

점선과 주변자극의 추가가 café wall 착시에 미치는 효과*

The effect of added dotted line and surrounding stimulus on the café wall illusion

정우현**† · 차한님**

Woo-Hyun Jung**† · Han-Nim Cha**

충북대학교 심리학과**

Department of Psychology, Chungbuk National University**

Abstract

Two experiments were conducted to examine how additional dotted lines and peripheral stimulus to the café wall illusion affect on the degree of perceived tilt (amount of illusion) and confidency of illusionary perception. The experiment 1 tested the effects of adding mortar (solid line) and bright contrast dotted lines to the borderline of 3 layers of blocks, which are consisted of black and white blocks. On the experiment 2, effects of adding peripheral stimulus on café wall illusion were tested. The results of experiment 1 showed that adding dotted line on the borderline mortar between blocks has additive effects on confidency of illusory perception. However, no effect on perceived amount of illusion was noted. On the other hand according to the results of experiment 2, adding blocks did increase amount, but not confidency of illusory perception. These results imply that the perception of café wall illusion is related with response of orientation selective neurons.

Keywords : café wall, illusion, mortar line, tilt perception, degree of tilt, additive effect

요약

점선의 추가와 주변 자극의 추가가 café wall 착시에서 지각된 착시량과 착시에 대한 확신도에 미치는 효과를 알아보기 위해 두 편의 실험을 수행하였다. 실험 1에서는 흰 색과 검은 색 벽돌이 나열된 세 줄의 벽돌 층의 수평 경계에 흰색 벽돌과 검은색 벽돌의 중간 밝기를 가지는 회색 선분(모르타르:mortar)과 벽돌과 반대 밝기의 점선을 추가하였을 때 착시에 미치는 효과를 알아보았다. 실험 2에서는 실험 1에서 사용한 자극에 벽돌 층을 추가하여 주변자극의 추가에 따라 café wall 착시가 어떻게 달라지는지 살펴보았다. 실험 결과 회색 경계선에 점선을 추가하는 것은 착시 지각의 확신도에는 가산적으로 영향을 미치는 것으로 나타났으나 지각된 착시량에서는 가산적 영향이 나타나지 않았다. 반면 벽돌 층의 추가는 지각된 착시량에는 영향을 미쳤지만 착시지각의 확신도에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 논의에서는 이러한 결과가 시각피질의 방위 선별적 세포의 반응과 관련이 있을 가능성에 대해 제안하였다.

주제어 : café wall, 착시, 모르타르 선분, 기울기 지각, 기울기량, 가산적 효과

* 이 논문은 2009년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음 (This work was supported by the research grant of the Chungbuk National University in 2009).

† 교신저자 : 정우현(충북대학교 심리학과)

E-mail : com4man@gmail.com

TEL : 043-261-2189

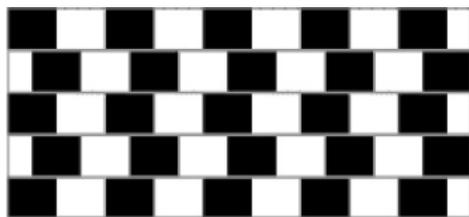
FAX : 043-269-2188

1. 서론

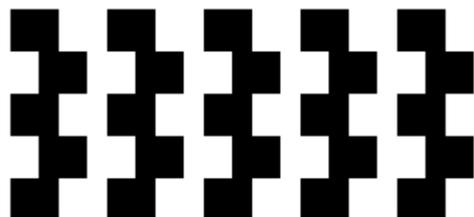
인간이 주어진 시각 정보를 처리하는 과정에서 정보가 왜곡되는 현상이 나타날 수 있다. 정보가 왜곡되어 지각되는 현상을 흔히 착시(illusion)라고 부른다. 수평 선분들이 기울어진 것처럼 지각되는 대표적인 착시 현상이 café wall 착시이다. 현재 café wall 착시라고 불리는 현상은 Gregory와 Heard(1979)에 의해 명명되었다. 그림 1의 (a)는 대표적인 café wall 착시 자극이다. 자극을 보면 위아래로 배열된 벽돌 층 사이에 놓인 회색 선분(모르타르: mortar)이 기울어진 것처럼 지각된다. 또한 벽돌 층이 배열된 순서에 따라 모르타르의 방위가 변하는 것도 관찰할 수 있다.

Münsterberg(1897)의 연구에서 사용한 café wall 착시 자극은 그림 1의 (c)처럼 모르타르 선분이 검은색으로 이루어졌다. 그의 연구 결과 café wall 착시에서 지각되는 선분의 기울어짐 현상은 거의 지각되지 않았다. 이후 Gregory와 Heard(1979)는 모르타르 선분의 밝기가 기울어짐 지각에 중요한 역할을 한다는 것을 밝혔다. Gregory와 Heard는 모르타르 선분의 밝기가 흰색 벽돌과 검은색 벽돌의 밝기 사이에 위치할 때 기울기 지각이 잘 일어난다고 보고했다. Kitaoka, Pinna 그리고 Brelstaff(2004)는 자극을 구성하는 요소의 대비 양극성이 café wall 착시의 방향을 결정짓는 것을 알아냈다. 이들은 실제로 다양한 종류의 café

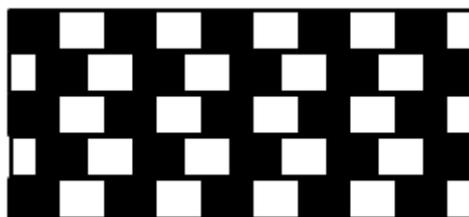
wall 착시 자극을 만들어 현상을 확인하고 방향성을 알아보았다. 이들이 만든 새로운 형태 자극에는 (1)흰색과 검은색 벽돌 사이에 밝기 단계를 추가한 자극, (2) 흰색, 검은색 벽돌 사이에 바탕색인 회색이 보이는 자극, (3) 회색 모르타르 선분 대신 흰색과 검은색 분절이 연결된 선분이 추가된 자극, (4) 배경이 회색이고 제시되는 벽돌이 모두 검은색인 자극, (5) 모르타르 선분을 기준으로 아래쪽 벽돌과 위쪽 벽돌의 색이 다른 자극, (6) 회색 모르타르 선분이 아닌 흰색과 검은색의 아주 짧은 분절이 추가된 자극 등이 있었다. 그림 1의 (d)의 자극은 Kitaoka 등(2004)의 연구에서 사용되었던 자극을 단순하게 표현한 것이다. 모르타르 선분이 위치하는 부분에 흰색과 검은색 점이 있어도 착시가 지각된다. 그림 1에 제시된 네 종류의 자극에서 볼 수 있듯이 café wall 착시 자극에는 수직 혹은 수평 방위 정보만이 존재한다. 인간은 수평과 수직 선분에 대해 더 민감하게 반응 하도록 조율된 방위 선별적 세포(orientation selective cell)를 가지고 있다. 이러한 세포들의 활동으로 인해 수직 혹은 수평 선분을 더 잘 지각하는 현상을 사선 효과(oblique effect)라 한다(Appelle, 1972; Campbell & Kulikowski, 1966; Orban, Vandenbussche, & Vogels, 1984). 수직 또는 수평 방위의 자극을 더 민감하게 지각할 수밖에 없는 생물학적 근거에도 불구하고 존재하지도 않는 사선 방위의 선분을 지각한다는 것은 놀랄만한 일이다.



