

반향 눈 운동 동안에 관찰되는 운동 자극의 3차원 경로 지각 왜곡*

이 형 철[†]

엘리 브레너

프랜스 코넬리슨

광운대학교 산업심리학과 에라스무스대학교 신경과학과 그로닝엔대학교 안과학 연구실

본 연구의 목적은 움직이는 대상의 3차원 경로가 반향 눈 운동에 의하여 체계적으로 왜곡되어 지각되는지를 규명하는 것이었다. 실험이 진행되는 동안에 피험자들은 깊이차원에서 움직이는 추적 점을 추적하면서 배경과 상이한 명도를 갖는 움직이는 대상의 윗부분과 아랫부분 중에서 피험자에게 가까운 쪽이 어느 쪽인지를 보고하였다. 피험자들은 움직이는 대상의 3차원 경로를 반향 눈 운동의 방향에 따라서 체계적으로 왜곡하여 지각하였으며, 움직이는 대상의 주위에 존재하는 참조대상은 3차원 경로지각 왜곡을 완벽하게 소멸시키지는 못하지만 3차원 경로지각의 왜곡정도를 감소시켰다. 이와 같은 실험결과는 우리의 시각체계가 반향 눈 운동에 의하여 발생하는 양안시차를 눈 위치 정보를 이용하여 적절하게 보정하지 못하며, 반향 눈 운동에 의해 발생한 양안시차를 보정하는데 참조자극 정보를 부분적으로 이용할 수 있음을 시사한다.

주요어 : 반향 눈 운동, 3차원 경로 지각, 지각 왜곡

* 이 논문은 2003년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음 (KRF-2003-042-H20004).

[†] 교신저자 : 이형철, 광운대학교 산업심리학과, 서울시 노원구 월계동 447-1

E-mail : hyung@kw.ac.kr

시각 시스템의 정보처리는 망막 상(retinal image)을 처리하는 것에서 시작되는데, 망막 상의 시공간적 특성은 외부세계에 존재하는 대상의 시공간적 특성뿐 아니라 유기체의 운동 및 눈 운동과의 상호작용에 의해 결정된다. 망막에 형성된 상이 외부세계의 시공간적인 특성과 눈 운동을 포함한 유기체의 운동특성에 의해 결정되기 때문에, 망막 상에만 의존해서는 외부세계의 시공간적 특성을 적절히 표상하는 것이 불가능하다. 따라서 시각체계는 외부세계의 시공간적 특성을 적절히 표상하기 위하여 망막 상과 유기체의 운동 특성을 동시에 고려하여야 한다. Helmholtz는 끊임없는 눈 운동에도 불구하고 우리의 시각체계가 망막 상 정보와 눈 운동 정보를 동시에 고려하기 때문에 외부세계의 공간적 특성을 안정적으로 표상하는 것이 가능하다고 제안하였다(Helmholtz, 1867/1925).

일상생활에서의 시각 경험에 의하면 역동적인 눈 움직임에도 불구하고 Helmholtz의 제안처럼 우리의 시각 체계가 망막 상과 눈 운동 정보를 모두 고려하기 때문에 외부세계의 공간적 특성을 안정적으로 표상하는 것처럼 보인다. 하지만, 추적 눈 운동 동안에 다양한 공간지각 왜곡이 발생한다는 연구가 지속적으로 보고 되어 왔다. 공간지각에 미치는 추적 눈 운동의 영향을 검증하기 위하여 다양한 실험 과제들이 이용되었는데, 추적 눈 운동 동안의 공간지각 연구 문제들을 분류하면 대략적으로 다음과 같다; 첫째, 추적 눈 운동 동안에 제시되는 정적인 배경이 움직이는 것으로 지각되는지를 검증하는 것(Ehrenstein, Mateef & Hohnsbein, 1986; Mack & Herman, 1973) 둘째, 추적 눈 운동 동안에 제시되는 운동 자극의 지각된 속도감에 추적 눈 운동이 영향을

주는지를 검증하는 것(Brenner & van den Berg, 1994) 셋째 순간적으로 제시되는 자극의 지각된 위치가 추적 눈 운동에 의해 영향을 받는지 검증하는 것(Brenner & Cornelissen, 2000; Mateef, Yakimoff & Dimirtrov, 1981; Mita, Hironaka & Koike, 1950), 넷째 추적 눈 운동 동안에 제시되는 2차원 모양의 지각에 추적 눈 운동이 영향을 미치는지를 검증하는 것(Li, Brenner, Cornelissen & Kim, 2002). 이상의 연구들은 시각 체계가 피험자가 수행하는 눈 운동을 고려하지 못하여 다양한 형태의 지각왜곡을 유발함을 보여 주었는데, 주목해야 할 것은 공간지각에 미치는 추적 눈 운동의 영향을 검증하도록 고안된 대부분의 실험 과제에서 피험자가 수행해야 하는 추적 눈 운동은 동향 눈 운동(conjugate eye movement)이라는 점이다.

일상생활에서 움직이는 대상은 관찰자의 앞에 놓여 있는 2차원 평면상(예를 들어 모니터)에서 움직이기도 하지만 깊이 차원에서 움직이기도 한다(관찰자에게 가까이 다가서거나 멀어지는 경우). 2차원 평면상에서 움직이는 대상을 추적하는 경우에는 두 눈이 같은 방향으로 움직이는 동향 눈 운동을 하지만, 깊이 차원에서 움직이는 대상을 추적하는 경우에는 두 눈의 움직이는 방향이 서로 반대인 반향 눈 운동(vergence eye movement 또는 disconjugate eye movement)을 한다. 동향 눈 운동과 반향 눈 운동은, 눈 운동을 유도하는 정보도 다르고 눈 운동을 주관하는 생리학적 기제 역시 동일하지 않은 것으로 알려져 있다(이에 대한 연구요약은 Mays(2003)를 참조). 눈 운동과 공간지각과의 관계에 대한 지금까지의 대부분의 연구는 추적 눈 운동이든, 도약 눈 운동 이든, 두 눈이 같은 방향으로 움직이는 경우에 제한 되어 진행되었는데, Li(2006)는 최근의 연구에

서 깊이 차원에서 움직이는 대상을 추적하는 반향 눈 운동 동안에 제시되는 평면의 3차원 경사가 왜곡되어 지각되는 현상을 보고하였다.

동향 눈 운동과 반향 눈 운동은 각기 상이한 메카니즘에 의해 통제될 뿐만 아니라, 동일한 물리적인 시각 자극을 동향 눈 운동을 하면서 관찰할 때와 반향 눈 운동을 하면서 관찰할 때에 각 눈 운동에 의해 망막에 형성되는 이미지에서 차이가 존재한다. Li (2006)는 반향 눈 운동 동안에 관찰되는 평면의 3차원 경사지각 왜곡을 검증하기 위하여 Li, Brenner, Cornelissen과 Kim (2002)에 의해 고안된 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 모양 자극을 사용하였다. 그림 1의 가)에 제시된 것처럼, 배경과 동일한 명도를 갖는 사각형 모양의 자극은 배경과의 명도 차이가 존재하지 않기 때문에 그 모양이 지각되지 않는다. 하지만, 배경과 상이한 명도를 갖는 막대 자극이 이 사각형 모양의 뒤를 지나 아래로 움직이면 이때 발생하는 중첩정보에 의하여 비로써 모양이 지각된다. 이 때 지각되는 사각형 모양은 일정 범위의 시간과 공간에 걸쳐서 발생하는 중첩정보에 의하여 정의된 것인데, 그림 1의 가)에 제시되어 있는 것처럼 오른쪽 방향으로 움직이는 추적 점을 관찰자로 하여금 추적하게 하면서 시공간에 걸쳐서 정의되는 모양 자극을 제시하면, 관찰자의 망막에 형성되는 자극의 모양은 그림 1의 나)처럼 왜곡되지만 (피험자가 추적 점을 성공적으로 추적하면, 추적 점은 망막의 중심좌에 맺히지만 중첩정보에 의해 형성되는 모양을 구성하는 부분 부분은 눈 운동에 따라서 망막에서 상대적으로 상이한 위치에 맺히게 되며 왜곡되는 양상은 눈 운동 방향에 따라서 체계적으로 변화한다), 왜곡되는 모양은 양쪽 눈의 망막에서 차이가 없

다. 흥미로운 것은, 동일한 물리적인 모양 자극을 양 쪽 눈에 제시하면서 깊이 차원에서 움직이는 추적 점을 관찰자로 하여금 추적하게 하면(그림 1의 다) 및 그림 1의 라)) 양쪽 눈에 맺히는 모양은 각기 상이한 방향으로 형성되며, 이는 그림 1의 나)의 상황과 같은 동향 눈 운동 동안에는 발생하지 않던 양안시차가 그림 1의 다)와 라)의 상황과 같은 반향 눈 운동에 의해 발생함을 의미한다. 추적점이 관찰자에게 다가오거나 멀어지는 경우에 눈 운동에 의해 유발된 양안시차의 방향 역시 상이하다. Li (2006)는 눈 운동을 하지 않을 때에는 피험자들이 제시되는 자극의 3차원 경사를 제대로 지각하지만, 반향 눈 운동을 하면서 관찰할 때에는 물리적인 경사와 상이하게 왜곡하여 지각하며 왜곡 양상은 반향 눈 운동의 방향에 따라서 체계적으로 변화함을 검증하였다. 반향 눈 운동에 의하여 양안시차가 유발되더라도 시각 체계가 눈 운동 정보를 이용하여 양안시차를 보정하면 시각 체계가 외부세계에 제시되는 모양의 경사를 제대로 지각하는 것이 이론적으로 가능하다. Li가 보고한 반향 눈 운동 동안에 관찰되는 체계적인 3차원 경사지각 왜곡은 우리의 시각 체계가 반향 눈 운동 동안에 의해 유발되는 양안시차를 적절히 보정하지 못함을 시사한다.

