

# 외인성 주의 유도에 의한 시야의 시각 민감도 변화<sup>1)</sup>

## Changes in sensitivity across visual field induced by exogenous attention

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

**요 약** 주의 위치로부터의 거리에 따른 시각 민감도 변화를 조사하였다. 피험자가 시야 평면의 한 점을 응시하는 동안 응시점에서 좌우 대칭으로 4° 떨어져 있는 주의 유도점중 하나를 깜빡인 다음 주의 유도점 부근에 표적 자극을 제시하였다. 피험자의 과제는 그 표적이 나타났는지의 여부를 판단하여 보고하는 것이었다. 표적 자극의 탐지율은 주의 유도점 인접한 곳에서 가장 높았으며 그곳으로부터 멀어질수록 점진적으로 감소하였다. 이러한 결과는 주의 유도에 의한 시각 민감도의 점진적 변화 모형(gradient model)을 지지하는 것이다.

주제어: 주의, 시각 민감도, 점진적 변화 모형

**Abstract** Changes in visual sensitivity were investigated as a function of distance from the locus of attention. While a subject was fixating at a point on a frontal plane, one of the two attention inducing points placed horizontally and symmetrically 4° apart from it was blinked and a target immediately followed at a location around the blinking dot. The subject's task was to decide and report whether the target was present or absent. The rate of detection was the highest at the immediate vicinity of the locus of attention and decreased gradually as a function of the distance from it. Results of the experiments support the gradient model of attention-induced changes in visual sensitivity.

**keywords:** attention, visual sensitivity, gradient model

주의는 감각기관들을 통해서 유입되는 다량의 정보 중 적절한 정보만을 선별적으로 여과시키는 중추 조절 과정으로써, 의식의 에너지를 절약하도록 하는 지각적 여과기(perceptual filter) 역할을 한다. 우리는 일상 생활에서 지각해야할 특정한 대상이나 위치에 "주의를 기울임"으로써 그 대상을 정확하고 빠르게 지각할 수 있으며 "주의를 기울이지 않음"으로써 지각해야할 사상(perceptual events)을 간과하거나 잘못 지각하게 된다. 이처럼 주의의 지각 과정에 대한 영향력 때문에 주의의 속성을 밝혀보려는 많은 정신물리학적 연구들이 수행되어왔으며 그 결과로 시지각에서 주의의 특성이 자세히 알려지게 되었다.

주의는 우리의 시각 정보처리를 촉진시키고 더 나아가 관찰자가 지각하고자 하는 대상의 지각 경험(지각 질)을 달라지게 할 수도 있다(정찬섭과 유명현, 1996; Sireteanu, Yoo, Schelchshorn과 Chung, 1997; Yoo, Chung, Schelchshorn과 Sireteanu, 1997). 주의를 그것이 주어진 시야의 특정 위치 즉 주의 착점을 중심으로 지각적 처리 대상에 대한 민감도를 증가시킴으로써 주의가 주어지지 않은 위치에 비해 시각 정보 처리를 촉진시킨다(Hughes와 Zimba, 1985, 1987; Downing, 1988; Henderson과 Macquistan, 1993; Hikosaka, Miyauchi와 Shimojo, 1993; Steinman, Steinman과 Lehmkuhle, 1995; Handy, Kingston과 Mangun, 1996). 또한 정보 처리 촉진 현상 뿐만 아니라, 주의를 공간적 그리고 시간적으로 지각 경험에 영향을 달리함으로써 그 위치에 제시된 자극을 주의 위치로부터 밀쳐져 보이거나 당겨져 보이게까지 만든다(Suzuki 와 Cavanagh, 1994a, 1997; 정찬섭과 유

1) 본 연구는 '94 한독 국제 공동 연구 과제로서 한국과학재단의 지원을 받아 실시되었다.

\* 연세대학교 심리학과

\*\* 연세대학교 심리학과

\*\*\* 연세대학교 심리학과

명현, 1996; Sireteanu 외, 1997; Yoo 외, 1997). 주의에 의해 유도되는 지각질의 변화는 처리 속도의 증가나 밀침, 당김 현상외에도 위치, 크기, 방위, 깊이 지각 등 시지각 과정에서 처리되는 대부분의 자극 차원들에 대해서도 발생할 수 있다(정찬섭과 유명현, 1989). 신경생리학적으로 이러한 주의의 특성은 훈련된 원숭이의 시각 피질 V4 또는 하측두(IT: infero temporal)영역에 있는 공간적으로 조율된 세포들의 수용장이 주의 착점을 향해 수축 또는 이동된다는 발견들에 의해서 일관되게 지지되고 있다 (Moran과 Desimone, 1985; Conner, Gallant와 Van Essen, 1994).

시각적 주의는 그것이 유발되는 원인에 따라 내인성(endogenous) 주의와 외인성(exogenous) 주의 두 가지로 구분된다. 관찰자의 의식적 노력에 의해 발생하는 내인성 주의는 비교적 느린 속도로 진행되는 데 반해 돌발적 자극 출현에 의해 발생하는 외인성 주의는 갑작스럽게 발생하여 급속히 사라지는 특성을 지닌다 (Muller와 Rabbitt, 1989). 주의의 시간적 특성에 관한 연구 결과에 의하면, 주의 유도-자극 제시 간격(stimulus onset asynchrony, SOA)이 50-100ms일 때 외인성 주의는 최대의 주의 효과를 보인다. 반면에 내인성 주의는 100-150ms부근에서 최대의 주의 효과를 보이며 200-300ms를 전후하여 외인성의 경우 급격히 감소하고 내인성의 경우 서서히 감소한다 (Nakayama와 Mackeben, 1989; Suzuki와 Cavanagh, 1994; 정찬섭과 유명현, 1996; Sireteanu 외, 1997; Yoo 외, 1997). 또한 주의 효과는 시각장(visual field)내에서 자극의 처리에 영향을 미치는 공간적 범위와 그 영역의 생김새에 의해서 규정될 수 있다. 그 영역이 주의 착점을 중심으로 경계선에 의해 뚜렷이 구분되는 지역내에 집중(zoom lens model)된다는 가설(Eriksen과 Yeh, 1985; Pan과 Eriksen, 1993)과 주변부로 갈수록 주의 효과가 서서히 감소하는 형태(gradient)를 지녔다는 가설(Downing, 1988; Henderson과 Macquistan, 1993; B. Steinman 외, 1995; Handy 외, 1996)들이 그것이다. 또한 주의를 기울인 지점을 중심으로 일정한 범위에 주의의 효과가 제한된다는 이 두 가지 관점들(specific location hypothesis)과 더불어 시야의 한 쪽 또는 한 사분면이 전체적으로 주의의 영향을 받는다(general region hypothesis)는 연구도 보고되었다(Hughes와 Zimba, 1985).

