



에서 멀어질수록 속도가 빨라지게 되는 광학적 흐름(optic flow)이 발생하게 된다(Gibson, 1979). 광학적 흐름은 관찰자의 자세 교정(postural adjustment) (Redfern & Furman, 1994), FOE를 통한 관찰자의 진행 방향(Cutting, 1986; Koenderink & Van Doorn, 1981)이나 충돌까지의 추정 시간(time to collision) (Regan & Gray, 2000을 개관할 것), 여행한 거리 추정(Redlick, Jenkin, & Harris, 2001) 등과 같이 시각 장면들에 대한 다양한 정보들을 제공한다.

실생활에서 광학적 흐름은 상황에 따라 일차적으로 주의를 주어야 하는 자극일 수도 있지만 상대적으로 덜 중요한 자극일 수도 있다. 예를 들어, FOE를 파악하여 자신의 진행 방향을 파악해야 하는 상황에서는 광학적 흐름 자체에 주의를 기울여야 한다. 이와 달리 운전을 하면서 주변의 도로 표지판을 읽어야 하는 상황에서는 광학적 흐름 이외의 대상에 주의를 기울여야 하는 경우도 주어진다. 따라서, 광학적 흐름을 지각하는 과정에서 주의가 어떻게 영향을 주는 지를 살펴보는 것은 광학적 흐름을 처리하는 기제와 주의가 어떻게 연관되어 있는 지를 살펴볼 수 있을 뿐만 아니라, 광학적 흐름을 사용한 정신 물리학적 연구 결과들 중 주의의 효과를 고려하지 않은 결과들을 실생활에 적용할 때 그 결과의 제한점 등을 살펴볼 수 있게 한다.

전통적으로 운동 정보는 순수하게 상향적 과정(bottom-up process)을 통해서 처리되어 주의와 같은 고차적인 기제에 영향을 받지 않는 것으로 고려되었다(Treisman, 1985; Wohlgenuth, 1911). 그러나, 이러한 관점은 최근의 여러 정신물리학적, 신경생리학적 연구들에 의해서 도전 받아 왔다. 예를 들어, Chaudhuri(1990)는 이차원 평면상의 직선 운동 자극에 순응시키는 동안 순응 자극과 무관한 숫자 탐지과제를 수행하도록 하면 그 자극을 단지 수동적으로 응시하도록 한 조건의 MAE 지속시간보다 짧아짐을 보고하였는데, 이는 운동 자극의 순응과정

이 주의에 의해 영향받고 있음을 보여주는 것이다. 운동 정보의 처리과정에서 주의의 효과는 직선 운동 자극의 순응 과정뿐만 아니라, 유도 운동(Gogel & Sharkey, 1989), 깊이 상에서의 회전 운동(rotation in-depth)(Shulman, 1991), 동일 평면에서의 회전 운동(rotary motion) (Schulman, 1993), 반대 방향으로 운동하는 두 패턴이 중첩되어 있는 투명 운동(transparent motion) (Raymond, O'Donnell & Tipper, 1998; Lankheet & Verstraten, 1995) 등 여러 다양한 자극과 과제를 사용한 연구들에서도 나타난다.

이차원 운동 지각과정에서 발견된 주의의 효과는 광학적 흐름(혹은 방사상 운동 패턴)과 같이 복잡 운동(complex motion) 자극을 사용한 연구에서도 발견된다. 광학적 흐름으로부터 FOE를 발견하는 과제가 주어졌을 때, 확산적 패턴만으로 구성된 광학적 흐름자극을 사용하면 주의의 효과가 미약하거나 거의 없는 것으로 나타나지만(Royden & Hildreth, 1999), 곡선 요소까지 포함된 광학적 흐름 자극을 사용하면 광학적 흐름 외적인 자극에 주의가 많이 주어질수록 FOE를 탐지하는 과제에서 오류가 증가하는 것으로 나타났다(Wann, Swapp & Rushton, 2000). 이러한 사실은 광학적 흐름으로부터 FOE를 발견하는 과정이 주의에 의해 영향받을 수 있음을 시사하는 것이다.

광학적 흐름 자극에 선별적으로 반응하는 것으로 알려져 있는 원숭이의 MST 영역에 있는 신경 세포들은 광학적 흐름의 다양한 변화에 반응한다. 즉, FOE의 위치 변화에 선택적으로 반응할 뿐만 아니라(Duffy & Wurtz, 1995; Lappe et. al, 1996) 방사상으로 확장되거나 수축되는 패턴을 탐지하는 과정에 관여하는 것으로 알려져 있다 (Duffy & Wurtz, 1991; Tanaka & Saito, 1989). MST에 있는 세포들의 이러한 특성을 고려해볼 때, FOE를 발견하는 과정이 주의에 의해 영향받는 것과 유사하게 확장 혹은 수축패턴을 탐지하는 과정도 주의에 의

해 영향받을 수 있다.

방사상 운동 패턴과 직선 운동 패턴을 중첩시킨 자극을 이용하여 주의의 효과를 살펴본 fMRI 연구 결과(Watanabe, Harner, Miyauchi, Sasaki, Nielsen, Palomo, Mukai, 1998)는 이러한 가능성을 지지한다. 그들은 두 패턴이 중첩된 자극을 제시한 후, 관찰자들에게 확장 패턴에 주의를 기울이거나 혹은 중첩된 자극을 단순히 바라보도록 요구했다. 두 조건에서 나타난 MT영역의 MRI 신호를 비교해 보았을 때, 단순히 중첩된 자극을 응시한 조건보다 확장 패턴에 주의를 준 조건에서 MRI 신호가 증가한 것으로 나타났다. 그러나, MRI의 신호는 일반적인 각성 수준에 의해서도 증가될 수 있으므로(Gandhi, Heeger & Boynton, 1999; Somers, Dale, Seiffert & Tootell, 1999), Watanabe 등(1998)의 연구에서 발견된 MRI신호의 증가가 주의에 의해 발생된 것이라고 결론짓기는 어렵다. 확장 패턴을 탐지하는 기체의 활성화 수준이 주의에 의해서 변화되고, 이로부터 MRI 신호가 증가되었는지를 확인할 수 있는 한 방법은 MAE를 이용하여 주의의 효과를 측정해 보는 것이다. MAE가 발생한다는 사실은 순응이 되었다는 것을 의미하며 순응이 되었다는 것은 그것을 담당하는 기체가 있다는 것을 의미하므로(Mollon, 1974), 주의에 의해 운동 기체가 영향받는 지를 알아보기 위한 여러 선행 연구들(Chaudhuri, 1990; Lankheet & Verstraten, 1995)은 MAE를 종속 측정치로 삼았다.

이 연구에서는 MAE의 강도를 이용하여 방사상 운동을 탐지하는 기체가 주의에 의해서 영향받는 지를 살펴보았다. 실험 1에서는 방사상으로 운동하는 패턴 이외의 자극에 주의가 주어졌을 때의 효과를 살펴보기 위해서 순응 과정동안 부가적인 과제를 수행하도록 한 조건과 수동적으로 순응 자극만을 제시한 조건에서 발생하는 MAE를 측정하고 그 크기를 비교하였다. 실험 2에서는 동일한 위치에 제시된 두 자극 중 특정 자극에 선택적

로 주의를 줄 수 있는 지를 알아보기 위해서, 확장 패턴과 수축 패턴이 중첩된 자극을 순응 자극으로 삼고 두 패턴 중 특정한 하나의 패턴에 선택적 주의를 주도록 한 후 각 조건에서의 MAE 차이를 살펴보았다.

### 실험 1: 방해 과제에 의한 운동 잔여 효과의 감소

방사상으로 운동하는 패턴이외의 과제에 주의가 주어졌을 때 운동 자극에 대한 순응 과정이 영향받을 수 있는 지를 살펴보기 위해 운동 순응과정 동안 부가적인 과제를 수행하는 조건과 운동 패턴을 수동적으로 응시하는 조건에서의 MAE를 측정하였다. 주의에 의해서 운동 순응 과정이 영향을 받는다면, 부가적인 과제를 수행한 조건에서의 MAE가 수동 응시 조건에서의 그것보다 작아질 것을 예상할 수 있다.

