two spatially separated spots, the direction of line-motion illusion appeared to change depending on the eccentricity of the spots. While their eccentricity fell within 4.5° v.a., a line presented inbetween them was perceived as moving from the attention-induced side. However, it was perceived as moving towards the attention-induced side when the eccentricity fell beyond 4.5°, suggesting that the spatial profile of visual attention may have an excitatory-center and inhibitory-surround structure.

Keywords spatial profile, visual attention, gradient, line motion illusion, excitatory-center and inhibitory-surround

1. 서론

시야의 한 곳을 바라보고 있을 때 시야의 다른 곳에서 갑작스런 자극의 변화가 발생되면 우리의 주의가 그곳으로 자동적으로 옮겨가게 된다. 이와 같이 시야의 갑작스런 자극 변화에 의해 발생하는 주의를

외인성 주의(exogenous attention)라고 부른다. 시야의 한 곳에 일단 주의가 주어지면 일반적으로 그 부위의 자극 탐지 민감도나 해상력이 증가되는 것으로 알려져 있다. 이러한 주의 효과는 주의 착점 부근의 정보 처리를 맡고 있는 세포 단위들의 활성화(activation threshold) 감소와 수용장의 축소에서 기인되는 것으로 가정되고 있다. 세포 단위들의 활성화 역이 낮아지면 민감도가 높아지고 결과적으로 정보 처리 속도가 촉진되는데 바로 이러한 변화를 시야에

1) 본 연구는 과학 기술부 소프트웨어 개발 사업 과제 (과제번호: 97-NT-01-01-A-05)의 일환으로 수행되었음.
연세대학교 심리학과(361-4721)

제시된 역(threshold) 부근의 자극 탐지 실험(정상철, 현주석과 정찬섭, 1997, 1998; Handy, Kingston과 Mangun, 1996)과 자극 변별 실험(Moran과 Desimone, 1985), 선분 운동 착시 실험(Hikosaka, Miyauchi와 Shimojo, 1993a; Steinman, Steinman과 Lehmkuhle, 1995, 1997) 등이 보고하고 있다.

시각적 주의는 시야에 출현한 자극의 물리적 변화와 관찰자의 의식적 노력이 상호 작용하는 가운데 발생하며 그 중에서도 외인성 주의는 내인성 주의에 비해 그 효과가 일시적이면서도 강력한 것으로 알려져 있다(정찬섭과 유명현, 1996). 관찰자의 의식적인 노력에 의하여 유도되는 내인성(endogenous) 주의는 자발적(voluntary), 의도적(intended), 목표-지향적(goal directed), 하향 처리적(top-down) 또는 지속적(sustained) 특성을 가지며, 시야의 한 지점에 갑작스런 시각적 변화에 의해 유도되는 외인성(exogenous) 주의는 반사적(reflexive), 대상 주도적(object oriented), 단서 유도적(cue-induced), 상향 처리적(bottom up), 또는 일시적(transient) 특성을 가진다(Muller와 Rabbit, 1989).

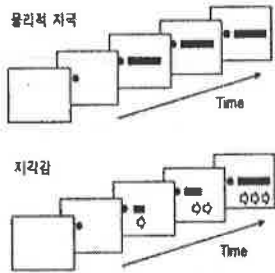


그림 1 선분 운동 착시. 제시된 선분이 주의 유도 단서의 반대 방향으로 빠른 속도로 자라는 듯한(growing) 운동감이 지각된다.

시각적 주의에 의해 특정 시야 부근에서 민감도와 정보 처리 속도가 어떻게 변화되는가는 그 부위가 주의 착점에서부터 얼마나 떨어져 있는가에 좌우되며 주의 효과의 공간적 특성(spatial property)에 대한 연구 결과에서 그 해답을 찾을 수 있다. 이 연구들은 주의 착점의 부근에 거리를 달리하여 표적 자극을 제시하고 그것에 대한 민감도와 반응 시간을 측정하

였다. 그 결과 얻어진 종속 측정치는 주의 착점에서 멀어질수록 점진적으로 감소하였으며, 반응 시간의 경우 또한 거리가 멀어질수록 점진적으로 증가하였다(Hughes와 Zimba, 1985; Downing, 1988; Henderson과 Macquistan, 1993; Steinman등, 1995; Handy등, 1996; 정상철 등, 1998). 이러한 연구 결과를 토대로 현재는 점진적 감소 모형(gradient model)이 주의 효과의 공간적 특성에 대한 대표적인 모형으로써 지지되고 있다.

민감도와 반응 시간외에 선분 운동 착시(line motion illusion) 또한 주의 착점으로부터의 거리에 따른 주의 효과의 점진적 감소의 확인하는데에 이용될 수 있다(Steinman등, 1995; 1997). 선분 운동 착시는 그림 1과 같이 주의가 주어진 지점의 국소적 처리 촉진(local speed-up processing)으로 인해 그곳에 가까운 선분의 일부가 먼저 지각되어 주의 착점 부근에 제시된 선분이 주의 착점의 반대 방향을 향하여 자라나는 듯한(growing) 운동감을 발생시키는 현상이다(Hikosaka 외, 1993a, 1993b). 선분 운동 착시 현상과 시각적 주의와의 관련성을 알아보기 위해서는 운동 정보의 처리와 관련된 피질 세포 부위에 대한 기존의 신경 생리학 연구를 살펴 볼 필요가 있다.

마카크 원숭이의 경우 내측두엽(MT: medial temporal lobe) 및 내상측두엽(MST: medial superior temporal lobe)이 운동 정보의 처리와 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있으며 이 부위는 공간적 주의 및 공간 정보 처리를 담당하는 피질 부위로 알려진 두정 부위(parietal area)로 연결되는 것으로 밝혀졌다(Mikami, Newsome과 Wurtz, 1986; Newsome, Mikami와 Wurtz, 1986). Mikami등에 의하면 내측두엽 및 내상측두엽의 세포들은 유연한 실제 운동(smooth real motion)뿐만 아니라 가현 운동에 대해서도 동일한 방향 선별성을 보였다. 그들이 원숭이에서 측정된 방향 선별적 세포 반응의 역치(threshold)는 인간을 대상으로한 정신 물리학적 측정에서 밝혀진 역치와 유사한 것으로 밝혀졌다(Newsome등, 1986). 시각 정보 처리를 담당하는 피질 부위간 초기 정보 처리 경로에서의 상호 작용의 발생 및 운동 정보 처리와 주의와의 관련성(Baloch와 Grossberg, 1997; Lu와 Sperling, 1995)을 고려할 때 내측두엽 및 내상측두엽의 정보 처리에는 하향적 및 상향적 정보 처리 메커니즘이 역동적으로 상호 작용할 가능성이 크며 운동 정보의 처리에

주의가 개입할 가능성을 암시한다.

시각 정보 처리와 관련된 피질 세포가 선택적 주의 작용에 개입한다는 것을 시사하는 신경 생리학적 및 해부학적 연구 결과들은 주의 착점 부근을 담당하고 있는 피질 세포 반응이 활성화됨을 시사한다. 따라서 그 부근에 제시될 자극의 탐지에 관련된 세포의 활성화역(activation threshold)을 낮아지게 만들어 세포의 민감도를 증가시킬 수 있다. 민감도 증가는 단위 시간당 자극 처리에 필요한 시간을 단축시켜 결국 처리 속도를 촉진시킨다.

주의에 의한 처리 속도 촉진이 발생시킨 지각 경험의 변화에 대한 측정이 Hikosaka 등(1993a, 1993b)에 의해 시도되었다. 주의 유도 자극 출현 후, 그 부근에 제시된 선분에서 지각되는 착시의 정도는 주의 유도 자극인 단서와 검사 자극인 선분의 제시 간격을 뜻하는 단서 선행 시간(cue-lead time)이 50~100ms일 때 그 값이 가장 큰 것으로 관찰되었으며 기존 연구(Muller와 Rabbit, 1989; Nakayama와 Mackeben, 1989)에서 보고된 주의 효과의 시간적 변화 특성과 일치하였다. Hikosaka 등은 선분 운동 착시 현상을 수용장의 크기가 비교적 작은 V1의 세포들과 그로부터 입력된 정보로부터 운동을 탐지해내는 큰 수용장을 가진 MT영역(Mikami 등, 1986) 사이에 주의가 개입하여, 주의가 주어진 곳을 담당하는 피질 세포의 국소적 촉진에 의해 운동 탐지기가 활성화되어 발생한다고 설명하였다.

