인지과학, 제18권 제4호
Korean Journal of Cognitive Science
2007. Vol 18, No. 4, 351~370.

깊이 맥락이 맹점 채우기에 미치는 영향

박 경 미[1] 차 옥 균[2] 김 상 래[1] 임 희 연[1] 정 상 철[1,2†]

[1]연세대학교 대학원 인지과학 협동과정

[2]연세대학교 심리학과

본 연구는 두 정신물리학 실험을 통하여 상향적(bottom-up) 정보와 하향적(top-down) 정보가 맹점 채우기에 미치는 영향을 검증하였다. 두 실험 모두에서 맹점에 채워질 가능성이 동일한 두 자극을 맹점에 제시하였다. 이 두 자극이 맹점을 채우기 위해 경쟁할 때, 그 중 한 자극의 깊이 맥락을 조작하여 상향적 요인과 하향적 요인의 상호작용을 살펴보았다. 깊이 맥락은 맹점에 채워지는 자극들과 맹점 주변부 자극들 간의 상대적인 깊이로 정의되었으며, 실험 참가자들은 맹점에서 채워진 표적의 지각적 깊이를 보고하였다. 실험 결과, 맹점이 상향적 정보만 가진 자극보다 하향적 정보인 깊이 맥락이 첨가된 자극으로 대부분 채워졌다는 사실을 발견하였다. 통제 실험을 통하여 이러한 깊이 지각은 맹점이 위치한 주변시의 해상력 때문은 아닌 것으로 밝혀졌다. 위와 같은 실험 결과는 깊이 맥락정보와 같은 하향 처리 과정도 맹점 채워 넣기 과정에 영향을 미친다는 것을 시사한다.

주제어 : 맹점, 채우기, 깊이 맥락

---

* 이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2007-101039003-2007-8-0746).

† 교신저자: 정상철, 연세대학교 인지과학 협동과정, 연구세부분야: 인지심리
E-mail: scchong@yonsei.ac.kr

시각체계는 외부 환경을 안정적이고 견고하게 표상한다. 안정적이고 견고한 시각 표상의 예로 맹점을 들 수 있다. 맹점은 시신경 다발이 망막을 떠나는 지점(시신경 원판)이며, 그 위치는 중심와에서 관자놀이 방향으로 약 15°이고, 크기는 4° × 6° 정도이다[1]. 맹점에는 빛을 받아서 신경생리학적 신호로 전환하는 감광세포들이 존재하지 않으므로 우리는 빈 공간을 경험해야 한다. 그러나 우리가 양 눈으로 세상을 바라볼 때에는 한 눈의 맹점에서 받아들이지 못하는 정보를 이 위치에 상응하는 반대편 눈의 망막상 입력으로 대체되기 때문에 우리는 빈공간을 경험하지 않는다[2]. 비록 양안시가 아니더라도, 단안시에서 외부 환경에 빈 공간을 지각하는 사람은 없다. 그 이유는 맹점 주변 정보로 맹점이 채워지기 때문이며 이 과정을 일반적으로 채워 넣기 과정(filling-in process)이라 한다[3]. 구체적으로 맹점 주변 자극의 색채, 밝기, 질감, 운동 등과 같은 세부특징들이 생략되지 않고 모두 채워진다[4].

맹점 채워 넣기 과정에 대해서 Dennett은 시각체계가 맹점을 특정 정보로 채워 넣는 것이 아니라 맹점을 무시하는 것이라고 주장했다[5][6]. 그 이유는 맹점이 위치하는 영역이 시야의 주변부이기 때문에 맹점에 상응하는 부분을 지각해야할 필요성이 낮으므로, 맹점에 의한 빈 공간이 주변의 다른 정보를 이용하여 시각적으로 채워질 필요가 없기 때문이다. 하지만 이러한 '맹점 무시' 가설에 따르면 뉴런 수준의 채워 넣기가 존재하지 않아야 하지만, 신경생리학적인 연구 결과들에 따르면 이는 사실이 아닌 것으로 보인다. 초기 시각 피질(V1)에서 맹점을 담당하는 뉴런들은 자극이 양안으로 제시되는 경우에는 주로 맹점 반대편 눈의 입력에 반응하지만, 1/4 정도의 세포들은 단안으로 제시된 경우의 맹점 주변부 자극에도 반응을 보인다[2][7][8].

맹점 채워 넣기의 또 다른 설명으로는 '수동적 재사영[9]' 가설이 있다. 수동적 재사영 가설에 의하면 맹점 주변을 담당하는 뉴런들이 맹점 자체도 동시에 담당한다. 따라서 적은 수의 뉴런이 넓은 영역을 담당하게 되어 맹점 표상의 질은 맹점이 아닌 영역에 비교하여 감소한다. 수동적 재사영 가설의 증거는 망막 손상 환자의 예에서 찾아볼 수 있다. Chino와 그 동료들의 연구 결과에 의하면, 발달 초기에 한쪽 망막에 손상을 입었을 경우, 장기간의 회복 후에는 시각 피질의 선택적인 수용장 크기 변화가 발생하여 손상된 지점을 그 주변 뉴런들이 담당하게 된다[9].

Awater와 그 동료들은 기능적 자기공명영상 기법(fMRI)을 사용하여 최초시각피질 내 맹점에 인접한 두 지점과 맹점 반대편 눈에 상응하는 두 지점의 반응을 측정하여 비교함으로써 수동적 재사영 가설을 검증하였다[1]. 그 결과, 맹점에 인접한 두 지점에서 활성화된 fMRI 반응간의 거리는 맹점 반대편 눈에서 측정한 fMRI 반응간의 거리와 동일하였다. 최초시각피질에서 맹점을 가로지르는 거리나 그에 상응하는 맹점 밖 영역의 거리가 동일하다는 사실은 맹점 자체도 최초시각피질에서 다른 영역과 동일하게 표상된다는 것을 시사한다. 수동적 재사영 가설에 의하면 맹점 표상 자체가 다른 영역보다 상이해야 하므로, 이 결과는 피질에서 수동적 재사영 가설보다는 시각 피질 내의 능동적인 채워 넣기 과정을 강조하는 '능동적 채워 넣기 가설[2][7][10]'을 지지한다. Fiorani와 그의 동료들은 맹점의 양 편 모두에 자극이 제시되어야지만 맹점을 담당하는 뉴런이 발화한다는 것을 관찰하였다[7]. 수동적 재사영 가설이 맞다면 맹점의 한 편에만 자극이 제시되어도 맹점을 담당하는 일부 뉴런이라도 발화를 해야하므로 이 결과는 능동적 채워 넣기 가설을 더 지지한다. Ramachandran과 Gregory는 맹점 주변에 10°의 두꺼운 적색 고리를 제시했을 때, 맹점은 적색 원으로 채워져서 지각되지만, 같은 두께로 동심의 얇은 적색 고리들을 제시했을 때에는 맹점도 적색 고리들의 연속으로 채워진다는 것을 보고하였다. 이는 맹점 채워 넣기가 맹점의 가장자리 정보뿐 아니라 맹점에서 조금 떨어진 곳의 패턴도 능동적으로 고려한다는 것을 시사한다[11].

