

안구 간 맹점 채움 현상*

신 인 자¹⁾ 정 대 현²⁾ 정 상 철^{2),3)}

¹⁾연세대학교 생물학과, ²⁾연세대학교 인지과학 협동과정, ³⁾연세대학교 심리학과

인간의 양 눈에는 각각 어떠한 외부 정보도 받아들이지 못하는 맹점이 존재한다. 그럼에도 불구하고 맹점이 맹점 주변 정보나 반대편 눈을 통해 입력된 정보로 채워지기 때문에 우리는 외부 환경에서 빈 영역을 경험하지 않는다. 한쪽 눈의 맹점을 채우는 과정에 그 주변 정보가 기여한다는 사실에 대해서는 많은 연구가 이루어져 왔으나 반대편 눈 정보의 기여 여부와 그 상호 작용에 대해서는 보고된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 양안 경합 현상을 이용해 첫 번째로 한쪽 눈의 맹점이 채워질 때 주변 정보 외에도 반대편 눈으로 들어온 정보가 이용될 수 있는지 여부를 알아보려고 하였다. 두 번째로는 반대편 눈으로 들어온 정보가 맹점 채우기에 이용된다면 이 정보와 맹점 주변 정보 중 어느 정보가 우선적으로 사용되는지 여부를 알아보려고 하였다. 실험 결과, 한 눈의 맹점은 반대편 눈 정보에 의해서도 채워지며, 이는 주변 정보에 의해 채워지는 것보다 더 높은 빈도로 일어난다는 점이 확인되었다. 위와 같은 현상은 맹점에서만 발생하였다.

주요어 : 맹점, 채워넣기 과정, 양안 경합

* 이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. M10644020001-06N4402-00110).

† 교신저자 : 정상철, 연세대학교 심리학과 / 인지과학 협동과정, 서울시 서대문구 신촌동 134
E-mail : scchong@yonsei.ac.kr

우리의 시각경험은 망막에 분포해 있는 광수용기(photoreceptor)에 의존하고 있다. 이들은 외부세계로부터 오는 시각정보들을 받아들여 일차 시각정보처리를 한다. 각 개인의 시각경험은 이 정보를 기반으로 이루어진다. 광수용기들은 신경절 세포(ganglion cell)들의 축삭(axon)이 망막을 빠져나가는 통로 부위에는 존재하지 않는데, 이 부위를 맹점(blind spot)이라고 한다(Goldstein, 1989). 맹점에는 광수용기가 없기 때문에 이에 대응하는 시각 장 영역은 외부로부터 어떠한 정보도 입력 받지 못한다. 한쪽 눈을 감은 채 손가락 두 개를 움직여보면 간단히 각 눈의 맹점 위치를 확인해 볼 수 있는데, 맹점에 해당하는 부위에서는 손가락이 외부에 존재하지만 그 끝이 지각되지 않는다. 그럼에도 불구하고 우리의 시야에는 빈공간이 존재하지 않는다. 그 이유는 시각체계의 채우기(filling-in) 기제 때문이다(Komatsu, 2006). 일반적인 채우기 기제와는 달리 맹점에서의 채우기 현상은 한쪽 눈만을 뜨고 있을 경우와 양 눈을 모두 뜨고 있을 경우에서 다르게 나타날 수 있다. 한쪽 눈만을 뜨고 있는 상황에서는 맹점 채우기에 그 주변 정보만이 사용될 수밖에 없지만, 양 눈을 뜨고 있는 상황에서는 반대편 눈으로 들어온 정보도 이용될 수 있기 때문이다.

반대편 눈으로 들어온 정보도 맹점 채우기에 이용될 수 있다는 사실은 맹점이 존재하는 눈과 그 반대편 눈 간의 상호작용이 중요하다는 것을 시사한다. Tripathy와 Levi는 맹점 주변에 제시된 수반자극(flanker)들이 그 맹점에 상응하는 반대편 눈 위치에 제시된 표적자극의 방위 변별을 방해한다고 보고하였다(Tripathy & Levi, 1994). Murakami의 연구 역시 두 눈 간의 정보가 상호 이용되고 있음을 보여주고 있

다(Murakami, 1995). 그는 맹점에 채워진 정보의 운동방향에 시각체계가 순응했을 때 그 눈에 상응하는 반대편 눈에서 운동 잔여효과(motion aftereffect)를 관찰하였다. Murakami(1995)의 연구 결과는 그 주변 정보들을 바탕으로 채워진 맹점 정보가 반대편 눈에 영향을 줄 수 있다는 점을 시사한다.