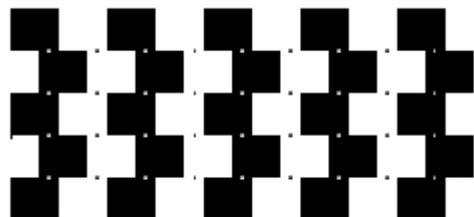
(a) typical stimulus of café wall illusion



(b) dotted line and gray line dose not exist



(c) black line only exist



(d) dotted line and gray line exist

Figure 1. (a) is the typical stimulus of café wall illusion. (b) is dotted line and gray line dose not exist, dotted line only exist in (c), black line only exist in (d).

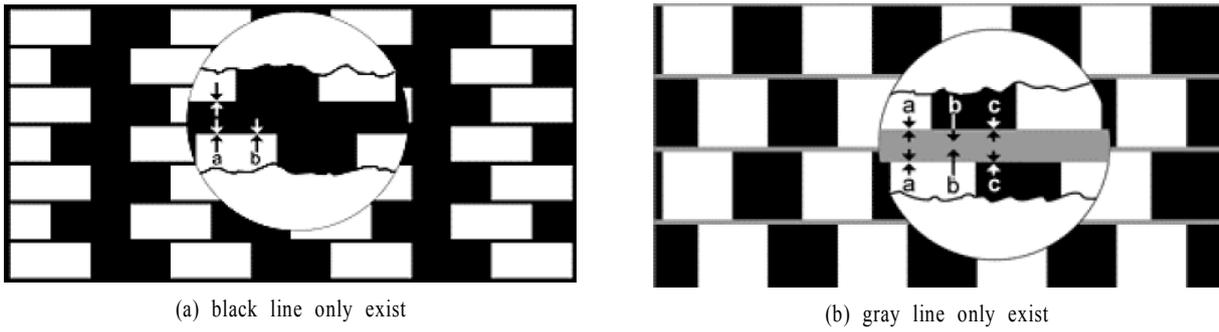


Figure 2. Border locking model was provided by Gregory & Heard(1979). In the condition of (a), the illusion was not occurred because of the rectangles and mortar's signal strength were same. In the condition of (b), the illusion was occurred because of the rectangles and mortar's signal strength were different.

Gregory와 Heard(1979)의 연구에 따르면 벽돌사이에 제시되는 모르타르 선분이 흰색이거나 검은색으로 제시되면 기울어져 지각되지 않는 반면, 모르타르 선분의 밝기가 두 벽돌 사이의 중간 밝기를 가지면 착시가 강하게 지각되었다. 이들은 기울기 지각현상을 경계-잠금 모델(border locking model)을 통해 설명했다(그림 2). 그림 2의 (a)에서 볼 수 있듯이 흰색과 검은색 벽돌이 방출하는 신호와 검은색 모르타르 선분이 방출하는 신호의 강도가 동일하다. 따라서 기울기 지각이 이루어지지 않는다. 그러나 그림 2의 (b)에서처럼 모르타르 선분과 벽돌이 보내는 신호가 다르다면 기울기 지각이 이루어진다고 Gregory와 Heard는 설명했다. 이들의 설명은 직관적으로 쉽게 이해되기는 하지만 어떻게 이러한 신호가 기울기 착시를 만들어내는지에 대한 구체적인 설명이나 신경생리학적 기제에 대한 언급 없이 추상적인 수준에 머물러 있다는 한계가 있다. Café wall 착시는 매우 흥미로운 현상이고 인

간의 시각체계를 이해할 수 있는 중요한 정보를 제공할 수 있음에도 불구하고 의외로 그에 대한 연구가 매우 부족한 실정이다. 그나마 존재하는 café wall 착시에 대한 기존 연구들도 café wall 착시 현상이 발생하는 조건을 기술하는 차원에 머물러 있거나(Kitaoka, Pinna, & Brelstaff, 2001; Kitaoka 등, 2004) 공학자의 입장에서 필터를 제안하는(Lulich & Stevens, 1989) 수준이다. 기존의 연구들은 기울기 착시가 더 잘 이루어지는 조건 등에 대해서 나열하거나 그 발생 원인에 대한 가설이 추상적으로 이루어지고 있다는 한계가 있다. Café wall 착시가 발생하는 메커니즘을 밝히거나 그 메커니즘의 특성을 이해하기 위한 심리학적 연구의 필요성이 요구된다.

Café wall 착시가 시각 경로의 후기 단계에서의 정보처리와 관련이 있을 수도 있지만 본 연구에서는 V1의 방위선별적인 단순 세포(simple cell)의 수용장과 관련하여 café wall 착시의 발생 기제를 설명할 수 있는

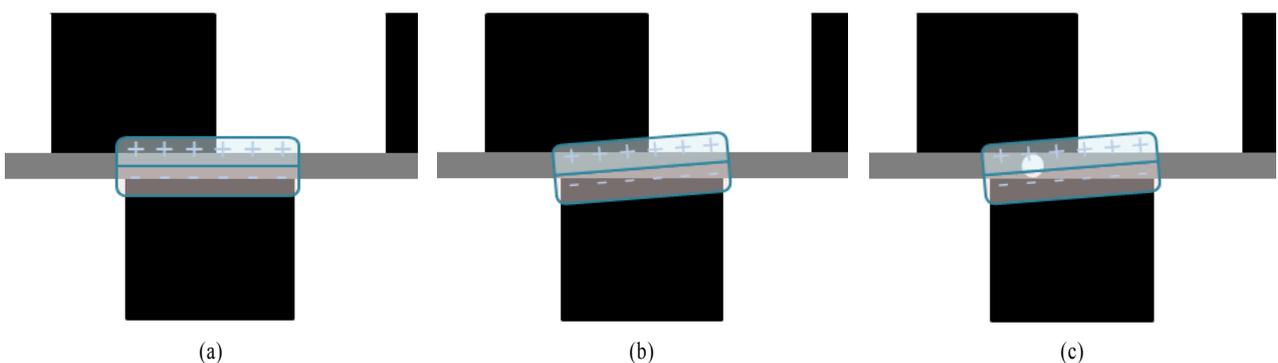


Figure 3. The figure to show café wall illusion explained by receptive field of simple cell

