

두 위치 오류 현상의 직접적인 비교: Pulfrich 현상과 명멸 지체 효과*

감 기택[†]
강원대학교

이차원 공간에서 운동 자극의 진행 방향으로 위치 오류가 발생하는 명멸 지체효과(Flash lag effect: FLE)와 깊이 방향의 위치 오류가 발생하는 Pulfrich 효과는 각각 독립적으로 연구되어 왔지만 현상적 이론적 유사점이 많다. 본 연구에서는 두 현상의 오류의 크기를 직접적으로 비교하여 두 현상이 동일한 기체에 의해 발생되었을 가능성을 살펴보았다. 보다 구체적으로 각 눈에 제시된 운동 자극의 FLE의 크기가 다를 때 이 차이가 양안시차로 작용하여 Pulfrich 효과의 깊이로 산출될 수 있는지를 알아보았다. 각 눈에 제시되는 두 운동 자극의 밝기 비율을 네 수준(1:2, 1:3.3, 1:5, 1:10)으로 나눈 다음 이들 자극으로부터 발생하는 Pulfrich 효과의 깊이를 측정하였고, 동일한 실험 상황에서 Pulfrich 효과의 깊이 측정에 사용되었던 다섯 수준의 밝기 자극(1, 2, 3.3, 5, 10)의 FLE 크기를 각각 측정하였다. 본 연구에 포함된 밝기 차 조건하에서 Pulfrich 깊이는 밝기 비율이 커질수록 증가하는 데 반해, FLE의 크기는 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 FLE의 차가 양안 시차로 작용한다면 그로부터 예상할 수 있는 Pulfrich 깊이와 실제 측정된 Pulfrich 효과의 깊이는 다른 것으로 나타났다. 이러한 결과는 두 현상이 동일한 기체에 의해서 발생하는 것이 아님을 시사한다.

주제어 : 위치 오류 현상, Pulfrich 효과, 명멸 지체 효과

* 본 연구는 2004학년도 한국학술진흥재단의 지원에 의해 연구되었음(KRF-2004-041-H00037).

† 교신저자: 감기택, 강원대학교 심리학과, 연구세부분야: 실험 심리학, 입체지각, 운동지각
E-mail: kham@kangwon.ac.kr

인간의 시각 기체가 해결해야 하는 기본적인 과제들 중의 하나는 대상의 공간상에서의 위치를 정확히 결정하는 것이다. 눈과 머리가 움직이지 않는 상황에서 대상들이 고정되어 있다면 각기 다른 위치에 놓여있는 대상들의 영상들은 망막의 각기 다른 위치에 투사되기 때문에 이를 근거로 대상의 위치를 파악하기는 상대적으로 쉽다. 그러나 실제 환경에서는 고정되어 있는 대상의 경우에도 눈 운동에 의해 망막상의 움직임이 발생할 뿐만 아니라 대상의 움직임에 의해서도 매시간 망막의 다른 위치에 상이 투사되게 된다. 따라서 시각 기체가 각 대상의 공간상에서의 위치를 어떻게 파악하는 지를 이해하기 위해서는 운동 자극의 위치가 어떻게 결정되는 지에 대한 이해가 필수적이다.

움직이는 대상의 지각된 위치는 고정된 위치에서 명멸하는 대상의 지각된 위치와는 다르다. 예를 들어, 움직이고 있는 대상과 동일 위치에 명멸하는 자극을 제시하면 물리적으로 두 자극이 일치선 상에 제시되었음에도 불구하고 운동하는 자극은 명멸자극보다 운동 방향으로 편파되어 지각된다(MacCay, 1958; Nijawan, 1994). 흔히 명멸 지체 효과(flash lag effect: FLE)라 불리는 이 현상은 사람의 시각 기체가 운동하는 자극의 공간적 위치를 결정하는 과정을 살펴보기 위한 자극으로 흔히 사용되어 왔으며, 이 현상을 설명하기 위해서 여러 이론들이 제안되었다. 명멸 지체 효과는 이차원 공간상에서의 운동 하는 대상의 위치 지각의 오류로 생각되지만 이와 유사한 위치 오류 현상이 3차원 공간상에서도 발생된다. 그림 1에 제시되어 있는 것과 같이 관찰자의 정면에 놓여있는 가상의 평면 위에서 진자가 좌우로 운동하고 있을 때, 한쪽 눈에만 빛의 강도를 감소시키는 필터(neutral density filter)를 낀 채 두 눈으로 진자를 바라보면 진자가 마치 타원으로 돌아가는 것으로 지각되는 Pulfrich 현상이 발생된다(Pulfrich, 1922).

이 두 현상은 서로 독립적으로 다루어져 왔으며, FLE는 자극의 운동 방향으로 발생하는 위치 편파인 반면 Pulfrich 현상은 깊이 방향 즉 자극의 운동 방향과 직교적인 방향으로 발생하는 위치 편파이기 때문에 본질적으로 다른 것처럼 보인다. 그러나 두 현상은 공통적으로 운동하는 대상의 위치 편파에 의해 발생하는 것으로 고려되어 왔다는 점에서 유사하다. 특히 인간의 양안 시기체가 각 눈에 제시되는 영상들의 위치 차이 즉, 양안 시차를 계산하여 이로부터 입체 깊이를 생성한다(Wheatstone, 1838)는 점을 고려할 때 왼쪽 눈에 제시된 운동 자극의 위치오류(FLE

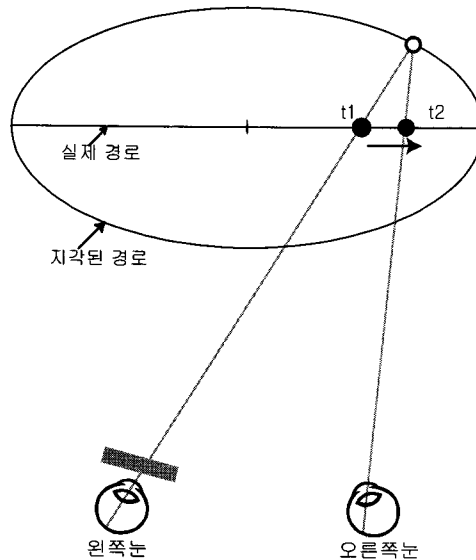


그림 1. Pulfrich 현상에서 진자의 물리적 경로와 지각된 경로. 진자가 정면에서 왕복 운동하는 진자의 실제 경로와 지각된 경로가 제시되어 있다. 특정 시간 t1과 t2일 때의 진자의 실제 위치가 검은색 원으로 표시되어 있고, 실제 지각되는 진자의 깊이가 흰 원으로 표시되어 있다.

로 측정가능한)와 오른쪽 눈에 제시된 운동자극의 위치오류의 크기 차이가 양안 시차로 작용하여 입체시 깊이를 만들어 낼 가능성이 있다. 예를 들어 왼쪽 눈에 제시된 자극의 FLE가 2 픽셀이고 오른쪽 눈에 제시된 자극의 FLE가 1픽셀에 해당된다면 두 눈에 제시된 자극의 위치차 즉 양안시차는 1 픽셀이 되므로 1 픽셀에 해당되는 입체시 깊이가 발생될 것이다. 따라서 Pulfrich 효과에서 발생하는 입체시 깊이는 왼쪽 눈과 오른쪽 눈에 제시된 운동 자극의 FLE의 크기 차이가 양안 시차로 작용해 발생했을 가능성이 있으며, 이 가능성이 타당하다면 적어도 FLE를 발생시키는 기제와 Pulfrich 효과에서 두 눈에 제시된 각 자극의 공간적 위치 차이 즉 양안 시차가 결정되는 단계에서 작용하는 기제가 유사할 가능성이 있다.