본 연구에서는 맹점이 반대편 눈 정보로도 채워질 수 있는지를 검증하였다. 두 눈으로부터 정보가 독립적으로 들어오기는 하지만 우리의 시각경험이 통합된 하나라는 사실은 본 연구 가설 검증을 어렵게 한다. 맹점에 정보가 채워지는 과정에서 반대편 눈 정보가 기여하는지를 알아보기 위해서는 양 눈 모두를 이용해야 하지만, 검사 대상은 통합된 지각이 아니라 한쪽 눈의 맹점이 어떤 정보로 채워지는가이기 때문이다. 양안 경합(binocular rivalry) 하에서는 두 눈을 모두 이용하고 있는 상황에서도 양 눈의 시각경험을 각각 확인해 볼 수 있다. 양안 경합은 양 눈에 전혀 다른 자극들이 제시되었을 때 나타나는 현상으로, 사람들은 보통의 경우처럼 하나의 통합된 장면을 지각하지 못한다(Levelt, 1965). 일반적으로 양안 경합 시 상이한 장면이 무선적으로 번갈아가며 지각된다(Blake, Fox & McIntyre, 1971; Fox & Herrmann 1967; Levelt, 1965). 본 연구에서는 이와 같은 양안 경합의 시간적 역동성을 이용하여 맹점 반대편 정보가 채워짐 과정에 이용될 수 있는지를 검증하였다.

본 연구 가설 검증에 양안 경합을 이용하는 것은 맹점에 채워진 정보도 양안 경합을 할 수 있다는 사실을 전제로 한다. 주변 정보를 바탕으로 맹점에 채워진 정보는 이에 상응하는 반대편 눈의 위치에 제시된 자극과 경쟁을 한다는 사실이 밝혀진바 있다(He & Davis, 2001). 이

들은 피험자에게 왼쪽 눈의 맹점 주변에 회전하는 초록색 방사형 격자(radial grating)를 제시하였고, 오른쪽 눈에는 왼쪽 눈의 맹점에 상응하는 위치에 맹점보다 작은 크기로 빨간색 동심원들(concentric ring)을 제시하였다. 실험 결과 채워진 방사형 격자 자극은 동심원들과 결합하여 번갈아가면서 지각되었다. 그러나 이 실험에서는 전체 시간 중 동심원들이 보이는 비율만을 측정했기 때문에 본 연구 가설에 대한 직접적인 해답을 주지 못한다. 즉 이 실험을 통해서도 피험자들이 본 동심원들이 단지 동심원 자극이 제시된 눈이 우세한 상황에서 보이는 것인지, 아니면 반대편 눈이 우세한 상황에서 반대쪽 눈의 맹점에 채워진 것인지 여부는 알 수가 없다.

본 연구에서는 한쪽 눈에서 일어나는 채워넣기 과정이 반대편 눈 정보를 통해서도 발생할 수 있는지 여부를 조사하였다. 만일 맹점 반대편 눈 정보로 맹점을 채워 넣을 수 있다면, 맹점의 주변 정보와 맹점에 상응하는 반대편 눈 정보 중 어느 것이 더 우세하게 채워넣기 과정에 사용되는지도 알아보았다. 본 실험에서는 양안 결합 자극으로 수직, 수평 격자무늬 자극을 사용하였다. 오른쪽 눈의 맹점 주변에 수직 격자 자극을 제시하였으며, 오른쪽 눈의 맹점에 상응하는 왼쪽 눈의 위치에는 맹점 크기보다 작은 수평 격자 자극을 제시하였다. 오른쪽 눈의 맹점 주변에 제시된 수직 격자 자극은 맹점에 채워짐 현상을 유도하였다(Matsumoto & Komatsu, 2005). He와 Davis의 결과와 유사하게 피험자는 맹점 주변 정보들을 바탕으로 채워진 수직 격자 자극이 반대편 눈의 수평 격자 자극과 경쟁하는 양안 결합을 경험하였다(He & Davis, 2001). 만일 피험자가 경험하게 되는 양안 결합 장면들 중 오른쪽

눈의 맹점 중심에만 왼쪽 눈의 수평 격자 자극에 의한 채워짐 현상이 나타나고 주변부는 수직 격자 자극이 잔존하는 장면이 있다면, 이는 오른쪽 눈의 맹점이 왼쪽 눈의 정보에 의해 채워졌다는 증거이다. 실험 결과 오른쪽 눈의 맹점은 반대편 눈으로 들어온 정보를 통해서도 채워진다는 것을 발견하였으며, 이러한 현상은 맹점 특이적으로 발생하였다. 나아가 오른쪽 눈의 맹점이 채워지는 과정에는 그 눈의 맹점 주변 정보보다 왼쪽 눈 정보가 더 높은 빈도로 사용된다는 사실을 발견하였다.