Hikosaka 등의 연구는 선분 운동 착시 현상과 점진적 감소 모형의 밀접한 관련성을 시사한다. 그들의 연구에서 밝혀진 것은 시야에 제시된 선분에서 주의 착점에 가까운 부분이 그렇지 않은 부분보다 주의에 의한 처리 속도 증진으로 인해 먼저 지각된다는 점이다. 이것은 결국 점진적 감소 모형의 핵심 내용인 주의 착점으로부터 멀어질수록 감소하는 주의 효과에 대한 가정과 밀접한 관련이 있음을 의미한다.

이러한 관련성은 선분 운동 착시에 대한 Steinman 등(1995)의 연구 결과에서 다시 한번 지지되었다. 그들은 좌우 시야 중 한 곳에 단서를 갑자기 제시(abrupt onset)하여 주의를 유도하고 응시점의 바로 아래에 단서를 향해 빠르게 길이가 증가하는 선분 자극을 제시하였다. 이 선분에서 지각되는 운동감이 반대 방향으로부터의 선분 운동 착시에 의하여 상쇄되는 정도를 단서와 선분간 거리(cue-line separation)를 달리하여 측정하였다. 그 크기는 단서가 선분에 가장 가깝게 제시된 경우가 가장 크고,

그로부터 멀어질수록 점진적으로 감소하였다. 또한 검사 자극인 선분으로부터 단서가 우측 4° 정도 거리에 제시되었을 때 단서가 제시되지 않은 시행보다 오히려 그 크기가 감소한 것이 관찰되었다.

그들은 이 결과를 통해 주의 착점의 처리 속도 촉진(Hikosaka 등, 1993a)뿐 아니라, 촉진되는 정도가 주의 착점으로부터 거리가 증가함에 따라 점진적으로 감소한다는 설명을 포함시켰다. 또한 그들의 연구에서 밝혀진 주의 효과의 점진적 감소 및 주의 착점으로부터 4° 거리에서 관찰된 특이한 현상은 동심원 주의 지각장(attentional perceptive field) 가설에 의해 설명되었다. 즉 주의가 주어진 지점을 중심으로 망막의 신경절 세포 수용장의 처리 특성(Enroth-Cugell과 Robson, 1966)과 유사한 구조를 가지는 주의 지각장이 존재하며 이것의 처리 특성은 촉진 효과의 점진적 감소와 주변부 억제라는 것이다.

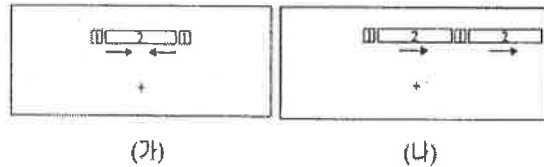


그림 2 점진적 감소 모형의 예측을 벗어나는 선분 운동 착시 (Downing과 Treisman, 1997). 그림의 화살표는 운동 착시의 방향 (가) 점진적 감소 모형이 예측할 수 있는 경우. (나) 점진적 감소 모형이 예측할 수 없는 경우. (십자 모양의 자극은 응시점이다. 짧은 사각형은 주의 유도 단서이며 긴 사각형은 검사 자극으로 제시된 선분이다. 자극내의 숫자는 자극이 제시된 순서로, 화살표는 선분에서 지각된 운동감의 방향을 의미한다.)

앞에서 살펴 본 바와 같이 점진적 감소 모형을 지지하는 다수의 연구 결과들에도 불구하고 Downing과 Treisman(1997)은 선분 운동 착시와 가현 운동과의 유사성에 주목함으로써 선분 운동 착시가 실제로 주의 효과의 점진적 감소(attentional gradient)에 의해 발생한 것인지에 대한 의문을 제기하였다.

그림 2는 그들이 선분 운동 착시의 사례중 점진적 감소 모형의 예측을 벗어나는 대표적인 사례로 제시한 것중의 하나이다. 그림 2의 (가)는 선분이 중앙에서 충돌하는 듯한(centrally colliding) 지각 경험이 발생하게 되는데, 점진적 감소 모형의 관점에서는

앞서 제시된 주의 유도 단서에 의해 발생한 외인성 주의 효과가 선분의 양쪽 끝 부분을 먼저 지각하게 만드는 것으로 설명할 수 있다. 그러나 (나)와 같이 또 다른 선분을 유도점의 바깥쪽에 추가로 제시하면 점진적 감소 모형의 예측과는 다른 현상이 관찰된다. 즉 점진적 감소 모형은 두 선분 중 주의 유도 자극의 사이에 위치한 것은 그림 (가)에서 처럼 선분의 중앙에서 충돌되는 것으로, 오른쪽에 제시된 것은 오른쪽 방향으로 자라나는 것으로 지각되어야 한다. 그러나 실제로는 두 선분 모두 오른쪽 방향으로 자라나는 것으로 지각된다.

Downing과 Treisman은 그림 2의 결과에 대한 설명에 앞서 선분 운동 착시를 가현 운동의 대응(binding) 과정에서 발생하는 시각 시스템의 운동 채워 넣기(motion impletion)의 관점에서 접근하였다. 즉 시각 공간에 하나의 단서가 제시된 후 일정한 시간 간격 이후에 점차 자극인 선분이 제시되면 단서와 선분간에는 가현 운동에 의한 운동감이 지각될 수 있다(Ulman, 1979). 이 경우, 운동감의 발생은 단서와 선분이 하나의 운동 궤도내에서 움직이는 동일한 개체(object)로 대응(binding)되어 인식됨을 의미한다. 우리의 시각 시스템은 이와 같은 대응 관계에 근거한 해석 과정에서 길이가 짧은 단서와 길이가 긴 선분간의 물리적 차이에 대해 마치 단서가 선분으로 자라나는 것처럼 해석하여 단서와 선분간의 길이 차이를 채워 넣는(filling-in) 오류를 범하게 되는데 Downing과 Treisman은 이것이 선분 운동 착시가 발생하는 근본 원인인 것으로 지적하였다. 그들은 이 과정에서 공간적 주의(spatial attention)는 오직 대응 방향의 설정에만 관계가 있을 뿐 Hikosaka등(1994)이 주장한 국소적 처리 속도 축진을 발생시키는 역할을 하는 것이 아니라고 설명하였다.

그림 2 (가)의 현상은 Downing과 Treisman의 설명에 근거할 경우 두 단서로부터 한 선분으로의 가현 운동의 대응 과정에서 발생하는 것으로 설명할 수 있다. 즉 그림 2 (가)에서는 하나의 단서와 하나의 선분간이 아니라 두 개의 단서와 뒤이어 제시된 하나의 선분간의 가현 운동의 대응 관계 설정이 되므로 채워 넣기의 시작점은 선분의 양 끝쪽이 되며 결국 선분의 중앙에서 운동감의 충돌이 발생한다는 것이다.

또한 점진적 감소 모형으로 설명하기 어려운 그림 2의 (나)에서 관찰된 현상 또한 설명이 가능하게 된다. 즉 가현 운동 궤도내에서 길이가 짧은 두 단서를 하나의 개체로 인식하고 두 선분을 궤도 내에서

대응되는 또 하나의 개체로 인식할 경우 대응의 방향 역시 두 단서의 위치로부터 두 선분의 방향이 되므로 그림 2 (나)에서 우측으로 운동감이 발생하는 것을 설명할 수 있게 된다.

