

운동자극에 의해 유발된 정지자극의 의식에서의 소멸*

New motion-induced-blindness

이 형 철**
(Hyung-Chul O. Li)

요 약 Bonne, Cooperman 과 Sagi (2001)[1] 는 역치이상의 강도를 갖는 정지자극이 운동자극과 섞여서 제시될 때 정지자극이 의식에서 간헐적으로 소멸함을 보고하면서 이 현상을 MIB (motion-induced-blindness)라고 명명하였다. 본 연구에서는 흰색 점으로 구성된 회전하는 원통체와 함께 제시되는 녹색 정지 점들을 오른쪽 눈에 적색 필터를 착용하고 관찰할 경우에 녹색 정지 점들이 의식에서 간헐적으로 소멸함을 보여주었다. 본 연구에서 관찰되는 MIB 현상은 원통체가 회전할 때에 그리고 한 쪽 눈에 적색 필터를 착용할 때에만 나타난다. 또한 녹색 점의 명도대비와 원통체를 구성하는 흰색 점의 명도대비가 감소할수록 녹색 정지점이 의식에서 소멸하는 시간이 감소하였으며, 정지자극과 운동자극을 구성하는 점의 수가 감소할수록 정지자극이 의식에서 소멸하는 시간이 감소하였다. 흥미롭게도 정지자극과 운동자극의 상대적인 깊이가 정지자극이 소멸하는 시간에 영향을 미쳤다. 이러한 실험결과는 본 연구에서 보고하는 MIB 현상이 Bonne 등이 보고한 MIB 현상과 구별되며, 양안경쟁으로는 이 현상이 설명할 수 없고, 시각 정보처리에서 후기단계의 정보처리가 이 현상에 관여함을 시사한다.

주제어 의식, MIB, 표상, 경쟁

Abstracts Bonne, Cooperman and Sagi (2001) reported that when a global moving pattern was superimposed on high-contrast stationary stimuli, the latter disappeared and reappeared alternatively for periods of several seconds. They named this as motion-induced-blindness. In present research, a rotating transparent cylinder composed of white dots was superimposed on a stationary green dots. When observers watched these stimuli wearing a red filter on his/her right eye, the stationary green dots disappeared or reappeared as did in Bonne et al. The new MIB was observed only when the cylinder rotated and observers wore a red filter. As the luminance contrast of the green dots and that of white dots against the background reduced, and as the number of green dots and white dots decreased, the duration of MIB reduced. Also, the relative depth of the rotating cylinder and the stationary green dots affected the duration of MIB. These results imply that the new MIB is different from the MIB which was observed by Bonne et al and that the new MIB cannot be explained by binocular rivalry. Further more, the results imply that the later stage of visual information processing is involved in the new MIB.

Keywords consciousness, MIB, representation, rivalry

관찰자에게 주어진 자극이 역치이상의 강도를 지니고 있는 경우에 관찰자는 일반적으로 자극의 존재를 의

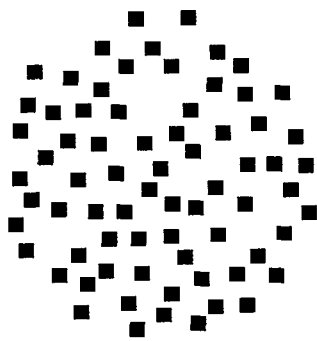
식한다. 역치이상의 강도를 지니고 있음에도 불구하고 관찰자의 의식에서 자극이 간헐적으로 사라지는 경우가 있는데, 이와 같은 자극상황은 시각적 의식 (visual awareness)을 담당하는 신경기제를 밝히는 중요한 매개체가 될 수 있다. 시지각의 여러 영역에서 역치이상의 강도를 갖는 자극이 의식에서 사라지는 조건에 대한 연구가 수행되어 왔다. 망막의 특정 위치에 고정되어 제시되는

* 이 논문은 2002년도 한국 학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음 (KRF-2002-042-H00004).

** 광운대학교 산업심리학과
교신저자 : 이형철
주소 : 서울시 노원구 월계동 447-1 광운대학교 산업심리학과 (E-mail: hyung@daisy.gwu.ac.kr)

상은 일정 시간이 흐르면 의식에서 사라지는 것으로 알려져 있으며 [2], 하나의 대상을 장시간 응시한 후에 나타나는 잔상 역시 의식에서 간헐적으로 사라진다 [3]. 관찰자의 시선이 고정된 상태에서 관찰자의 주변시야에 제시되는 낮은 대비를 갖는 자극도 의식에서 사라지는 것으로 알려져 있다 [4]. 국소적인 자극에 주의를 과도하게 집중하여 제시된 자극의 전반적인 속성을 의식하지 못하는 환자 (*simultanagnosia*) 도 있다 [5, 6]. 정상인을 대상으로 역치이상의 자극강도를 갖는 자극이 의식에서 사라지는 경우에 대하여 가장 활발하게 연구된 것은 양안경쟁 (*binocular rivalry*) 분야이다. 양 눈에 각기 상이한 자극 (예를 들어 왼쪽 눈에 수평격자, 오른쪽 눈에 수직격자를 제시한 경우)이 자극이 제시되면 일반적으로 한 순간에 동일영역에서 두 눈의 자극이 모두 의식되지 않고 단지 한쪽 눈의 자극만이 의식되는데 이를 양안 경쟁이라고 한다 (양안경쟁과 시각적 의식의 문제를 다룬 개관논문은 Blake & Logothetis, 2001 [7]을 참조 바람).

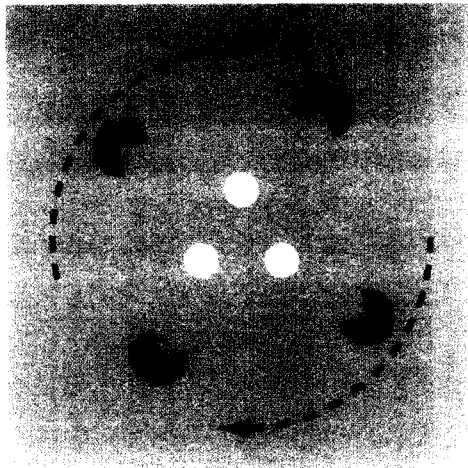
최근에 Bonneh, Cooperman 그리고 Sagi (2001) [1] 는 앞서 언급된 상황과 확연히 다른 상황에서 역치이상의 강도를 갖는 자극이 의식에서 소멸되는 흥미로운 현상을 보고하였다. Bonneh 등은 (그림 1)에 나타난 것과 같이 배경에 비하여 높은 대비를 갖는 노란색 패턴 점을 역동적으로 움직이는 무선점들 (*structure-from-motion*에 의해 구현된 무선점으로 형성된 구)의 무리 속에 섞어 놓았을 때 노란색 패턴 점들 중 일부 혹은 전체가 의식에서 간헐적으로 사라짐을 관찰하였다. Bonneh 등은 이와 같은 현상을 운동자극에 의해 유발된 맹시 (*MIB: motion-induced-blindness*)라고 명명하였다. 노란색 점들이 의식에서 사라지게 하기위해 자극을 주시하는 것이 요구되었지만, 관찰



(그림 1) Bonneh 등의 실험에 사용된 자극 예 (사각형 점은 회전하는 구(sphere)를 구성하는 무선점이고 원형은 정적인 점을 나타낸다).