Li(2006)의 연구에 의하면, 반향 눈 운동이 없을 때에는 발생하지 않는 양안시차가 반향 눈 운동에 의해 발생하고, 반향 눈 운동 동안에 제시되는 모양의 3차원 경사가 왜곡될 수 있다는 것인데, 이는 실생활에서의 지각경험과 일치하지 않는 것처럼 보인다. Li의 연구결과가 실생활에서의 지각경험과 일치하지 않는 것처럼 보이는 가장 큰 이유는 Li의 연구에서 사용된 시공간적인 중첩패턴에 의해서만 정의

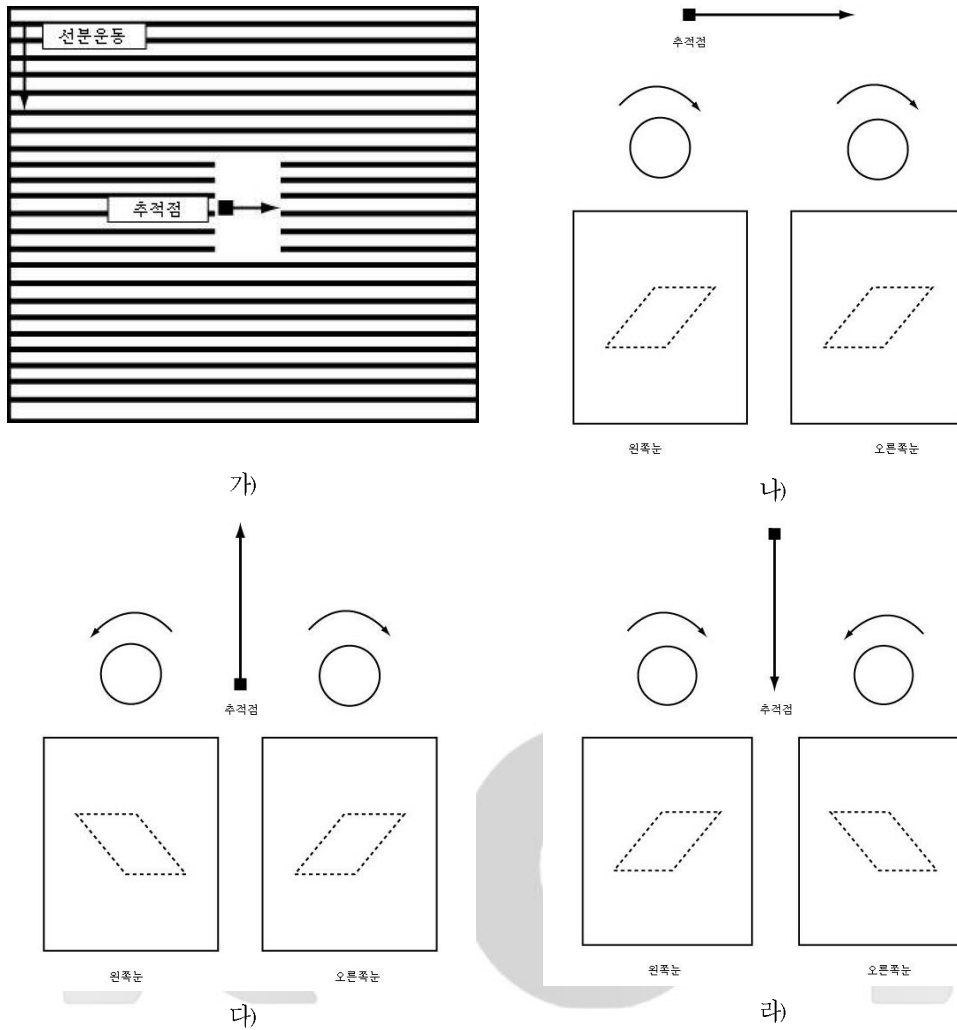


그림 1. Li (2006)의 연구에 사용된 기본자극 (가)과 이 자극을 동향 눈 운동을 하면서 관찰할 때 망막에 형성되는 상 (나)과 반향 눈 운동을 할 때 망막에 형성되는 상 (다, 라). 나 는 가 와 같이 시공간적인 중첩정보에 의해 제시되는 모양자극을 오른쪽으로 움직이는 추적점을 추적하면서 관찰할 때 망막에 형성되는 상을 나타내며, 다 는 동일한 자극을 관찰자에게서 멀어지는 추적점을 관찰할 때 망막에 형성되는 상을, 그리고 라 는 관찰자에게 접근하는 추적점을 추적할 때 망막에 형성되는 상을 나타낸다.

되는 모양자극이 일상생활에 거의 존재하지 않기 때문이다. Li는 우리의 시각체계가 반향 눈 운동에 의해 유발된 양안시차를 눈 운동 정보를 이용하여 보정하지 못할 것이라고 제

안하였는데, 만약, 반향 눈 운동 동안에 관찰 되는 3차원 경사지각 왜곡이 Li가 사용한 자극에만 국한하여 발생한다면 이러한 Li의 제안은 제한점을 갖는다. Li의 연구에 사용된 시

공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 모양자극은 특별한 주관적인 윤곽 (subjective contour) 정보처리, 중첩정보처리 및 시각 기억 기제에 의해 처리될 것으로 기대되는데, Li가 보고한 반향 눈 운동 동안의 3차원 경사지각 왜곡이 이와 같은 특수한 상황에서만 관찰된다면 반향 눈 운동에 의해 유발되는 양안시차가 일반적으로는 우리의 시각기제에 의해 보정되지 않지만 이와 같은 특수한 상황에 국한하여 보정되지 않을 가능성이 있다.

본 연구의 목적은 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 모양 자극 이외의 일상생활에서 접할 수 있는 자극 상황에서 반향 눈 운동에 의해 양안시차가 유발되고 3차원 공간지각 왜곡이 발생하는지를 규명함으로써, 궁극적으로 반향 눈 운동에 의해 유발된 양안시차가 시각체계에 의해 적절히 보정되지 않을 가능성을 검증하는 것이다. 이를 위하여 두 가지 실험이 수행되었는데, 실험 1은 피험자로 하여금 반향 눈 운동 동안에 제시되는 배경과 상이한 명도를 갖는 대상의 운동 경로에 대한 3차원 깊이 판단을 하게 함으로써 반향 눈 운동 동안에 3차원 경사지각 왜곡이 발생하는지를 검증하였고 실험 2는 반향 눈 운동 동안에 발생하는 움직이는 대상의 3차원 경로지각 왜곡에 미치는 참조자극의 영향을 검증하였다.

실험 1. 반향 눈 운동 동안에 제시되는 운동자극의 3차원 경로지각 왜곡

실험 1의 목적은 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 운동자극의 3차원 경로에 대한 지각이 반향 눈 운동에 의하여 왜곡되는지를 규명하는 것이었다. 이를 위하여 실험 1에서는 배경과 상이한 명도를 갖는 대상을 수직방향으

로 움직이게 하면서 피험자로 하여금 이 대상의 경로가 3차원 공간에서 갖는 경사를 판단하도록 하였다.

방 법

참가자 5명의 피험자가 실험에 참여하였다. 모든 피험자들은 정상 또는 정상 교정시력을 지녔으며 정상 입체시를 지녔다.

자극 회색의 배경화면과 상이한 명도를 갖는 0.68 deg X 0.68 deg 크기의 흰색 사각형 점을 14.2 deg/sec의 속도로 수직방향으로 움직이도록 Psychophysics Toolbox(Brainard, 1997; Pelli, 1997) 및 Matlab 프로그램과 Power Macintosh로 구현하여 17" eMac 모니터(1024X768, 75Hz)에 제시하였다. 피험자의 반향 눈 운동을 유도하기 위하여 0.68 deg X 0.68 deg 크기의 적색 사각형 점이 평균적으로 1.94 deg/sec의 속도로 피험자에게 다가오거나 멀어지도록 하였다.