실 험 1

한쪽 눈의 맹점을 채우는 과정에 반대편 눈 정보가 이용될 수 있는지를 알아보기 위하여 실험 1을 수행하였다. 또한, 위와 같은 현상이 맹점 특이적으로만 발생하는지를 검증하고자 하였다. 이를 위하여 수직, 수평 격자무늬 자극을 맹점과 그에 상응하는 반대편 눈 위치에 각각 제시하여 양안 결합을 유도하였다. 피험자의 과제는 이때 발생하는 지각 경험을 실시간으로 보고하는 것이었다.

방 법

참가자 2명의 첫 두 저자를 포함한 5명의 피험자가 실험에 참가하였다. 이들은 모두 정상적인 시력을 가지고 있거나 안경 등을 통한 교정으로 정상적인 시력을 보유하고 있었으며, 정상적인 색채시가 가능하였다

기구 실험은 빛이 차단된 암실에서 21인치 삼성 모니터와 Pentium IV PC를 이용하여 진행되었다. 실험자극은 Matlab과 Psychtoolbox를 사

용하여 제작하였다(Brainard, 1997; Pelli, 1997). 오른쪽 눈과 왼쪽 눈에 제시될 자극들은 서로 다른 색으로 설정되어 모니터에 제시되었다. 피험자들은 초록-빨강 색안경을 착용하였으며 자극은 안경 색에 따라 각 눈에 서로 다른 형태로 제시되었다. 각 자극들을 해당되는 눈에만 제시하기 위하여 Minolta LS-110을 이용하여 자극들의 밝기가 배경과 유사하도록 하였다. 자극의 밝기는 17.11 cd/m^2 이었으며, 배경 밝기는 18.50 cd/m^2 이었다. 이와 같은 밝기로 조정된 자극들이 의도한 눈에만 각각 제시되는지를 실험 전에 지각적으로 확인하였다. 피험자와 모니터는 90cm 떨어져 있었으며, 이 거리에서 한 픽셀은 0.012° 이었다. 피험자의 머리와 눈의 위치를 고정하기 위하여 이마-턱

받침대(chin and forehead rest)를 사용하였다. 피험자의 반응은 키보드로 입력받았다.

재료 실험 자극은 그림 1에 제시되어 있다. 양안 경합 현상을 유도하기 위하여 양쪽 눈에 서로 다른 자극들을 제시하였다. 실험의 두 가지 조건 중 첫 번째 맹점 조건에서는 오른쪽 눈에 오른쪽 눈의 맹점을 가로질러 그것의 두 배가 되는 크기로 수직 격자 자극을 제시하였다. 이때 왼쪽 눈에는 오른쪽 눈의 맹점에 상응하는 시각장 영역에 맹점보다 작은 크기의 수평 격자 자극이 제시되었다. 반면 맹점 밖 조건에서는 같은 자극들이 오른쪽 눈에는 오른쪽 눈의 맹점 좌측 상단으로, 왼쪽 눈에도 그에 상응하는 영역으로 옮겨 제시되었