자가 눈을 어느 정도 움직이는 것이 MIB현상이 나타나 는 것을 방해하지는 않았다. 노란색 패턴이 망막의 고정 된 것에 멎히지 않도록 하기 위해 노란색 패턴을 초당 0.1도의 속도로 움직일 때 움직이지 않을 때에 비하여 사라지는 비율이 감소하기는 하지만 여전히 노란색 패턴이 의식에서 간헐적으로 사라졌다. 흥미로운 것은, 노란색 패턴의 대비가 증가할수록 의식에서 사라지는 비율이 증가한다는 것이다. 이와 같은 결과는 Bonneh 등이 발견한 현상이 Troxler가 발견한 현상과 구별되는 것임을 의미한다. 왜 그리고 신경정보처리의 어느 단계에서 역치이상의 강도를 갖는 자극들이 의식에서 사라지는 것일까? 역치 이상의 자극강도를 갖는 자극이 의식에서 사라지는 것에 관하여 크게 두 가지의 이론이 존재한다. 첫째, 신경정보 처리의 초기 단계에서 역치이상의 강도를 갖는 자극에 대응하는 감각신호가 억압되어 의식에서 소멸된다고 보는 입장이다 [8, 9]. 둘째, 신경정보처리의 후기 단계에서 역치이상의 강도를 갖는 자극에 대한 정보가 선택되지 않기 때문에 의식에서 소멸된다고 보는 입장이다 [10, 11]. 최근에는 양안경쟁이 신경정보처리 단계 중에서 어느 한 단계에서만 발생하는 것이 아니라 여러 단계에서 걸쳐서 발생할 가능성이 있음이 제시되었다 [7]. Bonneh 등은 TMS (*transcranial magnetic stimulation*)기법을 이용하여 목표자극이 의식에서 사라진 직후에 주의할당과 관련이 있는 두정엽부위에서 억압적인 TMS 신호가 관찰됨을 보고하였다. 이러한 결과에 바탕을 두고, Bonneh 등은 자신들이 발견한 현상이 감각신호의 억압이나 국소적인 수준에서의 순응 (*adaptation*)에 의해 유발 되었다기보다는 주의기재와 관련된 신경정보처리의 후기단계에서 발생한 현상이라고 주장하였다. Bonneh 등은, 동일영역에서 두 가지 대상이 표상되어야 하는 상황에서 일반적으로 시각적 주의가 빠른 속도로 두 자극에 주의를 교대로 할당하여 대부분의 경우에 두 자극이 모두 표상되지만, 때때로 하나의 자극에 시각적 주의가 주어지고 다른 대상으로 시각적 주의가 옮겨지지 않는 경우에 두 가지 대상중 하나만 의식되게 되는데, 운동자극이 정지자극보다 시각적 주의를 우세하게 끌기에 정지자극이 간헐적으로 의식에서 사라진다고 해석하였다. Bonneh 등은 이러한 자신들의 이론을 확장하여 양안경쟁 상황에서 역치이상의 강도를 갖는 자극이 의식에서 소멸 되는 것도 주의가 적절히 할당되지 못하였기 때문에 나타나는 현상이라고 제안하였다.

MIB현상이 신경정보처리의 후기단계에서 발생한다는 Bonneh 등의 주장은 MIB현상이 정지자극과 운동자극의 상대적인 깊이에 따라서 조율 (*modulation*) 될 수 있음을



(그림 2) Graf 등의 연구에서 사용된 자극 예.

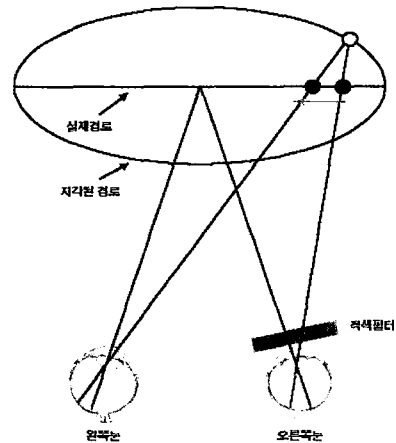
보여주는 Graf, Adams 와 Lages (2002)의 연구 [12] 에 의하여 지지 받았다. Graf 등은 자극을 구성하는 무선점들이 표면완성 (surface completion 또는 surface interpolation) 과 정을 거친다고 가정하였는데, 만약, 표면완성이 이루어지면 관찰자를 기준으로 가까이 있는 대상이 멀리 있는 대상을 가려서 멀리 있는 대상이 의식에서 소멸될 수 있을 것이라고 가정하였다. 이러한 가정에 기초하여 Graf 등은 Bonneh 등의 자극과 비슷한 자극을 실험에서 이용하였는데, Bonneh 등이 SFM기법을 이용하여 구를 실험에서 운동자극으로 사용하였던데 반하여, Graf 등은 (그림 2)와 같은 주관적 윤곽으로 구성된 자극을 운동자극으로 이용하였다. Graf 등이 사용한 정지자극은 Bonneh 등이 사용한 정지자극과 동일한 노란색 점들이었다.

Graf 등은 양안시차를 이용하여 운동자극과 정지자극의 상대적인 깊이를 조작하면서 (운동자극과 정지자극이 관찰자에게서 동일한 깊이에 있는 경우, 정지자극이 운동자극의 앞에 있는 경우, 정지자극이 운동자극의 뒤에 있는 경우), 정지자극이 의식에서 소멸되는 시간을 측정하였다. Graf 등의 가정과 일관되게, 정지자극이 운동자극보다 관찰자에게서 멀리 있을 때에는 정지자극과 운동자극이 같은 깊이에 있을 때보다도 더 잘 소멸된데 비하여 정지자극이 운동자극보다 관찰자에게 가까이 있는 경우에는 거의 소멸되지 않았다. 아마도 시각체계가 자극들 간의 중첩관계를 상대적인 깊이지각으로부터 유추하였고 중첩관계에 의하여 표면완결이 발생하는 경우에 관찰자로부터 멀리 있는 자극이 가까이 있는 자극에 의해 가려지는 것으로 해석되어 의식에서 소멸되었을 가능성이 있다. 이러한 실험결과는 MIB현상이 신경정보처리의 후기 단계에서 발생하였을 가능성을 시사한다.