#### 방법

**관찰자.** 네 명의 관찰자가 실험에 참가하였으며, 이들 중 한 명은 저자였고 나머지 세 명은 실험의 목적을 알지 못하는 대학원생들이었다.

**자극.** MAE는 주로 그 지속 시간 즉, 순응 후 정지된 자극이 제시되었을 때 가상적인 움직임이 지속되는 시간으로 측정할 수 있지만(Anstis, 1986; Sekuler & Pantle, 1967), 이 방법은 언제 움직임이 정지되는 지를 정확히 판단하기 힘든 등, MAE의 크기를 측정하는 데에 몇 가지 단점이 있다(Blake & Hiris, 1993). 대안적인 방법으로 무선점 자극에서 신호 대비 잡음 점들의 비율을 변화시켜 가면서 운동 방향을 탐지하도록 하여, MAE에서 발생하는 가상적 운동(illusory motion)을 실제 운동

신호로서 상쇄시키는 방법을 사용할 수 있다(Blake & Hiris, 1993; Raymond, 1993; Lankheet & Verstraten, 1995). 이 연구에서는 무선점 자극의 신호 점과 잡음 점의 비율을 변화시키는 방법을 통해 MAE를 측정하였다.

운동 순응 자극과 순응 효과를 측정하기 위한 검사 자극은 모두 무선점 패턴들로 이루어져 있었으며, EIZO사의 칼라 모니터에 제시되었다. 화면에 제시된 자극의 크기는 400 x 400 픽셀로서 1.2m 거리에서 볼 때 시각으로 10.3도 x 10.3도였다. 무선점 패턴의 각 점들은 검은색 배경(0.05 cd/m<sup>2</sup>)에 82 cd/m<sup>2</sup>의 밝기로 제시되었다. 확장 무선점 패턴은 다음과 같은 방법을 통해 만들어졌다. 먼저, 600개의 점들의 위치를 무선적으로 선택한 후 자극의 중앙인 FOE으로부터 현 위치까지의 거리를 계산하여,

$$\text{새 위치} = \text{현 위치} * 1.035$$

의 공식에 따라 중심으로부터 멀어지도록 만들었다. 따라서, FOE 가까이 있는 점들의 속도는 느리지만, FOE로부터 멀어질수록 점들의 속도가 점진적으로 빨라지게 되었다. 그리고, 각 점들이 자극 제시 영역을 벗어나면 무선적인 위치에 다시 제시되도록 하여, 각 운동 프레임에 제시된 점들의 개수는 거의 일정하였다. 수축 무선점 패턴은 확장 무선점 패턴과 동일한 방식으로 만든 후 운동 프레임을 역순으로 제시함으로써 수축하는 패턴으로 보이도록 제시하였다.

주의 효과를 살펴보기 위해서 운동 순응 시 부가적인 과제를 수행하도록 한 조건(탐지 과제 조건)과 운동 순응 자극만 수동적으로 응시하도록 한 조건(수동 응시 조건)들 간의 MAE를 비교하였다. 탐지 과제 조건에서는 순응 자극의 중앙에 0.5도 크기의 영어 낱자가 매 320ms 동안 제시되었다가 다른 낱자로 바뀌었는데, 순응 자극이 제시되는 6초 동안 무선적으로 선정된 영어 낱자대신에

숫자가 두 번 제시되었다. 관찰자들은 순응 자극이 제시되는 동안 화면의 중앙에서 바뀌고 있는 영어 낱자에 주의를 기울이다가 영어 낱자가 숫자로 바뀌는 순간 스페이스 키를 누르도록 지시를 받았다. 따라서, 탐지 과제 조건에서 관찰자들은 숫자 탐지과제를 잘 수행하기 위해서는 광학적 흐름 자극 자체보다는 자극의 중앙에 제시되는 철자의 바뀔때 주의를 더 기울여야만 했다. 수동 응시 조건에서는 하나의 영어 낱자가 제시되어 응시점 역할을 하였지만 순응 과정동안 변화되지 않았으므로 관찰자들은 운동 자극을 수동적으로 바라보았다.

MAE를 측정하기 위한 검사자극에서는 신호 점(signal dot)들과 잡음 점(noise dot)들의 비율을 변화시킴으로써 운동 신호의 강도를 변화시켰다. 신호 점들이란 순응 자극의 각 점들의 운동 패턴과 동일하게 방사상의 경로를 따라 운동하는 점들을 의미하며, 잡음 점들이란 각 운동 프레임마다 0°에서 360°의 편편한 분포로부터 결정된 무선적인 방향으로 운동하는 점들을 의미한다. 또한, 잡음 점들과 신호 점들의 속도 차이에 의해 두 종류의 점들이 구별되는 것을 방지하기 위해서, 잡음 점들의 속도는 그 점의 해당 위치에서 계산될 수 있는 신호 점들의 속도와 일치시켰다. 따라서, 잡음 점들의 속도도 신호 점들과 동일하게 중심에 가까울수록 느렸고, 중앙으로부터 멀어질수록 빨라졌다. 확장적 패턴과 수축적 패턴을 구별하기 위해 인위적으로 신호 점들의 비율을 각각 정적, 부적으로 표시하였다. 예를 들어, 신호 점들이 30%인 검사 자극에서는 30% 점들이 확장 패턴의 경로로 나머지 70% 점들이 무선 방향으로 운동하였으며, 신호 점이 -30%인 검사자극에서는 30% 점들이 수축 패턴의 경로로 나머지 70% 점들이 무선 방향으로 운동하였다. 따라서, 주어진 검사자극의 신호 점들은 모두 확장 패턴의 경로로 움직이거나 혹은 모두 수축 패턴의 경로로 움직였다.

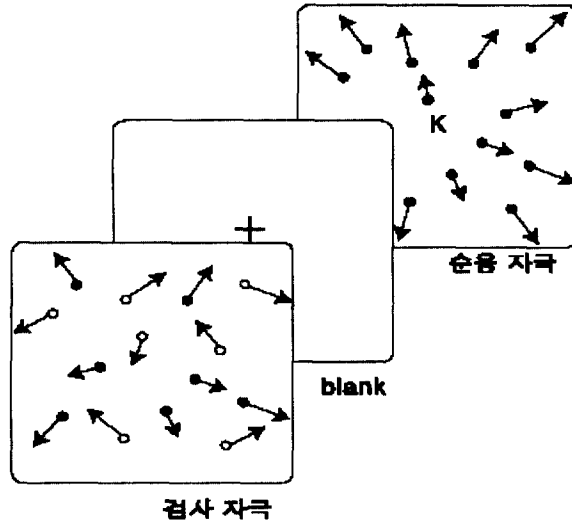


그림 1. 실험 1의 한 시행의 예. 관찰자가 특정 버튼을 누르면 운동 순응 자극이 6초간 제시되었다. 탐지 과제 조건에서는 순응 자극의 중앙에 제시된 영어 낱자가 지속적으로 변화되었으며 때때로 영어 낱자가 숫자로 변화되었다. 관찰자들은 숫자가 제시되었을 때 버튼을 누르도록 지시를 받았다. 수동 응시조건에서는 중앙에 낱자가 제시되었지만 변화되지 않았으며 응시점 역할만 하였다. 순응 자극에서 화살표의 방향과 길이는 각각 점들의 운동 방향과 속도를 나타내는 것으로 자극의 주변부로 갈수록 운동 속도가 빨라짐을 보여주고 있다. 순응 자극은 빈 화면으로 대체되었다가 500ms후에 여러 수준의 신호 점 비율을 가지는 검사자극들 중 무선적으로 선정된 한 자극이 제시되었다. 이 그림의 검사자극은 확장경로로 운동하는 신호 점들이 포함된 자극 예를 보여주고 있는데, 흰점과 검은 점은 각각 무선 방향으로 움직이는 잡음 점과 방사상 경로로 움직이는 신호 점을 나타낸다. 실제 자극에서 점들의 총 수는 600개였으며, 두 종류의 점들은 운동방향이외에 모든 특성에서 동일하였다.

**절차.** 순응 자극의 운동 방향(2 : 확장 패턴과 수축 패턴)과 주의 여부(2: 탐지 과제 와 수동 응시) 조건에 의해 만들어진 네 조건은 각각 독립적인 블록으로 구성되었다. 한 조건에서 발생된 MAE가 다른 조건에 영향을 주지 않도록 하기 위해서 각 블록은 다른 날에 실시되었으며, 블록들의 제시 순서는 각 참가자마다 무선적으로 결정되었다.