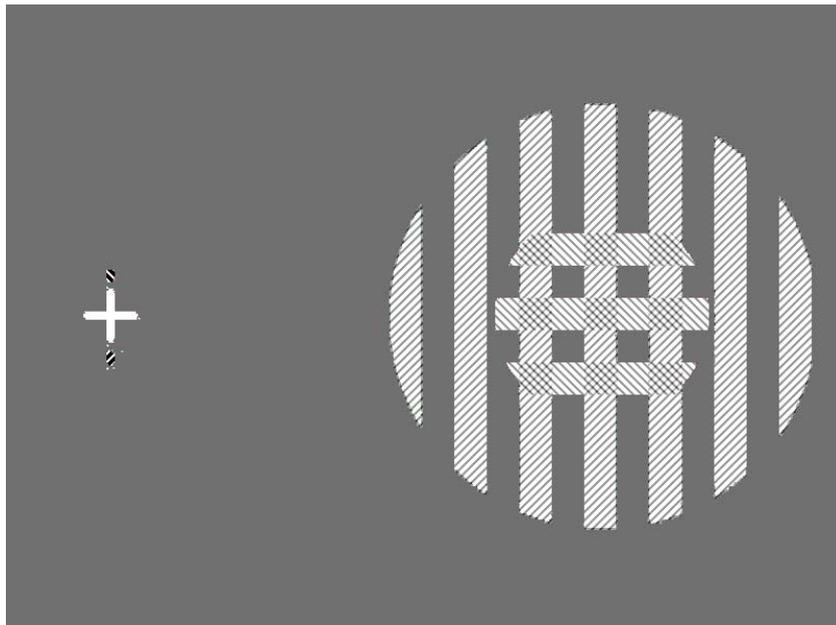


그림 1. 실험 1의 자극. 모니터에 왼쪽 눈에 제시될 자극(수평 격자: 실험에서는 빨간 색)과 오른쪽 눈에 제시될 자극(수직 격자: 실험에서는 초록색)이 동시에 제시되었다. 피험자들은 초록-빨강(왼쪽-오른쪽) 색안경을 착용한 채로 이를 응시하였으며, 그 결과 양 눈에 수평 자극과 수직 자극이 각기 독립적으로 제시되었다.

다. 화면 왼쪽에는 십자가 모양의 응시점을 제시하였다. 십자가 부분은 노란색이기 때문에 양쪽 눈에서 모두 볼 수 있었으며, 십자가 위와 아래에 빨간색과 초록색 도움 선을 각 눈에 제시하여 양 눈의 초점을 동일한 지점에 맞출 수 있도록 하였다.

설계 및 절차 먼저 피험자들은 자신의 오른쪽 눈의 맹점 위치와 그 크기를 찾아내었다. 피험자들은 색안경을 착용하고, 이마-턱 받침대로 시선을 응시점에 고정한 채로 오른쪽 눈의 맹점의 위치와 크기를 측정하였다. 피험자는 왼쪽 눈을 감고 오른쪽 눈의 초점을 십자가에 맞춘 상태에서, 키보드의 좌, 우 방향키를 사용하여 초록색 원의 위치를 좌우로 이동시켰다. 초록색 원이 맹점의 위치에 들어오게 되면 갑자기 보이지 않게 되는데, 이때부터 원의 크기를 키보드의 상, 하 방향키로 조정하여 맹점의 크기를 측정하였다. 오른쪽 눈의

맹점의 위치와 크기가 측정되면 이 정보를 토대로 실험 자극이 제시되었다. 이때부터 피험자는 양 눈을 모두 뜬 상태로 자극을 응시하였다. 실험에 들어가기 전에는 표적 자극이 분명하게 지각될 경우에만 스페이스 키를 누르도록 피험자들에게 경고하였다.

실험은 맹점 조건과 맹점 밖 조건 두 가지로 실시되었다. 맹점 조건에서는 양 눈에 제시될 자극들이 오른쪽 눈의 맹점 위치에 제시되었다. 주의할 점은 오른쪽 눈의 경우 제시된 자극이 맹점 부위에서는 입력되지 않는다는 것이다. 반면 맹점 밖 조건에서는 위 조건에서와 동일한 자극들이 오른쪽 눈의 맹점 위치 좌측 상단에 제시되었다. 매 시행은 1분 동안 진행되었으며, 각 조건 별로 다섯 번씩 반복되었다. 매 시행 후에는 피험자가 원하는 시간만큼 휴식을 취할 수 있었다.