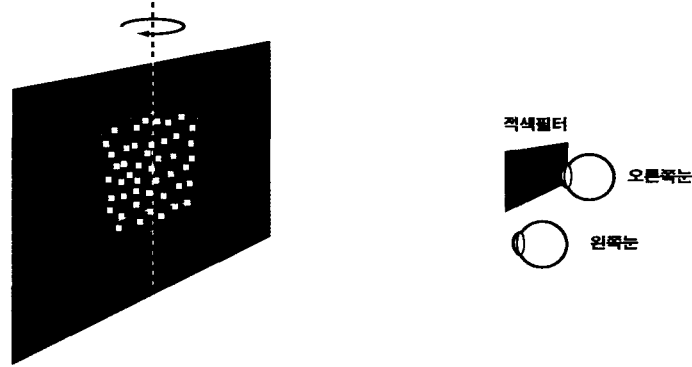
본 연구에서는 Bonneh 등이 발견한 MIB현상과 구별되는 새로운 MIB현상을 보고하고자 한다. 실험 1은 새로운 MIB현상을 측정하기 위하여 설계되었다. 본 연구에서 보고하는 MIB현상이 Bonneh 등이 발견한 MIB현상과 어떻게 구별되는지, 그리고 역치이상의 강도를 갖는 자극이 의식에서 소멸되는 데에 운동자극의 존재가 필수적인지를 검증하였다. 실험 2에서는 본 연구에서 보고하는 MIB 현상이 양안경쟁에 의해 설명될 수 있는지를 검증하였고, 실험 3에서는 새로운 MIB현상에서 표면완결 (surface interpolation)의 중요성을 검증하였다. 끝으로 실험 4에서는 운동자극과 정지자극의 상대적인 깊이관계가 새로운 MIB현상에 미치는 영향을 검증함으로써 새로운 MIB현상이 신경정보처리의 어느 단계에서 발생하는 것인지를 추론하였다.

실험 1

Bonneh 등의 실험에서 의식으로부터 소멸되는 정지자극은 세 개의 노란색 점이였으며 운동자극은 수십 개의 무선점으로 구성된 SFM 기법에 의해 구현된 구였다. 실험 1에서는 Bonneh 등이 사용한 자극과 구별되는 새로운 자극상황에서 나타나는 MIB현상을 보고하고자 한다. 새로운 자극상황은 일종의 Pulfrich 현상이 관찰되는 자극상황과 유사하다. 운동하는 대상을 한 쪽 눈에 ND (neutral density) 필터를 착용하고 다른 쪽 눈은 나안으로 관찰하



(그림 3) Pulfrich효과: 오른쪽 눈에 적색필터를 착용하면 실체는 좌우로 움직이는 진자가 깊이차원에서 타원을 그리며 회전하는 것으로 지각한다.



(그림 4) 실험 1에 사용된 도식적인 자극상황의 예

면, 필터를 착용한 쪽 눈으로 입력되는 자극은 배경과의 명도대비가 감소하여 눈에 늦게 도달하고 궁극적으로 동일 시간에 눈에 입력되는 자극은 상이한 장소에서 입력되는데 이는 양안부동을 유발한다 [13, 14, 15]. 예를 들자면, (그림 3)과 같이 왕복운동을 하는 진자를 한 쪽 눈에 필터를 착용하고 두 눈으로 관찰하면 진자가 마치 3차원 공간에서 타원 운동하는 것으로 지각하는데, 이를 Pulfrich 효과라고 한다 [14]. 실험 1에서는 ND 필터 대신에 적색 필터를 사용하였으며, 운동자극은 SFM기법에 의해 구현한 회전하는 반투명 원통체 이었다. 정지자극은 회전하는 반투명 원통체와 동일한 공간을 점유하는 무선점 자극이었다.

방법

피험자

연구시설을 아는 연구자 1명과 연구시설을 알지 못하는 5명의 피험자가 실험에 참가하였다. 피험자들은 모두 정상 시력 (또는 정상교정시력)과 정상적인 색채지각능력을 지녔다.

도구

자극은 1024 X 768 해상도와 85Hz의 수평주파수를 갖는 17인치 LG Flatron 모니터에 제시되었다. 자극의 생성 및 실험통제는 PowerMac G4/450에 의해 이루어 졌으며, 실험프로그램은 Matlab과 Matlab 함수 모음인 Psychophysics Toolbox [16, 17]에 의해 구성되었다. Pulfrich 효과를 유발하기 위해 사용된 필터는 anaglyph이나 입체영화를 볼 때 사용되는 적녹색 stereo glass의 적색

필터였다.

자극

검정색 배경 (밝기: 3 cd/m²) 위에 11.8 도 X 11.8 도 크기의 시야에 1200개의 정지된 녹색 무선점이 존재하도록 하고 이 무선점 분포의 중앙에 SFM 기법에 의하여 5.9 도 X 5.9 도 크기의 반투명한 회전하는 원통체를 150 개의 흰색 무선점으로 구성하였다 (그림 4 참조).

실험절차

매 시행 초에 화면의 중앙에 0.2 도 X 0.2 도 크기의 십자가가 제시되고 피험자가 관찰할 준비가 완료되면 키보드의 키보드버튼을 누르면 (그림 4)와 같은 자극이 제시된다. 피험자는 오른쪽 눈에 적색필터를 착용하고 자극을 20초 동안 관찰하는데, 관찰도중 실린더가 점유한 부위의 녹색점이 의식에서 소멸되는 동안에 키보드 버튼을 누름으로써 녹색 정지점이 의식에서 얼마나 자주 그리고 오랫동안 소멸하는지를 보고하였다. 자극 제시시간 20초 후에는 다시 십자가가 나타나고 그 다음 시행으로 진행되었다. 각 피험자별로 총 시행 수는 10회였다.

결과

오른쪽 눈에 적색필터를 착용하고 SFM기법에 의해 구현된 회전하는 원통체와 녹색표면을 보면, 마치 양안시차 정보를 이용하여 구현된 스테레오그램을 입체경을 통하여 관찰할 때와 같이 원통체가 3차원의 깊이를 갖는 반투명한 원통체로 지각된다. 특히 정지된 녹색표면은 원통체의 가운데를 가로지르는 것으로 지각되었다. 흥미로운 것은 6명의 피험자 모두가 간헐적으로 원통체가 점유

하고 있는 부위의 녹색 정지점들이 의식에서 완전히 소멸하는 것으로 경험하였다. 자극 제시시간 20초중에서 피험자들은 평균적으로 약 30%의 시간동안 녹색표면이 의식에서 사라지는 것을 경험하였다. 특히, 녹색점이 의식에서 간헐적으로 소멸될 때에, 원통체가 점유한 부위의 녹색점만 의식에서 사라졌고 원통체 주변에 있는 녹색점은 의식에서 소멸되지 않았다. 원통체가 점유한 부위의 녹색점이 소멸되었을 때 소멸된 부위는 배경과 동일한 검은색으로 지각되었다.

논의

정지자극과 운동자극이 동일한 공간 내에 함께 존재하는 상황에서 정지자극이 간헐적으로 의식에서 소멸된다는 것은 Bonneh 등이 의해 이미 보고 되었고, 이는 MIB (motion-induced-blindness)로 알려져 있다. 실험 1에서 발견된 MIB가 Bonneh 등이 보고한 MIB와 동일한 것일까?