반향 눈 운동 동안에 제시되는 움직이는 대상의 3차원 경로 지각을 측정하기 위하여 추적점이 깊이 차원에서 움직이도록 구현하는 것이 중요한데, 이를 위하여 실험자극은 입체 자극(stereogram)으로 제시하였다(그림 2 참조). 수직 방향으로 움직이는 목표대상은 아래에서 위로 움직이거나 위에서 아래로 움직이도록 하였으며, 목표대상의 움직임 출발점과 종착점이 -0.28도, 0도 또는 0.28도 의 화면시차¹⁾를

1) 두 눈의 망막에 형성된 대상의 위치차이, 즉 양안시차와 구별하기 위하여 화면상에서의 대상의 위치차이를 화면시차로 명명하였다. 깊이차원에서 움직이는 대상을 추적하는 동안에 제시되는 역동적인 자극은 화면시차와 양안시차가 다를 수 있으므로 화면시차와 양안시차를 구별하였다.

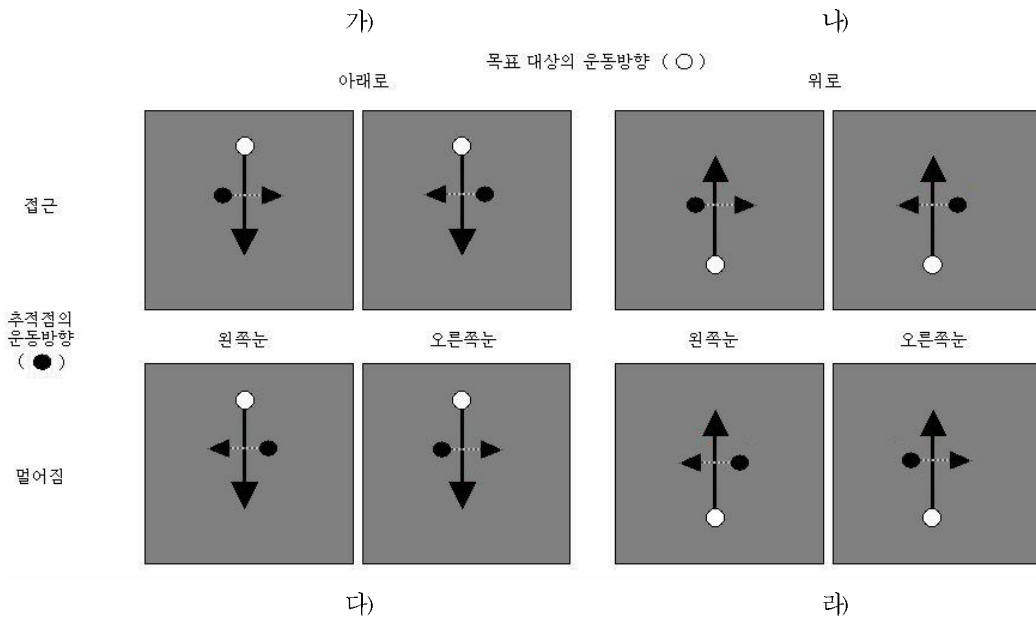


그림 2. 실험 1에 사용된 자극의 개념도. 흰점은 피험자가 3차원 경로 경사를 판단해야 할 목표대상으로써 아래 (가와 다) 또는 위 (나와 라) 방향으로 움직이고 검은 색 점은 피험자가 추적해야 할 추적 점으로써 피험자에게 접근하거나 (가와 나) 멀어짐 (다와 라). 실제 실험에서 목표대상 운동 경로의 시작점과 종착점은 -0.28° , 0° 또는 0.28° 의 화면시차를 갖도록 하였으나, 제시된 그림은 0° 의 화면시차를 갖는 경우만을 나타낸 것이다.

갖도록 조작하였다. 화면시차가 0인 경우에는 수직방향으로 위 또는 아래로 목표대상이 움직였고, -0.28° 및 0.28° 인 경우에는 화면에서 경사지게 위 또는 아래로 움직였으며 이때, 출발점과 종착점간의 화면시차를 계산하면 -0.28° 또는 0.28° 이 되었다. 그림 2는 목표대상 운동 경로의 출발점과 종착점이 0° 의 화면시차를 갖는 경우의 자극 상황을 개념화한 것이다. 그림 2의 가)와 나)는 추적점이 피험자에게 접근하는 경우를, 다)와 라)는 멀어지는 경우를 나타내고, 그림 2의 가)와 다)는 목표대상이 아래로, 그리고 나)와 라)는 목표대상이 위로 움직이는 경우를 나타낸다. 화면시차가 부적인 것은 자극을 관찰하면서 깊이차원에서 움직이는 추적 점을 추적 하지 않을 때 목표대

상의 움직임 경로에서 아래가 위보다 피험자에게 더 가까운 경우이며 정적인 것은 위가 아래보다 피험자에게 더 가까운 경우이고, 0° 은 목표대상의 경로가 피험자와 평행한 경우이다. 추적 점은 깊이 차원에서 움직이는 목표대상의 경로 중앙을 중심으로 피험자에게서 멀어지거나 가까이 다가서도록 하였는데, 추적 점이 깊이 차원에서 움직인 양은 화면시차로 0.51° , 0.79° , 1.08° 이었다²⁾. 추적 점은 목표대상이 운동하는 경로 중간 부위를 깊이 차원에서 양분하여 움직이도록 조작하였는데,

2) 추적점의 움직인 양이 화면시차로 0.51° , 0.79° , 1.08° 이었을지라도, 피험자가 추적점을 완벽하게 추적하였다면 추적점은 양쪽 망막의 중심부에 형성되어 양안시차는 0° 이 될 것이다.

추적점이 피험자에게 접근하는 경우에는 목표 대상이 출발하는 지점보다 멀리서 출발하여 종착 지점보다는 피험자에게 가까웠으며 추적 점이 피험자에게서 멀어지는 경우는 이와 정 반대가 되었다. 추적 점이 움직인 양을 조작 한 이유는 추적 눈 운동의 양이 3차원 경로 시각에 미치는 영향을 검증하기 위한 것은 아니었다. 눈 운동의 양이 커지면 Li(2006)가 제안한 “눈 운동에 의해 유발된 양안시차”의 양이 커져서 두 눈의 이미지가 이중상으로 보일 가능성이 높아지고 3차원 경사 판단에 어려움이 발생할 가능성이 높다. 실험을 수행하기 전에 피험자의 적절한 판단을 유도할 수 있는 반향 눈 운동의 양을 결정할 수 없어서, 넓은 범위의 세 가지 눈 운동의 양을 포함하였다. 피험자가 추적 점을 완벽하게 추적하였다고 가정할 때(즉, 추적점이 항상 피험자의 중심 위에 맺혔다고 가정할 때), 목표대상의 운동 방향 및 운동 경로 화면시차 그리고 추적 점의 운동방향과 운동량에 대응하는 화면시차에 따

라서 목표대상이 피험자의 망막에 형성하는 양안시차의 양을 표 1에 제시하였다.

그림 3은 목표대상의 운동 경로가 0의 화면 시차를 갖는 경우에 목표대상의 운동 방향과 추적 점의 운동방향(즉 반향 눈 운동의 방향)에 따라서 망막에 형성되는 양안시차의 방향을 개략적으로 표시한 것이다. 그림 3의 가), 나), 다) 및 라)는 목표대상 경로의 화면시차가 0인 경우에 목표대상의 운동 방향과 추적 점의 운동방향에 따라서 망막 상과 시각체계가 눈 운동 정보를 이용하여 눈 운동에 의해 유발된 양안시차를 적절히 보정하지 못하였을 때 예상되는 피험자가 지각하게 될 목표대상의 3차원 경로이다. 예를 들어, 피험자에게 접근하는 추적 점을 추적하는 반향 눈 운동 동안에 목표대상이 위에서 아래로 움직이면, 피험자의 좌/우 망막에는 그림 3의 가)와 같은 이미지가 형성되고 만약, 시각체계가 눈 운동 정보를 이용하여 이와 같은 망막 상을 적절히 보정하지 못하면 피험자는 이와 같은 조건에

표 1. 피험자에게 접근하거나 멀어지는 추적점을 피험자가 완벽하게 추적하였다고 가정할 때 목표대상의 운동방향 화면시차와 추적 점의 운동방향/화면시차에 따라서 망막에 형성되는 목표대상의 양안시차.