사전 연구에 의하면 맹점 채워 넣기 과정은 능동적이며, 초기시각피질의 뉴런들이 담당하고 있는 것 같다. 그렇다면 상위 시각 정보 처리 과정은 맹점 채워 넣기와 관계가 없을까? Ramachandran은 주의를 받은 물체와 그렇지 않은 물체가 맹점 주변에서 맹점을 채워 넣기 위해서 경쟁할 때 주의를 받은 물체가 더 쉽게 채워지는 현상을 통해 맹점 채워 넣기가 하향적 처리에 의해 영향을 받을 수 있다는 것을 보여주었다[12]. 주의 유무뿐만 아니라 Brown과 Thurmond는 피험자의 자극 선호가 맹점 채워 넣기에 중요한 변인임을 밝혀냈다[13]. 주의 유무와 선호도가 맹점 채워 넣기에 영향을 준다는 결과는 하향 처리 과정이 맹점 채우기에 중요한 변인임을 시사한다. 본 연구에서는 주의 유무와 선호도를 통제한 상황에서도 하향 처리가 맹점 채워 넣기에 영향을 미칠 수 있는지를 검증하기 위하여 맹점에 채워질 가능성은 동일하나 채워지기 전의 사전 맥락을 조작하였다. 구체적으로 맹점 주변

에 채워 넣기에 관여할 수 있는 자극 둘을 경쟁시키고 그 중 한 자극의 깊이 맥락을 변화시킴으로써 맹점 채우기에 있어 상향적 요인과 하향적 요인의 상호작용을 살펴보았다. 깊이 맥락은 자극간의 중첩으로 조작하였다. 일반적으로 중첩에 의한 깊이 단서는 상향 처리나 하향 처리 어느 쪽으로도 맹점 채워 넣기에 영향을 미칠 수 있지만, 본 연구에서는 맹점 채우기 이전에 한 자극이 다른 자극의 앞 또는 뒤로 이동하는 것으로 깊이 맥락이 정의되었다. 이러한 깊이 맥락은 경쟁하는 자극의 맹점 채워 넣기 전에 발생한 자극 간의 깊이 정보가 사전에 기억되어 이후의 맹점 채워 넣기에 영향을 미치기 때문에, 깊이 정보가 하향 처리를 통하여 맹점 채우기에 영향을 미치게 된다.

실험 자극으로 수직과 수평 막대를 사용하였다. 상향적 요인은 맹점 위, 아래 그리고 좌, 우에 제시되는 막대로 정의하였다. Andrews와 Campbell은 막대자극의 길이가 맹점 밖에서 점진적으로 증가하여 한쪽 끝이 맹점 내부에 제시되면 지각된 길이가 더 이상 변화하지 않지만, 막대 끝이 맹점의 반대편에 나타나는 순간 채워 넣기가 일어나 실제 길이의 막대가 지각된다고 보고했다[14]. 이들의 실험과 같이 본 실험에서는 수평 막대는 화면 끝에서부터 이동하여 맹점을 통과 후 실제 길이로 지각될 수 있도록 제시되었다. 맹점으로 이동하는 수평 막대와 맹점 중심을 통과하도록 고정되어 제시되는 수직 막대를 상향적 요인으로 정의하였다. Brown과 Thurmond에 따르면 등광도의 두 막대가 맹점에서 중첩되었을 때, 상향적 요인이 동일하므로 두 막대가 맹점에서 채워질 가능성은 동일하다[13]. 하향적 요인은 깊이 단서 중 중첩을 이용하여 제시한 막대 자극들 간의 깊이 맥락으로 정의하였다. 깊이 맥락 제시를 위하여 맹점 중심에 제시되는 수직 막대 이외에 동일한 길이의 수직 막대들이 맹점 좌우에 주어졌다. 수평 막대가 한쪽 끝에서부터 이동하여 이 수직 막대들과 중첩될 때, 수평 막대가 가려지는지의 여부로 깊이 정보가 제시되었다. 실험 참가자는 깊이 맥락이 주어진 수평 막대가 맹점을 통과할 때, 상향처리를 통해 맹점에 채워진 수직 막대와 수평 막대의 깊이 관계를 보고하였다. 본 실험에서는 두 막대 자극이 맹점에서 중첩되었을 때, 깊이 맥락 조작이 맹점 채워 넣기에 영향을 미치는지를 검증하였다.

두 실험을 통하여 상향처리와 하향처리가 어떤 양상으로 맹점 채워 넣기에 영향을 주는지를 연구하였다. 상향적 요인만 고려하면 수평 막대가 맹점에 채워질

확률은 수직 막대가 채워질 확률과 동일하다. 깊이 단서에 의한 하향적 처리가 맹점 채워 넣기에 영향을 미친다면, 이 확률은 하향적 깊이 단서에 따라 변화할 것이다. 예를 들자면 수평 막대가 맹점 앞에 제시된 수직 막대의 앞에 위치한 것으로 제시되었을 때는 맹점도 이와 동일하게 수평 막대가 앞에 위치한 것으로 채워질 확률이 우연 수준 이상으로 나타나게 될 것이다. 수평 막대가 수직 막대의 뒤에 위치한 경우에도 맹점에서 수평 막대가 뒤에 위치한 것으로 채워질 확률이 우연 수준 이상으로 나타나게 될 것이다. 그러나 하향적 처리가 영향을 미치지 않는다면 맹점은 깊이 단서와는 독립적으로 채워질 것이다. 실험 1, 2 결과 모두 하향적 깊이 맥락이 맹점 채워 넣기에 영향을 미친다는 것을 보여주었다.

실 험 1

실험 1의 목적은 상향적 정보 2개 중 어느 것이 맹점에 채워질지 모호할 때 하향적 정보가 어떤 영향을 미치는지를 알아보는 것이었다. 상향적 정보 2개는 맹점의 중심을 통과하는 수직, 수평 막대였으며, 하향적 정보는 수평 자극이 맹점 전의 수직 막대들을 앞이나 뒤로 통과하는 것이었다. 하향적 정보가 맹점 채워 넣기 과정에 영향을 미치지 않는다면 수직 선분이 맹점에 채워지는 확률이 수평 선분의 확률과 동일할 것이다. 하향적 정보가 맹점 채워 넣기에 영향을 미친다면, 깊이 단서가 맹점에서 수직, 수평 막대가 채워지는 확률을 상이하게 만들 것이다.