각 블록 내에서 한 시행은 준비를 알리는 응시점의 깜박임이 있는 후 관찰자가 컴퓨터 자판의 특정 키를 누름으로써 시작되었다. 그림 1에 제시되어 있는 것과 같이 각 시행에서는 운동 순응 자극이 6초간 제시되었다. 탐지 과제 조건에서 관찰자들은 순응 자극이 제시되는 동안 화면의 중앙부에서 바뀌고 있는 영어 낱자에 주의를 기울이다가

영어 낱자가 숫자로 바뀌는 순간 스페이스 키를 누르도록 지시를 받았다. 수동 응시 조건에서는 순응 자극의 중앙부에 영어 낱자가 제시되었지만 변화되지 않았고 관찰자들은 단순히 영어 낱자를 응시하도록 하였다. 따라서, 숫자 탐지 과제의 포함 여부를 제외하고는 두 조건의 순응 자극은 동일하였다. 순응 자극이 제시된 후 응시 점과 함께 빈 화면이 500ms 동안 제시되었다가 검사자극으로 대체되었으며, 검사자극은 600ms 동안 제시되었다. 관찰자들의 과제는 주어진 검사 자극이 확장하는 패턴인지, 수축하는 패턴인지를 판단하여 자판의 해당 키를 누르는 것이었다. 관찰자들의 반응이 있는 후 약 3초 후에 다음 시행이 준비되었음을 알리는 응시점의 깜박임이 주어졌고, 관찰자의 반응에 대한 피드백은 주어지지 않았다.

검사 자극의 신호 점들의 비율은 항상법을 통해 변화되었는데, 예비 검사에서 얻어진 역치를 중심으로 동일 간격으로 7 등급이 선정되었다. 실험의 한 블록은 7 등급의 신호 강도 조건에 따라 모두 15번의 반복 측정으로 구성되어 각 블록의 총 시행 수는 모두 105번이었으며, 각 시행들의 순서는 완전히 무선화 되었다.

결과 및 논의

먼저 탐지 과제 조건에서 각 관찰자들이 자극의 중앙에서 변화되는 영어 낱자에 주의를 주었는지를 확인하기 위해 탐지 과제의 정 반응률을 조사하였다. 각 시행에서 두 번에 걸쳐 나타난 숫자에 대해 두 번 모두 500ms 이내에서 반응했을 때 이를 정반응으로 삼았다. 그 결과 네 명의 관찰자

모두 확장 패턴과 수축 패턴 각 조건에서 최소한 95% 이상 (평균 97.1) 정확하게 판단한 것으로 나타나 자극의 중앙에 나타나는 과제에 주의를 두고 있었음을 확인하였다.

순응 자극이 제시되지 않았을 때를 기준으로 해서 순응 자극이 제시된 조건에서 지각되는 운동 방향의 편향 정도를 측정하여 이를 각 조건의 MAE의 강도로 삼았다. 편향 정도를 측정하기 위해 다음과 같은 정신 물리학적 방법을 적용하였다.

**항상법을 이용한 중성점 측정.** 운동 순응이 주어지지 않은 조건에서 각 관찰자들의 확장과 수축 패턴에 대한 반응 경향성을 항상법을 통해 측정하였다. 각기 다른 수준의 신호점 비율을 갖는 각 검사 자극에 대해 확장 패턴으로 판단한 시행의 비율을 측정하였다. 각 검사 자극에서 신호 점들

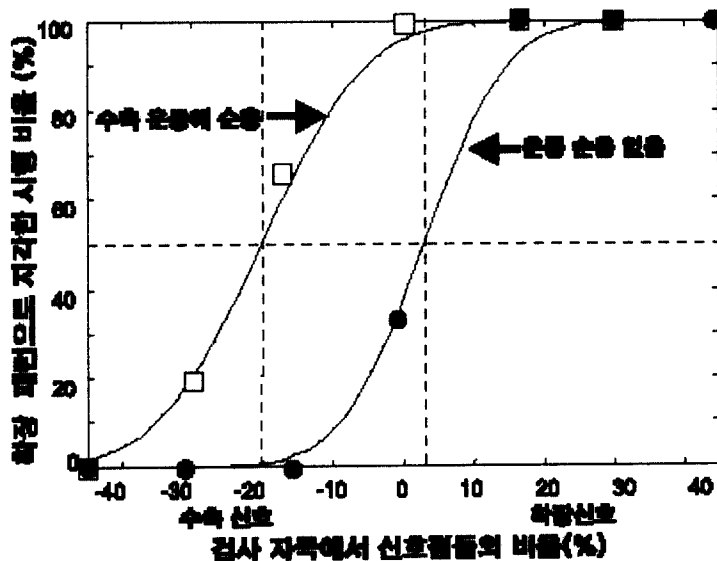


그림 2. 운동 순응이 주어진 조건과 운동 순응이 없는 통제 조건에서 얻어진 전형적 자료의 예. 원과 사각형 각각은 자극이 없는 조건과 수축 패턴을 수동적으로 응시한 후에 얻어진 자료를 나타낸다. 각 자료 점들을 잇는 곡선은 이들 자료 점들로부터 합치시킨 심리측정함수로 이 함수의 50%에 해당되는 검사 자극의 신호 점 비율을 중성 점으로 삼았다. 수축 패턴에 순응된 후에 얻어진 심리측정함수는 순응 자극이 없는 조건의 그것보다 수축 패턴쪽으로 이동되었음을 보여주고 있다. 두 중성 점에 해당되는 신호 점 비율의 차이를 수축 패턴의 수동 응시조건의 MAE로 삼았다. (신호 점의 비율에서 양수와 음수는 신호 점이 확장과 수축 패턴의 경로로 운동했음을 표시하기 위한 임의적 부호이다)

은 수축이나 확장 경로 중 한 방향으로만 운동하였으며, 그림 2의 x축에서 음수와 양수는 신호점이 수축 패턴과 확장 패턴으로 운동한 것임을 나타내기 위해서 임의로 붙인 부호였다.

그림 2에서 각 원들은 순응 자극이 주어지지 않은 조건에서 얻어진 자료를 나타내는 데, 이 자료를 보면 검사 자극에서 확장 신호 점들이 15% 포함되었을 경우 모든 시행에서 확장 패턴으로, 수축 신호 점들이 15% 포함되었을 경우 모든 시행에서 수축 패턴으로 지각했음을 알 수 있다. 각 신호 점들의 비율 조건에서 얻어진 자료들을 프로빗 분석(Finney, 1971)을 통해 누적 가우시안 함수에 합치시킨 다음 이 심리 측정 함수에서 확장 패턴으로 지각한 비율이 50%에 해당하는 신호 점의 비율을 중성 점(neutral point)으로 삼았다. 따라서, 각 조건의 중성 점에 해당되는 검사 자극은 수축 패턴으로 운동하는 자극인지, 확장 패턴으로 운동하는 자극인지를 판단하기 어려운 자극을 의미한다. 순응 자극이 제시되지 않은 조건에서 구해진 심리 측정 함수의 중성 점은 신호 점들의 비율이 거의 0에 가까운 것으로 나타나 순응 자극이 제시되지 않은 경우 특정 방향의 반응 편향이 거의 없음을 보여주고 있다.

운동 자극에 순응된 조건에서도 동일한 절차를 통해 중성 점을 측정하였다. 그림 2의 사각형은 수축 패턴을 수동적으로 응시한 후에 얻어진 자료이다. 운동자극의 순응에 의해 MAE가 발생하게 되면 운동 순응 자극의 방향과는 반대 방향으로 착각 운동(illusory movement)이 발생하는 데, 이러한 착각 운동은 MAE에서 지각되는 운동 방향과는 반대 방향의 실제 운동 신호로 상쇄시킬 수 있다. 이 예에서와 같이 수축 패턴에 순응되어 MAE가 발생한다면 그 MAE는 확장하는 것으로 나타날 것이고 이는 실제 수축 운동을 하는 신호 점들의 비율을 증가시킴으로써 상쇄시킬 수 있다. 이때 MAE를 상쇄시키는 데 필요한 신호 점들이 많아질

수록 발생된 MAE의 크기가 더 크다고 가정할 수 있다(Blake & Hiris, 1993). 그림 2에서 수축 패턴에 순응된 조건에서 얻어진 심리 측정 함수는 운동 순응이 없는 상황에서 얻어진 것보다 수축 신호 쪽으로 이동하였음을 보여주고 있다.