실험 1에서 녹색 정지점이 의식에서 간헐적으로 소멸하였는데, 이러한 정지자극이 의식에서 간헐적으로 소멸되도록 하는 데에 영향을 끼친 요인은 무엇일까? Bonneh 등의 연구에서 정지자극이 의식에서 소멸되도록 하는 데에 중요한 역할을 하는 변인은 정지자극과 동일한 공간을 점유한 운동자극이었다. 만약, 실험 1에서의 정지자극이 의식에서 소멸되도록 하는 데에 운동자극이 중요한 역할을 하였다면, 운동자극을 정지자극으로 대체하는 경우에 실험 1에서 의식에서 사라졌던 녹색 정지자극이 의식에서 소멸되지 말아야 한다. 이를 검증하기 위하여 원통체를 정지시킨 상태에서 피험자들에게 녹색정지점이 얼마나 오랫동안 의식에서 소멸하는지를 보고하게 하였다. 흰색 무선점으로 구성된 반투명 원통체가 회전하지 않는 경우에 피험자들은 원통체가 점유한 부위의 녹색점이 의식에서 전혀 사라지지 않았다고 보고하였다. 이러한 결과는 실험 1에서 발견된 MIB현상이 Bonneh 등이 발견한 MIB현상과 마찬가지로 운동자극에 의해 유발되었음을 시사한다. 그렇다면, 실험 1에서 발견한 MIB 현상의 특성이 Bonneh 등이 발견한 MIB 현상의 특성과 동일한 것일까?

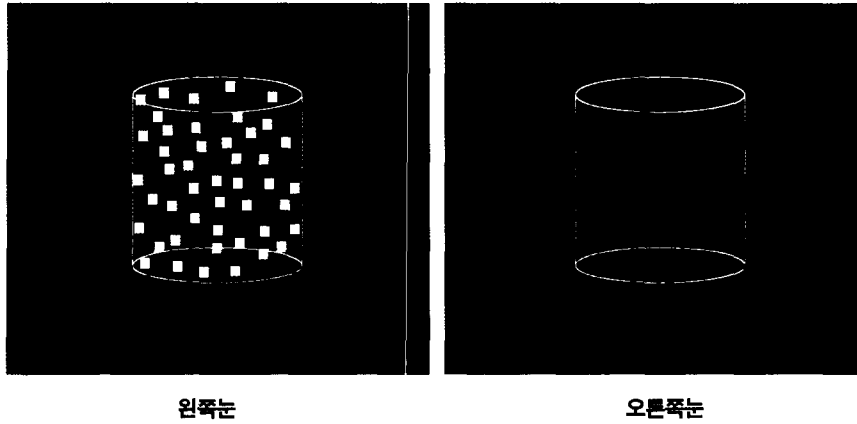
Bonneh 등의 연구와 실험 1의 자극은 공통적으로 정지자극과 운동자극을 포함하고 있다. 실험 1의 자극상황이 Bonneh 등의 자극상황과 뚜렷하게 구별되는 것은 실험 1에서는 자극을 한 쪽 눈에 적색필터를 착용하고 관찰하였는데 반하여 Bonneh 등의 경우에는 자극을 나안으로 관찰하였다. 실험 1에서 관찰된 MIB 현상이 Bonneh 등이 발견한 MIB 현상과 동일한 현상이라면 실험 1에서 사용된 자극을 나안으로 관찰하더라도 실험 1에서와 마찬가

지로 녹색정지점이 의식에서 소멸되어야 한다. 이러한 가능성을 검증하기 위하여 피험자들에게 실험 1에 사용된 자극을 나안으로 관찰하게 하면서 녹색정지자극이 의식에서 얼마나 자주 그리고 오랫동안 의식에서 소멸되는지를 보고하게 하였다. 피험자들은 실험 1의 결과와 상반되게, 녹색 정지점들이 의식에서 전혀 소멸하지 않는다고 보고하였다. 이러한 결과는 실험 1에서 관찰된 MIB현상과 Bonneh등이 관찰한 MIB현상이 운동자극에 의해 유발된 유사한 현상이지만 동일한 현상은 아님을 시사한다.

Bonneh등의 자극과 실험 1에 사용된 자극의 차이점 중 하나는 Bonneh등의 실험에 사용된 정지자극은 운동자극이 점유하는 공간 내에 분포하는 세 개의 점이었던데 반하여 실험 1에 사용된 자극에서는 운동자극이 점유하는 공간뿐만 아니라 운동자극이 점유하는 공간을 벗어나서도 동일한 성질을 갖는 다수의 정지 녹색 점들이 분포한다는 것이다. 이 때문에 실험 1에 사용된 녹색 정지 점들은 하나의 장 (field)으로서 표상될 수 있으며 이러한 장에 소속되고자 하는 속성 때문에 나안으로 실험 1의 자극을 관찰하면 운동자극이 점유하는 공간에 속해 있는 녹색 정지점이 의식에서 소멸하지 않을 수 있다. 반면에, 적색필터를 오른 쪽 눈에 착용하는 경우에는 녹색 점의 강도가 운동자극을 구성하는 흰색 점에 비하여 상대적으로 더 감소함으로써 장 (field)을 구성하고자 하는 힘이 약화되고 결국은 Bonneh등의 실험에서 발견되는 것처럼 녹색정지점이 의식에서 소멸하는 것으로 해석 할 수 있다. 이와 같은 가능성은 매우 희박한데, 왜냐하면 녹색 정지점이 운동자극이 점유하는 공간 내에만 분포하도록 자극을 구성하여 운동자극이 점유하는 공간 밖의 장 (field)에 소속되지 못하도록 한 상황에서도 나안으로 관찰하면 녹색 정지점이 의식에서 소멸하지 않고 한 쪽 눈에 적색 필터를 착용하는 경우에만 녹색 정지 점들이 의식에서 간헐적으로 소멸하기 때문이다.

실험 2

실험 1에서 발견된 MIB 현상이 Bonneh 등이 발견한 MIB 현상과 유사하지만 동일한 현상은 아니다. 특히 실험 1에서 발견된 현상은 한 쪽 눈에 적색 필터를 착용하지 않았을 때에는 관찰되지 않았는데, 적색 필터를 착용하는 것이 어떤 역할을 하는 것일까? 실험 1에 사용된 자극 (그림 4 참조)을 (그림 4)에서처럼 적색 필터를 오른쪽 눈에 착용하고 관찰할 경우에 각 망막에 맺힌 자극은 (그림 5)와 같다. 필터를 착용하지 않은 왼쪽 눈에는 모니터에 제시되는 자극이 그대로 입력되는데 반하여, 필터를



(그림 5) 그림 4의 자극을 오른쪽 눈에 적색필터를 착용하고 관찰할 때 망막에 맺히는 상 (왼쪽 눈: 물리적인 자극 그대로 녹색 정지점, 흰색 원통체가 망막에 맺힌다; 오른쪽 눈: 녹색 정지점과 흰색 원통체가 적색필터를 통과하여 망막에는 각각 회색 점과 적색 점으로 맺힌다).