실험 방법

참가자

네 명의 저자를 포함한 연세대학교 학생 7명이 실험에 참가했다. 네 명의 저자를 제외한 다른 피험자들은 실험의 목적과 가설을 알지 못하였다. 모든 피험자는 나안 혹은 교정시력이 정상 이었으며, 정상적인 색채시가 가능하였다.

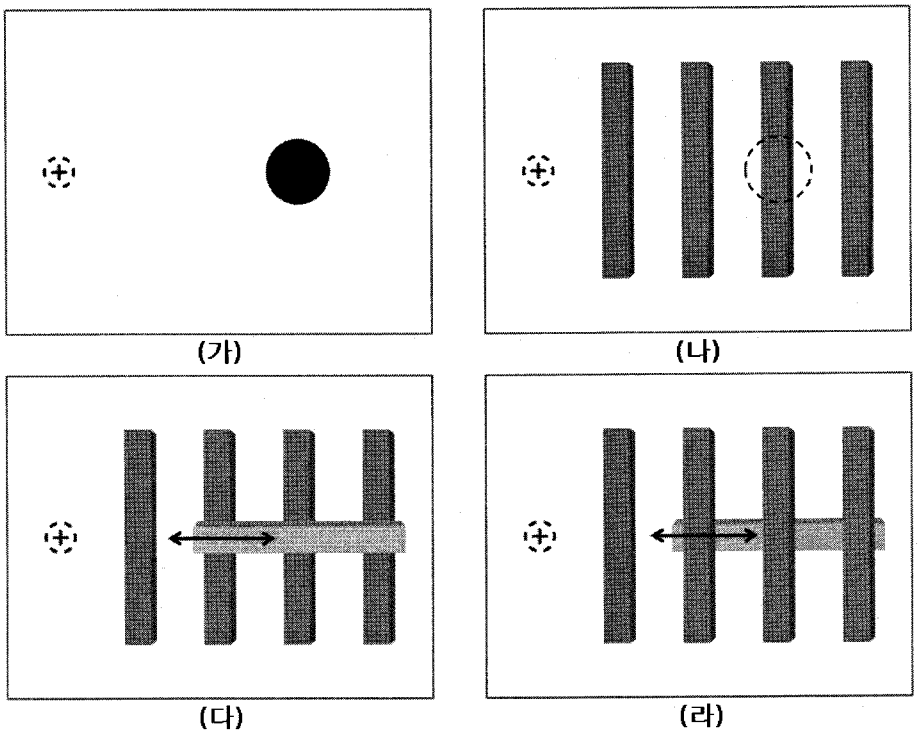

그림 1. 실험 1에서 사용된 실험 자극. (가) 맹점 측정. 맹점에 위치한 검은 원(실제로는 흰색)을 실험 참가자들이 보지 못하는 최대 크기를 측정하였다. (나) 수직 막대들은 4개가 제시되었으며 왼쪽에서 세 번째 막대가 점선으로 표시된 맹점에 위치하였다. (다, 라) 주어진 깊이 맥락의 수준. 수평 막대는 깊이 맥락을 제시하기 위하여 수직 막대들의 앞(다)/뒤(라)로 이동하였다. 실험 참가자는 수평 막대가 맹점에 정지하면 맹점 채워 넣기 결과를 보고하였다. 수직 막대와 수평 막대는 각각 적색과 녹색으로 제시되었다.

기구 및 재료

실험은 펜티엄 4 컴퓨터와 삼성 21인치 CRT 모니터를 이용하였다. 실험 프로그램은 Java와 SWT를 이용해서 제작되었고, 반응은 자판을 통해서 입력되었다. 이마와 턱을 고정하는 받침대(Head and chin rest)를 이용해서 피험자와 모니터의 거리는 90cm로 유지하였다. 실험은 암실에서 진행되었다.

실험에 사용된 자극이 그림 1에 제시되어 있다. 그림 1 (나)에서 볼 수 있듯이, 화면 좌측에 응시점이 제시되었으며 그로부터 오른쪽으로 네 개의 수직 막대가 제시되었다. 네 막대 중 세 번째 막대는 항상 맹점 중앙에 제시되었으며, 나머지 막대들은 맥락 막대로 정의되었다. 응시점과 그 인접한 막대, 각 막대 간의 간격은 응시점과 맹점 사이 거리의 1/3이었고, 막대의 길이는 3/4, 막대의 두께는 피험자 맹점 지름의 1/2이었다. 그 결과 응시점으로부터 각 막대가지의 거리는 평균적으로 4.8°, 10.7°, 1.7° 이었다. 깊이 맥락을 효과적으로 제시하기 위하여 모든 막대의 형태는 직육면체이었다. 수직 막대와 수평막대는 등광도(20.3cd/m^2)의 녹색 또는 적색으로 피험자간 무선화하여 제시되었다.

표적으로 제시된 수평 막대는 화면 왼쪽에서 오른쪽까지(응시점 출발 조건), 또는 오른쪽에서 왼쪽까지(주변시 출발 조건) 이동했으며, 운동방향은 피험자내 무선화하였다. 수평 막대의 중심이 맹점의 중심에 위치했을 때, 수평 막대는 정지하였다. 막대의 이동 속도는 평균적으로 시각 15.2°/초이었다.

설계 및 절차

독립 변인은 수평 막대가 맥락 막대들의 앞, 뒤로 지나갔는지 여부였다(그림 1의 (다)와 (라)). 피험자의 과제는 맹점에서 수평 막대가 수직 막대 앞에 지각되었는지 여부를 보고하는 것이었다. 본 실험 전에 맹점의 위치와 크기를 먼저 측정하였다. 모든 피험자들은 맹점 측정 이전에 피험자의 사전 지식이나 실험자의 설명과 데모를 통하여 맹점에 관하여 알고 있었다. 그림 1의 (가)와 같이 맹점 측정을 위하여 응시점 우측에 흰색으로 채워진 원을 제시하였다. 원의 크기는 0.75°와 2.27° 사이에서 무선적으로 선택하였으며, 원의 위치도 응시점으로부터 13.6°과 16.7° 사이에서 무선적으로 선택하였다. 피험자는 왼쪽과 오른쪽 화살표 키를 이용하여 흰색 원이 완벽히 보이지 않는 맹점 중심으로 흰 원을 이동하였으며, 위와 아래 화살표 키를 이용해서 흰색 원의 크기를 조절하였다. 피험자가 원의 크기를 증가시켜 맹점을 벗어나면(흰색 원이 보이면), 다시 흰색 원이 맹점을 벗어나지 않도록(흰색 원이 보이지 않을 때까지) 크기를 감소시키도록 하였다. 흰색 원의 위치와 크기가 맹점과 같다고 피험자가 생각하면 스페이스 바를 눌러 다음 시행으로

진행하였다. 이 과정은 5번 반복되었으며, 반복 결과의 평균치를 각 피험자의 맹점 크기와 위치로 정의하였다. 평균적으로 원형으로 정의된 맹점의 반지름은 1.7°이었으며, 응시점으로부터 맹점 중심까지의 거리는 14.3°이었다.