**순응 자극이 없는 조건에서 중성점 측정.** 각 개인별로 확장패턴과 수축 패턴에 대한 민감도가 다를 수 있으므로 순응 자극이 제시되지 않은 통제 조건에서 검사 자극에 대한 확장-수축 변별과제를 실시하였다. 그 결과 네 명의 관찰자에게서 얻어진 중성 점들의 평균은 0.1%로 모든 점들이 무선적인 방향으로 운동하는 자극을 나타내는 신호점 0%에 가깝게 나타났다.

**순응 자극이 주어진 조건에서 중성점 측정.** 순응 자극이 주어진 조건에서도 순응 자극이 없는 조건에서 중성 점들을 측정한 방법과 동일한 방법을 이용하여 중성 점을 측정하였다. 각 참가자별로 네 가지 실험 조건(2: 운동 자극의 패턴 방향 x 2: 주의 여부)에서 얻어진 중성 점들과 통제 조건에서 구해진 그것과의 차이를 해당 조건의 MAE 크기로 삼았다.

그림 3에는 네 명의 관찰자로부터 네 가지 실험 조건에서 얻어진 MAE의 크기와 각 관찰자들의 평균이 제시되어 있다. 그림 3에서 수축 패턴이 순응 자극으로 제시되었을 때의 MAE는 수축 패턴 쪽(부적)으로 편파 되었고, 확장 패턴이 순응 자극으로 제시되었을 때의 MAE는 확장 패턴 쪽(정적)으로 편파 되어 각 실험조건에서 MAE가 발생했음을 보여준다. 특히, MAE의 방향은 순응 자극의 운동 방향과 동일한 방향으로 나타났는데, 이는 MAE에 의해서 발생된 가상적인 운동을 실제 운동 신호를 이용하여 상쇄시키는 방법을 사용하여 중성 점을 측정했기 때문이다. 예를 들어, 수축 패턴이 순응 자극으로 제시되었다면 MAE는 확산적 운

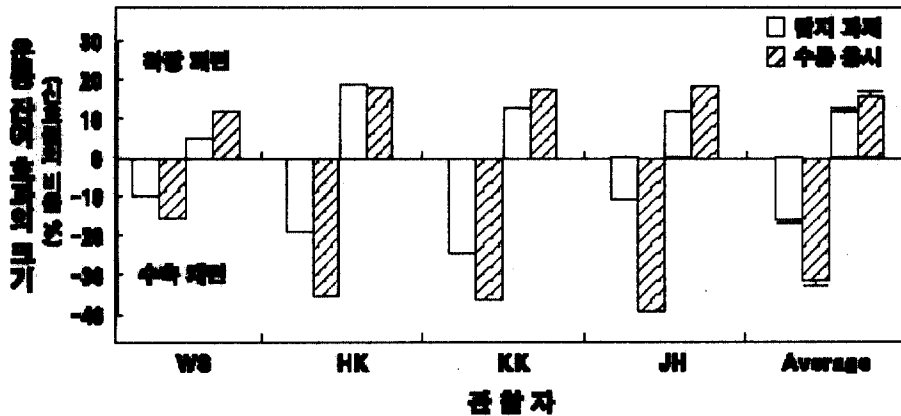


그림 3. 네 명의 관찰자로부터 네 개의 실험 조건에서 얻어진 MAE의 크기와 이것들의 평균이 제시되어 있다. 수평선 위쪽과 아래쪽에 제시된 그래프 각각은 확장 패턴과 수축 패턴에 순응된 조건에서 얻어진 자료들이다. 평균 그래프에서 오차막대는 네 명의 관찰자들의 자료에서 얻어진 표준 오차에 해당된다.

동으로 편향될 것이며, 이를 상쇄시키기 위해서는 수축 운동을 하는 신호 점들의 비율을 증가시켜야 하기 때문이다.

순응 자극의 운동 방향과 무관하게 모든 조건에서 MAE가 발생하였지만 그 크기는 확장 패턴보다 수축 패턴이 순응 자극으로 제시된 조건에서 더 크게 나타났다,  $F(1, 3) = 36.42, p < .01$ . 주의 조건에 따른 MAE 크기 차이를 살펴본 결과 탐지 과제 조건의 MAE보다 수동 응시 조건의 MAE가 더 크게 나타나는 경향성은 보여주었지만, 두 조건간의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다,  $F(1, 3) = 5.84, p = .09$ . 그러나, 순응 자극의 운동 방향과 주의 변인간의 상호 작용 효과가 통계적으로 유의한 것으로 나타나,  $F(1, 3) = 16.10, p < .05$ , 주의 효과의 크기가 순응 자극의 운동 방향에 따라 다르게 나타남을 알 수 있다. 이를 세분화하여 알아보기 위해서 순응 자극의 각 운동 방향별로 주의의 효과를 살펴보았다. 각 운동 방향 조건 내에서 탐지 과제 조건과 수동 응시 조건에서의 MAE 차이를 쌍별  $t$ -검증을 하였다. 그림에서 볼 수 있듯이 순응 자극이 수축 패턴인 경우 수동 응

시 조건의 MAE가 과제 탐지 조건의 그것보다 거의 두 배로 나타났고 이 차이는 통계적으로 유의하였지만,  $t(3) = 3.29, p < .05$ , 순응 자극이 확장 패턴인 조건에서는 주의 조건간에 유의한 차이가 발견되지 않았다,  $t(3) = 2.07, p > .05$ .

실험 1의 결과는 방사상으로 운동하는 패턴, 특히 수축 패턴의 순응과정이 주의에 의해 영향받고 있음을 확실히 보여주고 있다. 이 결과는 깊이 방향으로 운동하는 대상의 탐지과정에서 나타나는 주의의 효과(Gray, 2000)나 확장 패턴의 요소가 포함된 자극으로부터 FOE를 찾는 과제에서 발견된 주의의 효과(Wann et al., 2000)와 더불어 깊이 상에서 운동(motion in-depth) 과정이 주의에 의해 영향받을 수 있음을 보여준다.

수축 패턴이 순응 자극으로 제시되었을 때 보다 큰 MAE가 발견된 본 연구의 결과는 다른 연구들에서 보여지는 구심성 자극(수축 패턴)쪽으로의 시각적 편향과 일치하는 결과이다. 나선형 운동 패턴(spiral movement)에 순응시키는 경우 나선형 수축 패턴보다 나선형 확장 패턴에 순응된 후에 발생하는 MAE의 지속시간이 짧게 나타난다(Bakan &



Mizusawa, 1963; Reinhardt-Rutland, 1994; Scotte, Lavender, McWhirt & Powell, 1966). 수축 패턴에서 MAE가 더 크게 나타나는 것을 설명할 수 있는 현존하는 모형은 거의 없다. 그러나, 실세계에서 직선 운동이나 회전운동의 방향은 편포되어 있지 않지만, 관찰자의 운동에 의해 발생하는 방사상 패턴인 경우 관찰자는 대부분의 상황에서 전진 운동을 하고 이에 따라 확장 패턴이 경험된다. 따라서, 직선 운동이나 회전운동의 MAE에서 운동 방향에 대한 편향이 없음(Taylor, 1963)을 고려할 때, 수축 패턴에서 순응 효과가 더 크게 발생하는 것은 아마도 실생활에서는 거의 모든 경우 확장 패턴을 경험하기 때문일 가능성이 있다.

## 실험 2: 특정 운동 패턴에 대한 선택적 주의의 효과

실험 1에서는 운동 이외의 과제에 주의가 주어졌을 때 운동 순응 과정이 영향받은 지를 살펴보았다. 방해 과제로 사용된 낱자나 숫자들은 항상 화면의 중앙에 제시되었으므로, 실험 1의 주의 효과는 탐지 과제를 수행하는 데 주의가 주어졌기 때문으로 해석할 수도 있지만, 자극의 중심 영역에만 주의를 주었기 때문에 방사상 패턴이 제시되는 영역에 주의를 주지 못해서 발생한 것일 수도 있다. 실험 2에서는 특정 위치에 주의를 준 효과 이외에 특정 운동 자극에도 주의가 부여될 수 있는 지를 살펴보기 위해서 동일한 영역에 반대 방향으로 운동하는 두 패턴을 중첩시킨 후 주의의 효과를 살펴보았다. 만약 공간적으로 동일한 영역에 제시된 두 패턴 중 특정 패턴에 주의를 부여할 수 있다면, 어떤 패턴에 주의를 주었느냐에 따라 운동 순응의 정도가 다르게 나타날 것이며 결과적으로 MAE의 강도가 달라질 것을 예상할 수 있다.