그림에도 불구하고 앞에서 살펴본 바와 같이 점진적 감소 모형은 다수의 연구에서 선분 운동 착시를 설명할 수 있는 모형으로 제시되었다(Hikosaka등, 1993; Steinman등, 1995; von Grunau등, 1996). 또한 최근의 주의 효과의 공간적 특성에 대한 연구들은 주의 착점 부근의 정보 처리 특성에 촉진 현상뿐 아니라 억제 현상이 관찰됨을 보고하였으며, 이 현상들이 주의 착점을 중심으로한 지각장(attentional perceptive field)의 처리 특성과 밀접한 관계가 있는 것으로 설명하였다(정상철 등, 1998; Steinman 등, 1995). 특히 주의 착점 부근에서 수용장의 반응 특성 변화로 인한 활성역 감소를 가정할 경우, 이러한 처리 특성은 시각 시스템이 가용할 수 있는 처리 자원을 주의 착점을 중심으로 배분하는 과정에서 나타난 것임을 예상할 수 있다. 시야의 두 지점에 주의를 유도할 경우 두 지각장이 중첩되는 부위의 특성은 단일 주의 지각장의 공간적 처리 특성을 반영할 것이며 중첩되는 부위의 정보 처리 자원이 가산될 경우 흥분적, 감산될 경우 억제적 특성을 나타낼 것이다. 이는 중첩 부위에 제시된 선분에서 지각되는 운동 착시의 방향을 변화시킬 것이며, 점진적 감소 모형을 따를 경우 단서 이심률이 증가함에 따라 지각장의 촉진 효과가 감소한 부위가 중첩되므로 착시량 또한 점진적으로 감소함을 예상할 수 있다.

이러한 측면에서 본 연구는 Downing과 Treisman(1997)이 제기한 문제점을 보완하여 선분 운동 착시와 점진적 감소 모형의 밀접한 관련성을 알아보고자 하였으며, 지각장간 중첩 부위의 처리 특성을 선분 운동 착시를 통해 조사함으로써 주의 지각장의 처리 특성을 밝혀보고자 하였다.

II. 실험

실험 1. 외인성 주의에 의한 선분 운동 착시의 실재성 검증

실험 1은 회전 가현 운동이 외인성 주의 효과를 발생시킨다는 기존 연구(Folk, Remington과 Wright, 1994)에 근거하여 주의 유도 자극으로부터 선분으로의 가현 운동(Downing과 Treisman, 1997)의 발생을 최소화시킨 상태에서 선분 운동 착시가 발생하는

가를 조사함으로써 실험 2와 3에 사용될 주의 유도 방법의 타당성을 밝혀려는 사전 실험으로 실시되었다.

실험 1의 회전 가현 운동 자극이 선분으로 가현 운동 발생을 감소시킬 수 있음에 대한 근거는 Ulman(1979)의 최소 짝짓기 이론(minimal mapping problem)에서 찾아볼 수 있다. 그는 시야의 한 지점에 제시된 한 개체(object) 주변에 일정한 시간 후 제시된 다른 두 개체는 둘 모두 가현 운동을 발생시킬 가능성을 가지게 된다고 설명하였다. 이때 가현 운동 궤도의 출발점이 되는 개체와 끝점이 되는 나머지 두 개체까지의 거리(distance)는 가현 운동이 어느 개체간에 발생하는지 즉, 대응 관계(binding)를 결정하는 중요한 기준이 된다. 그의 설명에 의하면, 가현 운동의 출발점에 해당하는 위치의 개체는 뒤이어 제시된 서로 다른 두 개체 중 거리상으로 가까운 것에 대응 관계를 형성하며 운동감 또한 가까운 개체에 대해 발생한다.

실험 1에서는 이 설명에 근거하여, '+' 모양과 'x' 모양의 주의 유도 자극을 빠른 속도로 번갈아 제시함으로써 검사 자극으로 제시될 선분보다는, 회전하고 있는 주의 유도 자극내에 가현 운동의 대응 관계가 형성되도록 처리하였다. 이 경우 가현 운동은 '+' 및 'x' 모양의 주의 유도 자극사이에서 발생하며 뒤이어 제시될 선분으로의 가현 운동의 발생은 Ulman의 설명에 근거할 경우 최소화되어야 한다.

피험자

연세 대학교 심리학과 대학원에 재학중인 대학원생 두 명과 인지 과학 대학원에 재학중인 대학원생 두 명 및 심리학과 학부생 한 명이 실험에 참가하였다. 다섯명 피험자의 우세눈 및 우세손은 오른쪽이었으며 그들은 실험의 목적과 가설을 알지 못하였다.

자극 및 장치

자극을 제시하기 위한 Eizo FlexScan T563-T 20" 모니터와 Cambridge Research Systems사의 시각 자극 생성기 VSG2/2가 사용되었다. 반응을 입력받기 위해 자판이 사용되었으며 실험의 모든 과정은 IBM 호환 486 개인용 컴퓨터에 의해 통제되었다. 배경 화면과 자극 밝기의 측정에는 Minolta사의 광도 측정기인 LS-110이 사용되었다. 피험자의 응시점 고정과 머리 움직임 방지를 위하여 이마-턱 고정대가 사용되었다.

실험의 자극은 그림 3과 같았으며 화면의 중앙에 피험자와 눈 높이가 맞도록 고정된 1024×768 해상도의 칼라 모니터 화면에 제시되었다. 화면에서 턱받이까지의 거리는 68cm였으며 화면의 한 화소(1 pixel)의 크기는 가로, 세로 모두 0.34mm이며, 이를 시각으로 환산하면 1.75'에 해당하였다. 응시점은 화면의 정중앙에 폭과 높이가 각각 4화소인 정사각형 모양으로 제시되었다. 자극이 제시되는 배경의 밝기는 13.05 cd/m²였으며 응시점과 주의 유도 단서 및 선분 자극은 32.7 cd/m²였다.

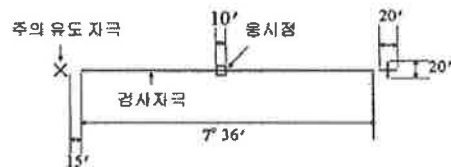


그림 3 실험 1에서 사용된 자극. 외인성 주의를 유도하기 위한 단서의 회전 가현 운동은 '+' 모양과 'x' 모양의 자극이 번갈아 제시됨으로써 발생되었다.

절차 및 설계

피험자들은 가로 1.5m, 세로 2.5m, 높이 2.5m 크기의 암막 안에서 한 사람씩 실험을 수행하였다. 실험의 자극 제시 순서는 그림 4와 같았다. 실험이 시작되면 화면의 중앙에 응시점이 제시된 후 200ms 후에 응시점 좌우에 두 개의 주의 유도 단서가 제시된 후 200ms동안 지속되었다. 뒤이어 주의 유도 시행의 경우 두 자극 중의 하나가 20ms 동안 사라진 후 'x'자 모양으로 변화하여 20ms동안 제시되었으며 다시 20ms 동안 사라진 후 '+' 모양으로 나타나는 과정의 반복에 의해 100ms동안 주의물 유도하였으며 통제 시행의 경우 유도 단서가 고정된 채로 지속되었다. 피험자는 제시된 검사 자극에서 지각되는 운동감의 방향을 쌍별 대안 강제 선택법(2AFC: two-alternative forced choice)으로 판단하여 자판의 왼쪽 또는 오른쪽 'shift' 자쇠를 눌러 보고하였다. 피험자의 보고가 끝나면 한 시행이 종료되었으며 화면이 지워지고 난 후 1000ms가 지나면 다음 시행으로 진행되었다.

실험의 전체 시행은 응시점의 왼쪽 또는 오른쪽에 주의가 유도된 조건과 주의가 유도되지 않은 통제 조건이 포함된 실험 시행과, 단서 위치-운동 착시 방향

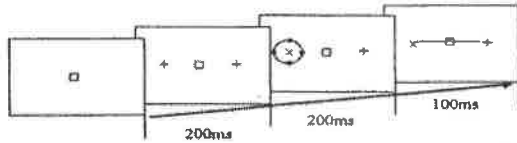


그림 4 실험 1에 사용된 자극의 제시 절차. 먼저 화면의 중앙에 사각형의 응시점이 제시되어 200ms가 지나면 좌우에 십자 모양의 주의 유도 자극이 제시되었다. 뒤이어 200ms후 두 단서 중 하나가 100ms동안 회전 가현 운동한 후 검사 자극이 제시되었으며 피험자가 선분 운동 착시 방향을 보고 할 때까지 지속되어 제시되었다.

연합 방지 시행(filler trial)으로 구분되었다. 방지 시행을 포함시킨 이유는 주의 효과가 나타나는 경우, 시행이 반복됨에 따라서 피험자들이 선분 운동 착시에 대한 지각에 근거하기보다는 주의 유도 단서의 위치에 따라서 선분 운동의 방향을 보고할 가능성이 있기 때문이었다. 실험 시행의 경우 검사 자극인 선분을 그대로 제시하였으나, 방지 시행의 경우는 무선적으로 좌 또는 우측의 한 방향으로 실제로 자라나는 선분 자극을 제시함으로써 피험자가 실험 시행중에 착시의 방향을 예측하는 것을 방지하였다.