맹점 측정 후에 본 실험이 실시되었다. 각 시행이 시작되면 수평 막대가 화면 왼쪽에서 오른쪽으로, 또는 오른쪽에서 왼쪽으로 이동하였다. 피험자의 과제는 왼쪽의 흰색 응시점을 보면서, 수평 막대가 맥락 막대들을 지나 맹점에 제시된 수직 막대 중앙에 위치했을 때, 수평 막대가 수직 막대 앞쪽으로 지나갔다고 생각하는 경우 아래쪽 화살표 키를 눌렀으며, 뒤쪽으로 지나갔다고 생각하는 경우 위쪽 화살표 키를 눌렀다. 표적과 맥락 막대의 색은 피험자 간 역균형화하였으며, 16회의 연습 시행을 마친 후 240회의 본 시행이 진행되었다. 본 시행의 240회는 표적의 깊이 맥락(맥락 막대의 앞/뒤) × 표적의 이동방향(좌/우) × 반복 60회로 구성되었다. 모든 조건은 무선 구획 설계로 제시되었다.

결과 및 토의

본 실험에서는 깊이 맥락이 맹점 채워 넣기 과정에 영향을 미치는지를 알아보았다. 우리는 움직이는 수평 막대가 동일한 모양의 수직 막대들 앞으로 이동할 때, 수평 막대가 수직 막대에 비하여 앞에 있다고 지각하며, 수평 막대가 수직 막대들 뒤로 이동할 때는 수평 막대가 수직 막대의 뒤에 있다고 지각한다. 만약 이러한 깊이 맥락과 같은 하향 정보가 맹점 채워 넣기 과정에 영향을 준다면, 수평 막대와 맥락 막대간의 앞 / 뒤 지각 경험에 따라 맹점 채우기 양상이 달라질 것이다.

실험에 참가한 4명의 저자의 실험 결과와 실험의 목적을 모르는 피험자들의 실험 결과를 비교하였으나, 각 조건 별로 유의미한 차이가 없었다($t(5) = .706$, $p > .05$). 따라서 이후 모든 실험 참가자의 결과를 통합하여 분석하였다. 각 조건별로 맹점에서 실험참가자가 수평 막대를 수직 막대에 비하여 앞/뒤로 지각한 횟수를 백분율로 환산하였다. 반복측정 변량 분석 결과, 수평 막대의 이동 방향의 효과($F(1,6) = 1.87$, $p = .221$)와 맥락의 앞뒤 여부의 효과는 통계적으로 유의미하지 않았다($F(1,6) = .25$, $p = .638$). 그러므로 맥락과 맹점 채우기의 일치 여부만을 독립변인으로 설정하여 분석하였다. 맥락과 일치하게 맹점이 채워진 비율을 그림 2에

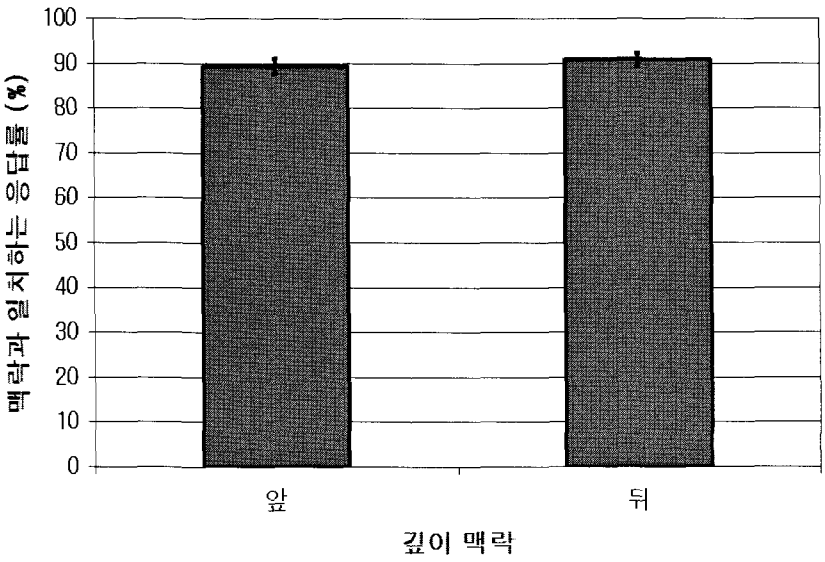

그림 2. 주어진 깊이 맥락과 동일하게 맹점 채워 넣기가 일어난 비율.

제시하였다. 실험참가자들은 깊이 맥락으로 주어진 단서와 일치하게 맹점이 채워졌다고 보고한 백분율은 평균 90.1%이었으며, 우연수준인 50%보다 통계적으로 유의미하게 높았다($t(6) = 28.86$, $p < .01$). 이 결과는, 교차하는 두 막대 모두로 지각적 완성이 가능한 모호한 상황에서, 맹점 채우기는 시간적으로 앞서 보여진 깊이 맥락에 의존하였다는 것을 시사한다.

맹점 채워 넣기 과정에 관한 설명 중 능동적 채워 넣기 가설에 의하면 맹점 채우기는 맹점 주변부 정보를 능동적으로 이용하여 이루어진다[7][10]. 즉, 능동적 채워 넣기 가설은 맹점 채우기에 있어서 상향적 요인을 강조하고 있다. 나아가 대부분의 맹점 연구는 정지된 자극의 특성만을 조작하여 이루어져 왔다[1][2][7][8][13][14][15][16][17][18][19][20][21]. 그러나 맹점 채우기에 하향적 요인이 영향을 미친다는 본 실험의 결과는 맹점 채워 넣기 과정에 대한 모델과 맹점 연구시 하향적 요인이 고려되어야 한다는 것을 시사한다.

실험 1에서 실험참가자는 수평 막대가 정지한 후에 맹점 채우기 내용을 보고하였다. 이 경우 수평 막대는 맹점 좌우의 수직 막대 (응시점에서부터 두 번째, 네

번째 수직막대)와 일부 중첩되어 지각된다(그림 1의 (다), (라) 참조). 그러므로 본 실험의 결과가 수평 선분이 수직 선분 앞, 뒤로 이동하여 조작된 맥락 때문이 아니라, 보고할 때 수평 선분이 정지 상태에서 맹점 좌우의 수직 선분들과 중첩되어 생겨난 단서 때문일 가능성이 있다. 또한 맹점이 망막 주변부에 위치하고 있으므로 실험 1의 결과가 주변시의 해상력 감소 때문일 가능성도 있다. 주변시는 해상력이 낮으므로[21][22][23], 실험참가자들이 맹점에 위치한 수직 막대에서의 맹점 채우기 내용이 아니라 중심와에 가까운 수직 막대들의 깊이를 맹점 채우기 내용으로 보고했을 수 있다. 이 가능성을 배제하기 위하여 실험 2를 수행하였다.