피험자의 과제는 오른쪽 눈이 우세한 상황에서 오른쪽 눈의 맹점이 왼쪽 눈의 정보로

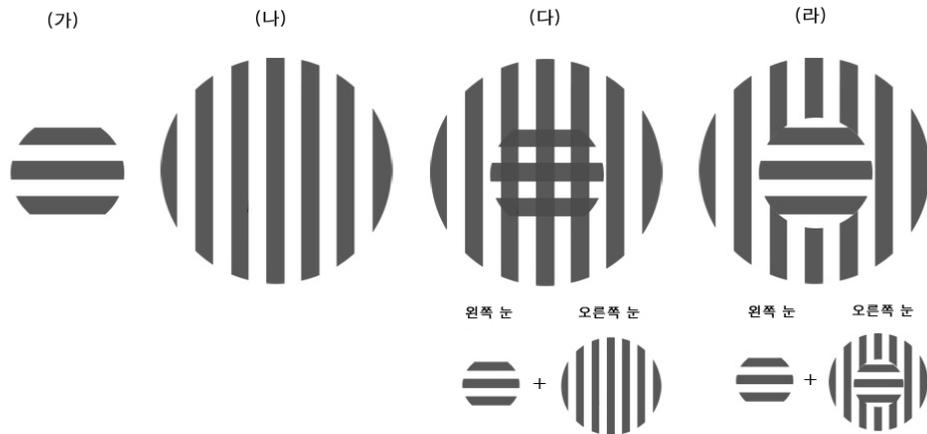


그림 2. 양안 경합시 피험자들이 경험한 지각 내용들. (가)는 왼쪽 눈이 우세한 상황에서 피험자의 지각경험이며, (나)는 오른쪽 눈이 우세한 상황에서 오른쪽 눈의 맹점이 주변 정보를 바탕으로 채워진 결과 나타난 지각경험이다. (다)는 양 눈이 우세한 상황에서 (가)와 (나)가 양안 경합 중에 무선적으로 섞이면서 형성되는 지각경험을 나타낸다. (라)는 오른쪽 눈이 우세한 상황에서 오른쪽 눈의 맹점이 주변 정보가 아닌 왼쪽 눈의 정보로 채워질 경우의 지각경험을 예시하였다.

채워졌을 때, 그 자극이(이하 표적 자극) 경험되는 동안 스페이스 키를 계속 누르고 있는 것이었다(그림 2(라) 참조). 즉 피험자들은 바깥쪽은 수직 막대 격자이면서 동시에 그 안은 수평 격자로 이루어진 원을 지각하는 동안 스페이스 키를 누르고 있었다.

결과 및 논의

실험 1의 결과가 그림 3에 제시되어 있다. 1분 동안 평균적으로 반응한 시간이 0초와 차이가 나는지를 알아보기 위해 단일표본 t 검증을 하였다. 분석 결과, 맹점 조건에서 모든 피험자들은 표적 자극을 지각하였으며, 1분 동안 반응 시간의 평균은 4.32초로 이 평균 시간은 통계적으로 유의미하게 0과 달랐다 ($t(4)=2.98, p<.05$). 반면 맹점 밖 조건에서는 모든 피험자들이 모든 시행에서 표적을 보고하지 않았다. 이 결과는 반대편 눈 정보를 바탕으로 한쪽 눈 장면의 일부가 채워지는 현상이 맹점 특이적으로 발생하는 것임을 시사한다. 실험 1을 통해 오른쪽 눈이 우세한 상황

에서 오른쪽 눈의 맹점은 왼쪽 눈의 정보를 통해서도 채워질 수 있으며, 이는 맹점 특이적으로 발생한다는 사실을 밝혀냈다.

실험 1의 결과에서 표적 자극을 지각한 시간은 1분 중 평균 4.32초 정도로 비교적 짧았다. 피험자들은 표적 자극을 지각하지 않는 시간 동안 (가), (나), (다)의 지각 경험을 보고하였으며, 특히 주로 (다)와 같이 양 눈의 자극들이 혼합된 형태의 지각 경험을 하였다고 보고하였다. 이것은 피험자의 맹점 크기가 모두 시각 5° 이상으로 제시된 자극 크기 역시 시각 5° 이상이었으며, 또한 그 자극이 주변부에 제시되었기 때문인 것으로 생각된다. 이 결과는 양안 경합시 경합하는 자극들이 시각 0.1° 이상이 되면 관찰자들은 대부분 자극을 혼합된 형태(mixed percept)로 지각한다는 기존의 연구 결과와 일치한다(Blake, 2001; Blake, O'Shea, & Mueller, 1992).

맹점 밖 조건에서는 응시점으로부터 자극이 제시된 위치까지의 거리가 맹점 조건과 달랐다(평균적으로 2° 정도). 이심률이 커질수록 시각 해상도가 떨어지기 때문에(Teller, Morse,