가능성을 살펴보았다. Café wall 착시가 방위(orientation) 지각과 관련된 착시라는 점을 고려하면 V1의 단순 세포들의 반응과 관련이 밀접할 것으로 추론할 수 있다. 그림 3의 (a)에서처럼 벽돌과 모르타르 선에 수평적으로 단순세포의 수용장이 위치하게 되면 흥분영역(+로 표시된 영역)과 억제영역(-로 표시된 영역)의 입력이 동일하여 상쇄되고 이러한 수용장을 가진 단순세포는 거의 반응하지 않게 된다. 그러나 (b)에서처럼 수용장이 약간 기울어 놓이게 되면 흥분성 영역의 입력은 증가하게 되고 억제성 입력은 감소하게 되어 세포의 발화 가능성이 높아진다. 만약 (c)에서처럼 흥분성 영역에 더 많은 입력이 주어지면 세포의 반응은 더욱 커질 것이다. 만약 모르타르 선이 존재하지 않는다면 수용장이 기울어지더라도 흥분성 영역과 억제성 영역에서 얻는 이득이 미미하므로 café wall 착시가 약하게 지각될 것이다. 이는 왜 café wall 착시 자극에서 실제로 존재하지 않는 사선방향의 방위 지각이 발생하는지에 대한 한 가지 설명이 될 수 있다. 본 연구에서는 이러한 가능성을 실험적으로 검증하기 위해 실제로 모르타르 선이나 점선이 추가되면 café wall 착시 지각이 더 분명해 지는지 그리고 모르타르 선에 점선을 추가하면 그림 3의 (c)에서처럼 흥분성 입력이 더 강해지므로 가산적 효과가 발생할 수 있는지를 살펴보았다.

Café wall 착시는 심리학적으로 두 가지 측면으로 나누어 생각해 볼 수 있다. 하나는 기울기가 얼마나 많이 기울어진 것으로 보이는가에 대한 판단, 즉 기울기 정도 측면이고 다른 하나는 모르타르 선분이 기울어진 것처럼 지각되는 현상이 얼마나 분명하게 느껴지는가에 대한 확신 정도의 측면이다. 이 두 가지는 동일한 것이 아님에도 불구하고 이 두 측면을 나누어 살펴 본 연구는 전무한 실정이다. 본 연구에서는 다양한 조건에서 지각된 기울기량과 기울기 확신도 사이의 차이를 비교하여 café wall 착시와 관련된 메커니즘의 특성을 밝히기 위해 두 편의 실험을 수행하였다. 만약 café wall 착시가 단순 세포의 수용장 반응과 관련이 있다면 흥분성 입력이 증가하고 억제성 입력이 약해지는 경우 세포의 반응이 더 활발해질 것이고 착시의 지각도 강력해질 것이지만 방위가 더 기울어 보이는 것과 같은 효과가 나타나지 않을 것이다. 반대로 만약 착시지각의 강도를 증가시켰을 때 기울어져 있는 정도도 다르게 지각된다면 이는 café wall 착시가 시각정보처리의 더 후기 단계에서 복잡한 상호작용의

결과에 따라 발생하는 것이라고 생각할 수 있다. 물론 착시 지각의 강도와 기울어진 정도에 대한 지각이 독립적이라고 하더라도 후기 단계의 정보처리와 관련된 가능성이 제거되는 것은 아니지만 단순세포의 수용장 개념이 잘못된 것인지는 확인할 수 있을 것이다.

실험 1에서는 점선의 추가와 주변 자극의 추가가 café wall 착시의 지각에 미치는 영향을 알아보았다. 본 연구에 사용된 자극은 Kitaoka 등(2004)의 연구에서 사용된 자극을 변형한 자극이었다. 그림 4의 (c)에서 볼 수 있는 것처럼 흰색과 검은색 벽돌의 배열로 이루어진 세 개의 층으로 자극이 구성되었다. 벽돌 층 사이에는 회색 모르타르 선분이 놓이거나 흰색과 검은색 점이 제시되었다. 기존의 연구들에 따르면 점선이 추가되면 점선의 기울기가 지각될 수 있다. 그러나 점선과 회색 선분이 공존할 경우 밝기 정보가 기울기 지각에 가산적 효과를 나타낼 것이라고 예측할 수 있다.

기존의 Gregory와 Heard(1979)의 연구와 Kitaoka 등(2004)의 연구에서 사용된 자극을 구성하는 벽돌 층의 수가 달랐다. Kitaoka 등은 두 개의 층으로 구성된 café wall 착시 자극을 사용했고 Gregory와 Heard의 연구에서는 다섯 개의 벽돌 층으로 구성된 자극을 사용했다. 주변 자극이 추가되면 주변 자극은 주변시에 상을 맺게 된다. 주변시에서는 세밀한 정보를 처리하기 어려우므로 방위 지각이 명확하지 않을 수 있다. 방위에 대한 부정확한 정보는 중심시에서 처리되는 정보에 피드백을 줄 수 있다. 따라서 만일 주변 자극이 추가되어 주변시의 정보가 중심시에서 처리되는 정보에 영향을 준다면 기울기 지각이 약해질 가능성도 배제할 수 없다. 따라서 벽돌 층의 추가로 인한 주변 자극이 기울기 지각에 미치는 효과를 알아볼 필요가 있다. Kitaoka 등(2004)의 연구에 따르면 층간 벽돌의 배열에 따라 지각된 기울기의 방향성이 결정 된다. 이들의 연구에 따르면 벽돌 층이 추가되었을 때 모르타르 선분의 방향성이 다양하게 나타날 가능성이 존재한다. 그때 벽돌 층간의 배열로 인해 발생하는 공간적 상호작용은 모르타르 선분의 지각된 기울기에 영향을 줄 것이고, 공간적 상호작용을 통해 기울기 방향성이 다양해지면 기울기 방향이 일정한 방향으로 수렴되는 현상이 발생할 수 있다. 이는 지각된 기울기를 심화시킬 가능성이 있으며 이를 확인하기 위해 실험 2에서는 층을 추가하여 추가된 주변 자극(층)이 기울기 지각에 미치는 효과를 알아보았다.

2. 실험

2.1. 실험 1. 추가된 접선이 café wall 착시에 미치는 효과

Café wall 착시 자극에 접선을 추가하여 추가된 접선이 착시에 미치는 효과를 알아보았다. 이를 위해 벽돌 층 사이의 수평 경계 부분에 접선과 회색 선분이 모두 없는 경우, 접선만 있는 경우, 회색 선분만 있는 경우 그리고 접선과 회색 선분이 모두 있는 경우의 기울기 착시량과 기울기 확산도를 비교해 보았다.

2.1.1. 참가자

충북대학교 심리학과에 재학 중인 학부생 다섯 명이 자발적으로 실험에 참가하였고, 본 연구의 연구자 한 명이 실험에 참가하였다.

2.1.2. 자극 및 장치

Café wall 착시 자극은 세 개의 벽돌 층으로 이루어졌다. 한 줄의 벽돌 층에는 네 개의 흰색 벽돌과 검은색 벽돌이 교대로 배열되었다. 벽돌 층의 수평경계에는 흰색과 검은색 벽돌의 중간 밝기의 회색으로 이루어진 점 혹은 선분이 제시되거나 아무것도 제시되지 않았다. 실험에 사용된 자극을 그림 4에 제시하였다. 그림 4의 (a)는 접선과 회색 선분이 모두 존재하지 않는 경우이고 (b)는 접선만 있는 경우, (c)는 회색 선분만 있는 경우이고 (d)는 접선과 회색 선분이 동시에 제시되는 경우이다.