실 험 2

실험 2의 목적은 실험 1에서 나타난 잠재적 문제점인 중첩 단서와 주변부 해상력을 통제해도 맹점 전에 제시된 깊이 맥락 정보가 맹점 채워 넣기 과정에 영향을 미치는 지를 알아보는 것이었다. 여기서 중첩 단서란 수평 막대가 맹점에 정지하기 때문에 발생하는 맹점 주변 수직 막대와의 중첩에 의한 깊이 단서를 말한다. 실험 2에서는 1개의 수직 막대로 깊이 맥락을 제시하고 수평 막대가 정지하지 않고 연속적으로 이동하였다. 또한 맹점과 이심률이 동일한 위치에 자극을 제시하는 조건도 포함되었다. 그러므로 실험 2에서는 중첩 단서와 주변부 해상력의 문제를 통제하여 하향적 요인이 맹점 채우기에 영향을 미치는지를 검증하였다.

실험 방법

참가자

세 명의 저자를 포함한 연세대학교 학생 9명이 실험에 참가했다. 세 명의 저자를 제외한 피험자들은 실험의 목적과 가설을 알지 못하였으며, 맹점과 관련한 실험 참가의 경험이 없는 학생들이었다. 모든 피험자는 나안 혹은 교정시력이 정상

이었으며, 정상적인 색채시가 가능하였다.

기구 및 재료

기구는 실험 1과 동일하였으나, 실험 참가자로부터 모니터까지의 거리는 65cm로 감소하였다. 실험에 사용된 자극이 그림 3에 제시되어 있다. 화면 좌측에 응시점을 두고 2개의 수직 방향 막대가 화면 우측에 제시되었다. 2개의 수직 막대 중 오른편 수직 막대가 맹점 중앙에 제시되었으며, 응시점과 수직 막대들 간의 간격은 응시점과 맹점 사이 거리의 1/2이었고, 막대들의 길이는 응시점과 맹점 간 거리의 3/4, 막대의 두께는 피험자 맹점 지름의 1/2이었다. 그 결과 응시점으로부터 각 막대까지의 거리는 평균적으로 8.3°, 12.4°, 1.9° 이었다.

표적으로 제시된 수평막대는 화면 왼쪽에서 오른쪽으로 정지하지 않고 이동하여 맹점을 통과하였다. 수평 막대의 이동 속도는 평균 10.5°/초 이었다.

설계 및 절차

실험 2에서 사용된 자극이 그림 3에 제시되어있다. 실험 1과 동일하게 독립 변인은 수평 막대의 깊이 맥락으로 정의되었으며, 이는 왼쪽의 수직 막대를 수평 막대가 앞/뒤로 지나가는 것으로 제시되었다. 또한 수평 막대와 오른쪽 수직 막대의 교차 유무가 조작되었으며, 주변시의 해상력을 통제하기 위한 시행이 포함되었다. 피험자의 과제는 맹점에서 수평 막대가 수직 막대 앞에서 지각되었는지 여부를 보고하는 것이었다. 실험 2에서 사용된 실험 자극과 과제는 실험 1과 유사하였으나, 실험 1에서 제기된 잠재적인 문제점들을 통제하기 위하여 다음의 세 가지 요소가 추가되었다. 맹점 중심에 수평 막대가 위치했을 때, 맹점 주변의 수직 막대들과 수평 막대가 중첩되어 나타나는 단서를 제거하기 위하여 맹점 외부의 수직 막대를 1개로 줄이고, 수평 막대가 수직 막대와 정지 상태에서 중첩되지 않도록 하였으며, 수평 막대는 정지하지 않고 이동하였다. 두 번째로 주변부 해상력을 통제하기 위하여 동일한 이심률의 맹점 아래 위치에 동일한 실험 자극이 제시되었다. 세 번째로 오른쪽 수직 막대와 수평 막대의 교차는 앞, 뒤 그리고 교차부분이 가려진 조

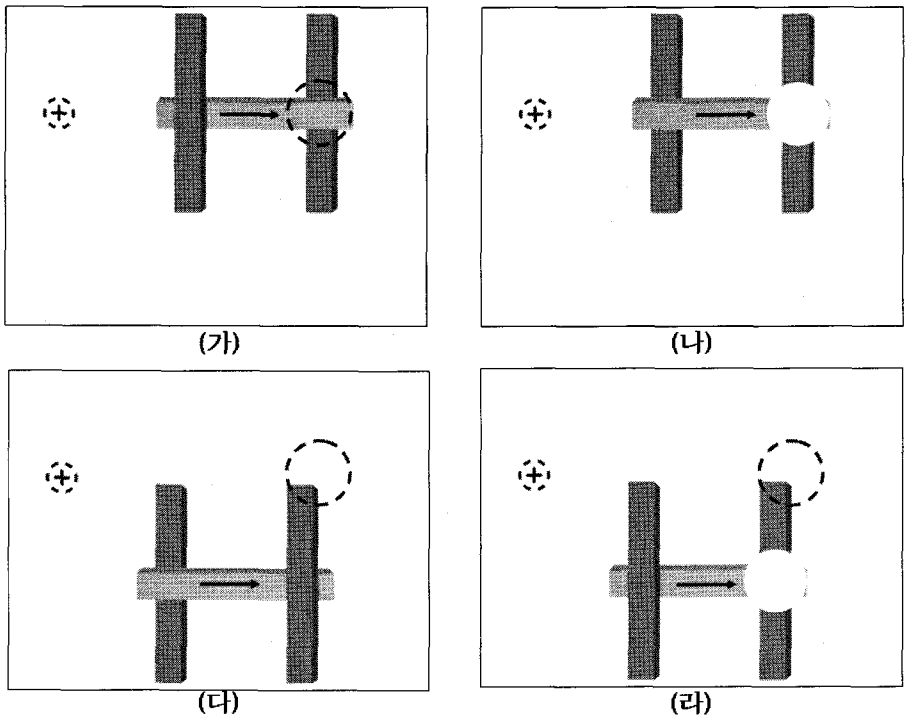

그림 3. 실험 2에서 사용된 실험 자극. (가) 2개의 수직 막대가 제시되었으며, 오른쪽 막대가 맹점에 위치하였다. (나) 측정된 맹점의 크기만큼 배경색으로 가려진 시행의 예. (다) 맹점과 같은 이심률의 위치에 제시된 해상력 통제 실험의 예시. (라) 맹점 위치가 배경색으로 가려진 통제 조건. 이 조건에서는 정답이 없었으므로 피험자들은 지각된 깊이를 주관적으로 반응하도록 지시받았다.