착용한 오른쪽 눈 망막에는, 녹색 정지점은 회색 정지점으로 그리고 원통체를 구성하는 흰색 점은 적색 점으로 입력된다. 양쪽 눈에 입력되는 자극이 기하학적으로는 동일한 내용이 입력되지만 이들의 색채는 상이하다. 흔히 양쪽 눈의 동일한 공간에 각기 상이한 정보가 입력되는 경우에 한쪽 눈의 자극만 의식되고 다른 쪽 눈에 들어온 자극은 의식에서 소멸되는데, 이는 양안경쟁으로 알려져 있다. 실험 1에서 회전하는 원통체가 점유한 공간에 분포하는 녹색점이 의식에서 소멸되는 것으로 관찰되었는데, 녹색 점의 의식에서의 간헐적인 소멸이 양안경쟁으로 설명될 수 있는 것일까?

실험 1에서 녹색정지점이 의식에서 소멸하는 경우에, 원통체가 점유한 부위에서는 원통체를 구성하는 흰색 점을 제외하고는 배경과 동일한 검정색으로 지각되었다. 만약 양안경쟁이 발생하였다면, 어떤 양안경쟁이 실험 1에서와 같은 결과를 유발하였을까? 한가지 가능성은 오른쪽 눈에 입력된 적색 원통체가 왼쪽 눈에 입력된 원통체가 점유한 공간에 분포하는 녹색 정지점을 억압하고, 왼쪽 눈에 입력된 흰색 원통체가 오른쪽 눈에 입력된 원통체가 점유한 공간에 분포하는 회색 정지점을 억압하였을 수 있다는 것이다. 이와 같은 가능성은 매우 희박하지만, 실험 1에서와 같이 녹색 정지점이 의식에서 간헐적이기는 하지만 완벽하게 소멸하고 소멸한 자리에서 회색 정지점도 표상되지 않는다는 결과가 나타나기 위해서 모든 가능성을 검증해 볼 때 논리적으로 생각해 볼 수 있는 경

우이다. 실험 1에서는 이러한 가능성을 검증하기 위하여 원통체를 구성하는 흰색 점과 녹색 정지 점의 명도를 조작하면서 녹색 정지점이 의식에서 소멸하는 시간을 측정하였다. 일반적으로 양안경쟁에서 명도대비가 높은 자극이 명도대비가 낮은 자극을 억압하여 궁극적으로 명도대비가 낮은 자극이 의식에서 더욱 잘 소멸하는 것으로 알려져 있다 [18, 19]. 따라서, 원통체를 구성하는 흰색 점의 명도가 감소할수록 녹색정지점이 의식에서 소멸되는 정도가 감소하여야 한다. 그리고 녹색 정지점의 명도대비가 감소할수록 녹색정지점이 의식에서 소멸하는 정도가 증가하여야 한다.

방법

피험자

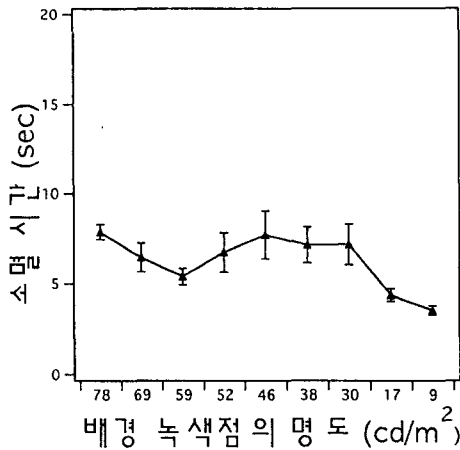
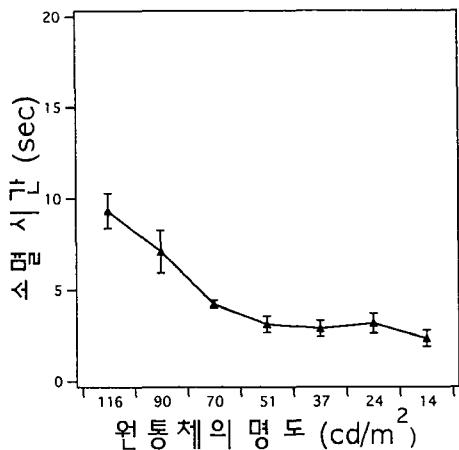
실험 1에 참가한 피험자들이 실험 2에 참가하였다.

도구

실험 1에 사용된 도구가 실험 2에 사용되었다.

자극

실험 1에 사용된 자극이 기본적으로 실험 2에 사용되었다. 실험 1에서의 녹색 정지점과 원통체를 구성하는 명도가 각각 78 cd/m^2 , 116 cd/m^2 로 고정되었다. 이에 반하여 실험 2에서는 원통체를 구성하는 흰색 점의 명도가



(그림 6) 실험 2에서 원통체의 명도와 녹색 정지점의 명도 변화에 따라서 녹색 정지점이 의식에서 소멸하는 시간.

조작될 때에 (116 cd/m², 90 cd/m², 70 cd/m², 51 cd/m², 37 cd/m², 24 cd/m², 14 cd/m²), 녹색 정지점의 명도는 78 cd/m²로 고정되었다. 또한 녹색 정지점의 명도가 조작될 때에 (78 cd/m², 69 cd/m², 59 cd/m², 52 cd/m², 46 cd/m², 38 cd/m², 30 cd/m², 17 cd/m², 9 cd/m²), 원통체를 구성하는 흰색 점의 명도 역시 116 cd/m²로 고정되었다.

실험절차

실험 1에 사용된 실험절차가 실험 2에 그대로 사용되었다. 총 시행 수는 140회였다 (원통체의 명도 7수준 X 10회 반복) + (녹색 정지점의 명도 7 수준 X 10회 반복). 실험에서 모든 조건은 무선적으로 제시되었다.

결과

(그림 6)에 나타나 있듯이 녹색 정지점의 명도가 78 cd/m²로 고정된 상태에서 원통체를 구성하는 흰색 점의 명도가 감소할수록 녹색정지점이 의식에서 소멸하는 시간이 감소하였다. 또한 원통체를 구성하는 흰색 점의 명도가 116 cd/m²로 고정된 상태에서 녹색 정지점의 명도가 감소할수록 녹색정지점이 의식에서 소멸되는 시간이 감소하였다.

논의

실험 1에 발견된 녹색 정지점의 의식에서의 간헐적인 소멸이 양안경쟁으로 설명되려면 양쪽 눈에 입력된 원통체가 각기 다른 쪽 눈에 입력된 정지점을 억압해야한다. 따라서 원통체를 구성하는 흰색 점의 명도를 감소시키는 것은 정지점이 억압되어 의식에서 소멸될 가능성을 감소시킬 것이다. 실제 실험 2에서 원통체를 구성하는 흰색 점의 명도를 감소시킬수록 녹색 정지점이 의식에서 소멸하는 시간이 감소하였다. 흥미로운 것은 녹색 정지점의 명도를 감소시키는 것 역시 녹색 정지점이 의식에서 소멸되는 시간을 감소시켰다는 것이다. 흰색 점의 명도를 감소시킬수록 녹색정지점이 의식에서 소멸되는 시간이 감소된다는 결과는 양안경쟁으로 설명이 가능하지만 녹색 정지점의 명도를 감소시키는 것이 녹색정지점이 의식에서 소멸되는 시간을 감소시켰다는 실험결과는 양안경쟁으로 설명되지 않는다. 종합하여 볼 때 실험 1에서 발견된 MIB 현상을 양안경쟁으로 설명하는 것은 적절하지 않다.