한 피험자가 모든 처치를 받은 경우의 시행들은 주의 유도 시행의 주의 유도 위치 좌, 우 및 통제(3) 그리고 방지 시행의 선분이 자라나는 방향 좌, 우 및 통제(3)의 각 처치 수준의 조합으로 구성되었으므로 시행 수는 $3 \times 3 = 9$ 회였다. 이와 같은 9회의 시행을 한 구획으로 설정하여 40회 반복하였으므로 피험자가 행한 총 시행수는 $9 \times 40 = 360$ 회였다. 반복된 각 구획내에서 모든 시행은 무선화 되었다. 결과 분석에서, 방지 시행의 결과는 제외되었으며 실험 시행의 결과만이 사용되었으므로 실험에 실제로 사용된 설계 방안은 일원 반복 측정 설계였다.

결과 및 논의

중속 측정치의 계산을 위하여 시행별로 피험자가 운동 방향을 왼쪽에서 오른쪽으로 보고하였을 때 -1 값을 그 반대로 보고하였을 때 +1 값을 부여하였다. 피험자가 반응한 값들은 최종적으로 실험 시행 및 방지 시행의 각 처치 조건별로 합산되어 각 처치 조건내의 총 시행수로 나누어졌다. 이렇게 얻어진 처치 조건별 평균값은 피험자가 운동 착시의 방향을 편파적으로 지각한 정도를 반영하는 선분 운동 착시량으로 정의되었다. 따라서 한 처치 조건내에서 피험자

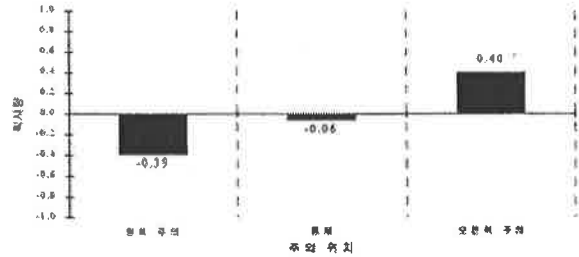


그림 5 실험 1에서 관찰된 선분 운동 착시. 우연 수준의 반응을 0, 모두 왼쪽에서 오른쪽으로 착시가 발생한 것으로 보고 하였을 경우 -1, 반대의 경우를 +1로 가정하였을 때, 피험자는 주어진 값만큼 선분 운동 착시의 방향을 편파적으로 보고하였다.

가 우연 수준으로 반응하였을 경우 착시량은 0값을 가지게 되며 전부 한 쪽 방향으로 반응하였을 경우 -1 또는 +1값을 가지게 된다.

피험자 다섯 명으로부터 얻은 실험 시행의 측정치들은 주의 유도 위치 좌, 우 및 통제 조건의 세 수준을 가진 일원 반복 측정 방안에 의해 변량 분석되었다. 그림 5에 실험 1의 결과를 제시하였다. 실험 시행에서 얻어진 착시량을 변량 분석한 결과, 주의를 왼쪽에 준 경우(-.39±.02)와 오른쪽에 준 경우(.41±.02), 그리고 주의가 주어지지 않은 통제 조건(.06±.15)의 착시량 차이는 통계적으로 매우 유의미하였다($F_{(2,8)} = 92.59, p < .001$). 왼쪽 및 오른쪽 주의 조건과 통제 조건에서 얻어진 착시량의 평균간 차이를 알아보기 위하여 Scheffe의 사후 검증을 실시한 결과 세 조건간에 있어서 모두 유의미한 차이가 있었다. 방지 시행의 착시량 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다.

실험 1에서는 100ms후에 제시된 선분보다는 20ms 후에 제시한 회전된 주의 유도 자극에 대응 관계를 형성하도록 처치하였다. 앞에서 살펴보았던 Ulman(1979)의 주장에 근거할 경우 대응 관계는 주의 유도 자극의 회전이 발생한 위치에 고정되며 유도 자극으로부터 선분으로의 가현 운동의 발생 가능성이 최소화된다. 그림에도 불구하고 실험 1에서는 강력한 선분 운동 착시가 지각되었다. 이 결과는 Downing과 Treisman(1997)이 설명한 가현 운동의 채워 넣기보다는 다른 원인에 의해 발생한 것으로 설명해야 할 필요성을 제기한다.

결국 돌발적인 회전 가현 운동이 발생한 지점에 공간적 주의(spatial attention)가 주어질 수 있다는 기존 연구 결과(Folk 등, 1994)에 비추어 볼 때 실험

1에서 선분 운동 착시가 관찰된 이유는 회전 가현 운동이 발생한 지점에 유도된 외인성 주의가 정보 처리 속도를 국소적으로 촉진시켜 점진적 감소 모형에서 예측하는 선분 운동 착시를 발생시켰기 때문임을 시사한다.

실험 2 주의 효과의 점진적 감소

실험 2에서는 실험 1에서 사용된 주의 유도 자극을 사용하여 주의 유도 단서로부터 가까운 선분 자극과 먼 선분 자극을 동시에 제시하여 두 자극간 운동감의 차이를 쌍별 비교시켰다. 실험의 목적은 회전 가현 운동을 사용하여 주의 효과의 점진적 감소를 관찰함으로써 주의 착점에서 발생한 촉진 효과의 점진적 감소에 의해 단서로부터 먼 곳에 제시된 선분에 비하여 가까운 지점에 제시된 선분에서 운동감이 강하게 지각된다는 점진적 감소 모형의 예측을 지지하는데 있었다.

피험자

실험 2에 참가하였던 다섯 명의 피험자들과 연세대학교 인지과학 대학원과 심리학과 대학원에 재학중인 대학원생 여섯 명과 인지과학 대학원에 재학중인 대학원생 두 명이 추가로 실험에 참가하였다. 열 세명 피험자의 우세 눈 및 우세 손은 오른쪽이었으며 그들은 실험의 가설과 목적에 대해 알지 못하였다.

자극 및 장치

실험 2에서 사용된 자극의 모양과 제시 위치는 그림 6와 같으며, 자극과 배경 화면의 밝기는 실험 1과 동일하였다. 검사 자극인 두 선분은 응시점을 기준으로 상단과 하단에 약 30', 1° 30', 2° 30', 3° 30' 으로 거리를 달리한 여덟 개의 제시 위치 중 두 곳에 제시되었다. 자극의 생성 및 제시에는 실험 1의 장치들이 그대로 사용되었다.

절차 및 설계

실험 2의 절차를 그림 7에 제시하였다. 실험 2의 모든 절차는 실험 1과 동일하였으며 쌍별 비교의 대상인 두 선분 검사 자극이 응시점의 위 또는 아래쪽에 모두 제시되거나 위아래에 하나씩 동시에 제시된 것만이 차이가 있었다. 피험자는 제시된 두 선분 중 운동감이 더 강하게 느껴진 것을 판단하여 자판의 위쪽 화살표 자쇠 또는 아래쪽 화살표 자쇠를 눌러 보고하였다. 피험자의 보고가 끝나면 한 시행이 종료

되며 화면이 지워지고 난 후 1000ms 후에 다음 시행으로 진행되었다.

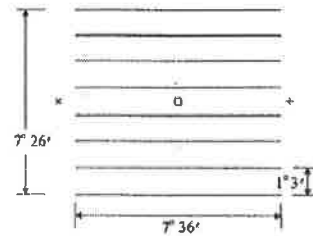


그림 6 실험 2에서 사용된 자극. 짧은 선분의 두 선분이 검사 자극이며 나머지 점선들은 검사 자극이 제시될 수 있는 위치이다. 응시점과 주의 유도점 및 검사 자극의 크기는 실험 1과 동일하였다. 검사 자극인 두 선분은 응시점을 기준으로 상단과 하단에 약 30', 1° 30', 2° 30', 3° 30' 으로 거리를 달리한 여덟 개의 제시 위치 중 두 곳에 제시되었다.