건으로 구성되었다(그림 3의 (나)와 (라) 참조). 실험 참가자들은 맹점 아래에 제시되는 통제 실험에서 수평 막대의 앞과 뒤를 보고하고, 가려진 경우에는 원하는 대로 반응하도록 지시하였다. 실험 2에서 측정된 평균 맹점의 반지름은 1.9 °이었으며, 응시점으로부터 맹점 중심까지의 거리는 16.5°이었다

수평 막대가 맹점에서 정지하지 않으므로, 실험참가자는 수평 막대의 중심이 맹점의 중심을 통과하고 난 후 응답할 수 있었다. 표적과 맥락 막대의 색과 맹점 내 교차 조건은 피험자 내 역균형화하였으며, 12회의 연습 시행을 마친 후 300회의

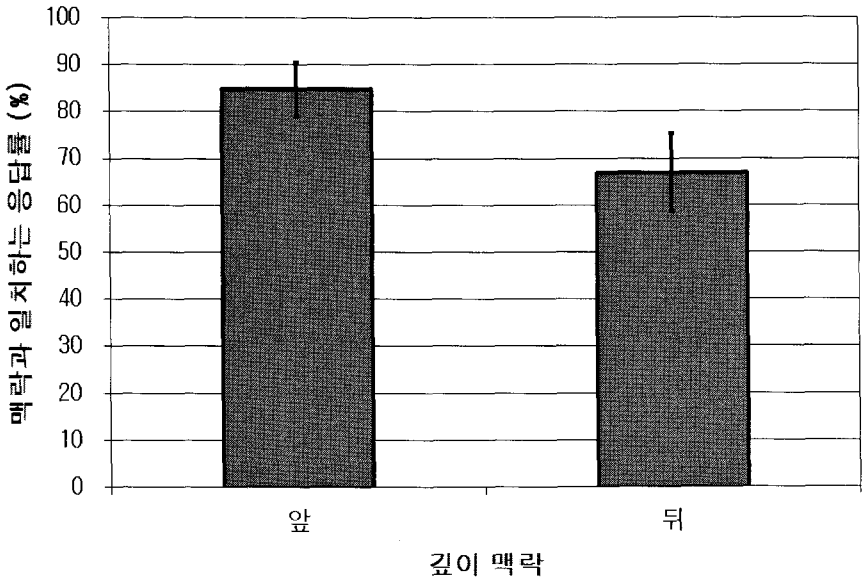

그림 4. 맹점의 채우기에서 깊이 맥락과 일치하는 응답률.

본 시행이 진행되었다. 본 시행의 300회는 맥락에서의 앞/뒤 × 막대의 색상 적/녹 × 교차(앞/뒤/가림) × 반복 25회로 구성되었다. 모든 조건은 무선 구획 설계로 제시되었다. 맹점 외부에 제시하는 시행은 피험자 별로 맹점에 제시되는 실험 전후에 180회가 시행되었다.

결과 및 토의

실험에 참가한 4명의 저자의 실험 결과와 실험의 목적을 모르는 피험자들의 실험 결과를 먼저 비교하였으나, 각 조건 별로 유의미한 차이가 없었다($t(7) = -1.53$, $p > .05$). 따라서 이후 모든 실험 참가자의 결과를 통합하여 분석하였다. 실험 2의 결과가 그림 4에 제시되어 있다. 반복 측정 변량 분석 결과, 수평 막대의 색상, 맹점에서 막대의 교차 조건의 주효과는 나타나지 않았으며(각각 $F(1, 8) = 2.03$, $p > .05$, $F(2, 16) = 1.91$, $p > .05$), 맥락의 앞뒤 차이에 따른 효과만이 나타났다($F(1, 8)$

= 9.11, p = .02). 이후 맥락과 일치하는 응답률은 막대의 색상이나 교차 조건에 상관없이 분석하였다. 깊이 맥락과 일치하게 맹점이 채워진 경우는 평균 75.8%로 나타났으며, 이는 우연 수준보다 통계적으로 유의미하게 높았다($t(8)$ = 3.97, p < .01). 실험 1에 비해 실험 2에서는 맥락 정보를 주는 수직 막대가 하나만 제시되어 맥락 정보의 강도가 줄어들었다. 표적이 맹점에서 멈춰 서지 않았음에도 불구하고, 실험 1과 동일하게 나타난 실험 결과는 깊이 맥락과 일치하게 맹점 채우기가 일어난다는 것을 시사한다.

주변시에서의 해상력의 문제를 알아보기 위하여 맹점과 동일한 이심률의 망막에 제시한 통제 실험 결과가 그림 5에 제시되어 있다. 감광세포가 존재하는 망막상에 제시되었기 때문에, 실험 참가자들은 본 실험에서 맹점에 위치했던 수직 막대에서 표적이 앞으로 가는지, 혹은 뒤로 가는지를 지각할 수 있었다. 표적에 대한 두 수직 막대의 깊이 관계가 일치할 때(표적이 두 수직 막대의 앞으로만, 혹은 뒤로만 지나가는 경우) 더욱 높은 정확률을 확인할 수 있었으며(89.44%), 두 막대의 깊이 관계가 일치하지 않을 경우(예를 들어 표적이 왼쪽 막대의 앞을 통과하여 오른쪽 막대의 뒤로 지나가는 경우 또는 그 반대)의 정답률은 일정 수준 감소하였으나, 일치하는 경우와 통계적으로 유의미한 차이는 없었다(79.07%, $t(8)$ = 1.39, p > .05). 통제 실험의 결과는 실험 1의 결과와 맹점 주변에 자극을 제시한 실험 2의 결과에서 나타난 깊이 맥락에 따른 맹점 채우기 현상이 주변시의 낮은 해상력에 크게 영향을 받지 않았다는 것을 보여준다. 이 결과는 맹점 주변의 해상력에서도 정확한 깊이 지각이 가능하다는 것을 시사한다. 오른쪽 수직 막대와 표적의 교차 부분이 배경색으로 가려진 조건(그림 3의 (라)참조)에서는 정답이 없기 때문에, 실험 참가자가 표적의 깊이를 느끼는 대로 반응하도록 하였다. 이 경우 맥락과 일치하는 응답률은 56.19%로 우연수준에 근접하게 나타났다. 이 결과는 주어진 맥락 정보에 따라 응답을 하는 요구특성이 나타나지 않았음을 시사한다.