추적점의 운동방향 및 화면시차		목표대상의 운동방향						
		아래로			위로			
		목표대상의 화면시차			목표대상의 화면시차			
		-0.28	0	0.28	-0.28	0	0.28	
접근	추적점	0.51	0.23	.51	.79	-0.79	-0.51	-0.23
	화면	0.79	.51	0.79	1.07	-1.07	-0.79	-0.51
	시차	1.08	0.8	1.08	1.36	-1.36	-1.08	-0.8
멀어짐	추적점	0.51	-0.79	-0.51	-0.23	0.23	0.51	0.79
	화면	0.79	-1.07	-0.79	-0.51	0.51	0.79	1.07
	시차	1.08	-1.36	-1.08	-0.8	0.8	1.08	1.36

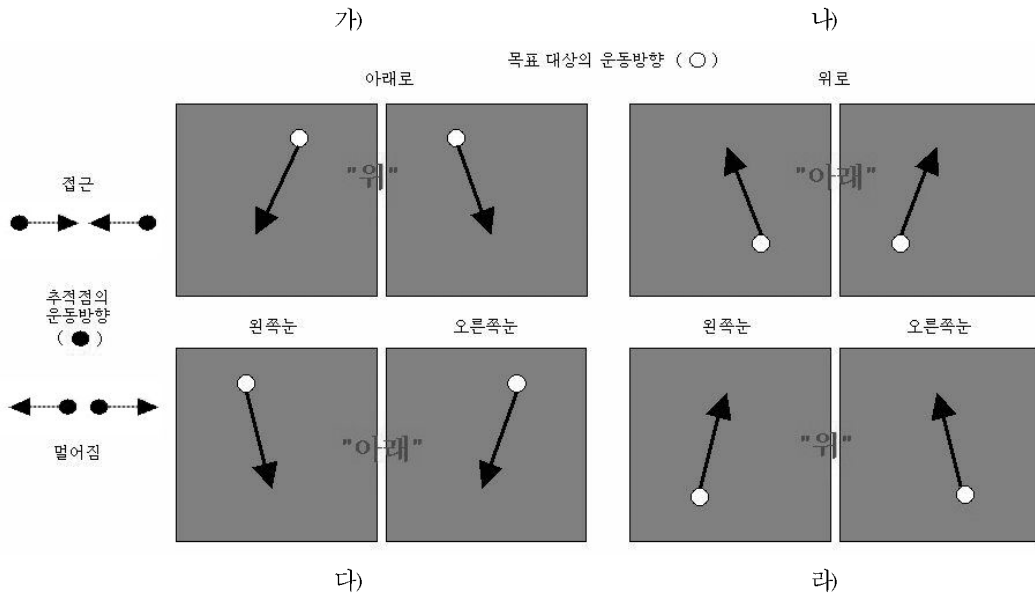


그림 3. 피험자가 0의 화면시차에 해당하는 경사를 갖고 위 또는 아래로 움직이는 목표대상을 관찰하면서 피험자에게 접근하거나 멀어지는 추적 점을 성공적으로 추적하였다 가정할 때 피험자의 망막에 형성되는 이미지와 예상되는 피험자의 반응(회색 "위" 또는 "아래"). 그림 2의 가), 나), 다), 라) 자극이 화면에 제시되는 동안에 피험자가 깊이 차원에서 움직이는 추적 점을 성공적으로 추적하게 되면, 추적 점은 피험자의 중심와에 맞고 목표대상의 출발점과 종착점은 추적 점을 중심으로 상대적으로 상이한 위치에 상을 형성하게 되고, 가), 나), 다), 라)는 각 상황에서 피험자의 망막 상을 나타낸다.

서 목표대상의 윗부분이 아랫부분보다 피험자에게 더 가까이 있다고 지각할 것이다. 만약 추적점이 완벽하게 추적된다면 목표대상의 경로가 -0.28 도 또는 0.28 도의 화면시차를 갖는 상황에서도 추적 점의 운동량이 0.51 도, 0.79 도, 1.08 도로 목표대상 운동 경로의 화면시차보다 크기 때문에 이 때의 양안시차 역시 목표대상 운동 경로의 화면시차가 0 인 상황을 나타낸 그림 3에 표시된 것과 같은 형태 그대로 유지될 것이다. 왜냐하면, 눈 운동에 의해 유발된 양안시차는 깊이 차원에서 움직이는 추적 점을 추적하는 눈 운동량에 의해서 결정될 것인데, 만약, 목표대상 운동 경로의 화면

시차가 추적 점의 운동량에 대응하는 화면시차보다 작다면, 최종적으로 피험자의 망막에 형성될 목표대상 운동경로의 양안시차의 방향은 눈 운동 방향에 의해 결정될 것이기 때문이다. 전체자극은 70 프레임으로 구성되었으며 총 자극제시 시간은 786msec 이었다.

절차 실험은 컴퓨터 모니터의 불빛만 존재하는 실험실에서 수행되었다. 피험자가 수행해야 할 과제에 대하여 소개 받은 후 피험자들은 컴퓨터 모니터 앞에 앉았으며, 입체경을 이용하여 왼쪽 영상과 오른쪽 영상 자극을 자연스럽게 관찰할 수 있도록 예비 자극(좌우 영상

중앙에 제시된 십자 무늬)을 이용하여 입체경을 조절하였다. 실험 준비가 끝난 피험자가 스페이스 바를 누르면 빨간색 추적 점이 정지 상태로 제시되고 다시 피험자가 스페이스 바를 누르면 추적 점이 피험자에게로 다가오거나 피험자에게서 멀어졌으며 피험자들은 이 추적 점을 추적하였다. 추적 점이 움직일 때 동시에 목표대상이 수직 방향으로 움직였다. 추적 점과 목표대상이 화면에서 사라지면 피험자는 목표대상이 움직인 경로의 위 부분이 아래 부분보다 상대적으로 피험자에게 가까웠는지 아니면 경로의 아래 부분이 위 부분보다 가까웠는지를 컴퓨터의 “1”과 “2” 버튼을 이용하여 보고하였다. 피험자의 보고가 끝나면 다시 고정된 빨간색 추적 점이 자동으로 제시되고 피험자는 스페이스 바를 눌러 다음 시행을 수행하였다. 피험자와 모니터 사이의 거리는 30cm 이었다.

하나의 세션은 총 360회의 시행으로 구성되었다. 목표대상의 움직임 방향 2 (아래로, 위로) X 목표대상 경로의 화면시차 3 (-0.28도, 0도, 0.28도) X 추적 점의 운동 방향 2 (피험자에게 접근하기, 멀어지기) X 추적 점 경로의 화면시차 3 (0.51도, 0.79도, 1.08도) X 반복 10회 = 360회. 각 피험자는 눈 운동 조건 세션을 네 번 반복하여 측정 받았다.

결과 및 논의

네 번의 반복 측정 데이터 중에서 첫 번째 측정은 연습으로 간주하여 결과 분석에서 제외하고 나머지 3회 반복 측정 결과를 분석하였다. 그림 4는 목표대상의 운동 방향과 목표대상 경로의 출발점과 종착점이 갖는 화면시차 그리고 추적 점의 운동 방향에 따라서 목

표대상 운동 경로의 윗부분이 아랫부분보다 피험자에게 가까이 있는 것으로 지각한 비율을 나타낸다. 세 가지 추적 점의 운동량에 따라서 지각된 3차원 경로에 미약한 차이가 존재하였으나, 추적 점의 운동량 자체가 연구 관심사는 아니었고, 세 가지 추적 점의 운동량에 따른 3차원 경로지각에서의 패턴은 유사하였기에 세 가지 운동량에 대한 결과를 통합하여 분석하였다. 그림 4(가) 및 (나)의 Y축에서 50% 반응률은 피험자의 과제가 2AFC인 상황에서 목표대상이 피험자와 평행하게 움직인 것으로 지각한 것을 의미하며, 50% 미만의 반응률은 목표대상 경로의 아랫부분이 윗부분보다 피험자에게 가까이 있는 것으로 지각한 것을 의미하며 50% 이상의 반응률은 윗부분이 아랫부분보다 피험자에게 가까이 있는 것으로 지각하였음을 의미한다. 그림 4의 그래프에서 확인할 수 있듯이, 목표대상의 실제 화면시차 또는 3차원 경로와 관계없이, 목표대상의 지각된 3차원 경로는 목표대상의 운동 방향과 추적 점의 운동 방향(즉 반향 눈 운동의 방향)에 의하여 결정되었다.