주의에 의해 시뇌 피질 세포들의 반응특성이 달라지

는 결과는 수많은 신경생리학적 및 해부학적 연구들에 의해서 확인되었다(Motter, 1994a, 1994b; Haenny와 Schiller, 1986; Corbetta, Mieain, Shulman과 Peterson, 1993; Sciller와 Lee, 1990). Chelazzi, Miller, Duncan과 Desimone(1993)은 원숭이가 단서가 제시된 방향을 향해 응시점을 이동할때 눈의 움직임에 앞서서 시뇌 하측두 영역 세포들의 반응이 증가한다고 보고하였다. 이뿐 아니라 시뇌 후두정엽(posterior parietal)피질의 세포들도 주의가 이동함에 따라 민감하게 반응하는 것으로 알려져 있다 (Bushnell, Goldberg와 Robinson, 1981). 특히 Moran과 Desimone(1985)은 주의를 기울인 위치에 제시된 목표 자극(effective stimuli)에 대한 수용장 반응의 급격한 증가를 관찰하였으며, 같은 수용장 안에 목표 자극이 제시되더라도 주의가 주어지지 않은 경우는 세포 반응의 현격한 감소를 관찰하였다. 아울러 주의 효과는 공간적 위치에 의해 결정된다고 보고하였으며 이 결과에 대하여 선택적 주의가 선조 외측 피질세포(extrastriate cell)의 수용장에서 정보를 선별적으로 걸러냄으로써 시각 처리 과정의 입력을 조절한다고 결론을 지었다. Spitzer, Desimone과 Moran(1988)의 V4와 IT 세포들에 대한 연구 결과, 난이도가 어려운 시각 과제의 경우 세포 반응의 증가와 대역폭(bandwidth)의 감소가 관찰되었으며, 목표 자극이 수용장 밖에 제시되었을 경우 세포 반응과 대역폭의 변화가 없음이 보고되었다. 이러한 결과는 주의를 준 영역을 담당하고 있는 세포의 수용장이 주의 착점을 향해 가현적으로 움츠러드는 것으로 해석할 수 있다. 이처럼 시각적 주의에 의해 수용장의 크기가 축소된다는 연구 결과와 함께, V4 세포의 수용장이 주의 영역의 크기와는 관계없이 주의를 기울인 지점을 향하여 수평적으로 이동한다는 결과도 보고되었다(Conner 외, 1994). 이러한 시각 피질 세포들의 반응 특성을 조사한 연구들에서 발견된 것처럼 만약 주의 영역을 중심으로 수용장이 이동되거나 축소된다면 그 위치에 대해 세포들의 수용장이 중복되거나 밀도가 높아짐으로써 그 영역내에 제시된 자극의 처리가 촉진될 것이며 따라서 지각적 경험의 변화를 예견할 수 있을 것이다.

이러한 주의 영역내에서 특별한 지각 경험의 발생 가능성을 보여준 예로서 먼저 Suzuki와 Cavanagh(1994a, 1997)의 연구가 있다. 그들은 시야의 한 위치에 주의를 기울인 후 순간 제시한 탐사자극(probe)의 밀침 현상(repulsion effect)이 수용장의 이동에 의한 결과일 가능성을 제안하였다. 이 결과를

설명하는데 있어서 그들은 Conner와 그 동료들(1994)의 신경생리학적 연구의 결과와 같이 시각 피질(visual cortex)에 있는 신경세포들의 수용장이 주의를 기울인 위치를 향하여 이동한 결과로 발생한 부수적인 지각 현상인 것으로 해석하였다. 정찬섭과 유명현은(1996)은 이러한 밀침 현상이 해상도가 높은 중심와 부근에서도 동일하게 발생함을 확인하였으며, 각종 기하학적 착시 도형을 이용한 주의 유도 과정에서 밀침 현상 뿐만 아니라 강력한 당김 현상이 발생하는 것을 관찰하였다. 이러한 주의 효과는 내인성과 외인성 모두에서 분명하게 나타났으며, 단서 선행시간(cue-lead time), 탐사 자극 지속 시간, 그리고 단서와 탐사 자극 사이의 상대적인 함수로서 역동적으로 변화하였다. 그들은 이러한 지각 현상을 신경 세포의 수용장과 지각적 경험 간의 단순한 일대일 대응관계가 아닌 '지각 공간'이라는 가설적 공간에서 발생하는 지각질 확장의 차원에서 설명하였다. 즉, 주의에 의한 밀침 현상과 당김 현상을 모순없이 설명하기 위해서 주의에 의해 지각공간이 확장(magnification)된다는 가설을 제안하였으며 이 가설은 수용장내에서 처리된 정보는 바로 지각적 경험으로 이어지지 않고 지각 공간내에서 표상되어지는 단계를 거치며 그 과정에서 주의는 지각 공간의 구성 단위인 지각질을 확장시킴으로서 지각적 경험을 왜곡시킬 수 있다고 요약될 수 있다. 아울러 정찬섭과 유명현은 이러한 지각질의 변형을 자극의 종류와 공간적 시간적 매개 변수들을 적절히 조작하여 역동적으로 측정함으로써, 선행 연구에서 보고되었던 주의에 의한 밀침현상이 지각 공간의 확장에 의한 것임을 시사하는 결과를 얻었다.

주의가 일으키는 지각적 경험 변화의 실재성에 대한 연구와 더불어 주의에 의해 시각적 정보 처리가 증진되는 영역의 특성(property)에 대해 두 가설이 대립되어 왔다(Hughes와 Zimba, 1985; Handerson과 Macquistan, 1993; Steinman의, 1995; Handy의, 1996). 첫 번째 가설은 시야의 넓은 영역 즉, 시야의 한 쪽 또는 한 사분면이 광역적으로 주의의 영향을 받는다는 광역 모형(general region model)이다. Hughes와 Zimba(1985)는 응시점을 기준으로 한쪽 방향의 반구 시야(visual hemifield)에 외인성 주의를 유도하고 광도 변화를 탐지해야하는 과제를 실시하였다. 그들은 자극 제시 확률(stimulus probability)을 달리 한 시행에서 주의를 유도한 반구에 제시된 표적 자극에 대한 탐지 반응 시간이 주의를 유도하지 않은 반구에 제시된 경우보다 빨랐음을 보고하였다. 또한 주의

를 유도한 반구 시야내에서는 자극 제시 위치와 관계 없이 반응 시간이 일정하였다. 따라서 그들은 반구 시야간에 주의 효과 전이가 일어나지 않았으며 주의 효과가 주의 착점을 중심으로 단일 반구 시야에 고르게 분산되어 광역적으로 작용한다고 보고하였다. 그러나 시야의 분면간 주의 효과의 전이 가능성을 살펴본 후속 연구에서 그들은 주의를 유도한 사분면의 이웃 사분면에 제시된 표적 자극에 대한 반응시간이 주의가 유도되지 않은 중립 조건(neutral trial)에 비해 빨랐으며 주의를 유도한 사분면에 대하여 응시점을 기준으로 원점 대칭인 사분면에 제시된 표적 자극에 대한 반응시간이 중립 조건(neutral trial)에 비해 느렸음을 관찰하였다(Hughes와 Zimba, 1987). 이 결과를 통해 그들은 주의 효과가 시야 반구나 분면에 제한된다는 그들의 기존 결과에 대하여 수정된 가능성을 제시하였다.

반면에 두 번째 가설은 주의를 기울인 지점을 중심으로 일정한 범위에 주의 효과가 제한된다는 특정 위치(specific location) 모형이다. 이 모형에서는 주의 영역내에서의 처리 특성에 따라 두 가지 관점이 서로 의견을 달리 해왔다(Handerson과 Macquistan, 1993; Steinman의, 1995; Handy의, 1996). 그 중 한가지는 주의 효과가 주의 착점을 중심으로 경계선에 의해 뚜렷이 구분되는 영역내에 집중되는 동시에 그 영역내에서는 균질하다는 줌-렌즈 모형(Eriksen과 Yeh, 1985; Pan과 Eriksen, 1993)이다. Eriksen과 Yeh는 응시점을 중심으로 직경 1° 와 2.5° 의 가상의 원둘레 모양의 위치중 한 곳에 주의를 유도하고 자극 제시 확률을 변화시켜가면서 날자 자극들을 제시하였다. 출현한 표적 자극이 무엇인가를 판단하는데 소요된 반응시간을 측정한 결과 주의를 유도한 위치에 자극이 제시된 경우가 그렇지 않은 경우보다 반응시간이 빨랐다. 또한 응시점을 기준으로 주의 위치와 주의 위치 반대편에 제시될 자극을 동시 판단하도록 지시한 경우 주의 위치 반대편에 제시된 자극에 대한 반응 시간이 주의 위치에 제시된 자극에 대한 반응 시간과 동일하리라는 예상과는 달리 통제 조건의 반응 시간 수준으로 상당히 느려진 결과를 통해 주의가 병렬적으로 분산되어 처리되기 보다는 제한된 영역에 집중된다는 가설을 제시하였다. 또한 응시점을 중심으로 수직 또는 수평으로 제시된 날자쌍이 이루는 축에 직교 방향으로 거리를 달리하여 방해 자극 역할을 하는 표적 자극을 제시한 후속 연구에서는 방해 자극이 발생 시키는 간섭의 범위가 응시점과 날자 자극간 거리보다 짧은 것

이 발견되었다(Pan과 Eriksen, 1993). 이 결과를 통해 그들은 줌-렌즈 모형에서 가정한 주의 영역이 타원형일 가능성을 제안하였다.