실험 3

Bonneh 등의 연구에서 정지자극을 구성하는 점의 수는 세 개였고 본 연구에서 이용된 정지자극을 구성하는 점의 수는 1200개 이었다. 본 연구에서 사용된 자극을 Bonneh 등의 연구 상황에서의와 같이 관찰자가 나안으로 관찰할 때에 정지점이 의식에서 소멸되지 않았다. 아마도 본 연구에서 이용된 정지자극을 구성하는 점의 수가 Bonneh 등의 연구에서 보다 과도하게 많아서 또는 자극의 강도가 너무 강해서 의식에서 소멸되지 않은 것일까? 정지자극을 구성하는 점의 수와 실험 1에서 발견된 MIB 현상사이에는 어떤 관계가 있을까? 정지자극을 구성하는 점의 수가 감소하면 오히려 실험 1에서 발견된 MIB 현상이 관찰될 확률이 감소할 수도 있다. 왜냐하면 정지자극을 구성하는 점의 수가 감소하면 정지점들 사이에 표면 완결 (surface interpolation)이 일어날 확률이 감소하고, 궁

극적으로 정지점이 표면으로 표상되지 않고 개개의 독립된 점들로 표상되어 두 표면간의 표상경쟁이 일어나지 않을 수 있다. 이와 같은 관점에서 볼 때 원통체를 구성하는 점의 수를 감소시키는 것도 원통체가 표면으로 지각되는 것을 방해하여 표면 간 표상경쟁을 유발하지 않고 궁극적으로 정지자극이 의식에서 소멸할 가능성을 감소시킬 수 있다. 실험 3에서는 표면완결이 실험 1에서 관찰된 MIB 현상에 미치는 영향을 검증하였다.

방법

피험자

실험 1에 사용된 피험자가 실험 3에 참가하였다.

도구

실험 1에 사용된 도구를 실험 3에 그대로 사용하였다.

자극

표면완결에 중요한 영향을 미치는 요인은 표면을 구성하는 점의 수 또는 밀도이다. 실험 3에서는 원통체를 구성하는 점의 수와 정지자극을 구성하는 점의 수를 조작하였다. 먼저 정지자극을 구성하는 점의 수를 조작하였을 때에 (1200, 700, 300, 100, 20)는 원통체를 구성하는 점의 수는 150개로 고정시켰다. 반대로 원통체를 구성하는 점의 수를 조작하는 경우에는 (150, 100, 50, 10) 정지자극을 구성하는 점의 수를 1200개로 고정시켰다.

실험절차

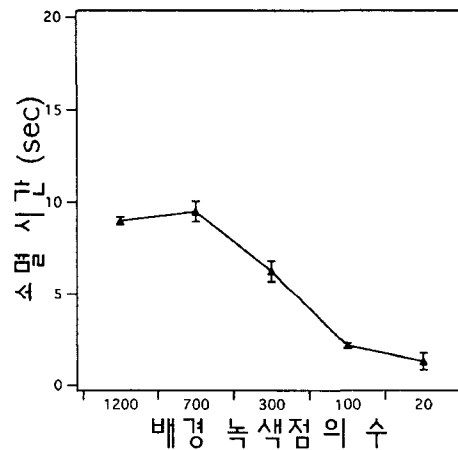
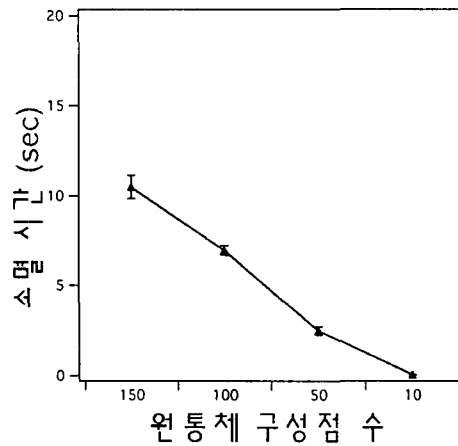
실험 1에 사용된 실험절차가 실험 3에 그대로 사용되었다. 총 시행수는 90회였다 (정지자극을 구성하는 점의 수 5가지 X 10회 반복) + (원통체를 구성하는 점의 수 4가지 X 10회 반복). 실험에서 모든 조건은 무선적으로 제시되었다.

결과

(그림 7)이 보여주듯이 원통체를 구성하는 점의 수와 정지자극을 구성하는 점의 수가 감소할수록 정지자극이 의식에서 소멸하는 시간이 감소하였다.

논의

원통체를 구성하는 점의 수와 정지자극을 구성하는 점의 수가 감소할수록 정지자극이 의식에서 소멸하는 시간이 감소한다는 실험 3의 결과는 실험 1에서 발견된 MIB 현상이 완결된 표면사이의 표상경쟁에 의해 유발된 결과

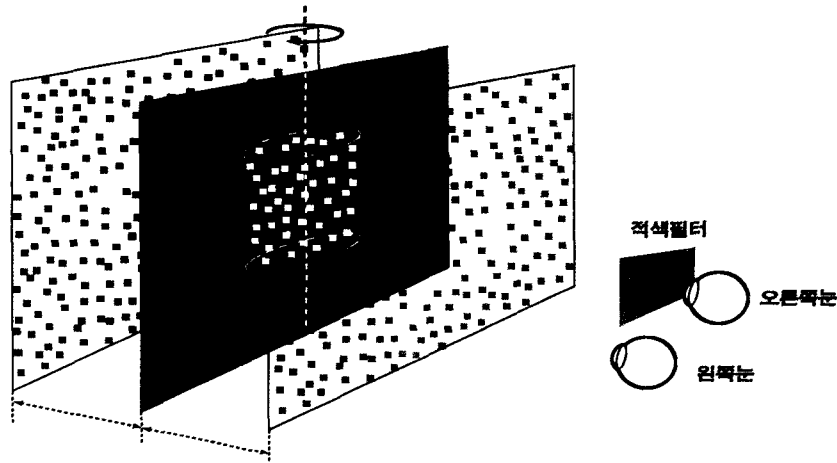


(그림 7) 실험 7에서 원통체를 구성하는 점의 수와 녹색 정지점의 수의 변화에 따라서 녹색 정지점이 의식에서 소멸하는 시간

임을 시사한다. Graf등은 표면 완결된 두 표면의 상대적인 깊이에 따라서 정지점이 의식에서 소멸되는 시간이 조율될 수 있음을 보여 주었다. Graf등의 연구에 의하면 정지점들이 운동자극보다 관찰자에게서 가까이 있는 경우보다 멀리 있는 경우에 정지점들의 의식에서 더욱 잘 소멸된다는 것을 보여 주었다. 실험 3의 결과는 표면완결이 정지자극의 의식에서의 소멸에 중요한 변인으로 작용한다는 Graf등의 주장을 지지한다.