목표대상이 아래로 움직일 때(그림 4의 가) 목표대상의 3차원 경로에 대한 지각은 실제 목표대상 운동의 3차원 경로에 대한 직접적인 정보인 목표대상 운동경로의 화면시차보다는 추적 점의 운동 방향, 즉 두 눈의 운동 방향에 의하여 결정되었으며, 목표대상이 위로 움직이는 경우도 마찬가지였다(그림 4의 나). 목표대상의 화면시차가 정적인 경우에는 목표대상의 운동 경로의 윗부분이 아랫부분보다 물리적으로 피험자에게 가까우며 부적인 경우에는 아랫부분이 윗부분보다 피험자에게 가깝다. 깊이 차원에서 움직이는 추적 점을 성공적으로 추적하였다고 가정할 때 망막에 형성될 목

표대상 운동경로의 양안시차와 함께, 눈 운동에 의해 유발된 양안시차가 눈 위치정보를 이용하여 적절히 보정되지 못할 경우의 예상되는 목표대상의 운동 경로에 대한 지각을 그림 3에 제시하였다. 그림 3에 의하면 목표대상이 아래로 움직이고 피험자에게 근접하는 추적점을 추적하는 경우에 눈 운동에 의해 유발된 양안시차가 적절히 보정되지 않으면 목표대상 운동 경로의 윗부분이 아래부분보다 피험자에게 가까운 것으로 지각할 것으로 예상되는데, 실제 이 조건에서 피험자들은 윗부분이 아래부분보다 피험자에게 더 가까운 것으로 지각하였으며, 그림 3의 다른 상황에서의 예상 역시 실험 1의 결과로 지지되었다(그림 4 참조). 따라서 실험 1의 결과는 눈 운동 동안에 유발된 양안시차가 시각 체계에 의해 적절히 보정되지 못하여 목표대상의 3차원 경로가 체계적

으로 왜곡되어 지각되었음을 시사한다. 그림 4에서 목표대상의 화면시차가 정적인 경우에 목표대상 운동경로의 윗부분이 피험자에게 가깝다고 보고한 것과 화면시차가 부적절한 경우에 아랫부분이 피험자에게 가깝다고 보고한 것은 엄밀하게 보면 경로지각 왜곡은 아니다. 하지만 이 경우 역시, 시각체계가 눈 운동에 의해 유발된 양안시차를 눈 운동 정보로 적절히 보정하였기 때문에 올바른 지각을 한 것은 아니고 단지 이 조건에서 눈 운동에 의해 유발된 양안시차와 원래 목표대상 운동 경로의 화면시차의 방향이 일치하기 때문인 것으로 판단된다(표 1 참조). 표 1에서 굵은 글씨체로 표시된 눈 운동에 의해 유발된 양안시차 부호는 목표대상 운동 경로의 화면시차와 부호가 동일하며 이 조건들에서 피험자들의 3차원 경로지각은 실제 목표대상 운동 경로의 화면시

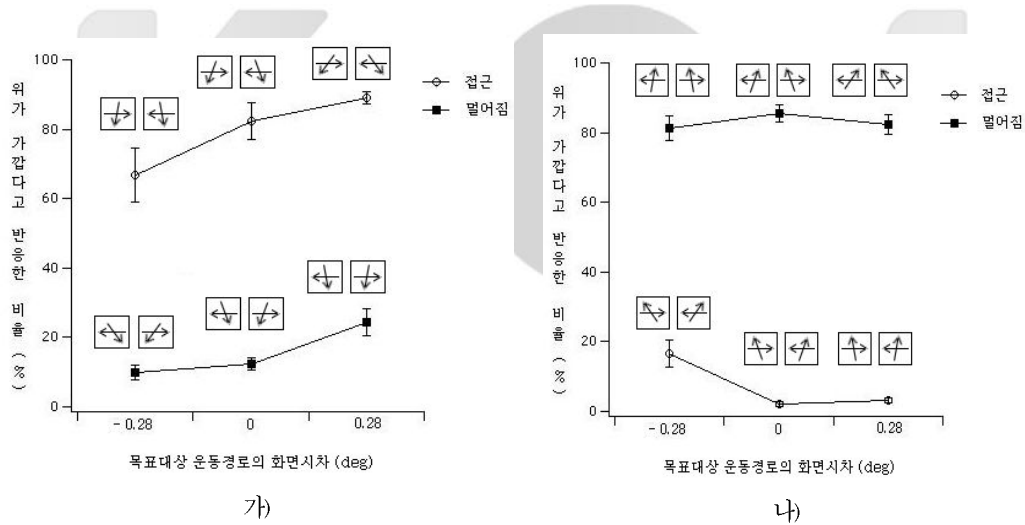


그림 4. 실험 1의 결과: 피험자에게 접근하거나 멀어지는 추적점을 추적하면서 -0.28° , 0° 또는 0.28° 의 화면시차에 해당하는 경사를 갖고 아래(가) 또는 위로(나) 움직이는 목표대상을 관찰할 때 목표대상 경로의 위가 아래보다 피험자에게 가깝다고 보고한 비율. 화면시차가 정적일 때 위라고 반응하는 것과 부적일 때 아래라고 반응하는 것은 자극의 경사를 옳게 지각한 것이지만 그 외의 것은 모두 경사지각 왜곡에 해당한다. 그림에서 각 데이터 위에 표시된 그림은 -0.28° , 0° , 0.28° 의 화면시차를 갖는 목표대상의 움직임 (그림에서 위, 아래로 표시된 화살표)이 눈 운동 수평 방향 화살표에 의해 생성하는 양안시차를 나타낸다. 위, 아래로 표시된 화살표의 기울기는 표 1에서 계산된 양안시차의 절대값에 비례한다.

차 방향과 일치하였다(그림 4 참조).

Li (2006)는 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의된 배경과 동일한 명도를 갖는 모양이 반향 눈 운동 동안에 제시되면 눈 운동에 의해 양안시차가 유발되고 피험자가 목표대상의 경사를 왜곡하여 지각한다는 것을 보여 주었다. 실험 1의 목적은 Li의 제한된 상황에서 관찰된 경사지각 왜곡이 실제 생활에서 접할 수 있는 일반적인 자극 상황에서 관찰되는지를 규명하는 것이었다. 반향 눈 운동 동안에 제시되는 배경과 상이한 명도를 갖는 움직이는 대상의 운동 경로에 대하여 눈 운동에 의해 유발된 양안시차가 존재하는데 실험 1은 눈 운동에 의해 유발된 양안시차가 존재하는 경우에 움직이는 목표대상의 3차원 경로를 피험자가 왜곡하여 지각함을 규명하였다. 이러한 실험결과는 Li의 연구에서 관찰된 반향 눈 운동 동안의 경사지각 왜곡이 Li의 연구 상황에 국한된 것이 아니며 반향 눈 운동 동안에 제시되는 역동적인 자극에서 관찰될 수 있는 일반적인 지각 왜곡 현상임을 시사한다.

반향 눈 운동 동안에 관찰된 3차원 경로 지각 왜곡이 반향 눈 운동 동안에만 발생하는지 아니면 눈 고정 조건에서도 발생하는지를 검증하기 위하여 피험자로 하여금 화면에 주어진 고정점을 응시하면서 제시되는 움직이는 목표대상의 3차원 경로를 보고하도록 하였다. 목표대상은 눈 운동 조건에서의 자극과 동일하였으며, 추적 점 대신에 목표대상의 경로 중앙에 0.68 deg X 0.68 deg 크기의 적색 사각형이 고정 점으로 제시되었다. 눈 고정 조건 세션은 총 40 회의 시행으로 구성하였다: 목표대상의 움직임 방향 2(아래로, 위로) X 목표대상 경로의 화면시차 2(-0.28도, 0.28도) X 반복 10회 = 40회. 각 피험자는 눈 고정 조건

세션을 네 번 반복하여 측정 받았다. 그림 5는 눈 고정 조건에서 목표대상이 움직이는 방향과 목표대상 경로의 화면시차에 따라서 목표대상 경로의 윗부분이 아랫부분보다 피험자에게 가깝다고 보고한 비율을 나타낸다. 목표대상의 움직임 방향과 양안시차의 방향에 따라서 경로의 윗부분이 아랫부분보다 피험자에게 가깝다고 보고한 비율이 조금씩 달랐으나 전반적으로 목표대상의 물리적인 3차원 경로와 일치하게 목표대상의 3차원 경로를 지각하였다: 물리적으로 목표대상 경로의 윗부분이 아랫부분 보다 피험자에게 가까운 경우(화면시차 0.28도 조건)에 목표대상 경로의 윗부분이 아랫부분보다 피험자에게 가깝다고 보고한 비율이 95% 이상이었으며, 그 반대인 조건에서 목표대상 경로의 윗부분이 아랫부분보다 피험자에게 가깝다고 보고한 비율은 10% 미만이었다. 이와 같은 실험 결과는 눈 고정조