자극에 사용된 회색의 밝기는 6.2cd/m²이었고 흰색의 밝기는 117.8cd/m², 검은색 밝기는 0.3cd/m²이었다. 검은색 벽돌의 색과 모르타르 선분 위치에 제시되는 검은 점의 밝기는 동일했다(흰색 벽돌과 흰색 점의 밝기도 동일함). 자극은 1024 X 768 화소의 해상도 조건에서 17인치 CRT 모니터 상에 제시되었다. 자극에서 실험참가자의 눈까지의 거리는 약 80cm이었으며 실험에 사용된 자극의 크기는 614 X 90 화소로 시각 (visual angle)으로는 9°64' X 2°17'이었다. 수평 경계에 제시된 회색 선분의 폭과 점의 지름은 3화소로 시각 (visual angle)으로는 0°7'이었다.

2.1.3. 절차

하나의 시행이 시작되면 화면의 왼쪽에 착시 자극이 무선적으로 제시되고 오른쪽에는 먼저 착시량을 측정하기 위한 점이 제시되었다. 실험참가자가 할 일은 왼쪽에 제시된 자극에서 느껴지는 수평 경계의 기울기만큼 오른쪽에 제시된 점을 이동시키는 것이었다. 점은 1화소씩 이동되었다. 점을 이동시켜 좌·우의 점을 연결 짓는 가상의 선분의 기울기를 통해 착시량을 측정하였다. 컴퓨터 화면 상에서 수평, 수직선과 45° 기울어진 사선을 제외하면 실제의 선분과는 다르게 표시된다. 이러한 제한점을 최소화하기 위해 점을 이동하는 절차를 사용하였다. 참가자가 원하는 만큼 컴퓨터 자판의 ‘Z’와 ‘/’를 눌러 점을 이동시킨 후 space bar를 누르면 기울기 확산도를 측정하기 위한 점수표가 제시되었다. 참가자는 왼쪽 자극의 수평 경계 부분에서 지각되는 기울기에 대한 확산의 정도를 0-5점 척도로 평가하였다. 숫자를 누르고 나면 다음 시행이 동일한 절차로 반복되었다. 그림 5에 실험절차

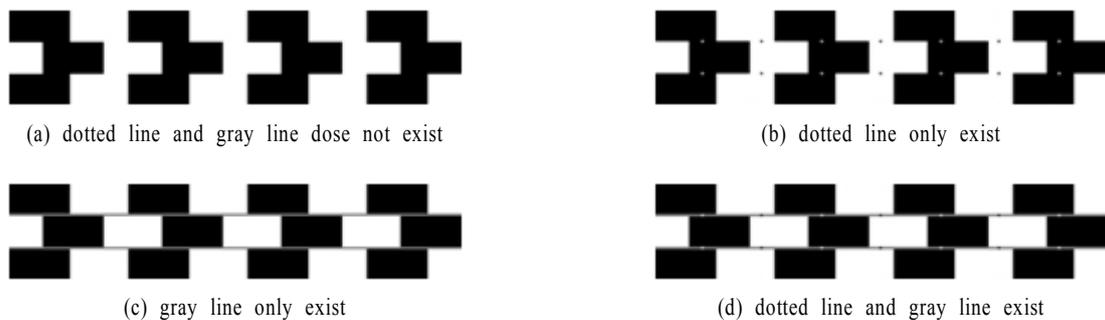
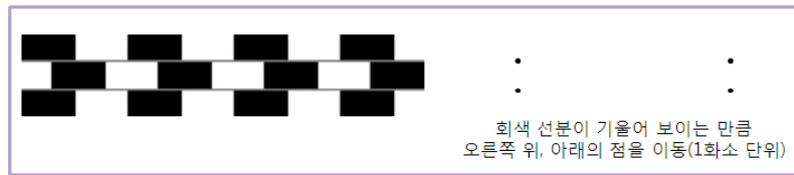


Figure 4. Stimuli was used in Experiment 1. (a) is dotted line and gray line dose not exist, dotted line only exist in (b), gray line only exist in (c) and dotted line and gray line exist in (d).



(a) The procedure to measure the degree of perceived tilt. If 'Z' or '/' key pressed, two dots in right side were closed or from away each other.



(b) The procedure to measure the confidency of illusion. Likert scale was used(0-5).

Figure 5. The procedure to measure the degree of perceived tilt (a) and the confidency of illusion (b).

를 제시하였다.

본 시행에 앞서 실험 참가자들은 점을 이동시키기 위해 자판이 익숙해지도록 연습시행을 하였고 기울기 확신도에 대한 정확한 이해를 위해 연습 실험을 수행하였다. 본 실험에서 자극은 총 48회(점선의 유무에 따른 조건 2 X 회색 선분의 유무 조건 2 X 반복 12) 제시되었다.

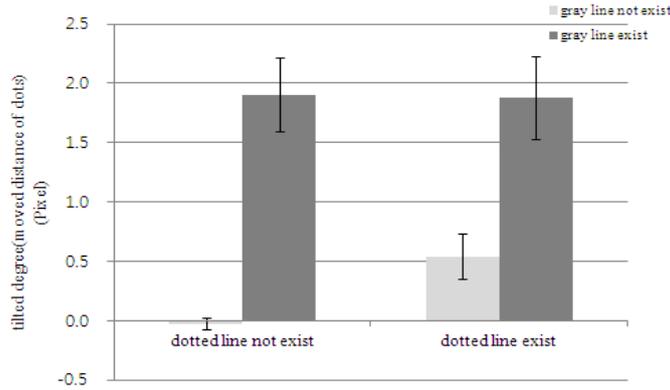
2.1.4. 결과 및 논의

점선의 유/무 두 수준과 회색 선분의 유/무 두 수준의 조합에서 나온 네 개의 자극 조건에 대한 기울기 착시량과 기울기 확신도에 대한 평정 점수를 반복측정 방안에 의한 2원 변량 분석을 실시하였다. 분석 결과 기울기 착시량에서는 점선의 유/무에 대한 주효과는 통계적으로 유의하였고($F_{(1,5)} = 62.05, MSE = 0.25, p < .05$), 회색 선분의 유/무에 대한 주효과는 통계적으로 유의미하지 않았다. 점선의 유/무와 회색 선분의 유/무에 따른 상호작용효과는 통계적으로 유의미하였다($F_{(1,5)} = 9.08, MSE = 0.10, p < .05$) 점선과 회색 선분이 모두 없는 경우에는 기울기 착시량 평균은 $-0.02(SD = 0.11)$, 점선만 있는 경우의 기울기 착시량 평균은 $0.54(SD = 0.47)$ 이었고, 회색 선분만 있는 경우의 기울기 착시량 평균은 $1.90(SD = 0.76)$, 회색 선분과 점선이 모두 있는 경우의 기울기 착시량 평균은 $1.88(SD = 0.85)$ 이었다. 이러한 차이를 *scheffé*의 방법으로 사후 분석한 결과 점선이 추가되었을 때 기울기 착시량이 통계적으로 유의미하게 높게 나타났고($p <$