실험 2의 결과에서 생각해 볼 점은, 주어진 맥락의 앞뒤 차이의 효과가 나타났다는 것이다. 그림 4에서 확인할 수 있듯이 표적이 수직 막대의 뒤로 이동하는 경우, 앞으로 이동하는 경우에 비해, 맥락 정보와 일치하는 응답이 줄어들었다. 이 결과는 주어진 수행 과제에 따른 실험 참가자의 주의 효과로 설명이 가능하다. Ramachandran은 동일한 길이로 맹점에서 교차하는 두 개의 막대가 정지된 상태에

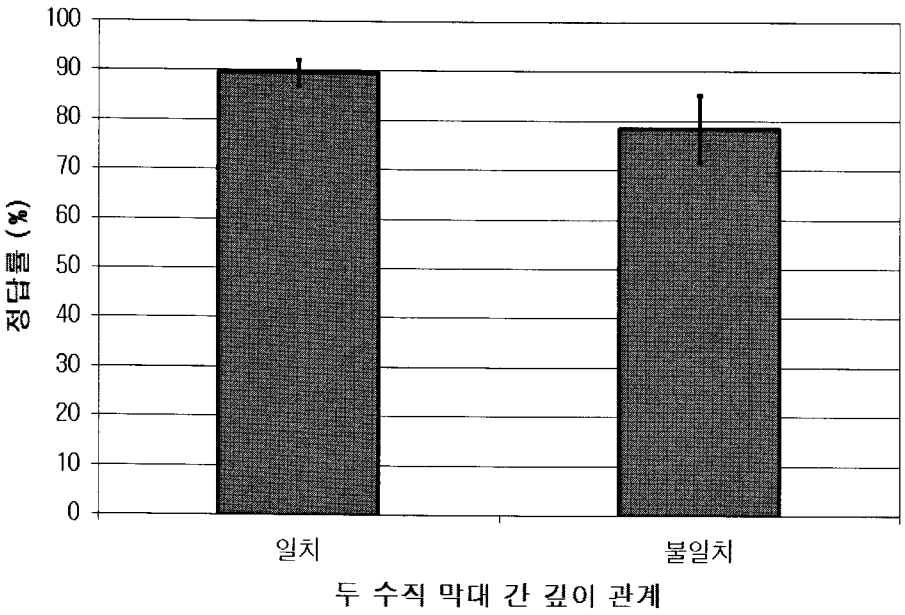

그림 5. 맹점과 동일한 주변시에 제시된 통제실험의 정답률. 왼쪽 수직 막대와 오른쪽 수직 막대의 깊이 관계가 일치하는 경우는 표적이 2개의 수직 막대 모두의 앞/뒤로 이동한 것을 의미한다.

서 채워지기 위해 경쟁할 때, 주의를 두는 막대가 다른 막대의 앞에 있는 것(주의를 두는 막대로 맹점이 채워지는 것)으로 지각된다고 보고하였다[12]. 깊이 맥락의 앞, 뒤 여부가 영향을 미치지 않았던 실험 1과 달리 실험 2에서는 표적이 맹점에서 정지하지 않았기 때문에 실험 참가자들은 움직이는 표적에 주의를 더 기울이게 되었을 것이며, 따라서 깊이 맥락이 뒤로 주어진 경우에 맥락 효과가 상대적으로 작게 나타난 것으로 보인다. 그러나 실험 2에서 표적이 수직 막대의 뒤로 이동하는 경우, 만약 주의 효과가 주된 변인이라면 피험자의 응답률이 50%보다 유의미하게 낮아야 한다. 맥락이 뒤로 주어진 경우의 응답률이 67%로 우연 수준인 50%보다 유의미하게 높았다는 것은 깊이 맥락이 주의보다 맹점 채우기에 더 큰 영향을 미친다는 것을 시사한다.

종합 논의

본 연구의 목적은 맹점에서 일어나는 채워 넣기 과정에 있어서 하향 처리에 의한 정보가 지각을 변화시킬 수 있는지를 깊이 맥락을 조작하여 알아보는 것이었다. 실험 1을 통해서 맹점에서 두 가지로 채워질 수 있는 모호한 자극이 주어졌을 때, 공간적으로 주어진 깊이 맥락에 따라 맹점에 채워지는 자극이 선택되었다. 실험 2에서는 실험 1에서와 같은 패러다임을 사용하여 깊이 맥락이 표적이 맹점에 도달하기 전에 순간적으로 제시되도록 조작하였으며, 이 경우에도 맹점은 맥락에 의존하여 채워진다는 것을 관찰하였다. 또한 맹점이 해상력이 감소된 주변시에 위치하기 때문에, 맹점에서의 깊이 지각 정확도를 확인하기 위한 실험을 진행하였다. 실험 2에서 사용된 것과 동일한 시각 자극을 맹점 외부의 주변시에 제시한 경우, 참가자들은 조작된 깊이 맥락과 독립적으로 정확한 반응을 할 수 있었다.

본 연구 이전에도 Ramachadran은 맹점에 동일한 길이의 교차하는 막대 자극이 제시되었을 때, 주의를 기울인 쪽으로 맹점이 채워지는 것을 관찰하였으며[12], Brown과 Thurmond는 실험을 통해서 맹점에서 교차하는 두 가지 색의 막대가 제시되었을 때, 제시된 색에 대한 실험 참가자의 선호도가 맹점에서 채워지는 막대 자극의 선택에 영향을 미친다고 보고하였다[13]. 또한 이들은 맹점에서 교차하는 두 막대 자극을 지속적으로 볼 때, 맹점에서 채워져 있던 막대가 다른 막대 자극으로 전환되는 역전 현상을 실험 참가자들이 인지하고 있으면, 인식하기전보다 역전 현상이 일어나는 빈도가 높아지는 것을 관찰하였다[13]. 실험 1과 실험 2의 결과는 맹점 주변부의 정보가 아닌 외부에서 제시된 정보가 하향처리를 통하여 맹점에서의 지각 경험을 변화시킬 수 있다는 점에서, 주의나 선호도, 맹점에서의 역전 현상의 인지 여부에 따라 맹점 채우기가 달라진다는 사전 연구들의 결과와 일치한다. 그러나 주의나 선호도라는 실험 참가자들의 주관적인 보고에 의존한 변인이 아닌 실험자가 무선적으로 조작한 깊이 맥락을 변인으로 사용함으로써 하향 처리 정보가 맹점 채우기에 미치는 영향을 보다 정량적으로 측정할 수 있었다.

그렇다면 본 연구의 결과는 세 가지 맹점 채워 넣기 가설들 중 어떤 것을 지지하는가? 먼저 맹점은 주변시에 위치하여 중요도가 낮기 때문에 지각적으로 채워지는 것이 아니라 무시된다는 '맹점 무시 가설[5][6]'은 주어진 깊이 맥락에 따라 맹

점에서의 깊이 관계를 추측한 것으로 연구 결과를 어느 정도 설명할 수 있지만, 실제 맹점을 담당하는 뉴런이 맹점 주변의 자극 특성에 따라 반응한다는 기존의 신경 생리학적 증거들을 설명할 수 없으며, 실험 2에서 맹점 외부의 주변시에 제시한 경우의 깊이 지각 정확도를 설명할 수 없다. 만일 '수동적 재사영 가설[9]'처럼 맹점 주변을 담당하는 뉴런들이 맹점 내부 표상도 담당한다면, 본 실험에서 사용한 움직이는 표적의 깊이 맥락에 따라 맹점에서의 채워진 지각 경험이 달라지는 결과를 설명할 수 없다. 그러나, '능동적 채워 넣기 가설[2][7]'은 맹점 양 편에 자극이 제시되면 이어져서 채워지는 것과 같이 맹점 주변의 자극 특성에 능동적으로 반응하여 맹점이 채워진다는 주장이므로 상위 영역에서의 하향 처리에 의하여 맹점에서 지각 경험이 변화할 수 있다는 본 연구의 결과를 설명할 수 있는 것으로 보인다.