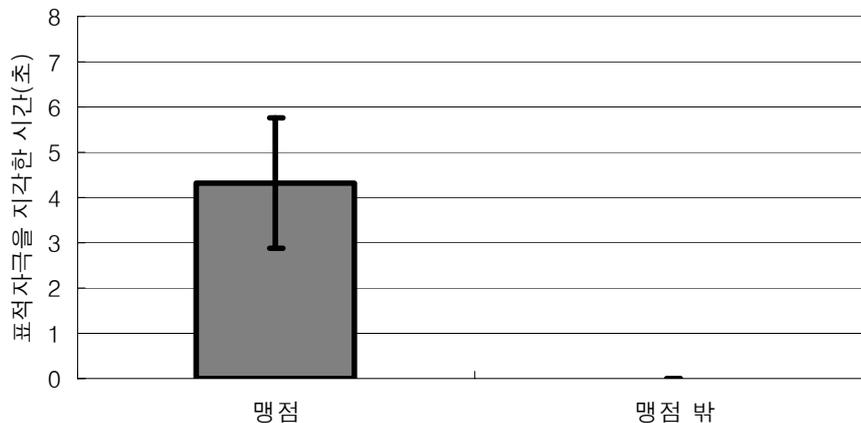


그림 3. 실험 1 결과. 맹점에서는 표적 자극이 평균적으로 4.32초 동안 지각되었지만 맹점 밖에서는 전혀 지각되지 않았다. 오차막대는 ±1 표준오차를 나타낸다.

Borton & Regal, 1974) 조건 간 자극 제시 위치를 동일하게 유지하는 것이 중요하다. 그러나 맹점 밖 조건의 자극 제시 위치가 맹점 조건의 자극 제시 위치보다 가까웠기 때문에 맹점 밖 조건에서 낮은 해상력으로 인해 표적 자극을 지각하지 못할 가능성은 없었다.

실험 2

한쪽 눈의 맹점은 그 주변 정보를 바탕으로 채워지기도 하지만 실험 1 결과에 의하면 반대편 눈 정보로도 채워질 수 있다. 실험 2에서는 한쪽 눈의 맹점이 채워질 때에 이 둘 중 어떤 정보가 더 자주 사용되는지를 알아보고자 하였다. 맹점이 주변 정보로 채워지는 기간과 반대편 눈으로 들어온 자극으로 채워지는 기간을 모두 측정, 비교함으로써 두 정보 중 어느 정보가 우세하게 채우기 과정에 영향을 미치는지를 검증하였다.

방법

모든 실험 방법(피험자, 기구, 재료, 설계 및 절차)은 실험 1에서와 동일하였다. 한 가지 차이는 피험자들이 보고해야 할 표적 자극이 하나 더 추가되었다는 점이다. 피험자들은 자극이 제시되는 동안 오른쪽 눈의 맹점이 그 주변 정보를 바탕으로 채워져 형성된 표적 자극(그림 2의 (나))은 왼쪽 방향키를 지속적으로 눌러서 보고하였고, 왼쪽 눈의 정보로 채워져 형성된 표적 자극(그림 2의 (라))은 오른쪽 방향키로 보고하였다.

결과 및 논의

실험 2의 결과가 그림 4에 제시되어 있다. 두 종류의 표적 자극들에 대한 피험자들의 반응 시간은 반복표본 t 검증을 통해서 분석하였다. 응시 시간 1분 중 오른쪽 눈의 맹점이 맹점 주변부 정보를 바탕으로 채워지는 경우

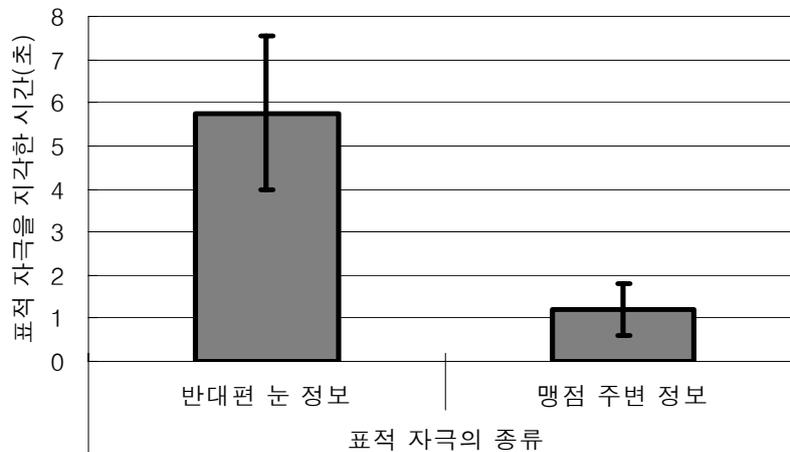


그림 4. 실험 2 결과. 왼쪽 막대는 총 1분의 응시 시간 중 반대편 눈의 실제 정보가 이용된 시간을, 오른쪽 막대는 주변 정보에 의해 채워진 시간을 나타내고 다. 오차막대는 ±1 표준오차를 나타낸다.