이러한 가능성은 여러 매개 변수들에 따라 두 현상에서 나타나는 효과가 서로 유사한 방향으로 변화된다는 실험적 증거들로부터 그 타당성을 지지받을 수 있다. 예를 들어 FLE의 효과의 크기는 자극의 속도에 따라 변화되며(Kirschfeld & Kammer,

1999; Krekelberg & Lappe, 1999; Lappe & Krekelberg, 1998), 자극의 밝기에 따라서도 변화된다(Lappe & Krekelberg, 1998; Purushothaman, Pantel Bedell & Sampath, 1998). 이와 유사하게 Pulfrich 효과의 크기도 자극의 속도에 따라 변화되며(Nickalls, 1996; Lit, 1960), 각 눈에 제시된 자극의 밝기 차이에 따라서도 변화된다(Lit, 1960).

뿐만 아니라, 두 현상을 설명하는 대표적인 이론들도 유사성을 가진다. FLE 현상을 설명하는 대표적인 이론인 처리 시간차(Differential latency)이론(Whitney & Murakami, 1998; Whitney, Cavanagh & Murakami, 2000)은 Pulfrich 효과를 설명하는 공간적 위치차 이론과 매우 유사하다. FLE의 처리 시간 차 이론은 운동 자극과 명멸 자극의 처리 시간이 다르며 이러한 시간적 차이에 의해 결과적으로 두 자극의 위치 차이가 발생된다고 설명한다. 그림 2의 (a)에서 보는 것과 같이 운동하는 자극(사각형으로 표시)에 대한 신경 처리 시간은 짧지만 정지된 자극(원으로 표시)에 대한 신경 처리 시간은 상대적으로 길어(Whitney & Murakami, 1998; Whitney 등, 2000) t_1 에 동시에 제시된 두 자극 중 운동 자극은 t_2 에서 처리되는 데 반해 명멸 자극은 시간 t_3 에 이르러서야 처리된다. 이러한 시간적 차이에 의해 명멸 자극이 지각되는 t_3 에서 처리되는 운동 자극은 t_1 보다 훨씬 이후에 제시된 자극에 해당되므로 운동 자극과 명멸 자극의 지각된 위치는 달라진다. 또한 동일한 속도로 운동하는 자극의 경우에도 밝은 자극이 어두운 자극보다 FLE가 크게 나타난다는 결과는 처리 시간차 이론을 지지해 준다.

Pulfrich 효과를 설명하는 공간적 위치차 이론에서는 각 눈에 제시된 운동 자극들 간의 처리 시간차에 의해 공간적인 위치차가 발생하게 되고 이것이 양안시차와 같은 역할을 하여 깊이가 지각된다고 설명하기 때문에 FLE를 설명하는 처리 시간차 이론과 유사하다. 즉 이 이론은 밝기가 다른 두 운동 자극의 FLE 크기가 다를 것임을 예상하는 것과 매우 유사하다. 구체적으로 그림 2의 (b)에 제시되어 있는 것과 같이 두 눈은 공간적으로 같은 깊이에 있는 자극을 보므로 각 망막에 투사된 자극의 물리적인 양안 시차는 0이지만, 필터를 통해 본 자극(밝기가 떨어진 자극)의 처리 시간이 필터가 없는 눈으로 본 자극의 처리 시간보다 늦어지게 되므로 특정 시간 t_3 에 동시에 처리되는 자극 간에는 일정한 공간적 위치차가 발생하게 된다. 따라서 FLE에서는 명멸 자극의 위치에 대해 운동 자극의 상대적인 위치차를 측정하는 것인 반면 Pulfrich 효과에서는 두 운동 자극간의 상대적인 위치 차이로부

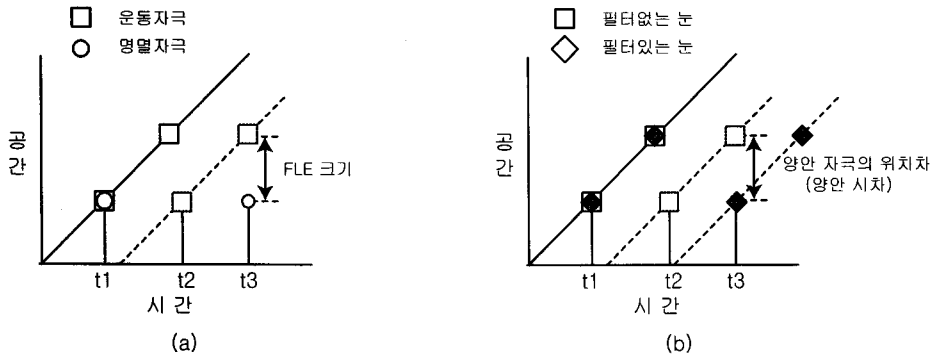


그림 2. 명멸 지체 현상과 Pulfrich 효과를 설명하는 대표적 이론들. (a)는 명멸 지체 효과를 설명하는 처리시간차 이론의 설명을 도식적으로 나타낸 것이다. 운동자극과 명멸자극의 형태는 대부분의 실험에서 동일하게 제시되지만 그림에서는 구별하기 위하여 사각형과 원으로 각각 제시되었다. 실선은 운동 자극의 물리적인 시공간적 위치를 나타내며, 명멸자극은 t_1 에서 잠깐 제시되었다가 사라지고 있음을 그림은 보여주고 있다. 점선은 뇌에서 처리되는 운동 자극 시공간적 위치를 보여줌으로, 실선으로부터 처리 시간만큼 시간축으로 이동되어 표시되어 있으며, 운동 자극과 명멸 자극의 처리 시간의 차이에 의해 t_1 에 제시된 두 자극이 각기 t_2 와 t_3 에 처리되고 있음을 보여주고 있다. (b)는 Pulfrich 현상을 설명하는 공간적 위치차 이론을 도식적으로 표시한 것이다. 각 눈에 제시된 두 운동 자극들 중 필터를 통해본 자극의 처리 시간이 필터없이 본 자극의 처리 시간보다 길어져 특정시간(t_3)에 처리되는 두 자극의 위치가 달라져 양안시차가 발생함을 보여주고 있다.

터 입체시 깊이를 측정한다는 점에서 두 현상을 구별할 수 있지만, Pulfrich 효과가 두 다른 상황에서 발생하는 FLE 들을 각 눈에 제시하여 얻어진 것으로 생각한다면 두 현상을 동일한 맥락 내에서 설명할 수 있다. 이와 같이 두 현상의 이론적인 유사점과 현상적인 유사점에도 불구하고 이 두 현상을 동일한 조건하에서 측정하고 이들 현상이 동일한 기체에 근거를 두고 있는 지를 살펴보려는 연구는 거의 시도 되지 않았다.