그동안의 맹점 채우기의 연구들은 망막위상적인 시각 피질의 표상에서 맹점이 어떻게 채워지는 지를 영장류 연구[2][7][8][9][10]와 자기 공명 영상법[1] 등을 이용하여, 정적인 시각 자극 제시를 통해 상향 처리 정보 측면에서 연구해 왔다. 이 연구에서는 움직이는 실험 자극을 사용하여 사전에 주어진 정보에 따라서 맹점의 채우기가 어떻게 변화하는지를 알아보았다. 움직이는 표적 막대가 수직 막대를 앞/뒤로 이동하게 하여 표적이 깊이 맥락을 가지고 움직이도록 조작하였을 때 맹점은 맥락 의존적으로 채워졌다. 이 결과는 맹점 채워 넣기 과정에서 상향 처리뿐만 아니라 깊이 맥락과 같은 정보를 능동적으로 이용한 하향 처리를 통해 맹점에서 모호한 지각 경험을 구체화시킨다는 것을 시사한다.

참고문헌

[1] Awater, H., Kerlin, J. R., Evans, K. K. & Tong, F. (2005). Cortical representation of space around the blind spot. *Journal of Neurophysiology, 94,* 3314-3324.

[2] Komatsu, H., Kinoshita, M. & Murakami, I. (2000). Neural responses in the retinotopic representation of the blind spot in the macaque V1 to stimuli for perceptual filling-in. *Journal of Neuroscience, 20,* 9310-9319.

[3] Ramachandran, V. S. (1992). Blind spots. *Scientific American, 266,* 89 - 91.

[4] Pessoa, L., Thompson, E. & Noe, A. (1998). Finding out about filling-in: A guide to perceptual completion for visual science and the philosophy of perception. *Behavioral and Brain Sciences, 21,* 723 - 748.

[5] Dennett, D. (1992). Filling in versus finding out: A ubiquitous confusion in cognitive science. In: Pick, Van den broek, Knill (eds.) *Cognition, Conception, and Methodological Issues,* American Psychological Association.

[6] Durgin, F. H., Tripathy, S. P. & Levi, D. M. (1995). On the filling in of the visual blind spot: some rules of thumb. *Perception, 24,* 827-40.

[7] Fiorani, M., Rosa, M. G. P., Gattass, R. & Rocha-Miranda, C. E. (1992). Dynamic surrounds of receptive fields in primate striate cortex: A physiological basis for perceptual completion? *Proceedings of the National Academy of Sciences, 89,* 8547-8551.

[8] Matsumoto, M. & Komatsu, H. (2005). Neural responses in the macaque V1 to bar stimuli with various lengths presented on the blind spot. *Journal of Neurophysiology, 93,* 2374-2387.

[9] Chino, Y., Smith, E. L. 3rd, Jhang, B., Matsuura, K., Mori, T. & Kaas, J. H. (2001). Recovery of binocular responses by cortical neurons after early monocular lesions. *Nature Neuroscience, 4,* 688-690.

[10] Komatsu, H. (2006). The neural mechanisms of perceptual filling-in. *Nature Reviews: Neuroscience, 7,* 220-231.

[11] Ramachandran, V. S. & Gregory, R. L. (1991). Perceptual filing in of artificially induced scotomas in human vision. *Nature, 350,* 699-702.

[12] Ramachandran, V. S. (1992). Filling in gaps in perception: Part 1 *Current Directions in Psychological Science, 1,* 199-205.

[13] Brown, R. J. & Thurmond, J. B. (1993). Preattentive and cognitive effects on perceptual completion at the blind spot. *Perception and Psychophysics, 53,* 200-9.

[14] Andrews, P. R. & Campbell, F. W. (1991). Images at the blind spot. *Nature, 353,* 308-308.

[15] He, S. & Davis, W. L. (2001). Filling-in at the natural blind spot contributes to

binocular rivalry. *Vision Research, 41,* 835-840.

[16] Kawabata, N. (1982). Visual information processing at the blind spot. *Perception and Motor Skills, 55,* 95-104.

[17] Kawabata, N. (1983). Global interactions in perceptual completion at the blind spot. *Vision Research, 23,* 275-279.

[18] Kawabata, N. (1984). Perception at the blind spot and similarity grouping. *Perception and Psychophysics, 36,* 151-158.

[19] Komatsu, H., Kinoshita, M. & Murakami, I. (2002). Neural responses in the primary visual cortex of the monkey during perceptual filling-in at the blind spot. *Neuroscience Research, 44,* 231-236.

[20] Tripathy, S. P., Levi, D. M. & Ogmen, H. (1996). Two-dot alignment across the physiological blind spot. *Vision Research, 36,* 1585-1596.

[21] Klein, S. A. & Levi, D. M. (1987). Position sense of the peripheral retina. *Journal of the Optical Society of America, 4,* 1543-1553.

[22] Thibos, L. N., Cheney, F. E. & Walsh, D. J. (1987). Retinal limits to the detection and resolution of gratings. *Journal of the Optical Society of America, 4,* 1524-1529.

[23] Wright, M. J. (1987). Spatiotemporal properties of grating motion detection in the center and the periphery of the visual field. *Journal of the Optical Society of America, 4,* 1627-1633.

1 차원고접수 : 2007. 9. 10
2 차원고접수 : 2007. 11. 7
최종게재승인 : 2007. 12. 10

인지과학, 제18권 제4호

(*Abstract*)

The Influence of Depth Context on Blind Spot Filling-in

Kyung Mi Park[1] Oakyoon Cha[2] Sangrae Kim[1]
Hee Yeon Im[1] Sang Chul Chong[1,2]

[1]Graduate Program in Cognitive Science
[2]Department of Psychology, Yonsei University

This study investigated whether top-down information influenced the filling-in of the blind spot. Two potential stimuli, which could fill in the blind spot, were presented at the location of the blind spot. When the two stimuli competed against each other to fill in the blind spot with equal probability, the depth-context of one of the stimuli was manipulated. We used an overlapping cue as our depth-context. Participants' task was to report the relative depth of a target presented in the blind spot. We found that the overlapping cue influenced the frequency of reported depth. These results, however, were not observed in the off blind spot. These results suggest that top-down information such as an overlapping cue influences the filling-in of the blind spot.

Keywords : blind spot, filling-in, depth context