실험의 전체 시행은 왼쪽 또는 오른쪽의 주의 유도 자극이 회전한 조건으로 구분되어 실시되었으며 선분의 제시 위치별 조건을 포함하여 한 실험 내에서 반복을 단위로 한 구획별로 무선회되어 한꺼번에 실시되었다. 실험 2에서 주의 유도 자극이 회전하지 않은 경우를 포함시키지 않은 이유는 쌍별 비교의 특성상 단일 시행 내에 주의 유도 자극으로부터 먼 거리의 기준 자극 및 가까운 거리의 비교 자극이 모두 제시되므로 별도의 통제 시행이 필요하지 않을 것으로 판단되었기 때문이었다.

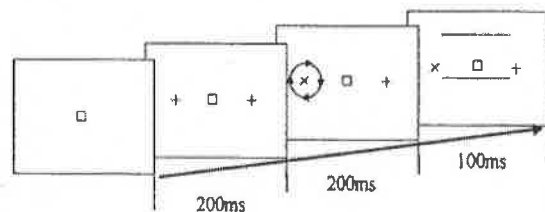


그림 7 실험 2에서 사용된 자극의 제시 순서. 자극의 크기 및 제시 위치와 시간 제열은 실험 1의 주의 조건과 동일하였으며 쌍별 비교를 위한 두 개의 선분 검사 자극이 응시점의 위아래 및 위 또는 아래에 동시에 제시되었다.

피험자가 실험의 모든 처치를 받은 경우의 시행들은 왼쪽 또는 오른쪽에 제시된 단서가 회전한 경우 (2)와 여덟 개의 검사 자극 제시 위치 중 쌍별 비교를 위한 두 위치의 조합 28시행으로 구성되었으므로

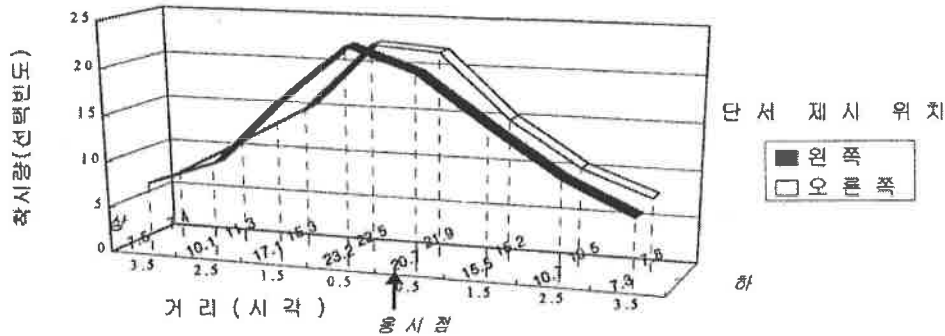


그림 8 주의 유도 위치로부터의 거리에 따른 착시량. 가로축은 응시점 또는 주의 착점을 기준으로 위쪽과 아래쪽 방향으로의 거리(시각)를, 세로축은 검사 자극으로 제시된 선분의 운동감 정도를 쌍별 비교하여 얻어진 선분 제시 위치별 선택 빈도의 누적 합산 점수를 의미한다. 누적 합산 점수는 하강선(점선)이 가로축과 만나는 지점에 표시되어 있다. 그림에서 알 수 있듯이 제시 위치별 점수는 단서의 회전 위치에 관계없이 주의 착점으로부터 거리가 멀어질수록 점진적으로 감소하고 있다.

시행수는 $2 \times 28 = 56$ 회였다. 이와 같은 56회의 시행을 하나의 구획으로 설정하여 4회의 반복을 행하였으므로 피험자가 행한 총 시행수는 $2 \times 28 \times 4 = 224$ 회였다. 반복된 각 구획내에서 모든 시행은 무선화되었다. 효과의 분석에 사용된 처치들은 단서의 제시 위치(2)와 검사 자극이 속한 시야(2) 및 단서로부터 검사 자극까지의 거리(4)이므로 실제로 사용된 설계방안은 $2 \times 2 \times 4$ 의 반복 측정 설계였다.

결과 및 논의

피험자별 종속 측정치를 계산하기 위하여 제시된 두 검사 자극 중에서 운동감이 강하게 느껴진다고 보고된 선분의 제시 위치별 선택 빈도를 누적 합산하였다. 한 피험자당 주의 위치(2)와 선분이 제시된 시야(2) 및 단서로부터 검사 자극까지의 거리(4)의 각 수준에서 얻어진 $2 \times 2 \times 4 = 16$ 개의 점수가 산출되었으며, 열 세명의 피험자에게서 얻어진 점수를 단서 위치와 선분 제시 위치별로 평균하였다. 각 위치별로 최고 점수는 28점이고 최저 점수는 0이며, 산출된 점수들은 단서로부터 거리를 달리하여 제시된 선분의 운동감 정도를 반영한다.

실험 2의 결과를 그림 8에 제시하였다. 그림 7의 값들은 각 조건별 처치 수준별로 산출된 점수이다. 주어진 값들은 열세 명 피험자의 평균이다. 단서로부터 선분까지의 거리에 따른 운동감의 차이를 살펴보기 위하여 주의 유도 자극으로부터 $30'$, $1' 30'$,

$2' 30'$, $3' 30'$ 의 거리별 점수 값에 대한 변량 분석을 실시한 결과 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($F_{(3, 183)} = 217.23, p < .001$). 시야의 상단과 하단에서 지각된 운동감에 차이가 있는지 알아보기 위하여 선분이 속한 응시점 상단과 하단 조건에서 얻어진 점수를 변량 분석하였으나 통계적으로 유의미한 차이는 없었다($F_{(1, 183)} = 1.67, ns$). 선분이 속한 시야와 왼쪽 또는 오른쪽 주의 유도 조건과의 상호작용은 통계적으로 유의미하지 않았으며($F_{(1, 183)} = .57, ns$), 선분이 속한 시야와 거리 조건간의 상호 작용 또한 유의미하지 않았다($F_{(3, 183)} = .75, ns$). 주의 유도 방향별로 거리 조건간 주의 효과에 차이가 있는지 알아보기 위하여 주의 유도 방향과 거리 조건간의 상호 작용을 분석하였으나 통계적으로 유의미하지는 않았다($F_{(3, 183)} = .66, ns$).

실험 2에서는 실험 1에서 밝혀진 바와 같이 단서와 선분간의 가현 운동을 최소화시킬 수 있는 회전 가현 운동 단서를 사용하여 외인성 주의가 유도되도록 처치하였다. 이와 같은 처치에도 불구하고 주의가 주어진 위치에 가깝게 제시된 선분일수록 선분 운동 착시가 강력하게 지각되었다는 것은 공간적 주의가 가현 운동의 방향만을 지정한다고 그 역할을 제한한 Downing과 Treisman(1997)의 설명보다는 더 광범위한 주의의 개입을 시사한다.

이와 같은 측면에서 실험 2에서 관찰된 선분 운동 착시량의 점진적 감소는 주의 착점을 중심으로한 주

의 효과의 점진적 감소를 보고한 다수의 연구 결과들(Downing, 1988; Henderson과 Macquistan, 1993; Steinman등, 1995; Handy등, 1996; 정상철등, 1998; Steinman, 1995, 1997)에 근거할 때 회전 가현 운동하는 주의 유도 자극의 위치에 발생한 외인성 주의 효과가 주의 착점으로부터 멀어짐에 따라서 점진적으로 감소함으로 인해 발생한 것으로 설명해야 할 것이다.

실험 3. 주의의 가산 및 감산 효과

실험 1과 실험 2의 결과 가현 운동을 방지시킨 외인성 주의 유도에 의한 선분 운동 착시와 주의 착점을 중심으로한 주의 효과의 점진적 감소 현상이 관찰되었다. Steinman등(1995, 1997)이 주장한 바와 같이 이러한 점진적 감소 현상을 발생시키는 메커니즘이 중심-홍분-주변부 억제성 주의 지각장(on-center off-surround attentional perceptive field)임을 가정한다면 시야의 두 지점에 주의가 유도되었을 경우에 지각장간의 중첩을 예상할 수 있다. 중첩된 지점은 두 주의 착점사이의 거리가 변화함에 따라서 홍분 또는 억제 특성을 나타내는 지각장 영역의 공간적 특성(spatial property)을 반영할 가능성이 크다. 실험 3에서는 점진적 감소 모형과 주의 지각장 가설에 근거한 예측을 토대로 외인성 주의를 시야의 두 지점에 유도하여 주의 효과의 중첩을 시도하였다. 중첩이 예상되는 영역에는 선분 자극을 제시하여 운동 착시 방향을 조사함으로써 홍분성 특성을 나타내는 가산 효과 또는 억제성 특성을 나타내는 감산 효과가 발생하는지를 살펴보았다.