본 연구에서는 이를 살펴보기 위해 먼저 두 위치 오류를 발생시키는 매개 변수들을 변화시키면서 Pulfrich 효과에서 발생하는 입체시 깊이로부터 각 눈에 제시된 밝기가 다른 운동 자극의 공간적 위치 차이를 추정하였다. 그 후 Pulfrich 효과를 측정할 때 왼쪽 눈과 오른쪽 눈에 제시된 운동 자극 각각에 대한 FLE를 독립적으로 측정된 후 두 자극에서 발견된 FLE의 차이로부터 Pulfrich 효과에서 측정된 입체

시 깊이를 예측할 수 있는 지를 확인하였다. 두 현상에서 발생하는 위치오류의 크기가 서로 예측가능하다면 적어도 두 현상이 하나의 기체에 의해서 발생할 수 있는 가능성을 보여주는 탐색적인 연구가 될 수 있을 것이며, 이와 달리 각 현상에서 발생하는 위치 오류의 크기가 서로 예측할 수 없다면 두 현상은 현상적, 이론적인 유사점에도 불구하고 동일한 기체로부터 발생했을 가능성은 희박하다고 결론 내릴 수 있을 것이다.

실험. 밝기에 따른 Pulfrich 현상의 깊이 변화와 FLE의 크기변화의 비교

서론에서 기술한 바와 같이 FLE의 크기와 Pulfrich 효과에서 발생하는 입체시 깊이 정도는 여러 매개변수에 의해 변화된다. 실험 1-1에서는 각 눈에 동등한 속도로 운동하는 자극의 양안 시차를 0으로 고정된 채 각 눈에 제시되는 자극의 밝기 차이를 변화시키면서 밝기 차이에 따른 Pulfrich 깊이를 측정하였다. Pulfrich 깊이는 물리적인 양안 시차를 가진 자극의 입체시 깊이와 비교하여 측정하기 때문에, 지각된 입체시 깊이로부터 각 눈에 제시된 운동 자극들 간의 공간적인 위치차 즉 양안 시차가 얼마인지를 추정할 수 있다. 실험 1-2에서는 Pulfrich 효과를 측정하기 위해 각 눈에 제시되었던 운동 자극 각각에 대해 FLE를 독립적으로 측정하였다. 이후 두 운동 자극의 FLE의 차이가 Pulfrich 깊이로부터 측정된 양안 시차에 해당되는 지를 비교하였다.

실험 1-1. 각 눈에 제시된 운동자극의 밝기 비율에 따른 Pulfrich 효과의 크기 측정

두 현상을 직접적으로 비교하기 위해서는 두 현상을 동일한 실험 세팅과 매개변수하에서 측정 평가하여야 한다. 자극의 밝기 값에 따른 FLE의 크기를 측정한 기존의 연구(Lappe & Krekelberg, 1998; Purushothaman 등, 1998)들에서는 최소밝기와 최저 밝기의 차가 3에서 5 로그값에 이를 정도로 연구에 포함된 밝기의 폭이 매우

넓었지만, 이러한 밝기 차이를 가진 자극을 각 눈에 제시하여 Pulfrich 효과를 측정하기는 곤란하다. 왜냐하면 Pulfrich 효과에서는 지각된 깊이는 입체시 깊이이므로, 두 눈에 제시되는 자극의 밝기 비율은 입체시 기제가 허용할 수 있는 밝기차이의 범위 내에서 결정되어야 한다. 각 눈에 제시된 자극의 밝기 대비차이에 따라 지각된 깊이가 변화되는 지를 살펴본 한 연구(Rohaly & Wilson, 1999)는 그들이 선택한 최대 밝기 대비차인 5배인 경우에서도 지각된 깊이는 거의 변화되지 않고 일정함을 보고했으며, 고양이와 단순세포나 복합세포의 경우 두 눈의 대비차가 10배(1 로 그값) 범위 내에서는 그 반응수준이 일정하게 유지된다(Freeman & Ohzawa, 1990). 따라서 본 실험에서는 각 눈에 제시되는 최대 밝기 비율을 10배로 제한하였다.

방 법

관찰자

심리학 실험과 입체시 실험의 경험이 없는 학부학생 3명이 실험에 참가하였다. 각 관찰자는 실험에 앞서 깊이변별검사를 통해 입체시력(stereo acuity)을 조사받았다. 입체 시력은 시각으로 6분과 -6분의 양안 시차를 갖는 수직선(검사자극: 가로 1분 세로 12분)의 깊이를 일곱 수준의 양안 시차를 가지는 동일한 크기의 수직선(비교자극)의 깊이와 비교하는 항상법(method of constant stimuli)을 통해서 측정하였다. 비교자극의 일곱 시차 수준 각각에 대해서 검사자극과 비교자극의 깊이는 40번 이상 비교되었으며, 각 시차 수준에서 비교 자극이 검사 자극보다 가깝게 있다고 판단한 비율을 프로빗 분석을 통해 누적 가우시안 함수에 합치시켰다. 이 함수의 1표준편차를 입체시력 지수로 삼았으며, 실험 참가자들은 이 지수가 시각으로 1' 이하였다.

장치 및 자극

자극은 1024 X 768의 해상도를 가지며 수직주파수가 85Hz인 모니터에 제시했으

며, 관찰자들은 140cm 떨어진 거리에서 각 눈에 제시되는 운동 자극을 거울형 입체경(mirror-type stereoscope)을 통해 바라보았다. Pulfrich 효과를 관찰하는 전통적인 방법대로 한쪽 눈앞에만 중성 밀도 필터(neutral density filter)를 댄 채 자극을 바라보았다. 각 눈에 제시되는 자극은 밝기를 제외하고는 모양(직사각형 10 x 5)이나 속도(212 픽셀/초)는 모두 동일하였으며 양안 시차가 0인 자극이 제시되었다. 밝기 비율에 따른 Pulfrich 효과의 크기 차이를 측정하기 위해 한쪽 눈 앞에만 밀도가 다른 4 종류의 필터(Kodak O.D. 1.0, 0.7, 0.5, 0.3)가 사용되었으며, 각 필터의 빛 투과율은 10%, 20%, 32%, 50%였다. 따라서 필터가 없는 눈에 투사된 운동 자극의 밝기는 항상 57 cd/m² 이었으며 필터가 주어진 눈에 투사된 운동 자극의 밝기는 필터의 밀도에 따라 각각 5.7, 11.4, 18.2, 28.5cd/m² 이었다. 따라서 각 눈에 투사되는 밝기 비율 조건은 1:10, 1:5, 1:3.3, 1:2 이었다.

Pulfrich 효과의 깊이는 항상법을 통해서 측정되었다. Pulfrich 효과는 두 눈에 제시된 자극의 밝기 차이에 의한 입체시 깊이이지만, 이것을 측정하기 위해 사용된 비교자극의 입체시 깊이는 물리적인 양안시차를 조작하여 변화시켰다. 따라서 Pulfrich 효과에서 측정된 입체시 깊이는 양안 시차 즉 두 눈에 투사된 운동 자극들 간의 위치 차로 해석할 수 있다. 비교자극은 FLE 측정에서 사용된 명멸 자극에 대응될 수 있도록 약 24ms동안 제시되었다가 사라졌으며, 양안 시차의 범위는 모두 아홉 수준으로 결정되었다.