특정 위치 가설의 다른 한 가지는 주의 착점에서 멀어질수록 주의 효과가 서서히 감소하는 형태를 보인다는 점진적 감소 모형이다(Downing, 1988; Henderson과 Macquistan, 1993; Steinman의, 1995; Handy의, 1996). Downing(1988)은 네 종류의 지각적 과제 조건에서 주의를 준 지점으로부터 시각 1° 부터 7° 까지의 상대적 거리에 따른 민감도 변화를 살펴본 결과, 주의 착점으로부터 멀어질수록 점진적인 민감도 감소를 관찰하였으며 제시된 자극들간 거리의 멀고 가까움과 과제 종류에 따라서 민감도 변화가 달라질 수 있음을 보여 주었다. 자극 제시 확률을 조절하여 선분으로 조합된 자극들의 탐지 및 변별 과제를 실시한 결과 광도 탐지 과제와 밝기 변별 과제의 경우 민감도의 변화는 주의 착점에서 멀어질 수록 점진적으로 감소하였으며 방위와 형태 변별 과제의 경우는 주의 착점으로부터 1° 거리에 제시된 자극에 대해서만 급격한 민감도의 증가가 관찰되었다. 또한 Henderson과 Macquistan(1993)은 응시점을 기준으로 반지름이 약 시각 10° 인 가상 원둘레 에 동일 간격으로 날자 자극을 제시하여 비교 판단 과제를 실시하였다. 그들이 가정한 주의 효과는 광역 주의 모형에 서처럼 응시점을 기준으로한 좌우 반구 시야의 넓은 범위에 작용하는 것이 아니라 주의 착점을 중심으로 특정 위치에 집중되며 주변부로 갈 수록 효과가 감소되는 특성을 가진다는 것이었다. 따라서 시야 영역을 수직, 수평으로 분할한 사분면에 자극 제시 확률을 조절하여 자극을 제시하고 분면간과 반구간 주의 효과 전이의 가능성을 살펴보았다. 실험 결과 주의 유도-자극 제시 불일치 시행에서 주의 착점으로부터 동일한 거리에 제시된 같은 분면내 목표 자극과 이웃 분면내의 목표 자극간 정반응률이 차이가 없었다. 또한 분면에 관계없이 주의 착점으로부터 거리가 멀어질수록 자극에 대한 정반응률은 점진적으로 감소하였고 반응시간은 점진적으로 증가하였다. 이 결과는 주의의 점진적 감소 모형을 지지하는 것이었다. 이 모형은 내인성 주의를 사용한 Handy와 그의 동료들(1996)의 연구에 의해서도 지지되었다. 그들은 응시점을 기준으로 반지름이 6° 인 시야 상단부쪽 가상 반원의 원둘레에 역치 수준의 광점을 순간적으로 제시하였다. 제시된 자극에 대한 민감도와 반응시간을 측정된 결과, 주의 착점으로부터 상대적인 거리에 따른 점진적인 민감도의

감소와 반응시간의 증가를 관찰하였다.

주의 효과의 점진적 감소 모형에 대한 증거가 주의 지각장의 중심 흥분-주변부 억제 특성을 밝힌 Steinman과 그 동료들(1995)의 연구에서도 제시되었다. 그들은 주의 착점으로 부터 시각 0° 에서 7° 에 이르는 거리에 제시한 선분 운동 착시(line motion illusion)를 자극으로 사용하여 주의 지수(attention index)를 계산함으로써 주의 영역내의 동심원 지각장(perceptual field) 구조를 구체적으로 관찰하였다. 주의 지수는 선분 운동 착시를 상쇄(nulling) 시키는 선분 가현 운동 속도(line phi motion cut-off velocity)를 기점으로 삼아 주의 유도점 제시에 의해 가현 운동이 역방향(opposite direction)으로 지각되는 시행의 비율에서 주의 유도점이 제시되지 않은 경우의 시행 비율을 빼줌으로써 계산되었다. 계산된 주의 지수는 주의 착점에 근접한 위치에서 가장 크고 그로부터 멀어지면서 완만하게 줄어들었으며, 주의 유도 단서가 선분의 우측에 제시된 경우 약 4.5° 에서 9° 사이 거리에서 단서 선행 시간(cue-lead time)이 길어짐에 따라 기저선 보다 오히려 감소하는 지점이 관찰되었다. 주의 지수는 9° 를 넘어서는 주변부 극단에서 원래의 기저선으로 회복되었으며 그들은 이 결과를 동심원 수용장의 흥분-억제 기제와 유사하게 발현되는 주의 효과의 공간적 특성이라고 보고하였다. 즉, 주의 초점 부근은 정적(positive) 주의에 의한 흥분성 중심부를 가지며 그 외부는 영향력의 범위가 넓은 부정(negative) 주의에 의한 억제성 주변부를 가진 지각장(perceptual field)이 존재한다는 것이다. 이러한 결과는 최근에 제안된 주의 효과에 내재하는 억제적 특성(suppressive property)에 대한 가정(Suzuki와 Cavanagh, 1997)과 맥을 같이 하는 것으로서 주의 효과의 범위내에 발생하는 지각적 처리 특성 프로파일이 DOG(difference of Gaussian)함수와 유사한 형태일 가능성을 시사한다.

앞에서 살펴본 바와 같이 주의에 대한 정신물리학적 연구들과 신경생리학적 연구들에 의하면 주의 착점 부근에서 시각 민감도가 증진된다는 것을 알 수 있다. 그러나 이러한 효과가 광역 모형(Hughes와 Zimba, 1985)에서 말하는 것처럼 시야의 일정한 영역내에서 균질적으로 발생하는 것인지 아니면 점진적 감소 모형(Downing, 1988; Henderson과 Macquistan, 1993; Steinman의, 1995; Handy의, 1996)에서 말하는 것처럼 주의 착점을 정점으로 하여 주변부로 갈수록 점진적으로 감소하는지는 아직 검증을 요하는 문제로 남아 있다. 이 문제에 대한 해답을 얻으려면 주의 유도점

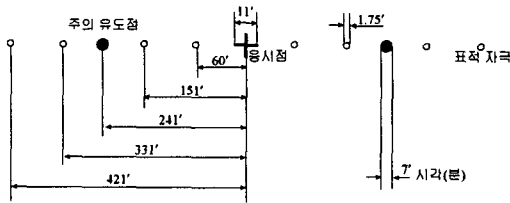


그림 1. 실험 1에서 사용된 자극의 형태와 제시 위치

으로부터 거리를 달리하면서 시각 민감도를 측정하여 그 변화를 살펴보는 것이 필요하다.

주의에 의해 지각장이 변화한다는 연구 결과(정찬섭과 유명현, 1996)를 기초로 시각 민감도의 측면에서 그것이 어떠한 공간적 특성을 가졌는지 알아보기 위해 두 편의 실험을 실시하였다. 각각의 실험들에서 주의 효과의 유무뿐 아니라 주의에 의해 시각 민감도가 주의 유도 위치로부터 거리에 따라 증가 또는 감소하는 지를 알아 보았다. 또한 이러한 증가 또는 감소의 경향성을 가지적으로 삼차원상에서 그려 보았다. 모든 실험에서 사용된 주의 유도 방식은 의인성 주의 유도였으며 실험에서 사용된 시간적 매개 변수는 기존 연구들(Nakayama와 Mackeben, 1989; Muller와 Rabbitt, 1989; Hughes와 Zimba, 1985, 1987; Suzuki와 Cavanagh, 1994a, 1997; 정찬섭과 유명현, 1996; Sireteanu 외, 1997; Yoo외, 1997)에서 주의 효과가 가장 크게 나타난 경우를 기준으로 하였다. 실험 1에서는 이심률에 따른 민감도 역치의 변화를 반영한 망막상 민감도 기저선을 측정하였고, 주의 유도 조건이 포함된 주의 실험 및 주의가 유도되지 않은 통제 실험으로 나뉘어 실시되었다. 실험 1은 피험자의 처리 부담이나 기타 오염 변인들을 통제하기 위해 모형 겹증에 필요한 최소 조건만을 포함시켰다. 실험 2는 실험 1에 수직 및 대각선 방향의 자극 제시 조건을 포함 시킴으로써 민감도 측면에서 주의 효과의 공간적 특성을 이차원적으로 알아보려고 하였으며 자극 제시 간격과 밝기를 세분화하여 정밀한 주의 효과 측정을 시도하였다. 모든 실험의 종속 측정치는 시야에 제시된 표적 자극에 대한 탐지율이었다.