실험 4

Graf등에 의하면 두 개의 표면이 표상되는 경우에 관찰자보다 멀리 있는 표면이 가까이 있는 표면에 의하여



(그림 8) 실험 4에서 사용된 도식적인 자극상황 예. 양안시차를 이용하여 원통체와 녹색 정지점으로 구성된 표면과의 상대적인 깊이를 조작하였다

가려지는데, 이러한 표면들의 중첩관계가 시각기계에 의해 해석되기 때문에 정지자극이 의식에서 소멸된다는 것이다. 실험 4에서는 Graf등의 주장을 검증하기 위하여 정지 자극과 운동자극의 상대적인 깊이가 정지자극이 의식에서 소멸되는 시간에 미치는 영향을 측정하였다.

방법

피험자

실험 1에 참가한 피험자가 실험 4에 참가하였다.

도구

실험 1에서 사용된 도구가 실험 4에서 그대로 사용되었다.

자극

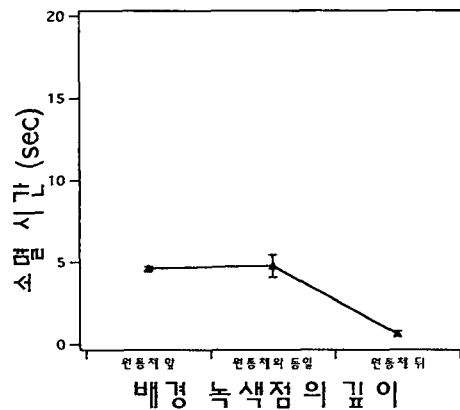
실험 1에 사용된 자극이 기본적으로 실험 4에 사용되었다. 실험 1에서 사용된 자극을 오른쪽 눈에 적색 필터를 착용하고 관찰할 경우에 녹색 정지점들이 회전하는 원통체의 가운데를 가로지르는 것으로 지각되었다. (그림 8)과 같이 실험 4에서는 녹색 정지점과 원통체의 상대적인 깊이를 양안시차정보를 이용하여 세 가지 수준으로 조작하였다 (녹색정지점이 원통체보다 관찰자에게 가까이 있는 경우, 녹색 정지점이 원통체의 가운데를 가로지르는 경우, 녹색 정지점이 원통체보다 관찰자에게서 멀리 떨어져 있는 경우). 그 외의 조건은 실험 1과 동일하였다.

실험절차

실험 1에 사용된 실험절차가 실험 3에 그대로 사용되었다. 총 시행 수는 30회였다 (정지자극과 원통체의 상대적인 깊이 3가지 X 10회 반복). 실험에서 모든 조건은 무선적으로 제시되었다.

결과

(그림 9)가 보여 주듯이 정지자극이 원통체보다 관찰자에게서 멀리 있는 경우에 정지자극은 의식에서 거의 소



(그림 9) 실험 4에서 녹색 정지점과 원통체와의 상대적인 깊이에 따라서 녹색정지점이 의식에서 소멸하는 시간.

멸되지 않았다. 하지만 정지자극이 관찰자에게 가까이 있거나 원통체를 가로지르는 경우에 정지자극이 의식에서 간헐적으로 소멸되었으며 소멸되는 시간은 유사하였다.

논의

Graf 등은 두 개의 표면이 표상되는 경우에 관찰자보다 멀리 있는 표면이 가까이 있는 표면에 의하여 가려지는데, 이러한 표면들의 중첩관계가 시각기체에 의해 해석되기 때문에 정지자극이 의식에서 소멸된다고 주장하였다. 실험 4의 결과는 Graf 등의 연구에서 획득된 결과와 상충되는데, Graf 등의 연구에서는 정지점들이 운동자극보다 관찰자에게 가까이 있는 경우보다 멀리 있는 경우에 의식에서 더 잘 소멸되었으나 실험 4에서는 정지자극이 운동자극보다 관찰자에게서 멀리 있는 경우에 의식에서 거의 소멸하지 않았으며 운동자극보다 관찰자에게 가까이 있는 경우에 의식에서 더 잘 소멸되었다. Graf 등의 주장은 두 가지 암묵적인 전제에 근거하는데, 하나는 표면완결과정에 의해 표상되는 표면은 불투명 표면이라는 것이다. 왜냐하면 불투명한 표면들의 중첩관계만이 하나의 표면을 관찰자로부터 가릴 수 있기 때문이다. 둘째는 운동자극이 표면자극보다 관찰자의 주의를 더 많이 받는데, 정지자극이 운동자극을 관찰자의 의식으로부터 소멸시키지 못하기 때문이다. 실험 4의 결과가 Graf 등의 결과와 일치되지 않게 된 한 가지 가능한 변인은 Graf 등의 실험에 사용된 정지자극은 하나의 표면으로 구성되었는데 비하여 실험 4에 이용된 운동자극은 반투명한 원통체라는 것이다. Graf 등의 주장처럼 운동자극으로부터 나타나는 완결된 표면이 정지자극을 중첩에 의해 관찰자로부터 가리기 위해서는 운동자극이 불투명하여야 하는데, 실험 4에 이용된 자극은 반투명한 자극이기 때문에 운동자극, 즉 회전하는 원통체 뒤에 있는 정지자극을 관찰자로부터 가리지 못하고 따라서 정지자극이 의식에서 덜 소멸될 가능성이 있다. 그렇다면 회전하는 원통체보다 정지자극이 관찰자에게 가까이 있는 경우에 왜 정지자극이 의식에서 소멸하는 것일까? 아마도 Graf 등이 암묵적으로 가정한 것처럼 정지자극보다 운동자극에 관찰자의 주의가 더욱 많이 기울어 지는데, 관찰자에게 가까이 있는 불투명한 정지자극의 표상과 멀리 있는 반투명한 원통체의 표상은 양립하기 힘든 상황인데, 이때 운동자극의 표상이 표상경쟁에서 승리하고 정지자극이 의식에서 소멸되었을 가능성이 있다. 이러한 가능성에 대한 검증은 추후의 연구문제로 남는다.