절차

네 수준의 밝기 비율 조건에서의 Pulfrich 효과는 각각 독립적으로 측정되었다. 실험에 앞서 입체경의 거울 각도를 조정하여 각 눈으로 투사되는 자극이 정확히 정렬되도록 하였다. 각 시행에서 관찰자들이 제시된 자극을 응시한 후 특정 버튼을 누르면 이 자극이 운동하기 시작하였고 운동 경로의 중앙 부근에 다다르면 입체시 깊이를 가진 비교자극이 명멸되었고 운동 자극은 명멸 자극의 출현과 무관하게 주어진 경로의 끝까지 운동하였다. 관찰자들의 과제는 명멸된 비교자극의 깊이와 운동하는 자극의 깊이(Pulfrich 효과)를 비교하여 어느 자극이 더 가까이 보이는지를 판단하는 것이었다. 한 시행이 끝난 1초 후에 응시점이 제시되면서 다음 시

행이 준비되었음을 알려주었다. 특정 밝기 비율 조건에서는 모두 아홉 수준의 양안 시차를 가진 비교자극이 각각 20번씩 무선적으로 제시되었기 때문에 해당 조건의 시행 수는 180회이었다. 중성 필터에 의한 순응의 영향을 최소화하기 위해 180회의 시행이 끝난 후 밝은 곳에서 최소한 5분 이상의 휴식을 갖도록 하였다. 네 수준의 밝기 비율 조건의 실시 순서는 무선적으로 결정되어 모든 수준의 밝기 비율 조건을 수행하기 위해서는 총 720번의 시행을 수행해야 했다. 또한 네 수준의 밝기 비율 조건을 하나의 블락으로 삼고 이를 네 번 반복 실시하였기 때문에 총 시행 수는 $2880(20\text{회} \times 9\text{ 수준의 비교자극} \times 4\text{ 수준의 밝기 비율} \times 4\text{번 반복})$ 회이었다.

결 과

특정 밝기 비율 조건에서 모두 아홉 개의 비교자극 각각에 대해 20번의 반복 시행이 실시되었으며 이러한 실험을 네 번 반복 측정하였기 때문에, 아홉 개의 비교자극 수준 각각에서는 모두 80번의 시행이 반복되었다. 80번의 시행 중 비교자극이 더 가까이 있다고 판단한 비율을 프라빗(Probit) 분석(Finney, 1971)을 통해 누적 가우시안 함수에 합치시킨 후 이 심리 측정 함수에서 비교자극이 가깝다고 판단한 비율이 50%가 되는 지점의 양안 시차를 해당 조건에서의 Pulfrich 깊이로 삼았으며 가우시안 함수의 표준편차를 구했다. 예시를 위해 그림 3은 한 관찰자(HM)가 수행한 네 수준의 밝기 비율 조건 각각에서 얻어진 자료를 이용하여 각 밝기 비율 조건별로 Probit 분석을 한 결과를 보여주고 있다.

본 실험의 목적은 각 밝기 비율 조건에서 얻어진 Pulfrich 효과의 크기를 양안 시차를 가진 비교 자극의 깊이와 비교함으로써 각 눈에 제시된 밝기 비율이 다른 운동 자극들 간의 공간적 위치차이를 추정하는 것이었다. 각 관찰자 별로 네 수준의 밝기 비율 조건에서의 Probit 분석을 통해 얻어진 가우시안 함수의 평균과 표준편차가 Pulfrich 효과의 크기와 표준 편차에 해당되었으며 이 값들이 그림 4에 제시되어 있다. 먼저 각 밝기조건에서 각 관찰자들이 Pulfrich 깊이를 지각했는지를 확인하기 위해서, 가우시안 함수의 모수치를 이용하여 각 함수가 0(입체시 깊이가 지각되지 않았음)인지를 95% 신뢰수준에서 살펴본 결과 모든 관찰자, 모든 조건에서

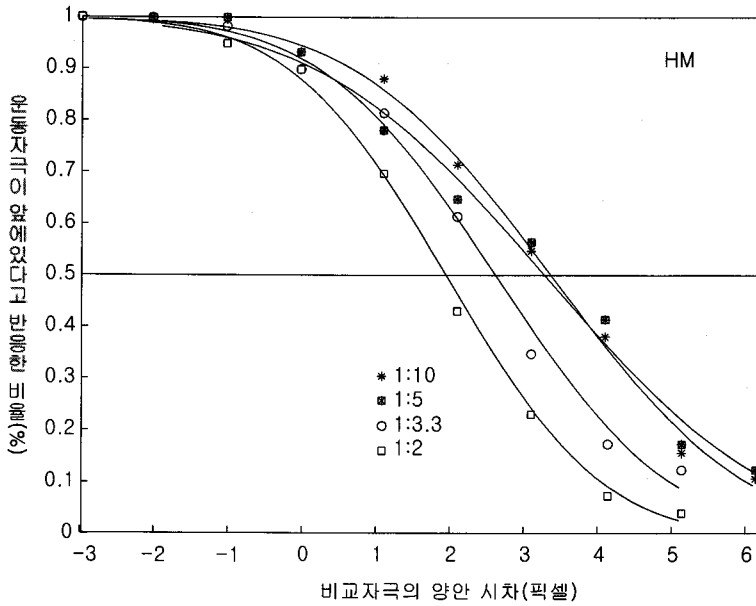


그림 3. 네 밝기 수준에 대한 한 관찰자(HM)의 프라빗 분석 결과. 운동 자극이 앞에 있다고 반응한 비율이 0.5에 해당되는 비교자극의 물리적인 양안 시차를 해당 조건에서 Pulfrich 깊이로 삼았다. 밝기 수준의 차가 클수록 누적 가우시안 함수가 오른쪽으로 이동되어 있음을 보여주고 있으며 이는 밝기 비율이 커질수록 지각된 깊이가 증가했음을 보여주고 있다.

0이 아닌 것으로 나타나 실험에 포함된 모든 밝기 조건에서 모든 관찰자들은 Pulfrich 깊이를 지각했음을 확인할 수 있었다. 또한 지각된 Pulfrich 깊이가 각 밝기 비율 조건별로 달라지는 지를 알아보기 위해서, 세 피험자로부터 얻어진 각 밝기 조건의 Pulfrich 효과의 크기를 원자료로 삼아 각 밝기 조건별로 반복 측정 방안 변량분석을 실시하였다. 그 결과 각 밝기 비율 조건별로 Pulfrich 효과의 크기가 다른 것으로 나타났으며($F(3,6) = 28.04, p < .001$), 이는 그림에서 보는 것과 같이 각 눈에 제시된 자극의 밝기 비율이 커질수록 Pulfrich 효과의 크기도 증가했음을 보여준다.