**실험 1. 주의에 의한 민감도의 일차원적 변화**

의인성 주의에 의한 시각 민감도가 공간적으로 어떻게 달라지는가를 실험 1에서 알아 보았다. 실험 1에서는 응시점을 중심으로 좌우 반구시야간 주의 효과의 전이 가능성과 주의 유도점 주변에서 관찰되는 민감도의 변화 경향을 관찰함으로써 주의 효과에 대한 점진

적 감소 모형, 광역 모형과 줌-렌즈 모형의 타당성을 검증하고자 하였다.

**방법**

**피험자 :**

연세대학교 인지과학 대학원과 심리학과 대학원에 재학중인 대학원생 다섯 명이 실험에 참가하였다. 모든 피험자는 두 눈 모두 교정시력 1.0 이상의 정상 시력을 지녔다. CSC와 HJS는 실험의 목적과 가설을 알고 있었으며 다른 피험자들은 알지 못하였다.

**자극 및 장치 :**

자극을 제시하기 위한 Eizo FlexScan T563-T 20' 모니터와 256단계의 회색 밝기를 구현할 수 있는 Cambridge Research Systems 사의 시각 자극 생성기 VSG2/2를 사용하였다. 반응을 입력받기 위해서 자판이 사용되었고 자극의 제시, 반응 입력의 기록 등 실험의 모든 과정은 IBM 호환 486 개인용 컴퓨터에 의해 통제되었다. 배경 화면과 자극 밝기는 Minolta 사의 광도 측정기(luminance meter)인 LS-110을 개인용 컴퓨터와 연결하여 모니터상에서 구현된 256단계 기준 자극의 광도 측정 결과를 참고하여 선정하였다. 피험자의 응시점 고정과 머리 움직임 방지를 위하여 Lafayette Instrument사의 이마-턱 고정대가 사용되었다.

실험의 자극은 화면의 중앙에 피험자의 눈 높이가 맞도록 고정된 1024×768 해상도의 칼라 모니터 화면에 제시되었다. 화면에서 턱받이까지의 거리는 68cm였고 화면의 한 화소(1 pixel)의 크기는 가로, 세로 모두 0.34mm였으며, 이를 시각으로 환산하면 1.75'에 해당하였다. 눈 운동을 고정하기 위한 응시점은 화면의 정중앙에 폭과 높이가 각각 6화소인 '+' 모양으로 제시되었다.

실험 1에서 사용된 자극의 형태와 제시 위치는 그림 1에 제시되어 있다. 주의 유도점은 응시점을 기준으로 좌우 시야에 수평으로 241' 거리에 제시되는 지름이 7' 인 두 개의 점이었다. 표적 자극은 주의 유도점의 좌우에 수평으로 90', 181'의 두 가지 거리에 제시되는 한 화소의 광점이었다. 주의 실험에서는 주의 유도점을 2회 깜박거리으로써 주의를 유도하였다. 통제 실험에서는 깜박거리 대신 자극 제시 전에 '뻑'하는 경고음으로써 자극 출현을 예고하였다. 표적 자극의 밝기는 기저선 실험에서 선정된 역치 수준 밝기를 사용

하였으며, 통제 실험을 실시하여 탐지율 70%를 유지하도록 교정절차를 거쳤다.

### 기저선 실험

Suzuki와 Cavanagh(1994a, 1994b, 1997)는 응시점의 상하에 정렬된 버니어(vernier) 정렬 자극을 사용하여 목표 자극을 중심좌에 제시함으로써 이심률의 변화에 따른 해상도와 민감도의 변화가 중속 측정치인 밀침량의 계산에 큰 영향을 미치지 않았다. 또한 정찬섭과 유명현(1996)은 주의 유도 자극을 포함한 모든 실험 자극을 해상도와 민감도가 균질한 중심좌 부근에 제시함으로써 중속 측정치의 오염을 정밀하게 통제하였다. 따라서 기저선 실험에서 각 피험자에게 주의 유도없이 밝기가 감소하는 자극을 위치별로 제시해 전체 실험에 사용될 표적 자극 밝기의 역치를 측정함으로써 망막상 민감도 차이를 일정한 수준으로 보정하여 중속 측정치인 탐지율에 대한 오염을 방지하고자 하였다.

실험이 시작되면 화면의 중앙에 응시점이 제시되고 100ms후에 '뿔' 하는 경고음이 자극의 출현을 예고하였다. 경고음은 100ms동안 제시되었으며 뒤이어 응시점이 사라지고 난 50ms후에 표적 자극이 100ms동안 제시되었다. 피험자들은 실험의 모든 과정에 걸쳐서 두 눈 모두를 사용하여 제시된 자극을 지각하였다. 최초의 표적 자극 밝기는 시험자가 암실내에서 육안으로 탐지하기에 무리가 없는 밝기였다. 피험자는 표적 자극이 사라지고 난 뒤 화면 전체에 아무것도 제시되지 않은 상태에서 표적 자극을 탐지했는가를 보고하였다.

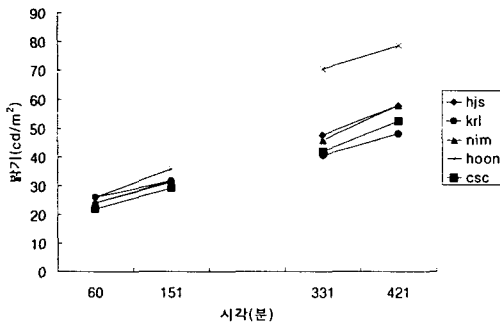


그림 2. 자극 제시 위치에 따른 각 피험자의 역치 수준 밝기 응시점으로부터 거리가 증가할 수록 피험자의 표적 자극에 대한 역치 수준 밝기가 선형적으로 증가하는 것을 보여 준다.

만약 표적 자극을 탐지하였으면 자판의 오른쪽 'shift' 자쇠를, 탐지하지 못했으면 왼쪽 'shift' 자쇠를 눌러서 반응하였다(쌍별 대안 강제 선택법 : 2AFC). 표적 자

극이 제시되고 피험자가 반응하기 전까지는 화면에 아무것도 제시되지 않았다. 피험자가 최초의 고정된 밝기에 대하여 위치별로 50%이상 탐지하였다고 반응하면 각 표적 자극의 밝기를 한 단계씩 낮추었다. 그래서 모든 위치에서 탐지율이 50%이하가 되면 실험이 종료되었다. 이와 같은 과정을 통해 피험자의 탐지율이 70%정도가 되는 표적 자극 밝기를 자극 강도의 역치 수준 밝기(threshold level luminance)로 선정하였다.

피험자 다섯 명으로부터 얻어진 역치 수준 밝기들을 그림 2에 제시하였다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 자극 제시 위치별 자극 광도의 역치는 망막상 이심률에 비례하여 증가하였으며 기울기의 경향성이 피험자간에 거의 동일한 것을 관찰할 수 있었다. 이것은 기존 연구에서 망막상 민감도를 통제하지 않은 경우 순수한 주의 효과 이외의 오염 변인이 포함될 수 있음을 시사하며, 응시점을 기준으로 이심률의 증가에 따른 민감도의 변화가 자극 탐지율에 직접적인 영향을 줄 수 있음을 보여 주었다.

### 절차

피험자들은 모두 직, 간접 조명이 차단된 가로 1.5m, 세로 2.5m, 높이 2.5m 크기의 암막안에서 한 사람씩 개별적으로 실험을 수행하였다. 자극이 제시되는 배경 화면은 전체 256단계(0.04-81 cd/m<sup>2</sup>)의 화면 밝기 가운데 13.05 cd/m<sup>2</sup> 밝기로 유지되었으며 이러한 밝기는 색지각에 전혀 지장이 없는 수준이었다. 배경 화면위에 제시된 응시점과 주의 유도점은 32.7 cd/m<sup>2</sup>의 밝기를 지니고 있었으므로 배경 화면으로부터 뚜렷이 구분되었다.