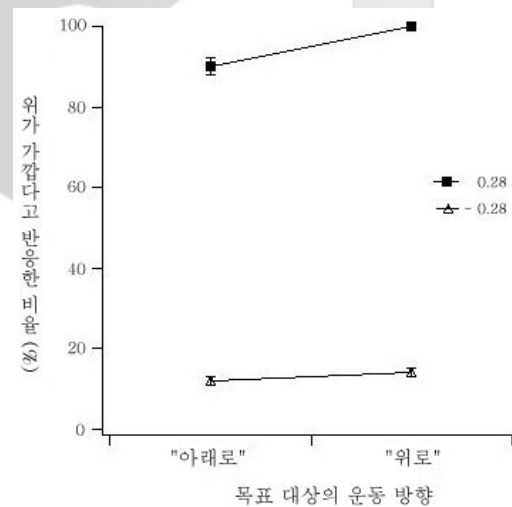


그림 5. 실험 1에서의 눈 고정 조건에서의 결과. 목표대상 경로의 화면시차가 정적일 때에는 검은 색 사각형) 경로의 위가, 그리고 화면시차가 부적일 때에는 흰 색 삼각형) 아래가 피험자에게 더 가깝다고 올바르게 보고하였다

건 동안에는 목표대상의 물리적인 경로와 일치하게 목표대상의 3차원 경로를 제대로 지각하지만, 반향 눈 운동 동안에는 눈 운동에 의해 유발된 양안시차를 시각체계가 눈 운동 정보를 이용하여 제대로 보정하지 못하고 망막에 형성된 양안시차와 일치하게 목표대상의 3차원 경로를 왜곡하여 표상함을 시사한다.

실험 2: 참조 자극이 반향 눈 운동 동안에 관찰되는 3차원 경로지각 왜곡에 미치는 영향

실험 1의 결과에 의하면 배경과 상이한 명도를 갖는 움직이는 대상의 3차원 경로가 반향 눈 운동 동안에 체계적으로 왜곡되어 지각된다. 실제 생활에서 우리는 반향 눈 운동을 하는 동안에 움직이는 대상의 3차원 경로 지각 왜곡을 의식하지 못한다. 실험 1의 결과와 실제생활에서의 지각경험이 일치하지 않는 이유는 여러 가지가 있을 수 있는데 한 가지 가능성은 실제생활에서는 움직이는 대상 주위에 다양한 참조자극이 존재하지만 실험 1의 자극 상황에서는 참조자극이 존재하지 않았다. 또 다른 가능성은 반향 눈 운동 동안에 발생하는 움직이는 대상의 3차원 경로 지각 왜곡의 양이 크지 않아 특별한 주의를 기울이지 않은 경우에 경로지각의 왜곡을 의식하지 못할 수 있다. 실험 2의 목적은 움직이는 대상 주위에 존재하는 참조 자극이 반향 눈 운동 동안에 발생하는 경로 지각의 왜곡을 감소시키거나 소멸시키는지를 검증하는 것이다.

방 법

참가자 5명의 피험자가 실험에 참여하였다. 모든 피험자들은 정상 또는 정상 교정시력을

지녔으며 정상 입체시를 지녔다.

자극 배경과 상이한 명도를 갖는 움직이는 목표대상 주변에 참조 자극이 존재한다는 것을 제외하고 실험 2의 자극은 실험 1의 자극과 기본적으로 동일하였다. 0.28 deg X 0.28 deg 크기의 200개의 흰색 점들이 14.2 deg X 14.2 deg 크기의 윈도우에 평면을 형성하도록 분포하였는데, Y축 상에서 윗부분과 아랫부분은 목표대상의 3차원 경로와 마찬가지로 -0.28도, 0도 또는 0.28도의 화면시차를 갖도록 하였다. 부적인 화면시차를 갖는 참조 자극은 아랫부분이 윗부분보다 피험자에게 가까우며, 0의 화면시차를 갖는 경우는 참조자극이 정면에 동일한 깊이로 존재하고, 정적인 화면시차를 갖는 경우는 참조자극의 윗부분이 아랫부분보다 피험자에게 가깝다. 참조 자극이 세 가지 상이한 화면시차를 갖도록 한 것은 0의 화면시차를 갖는 참조자극 한 가지 만을 사용할 경우에, 상이한 경사를 갖는 목표대상의 경로에 따라서 참조 자극과 목표대상간의 상대적인 깊이가 체계적으로 변화하여 피험자들이 지각된 목표대상의 3차원 경로가 아닌 참조 자극과 목표대상의 상대적인 깊이 관계를 파악하고 이에 근거하여 3차원 경로를 판단할 가능성이 있기 때문이다. 예를 들어, 목표대상 경로의 화면시차가 0이고 참조 자극 경사의 화면시차가 0인 경우에, 목표대상 경로의 출발점과 종착점은 참조 자극으로부터 같은 거리에 떨어진 것으로 지각될 것이고, 만약 전체 실험조건에서 0의 화면시차에 대응하는 경사를 갖는 참조 자극만이 존재한다면, 피험자들은 목표대상의 전체 운동 경로의 경사를 지각하여 과제를 수행하기 보다는 단지 참조 자극에 대한 목표대상의 출발점과 종착점의 상

대적인 깊이에만 근거해서 과제를 수행할 수 있다. 하지만, 참조 자극의 경사가 다양한 경우에는 참조 자극에 대한 목표대상의 출발점과 종착점의 상대적인 깊이에만 근거하여 과제를 수행하는 것이 어려워진다. 실험 1에서와 마찬가지로 목표대상의 3차원 경로의 출발점과 종착점이 -0.28° , 0° 또는 0.28° 의 화면시차를 갖도록 하였다. 실험 1에서는 목표대상이 위나 아래로 수직 방향으로 움직이도록 하였는데, 실험 2에서는 목표대상이 아래 방향으로만 움직이도록 제한하였다. 이외의 자극 특성은 실험 1과 동일하였다.

절차 실험 2의 절차는 기본적으로 실험 1의 절차와 동일하였다. 실험 1과 마찬가지로 실험 2에서 피험자의 과제는 목표대상 경로의 윗부분과 아랫부분 중에서 피험자에게 가까운 것이 어느 것인지를 선택하여 보고하는 것이었다. 하나의 세션은 총 360회의 시행으로 구성되었다. 참조 자극 경사의 화면시차 3 (-0.28° , 0° , 0.28°) X 목표대상 경로의 화면시차 3 (-0.28° , 0° , 5°) X 추적 점의 운동 방향 2 (피험자에게 접근하기, 멀어지기) X 추적 점 경로의 화면시차 3 (0.51° , 0.79° , 1.08°) X 반복 2회 = 108회. 각 피험자는 이와 같은 세션을 여섯 번 반복하여 측정 받았다.

결과 및 논의

여섯 번 세션의 반복 측정 데이터 중에서 첫 번째 세션의 반복 측정은 연습으로 간주하여 결과 분석에서 제외하고 나머지 다섯 세션에서의 반복 측정 결과를 분석하였다. 그림 6은 반향 눈 운동의 방향과 목표대상 경로의 화면시차에 따른 피험자의 반응률을 나타낸다.

참조 자극 표면의 경사는 피험자의 반응률에 영향을 미치기는 하였으나 그 영향이 크지 않고 또한 연구 관심사가 아니었으며 전반적으로 반향 눈 운동의 방향 및 목표대상 경로의 화면시차에 유사한 패턴으로 영향을 미쳤기에 참조 자극 표면의 세 가지 경사에 대한 결과를 통합하여 분석하였다. 그림 6에서 Y축은 목표대상 경로의 윗부분이 아랫부분보다 피험자에게 더 가깝다고 보고한 비율을 나타낸다. 실험 1에서 피험자들은 실제 목표대상의 경로와는 독립적으로 목표대상의 운동방향과 반향 눈 운동의 방향에 따라서 목표대상의 경로를 체계적으로 왜곡하여 지각하였는데 반하여, 실험 2에서 목표대상의 경로지각 왜곡이 완벽하게 소멸하지는 않았지만 피험자가 지각한 목표대상의 경로지각은 참조 자극이 존재하지 않을 때에 비하여 상대적으로 실제 목표대상의 경로에 근접하였다. 목표대상의 경로가 -0.28° 의 화면시차를 갖도록 조작한 조건 (피험자가 제대로 목표대상의 경로를 지각하였다면 경로의 아랫부분이 윗부분보다 피험자에게 가까운 조건)에서 윗부분이 아랫부분보다 피험자에게 가깝다고 응답한 비율은 전체반응 중에서 50% 미만이었다. 특히, 주목할 것은 실험 1에서 목표대상이 아래로 움직이고 피험자에게 접근하는 추적 점을 추적하는 경우에 실제 목표대상 경로의 아래가 위보다 피험자에게 더 가까움에도 불구하고 위가 아래보다 피험자에게 더 가깝다고 왜곡하여 지각하였는데 (그림 4 참조), 참조 자극이 존재하는 상황에서는 위가 아래보다 가깝다고 왜곡하여 지각한 비율이 50% 미만으로 감소하였다. 이와 같은 결과는 목표대상 운동 경로의 아래가 위보다 피험자에게 더 가깝다고 제대로 지각한 반응이 잘 못 지각한 반응보다 빈도가 높았음을