종합논의

본 연구에서는 Bonneh 등이 보고한 MIB 현상과 구별되는 새로운 MIB 현상을 보고하였다. 녹색 정지점과 흰색 점으로 구성된 반투명한 회전하는 원통체가 섞여 있는 자극을 오른쪽 눈에 적색 필터를 착용하고 관찰하면 원통체가 점유한 공간에 분포된 녹색 점들이 의식에서 간헐적으로 소멸하였다. 실험 1에서 언급된 것처럼 원통체가 회전하지 않는 경우에는 녹색점이 의식에서 소멸하지 않았다. 이러한 결과는 녹색점이 의식에서 소멸되는 데에 동일공간에 분포된 원통체의 운동이 중요한 변인임을 의미한다. 이러한 MIB 현상은 Bonneh 등이 보고한 MIB 현상과 구별되는데, 본 연구에서 사용된 자극을 Bonneh 등의 연구에서와 같이 나안으로 관찰하면 녹색점이 관찰자의 의식에서 소멸하지 않았다. 본 연구에서 보고하는 MIB 현상은 양안경쟁으로 설명하기 곤란한데, 일반적으로 양안경쟁 상황에서 두 개의 대립되는 자극 중에 한 자극의 배경과의 명도대비를 감소시키는 것은 이 자극이 양안경쟁에서 억압되어 의식에서 소멸될 가능성을 증가시킨다. 하지만, 본 연구에서 보고하는 MIB 상황에서 녹색 점의 명도대비를 감소하는 것은 오히려 녹색 정지점이 의식에서 소멸하는 시간을 감소시켰다. 이러한 결과는 의식에서 소멸되는 녹색점이 양안경쟁 상황에서 억압되어 의식에서 소멸되는 것이 아님을 시사한다.

Bonneh 등과 Graf 등이 전형적인 MIB 현상이 시각정보처리의 후기단계에서 주의기체가 관여하여 발생하는 것으로 해석하였는데, 본 연구에서 보고하는 MIB 현상 역시 시각정보처리의 후기단계에서 발생할 가능성이 높다. 녹색 정지점과 원통체를 구성하는 흰색 점의 수를 감소시킬수록 녹색 정지점이 의식에서 소멸하는 시간이 감소하였다. 고정된 공간 내에 분포하는 점의 수를 감소시키면 분포된 점들 사이에 표면완결이 일어날 가능성이 감소하고 궁극적으로 분포된 점들이 하나의 표면으로 표상되기 보다는 개개의 독립적인 대상으로 표상될 가능성이 높아진다. 녹색 정지점과 원통체를 구성하는 흰색 점의 수가 감소할수록 녹색정지점이 의식에서 소멸하는 시간이 감소한다는 실험결과는 본 연구에서 관찰되는 MIB 현상이 최소한 시각정보처리에서 표면완결단계 이후에서 발생함을 시사한다. 또한 녹색정지점이 원통체보다 관찰자에게 가까이 있을 때나 같은 깊이에 있을 때에는 녹색점이 간헐적으로 의식에서 소멸하는 데에 반하여 녹색 정지점이 원통체보다 관찰자에게서 멀리 있는 경우에는 녹색정지점이 관찰자의 의식에서 거의 소멸하지 않았다. 이러한 실험결과는 본 연구에서 관찰된 MIB 현상에 대

상간의 상대적인 깊이표상이 깊이 연관되어 있음을 의미하며 최소한 새로운 MIB 현상이 시각정보처리에서 깊이 표상 단계 이후에 발생함을 시사한다.

본 연구에서 관찰된 MIB 현상이 왜 발생하는지, 그리고 이와 관련된 정보처리 기제는 무엇인지에 관하여 해결되어야 할 여러 연구문제가 남아있다. 적색 필터 대신에 ND (neutral density) 필터 또는 이외의 다른 색 필터 (예를 들자면 청색필터나 녹색필터)를 착용하면 녹색정지점이 의식에서 소멸하지 않는다. 녹색 정지점을 적색 정지점으로 대체하고 녹색 필터를 착용하고 관찰하더라도 정지점이 의식에서 소멸되지 않는다. 아마도 사용된 필터의 색채에 따라서 투과율이 다르고 (따라서 망막에 최종적으로 맺히는 대상의 명도에 차이를 가져오고), 이러한 투과율 또는 명도의 차이가 원통체와 정지점의 상대적인 깊이표상에 영향을 미쳤기 때문에 이러한 결과가 나타났을 수도 있다. Graf 등의 연구에서는 정지자극이 운동자극보다 관찰자에게서 멀리 있는 경우에 정지자극이 의식에서 더욱 잘 소멸되었는데 본 연구에서는 정반대의 결과가 나타났다. 실험 4의 논의에서 언급된 것처럼 표면의 투명성 지각이 MIB 현상에 영향을 미치는 것인지에 대한 검증이 필요하다.

참고문헌

- [1] Bonnef, Y. S., Cooperman, A. & Sagi, D. (2001). Motion-induced blindness in normal observers. *Nature*, 411, 798-801.
- [2] Ditchburn, R. W. & Ginsborg, B. L. (1952). Vision with a stabilized retinal image. *Nature*, 170, 36-37.
- [3] Benet-Clark, H. & Evans, C. (1963). Fragmentation of patterned targets when viewed as prolonged afterimages. *Nature*, 199, 1215-1216.
- [4] Troxler, D. (1804). in *Ophthalmologisches Bibliothek* (eds Himly, K. & Schmidt, J. A.) 51-53 (Fromman, Jena, 1804)
- [5] Lauria, A. R. (1959). Disorders of 'simultaneous perception' in a case of bilateral occipito-parietal brain injury. *Brain*, 82, 437-449.
- [6] Rizzo, M. & Robin, D. A. (1990). Simultanagnosia: a defect of sustained attention yields insights on visual information processing. *Neurology*, 40, 447-455.
- [7] Blake, R. & Logothetis, N. K. (2001). Visual competition. *Nature Reviews Neuroscienc*, 3, 1-11.
- [8] Blake, R. (1989). A neural theory of binocular rivalry. *Psychological Review*, 96, 145-167.
- [9] Burbeck, C. & Kelly, D. (1984). Role of local adaptation in the fading of stabilized images. *Journal of Optical Society of America*, 1, 216-220.
- [10] Logothetis, N. K. (1998). Single units and conscious vision. *Philosophical Transactions in Royal Society of London, B*, 353, 1801-1808.
- [11] MacKay, D. M. (1986). in *Visual Neuroscience* (eds Pettigrew, J., Sanderson, K. & Levick, W.) 365-373. Cambridge University Press, Cambridge, New York.
- [12] Graf, E., Adams, W. J. & Lages, M. (2002). Modulating motion-induced blindness with depth ordering and surface completion. *Vision Research*, 42, 2731-2735.
- [13] Lit, A. (1949). The magnitude of the Pulfrich stereophenomenon as a function of binocular differences in intensity at various levels of illumination. *American Journal of Psychology*, 62, 159-181.
- [14] Pulfrich, C. (1922). Die Stereoskopie im Dienste der isochromem und heterochromen Photometrie. *Naturwissenschaften*, 10, 553-564.
- [15] Weale, R. A. (1954). Theory of the Pulfrich effect. *Ophthalmologica*, 128, 380-388.
- [16] Brainard, D. H. (1997). The psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, 10, 433-436.
- [17] Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, 10, 437-442.
- [18] Mueller, T. J. & Blake, R. (1989). A fresh look at the temporal dynamics of binocular rivalry. *Biological Cybernetics*, 61, 223-232.
- [19] Bossink, C. J. H., Stalmeier, P. F. M. & de Weert, C. M. M. (1993). A test of Levelt's second proposition for binocular rivalry. *Vision Research*, 33, 1413-1419.