실험은 주의 유도 조건의 포함 여부에 따라 주의 실험과 통제 실험으로 나뉘어 실시되었다. 주의 실험의 경우 응시점의 양쪽에 주의 유도점이 제시된 후 100ms동안 지속되었고 뒤이어 두 점중의 하나가 120ms간격으로 2회 깜빡거리려 주의를 유도하였다. 그 후 50ms 후에 표적 자극이 100ms동안 제시되었다. 통제 실험의 경우 주의 유도를 위한 깜빡거리기 과정이 없었으며 유도점 출현 후 경고음이 100ms동안 제시되었다.

주의 실험에는 자극 제시 위치 조건과 주의 유도 조건 그리고 자극 제시 위치 조건이 포함되었으며 통제 실험에는 주의 유도 조건만이 제외되었다. 각 조건은 자극 제시 위치 조건의 경우 좌우의 두 수준으로 나뉘었으며 주의 유도 조건 또한 좌우의 두 수준으로 구분

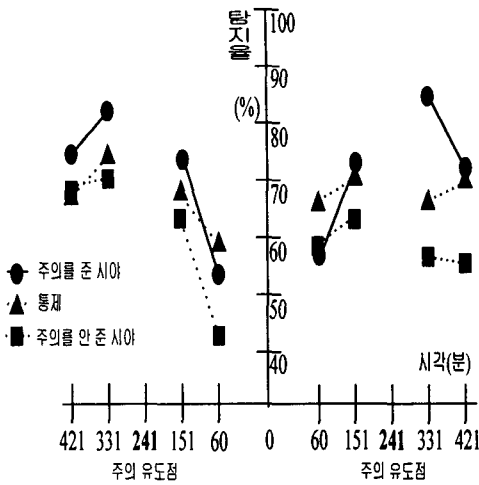


그림 3. 주의 실험과 통제 실험 결과  
주의를 준 경우 주의 유도점에 가까운 자극일수록 탐지율이 높으며 주의를 안 준 경우는 통제 조건보다 탐지율이 낮았다.

되었다. 표적 자극은 그림 1과 같이 주의 유도점의 좌우에 수평으로 90°, 181°의 두 가지 거리에 제시되었으므로 네 가지 수준으로 나뉘었다. 따라서 실험에서 사용된 설계 방안은 2×2×4의 반복 측정 설계였으며 피험자가 반복된 한 구획내에서 행할 수 있는 최대 시행수는 16회였고 피험자 HOON과 CSC는 40회의 반복을 행하였고 나머지 피험자는 30회의 반복을 행하였으므로 전체 시행 수는 640회 또는 480회였다. 통제 실험의 경우 주의 유도 조건이 빠짐으로 인해 한 구획내 최대 시행수는 8회였고 40회 반복을 실시하여 전체 시행수는 320회가 되었다. 구획내에서 모든 시행은 무선화 되었다.

**결과**

그림 3에 전체 피험자들의 위치별 탐지율을 평균한 값이 제시되었다. 통제 조건(71%)과 주의가 주어진 조건(73%) 그리고 주의가 주어지지 않은 조건(57%)의 자료를 분석한 결과, 주의를 유도한 시야에 제시된 자극은 동일 위치에 제시한 통제 조건, 즉 주의 없음 조건에 비해 탐지율이 높았으며 반복 측정 방안에 의한 변량 분석 결과(repeated measure ANOVA) 통계적으로 유의미하지 않았지만 강한 경향성이 관찰되었다 [F(2, 8)=4.33, p=.053]. 또한 주의 유도점을 기준으로 가까운 곳(71%)에 제시된 자극에 대한 탐지율이 먼 곳(62.43%)에 제시된 자극의 탐지율보다 높은 것을 관찰할 수 있었으며, 변량 분석 결과 통계적으로 유의

미한 차이를 보였다 [F(3, 12)=8.66, p<.01]. 주의가 주어지지 않은 곳 즉, 주의 유도 반대편 시야에 자극이 제시 되었을 경우의 탐지율은 통제 실험의 탐지율보다 오히려 감소한 경향성이 관찰되었다. 통제 조건의 경우 70%의 탐지율을 안정되게 유지하고 있었으며 양쪽 시야에서 일관된 경향성을 보였다.

**논의**

실험 1은 시야의 한 지점에 주의를 기울이는 것이 시각 민감도를 증가시킨다는 기존의 연구를 지지하였다. 주의 유도점으로부터의 거리가 멀어질수록 점진적인 탐지율의 감소가 관찰되었다.

기저선 탐지 실험의 결과는 선행 연구들에서 주의 효과의 종속 측정치로서 규정되었던 시각 민감도가 상대적 거리 차원에서 논의될 수 밖에 없었던 이유를 설명해 준다. 응시점으로부터 이심률에 따라 망막상에 제시된 자극을 탐지하는데 필요한 민감도가 변화하므로 주의가 주어진 곳의 절대 좌표 지점에 해당하는 위치에 자극을 제시할 수가 없었던 것이다. 따라서 선행 연구들은 응시점을 기준으로 자극을 동일 거리에 원형으로 배치하고 그 중 한 위치에 주의를 주게 하여 주의 유도점으로부터 상대적인 거리에 따른 주의 효과를 살펴 보았다. 기저선 탐지 실험은 이러한 상대적 거리의 차원에서 측정된 주의 효과가 아닌 절대적 거리 차원에서 측정된 주의 효과를 측정하기 위한 사전 실험이었다. 아울러 실험 1에 안정적인 기저선을 설정해 줌으로써 주의에 의한 시각 민감도의 증가를 반영한 종속 측정치에 대하여 신뢰성을 제공하였다.

실험 1에서 관찰된 주의 효과는 광역 모형보다는 특정 위치 모형을 지지하며 그 중에서도 줌-렌즈 모형보다는 점진적 감소 모형을 지지하였다. Hughes와 Zimba(1985)가 제시한 광역 모형의 기본 가설은 주의가 시야의 한쪽 반구 시야나 사분면에만 제한되는 동시에 그 영역내에서는 광역적으로 작용한다는 것이었다. 그러나 실험 1에서는 주의를 준 시야쪽에서의 민감도 증가 뿐만이 아니라 반대편 시야에서 오히려 민감도가 감소하는 주의 효과의 반구 시야간 전이 가능성이 관찰되었다. 이 결과는 주의 효과가 시야나 분면에 제한된다는 광역 모형의 모순점을 시사한다. Henderson과 Macquistan(1993)은 주의 효과가 분면과 반구 시야에 관계없이 전이됨을 보여주었고 Hughes와 Zimba(1987)도 후속 연구에서 유사한 결과를 보고함으로써 수정의 가능성을 제시하였다. 이와 비교할 때 실험 1의 결과는 억제성 주의 효과이긴 하

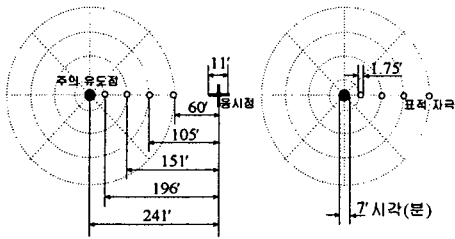


그림 4. 실험 2에서 사용된 표적 자극의 제시 위치

나 주의 효과의 전이가 반구 시야간에 발생할 수 있음을 시사한다.

줌-렌즈 모형은 주의 영역내의 지각적 처리 증가 현상이 영역내 모든 부위에서 균등함을 가정하였다. 그러나 실험 1에서는 주의 유도점으로부터 거리가 가까운 곳에 제시된 표적 자극에 대한 탐지율이 먼 곳에 제시된 경우보다 높았으며 주의가 주어진 영역내에서 주의 유도점으로부터 거리가 멀어질수록 탐지율이 점진적으로 감소하였다. 그러므로 실험 1은 줌-렌즈 모형의 가정도 모순이 있음을 지적하고 있다.