두 눈에 제시된 자극들의 밝기 비율 조건에 따라 Pulfrich 깊이의 변화를 개인별로 살펴보았다. 각 밝기 비율 조건들 간의 차이를 살펴보기 위해 특정 밝기 비율 조건에서 얻어진 평균과 표준편차로부터 95%의 신뢰구간을 구한 후 비교대상의

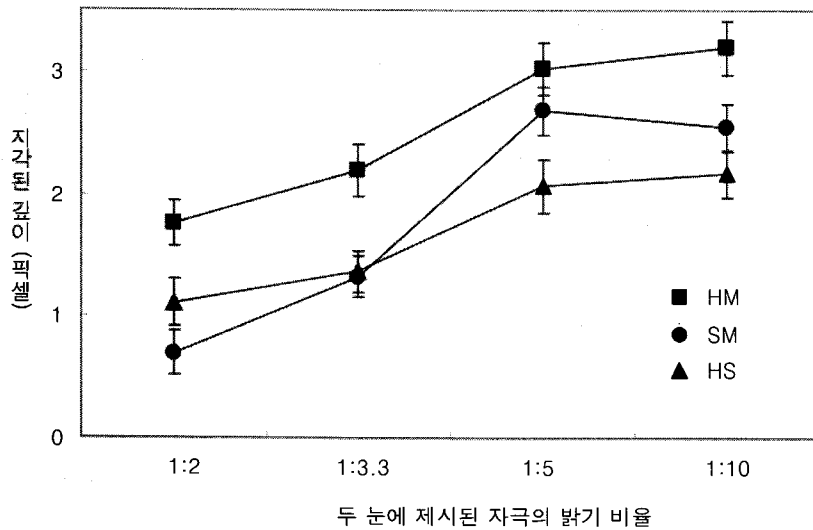


그림 4. 두 눈에 제시된 자극의 밝기 비율에 따라 지각된 Pulfrich 깊이가 각 개인별로 제시되어 있다.

밝기 비율 조건의 평균이 특정 밝기 비율 조건의 평균치의 신뢰구간 내에 포함되는지의 여부를 살펴보았다.¹⁾ 관찰자 HM의 경우 각 밝기 비율 조건별 평균값들을 비교한 결과 1:5 조건에서 얻어진 Pulfrich 깊이의 95% 신뢰도 구간 내에 1:10 조건에서 얻어진 Pulfrich 깊이가 포함되어 1:10 조건의 Pulfrich 깊이는 1:5 조건의 Pulfrich 깊이와 유의한 차이가 없는 것으로 판단할 수 있지만 1:2와 1:3.3, 그리고 1:3.3과 1:5 조건 간에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 그리고 이들 조건들에서는 밝기 비율이 커질수록 Pulfrich 깊이는 증가하는 것으로 나타났다. 관찰자 SM의 경우도 HM과 유사하게 Pulfrich 효과에서 1:5와 1:10 조건에서는 유의한 차이를 보이지 않았지만 나머지 1:2와 1:3.3, 1:3.3과 1:5 조건 간에는 유의한 차이가 있는 것

1) 두 밝기 비율 조건에서 얻어진 각각의 가우시안 함수의 평균과 표준 편차를 이용하여 t-검증을 통해 두 밝기 비율 조건에서의 깊이차를 비교할 경우 t-통계치는 두 함수의 차이를 두 함수의 표준오차로 나누어야 한다. 본 실험에서는 한 조건의 가우시안 함수를 구하기 위해 720번의 시행을 실시했으므로 두 함수의 표준오차가 매우 작아져 결과적으로 거의 대부분의 비교들이 유의한 것으로 판단될 수 있다. 따라서 보다 보수적인 판단을 위해 본문에서 기술한 방법을 사용하였다.

로 나타났다. 그리고 평균값의 변화를 보면 알 수 있듯이 밝기 비율이 커질수록 Pulfrich 깊이는 유의하게 증가하는 것으로 나타났다. HS의 경우 나머지 두 명의 관찰자와 유사하게 1:5와 1:10 조건, 1:2와 1:3.3조건에서는 유의한 차이를 보이지 않았으며 1:3.3조건과 1:5조건 간에는 유의한 차이가 있었고 밝기 비율이 커질수록 Pulfrich 깊이가 증가하는 것으로 나타났다.

실험 1-2. 각 운동 자극의 밝기차이에 따른 FLE의 크기 측정

실험 1-1에서는 각 눈에 제시되는 운동 자극의 밝기 비율이 1:10, 1:5, 1:3.3, 1:2인 조건들이 선정되었고 각 조건에서 얻어진 Pulfrich 효과의 크기로부터 밝기 비율이 다른 자극들 간의 양안 시차를 추정하였다. 본 실험의 목적은 실험 1-1에 포함된 각기 다른 밝기 자극의 FLE를 독립적으로 측정한 후 이들 자극으로부터 얻어진 FLE들 간의 차를 구하고, 이 차이들이 실험 1-1에서 얻어진 양안 시차로 환산된 Pulfrich 효과의 크기와 유사한지를 비교하는 것이었다. 예를 들어, 두 눈에 제시된 자극의 밝기 비율이 1: 10인 조건에서의 Pulfrich 효과의 크기로부터 밝기 자극이 1과 10인 자극간의 양안 시차가 얻을 수 있었는데, 실험 1-2에서는 밝기가 1인 자극의 FLE와 밝기가 10인 자극의 FLE를 측정하여 두 FLE의 차이를 계산한 후 이 값이 실험 1-1에서 얻어진 양안 시차값에 해당되는 지를 확인하는 것이었다. 따라서 실험 1-1에 포함된 서로 다른 밝기비 수준(1:10, 1:5, 1:3.3, 1:2)에 포함된 다섯 수준의 밝기(1, 2, 3.3, 5, 10)를 실험 1-2에서 FLE를 측정한 운동 자극의 밝기 수준으로 결정하였다.

방 법

관찰자

실험 1-1에 참가한 동일한 관찰자가 실험에 참가하였다.

장치 및 자극 실험 1-1에 사용된 실험 상황과 가능한 한 동일한 실험 상황과 자극 하에서 실험 1-2를 실시하였다. 실험 1-1에서와 같이 왼쪽 눈에 투사될 영상과 오른쪽 눈에 투사될 영상을 각각 분리하여 두 눈 모두에 제시한 다음 입체경을 통해 FLE 자극을 보았지만 두 눈에 제시된 자극의 양안 시차는 없었고 필터도 없었기 때문에 모든 자극의 깊이 차이는 지각되지 않았다. 운동 자극 역시 실험 1-1과 동일한 크기와 속도로 움직였으며, 이 자극의 공간적 위치를 평가하기 위한 명멸 자극 역시 그 크기나 모양 그리고 지속시간이 실험 1-1과 같이 유지되었다. 그러나 본 실험은 FLE의 크기를 측정하는 실험이었기 때문에 실험 1-1과는 달리 운동 자극과 명멸자극의 깊이 차이가 아니라, 이차원 상에서의 위치차이를 측정하는 것이었다.

절 차

각 밝기 조건에 따른 실험 조건들 각각에 대해 독립적으로 실험이 실시되었다. 특정 밝기를 가진 운동 자극의 FLE의 크기는 항상법을 사용하여 측정하였다. 움직이게 될 자극이 제시되어 있는 상태에서 관찰자가 정해진 버튼을 누르면 해당 자극이 움직이기 시작하였다. 운동 자극의 위치를 평가하기 위한 명멸 자극의 위치는 모두 아홉 수준들 중 무선적으로 선정된 특정 위치에서 명멸되었고 관찰자들의 과제는 명멸 자극이 명멸하는 순간 운동 자극보다 왼쪽 혹은 오른쪽에 있었는지를 판단하는 것이었다. 관찰자가 운동 자극과 명멸 자극의 상대적 위치에 대한 반응을 끝마친 후 1초 후에 다음 시행이 준비되었다. 특정 밝기 조건에서는 모두 아홉 수준의 양안 시차를 가진 비교자극이 각각 20번씩 무선적으로 제시되었기 때문에 해당 조건의 시행 수는 180회이었다. 실험 1-1의 절차와 동등하게 해 주기 위해 180회의 시행이 끝난 후 밝은 곳에서 최소한 5분 이상의 휴식을 갖도록 하였다. 다섯 수준의 밝기 조건의 실시 순서는 무선적으로 결정되어 모든 수준의 밝기 조건을 수행하기 위해서는 총 720번의 시행을 수행해야 했다. 또한 다섯 수준의 밝기 조건을 하나의 블락으로 삼고 이를 네 번 반복 실시하였기 때문에 총 시행 수는 $3600(20\text{회} \times 9\text{ 수준의 비교자극} \times 5\text{ 수준의 밝기 수준} \times 4\text{번 반복})$ 회이었다.