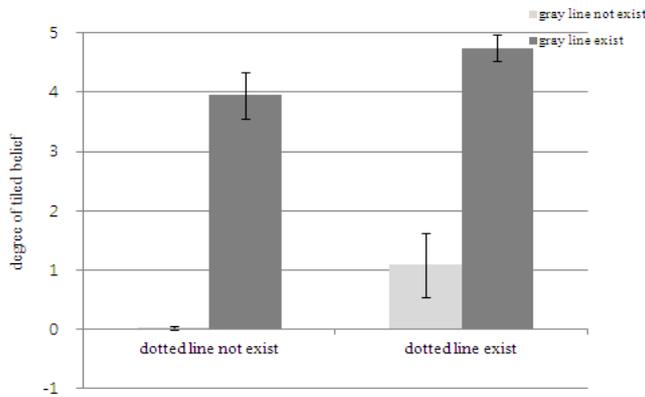
$.05$), 회색 선분에 의한 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다.

기울기 확신도에 대한 평정 결과를 분석한 결과 점선의 유/무에 대한 주효과는 통계적으로 유의하였고($F_{(1,5)} = 1667.12, MSE = 0.05, p < .05$), 회색 선분의 유/무에 따른 주효과도 통계적으로 유의미하였다($F_{(1,5)} = 155.66, MSE = 0.03, p < .05$). 점선과 회색 선분의 상호작용 효과는 통계적으로 유의미하지 않았다. 점선과 회색 선분이 모두 없는 경우에는 기울기 확신도 평균은 $0.01(SD = 0.03)$, 점선만 있는 경우의 기울기 확신도 평균은 $1.08(SD = 0.54)$ 이었고, 회색 선분만 있는 경우의 기울기 확신도 평균은 $3.95(SD = 0.40)$, 회색 선분과 점선이 모두 있는 경우의 기울기 확신도 평균은 $4.75(SD = 0.23)$ 이었다. 이 차이를 *scheffé*의 방법으로 사후 분석한 결과 점선이 추가 되지 않았을 때보다 점선이 추가되었을 때 기울기 확신도 점수가 통계적으로 유의하게 높고, 회색 선분이 없을 때 보다 회색 선분이 있을 때 기울기 확신도 점수가 통계적으로 유의하게 높은 것으로 나타났다($p < .05$). 그림 6은 각각 점선과 회색 선분의 유/무조건에서 지각된 기울기 착시량과 기울기 확신도 점수를 그래프로 나타낸 것이다. 그림 6에서 알 수 있듯이 점선이 추가되면 기울기 착시량이 증가했고 기울기 확신도 점수가 높아졌다.

그림 6의 (a)는 모르타르 선과 점선의 추가에 따른 기울어진 정도에 대한 결과이고 (b)는 착시 지각의 확신도에 대한 결과이다. 그림에서 알 수 있는 것처럼 모르타르 선과 점선이 모두 없는 경우에는 기울어진



(a) The degree of perceived tilt in experiment 1.



(b) the confidency of illusion in experiment 1.

Figure 6. Results of the experiment 1. The degree of perceived tilt (a) and the confidency of illusion (b).

것으로 지각되지도 않았고 당연히 착시 지각의 강도 측정에서도 전혀 착시를 지각하지 않는 것으로 나타났다. (b)의 그림에서 착시지각의 강도를 보면 모르타르 선이나 점선이 추가되면 착시지각이 발생하였으며 이 두 가지가 모두 추가된 경우 가산적 효과가 발생하였다. 대비의 측면에서 보면 회색 선분과 검은 영역의 밝기 차이(모르타르 선분만 추가된 경우의 대비)나 회색선분과 검은 색 부분의 밝기 차이와 회색 선분과 흰 점의 밝기 차이(모르타르 선분과 흰 점이 모두 추가된 경우의 대비)가 거의 마찬가지로이므로 모르타르 선분에 점선을 추가한 것이 가산적인 조작일 수 있는 가라는 의문의 여지가 있을 수 있다. 그러나 방위 선별적인 단순 세포의 수용장 측면에서 보면 그림 3의 (b)의 경우보다 (c)의 경우에 단순 세포의 입력 에너지가 커지게 된다는 점을 고려한다면 이러한 효과를 가산적이라고 표현할 수 있을 것이다. 자극의 측면에서도 수직방향의 대비를 비교한다면 회색선분만 제

시된 경우에는 검은 색 영역과 회색 영역의 대비만 있는 반면 (c)처럼 흰 점이 추가된 경우에는 검은 영역과 흰 점의 큰 대비 신호가 추가됨을 알 수 있다. 본 연구에서는 이러한 효과를 가산적 효과라고 기술하였다.

반면 기울어진 정도에서는 모르타르 선에 점선을 추가하더라도 가산적 효과가 발생하지 않았다. 이러한 결과는 그림 3에서 볼 수 있는 것처럼 단순세포의 수용장에 흥분성 입력이 증가하고 억제성 입력이 감소할수록 착시지각의 강도는 강해지지만 기울어진 정도에는 영향을 주지 않기 때문이라고 해석할 수 있다. 즉 café wall 착시가 단순세포의 반응과 밀접하게 관련되어 발생한다는 것을 시사하는 것으로 볼 수 있다. 이 결과만으로 café wall 착시의 발생이 후기 단계의 시각정보처리와는 무관하게 발생한다고 확신할 수는 없다. 이에 대한 논의를 종합논의 부분에서 살펴보았다.

2.2. 실험 2. 주변자극의 추가가 Café wall 착시에 미치는 효과

실험 1에서 사용한 실험자극을 기준으로 벽돌 층을 추가하여 주변자극의 추가가 café wall 착시 지각에 미치는 효과를 알아보았다. 이를 위해 실험 1에서 사용한 세 개의 벽돌 층으로 이루어진 자극, 다섯 개의 벽돌 층으로 이루어진 자극과 일곱 개의 벽돌 층으로 이루어진 자극을 사용하였다. Kitaoka 등(2004)의 연구에 따르면 벽돌의 배열에 따라 기울기의 방향이 결정된다. 이들의 연구 결과에 의하면 벽돌 층의 추가는

벽돌의 배열에 영향을 준다. 벽돌들의 배열에 의해 특정한 방향의 기울기가 지각될 수 있고, 벽돌 층이 추가되면 벽돌 층간 벽돌의 배열에 의해 자극 내의 공간적 상호작용이 증가하고 이에 따라 착시가 강하게 지각되는지를 실험 2에서 살펴보았다.

2.2.1. 참가자

실험 1과 동일한 참가자들이 실험에 참가했다.