응시점을 기준으로 주의가 주어진 시야의 반대편에서 발견되는 탐지율의 감소는 점진적으로 감소한 주의 효과가 비교적 먼 거리에서 나타나는 특성을 보여준다. 즉 실험 1에서 주의를 안 준 시야의 탐지율은 통제 조건의 탐지율 이하로 감소하였으며 이것은 주의를 안 준 시야의 억제적 처리 특성을 시사한다. 실험 1에서 주의 유도점을 기준으로 응시점을 가로 지른 반대편 시야의 바깥쪽 끝까지의 거리는 시각으로 환산하면 약 11° 에 해당하며 응시점과 주의가 주어진 주의 유도점 간의 거리를 제외하면 약 4° 에서 부터 억제 영역이 시작된다. 이 결과는 주의 영역내의 처리 특성이 중심 흥분-주변부 억제의 이중 구조를 가진 점진적 감소 모형의 형태를 따른다고 보고한 Steinman과 그의 동료들(1995)의 연구와 맥을 같이한다. 그들은 주의 유도점으로부터 4.5° 로부터 9° 에 이르는 거리에서 단서 선행 시간이 증가함에 따라서 범위가 증가하는 부정(negative) 주의 효과를 발견하였다. 이 영역은 단서 선행시간 50ms를 기점으로 효과가 감소하는 정적 특성을 보이는 주의 효과에 비해 200ms에 이를때까지 그 효과를 유지하였다. 이러한 정적, 부정 주의 효과의 특성은 분리되어 나타난다기 보다는 단서 선행 시간에 따라서 증감되며 주의 영역내에 동시에 나타난다는 사실이 관찰되었다. 만약 부정 주의 효과가 실제한다면 실험 1에서 관찰된 주의를 안 준 시야의 탐지율

감소 현상은 중심 흥분-주변부 억제의 동심원 수용장과 유사한 구조적 특성을 가지는 주의 지각장의 처리 특성에 의한 것이라고 추론해 볼 수 있다.

실험 1의 결과는 시야상의 제한된 영역내에서 주의가 주어진 지점으로부터 멀어질수록 주의 효과가 점진적으로 감소한다는 점진적 감소 모형을 지지하였으며 시각 처리의 기본 기제 중 하나인 중심 흥분-주변부 억제 처리 특성을 가지는 주의 지각장의 존재를 시사하였다.

## 실험 2. 주의에 의한 민감도의 이차원적 변화

실험 1에서 가능성이 입증된 점진적 감소 모형을 근거로 실험 2에서는 주의에 의한 시각 민감도 변화를 이차원 공간상에 제시된 자극을 통해 관찰해 보고자 하였다. 실험 2에서는 실험 1의 수평 방향 자극 제시에 주의 유도점을 기준으로 수직과 대각선 방향의 자극 제시 위치를 포함시키고 자극 제시 간격을 세분화함으로써 주의 유도점을 중심으로 거리에 따라 변화하는 민감도를 이차원 공간상에서 정밀하게 측정하고 그 결과를 가상적 주의 지각장에 시각적으로 3차원 그래프로 그려 보았다.

## 방법

### 피험자

연세대학교 대학원에 재학중인 대학원생 두 명이 실험에 참가하였다. 피험자는 두 눈 모두 교정시력 0.8 이상의 정상적인 시력을 지녔다. HJS는 실험의 목적과 가설에 대해 알고 있었으나 HOON은 실험의 목적과 가설을 알지 못하였다.

### 자극 및 장치

피험자의 안면을 고정시키기 위한 턱-이마 고정대가 Fourward Technology사의 Dual Purkinje Image Eye-tracker에 부착된 고정대로 대체된 것을 제외하고는 실험 1에서 사용된 장비가 그대로 사용되었다. 실험 2에서 사용된 자극의 제시 위치가 그림 4에 제시되어 있다. 실험 1에서와 마찬가지로 표적 자극은 주의 유도점 위치의 주변에 거리를 달리하여 제시되었으며 사전에 선정된 기저선 밝기에 의해 세 단계로 구분되어 제시되었다. 수직 제시 조건의 경우 자극의 제시 밝기는 기저선 실험과 동일한 역시 부근 밝기 조사에 의해 얻어졌으며, 대각선 제시 조건의 경우 수직, 수평의 밝기를 보간하여 선정되었다. 선정된 자극 밝기는



주의 유도 없이 통제 실험을 실시하여 탐지율 60-70%를 일정하게 유지하도록 교정 절차를 거쳤다. 표적 자극의 수가 늘어남에 따라 탐지율의 변화가 심하였으므로 자극 제시 위치별로 선정된 역치 밝기로부터 1.5 cd/m<sup>2</sup> 와 3 cd/m<sup>2</sup> 광도가 감소된 두 단계 자극 밝기를 위치별로 더 선정하였으며 이 세 가지 밝기를 가진 자극들을 각 위치에 무선적으로 제시하였다. 위치별 세 수준 밝기는 결과 분석에서 반복으로 계산되었다.

**절차**

실험 1과 비교하여 실험 2는 수직 및 대각선 조건의 포함과 자극 제시 위치 및 밝기의 세분화로 인해 자극 제시 위치가 64개로, 자극 밝기가 세 수준으로 증가한 점을 제외하고는 주의 유도 과정, 자극의 시간 계열 및 측정치 산출 과정은 실험 1과 동일하였다.

**결과**

실험 2에서 얻어진 2명의 자료에 대한 결과를 표 1과 그림 5에 제시하였다. 그림 5는 주의 유도점으로부터 동일 거리에 제시된 표적 자극의 탐지율 평균 값을 주의 유도 시야와 자극 제시 위치별로 나타낸 것이다.

주의 유도점으로 부터의 거리	주의물 준 시야(왼쪽)	주의물 준 시야(오른쪽)	주의물 안 준시야(왼쪽)	주의물 안 준 시야(오른쪽)	주의 효과 (왼쪽)	주의 효과 (오른쪽)
시각 45분	75.9	82.1	58.4	74.4	17.5	7.7
시각 90분	69.5	71.7	63.3	67.1	6.2	4.6
시각 136분	55.6	70.3	48.6	65.4	7	4.9
시각 181분	48.6	62.7	47.6	54.9	1	7.8

표 1. 주의 유도점으로 부터 동일 거리에 제시한 표적 자극의 탐지율 평균 (단위 : %)

표적 자극의 제시수가 늘어남에 따라 각 방향에서는 주의 유도점으로부터 거리가 멀어짐에 따라 주의 효과의 점진적 감소가 일관되게 나타나지는 않았다. 하지만 주의 유도점으로부터 동일한 거리에 제시된 표적 자극의 탐지율을 평균하면 점진적 감소를 관찰할 수 있었다. 표 1에 제시된 결과 자료를 근거로 주의 효과의 경향성을 3차원적으로 그려 본 결과가 그림 5에 제시되었다.

자극의 수가 늘어남에 따라 70% 정도의 탐지율을 보이는 기저선을 설정하기가 어려웠고 눈 운동의 통제가 실패할 가능성이 증가되었다. 따라서 실험 2에서는 주의 유도점으로부터 거리가 같은 점들의 탐지율을 평균하여 오염 변인의 상쇄를 시도하였다.

그림 5의 (다)는 동일 시야에 제시된 표적 자극에 대하여 주의가 주어졌 경우의 위치별 탐지율에서 주의가 반대편 시야에 주어졌 경우의 위치별 탐지율을 뺀 값을 도면화한 것이다. 즉 그림 5 (가)의 위치별 탐지율에서 (나)의 위치별 탐지율을 뺀 것이다. 이 그림은 주의 모형을 검증하기 위한 비교 기준점으로서 망막상 민감도의 차이를 교정한 역치 수준 밝기에서의 기저선 탐지율을 사용한 실험 1과는 주의 효과 계산 기준이 다르다. 즉 주의 효과에 의해 민감도가 증가된 경우의 탐지율에서 주의 효과가 최저 또는 억제 수준에 이르는 경우의 탐지율을 빼줌으로서 주의 효과와 민감도 변화를 최대로 반영한 주의 지각장의 변화를 그린 것이다.