## 방법

**관찰자.** 실험 1의 참가자 네 명 모두 실험 2에 참가하였다.

**자극.** 실험 2에서 사용된 순응 자극이 그림 4에 제시되어 있는데, 다음 세 가지를 제외하고는 실험 1의 자극과 동일하였다. 첫째, 특정 운동 패턴에 대한 선택적 주의의 효과를 살펴보기 위해 실험 2에서 사용된 순응 자극은 확장 패턴과 수축 패턴이 동일한 영역에 중첩된 자극을 사용하였다. 따라서, 순응 자극에 포함된 점들의 수는 실험 1보다 두 배 많은 1200개였다. 둘째, 실험 1에서 부가적인 탐지과제를 위해서 제시된 숫자나 낱자는 제시되지 않았다. 셋째, 흰색 무선 점들로 이뤄진 두 패턴을 중첩시킬 경우 두 패턴 중 한 패턴에 선택적으로 주의를 주는 것이 힘들 수 있으므로 각 패턴을 구성하는 무선 점들의 색깔을 다르게 제시하였다. 선정된 두 색은 주어진 실험 환경에서 가장 밝은 빨간색 ( $11.8\text{cd/m}^2$ )과 이와 유사한 밝기를 가지는 녹색( $11.6\text{cd/m}^2$ )이었다. 따라서, 확장 경로로 운동하는 무선 점들의 색깔이 녹색이면 수축 경로로 운동하는 무선 점들의 색깔이 빨간색으로 제시되었고, 혹은 이와 반대로 제시되었다. 선택적 주의의 조작은 중첩된 확장과 수축 두 패턴 중 특정한 한 패턴에 주의를 주라는 구두 지시를 통해 이루어졌으므로, 운동 순응과정에서 특정 패턴에 주의를 둔 두 조건간에 아무런 차이도 없었다.

MAE를 측정하기 위한 검사자극은 실험 1의 검사 자극과 동일한 방식으로 만들어졌으며, 각 점들은 순응 자극에서 제시된 빨간색 혹은 녹색 점들의 밝기와 동일한 밝은 회색으로 제시되었다는 것을 제외하고는 실험 1의 검사자극과 차이가 없었다.

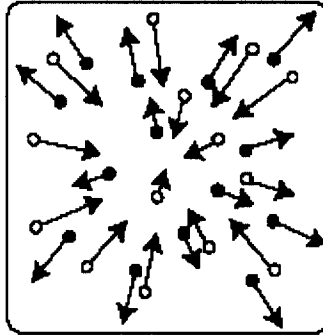


그림 4. 실험 2에 사용된 순운동 자극의 예. 검은 점과 흰 점은 각각 확장 패턴과 수축 패턴으로 운동하는 점들을 나타내며, 화살표의 방향과 길이는 각각 점들의 운동방향과 속도를 나타낸다. 동일 경로로만 운동하는 점들만으로 구성된 실험 1의 순운동 자극과는 달리, 실험 2에서는 반대 경로로 움직이는 두 무선점 패턴이 그림과 같이 중첩되어 있었으며, 실제 자극에서는 두 다른 경로로 운동하는 점들은 밝기는 동일하지만 다른 색으로 제시되었다.

**절차.** 확장 패턴에 주의를 준 조건과 수축 패턴에 주의를 준 조건들을 각각 독립적인 실험 블락으로 구성하여 각기 다른 날에 실시되었으며 각 조건의 제시 순서는 참가자마다 무선적으로 선정되었다. 각 시행은 시행의 준비를 알리는 응시점의 깜박임이 있는 후 관찰자가 컴퓨터 자판의 특정 키를 누름으로써 시작되었다. 한 실험 블락 내에서는 확장이나 수축 패턴 중 특정한 한 패턴에만 주의를 기울이도록 하였지만, 각 시행마다 주의를 주어야 할 패턴을 구성하는 점들의 색깔은 빨간색과 녹색 중에서 무선적으로 결정되었다.

순운동 자극이 6초간 제시된 후 응시점과 함께 검정색 화면이 500ms 동안 제시되었고, 그 후 600ms 동안 검사 자극이 제시되었다가 사라졌다. 검사자극의 신호 점의 비율은 항상법을 통해 변화되었는데, 예비 검사에서 얻어진 역치를 중심으로 신호점의 비율이 10% 간격으로 6 등급이 선정되었다. 각 시행에서는 6 등급의 신호 강도 중 하나가 무선적으로 선정되어 해당 자극의 신호 강도가 되었다. 실험의 한 블락에서 6 등급의 신호 강도에 따라 모두 10번의 반복 측정이 이루어졌으며 블락 내에서 각 시행들의 순서는 완전히 무선화

되었다. 각 패턴의 순운동 조건 당 적어도 두 블락의 실험이 실시되어 각 신호 강도의 시행 수는 최소 20회 이상이었고, 따라서 특정 패턴에 주의를 준 조건 당 최소 120회 이상의 시행이 이루어졌다.

관찰자들의 과제는 실험 1과 동일하게 검사 자극이 제시된 후 그 자극이 확장하는 패턴인지, 수축하는 패턴인지를 판단하여 자판의 해당 키를 누르는 것이었다. 관찰자들의 반응이 있는 후 약 3초 후에 다음 시행이 준비되었음을 알리는 응시점의 깜박임이 있었다.

#### 결과 및 논의

특정 패턴에 주의를 둔 후의 MAE를 실험 1과 동일한 방법을 이용하여 중성 점을 측정하였다. 확장이나 수축 패턴 중 한 패턴만이 순운동 자극으로 사용된 실험 1과는 달리 실험 2에서는 두 패턴이 중첩된 자극이 순운동 자극으로 사용되었다. 두 다른 방향의 운동 정보를 가진 자극을 보면 각 패턴의 운동 방향이 모두 지각되는 투명 운동(transparent motion)이 발생하지만, 이 자극에 순운동

되면 순응 자극의 운동 방향 각각에 대한 MAE가 발생되는 것이 아니라, 순응 자극의 운동 방향들의 벡터 합의 방향과 반대되는 방향으로 운동하는 패턴이 지각된다 (Mather, 1980; Verstraten, Frederickse & Van de Grind, 1994). 따라서, 본 연구와 같이 서로 반대 방향으로 운동하는 자극이 주어지면 각 운동 패턴에 대한 MAE는 상쇄되어 발생하지 않을 것을 가정할 수 있다. 따라서, 본 연구의 절차를 사용하여 MAE를 측정한다면 중성점이 0 부근에서 발견될 것을 예상할 수 있다. 그러나, 반대 방향으로 운동하는 두 패턴이 중첩된 자극에 순응되는 과정에서 특정 패턴에 선택적으로 주의를 둘 수 있다면, 주의를 둔 패턴의 활성화 수준이 더 높아지고, 결과적으로 주의를 둔 패턴에 해당되는 MAE가 지각될 것을 예상할 수 있다.

중첩된 두 패턴 중 어떤 패턴에 주의를 두었느냐에 따라 네 명의 관찰자로부터 얻어진 MAE들의 크기와 네 명의 관찰자에게서 얻어진 MAE의 평균이 그림 5에 제시되어 있다. 네 명의 관찰자로부터 얻어진 자료들 모두에서 MAE가 발생되었음을 알 수 있으며, 특히 어떤 패턴에 주의를 기울였는

냐에 따라 중성 점은 주의를 둔 패턴의 운동 방향과 동일한 방향으로 편파 되었다. 이것은 실험 1의 결과에서와 같이 MAE에서 발생된 가상적 운동 신호를 상쇄시킬 수 있는 실제 운동 신호의 크기로 MAE를 측정했기 때문에 발생한 것으로, 실제 MAE의 운동 방향은 주의를 둔 패턴의 운동 방향과 반대로 나타났음을 알 수 있다.

각 패턴에 주의를 두었을 때의 MAE 크기를 살펴본 결과 수축 패턴에 주의를 두었을 때의 MAE의 크기는 -17.4 %로서 확장 패턴에 주의를 두었을 때의 3.6% 보다 크게 나타나, 실험 1에서 발견된 순응 자극의 운동 방향에 따른 MAE 크기의 비대칭성을 다시 한번 확인하였으며 이러한 경향은 네 명의 관찰자의 결과에서 모두 확인되었다. 또한, 수축 패턴에서 발생된 MAE의 크기뿐만 아니라,  $t(3) = 6.18, p < .01$ , 확장 패턴에서 발생된 MAE의 크기도,  $t(3) = 4.46, p < .05$ , 주의가 주어지지 않았을 때 기대할 수 있는  $\alpha$ (MAE 발생하지 않음)보다 크게 나타나 주의를 준 패턴의 운동 방향과 무관하게 주의의 효과를 발견하였다.