피험자

실험 1과 2에 참가하였던 피험자 두 명과 실험 2에 참가하였던 피험자 두 명 및 심리학과 대학원에 재학 중인 대학원생 한 명과 심리학과 학부생 한 명이 실험에 참가하였다. 여섯 명 피험자의 우세 눈 및 우세 손은 오른쪽이었으며 그들은 실험의 목적과 가설에 대하여 알지 못하였다.

자극 및 장치

그림 9에 실험 3에서 사용되는 자극의 모양과 위치를 제시하였다. 실험 3에서는 사전 실험 결과 주의 유도 자극이 응시점의 상단이나 하단 부위로 $1^{\circ} 30'$

부터 $5^{\circ} 40'$ 까지 비교적 먼 거리에 걸쳐서 제시되기 때문에 운동감의 정도가 실험 1과 2에 비해 뚜렷하지 않은 것으로 보고되었다. 따라서 주의 유도 자극의 크기를 실험 1의 $20'$ 에서 $30' 16''$ 로 증가시켰다. 주의 유도 자극의 제시 위치는 시행간에 응시점을 기준으로 2° , $4^{\circ} 30'$, 6° , 8° 의 네 수준으로 변화시켰으며 검사 자극으로 제시되는 선분의 길이는 주의 유도 자극의 이심률에 따라서 각각 3° , $6^{\circ} 20'$, $8^{\circ} 40'$, $11^{\circ} 20'$ 으로 변화시켰다. 자극의 생성 및 실험에 사용되는 장치는 실험 2와 동일하였다. 주의 유도 자극은 응시점을 중심으로 대각선 방향으로 제시되었으며 검사 자극인 선분은 응시점을 통과하여 수평 또는 수직으로 제시되었다. 주의 유도 조건의 시행에서는 네 개의 단서 중 이웃한 두 개의 단서가 실험 1과 2에서처럼 회전 가현 운동하여 외인성 주의를 유도하였으며 통제 조건의 시행에서는 주의 유도 조건에서의 시간만큼 단서들이 고정된 채로 지속되었다.

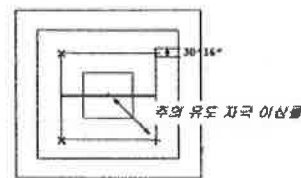


그림 9 실험 3에서 사용된 자극, 응시점 및 유도 단서의 모양은 실험 1, 2와 동일하였다. 단서들은 점선으로 표시된 가상의 정사각형 꼭지점 위치에 제시되었으며 그 중 한 변을 구성하는 두 개의 단서가 회전 가현 운동함으로써 주의를 유도하였다.

절차 및 설계

그림 10에 실험 3에서 사용된 자극의 제시 절차를 나타냈다. 모든 실험의 장소 및 자극 밝기 등은 실험 1, 2와 동일하였으며 주의 유도 및 자극 제시까지의 시간 계열 또한 실험 1, 2와 동일하였다. 검사 자극인 선분이 제시되면 피험자는 선분에서 지각되는 운동감의 방향을 수평 선분인 경우 오른쪽 또는 왼쪽 화살표 지쇠를, 수직 선분인 경우 위쪽 또는 아래쪽 화살표 지쇠를 눌러 보고하였다. 반응이 끝나면 화면이 지워지며 1000ms후 다음 시행으로 진행되었다.

검사 자극인 선분을 두 개의 주의 유도 단서를 연결하는 가상의 직선에 대하여 전체 시행 중 80%는

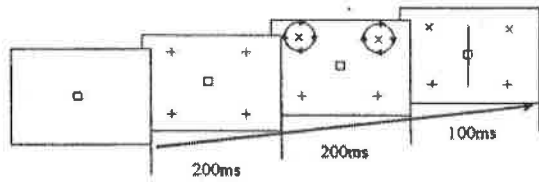


그림 10 실험 3에서 사용된 자극의 제시 순서. 통제 조건에서는 십자 모양의 단서가 회전하지 않은 채로 주의 조건에서의 단서의 회전 시간만큼 제시되었다.

직교적으로 제시한 실험 시행이었으며 나머지 20%의 시행은 피험자가 주의 유도 방향과 선분의 운동 방향과의 관련성을 시행 중에 알아내는 것을 방지하기 위한 단서 위치-운동 착시 방향 연합 반응 방지 시행이었다. 전체 시행 중 66.6%가 주의가 주어진 주의 유도 조건의 시행이었으며 나머지 33.3%는 주의가 주어지지 않은 통제 조건의 시행이었다. 주의 유도 조건의 시행은 주의 유도 방향 상하 좌우의 네 수준이 동등한 횡수로 실시되었으며, 주의가 주어지지 않은 통제 조건의 시행은 선분이 수평으로 제시되었는가 아니면 수직으로 제시되었는가의 여부에 따른 두 수준이 동등한 횡수에 따라 실시되었다. 통제 조건의 시행은 주의가 주어지지 않은 상태에서 제시된 선분에서 운동감이 지각될 수 있는가의 여부와 만약 운동감이 지각될 경우 그것의 정도를 측정하여 기저선을 설정하기 위하여 실시되었다.

실험의 전체 시행은 주의가 유도된 주의 조건과 주의가 유도되지 않은 통제 조건이 혼합되어 실시되었다. 피험자가 실험의 모든 처치를 받은 경우의 시행들은 이심률(4), 방지 시행 실시 여부(5), 주의 유도 여부 및 주의 방향(6)의 각 처치 조건의 조합으로 구성되었으므로 시행수는 $4 \times 5 \times 6 = 120$ 회였다. 이와 같은 120회의 시행을 하나의 구획으로 설정하여 3회의 반복을 행하였으므로 피험자가 행한 총 시행수는 $120 \times 3 = 360$ 회였다. 반복된 각 구획내에서 모든 시행은 무선화 되었다. 결과 분석에는 실험 시행의 자료만이 사용되었으며 방지 시행의 자료는 제외되었다. 따라서 실험 3의 설계 방안은 이심률(4)×주의 유도 여부 및 주의 유도 위치(6)의 반복 측정 설계였다.

결과 및 논의

피험자별 종속 측정치를 계산하기 위하여 실험 1에서와 같은 방법을 사용하였다. 선분이 수평으로 제

시된 경우 피험자가 왼쪽에서 오른쪽으로 운동감을 보고하면 -1값을, 반대 방향으로 운동감을 보고하면 +1값을 주었다. 수직으로 제시된 경우도 이와 동일하게 아래쪽에서 위쪽일 경우 -1값을, 그 반대일 경우 +1값을 주었다. 주의 조건의 경우 상하 및 좌우 주의 유도 방향별 네 수준의 12회 시행에서 얻어진 종속 측정치를 합산하여 평균하였다. 통제 조건의 경우도 수평 및 수직 선분 제시의 두 수준별 12회의 시행에서 얻어진 종속 측정치를 합산하여 평균하였다. 이와 같은 여섯 개의 값들은 각 처치 조건에서 지각된 착시량으로 정의되었다. 따라서 이심률별 네 수준에 걸쳐서 여섯 개의 착시량이 산출되었으므로 피험자별로 -1에서 1사이의 값을 가지는 $6 \times 4 = 24$ 개의 착시량 값들이 얻어졌다.

표 1에 통제 조건 및 주의가 유도된 조건에서 얻어진 착시량을 제시하였다. 주의가 주어지지 않은 상태에서 제시된 선분에 대하여 피험자가 운동 방향을 편파적으로 반응하는가의 여부를 알아보기 위하여 통제 조건에서 선분이 수직으로 제시된 경우와 수평으로 제시된 경우의 착시량을 우연 수준의 경우 예상되는 값인 0과 비교하였다. 변량 분석 결과 수평 조건의 경우는 통계적으로 유의미한 차이가 있었으나 [$F_{(1, 30)} = 14.22, p < .05$], 수직 조건의 경우는 유의미한 차이가 없었다 [$F_{(1, 30)} = 3.24, ns$]. 표 1에 통제 조건에서 얻어진 전체 피험자의 착시량 평균과 표준 편차를 제시하였다. 통제 조건의 측정치는 주의 조건에서 얻어진 착시량과의 차이를 계산함으로써 주의에 의한 선분 운동 착시량의 증감을 가늠하는 기저선으로 설정되었다.