**논의**

실험 2의 결과는 이차원적 주의 지각장이 주의 유도점을 중심으로 시각 민감도 차원에서 변화하는 모습을 보여주었다. 그림 5를 통해 알 수 있듯이 주의 유도점으로부터 거리가 멀어짐에 따라 표적 자극들에 대한 탐지율은 서서히 감소하였으며 이 결과는 실험 1에서 지지되었던 주의의 점진적 감소 모형에 일치한다.

탐지율의 점진적 감소외에도 그림 5의 (가)는 (나)와 비교해 볼 때 주의물 준 시야에서 전반적으로 탐지율이 증가했음을 보여준다. 이러한 시각 민감도의 증진은 실험 1과 동일한 결과이며 기존의 다른 연구의 결과(Hughes와 Zimba, 1985; Handerson과 Macquistan, 1993; Steinman외, 1995; Handy외, 1996)와 일치한다. 그림 5의 (다)는 주의 효과를 반영한 지각장의 모습을 짐작할 수 있게 해준다. 즉 (다)에서는 점진적 감소 모형에서 가정된 시각 민감도의 점진적 감소외에 주변부 억제 부위에 해당하는 기울기의 역전이 관찰되었다. 이러한 사실은 실험 1의 결과와 동일하게 점진적 감소 모형에서 가정된 기울기 감소 형태외에 중심 흥분-주변부 억제 기제가 주의 지각장의 처리 특성에 반영되어 있음을 시사한다. 또한 수평선상에 표적 자극을 제시한 경우뿐만 아니라 방사형으로 제시하였을 때 즉 이차원적으로 자극을 제시했을 경우에도 동일한 결과가 얻어졌다는 사실은 앞에서 논의된 점진적 감소 모형에서 가정된 주의 효과의 감소 형태와 중심 흥분-주변부 억제 처리가 주의 지각장의 배후 기제일 가능성을 높여준다. 주의가 유도된 시야별 효과를 살펴보면 특이한 사실이 발견된다. 즉 우측 시야에 주의물 준 경우는 주의 효과가 그림에서 알 수 있듯이 좌측 시야의 완만한 증가와는 다른 형태로 나

타났다. 표적 자극을 수평 제시한 실험 1에서도 시야의 비대칭성이 나타났다. 특히 실험 1에서 우측 시야에 주의를 주었을 경우에 4°를 기점으로 급격한 탐지율의 감소와 기울기 변화가 관찰된 것에 비추어 볼 때 실험 2에서 주의 유도점으로부터 2° ~ 3° 거리 부근에서 관찰된 동일한 현상은 자극의 이차원적 제시라는 과제 변화가 그 원인임을 생각해 볼 수 있다. 즉 자극이 제시되는 위치가 늘어남으로 인한 과제 난이도의 증가가 피험자의 처리부담을 증가시켰을 수 있다는 것이다.

는 주의 착점과 표적 자극의 제시 위치까지의 상대적 거리와 이 거리에 따라 변화하는 주의 효과라는 두개의 변수만으로 도면을 구성하였기 때문이다. 그러나 실험 2에서는 상대적 거리가 아니라 시야상의 절대 좌표 위치에 제시된 표적 자극을 사용하였으므로 이에 따른 탐지율을 z 좌표로 설정하여 삼차원 그래프를 구성할 수 있었다. 이 삼차원 그래프는 시각 공간내에 발생한 주의 효과의 크기와 범위를 잘 나타내 주고 있다.

종합 논의

두 개의 실험을 통하여 주의가 주어지 지점에서 발생하는 지각적 정보처리의 특성을 살펴보았다. 실험 1은 주의 효과에 대한 기존의 광역 모형과 좁 렌즈 모형들을 반증하고 점진적 감소 모형을 지지하였으며 중심 흥분-주변부 억제성 주의 지각장의 존재를 시사하였다. 표적 자극을 이차원 시각 공간에 제시한 실험 2에서는 주의 유도점으로부터 거리가 멀어짐에 따라 주의 효과가 점진적으로 변화하는 것을 재확인 할 수 있었다. 이 결과를 삼차원상에서 그려 봄으로써 주의 효과의 크기와 범위를 살펴볼 수 있었다.

실험 1과 2에서 관찰된 결과는 주의 효과가 시각 계통의 기본 기제중의 하나인 동심원 수용장의 반응 특성 즉 DOG함수의 형태를 따름을 보여준다. 실험 1의 경우 주의 유도점 부근에서 탐지율이 기저선보다 증가되었고 주의 유도점에서 멀어질수록 점진적으로 감소하였으며 우측 시야에 주의를 유도한 경우 주의 유도점 반대편으로 4°전후의 거리에서 탐지율이 기저선보다 오히려 낮아진 지점이 관찰 되었다(그림 3). 실험 2의 경우는 실험 1과 유사한 주의 효과의 변화 형태와 함께 우측 시야에 주의를 유도한 경우 억제적 특성을 가진 지점이 주의 유도점으로부터 약 2°~3° 거리에서 발견되었다(그림 5).

그림 3과 5는 주의 효과가 시야의 좌우에서 비대칭적임을 보여주고 있다. Steinman과 그 동료들(1995)은 주의 효과의 처리 특성이 DOG함수의 형태를 가지며 주의를 유도한 시야에 따라 다르게 나타남을 보고 하였다. 기저선을 기준으로 주의 효과의 증감을 나타내는 주의 지수(attention index) 계산 결과 그들은 주의 지각장의 부적 주의 즉 억제성 영역에 대한 증거로서 부적 주의 지수(negative attention index)를 예로 들었다. 이 지수는 표적 자극의 우측에 주의 유도 자극이 제시되었을 때에만 나타났다. 그들이 제시한 착시 운동을 일으키는 선분 자극은 응시점의 바로 아

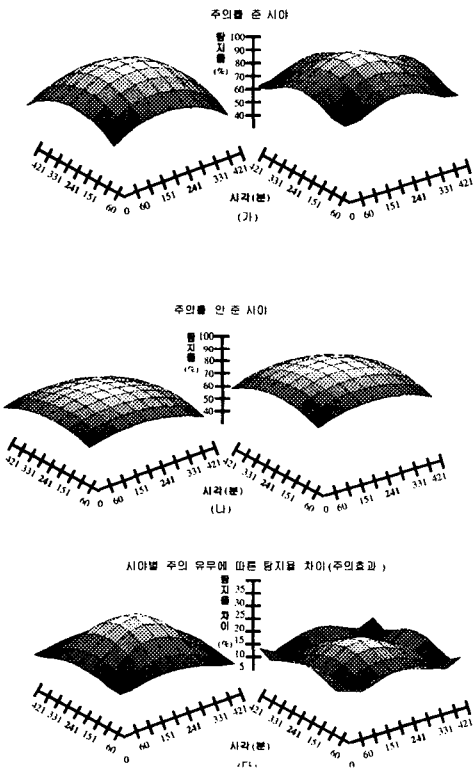


그림 5. 주의에 의한 탐지율 변화

(가)는 주의를 준 시야의 탐지율을 (나)는 주의를 안 준 시야의 탐지율을 (다)는 그 차이(주의 효과)를 삼차원 그래프로 나타낸 것이다. 그림에서 x축과 y축은 시야상의 거리며 z축은 (x, y)위치에 제시된 표적 자극에 대한 탐지율을 나타낸다.

주의 효과를 측정 한 선행 연구들은 주의 지각장에 발생한 변화된 모습을 가시적으로 도면화 하는데 있어서 지각장의 평면적 모습만을 제공하였다. 그 이유

래에 제시되었으며 주의 유도 단서는 표적 자극의 좌우에 제시되었다. 그들이 보고한 우측 주의 유도 후 관찰된 단서-자극간 거리 4.5° 조건에서의 부적 주의 발생 위치는 실험 1에서 우측 시야에 주의를 유도한 경우 주의 유도점으로부터 4° 거리 즉 응시점 부근에 나타난 탐지율의 급격한 역전 위치와 거의 일치함을 알 수 있다. 정찬섭과 유명현(1996)은 주의에 의한 왜곡의 실재성 검증 과정에서 좌측 시야에서 우측 시야에 비해 왜곡량이 큰 것을 발견하였으며 이것을 순간 제시된 자극에 대한 시각 기제의 계산 실패로 설명하였다.