특정 패턴에 주의를 주지 않고 순응했을 때 예

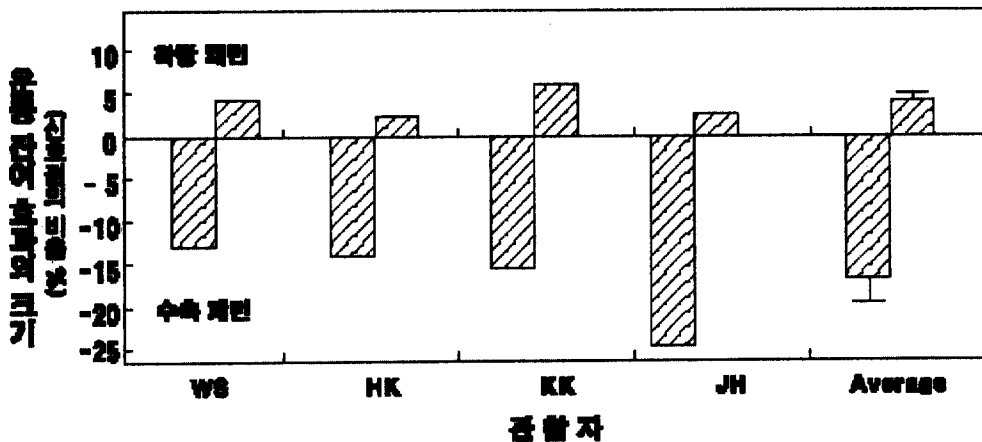


그림 5. 수축 패턴과 확장 패턴에 주의를 기울인 조건에서 얻어진 네 명의 관찰자의 자료와 이 자료의 평균이 제시되어 있다. 평균 그래프에서 오차막대는 네 명의 관찰자들의 자료에서 얻어진 표준오차에 해당된다. 수평선 위쪽과 아래쪽에 제시된 그래프 각각은 확장 패턴과 수축 패턴에 주의를 둔 조건에서 얻어진 자료들을 나타낸다.

상할 수 있는 MAE의 크기인 0을 기준으로 주의의 효과를 평가할 수도 있지만, 본 연구에서 선정된 두 조건 즉 확장 패턴에 주의를 둔 조건과 수축 패턴에 주의를 둔 조건에서의 MAE 차이를 주의의 효과로 삼을 수 있다. 두 조건간에 MAE 차이를 쌍별  $t$ -검정한 결과 통계적으로 매우 유의미한 것으로 나타났다,  $t(3) = 7.85, p < .01$ . 이는 공간적으로 동일한 위치에 제시된 자극 중에서 특정 방향으로 운동하는 자극에 주의를 선택적으로 부가할 수 있음을 보여준다.

실험 1에서 방사상 패턴 자체에 주의가 주어진 조건(수동 응시 조건)에서 나타난 MAE의 크기와 실험 2에서 수축, 확장 패턴에 각각 주의를 준 조건에서 나타난 MAE의 크기를 비교해 보면 순응 효과의 절대적 크기는 실험 2에서 더 작았다. MAE의 크기는 검사 자극이나 순응 자극의 밝기에 따라 달라지기 때문에(Keck, Pallela & Pantle, 1976), 실험 2에서 발견된 MAE의 절대적 크기가 실험 1의 그것보다 작게 나타난 것이 실험 2에 사용된 순응 자극의 밝기 수준이 실험 1에 사용된 그것보다 더 낮았기 때문으로 해석될 수도 있다. 그러나, 실험 2에서 사용된 순응 자극의 밝기가 실험 1의 그것보다 어두웠음에도 불구하고 실험 2에 사용된 검사 자극의 밝기와는 동일하였다. 순응 자극과 검사 자극의 밝기가 유사할 때는 밝기 수준의 절대적인 차이에도 불구하고 MAE의 크기는 유사하므로(Nishida, Ashida & Sato, 1997), 두 실험에서 발견된 MAE의 차이는 두 실험에서 사용된 자극의 밝기 차이 때문에 발생된 것이 아님을 알 수 있다.

실험 2에서는 관찰자들이 특정 패턴에 주의를 주도록 지시를 받았지만, 실험 1에서는 단지 순응 자극을 응시하도록 하였다는 사실을 고려해보면, 외현적으로 주의를 부과한 실험 2의 MAE가 수동적으로 응시한 실험 1의 MAE보다 작게 나타난 것은 주의가 순응과정에 영향을 준다는 사실과 합치

되지 않는 것처럼 보인다. 그러나, 각 조건에서 발견된 MAE의 절대적인 크기 차이는 주의의 차이를 반영한 것이 아니라 두 실험에서 사용된 자극의 차이 즉, 실험 1에서는 단일한 패턴이, 실험 2에서는 반대 방향으로 운동하는 두 패턴의 중첩된 자극이 순응 자극으로 사용하였기 때문에 발생한 것으로 설명할 수 있다. MAE는 국소 방향 선별적 운동 탐지기들과 이들 탐지기로부터 입력을 받는 비교기(comparator)로 구성된 두 단계 모형으로 설명된다(Barlow & Hill, 1963). 이러한 모형을 방사상으로 운동하는 패턴에 의한 MAE에 그대로 적용하면, 실험 1에서는 단일 운동 패턴이 순응 자극으로 주어졌기 때문에 하나의 운동 탐지기의 출력이 비교기에 입력되어 이로부터 운동 순응 효과가 발생될 것을 예상할 수 있다. 이와 달리 실험 2에서는 반대 방향으로 운동하는 두 패턴이 순응 자극으로 사용되었기 때문에 비교기에는 부호가 반대인 두 신호가 입력되어 서로 상쇄될 것을 예상할 수 있으므로, 이 모형은 반대 방향으로 운동하는 두 패턴을 순응 자극으로 사용한 경우 단일한 운동 패턴의 경우보다 순응 효과의 크기는 작아지거나 혹은 없어질 것을 예상한다.

비록 실험 2에서 발견된 운동 순응 효과의 절대적인 크기는 실험 1보다 작았지만, 주의의 효과는 실험 1보다 더 크게 나타났다. 실험 1에서 주의의 효과는 각 순응 자극의 운동 방향 별로 수동 응시와 분산 주의 조건에서 발견된 MAE의 차로 볼 수 있고, 실험 2에서의 주의의 효과는 각 패턴에 주의를 주었을 때에 발생된 MAE들간의 차이라고 볼 수 있다. 이에 따르면 실험 1에서 수축 패턴 조건과 확장 패턴 조건 각각의 주의의 효과는 14.6%, 3.9%로 나타나 평균 9.3%였지만, 실험 2에서의 주의 효과는 20.9%로 약 두 배 이상의 차이가 발생했다.

실험 1과 실험 2의 연구 방법에 따른 주의 효과의 차이는 이차원 평면상의 회전 운동(rotary

motion)과 깊이 상에서의 회전 운동(rotation-in-depth) 자극을 사용한 연구(Shulman, 1991, 1993)에서 발견된 주의 효과 차이와 유사하다. 그의 분류에 따르면, 실험 1에서와 같이 방해 과제가 부여되거나 부여되지 않은 두 조건간의 MAE를 비교함으로써 주의의 효과를 측정하는 연구 방안을 “방해 방안(distractor design)”이라 이름 붙였고, 실험 2에서와 같이 반대 방향으로 운동하는 두 패턴 중 하나에만 주의를 기울이게 한 후 두 조건에서 발견된 MAE 차이를 이용하여 주의의 효과를 측정하는 방안을 “대립 방안(opponent design)”이라 이름 붙였다. 그의 연구에서도 실험 1, 2에서 발견된 주의 효과의 차이와 유사하게 “대립 방안”이 “방해 과제 방안”보다 주의의 효과가 약 두 배정도 크게 나타남을 발견하였다. 본 연구의 결과는 Shulman(1991, 1993)의 결과와 더불어 대립 방안이 주의 효과를 발견하는 데 더 민감한 방안임을 보여준다.