는 평균 1.20초인 반면 왼쪽 눈의 정보로 채워지는 경우는 평균 5.76초인 것으로 나타났으며, 이 차이는 통계적으로 유의미하였다 ($t(4)=3.38, p<.05$). 이 결과는 맹점은 맹점 주변 정보를 바탕으로 채워지기 보다는 반대편 눈으로 들어온 외부 정보를 이용하여 채워지는 경향성이 높음을 시사한다. 이 외에 오른쪽 눈의 맹점이 왼쪽 눈의 정보로 채워지는 시간이 평균적으로 5.76초라는 실험 2의 결과는 실험 1의 결과(4.32초)를 반복, 검증하고 있다.

종합논의

맹점은 외부로부터 시각 정보를 받지 못하는 영역이다. 그럼에도 실제로 인간이 맹점을 지각하지 못하는 이유는 바로 맹점을 채우는 기제가 있기 때문이다. 특히 한쪽 눈의 맹점이 그 주변 정보들을 통해서 채워진다는 사실은 이미 밝혀진 바 있다(Matsumoto & Komatsu, 2005; Komatsu, 2006). 본 실험에서는 한쪽 눈에서 일어나는 채워넣기 과정이 반대편 눈 정보가 이용 가능할 경우 반대편 눈의 정보를 통해서도 발생하게 되는지 여부를 알아보고자 하였다. 그 결과 양안 경합 상황에서 오른쪽 눈이 우세할 때에 오른쪽 눈의 맹점은 그 주변 정보를 통해서 채워지기도 하지만 왼쪽 눈 정보를 통해서도 채워짐이 확인되었다. 그리고 이러한 현상은 맹점 특이적으로 관찰되었다. 이렇게 한쪽 눈의 맹점은 그 주변 정보와 반대편 눈의 정보 이 둘 모두를 이용해 채워질 수 있는데, 두 정보 간 이용 빈도를 비교해 본 결과 후자의 것이 더 높은 빈도로 사용되고 있었다.

맹점을 채우는 데에 반대편 눈 정보가 더

우세하게 사용되는 이유는 무엇일까? 이는 시각체계가 외부 세계를 표상하기 위해 존재한다는 점을 고려하면 쉽게 이해할 수 있다. 오른쪽 눈의 맹점이 맹점 주변 정보들을 바탕으로 채워질 경우 이때 형성된 장면은 실제 세계에 기반을 두고 있는 것이라기보다는 주변 정보들을 바탕으로 우리의 내부에서 능동적으로 구성된 것이라 할 수 있다. 이렇게 형성된 맹점의 장면은 실제와 비슷할지는 모르지만 왜곡될 가능성을 가지고 있다. 반면 오른쪽 눈의 맹점이 왼쪽 눈으로 들어온 정보를 토대로 채워질 경우에는 우리가 보게 되는 장면이 실제 외부 세계를 보다 잘 반영할 수 있게 된다. 시각체계의 목적이 외부 세계를 가능한 그대로 반영하는 것이라 가정하면, 실제와 비슷할 수도 있지만 왜곡될 가능성을 갖고 있는 맹점 주변부의 정보보다는 반대편 눈의 실제 정보가 맹점을 채우기 위해 더 자주 이용되는 것이 시각체계의 목적에 부합된다.

맹점에서 일어나는 채워짐 현상에 대한 연구들에는 자연스럽게 그것의 뉴런 수준에서의 기제는 무엇인지에 대한 물음이 뒤따른다. 채워짐 현상의 밑바탕에 있는 신경생물학적 기제에 대해 몇 가지 모델이 제시된 바 있다. 한 가지 모델은 상징적 혹은 인지적 이론(symbolic or cognitive theory)라고 불리는 것으로 초기 시각 영역에서는 단지 맹점 주변의 대비(contrast) 정보만을 받아들이며, 맹점에 대응하는 곳에 지각과 유사한 형태의 표상이 존재하는 것은 아니라는 견해를 취한다. 채워짐 현상은 맹점 영역에 어떠한 정보도 입력되지 않았다는 사실을 무시하거나, 이를 상징적으로 표시하는 등의 경로를 통해 뇌의 보다 고등한 영역에서 처리된다고 여겨진다(Pessoa, Thompson & Noe, 1998; Komatsu, Kinoshita & Murakami,