이러한 시야의 비대칭성이 어떠한 형태로든 발생할 경우 실험 1에서 관찰된 결과를 토대로 다음과 같은 사실을 추론해 볼 수 있다. 즉 주의 지각장은 그 영역 내에서 주의 효과의 점진적 변화를 보이며 주의 착점 (locus of attention)이 시야의 어느 방향에 속하는가에 따라서 영역의 범위와 영역내 처리 특성을 달리할 수 있다. 실험 1에서는 우측 시야에 주의를 유도한 경우 주의 유도점으로부터 4° 거리 즉 응시점을 지나면서 탐지율이 급격하게 역전하는 반면에 좌측 시야에 주의를 유도한 경우는 이러한 현상이 관찰되지 않았다. 실험 2의 결과에서도 우측에 주의를 유도한 경우 주의 유도점으로부터 약 2° ~ 3° 거리에서 탐지율의 역전 현상이 나타나고 있다. 그러나 좌측에 주의를 유도한 경우는 좌측 시야내에서 우측에 주의를 유도한 경우와 같은 탐지율의 역전이 관찰되지 않았다(그림 3과 그림 5 참고). 이 사실은 주의가 유도되어 주의 효과가 발생한 시야에 따라 지각장의 영역 내부에 발생하는 처리 특성에 차이가 있음을 짐작할 수 있게 해준다. 이러한 결과를 종합해 볼 때 좌측 시야에서 발생하는 주의 지각장은 중심-주변부의 구분과 처리 특성 차이가 분명하지 않은 반면에 처리 범위가 넓으며 우측 시야에서 발생하는 주의 지각장은 중심-주변부 구분이 분명하며 처리 범위가 좌측 시야의 주의 지각장에 비해 좁다는 사실을 추론해 볼 수 있다.

시야에 따른 비대칭성의 가능성과 함께 과제나 처리 부담의 변화에 의한 주의 지각장의 변화 또한 가능할 것이다. 시각 민감도의 변화 형태가 과제 종류에 따라 달라질 수 있음을 보고한 Downing(1988)의 연구에 의하면 광도 탐지 과제의 경우 시각 민감도는 주의 착점에서 정점을 이루고 그곳으로부터 시각 7° 에 이르는 거리까지 점진적으로 감소하였다. 그러나 밝기 변별 과제와 방위 변별 과제의 경우 주의 유도 위치에만 민감도의 증가가 한정되었고 거리가 멀어짐에 따라서 민

감도의 변화는 급격하게 감소하였으며 이 현상은 형태 변별 과제에서도 관찰되었다. Handy와 그의 동료들(1996)은 시각 2.5° 영역내에 한정된 주의 효과가 차폐(masking)를 없애고 자극 제시 확률을 증가시켜 지각적 부담을 감소시킨 과제의 구성을 통해서 7.5° 의 거리까지 확장될 수 있음을 보고하였다. 과제 차이가 시각 민감도에 영향을 줄 수 있다는 이 결과는 실험 1과 2에서 관찰된 주의 효과의 범위 차이에 대해 시사하는 바가 크다. 실험 1과 2에서 우측에 주의를 유도하였을 경우 억제성 주변부의 시작 위치가 주의 유도점을 기준으로 약 시각 2° 정도 차이가 있었다. 실험 2는 실험 1에 비해 주의 유도점을 중심으로 표적 자극의 제시 위치와 강도를 세분화하여 제시하였고 따라서 양측 시야에서 지각적 대상의 출현 가능 범위가 상당히 넓었으므로 피험자의 과제 난이도가 높았다. 만약 주의 지각장이 시야에 따라 처리 특성이 달라질 뿐 아니라 과제 특성에 따라 그 범위가 변화할 수 있다고 가정하면 실험 2에서 과제 난이도에 수반된 처리 부담의 증가는 우측 시야에서 주의 지각장의 범위를 주의 유도점 부근으로 축소시켰다고 추론해 볼 수 있다.

주의를 담당하는 피질 영역 세포들의 반응 특성을 살펴 본 연구 결과에서도 위와 같은 주의 효과의 처리 특성을 짐작해 볼 수 있다. Moran과 Desimone(1985)은 주의를 준 수용장 내에 제시된 목표 자극에 대한 세포의 반응이 증가하였음을 보고하였으며 후속 연구에서 Spitzer와 그의 동료들(1988)은 주의 영역을 담당하는 세포들의 반응 대역폭이 좁아짐을 관찰하였다. 주의에 의한 시각 피질의 세포 반응성의 증가는 그 밖의 많은 연구에 의해서도 지지되고 있다(Bushnell 외, 1981; Haenny와 Schiller, 1988; Motter, 1994). Chelazzi와 그의 동료들(1993)은 위와 같은 세포들의 흥분에 의한 반응 특성외에도 반응 억제 및 수용장 크기 감소를 보고하고 있으며 이러한 연구 결과는 주의 효과의 억제적 특성 및 공간적 작용 범위가 축소될 가능성을 보여 준다. 신경생리학적 연구에서 시각 처리를 담당하는 신경세포들의 반응 특성 변화와 수용장 이동 또는 축소로서 주의 현상을 설명하려는 시도(Suzuki와 Cavanagh, 1997)와 전주어 볼 때 실험 1과 2의 결과는 주의 지각장의 공간적 특성이 시각의 신경생리학적 기본 기제를 충실히 따르고 있음을 알게 해 준다.

결론적으로 주의를 지각적 처리를 촉진시키며 그 효과는 주의가 주어질 지점에서 최대의 효과를 보이고 그곳으로부터 멀어질수록 점진적으로 감소한다. 시각

공간내에서 발생하는 주의 지각장의 구조는 중심 흥분-주변부 억제의 동심원 수용장의 구조와 유사하며 주의가 주어진 시야에 따라 지각장 내 처리특성을 달리한다. 또한 처리해야할 대상의 처리 부담에 따라서 범위가 변화할 수 있다.

## 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
- 정찬섭과 유명현 (1989). 착시효과를 통해서 본 심상의 표상특성. 한국심리학회지: 일반, 8(1), 34-43.
- 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.
- Connor, C.E., Gallant, J.L. & Van Essen, D.C. (1994). Modulation of receptive field profiles in area V4 by shifts in focal attention. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 35, 2147.
- Downing, C. J. (1988). Expectancy and visual-spatial attention: Effects on perceptual quality. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 188-202.
- Eriksen, C. W., & Yeh, Y.(1985). Allocation of attention in the visual field. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 11, 583-597.
- 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., Miyachi, S., & Shimojo, S. (1993). Focal visual attention produces illusory temporal order and motion sensation. *Vision Research*, 33, 1219-1240.
- Hughes, H. C., & Zimba, L. D. (1985). Spatial maps of directed visual attention. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 11, 409-430.
- Hughes, H. C., & Zimba, L. D. (1987). Natural boundaries for the spatial spread of directed visual attention. *Neuropsychologia*, 25, 5-18.
- 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.
- Pan, K., & Eriksen, C. W. (1993). Attentional distribution in the visual field during same-different judgments as assessed by response competition. *Perception & Psychophysics*, 53, 134-14
- Sireteanu, R., Yoo, M. H., Schelchshorn, J., & Chung, C. S. (1997). Attention-induced changes in spatio-temporal properties of perception. *Investigative ophthalmology and visual science*. 38/4 supplement, 1151.
- 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.
- Suzuki, S. & Cavanagh, P. (1994a). Focused

attention distorts visual space.  
*Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 35, 2081.

Suzuki, S. & Cavanagh, P. (1997). Focused attention distorts visual space: Attentional repulsion effects. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 23, 443-463.

Yoo, M. H., Schelchshorn, J., Chung, C. S., & Sireteanu, R. (1997). Spatiotemporal dynamics of attention-induced distortions and illusions. *Perception*, 26 supplement, 72.