시사한다. 또한 목표대상의 경로가 0.28도의 화면시차를 갖도록 조작한 조건(피험자가 제대로 목표대상의 경로를 지각하였다면 경로의 윗부분이 아랫부분보다 피험자에게 가까운 조건)에서는 50% 이상의 시행에서 경로의 윗부분이 아랫부분보다 피험자에게 가까운 것으로 보고하였다. 실험 1에서 목표대상이 아래로 움직이고 피험자에게서 멀어지는 추적 점을 추적 하는 경우에 실제 목표대상 운동 경로의 위가 아래보다 피험자에게 가까움에도 불구하고 아래가 위보다 가깝다고 보고한 비율이 상대적으로 높았었는데(그림 4 참조), 참조 자극이 존재하는 상황에서는 실제 물리적인 자극과 일치하게 위가 아래보다 피험자에게 가깝다고 보고한 비율이 더 높았다.

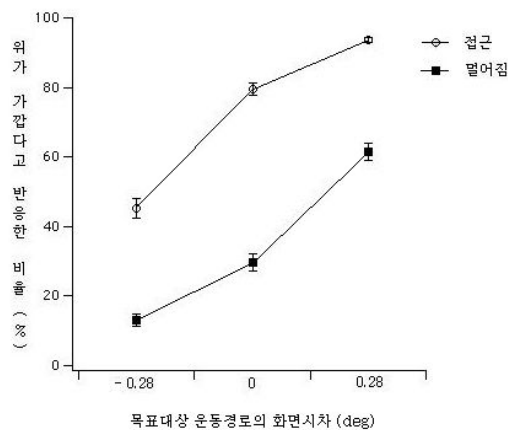


그림 6. 실험 2의 결과. 목표대상이 아래로 움직일 때 목표대상 운동 경로의 화면시차에 따라서 목표대상 운동 경로의 위가 아래보다 피험자에게 가깝다고 보고한 비율. 검은색 사각형은 피험자에게 접근하는 추적 점을 추적할 때, 흰색 삼각형은 피험자에게서 멀어지는 추적 점을 추적할 때 피험자의 반응. 참조 자극이 존재하지 않을 때의 반응을 나타낸 실험 1의 결과인 그림 4와 비교해 볼 때 목표대상 경로의 화면시차가 부정적 때에는 아래라고 반응하는 비율이 증가하였고, 정적일 때에는 위라고 반응하는 비율이 상대적으로 증가하였다.

피험자들은 참조 자극이 존재하지 않았던 실험 1에 비하여 참조 자극이 존재한 실험 2에서 -0.28도 또는 0.28도의 화면시차를 갖는 목표대상의 3차원 경로를 왜곡하여 지각하기 보다는 물리적인 경로와 일치하게 지각하는 경향이 높았다. 흥미롭게도 참조 자극이 존재하지 않은 실험 1과 마찬가지로 참조 자극이 존재한 실험 2에서도 목표대상의 경로가 0의 화면시차를 갖는 경우에 지각된 경로는 실제 3차원 경로보다는 망막에 형성된 눈 운동에 의해 유발된 화면시차와 일치하는 방향으로 지각하는 경향을 보였다. 목표대상의 3차원 경로가 부정적이거나 정적이고 참조 자극이 존재하는 상황에서 발견되는 참조 자극으로 인한 3차원 경로지각의 향상이 목표대상의 3차원 경로 화면시차가 0인 조건에서 발견되지 않은 것은 피험자의 과제와 관련이 있을 것이다. 실험 1 및 실험 2에서 피험자의 과제는 목표대상 경로의 위와 아래 중에서 어느 부분이 피험자에게 상대적으로 더 가까운지를 강제적으로 보고하는 2AFC과제 이었다. 0의 화면시차를 갖는 목표대상 경로의 지각 판단이 부정적이거나 정적인 화면시차를 갖는 경로의 지각 판단보다 참조 자극의 영향을 상대적으로 덜 받았을 수 있다. 특히 참조 자극이 눈 운동에 의해 유발된 양안시차의 영향을 완벽하게 보정하지 못한다면 이와 같은 가능성은 개연성이 높다.

실제로, 목표대상의 경로가 부정적이거나 정적인 경우에 참조 자극이 존재하더라도 목표대상의 3차원 경로지각 왜곡이 완벽하게 소멸하지는 않았는데, 이러한 사실은 참조 자극이 존재하는 상황에서도 목표대상의 경로가 부정적인 화면시차를 갖는 경우에 경로의 아래가 피험자에게 가깝다고 보고한 비율이 100%에 이르

지 못했으며 또한 목표대상의 경로가 정적인 화면시차를 갖는 경우에 경로의 위가 피험자에게 가깝다고 보고한 비율이 100%에 이르지 못한 실험 2의 결과에서 확인할 수 있다. 또한, 주목해야할 것은 참조 자극이 존재하는 실험 2의 상황에서도 피험자가 목표대상 운동 경로의 윗부분이 피험자에게 더 가깝다고 보고한 비율이 반향 눈 운동의 방향에 따라서 달라 나타났다는 점이다. 이와 같은 결과는 참조 자극의 존재 자체가 눈 운동에 의해 유발된 양안시차를 완벽하게 보정하지 못함을 시사한다.

본 연구에서 목표대상 주위에 제시된 참조 자극은 목표대상 보다 작은 무선점으로 구성된 표면이었다. 본 연구에서 다수의 무선점으로 구성된 표면을 참조 자극으로 사용하는데는 특별한 이유가 없다. Li, Cornelissen과 Brenner (2006)는 동향 눈 운동 동안에 제시되는 시공간적인 중첩패턴에 의해 정의되는 2차원 모양의 공간지각 왜곡에 미치는 참조 자극의 영향을 검증하기 위하여 목표대상과 유사한 크기의 참조 자극을 목표대상 주위에 제시하였다. Li 등은 다양한 모양을 갖는 참조 자극의 영향을 검증하였는데, 참조 자극이 존재하지 않을 때에 비하여 참조 자극이 존재할 때에 목표대상의 모양지각 왜곡이 유의미하게 감소하였지만 그 영향은 매우 작았다. 본 연구에서는 목표대상 주위에 존재하는 몇 개의 참조 자극보다는 조밀한 문양을 갖는 평면이 참조 자극으로 더욱 적절할 것으로 예상하여 무선점으로 구성된 평면을 참조 자극으로 제시하였다. 목표대상과 유사한 크기 또는 목표대상보다 더 큰 3~4개의 대상으로 참조 자극을 구성할 때의 효과는 현재의 자료만으로는 추론하는 것이 가능하지 않다. 하지만, Li 등의 연구에 근거하여 볼 때, 다른 유형의 참조 자극이 이용

되더라도 참조 자극의 효과는 발견되었지만 효과 크기가 더 클 것으로 생각되지는 않는다.

종합논의

다양한 연구들이 추적 눈 운동 동안에 공간 지각 왜곡이 발생할 수 있음을 지속적으로 보고하여왔다. 추적 눈 운동 동안에 제시되는 정적인 배경이 움직이는 것으로 왜곡되어 지각되거나(Ehrenstein, Mateef & Hohnsbein, 1986; Mack & Herman, 1973), 운동 자극의 지각된 속도감이 추적 눈 운동에 의해 영향을 받거나(Brenner & van den Berg, 1994), 순간적으로 제시되는 자극의 지각된 위치가 추적 눈 운동에 의해 눈 운동 방향으로 왜곡되어 지각되었다(Brenner & Cornelissen, 2000; Mateef, Yakimoff & Dimirtrov, 1981; Mita, Hironaka & Koike, 1950). 추적 눈 운동에 의해 유발되는 공간지각 왜곡에 대한 대부분의 연구에서 추적 점은 피험자의 앞에 놓여진 2차원 스크린 상에서 움직였으며, 이를 추적하는 피험자의 두 눈은 같은 방향으로 움직였다. Li(2006)는 피험자에게 접근하거나 멀어지는 추적 점을 피험자로 하여금 추적하게 하면서 역동적인 자극을 제시하면 자극이 제시되는 화면에서는 화면시차가 존재하지 않더라도 반향 눈 운동에 의해 양안시차가 유발되며, 눈 운동에 의해 유발된 양안시차가 눈 운동 정보에 의해 보정되지 못하고 3차원 경사지각 왜곡이 발생함을 보여 주었다. 본 연구의 목적은 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 역동적인 자극 상황에서 반향 눈 운동에 의해 유발된 양안시차가 시각 체계에 의하여 제대로 보정되는지를 검증하는 것이었다. 이를 검증하기 위하여 피험자로 하여금 반향 눈 운동 동안에 제시되는 배경과 상