결 과

특정 밝기 조건에서 모두 아홉 개의 비교자극 각각에 대해 20번의 반복 시행이 실시되었으며 이러한 실험을 네 번 반복 측정하였기 때문에, 아홉 개의 비교자극 수준 각각에서는 모두 80번의 시행이 반복되었다. 80번의 시행 중 명멸자극이 왼쪽에 있다고 판단한 비율을 프라빗 분석(Finney, 1971)을 통해 누적 가우시안 함수에 합치시킨 후 이 함수에서 명멸자극이 왼쪽에 있다고 판단한 비율이 50%가 되는 지점에 해당되는 명멸 자극의 위치를 해당 조건의 FLE 크기로 삼았다.

본 실험의 목적은 각 밝기가 다른 운동 자극의 FLE 크기를 측정하는 것이었다. 각 관찰자 별로 다섯 수준의 밝기 조건에서 Probit 분석을 통해 얻어진 FLE 효과의 크기와 표준편차가 그림 5에 제시되어 있다. 먼저 각 밝기조건에서 각 관찰자들이 FLE 깊이를 지각했는지를 확인하기 위해서, 가우시안 함수의 모수치를 이용하여 각 함수가 0(위치 오류가 일어나지 않은 경우)인지를 95% 신뢰 수준에서 살펴본 결과 모든 관찰자, 모든 조건에서 0이 아닌 것으로 나타나 실험에 포함된 모든 밝

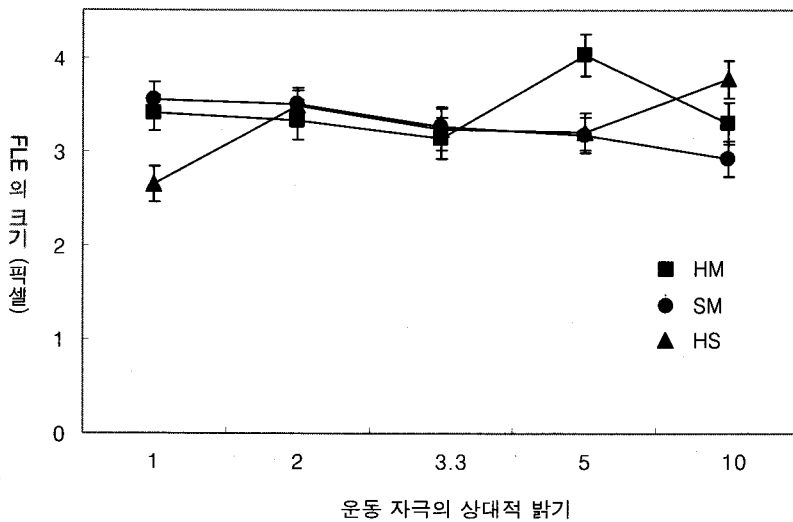


그림 5. 각 운동 자극의 상대적 밝기에 따라 지각된 FLE의 크기가 각 개인별로 제시되어 있다.

감기택 / 두 위치 오류 현상의 직접적인 비교: Pulfrich 현상과 명멸 지체 효과

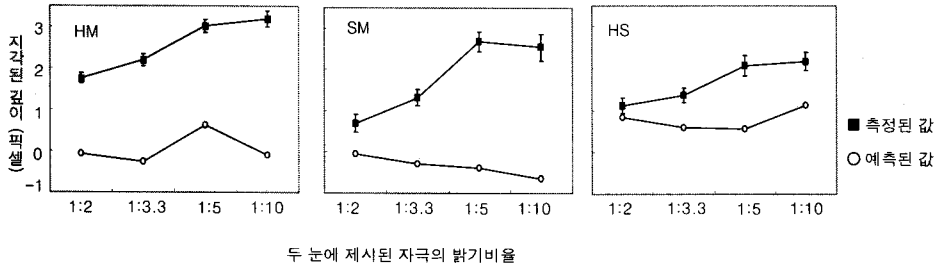


그림 6. 두 눈에 제시된 밝기 비율에 따라 측정된 Pulfrich 깊이와 해당 밝기를 가진 두 FLE의 크기차로부터 예측할 수 있는 Pulfrich의 깊이가 각 개인별로 제시되어 있다.

기 조건에서 모든 관찰자들은 FLE를 지각했음을 확인할 수 있었다. 또한 지각된 FLE의 크기가 실험에 포함된 각 밝기 조건별로 달라지는 지를 알아보기 위해서, 세 피험자로부터 얻어진 각 밝기 조건의 FLE 효과의 크기를 원자료로 삼아 각 밝기 조건별로 반복 측정 방안 변량분석을 실시하였다. 그 결과 각 밝기 조건별로 FLE의 크기에서 유의미한 차이를 발견하지 못했다($F(4,8) = .293, p > .05$).

두 실험 결과의 비교

본 연구의 목적은 각 눈에 투사된 밝기가 다른 두 자극으로부터 발생된 Pulfrich 깊이로부터 양안 시차를 구한 다음, 독립적으로 측정된 각 밝기 자극의 FLE의 크기로부터 밝기가 다른 두 자극의 FLE의 크기차를 구하는 것이었다. 이들 두 값이 유사한지를 살펴봄으로써 밝기가 다른 두 자극의 FLE 크기 차로부터 예측할 수 있는 Pulfrich 깊이와 실제 측정된 Pulfrich 깊이를 비교하는 것이었다. 각 개인별 자료로부터 측정된 Pulfrich의 깊이와 FLE로부터 예측된 Pulfrich 깊이를 살펴보기 위해 먼저 기본 밝기 조건인 밝기 조건 1에서 발견된 FLE 크기와 나머지 밝기 조건(2, 3.3, 5, 10)에서 얻어진 FLE의 크기간의 차이를 구하였다. 그림 6에서 검은 점은 실제 Pulfrich 효과를 측정된 실험 1-1의 결과를 개인별로 제시한 것으로 예를 들어 밝기 비율 1:2 조건에서 얻어진 양안 시차의 값은 각 눈에 제시된 운동 자극의 밝기가 각각 1과 2인 상황에서 측정된 Pulfrich 깊이 값이었다. 이와 달리 흰점으로

표시된 자극은 각 밝기 조건별로 구해진 FLE의 값으로부터 두 FLE의 값의 차를 나타내며, 이 값이 FLE로부터 예측할 수 있는 양안 시차의 값이다. 예를 들어 1:2에 표시된 흰점은 밝기가 1인 자극과 2인 자극 조건에서 얻어진 각 개인의 FLE의 크기차를 나타낸다. 만약 각 눈에 제시된 운동 자극의 FLE 값들의 차로부터 양안 시차가 계산되고 이 양안 시차로부터 Pulfrich 입체시 깊이가 지각되는 것이라면 실제 측정된 Pulfrich 깊이는 각각 독립적으로 측정된 FLE의 크기로부터 예상할 수 있다. 이를 위해서 각 개인별 자료로부터 측정된 Pulfrich 깊이(양안시차)와 예측된 Pulfrich 깊이(양안시차)를 비교해 보았다.