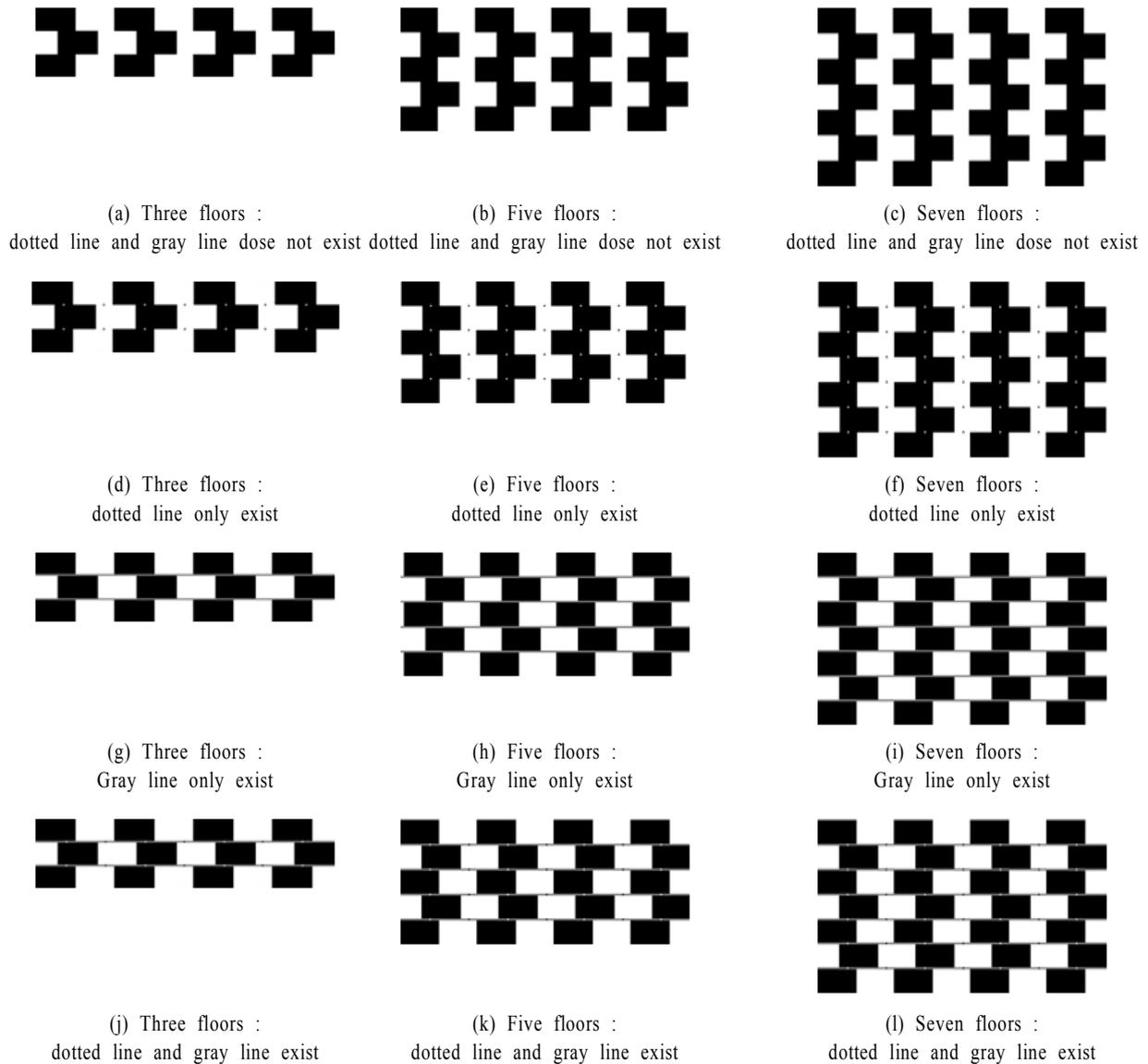


Figure 7. No any mortar line in (a), (b) and (c), dotted lines only exist in (d), (e) and (f). Gray lines only exist in (g), (h) and (i). dotted lines and gray lines exist in (j), (k) and (l).

2.2.2. 자극 및 장치

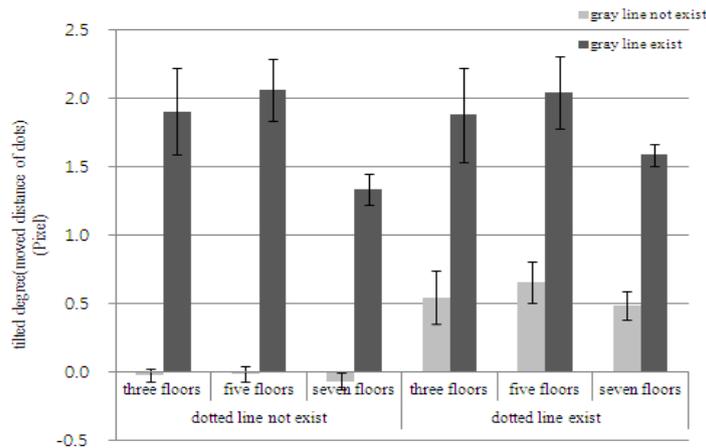
Café wall 착시 자극은 실험 1에서 사용한 자극을 기준으로 벽돌 층이 추가된 자극을 사용하였다. 실험에 사용된 자극을 그림 7에 제시하였다. 그림 7의 (a), (b), (c)는 접선과 회색 선분이 모두 존재하지 않는 경우이고 (d), (e), (f)는 접선만 있는 경우, (g), (h), (i)는 회색 선분만 있는 경우이고 (j), (k), (l)는 접선과 회색 선분이 동시에 제시되는 경우의 자극이다. (a), (d), (g), (h)는 세 개의 벽돌 층으로 이루어진 자극이고 (b), (e), (h), (k)는 벽돌 층이 다섯 개로 이루어져있고 (c), (f), (i), (l)는 일곱 개의 벽돌 층으로 이루어진 자극이다.

실험에 사용된 자극의 크기는 실험 1에서 사용된 자극 크기와 동일하였고 다섯 개의 벽돌 층으로 구성된 자극은 403 X 150 화소로 시각(visual angle)으로는

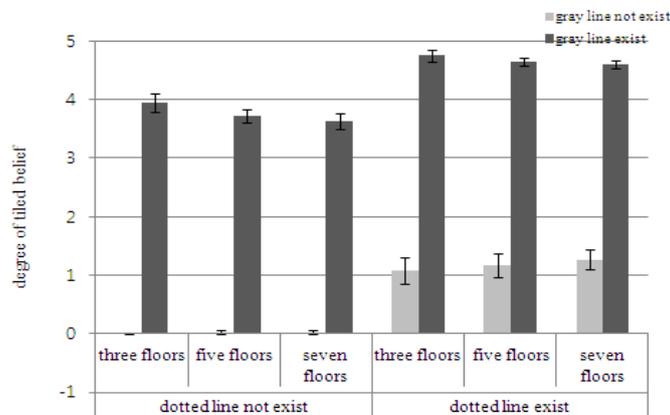
14°52' X 3°62'이었다. 일곱 개의 벽돌 층으로 이루어진 자극은 403 X 210 화소로 시각(visual angle)으로는 14°52' X 5°06'이었다. 그 외의 자극 조건은 실험 1과 동일하였다.