이한 명도를 갖는 수직 방향으로 움직이는 목표대상의 지각된 3차원 경로를 보고하도록 하였다. 수직 방향으로 움직이는 목표대상 경로의 위와 아래가 부적인 화면시차, 0의 화면시차 또는 정적인 화면시차를 갖도록 조작하였는데, 피험자가 보고한 목표대상의 경로는 실제 목표대상의 3차원 경로보다는 깊이 차원에서 움직이는 추적 점을 추적하는 피험자의 눈 운동에 의해 유발된 망막에 형성된 양안시차와 일치하였다. 이와 같은 실험 결과는 Li (2006)의 제안을 지지한다. Li의 연구에서 사용된 실험 자극이 실제 생활에서 접하기 힘든 제한적인 자극이었던데 비하여, 본 연구에서 사용된 실험자극은 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 자극이다. 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 배경과 상이한 명도를 갖는 목표대상의 3차원 움직임 경로가 3차원 공간에서 움직이는 대상을 추적하는 관찰자의 눈 운동에 의하여 체계적으로 왜곡되어 지각된다는 본 연구의 결과는 눈 운동에 의하여 유발된 양안시차가 눈 위치정보에 의하여 보정되지 못한다는 Li의 제안이 제한된 실험실 상황이 아니라 일반적인 자극 환경에 일반화될 수 있음을 시사한다.

관찰자가 3차원 공간에서 움직이는 대상을 추적하게 되면 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 역동적인 대상이 관찰자의 망막에 양안시차를 형성하는데, 눈 운동에 의해 유발된 양안시차가 눈 위치 정보에 의하여 보정되지 못하고 역동적인 대상의 3차원 특성을 왜곡하여 지각하는 것이 일반적이라면 왜 일상생활에서 우리는 이와 같은 지각 왜곡을 경험하지 못하는 것일까에 대한 설명이 요구된다. 3차원 특성을 판단해야 할 목표대상의 주위에 참조 자극이 존재하지 않으면 목표대상의 3차원 경로가 왜곡되어 지각되는 경향이 강하지만, 참조

자극이 존재하면 3차원 경로지각 왜곡이 유의미하게 감소한다. Li (2006)는 참조 자극의 존재가 목표대상의 3차원 경로지각 왜곡을 유의미하게 감소시킴을 보여 주었다. Li의 연구를 포함하여 본 연구에서 참조 자극의 존재 자체가 목표대상의 3차원 특성 왜곡을 완벽하게 소멸시키지는 못하는데, 이와 같은 결과는 우리의 시각체계가 눈 운동에 의하여 유발된 양안시차를 참조 자극 정보를 이용하여 완벽하게 보정하지 못함을 시사한다. 3차원 공간에서 움직이는 대상을 추적하는 동안에 양안시차가 일반적으로 유발됨에도 불구하고 시각체계가 참조 자극 정보를 이용하여 눈 운동에 의하여 유발된 양안시차를 완벽하게 보정하지 못한다면, 일상생활에서 역동적인 대상의 3차원 특성이 왜곡되어 지각되어야 하는데 왜 우리는 이를 경험하지 않을까에 대한 설명이 여전히 필요하다. 한 가지 가능성은, 실제 생활에서 눈 운동 동안에 관찰되는 역동적인 대상의 3차원 경로에 세밀하게 주의를 기울이지 않으면 미세한 3차원 경로의 왜곡을 의식하기 힘들 수 있다는 것이다. 특히, 실험실 상황에서는 연구자가 대상의 실제 물리적인 3차원 특성과 눈 운동 동안의 지각된 3차원 특성을 비교함으로써 지각왜곡이 발생함을 최종적으로 규명하지만, 실제 생활에서 관찰자 자체는 3차원 특성에 대한 지각이 제대로 된 것인지 아니면 왜곡된 것인지를 비교하여 검증하지 않는다. 특히, 눈 운동에 의하여 왜곡된 양이 미약한 경우에는 실제생활 속에서 3차원 지각 왜곡을 의식하는 것은 매우 힘들 것이다.

역동적인 눈 운동에도 불구하고 우리는 일반적으로 대상의 2차원 공간 속성 및 3차원 공간 속성을 안정적으로 지각한다. 이에 대한 전형적인 설명은 우리의 시각 체계가 망막에

형성된 상의 정보와 눈 운동 정보를 통합함으로써 대상의 속성을 안정적으로 지각한다는 것이다. 하지만, 본 연구의 결과는 눈 운동에 의하여 유발된 망막상의 변화 및 양안시차가 눈 운동 정보에 의하여 적절히 보정되지 못함을 보여준다. 참조 자극의 존재가 눈 운동에 의한 공간지각 왜곡을 감소시키기는 하지만, 소멸시키지는 못한다. 실험실 상황이 아닌 참조 자극이 풍부한 실제 공간에서도 눈 운동에 의한 3차원 공간지각 왜곡이 발생하는지를 규명함으로써 본 연구의 결과 및 본 연구의 결과가 시사하는 바의 타당성을 검증하는 것이 가능하다. 실험실 상황에서 발견된 눈 운동 동안의 공간지각 왜곡과 참조대상의 효용성이 실제 생활에서도 그대로 적용되는지를 검증하는 것은 미래의 연구문제로 남는다.

참고문헌

- Brainard, D. H. (1997) The Psychophysics Toolbox, *Spatial Vision*, 10, 433-436.
- Brenner, E. & Cornelissen, F. W. (2000). Separate simultaneous processing of egocentric and relative positions. *Vision Research*, 40, 2557-2563.
- Brenner, E., & van den Berg, A. V. (1994). Judging object velocity during smooth pursuit eye movements. *Experimental Brain Research*, 99, 316-324.
- Brainard, 1997
- Ehrenstein, W. H., Mateeff, S., & Hohnsbein, J. (1986). Temporal aspects of position constancy during ocular pursuit. *Pflügers Archiv*, 406, R15, 4
- Helmholtz, H. von (1867/1925). *Treatise on physiological optics* (from 3rd German edition, Trans.) (3rd ed., Vol. III). New York: Dover Publications.
- Li, H.-C. O. (2006). Systematic perceptual distortion of 3D slant by disconjugate eye movements. *Vision Research*, 46, 2328-2335.
- Li, H.-C. O., Brenner, E., Cornelissen, F. W. & Kim, E.-S. (2002). Systematic distortion of 2D shape during pursuit eye-movements. *Vision Research*, 42, 2569-2575.
- Li, H.-C. O., Cornelissen, F. W. & Brenner, E. (2006). The effect of the static reference on the perception of the target shape during pursuit eye movement (submitted).
- Mack, A., & Herman, E. (1973). Position constancy during pursuit eye movements: an investigation of the Filehne illusion. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 25, 71-84.
- Mateeff, S., Yakimoff, N., & Dimirtrov, G. (1981). Localization of brief visual stimuli during pursuit eye movements. *Acta Psychologica*, 48, 133-140.
- Mays, L. E. (2003). *Neural control of vergence eye movements*. In *The Visual Neurosciences* (Edited by Chalupa L. M. & Werner, J. S.). MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Mita, T., Hironaka, K., & Koike, I. (1950). The influence of retinal adaptation and location on the "Empfindungszeit". *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 52, 397-405.
- Pelli, D. G. (1997) The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies, *Spatial Vision* 10, 437-442.

1 차원고접수 : 2006. 5. 15.

최종게재결정 : 2006. 6. 20.

Perceptual distortion of the 3D path of a moving object during disconjugate eye movements

Hyung-Chul O. Li*

Eli Brenner**

Frans W. Cornelissen***

*Department of Industrial Psychology, Kwangwoon University

**Department of Neuroscience, Erasmus University

***Laboratory of Experimental Ophthalmology, Groningen University

The purpose of the research was to examine whether the perception of the three dimensional path of a moving object was systematically distorted by disconjugate eye movements. Subjects were required to report which part of the path of a vertically moving luminance-defined target object was closer to themselves while pursuing an object translating in depth dimension. Systematic perceptual distortion of the 3D path of the vertically moving luminance-defined object was found during disconjugate eye movements. Presence of a reference stimulus reduced the amount of perceptual distortion, although it did not completely remove it. This result implies that the eye movement-induced disparities are not completely compensated for with eye position information and that reference information might be importantly used in the compensation of eye movement-induced disparities.

Keywords : disconjugate eye movements, 3D path perception, perceptual distortion