주의가 유도된 상태에서 제시된 선분에 대한 피험자의 반응을 조사하기 위하여 단서를 회전시켜 주의를 유도한 조건과 통제 조건의 결과를 비교하였다. 선분이 수평 방향으로 제시된 경우 주의가 왼쪽에 주어졌던 경우와 오른쪽에 주어졌던 경우 및 통제 조건의 착시량을 변량 분석한 결과 통계적으로 유의미하지는 않았으나 주의 효과의 경향성이 관찰되었다 [$F_{(3, 55)} = 3.02, p = .057$]. 선분이 수직 방향으로 제시된 경우 주의가 위쪽에 주어졌던 경우와 아래쪽에 주어졌던 경우 및 통제 조건의 착시량을 변량 분석한 결과 통계적으로 유의미한 차이가 있었다 [$F_{(3, 55)} = 4.85, p < .05$]. 이심률의 주효과는 선분이 수평으로 제시된 경우나 수직으로 제시된 경우 모두 관찰되지 않았다. 이심률에 따른 주의 효과를 살펴보기 위하여 이심률과 주의 효과간의 상호 작용을 분석한 결과 선분이

표 1 실험 3의 주의 및 통제 조건에서 관찰된 착시량

(괄호 안의 값은 표준 편차)

이심률	선분제시방향		수 직				
	주의	원쪽	수 평	오른쪽	아래쪽	통제	위쪽
2°		-0.69	-0.31	-0.06	-0.36	-0.14	.25
		(±.31)	(±.63)	(±.58)	(±.56)	(±.62)	(±.61)
4° 30'		-0.31	-0.39	-0.25	-0.28	-0.03	-0.11
		(±.25)	(±.59)	(±.69)	(±.75)	(±.59)	(±.65)
6°		-0.33	-0.31	-0.08	-0.17	-0.20	-0.20
		(±.59)	(±.58)	(±.65)	(±.61)	(±.66)	(±.70)
8°		-0.08	-0.42	-0.33	-0.25	-0.36	-0.03
		(±.81)	(±.60)	(±.66)	(±.52)	(±.63)	(±.60)
평균		-0.35	-0.35	-0.18	-0.26	-0.18	-0.01
		(±.56)	(±.56)	(±.62)	(±.58)	(±.60)	(±.62)

수평으로 제시된 경우 통계적으로 유의미한 차이를 보였으나($F_{(6, 55)} = 2.90, p < .05$), 수직으로 제시된 경우는 경향성만이 관찰되었다($F_{(6, 55)} = 2.05, p = .074$).

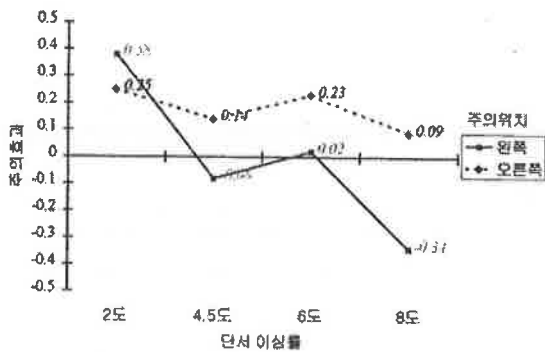


그림 11 실험 3의 수평 조건에서 관찰된 주의 효과. 주어진 그래프의 값은 주의가 주어진 조건과 통제 조건간의 착시량의 차이값(difference)을 의미한다. 양의 부호값은 통제 조건에 비해 중첩 부위 반대 방향으로의 운동감을 보고한 정도 즉 중첩 부위의 촉진 효과를 의미하며, 음의 부호값은 그 반대로 통제 조건에 비해 중첩 부위 반대편으로부터 중첩 부위로 운동감을 보고한 정도 즉 억제 효과를 의미한다.

그림 11은 수평으로 선분을 제시한 즉, 주의 효과의 중첩 부위가 왼쪽 또는 오른쪽이었을 경우 주의가 주어진 조건과 통제 조건과의 착시량의 차이값을 나타낸다. 그림을 통해 알 수 있듯이 오른쪽에 주의 효과의 중첩을 유도한 경우 선분 운동 착시의 정도가 주의 유도 자극의 이심률에 관계없이 약 8도 조건까

지 고르게 나타나고 있으며 점진적 감소의 경향성을 보였다. 반면에 왼쪽에 주의 효과의 중첩을 유도한 경우는 점진적 감소의 경향성과 함께 주의 유도 자극의 이심률이 2° 인 조건에 비해 8° 인 조건에서 주의 효과의 부호가 변화함으로써 억제적 특성(suppressive property)에 의한 감소 효과가 발생하였다.

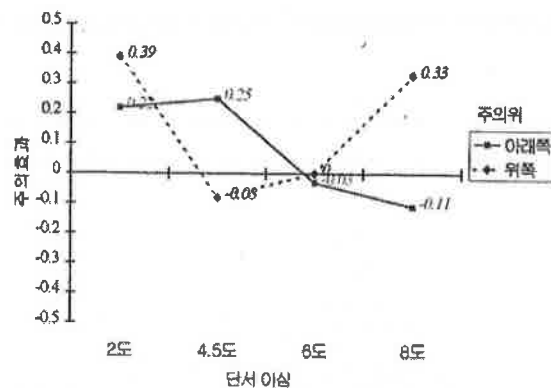


그림 12 실험 3의 수직 조건에서 관찰된 주의 효과. 주어진 그래프 값의 의미는 그림 12와 같다.

그림 12는 선분이 수직으로 제시된 즉, 주의 효과의 중첩 부위가 위쪽 또는 아래쪽이었을 경우의 결과이다. 위쪽에 주의 효과의 중첩을 유도하였을 경우 주의 유도 자극의 이심률이 2° 인 경우와 8° 인 경우에 강력한 주의 효과가 발생하였다. 2° 와 8° 사이에서는 주의 효과가 통제 수준이하로 감소함으로써 왼쪽에 주의를 유도한 경우와 동일한 경향성이 관찰되었다. 이러한 경향성 또한 주의 효과의 억제적 특



성과 관련이 있는 것으로 미루어 볼 수 있으나 8° 조건의 강력한 주의 효과는 점진적 감소 모형에 의해서는 예측하기 어려운 결과이다. 아래쪽에 주의가 유도된 경우는 주의 효과의 점진적 감소 모형에서 예측하는 주의 착점으로부터 거리를 달리하여 나타나는 선분 운동 착시량의 감소 현상이 비교적 일관되었으며 6° 를 넘어서는 지점부터는 억제적 특성이 나타났다.

III. 종합 논의

실험 1에서는 회전 가현 운동하는 주의 유도 자극에 의한 주의 효과(Folk등, 1994)와 외인성 주의가 발생시키는 국소적 처리 속도 촉진 현상(Hikosaka 등, 1993a; Steinman등, 1997)에 근거하여, 단서와 선분간의 가현 운동(Downing과 Treisman, 1997)을 최소화시킨 상황에서 선분 운동 착시를 관찰하였다. 실험 2는 실험 1에서 사용된 주의 유도 방식을 사용하여 주의 착점으로부터 점진적으로 감소하는 선분 운동 착시의 운동감을 측정함으로써 점진적 감소 모형의 예측을 지지하였다.

실험 3은 기존 연구에서 밝혀진 중심 흥분 주변부 억제성 주의 지각장(on-center and off-surround attentional perceptive field)의 타당성을 다시 한번 지지한다. 즉 중첩 예상 부위에서 통제 수준이하로 떨어진 선분 운동 착시량은 지각장의 중첩으로 인한 감산적 효과의 발생을 의미하며 억제 효과에 의한 선분 운동 착시 방향의 반전 가능성을 시사한다.