각 밝기 조건에 따른 예측된 값과 실제 측정된 값들의 전반적인 변화를 살펴보면 실제 측정된 Pulfrich 효과에서는 세 관찰자 모두에게서 공통적으로 각 눈에 투사된 자극의 밝기 비율이 커짐에 따라 지각된 Pulfrich 깊이가 증가하는 패턴을 보여주고 있지만 FLE의 크기로부터 예측된 값에서는 세 관찰자로부터 공통적으로 나타나는 패턴은 없었다. 각 개인별로 각 조건에서 예측된 값과 측정된 값을 직접적으로 비교해 보기 위해 실제 측정된 Pulfrich 값을 산출한 가우시안 분포의 평균과 표준 편차를 이용하여 FLE로부터 추정된 값이 해당 가우시안 분포의 95% 내에 포함되는 지를 살펴보았다. HM과 SM의 경우 네 수준 모두에서 FLE의 크기차로부터 예측된 Pulfrich 깊이는 실제 측정된 Pulfrich 깊이보다 작은 것으로 나타났으며, HS의 경우 1:2 조건에서만 예측된 Pulfrich 깊이가 실제 측정된 Pulfrich 깊이와 유의한 차이가 없었지만 나머지 세 조건에서는 예측된 Pulfrich 깊이가 실제 측정된 Pulfrich 깊이보다 작은 것으로 나타났다.

논 의

실험 1-1과 실험 1-2에서 얻어진 결과에서 두 실험의 모든 조건에서 참가자 전원이 위치 편파를 보고하여, 실험에 포함된 밝기 범위 내에서 FLE와 Pulfrich 두 현상이 모두 발생됨을 확인할 수 있었다. 그러나 Pulfrich 효과를 측정한 실험 결과와 FLE를 측정한 실험 결과는 밝기의 변화에 따라 두 현상에서 나타나는 위치오류의 크기 변화의 형태가 서로 다름을 보여주었으며, 각 개인별 자료를 이용하여 FLE로

부터 예측한 Pulfrich 깊이와 실제 동일 조건에서 측정된 Pulfrich 깊이를 비교한 자료에서도 두 값들은 서로 다른 것으로 나타났다. 보다 구체적으로 첫째, 세 사람의 자료를 이용하여 실험 1-1과 실험 1-2의 결과를 변량분석한 결과에서 Pulfrich 깊이는 밝기 변화에 따라 달라지는 것으로 나타난 반면, FLE의 크기는 밝기 변화에 따라 유의미한 차이가 발견되지 않았다. 둘째, Pulfrich 깊이에서는 세 사람의 자료 모두에서 밝기 변화에 따라 Pulfrich 깊이가 증가하는 형태를 보여주었지만, FLE의 결과에서는 공통적으로 나타나는 형태가 없었다. 마지막으로, 두 밝기 조건의 FLE의 결과로부터 예상할 수 있는 Pulfrich 깊이와 동일한 두 자극을 각 눈에 투사한 후 측정된 Pulfrich 깊이를 각 개인별 자료를 통해 비교해 본 결과 관찰자 HS의 1:2 조건의 결과를 제외하고 모든 관찰자의 모든 밝기 비율 조건에서 두 값은 차이가 나는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 두 현상이 동일한 기제에 의해서 발생되지 않았음을 보여주는 것으로 해석할 수 있다. 즉, 각 단안 수준에서 운동 자극에 대한 위치 오류가 발생하고 밝기가 다른 두 운동 자극의 위치 오류가 양안 시차로 작용하여 Pulfrich 깊이가 발생되는 것이 아님을 본 연구의 결과는 보여준다.

각기 다른 위치 편파현상들을 하나의 통합된 이론으로 설명하려는 여러 시도가 있었다. 대표적인 연구들 중의 하나는 FLE 현상과 Frölich 효과이다(Frölich, 1923). Frölich 효과는 어떤 대상으로부터 가려져 있던 대상이 움직이면서 가리고 있는 대상의 윤곽 밖으로 튀어나올 때 운동 자극이 가리고 있는 대상의 윤곽에서부터 움직임이 시작된 것으로 지각되는 것이 아니라 윤곽에서부터 운동 방향 쪽으로 편파된 지점에서 움직임이 시작된 것으로 지각되는 것이다. 운동 자극이 운동 방향으로의 위치 편파가 일어난다는 점에서 두 효과가 서로 유사점이 있으며 특히 Frölich 효과는 FLE의 한 특수한 상황 즉 운동이 발생하는 시점에서 발생하는 FLE 현상으로 고려할 수도 있으며, 이에 따라 두 효과들을 하나의 통합된 이론으로 설명될 수 있는지를 살펴보기 위한 여러 연구들(Aschersleben & Müusseler, 1999; Müusseler & Aschersleben, 1998; Müusseler, Stork, & Kerzel, 2002; Kreegipuu & Allik, 2003)이 수행되었다. 이차원 상에서의 위치 오류인 두 현상을 비교하는 것은 그 현상적인 유사점으로부터 두 현상이 동일한 기제로부터 발생된 것인지에 대한 경험적인 자료를 얻을 수 있다.

이에 덧붙여 본 연구와 같이 이차원 상에서의 위치오류와 삼차원 상에서의 위

치 오류를 직접적으로 비교함으로써, 시각 정보 처리 과정의 어느 수준에서 특정 효과가 발생하는지를 추론할 수 있는 부가적인 정보를 얻을 수 있다. FLE는 단안(monocular)에서도 발생할 수 있는데 반해 Pulfrich는 양안(binocular) 정보가 주어지는 상황에서 발생된다. 이러한 차이점은 시각정보 처리 경로 상에서 위치 편파의 현상이 양안 정보가 합쳐지는 위치를 기준으로 상대적으로 어떤 수준에서 발생하는지를 추론할 수 있게 한다. Pulfrich 효과는 양안에 의해서 발생하는 것이므로 반드시 양안 정보가 합쳐지는 수준이나 그 이후에 발생한 것으로 생각할 수 있다. 만약 FLE가 양안 정보가 합쳐지기 전에 발생된다면 각 눈에 투사된 두 운동 자극의 FLE의 차가 양안 시차로 작용하여 입체시 깊이를 만들어 낼 것을 가정할 수 있다. 이 경우 Pulfrich 깊이는 두 운동 자극의 FLE의 크기차로부터 직접 예측할 수 있다. 그러나 본 연구의 여러 자료들은 이러한 가정과는 상반된 결과를 보여준다. 따라서 FLE는 비록 단안으로도 지각될 수 있지만 FLE의 효과는 양안 정보가 합쳐지는 수준보다 더 이른 수준에서 결정되는 것이 아님을 보여주며, FLE 현상이 상대적으로 (양안 정보가 합쳐지는 수준을 기준으로) 고차 수준에서 발생될 수 있음을 시사한다.