2.2.3. 절차

전반적인 실험 절차는 실험 1과 동일하였다. 실험 1과 달리 층이 추가되었을 때 기울기 착시량과 기울기 확산도는 각 자극의 가운데 벽돌 층의 위·아래 경계 부분에서 지각된 기울기를 기준으로 측정하였다. 이에 대한 혼란을 방지하기 위한 연습 시행이 이루어졌다. 본 시행은 총 144회(접선의 유무에 따른 조건 2 X 회색 선분의 유무 조건 2 X 주변자극의 추가 조건 3 X 반복 12)로 구성되었다.



(a) The degree of perceived tilt in experiment 2.



(b) the confidence of illusion in experiment 2.

Figure 8. Results of the experiment 2. The degree of perceived tilt (a) and the confidence of illusion (b).

2.2.4. 결과 및 논의

점선의 유/무 두 수준과 회색 선분의 유/무 두 수준 그리고 주변자극의 추가 세 수준의 조합에서 나온 12개의 자극 조건에 대한 기울기 착시량과 기울기 확신도에 대한 평정 점수를 반복측정 방안에 의한 변량 분석을 실시하였다. 분석 결과 기울기 착시량의 경우 회색 선분의 유/무에 대한 주효과가 통계적으로 유의미했고($F_{(1,5)} = 7.62$, $MSE = 0.17$, $p < .05$) 점선의 유/무에 대한 주효과도 통계적으로 유의하였다($F_{(1,5)} = 103.20$, $MSE = 0.37$, $p < .05$). 그러나 주변자극(층)의 추가에 대한 주효과는 통계적으로 유의미하지 않았다. 회색 선분과 점선의 유/무와 회색 선분의 유/무에 따른 상호작용효과는 통계적으로 유의미하였고($F_{(1,5)} = 9.46$, $MSE = 0.01$, $p < .05$), 회색 선분과 주변자극(층)의 상호작용효과도 통계적으로 유의미하였다($F_{(1,5)} = 5.10$, $MSE = 0.06$, $p < .05$). 그러나 점선과 선분의 상호작용효과는 나타나지 않았고, 점선과 회색 선분 그리고 주변자극 간의 삼원상호작용도 나타나지 않았다. 점선과 회색 선분이 모두 없는 경우에는 기울기 착시량 평균은 $0.92(SD = 0.09)$, 점선만 있는 경우의 기울기 착시량 평균은 $0.56(SD = 0.36)$ 이었고, 회색 선분만 있는 경우의 기울기 착시량 평균은 $1.76(SD = 0.62)$, 회색 선분과 점선이 모두 있는 경우의 기울기 착시량 평균은 $1.83(SD = 0.62)$ 이었다. 이러한 차이를 scheffé의 방법으로 사후 분석한 결과 점선이 추가되었을 때 기울기 착시량이 통계적으로 유의미하게 높게 나타났다($p < .05$). 기울기 확신도에 대한 평정 결과를 분석한 결과 점선의 유/무에 대한 주효과는 통계적으로 유의하였고($F_{(1,5)} = 1594.31$, $MSE = 0.15$, $p < .05$), 회색 선분의 유/무에 따른 주효과도 통계적으로 유의미하였다($F_{(1,5)} = 216.64$, $MSE = 0.09$, $p < .05$). 그러나 주변자극(층)에 따른 주효과는 통계적으로 유의미하지 않았다. 점선과 회색 선분의 상호작용효과는 통계적으로 유의미했다($F_{(1,5)} = 12.75$, $MSE = 0.01$, $p < .05$). 점선과 주변자극(층)의 상호작용효과는 통계적으로 유의미하게 나타났으나($F_{(1,5)} = 14.86$, $MSE = 0.02$, $p < .05$), 회색 선분과 주변자극(층)사이의 상호작용효과는 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 나타났다.

점선과 회색 선분이 모두 없는 경우에는 기울기 확신도 평균은 $0.02(SD = 0.06)$, 점선만 있는 경우의 기울기 확신도 평균은 $3.77(SD = 0.34)$ 이었고, 회색 선분

만 있는 경우의 기울기 확신도 평균은 $1.17(SD = 0.46)$, 회색 선분과 점선이 모두 있는 경우의 기울기 확신도 평균은 $4.67(SD = 0.20)$ 이었다. 이러한 차이를 scheffé의 방법으로 사후 분석한 결과 점선이 추가되었을 때 기울기 확신도 점수가 통계적으로 유의미하게 높았다($p < .05$). 실험 1에서와 마찬가지로 기울기 착시량을 측정할 경우에 점선과 회색 선분의 상호작용 효과가 나타났고 기울기 확신도를 측정할 경우에는 점선과 회색 선분의 상호작용효과가 나타나지 않았다. 실험 2에서 추가된 주변 자극(층)의 주효과는 나타나지 않았으나 상호작용 효과는 나타났다.

그림 8에서 알 수 있는 것처럼 모르타르 선과 점선이 기울어진 정도와 착시 지각의 강도에 미치는 전반적인 효과는 실험 1의 결과와 유사하였다. 기울어진 정도를 측정하였을 때 추가된 층의 수에 관계없이 모르타르 선과 점선의 가산적 효과가 관찰되지 않았으나 착시 지각의 강도에는 가산적 효과가 나타났다. 이러한 결과는 실험 1의 결과와 함께 café wall 착시 단순 세포의 반응과 관련되어 발생할 가능성을 시사한다.

벽돌 층 수의 효과를 살펴보면 3층과 5층에서는 착시 지각에 차이가 거의 없으나 7층의 경우 착시 지각이 뚜렷이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 자극이 망막 상에 어느 부분에 상을 맺었는가와 관련이 있을 수 있다. 추가된 벽돌 층은 망막의 주변시에 상을 맺게 된다. 주변시는 공간적 해상력이 낮아 사물의 위치에 대해 정확한 판단을 하기 어렵다. 주변시의 정보는 또한 중심시를 통해 들어온 정보에 긍정적 혹은 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 본 연구에서 추가된 벽돌 층은 주변시에 상이 맺히기 때문에 모르타르 선분의 위치를 세밀하게 파악할 수 없다. 모르타르 선분이 어디에 위치하는지 정확히 알 수 없고 그 방위 또한 정확히 구별할 수 없다. 층이 추가되어 주변에 생긴 자극에 대한 부정확한 정보가 중심시에서 맺힌 상에 대한 정보를 처리하는데 부정적 영향을 주는 것으로 나타났다. 기울기 지각은 중심시와 주변시에서 들어온 정보가 각각 처리된 후 주변시 정보가 중심시 정보에 피드백(feedback)을 주어 결정되는 것으로 생각할 수 있다. 이는 기울기 지각이 후기 처리 단계의 영향을 받을 가능성을 시사한다. Kitaoka 등(2004)의 연구에서 벽돌의 배열에 따라 기울기 방향이 변하는 것을 명확히 확인할 수 있었던 것은 자극을 구성하는 벽돌 층이 단순했기 때문일 가능성이 있다.