### 종합 논의

실험 1에서는 숫자를 탐지하는 방해과제를 수행하면서 운동 자극에 순응된 조건의 MAE가 수동 응시 조건의 그것보다 상대적으로 미약함이 발견되었고, 실험 2에서는 확장 패턴과 수축 패턴이 중첩된 동일한 순응 자극이 두 주의 조건에 주어졌음에도 불구하고 두 패턴 중 어느 패턴에 주의를 기울였느냐에 따라 MAE가 발생하였으며 그 방향도 반대로 나타나 동일한 공간에 제시된 방사상 운동 자극들 중에서 특정 패턴에 선택적으로 주의가 주어질 수 있음을 확인하였다.

비록 실험 1에서 확장 패턴이 순응 자극으로 사용된 조건의 경우 순응 자극을 수동적으로 응시한 조건과 탐지 과제를 수행하면서 운동 자극에 순응한 조건들의 MAE간에 통계적으로 유의한 차이를 발견하지는 못했지만, 세 명의 관찰자의 결

과는 수동 응시 조건의 MAE가 탐지 과제를 수행한 조건에서의 MAE보다 크게 나타남이 뚜렷했다. 또한, 주의의 효과가 없었다면 MAE가 발생되지 않을 것을 예상할 수 있는 실험 2에서 수축 패턴 뿐만 아니라 확장 패턴에 주의를 둔 조건에서 얻어진 MAE도 주의를 둔 자극과 유의하게 반대방향으로 나타났다. 따라서, 실험 1에서 확장 패턴이 순응 자극으로 사용되었을 때 유의한 주의 효과를 발견하지 못한 결과로부터 확장 패턴의 처리과정은 주의에 의해 영향받지 않는 것으로 결론짓기는 어렵다. 오히려 확장 패턴에 대한 MAE의 절대적인 크기가 작았기 때문에, 탐지과제 조건과 수동 응시 조건에서 발견된 MAE들간에 유의미한 차이가 발생하지 않았을 가능성이 있다. 이러한 가능성은 전반적으로 확장 패턴 조건에서의 MAE가 수축 패턴 조건에서의 MAE보다 훨씬 작게 나타난 실험 1, 2의 결과나, 수축형보다 확장형 나선 운동 패턴에 대한 MAE의 크기가 작게 나타남을 보고한 이전의 연구결과(Bakan & Mizusawa, 1963; Reinhardt-Rutland, 1994; Scotte et al., 1966)에 의해서 지지 받을 수 있다. 확장 패턴이 순응 자극으로 주어진 조건에서 유의미한 주의 효과를 발견하지 못한 것이 MAE의 절대적인 크기가 작았기 때문에 발생된 것인지를 알아보기 위해서는 순응 자극과 검사자극의 밝기를 변화시키거나(Keck et al., 1966) 순응 자극의 제시 시간을 변화(Blakemore & Campbell, 1969)시키는 방법을 통해 수축 패턴에서 발견되는 MAE와 비슷한 크기의 MAE를 산출할 수 있는 자극을 사용하여 주의의 효과를 살펴볼 필요가 있다.

본 연구의 결과는 기존의 직선 운동(Lankheet & Verstraten, 1995; Raymond et al., 1998), 이차원 회전 운동(Shulman, 1993), 혹은 깊이 상에서의 회전 운동(Shulman, 1991) 등 여러 다양한 운동 자극을 사용한 연구에서 발견된 주의의 효과와 유사하게, 방사상 운동 패턴을 처리하는 기제도 주의에 의해 영향받을 수 있음을 보여준다. 특히, 운동 잔여 효

과를 중속 측정치로 사용함으로써 본 연구에서 발견된 주의의 효과는 방사상 패턴을 처리하는 기체의 활성화 수준이 변화되어 나타난 것임을 시사하는 것으로, Watanabe (1998) 등의 연구에서 발견된 MT 영역의 MRI 신호의 증가가 주의에 의해서 발생되었을 가능성을 지지한다.

운동 자극의 처리과정이 주의에 의해 영향 받는다는 본 실험이나 이전 연구들의 결과는 시각 탐색 실험에서 운동 속성이 전 주의적으로 처리된다는 결과(Treisman, 1985)와 어떻게 조화될 수 있을까? 다른 연구자들(Lankheet & Verstraten, 1995; Shulman, 1991)의 지적처럼 시각 탐색에서 '전 주의'란 초점 주의를 계열적 할당없이 병렬적으로 처리되는 것을 의미하지만, 본 실험이나 MAE를 이용하여 주의효과를 밝힌 연구 결과들은 운동 정보를 처리하는 기체 자체의 활성화 수준을 변화시키는 역할을 한다고 볼 수 있다.

어떤 사람들은 이 연구에서 밝혀진 방사 패턴의 지각과정에서의 주의 효과를 당연한 것으로 받아들일 수 있다. 왜냐하면, 방사 패턴과 같이 복잡한 운동을 탐지하는 신경 세포들은 수용장이 크며, 이 세포들은 국소 영역의 단 방향(uni-direction) 운동 부호들을 통합하여 복잡한 패턴에 반응할 수 있으므로(Lappe & Rauschecker, 1993; Warren & Saunders, 1995), 직선 운동에 대한 순응에서 발견된 주의효과(예를 들어, Lankheet & Verstraten, 1995; Raymond et al., 1998)로부터 곧바로 복잡 운동에 대한 순응 과정에서도 주의의 효과가 발생할 것을 예상할 수 있기 때문이다. 그러나 복잡 운동의 처리 과정은 직선 운동의 처리과정과는 다르다는 정신 물리학적 결과들이 있다. 예를 들어, 확장 패턴이나 회전 패턴의 탐지 역치가 직선 운동의 탐지 역치보다 낮고, 확장 운동의 탐지는 회전 운동이 제시되었을 때도 영향받지 않으며(Freeman & Harris, 1992), 시각장의 일부분에 확장이나 회전 패턴을 제시하여 순응시키는 경우 국소적으로 순응

자극이 제시되지 않은 영역에서도 MAE가 발생된다는 사실(Bex, Metha & Makous, 1999)은 직선 운동과 복잡한 운동은 서로 다른 기체에 의해서 처리됨을 시사하는 것이다. 따라서, 본 연구의 결과는 직선 운동 정보를 처리하는 기체와는 구별되는 방사상 운동 정보를 처리하는 기체도 주의에 의해 영향받을 수 있음을 보여준다.

실험 1과 실험 2에서 각기 다른 방법을 통해 주의의 효과를 측정함으로써 실험 2에서 사용된 '대립 방안'이 주의의 효과를 발견하는데 민감하다는 Shulman(1991, 1993)의 결과를 확인하였다. 특히, 본 연구의 두 실험에서 밝혀진 결과는 대립 방안의 또 다른 장점을 시사한다. 본 연구에서 사용된 방사상 패턴의 MAE와 같이 특정 방향으로의 편향성이 있는 자극의 경우 '방해 과제' 방안에서 적절한 변수를 발견하지 못하면 주의의 효과를 발견하지 못할 가능성(실험 1의 확장 패턴을 순응 자극으로 사용한 조건)이 있지만, 대립 방안의 경우는 이러한 가능성이 줄어든다.

방사상 패턴은 자동차를 운전하는 상황에서도 같이 실험실 바깥 실제 환경에서도 빈번히 직면할 수 있는 자극들이다. 특히, 확장 패턴에 오래 노출되면 확장 패턴에 대한 탐지 역치가 높아지고 물체에 충돌하기까지의 추정시간도 길어지게 되어(Gray & Regan, 1999), 고속도로에서 다른 차를 추월할 때 충돌 가능성이 증가할 것을 예측할 수 있다. 이러한 가능성은 운전 시뮬레이션을 이용한 실험에서 검증되었다(Gray & Regan, 2000). 그러나, 방사상 패턴을 처리하는 과정이 주의에 의해 영향받을 수 있다는 본 실험의 결과는 Gray 등의 일련의 연구(1999, 2000) 결과를 제한적으로 적용해야 함을 시사한다. 실제 운전 상황에서 일차적으로 주의를 두는 대상은 자신의 차 앞에서 진행중인 차, 자신의 차를 추월하는 차, 혹은 도로변에 있는 표지판 등이므로 확장 패턴 자체에는 상대적으로 주의가 덜 주어진다. 따라서, 확장 패턴 자체에 덜

주의를 기울이는 실제 주행 환경에서의 순응 효과의 크기는 Gray와 Regan(2000)의 실험실 연구에서 밝혀진 그것보다 더 작을 수 있다.