2000; 2002). 이와는 다른 모델로 동형 이론 (isomorphic theory)이 있는데, 이 이론은 시각 피질의 망막 위상적 지도상에 맹점에 해당하는 영역에서 경험하는 지각 내용과 유사한 형태로 뉴런들이 발화하기 때문에 채워짐 현상이 발생한다고 주장한다. 즉 초기 시각 피질 영역에서 맹점 주변부에 해당하는 뉴런들이 활성화되면 뒤이어 그 정보를 바탕으로 맹점 안쪽에 해당하는 뉴런들로 활성도가 확산되는데, 그 결과 맹점에서 채워짐 현상을 경험할 수 있다고 본다(Komatsu, 2006; Komatsu et al., 2000; 2002). 기존에 제시된 이들 모델들은 한쪽 눈의 맹점에서 일어나는 채워짐 현상을 설명하는 데에 있어 반대편 눈이 어떻게 기여하는지에 대한 고려가 빠져있다는 점에서 공통적이다. 구체적으로 인지적 이론은 맹점 채우기에 맹점 주변부 정보만이 이용된다고 주장하며, 동형 이론 역시 맹점 주변부를 담당하는 뉴런들이 맹점 채우기에 중요한 역할을 한다고 주장한다. 그러나 본 연구 결과를 통해 반대편 눈 정보가 이용 가능한 상황에서는, 반대편 눈 정보가 채워짐 현상에 더 자주 이용되고 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 기존의 모델들은 맹점의 채워짐 현상 전체를 포괄하고 있다고 볼 수 없다. 채워짐 현상에 대한 설명은 한 눈의 맹점을 채우는 데에 반대편 눈이 중요한 정보원으로 사용될 수 있다는 사실 또한 고려하는 방향으로 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- Blake, R., (2001). A primer on binocular rivalry, including current controversies. *Brain and Mind*, 2, 5-38.
- Blake, R., Fox, R. & McIntyre, C. (1971). Stochastic properties of stabilized-image binocular rivalry alternations. *Journal of Experimental Psychology*, 88, 327 - 332.
- Blake, R., O'Shea, R. P., & Mueller, T. J. (1992). Spatial zones of binocular rivalry in central and peripheral vision, *Visual Neuroscience*, 8, 469-478.
- Brainard, D. H. (1997). The psychophysics toolbox. *Spatial Vision*, 10, 433 - 436.
- Fox, R. & Herrmann, J. (1967). Stochastic properties of binocular rivalry alternations, *Perception & Psychophysics*, 2, 432 - 436.
- Goldstein, E. B. (1989). *Sensation and Perception*. Brooks/Cole Publishing Company, USA: New York.
- He, S. & Davis, W. L. (2001). Filling-in at the natural blind spot contributes to binocular rivalry. *Vision Research*, 41, 835 - 840.
- Komatsu, H. (2006). The neural mechanisms of perceptual filling-in. *Nature Reviews Neuroscience*, 7, 220 - 231.
- 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. *The journal of Neuroscience*, 20 (24), 9310 - 9319.
- 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.
- Levelt, W. (1965). *On binocular rivalry*. Mouton: Hague.

- 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.
- Murakami, I. (1995). Motion aftereffect after monocular adaptation to filled-in motion at the blind spot. *Vision Research*, 35 (8), 1041 - 1045.
- Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, 10, 437 - 442.
- 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.
- Teller, D. Y., Morse, R., Borton, R. & Regal, D. (1974). Visual acuity for vertical and diagonal gratings in human infants. *Vision Research*, 14, 1433 - 1439.
- Tripathy, S. P. & Levi, D. M. (1994). Long-range dichoptic interactions in the human visual cortex in the region corresponding to the blind spot. *Vision Research*, 34 (9), 1127 - 1138.
- 1 차원고접수 : 2007. 3. 29
최종게재결정 : 2007. 9. 11

Interocular Filling-in of the Blind Spot

In Ja Shin¹⁾ Daehyun Jung²⁾ Sang Chul Chong^{2),3)}

¹⁾Department of Biology, ²⁾Graduate Program in Cognitive Science, ³⁾Department of Psychology
Yonsei University

We have a blind spot for each eye that cannot receive visual inputs. Nonetheless, we do not experience empty space because of filling-in phenomena. Although many studies suggested that neighboring information around the blind spot contributed to filling-in of the blind spot, there has been few studies that investigated contribution from the other eye's information and its interaction with neighboring information. Our study investigated whether the opposite eye's information could contribute to filling-in process of the blind spot. We also investigated, between the opposite eye's and neighboring information, which information was more dominant in the process of filling-in. We found that the blind spot could be filled by the opposite eye's information and that information was more dominant in filling-in of the blind spot. These results were observed only in the blind spot.

Key words : blind spot, filling-in process, binocular rivalry