실험 2에서도 실험 1과 마찬가지로 기울기 착시량과 기울기 확산도간의 차이를 관찰 할 수 있었다. 이는 종합 논의에서 자세히 다룰 것이다.

3. 종합논의

실험 1과 2의 결과를 요약하여 살펴보면 모르타르 선과 점선이 기울어진 정도와 착시 지각의 강도에 미치는 효과가 유사하였다. 모르타르 선과 점선이 모두 없는 경우에는 기울어진 것으로 지각되지도 않았고 착시 지각의 강도 측정에서도 전혀 착시를 지각하지 않는 것으로 나타났다. 착시지각 강도의 차원에서는 모르타르 선이나 점선이 추가되면 착시지각이 발생하였으며 이 두 가지가 모두 추가된 경우 가산적 효과가 발생하였다. 반면 기울어진 정도에서는 모르타르 선에 점선을 추가하더라도 가산적 효과가 발생하지 않았다. 이러한 결과는 café wall 착시가 단순세포의 반응과 관련되어 있을 가능성을 시사해준다. 만약 단순 세포의 흥분성 영역에 입력이 증가하고 억제성 영역에 입력이 감소하게 하여 착시지각의 강도를 증가시켰을 때 기울어져 있는 정도도 다르게 지각된다면 이는 café wall 착시가 시각정보처리의 더 후기 단계에서 복잡한 상호작용의 결과에 따라 발생하는 것이라고 생각할 수 있다. 그러나 본 연구의 결과는 착시 지각의 강도와 달리 단순 세포의 반응이 증가되도록 자극이 추가되더라도 기울어진 정도에 대한 지각에는 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 앞서의 결과와 마찬가지로 café wall 착시의 발생을 단순 세포와 관련지어 설명하는 것이 타당하다는 부가적인 근거가 될 수 있다. 그러나 이러한 결과만으로 café wall 착시의 발생이 후기 단계의 시각정보처리와 무관하다는 증거가 되지는 못한다. 특히 단순 세포의 수용장을 이용한 설명은 본 연구의 결과에서 점선만 제시된 경우와 모르타르 선만 제시된 경우 왜 기울어진 정도의 지각에서 차이가 나는지를 완전히 설명하지 못한다. 이에 대해서는 좀 더 정교화된 모형이 개발될 필요가 있다.

실험 2에서 벽돌 층을 추가함으로써 공간적 상호작용을 통해 기울기 지각이 뚜렷해 질 것이라고 예측하였으나 벽돌 층 추가의 효과는 나타나지 않았다. 오히려 일곱 층으로 구성된 자극에서는 기울기 착시량과 기울기 확산도가 감소되는 경향이 나타났다. 이는

café wall 착시를 지각하는데 공간적 상호작용이 영향을 줄 가능성을 시사한다. 주변 자극은 중심시에 상을 맺지 못하기 때문에 정확한 방위나 경계 지각이 모호해진다. 주변시에서 처리된 정보들이 중심시의 정보 처리과정에 영향을 주기 때문에 기울기 지각이 감소하는 것으로 추측할 수 있다. 따라서 주변시 정보처리과정이 기울기 지각에 미치는 효과를 명확히 알아보기 위한 추후 연구가 필요하다. 한 가지 예로 안구 운동을 통제하여 그 효과를 알아 볼 수 있을 것이다. 안구 근육을 마비시키면 안구 운동을 직접적으로 통제할 수 있게 된다. 안구의 움직임을 고정시킨 채 주변시 혹은 중심시에 순간적으로 자극을 제시하여 지각된 기울기를 보고하도록 하는 절차를 사용할 수 있다. 이때 발생하는 기울기 지각의 차이를 비교하면 주변시 효과를 명확하게 확인할 수 있을 것이다. 또는 적은 수의 층으로 구성된 자극이라 할지라도 자극의 크기가 커지면 자극의 일부는 주변시에 상을 맺게 된다. 자극의 크기를 조절하여 실험을 하면 실험 2에서 나타난 층의 추가에 따른 기울기 변화가 주변시의 효과인지 층의 추가에 의한 효과인지를 비교할 수 있게 된다. 혹은 자극에 변형을 주는 방법으로 주변시 효과를 검증할 수 있다. 다섯 층으로 구성된 자극에서 세 번째 벽돌 층에서만 기울기 지각이 가능하도록 자극을 변형시키는 것이다. 벽돌의 배열을 조절하면 주변층에서는 기울기 지각이 되지 않게 된다. 이 자극이 중심시에 상을 맺는다고 해도 세 번째 층을 제외한 부분에서 기울기 지각이 이루어지지 않으므로 나머지 층들은 주변시에 상을 맺는 것과 유사한 효과를 보일 수 있다. 이러한 방법을 통해 주변 자극이 추가로 인해 기울기 지각이 달라지는지 아니면 자극의 상이 맺히는 영역에 의해 기울기 지각이 결정되는 것인지를 확인하는 추후 연구가 수행될 필요가 있다.

점선의 추가에 따른 기울기 지각의 변화에 대한 연구 결과는 café wall 착시의 발생이 V1의 단순 세포의 발화와 관련이 있을 가능성을 시사한다. 그러나 점선만 제시된 경우와 모르타르 선만 제시된 경우 기울어진 정도의 지각에서 차이를 보인다는 점과 벽돌 층이 추가되면 공간적 상호작용이 발생할 수 있음을 보여주는 결과를 종합하면 café wall 착시의 발생이 단순 세포의 반응에 기반하긴 하지만 후기 처리 단계의 영향을 받을 수 있음을 시사한다.

REFERENCES

- Appelle, S. (1972). Perception and discrimination as a function of stimulus orientation: the “oblique effect” in man and animals. *Psychol Bull*, 78, 266-278.
- Campbell, F. W. & Kulikowski, J. J. (1966). Orientational selectivity of the human visual system. *J Physiol*, 187, 437- 445.
- Gregory, R. L. & Heard, P. (1979). Border locking and the Café Wall illusion. *Perception*, 8, 365-380.
- Kitaoka, A., Pinna, B., & Brelstaff, G. (2001). New variations of spiral illusions. *Perception*, 30, 637-646.
- Kitaoka, A., Pinna, B., & Brelstaff, G. (2004). Contrast polarities determine the direction of Café Wall tilts. *Perception*, 33, 11-20.
- Lulich, D. P. & Stevens, K. A. (1989). Differential contributions of circular and elongated spatial filters to the Café Wall illusion. *Biological Cybernetics*, 61(6), 427-435,
- Münsterberg, H. (1897). Die verschobene Schachbrettfigur. *Zeitschrift für Psychologie*, 15, 184-188.
- Orban, G. A., Vandenbussche, E., & Vogels, R. (1984). Human orientation discrimination tested with long stimuli. *Vision Research*, 24, 121-128.

원고접수 : 2011.11.08

수정접수 : 2011.12.03

게재확정 : 2011.12.20