이러한 가능성은 운동 자극이 아닌 다른 변화되는 자극에서나 혹은 다른 감각 양식에서도 FLE와 유사한 현상이 발견된다는 결과들과 일치하는 결과로 해석할 수 있다. 예를 들어, 고정된 위치에서 색깔과 같은 속성이 연속적이고 체계적으로 변화되는 자극 옆에 특정 색깔의 자극을 명멸시킨 후 변화되는 자극과 명멸 자극의 색상을 비교하는 경우에서도 명멸 지체 효과와 유사한 현상이 발견된다(Sheth, Nijhawan, & Shimojo, 2000). 또한 이러한 현상은 시각 자극에만 국한되는 것이 아니라 청 지각(Alais & Burr, 2003; 개관을 위해 Krekelberg, 2003)이나 신체 운동(motor) 지각(Nijhawan & Kirschfeld, 2003)에서도 발생된다. 이러한 결과는 FLE에서 발생하는 위치 편파 현상이 단순히 운동 자극의 위치 결정에만 관련된 것이 아니라 시간적으로 변화되는 자극을 처리하는 일반적인 기제일 가능성이 있으며 정보처리 단계에서 상대적으로 후기 수준에서 발생하는 현상일 가능성이 있음을 시사한다.

참고문헌

- Alais D, & Burr D. (2003). The “Flash-Lag” effect occurs in audition and cross-modally. *Current Biology*, 13(1), 59-63.
- Aschersleben, G., & Müusseler, J. (1999). Dissociations in the timing of stationary and moving stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 1-12.
- Finney, D. J. (1971) *Probit Analysis*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Freeman, R. D., & Ohzawa, I. (1990). On the neurophysiological organization of binocular vision. *Vision Research*, 30, 1661-1676.
- Frölich, F. W. (1923). Ueber die Messung der Empfindungszeit [About the measurement of the sensation time]. *Zeitschrift für Sinnesphysiologie*, 54, 58-78.
- Julesz, B. (1971). *Foundations of cyclopean perception*. University of Chicago Press, Chicago.
- Khurana, B., & Nijhawan, R. (1995). Extrapolation or attention shift? *Nature*, 378, 566.
- Kirschfeld, K., & Kammer, T. (1999). The Frölich effect: a consequence of the interaction of visual focal attention and metacontrast. *Vision Research*, 39, 3702-3709.
- Kreegipuu, K., & Allik, J. (2003). Perceived onset time and position of a moving stimulus, *Vision Research*, 43, 1625-1635.
- Krekelberg, B (2003) Sound and vision. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(7), 277-279.
- Krekelberg, B. (2001). The persistence of position. *Vision Research*, 41, 529-539.
- Krekelberg, B., & Lappe, M. (1999). Temporal recruitment along the trajectory of moving objects and the perception of position. *Vision Research*, 39, 2669-2679.
- Krekelberg, B., & Lappe, M. (2000). A model of the perceived relative positions of moving objects based upon a slow averaging process. *Vision Research*, 40, 201-215.
- Lappe, M., & Krekelberg, B. (1998). The position of moving objects. *Perception*, 27, 1437-1449.
- Lit, A. (1960a). “Effect of Target Velocity in a Frontal Plane on Binocular Spatial Localization at Photopic Retinal Illuminance Levels.” *Journal of the Optical Society of America*, 50, 970-973.

- Lit, A. (1960b). The magnitude of the Pulfrich stereo-phenomenon as a function of target velocity, *Journal of Experimental Psychology*, 59(3), 165-175.
- MacKay, D. M. (1958). Perceptual stability of a stroboscopically lit visual field containing self-luminous objects. *Nature*, 181, 507-508.
- Morgan, M. J., & Thompson, P. (1975). Apparent motion and the Pulfrich effect, *Perception*, 4, 3-18.
- Müsseler, J., & Aschersleben, G. (1998). Localizing the first position of a moving stimulus: the Frölich effect and an attention-shifting explanation. *Perception & Psychophysics*, 60, 683-695.
- Müsseler, J., Stork, S., & Kerzel, D. (2002). Comparing mislocalizations with moving stimuli: the Frölich effect, the flash-lag, and representational momentum. *Visual Cognition*, 9, 120-138.
- Nickalls, R. W. D. (1996). The influence of target angular velocity on visual latency difference determined using the rotating Pulfrich effect, *Vision Research*, 36, 2865-2872.
- Nijhawan, R. (1994). Motion extrapolation in catching. *Nature*, 370, 256-257.
- Nijhawan, R., & Kirschfeld, K. (2003). Analogous Mechanisms Compensate for Neural Delays in the Sensory and the Motor Pathways: Evidence from Motor Flash-Lag. *Current Biology*, 13(9), 749-753.
- Pulfrich, C. (1922). Die stereoskopie im dienste der isochromen und hetero chromen photometrie. *Die Naturwissenschaften*, 10, 553-564.
- Purushothaman, G., Patel, S., Bedell, H., & Ogmen, H. (1998). Moving ahead through differential visual latency. *Nature*, 396, 424-425.
- Rohaly, A. M., & Wilson, H. R. (1999). The effects of contrast on perceived depth and depth discrimination. *Vision Research*, 39, 9-18.
- Sheth, B. R., Nijhawan, R., & Shimojo, S. (2000). Changing objects lead briefly flashed ones. *Nature Neuroscience*, 3(5), 489-495.
- Wheatstone, C. (1838). Contributions to the physiology of vision. Part I-On some remarkable and hitherto unobserved phenomena of binocular vision. *Philosophical*

Transaction of Royal Society, 142, 1-17.

Whitney, D., & Murakami, I. (1998). Latency difference, not spatial extrapolation. *Nature*, 1, 656-657.

Whitney, D., Cavanagh, P., & Murakami, I. (2000). Illusory spatial offset of a flash relative to a moving stimulus is caused by differential latencies for moving and flashed stimuli. *Vision Research*, 40, 137-149.

Whitney, D., Murakami, I., & Cavanagh, P. (2000). Temporal facilitation for moving stimuli is independent of changes in direction. *Vision Research*, 40, 3829-3839.

1 차원고접수 : 2007. 8. 31

최종게재승인 : 2007. 9. 28

(Abstract)

Direct Comparison of Two Mislocalization Phenomena: The Pulfrich Phenomenon and Flash Lag Effect

Keetaek Kham

Kangwon National University

Two well known mis-localization effects, flash-lag effect (FLE) and the Pulfrich effect, have similar phenomena and theoretical explanations. In order to directly compare two phenomena, thereby examining the possibility that two phenomena have a common mechanism, the magnitudes of two effects were measured under the same experimental settings and stimuli. The Pulfrich depth was measured from each of four different brightness ratios of two moving stimuli, each of which was projected to each eye. The magnitude of FLE was measured from each of five different brightness levels, which were the same levels used in the Pulfrich experiment. The Pulfrich depth was increased with the increase of brightness ratio, whereas similar pattern was not found in the magnitude of FLE. Furthermore, actual Pulfrich depths were greatly different from those predicted from the difference of two FLEs. These results suggest that two phenomena may not have a common mechanism.

Key words : Mis-localization phenomenon, the Pulfrich effect, Flash-lag effect