### 참고 문헌

- Anstis, S. M. (1986). Motion perception in the frontal plane: Sensory aspects. In Boff, K. R., Kaufman, L. & Thomas, J. P. (Eds). *Handbook of perception and human performance*. New York: John Wiley.
- Bakan, P. & Mizusawa, K. (1963). Effect of inspection time and direction of rotation and a generalized form of the spiral aftereffect. *Journal of Experimental Psychology*, 65, 583-586.
- Barlow, H. B. & Hill, R. M. (1963). Evidence for a physiological explanation for the waterfall phenomenon and figural aftereffects. *Nature*, 200, 1345-1347.
- Bex, P. J., Metha, A. B. & Makous, W. (1999). Enhanced motion aftereffect for complex motions. *Vision Research*, 39, 2229-2238.
- Blake & Hiris, (1993). Another means for measuring the motion aftereffect. *Vision Research*, 33, 1589-1592.
- Blakemore, C. & Campbell, F. W. (1969). On the existence of neurones in the human visual system selectively sensitive to the orientation and size of the retinal images. *Journal of Physiology*, 210, 727-750.
- Chaudhuri, A. (1990) Modulation of the motion aftereffect by selective attention, *Nature*, 344, 52-54.
- Cutting, J. E. (1986). Perception with an eye to motion. Cambridge, Mass. : MIT Press.
- Duffy, C. J. & Wurtz, R. H. (1991). Sensitivity of MST neurons to optic flow stimuli. I. A continuum of response selectivity to large-field stimuli. *Journal of Neurophysiology*, 65, 1329-1345.
- Duffy, C. J. & Wurtz, R. H. (1995). Response of monkey MST neurons to optic flow stimuli with shifted centers of motion. *Journal of Neuroscience*, 15, 5192-5208.
- Finney, D. J. (1971). Probit analysis. London: Cambridge University Press.
- Freeman, T. C., & Harris, M. G. (1992). Human sensitivity to expanding and rotating motion: effects of complementary masking and directional structure. *Vision Research*, 32, 81-87.
- Gandhi, S. P., Heeger, D. J., & Boynton, G. M. (1999). Spatial attention affects brain activity in human primary visual cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 96(6), 3314-3319.
- Gibson, J. J. (1979). The ecological approach to visual perception. Boston: Houghton Mifflin.
- Gogel, W. C. & Sharkey, T. J. (1989). Measuring attention using induced motion. *Perception*, 18, 303-320.
- Gray, R. (2000). Attentional modulation of motion-in-depth processing. *Vision Research*, 40, 1041-1050.
- Gray, R. & Regan, D. (1999). Adapting to expansion increases perceived time-to-collision. *Vision Research*, 39, 3602-3607.
- Gray, R. & Regan, D. (2000). Risky Driving Behavior: A consequence of motion adaptation for visually guided motor action. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and Performance*, 26(6), 1721-1732.
- Keck, M. J., Palella, T. D. & Pantle, A. (1976). Motion aftereffect as a function of the contrast of sinusoidal gratings. *Vision Research*, 16, 187-191.
- Koenderink, J. J. & Van Doorn, J. A. (1981). Exterospic component of the motion parallax field. *Journal of the Optical Society of America*, 71, 953-957.
- Lankheet, M. J. M & Verstraten, F. A. J. (1995). Attentional modulation of adaptation to two-component transparent motion. *Vision Research*, 35, 1401-1412.
- Lappe, M., Bremmer, F., Pekel, M., Thiele, A. & Hoffmann, K. P. (1996). Optic flow processing in monkey STS: a theoretical and experimental approach. *Journal of Neuroscience*, 16, 6265-6285.
- Lappe, M., & Rauschecker, J. P. (1993). A neural network for the processing of optic flow from ego-motion

- in higher mammals. *Neural Computation*, 5, 374-391.
- Mather, G. (1980). The movement aftereffect and a distribution-shift model for coding the direction of visual movement. *Perception*, 9, 379-392.
- Mollon, J. (1974). After-effects and the brain. *New Scientist*, Feb, 479-482.
- Nishida, S, Ashida, H. & Sato, T. (1997). Contrast dependencies of two types of motion aftereffect. *Vision Research*, 37, 553-563.
- Raymond, J. E. (1993). Movement direction analyzers: Independence and bandwidth. *Vision Research*, 33, 767-775.
- Raymond J. E., O'Donnell H. L., & Tipper, S. P. (1998) Priming reveals attentional modulation of human motion sensitivity, *Vision Research*, 38, 2863-2867.
- Redfern, M. S., & Furman, J. M. (1994). Postural sway of patients with vestibular disorders during optic flow. *Journal of Vestibular Research*, 4, 221-230.
- Redlick, F. P., Jenkin, M. & Harris, L. R. (2001). Humans can use optic flow to estimate distance of travel. *Vision Research*, 41(2), 213-219.
- Reinhardt-Rutland, A. H. (1994). Perception of motion in depth from luminous rotating spirals: directional asymmetries during and after rotation. *Perception*, 23, 763-769.
- Regan, E., & Gray, R. (2000). Visually guided collision avoidance and collision achievement. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(3), 99-107.
- Royden, C. S. & Hildreth, E. C. (1999). Differential effects of shared attention on perception of heading and 3-D object motion. *Perception and Psychophysics*, 61, 120-133.
- Scott, T. R., Lavender, A. D., WeWhirt, R. A., & Powell, D. A. (1966). Directional asymmetry of motion aftereffect. *Journal of Experimental Psychology*, 71, 806-815.
- Sekuler, R. & Pantle, A. (1967). A model for the aftereffects of seen movement. *Vision Research*, 7, 427-429.
- Shulman, G. L. (1991). Attentional modulation of mechanisms that analyse rotation in depth. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Human Performance*, 17, 726-737.
- Shulman, G. L. (1993) Attentional effects on adaptation of rotary motion in the plane, *Perception*, 22, 947-961.
- Somers, D. C., Dale, A. M., Seiffert, A. E., & Tootell, R. B. (1999). Functional MRI reveals spatially specific attentional modulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 96(4), 1663-1668.
- Taylor, M. M. (1963). Tracking the decay of the aftereffect of seen rotary movement. *Perceptual and Motor Skills*, 16, 119-129.
- Tanaka, K. & Saito, H. A. (1989). Analysis of motion of the visual field by direction, expansion/ contraction, and rotation cells clustered in the dorsal part of the medial superior temporal area of the macaque monkey. *Journal of Neurophysiology*, 62, 626-641.
- Treisman, A. (1985). Pre-attentive processing in vision. *Computer, Vision, Graphics and Image Processing*, 31, 156-177.
- Verstraten, F. A. J. & Fredericksen, R. E. & Van de Grind, W. A. (1994). Movement aftereffect of bi-vectorial transparent motion. *Vision Research*, 34, 349-358.
- Wann, J. P., Swapp, D. & Rushton, S. K. (2000). Heading perception and the allocation of attention, *Vision Research*, 40, 2533-2543.
- Warren, W. H., & Saunders, J. A. (1995). Perceiving heading in the presence of moving objects. *Perception*, 24, 315-331.
- Watanabe, Harner, Miyauchi, Sasaki, Nielsen, Palomo, Mukai, (1998) Task-dependent influences of attention on the activation of human primary visual cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 95(19), 11489-11492.
- Wohlgemuth, A. (1911). On the after-effect of seen movement. *British Journal of Psychology*, Monograph Supplement 1, 1-117.



## Attentional modulation of adaptation to radially moving pattern

Keetaek Kham

Center for Cognitive Science, Yonsei Univ.

Chan-Sup Chung

Dept. of Psychology, Yonsei Univ

We studied the effect of attention on the adaptation to radially moving pattern with use of motion aftereffect(MAE). In the first experiment, we investigate the effect of attentional distraction on adaptation to radial motion by measuring MAEs with and without the detection task for intermittently changing digits. We measured signal-to-noise ratio of a real motion signal in a random dot pattern, where nullify the directional bias induced by MAE. MAE was found to reduce when observers participated in an additional task during the adaptation. In the second experiment, we asked the observers to selectively attend to one of the two moving patterns consisting of expanding and contracting random dot patterns. Although the adapting stimulus was exactly the same in both conditions, the direction of MAEs was found to be different depending on which pattern the observer attend to. The results suggest that attention can modulate the activity of the mechanism responsible for radially moving pattern.

**Keywords** optic flow, selective attention, motion aftereffect

1 차 원고접수: 2001. 9. 17.

수정 원고접수: 2001. 11. 9.

최종 게재결정: 2001. 12. 23.