실험 3에서 관찰된 억제적 처리 특성과 관련지을 수 있는 이론적인 근거는 주의 효과가 한정된 자원을 할당하는 과정에서 발생한다는 자원 할당(resource allocation)에 근거한 설명이다(Eriksen과 Yeh, 1985). 시각 시스템이 한정된 정보 처리 능력 내에서 주의 착점을 중심으로 처리 자원을 배분함으로써 주의 효과가 나타나는 것이라면 주의 착점에 처리 자원이 집중됨으로 인해 정보 처리 능력이 향상될 수 있다. 한편으로 주의 착점에 자원이 집중되는 것은 주의 착점 주변부 자원의 감소와 처리 능력 저하 및 그로 인한 억제적 특성의 발생 가능성을 의미한다. 처리 자원 배분의 관점에서 억제적 특성을 설명하려는 시도는 실무율적(all-or-none) 경계를 가지는 주의 영역 이론을 주장하여 점진적 감소 모형과 함께 위치 특정적(location specific) 주의 모형으로 분류되었던 줌-랜즈 모형(Eriksen과 Yeh, 1985)에서 이미 진행되었던 바가 있으며, 주의 영역의 경계가 연

속적임을 시사하는 점진적 감소 모형에 의해 수정 및 보완되었다(Downing, 1988; Henderson과 Macquistan, 1993; Steinman등, 1995; Handy등, 1996; 정상철 등, 1998). 이러한 해석에 따른다면 흥분 영역과 촉진 영역을 공유하는 주의 지각장의 구조는 결국 시각 시스템이 주의가 주어진 지점을 중심으로 물리적 처리 자원을 분배하는 과정에서 발생한 심리적 표상 단계의 산물로 해석될 수 있다.

실험 2에서 밝혀진 바와 같이 단서를 중심으로 점진적으로 감소하는 주의 효과는 실험 3의 단서 제시 형태에 근거할 때 단서 이심률이 증가하면서 중첩 부위의 주의 효과 또한 점진적으로 감소함을 예측하게 해 준다. 실험 3은 선분이 수평으로 제시된 경우에 이러한 예측이 타당함을 보여주었다. 특히 중첩 부위의 주의 효과가 방향별 네 조건간에 서로 일관성을 가지고 있지는 않지만 점진적 감소 경향성 및 통제 수준 이하로 떨어지는 억제적 특성이 관찰되고 있다. 이 결과는 주의 지각장의 중첩 부위는 두 지점에 유도된 주의 효과의 가산 및 감산에 의해 마치 한 지점에 주의가 유도된 것과 유사한 흥분 및 억제성 특성을 발현시킨다고 해석될 수 있다.

점진적 감소 모형에서 예측하는 주의 착점 부근의 처리 특성과 중심 흥분-주변부 억제성 주의 지각장의 구조는 신경절 세포의 중심 흥분 주변부 억제성 동심원 수용장 구조(Enroth-Cugell과 Robson, 1966)와 유사하다는 면에서 해부학적 관련성이 있을 것으로 짐작되지만, 주의 지각장의 형성에 관계된 처리 단위들이 피질 세포 수용장의 활성역 감소인지 아니면 수용장의 이동 및 축소와 같은 공간적 변화인지는 아직 분명하지 않다. 다만 시각 정보 처리에 중요한 것으로 짐작되는 내측두엽과 내상측두엽(Mikami등, 1986; Newsome등, 1986) 및 V1, V2, V4와 하측두엽 피질 세포의 수용장(Moran과 Desimone, 1985; Spitzer, Desimone과 Moran, 1988; Chelazzi, Miller, Duncan과 Desimone, 1993)과 시각적 주의와 관련이 있는 두정 부위 피질간의 상호 작용(Bushnell, Goldberg와 Robinson, 1981; Posner, Walker, Friedrich와 Rafal, 1987; Fischer와 Breitmeyer, 1987; Corbetta, Shulman, Miezin과 Peterson, 1995)이 추측될 뿐 정확한 관련성을 밝히기는 아직 이른 것으로 짐작된다.



참고 문헌

- 정찬섭과 유명현 (1996). 주의에 의한 지각질 변형의 시-공간적 특성. 한국 심리학회 창립 50주년 : '96 연차 학술 대회 학술 발표 논문집. 257-273
- 정상철, 현주석과 정찬섭 (1998). 외인성 주의 유도에 의한 시야의 시각 민감도 변화. 한국 인지과학 회지 8(4), 63-75.
- Baloch, A.A., & Grossberg, S. (1997). A Neural model of high-level motion processing: Line motion and formation dynamics. *Vision Research*, 37(21), 3037-3059.
- Bushnell, M. C., Goldberg, M. E., & Robinson, D. L. (1981). Behavioral enhancement of visual responses in monkey cerebral cortex. I. Modulation in posterior parietal cortex related selective visual attention. *Journal of Neurophysiology*, 46, 755-772.
- Chelazzi, L., Miller, E. K., Duncan, J., & Desimone, R. (1993). A neural basis for visual search in inferior temporal cortex. *Nature*, 363, 345-347.
- Corbetta, M., Shulman, G. L., Miezin, F. M. & Peterson, S. E. (1995). Superior parietal cortex activation during spatial attention shifts and visual feature conjunction. *Science*, 270, 802-805.
- Downing, C. J. (1988). Expectancy and visual-spatial attention: Effects on perceptual quality. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 188-202.
- Downing, P.E., & Treisman, A.M. (1997). The line motion illusion: Attention or Impletion?. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23(3), 768-779.
- Enroth-Cugell, C. & Robson, D. G. (1966). The contrast sensitivity of retinal ganglion cells of the cat. *Journal of Physiology*, 18, 517, 552.
- Eriksen, C. W., & Yeh, Y.(1985). Allocation of attention in the visual field. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 11, 583-597.
- Fischer, B. & Breitmeyer, B. (1987). Mechanisms of visual attention revealed by saccadic eye movements. *Neuropsychologia*, 25, 73-83.
- Folk, C.L., Remington, R.W., & Wright, J.H. (1994). The structure of attentional control: Contingent attentional capture by apparent motion, abrupt onset, and color. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20(2), 317-329.
- Handy, T. C., Kingstone, A., & Mangun, G. R. (1996). Spatial distribution of visual attention : Perceptual sensitivity and response latency. *Perception & Psychophysics*, 58(4), 613-627.
- Henderson, J. M. & Macquistan, A. D. (1993). The spatial distribution of attention following an exogenous cue. *Perception & Psychophysics*, 53(2), 221-230.
- Hikosaka, O., Miyauchi, S., & Shimojo, S. (1993a). Focal visual attention produces illusory temporal order and motion sensation. *Vision Research*, 33, 1219-1240.
- Hikosaka, O., Miyauchi, S., & Shimojo, S. (1993b). Visual attention revealed by illusion of motion. *Neuroscience Research*, 18, 11-18.
- Hughes, H. C., & Zimba, L. D. (1985). Spatial maps of directed visual attention. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 11, 409-430.
- Lu, Z & Sperling, G. (1995). Attention-generated apparent motion. *Nature*, 377, 237-239.
- Mikami, A. Newsome, W.T., & Wurtz, R.H. (1986). Motion selectivity in macaque visual cortex. II. Spatiotemporal range of directional interactions in MT and V1. *Journal of neurophysiology*, 55(6), 1328-1339.



- Moran, J., & Desimone, R. (1985). Selective attention gates visual processing in the extrastriate cortex. *Science*, 229, 782-784.
- Muller, H. J., & Rabbitt, 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.
- Newsome, W.T., Mikami, A., & Wurtz, R.H. (1986). Motion selectivity in macaque visual cortex. III. Psychophysics and physiology of apparent motion. *Journal of Neurophysiology*, 55(6), 1340-1351.
- Posner, M.I., Walker, J.A., Friedrich, F.A., & Rafal, R.D. (1987). How do the parietal lobes direct covert attention. *Neuropsychologia*, 25(1a), 135-145.
- Spitzer, H., Desimone, R., & Moran, J. (1988). Increased attention enhances both behavioral and neuronal performance. *Science*, 240, 338-340.
- Steinman, B. A., Steinman, S. B., & Lehmkuhle, S. (1995). Visual attention mechanism show a center-surround organization. *Vision Research*, 35, 1859-1869.
- Steinman, B. A., Steinman, S. B., & Lehmkuhle, S. (1997). Transient visual attention is dominated by the magnocellular stream. *Vision Research*, 37, 17-23.
- Ulman, S. (1979). *The interpretation of visual motion*. Cambridge, Mass.: MIT press.
- von Grunau, M. W., Saikali, Z., & Faubert, J. (1995). Processing speed in the motion induction effect. *Perception*, 24, 477-490.

00878922