인지과학, 제21권 제1호
Korean Journal of Cognitive Science
2010, Vol. 21, No. 1, 177～197

지각적 부담과 범주 별 희석이 시각 탐색에 미치는 영향*

임 지 향 이 도 준†

연세대학교 심리학과

선택적 정보처리에 관한 지각적 부담 가설과 희석 가설을 비교하기 위해 세 개의 실험을 실시하였다. 지각적 부담 가설은 행동 목표에 부합하는 과제의 지각적 부담이 적을수록 불필요한 정보가 더 깊이 처리될 수 있다고 보는 반면, 희석 가설은 지각적 부담에 관계없이 제한된 주의 자원에 대한 경쟁에 의해 정보 선택 여부가 결정된다고 본다. 두 가설을 비교하기 위하여 표적 탐색의 지각적 부담이 방해자극의 반응 간섭에 미치는 영향을 측정하였다. 실험 1과 2에서는 탐색 배열을 구성하는 비표적자극의 개수와 색깔을 각각 조절하여 시각탐색의 지각적 부담을 조작하였다. 그 결과 방해자극의 간섭은 지각적 부담에 상관없이 비표적자극이 많을수록 감소하였다. 실험 3에서는 비표적자극의 역할을 규명하기 위해 비표적자극과 방해자극의 지각적 범주를 같거나 다르게 제시하였다. 그 결과 지각적 범주가 같을 때에만 방해자극의 간섭이 감소하였다. 전반적으로 본 연구의 결과는 지각적 부담 가설보다는 희석 가설과 일치하며, 더 나아가 시각 정보의 선택이 지각적 범주 별로 특화된 주의 자원의 제약을 받는다는 증거를 제공한다.

주제어 : 주의 선택, 지각적 부담, 희석, 시각탐색, 반응 간섭

---

* 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단－신기술융합형 성장동력사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2009-0093676).

† 교신저자: 이도준, 연세대학교 심리학과, 연구세부분야: 인지신경과학
E-mail: dojoon.yi@yonsei.ac.kr

감각기관을 통해 매 순간 입력되는 엄청난 양의 정보들 가운데 우리의 행동에 영향을 끼칠 정도로 깊이 처리되는 정보는 극히 일부분에 불과하다. 과제를 수행하는 데 필요하거나 다른 정보에 비해 유달리 독특한 특징을 가진 정보들은 자세히 분석되지만 대부분의 그렇지 않은 정보들은 금세 잊히고 만다. 이러한 선택적 정보처리는 우리의 심적 자원이 무척 제한되어 있으며 마음의 주요 작동 원리가 부족한 자원을 효율적으로 사용하는 데 있음을 의미한다. 따라서 정보 선택의 원리와 과정을 밝히는 것은 인지심리학의 핵심적인 목표가 되어 왔는데, 특히 정보처리의 위계 중 어느 단계에서 선택이 발생하는지에 관해 여러 가지 모형들이 제시되었다. 예컨대, 초기 선택 모형들(early selection models)은 정보가 감각기관에 입력되는 순간부터 선택이 일어나서 불필요한 정보들을 지각적 부호화 이전에 걸러낸다고 보는 반면에[1, 2], 후기 선택 모형들(late selection models)은 일단 모든 감각정보가 의미 수준까지 분석되지만 오직 선택된 정보만이 의식에 도달하게 된다고 주장하였다[3, 4]. 이처럼 상반된 두 견해는 수십 년간 많은 연구들을 통해 각자 나름의 지지를 받으며 팽팽하게 대립해왔다. 그러나 연구자들이 이처럼 합의에 이르지 못했던 까닭은 실제 각 연구에서 사용된 실험 과제와 자극의 차이가 커서 서로 비교하기 어려웠기 때문일 수 있다.

이러한 가능성을 고려하여 Lavie는 '지각적 부담 가설(perceptual load hypothesis)'을 통해 초기 선택과 후기 선택이 실험 조건에 따라서 달리 발생할 수 있다고 제안하였다[5, 6]. 이 가설에 따르면, 과제 수행에 불필요한 정보가 행동에 영향을 끼칠 가능성은 주의 자원(attentional resource)에 얼마만큼 여유가 있는지에 의해 결정된다. 과제 수행에 필요한 정보를 처리하느라 주의 자원이 모두 고갈되면 불필요한 정보가 지각 단계에서 걸러지는 초기 선택이 일어나고, 과제가 쉬워서 주의 자원에 여유가 생기면 남은 자원을 이용해 불필요한 정보도 깊이 분석하는 후기 선택이 일어난다는 것이다. 이를 증명하기 위해 Lavie는 표적 탐색의 지각적 난이도를 조작하면서 방해자극이 표적 반응에 미치는 간섭 효과를 관찰하였다. 예를 들어, Lavie[5]의 실험 1에서 참가자들은 화면 중앙에 제시된 탐색 배열(search array) 중에서 표적자극('x' 또는 'z')을 탐색하였는데 탐색 배열 위 또는 아래에 표적 반응과 일치하거나 일치하지 않는 방해자극('X' 또는 'Z')이 함께 제시되었다. 그 결과, 탐색 배열에 표적자극만 있어 탐색이 쉬울 때는 방해자극이 반응을 간섭했지만, 표

적자극이 다수의 비표적자극들과 함께 제시되어 탐색이 어려워지면 방해자극의 간섭 효과가 사라졌다[5, 7][1]. 이러한 지각적 부담의 효과는 기존의 상반된 연구 결과들을 잘 설명하면서 주의 선택에 관한 새로운 가설들을 제공했기 때문에 많은 후속 연구를 자극하였다[8~11]. 그러나 다른 한편으로 지각적 부담 가설의 예측과 일치하지 않는 결과들도 꾸준히 보고되어 왔는데[12~15], 그중에서 최근 발표된 Benoni와 Tsal[16]의 연구에 주목할 필요가 있다.

Benoni와 Tsal[16]은 지각 부담 효과를 증명했던 연구들이 대부분 시각탐색 과제를 사용했고 비표적자극의 개수로써 시각탐색의 난이도를 조절했다고 지적하였다. 실제로 이전의 실험들은 고부담 조건에서 표적자극을 다수의 서로 다른 비표적자극들과 함께 제시한 반면, 저부담 조건에서는 표적자극만 제시하거나 동일한 비표적자극들(주로, 여섯 개의 'O'들)과 함께 제시하였다[5, 7, 17, 18, 19]. Benoni와 Tsal에 따르면, 이런 경우에 비표적자극은 방해자극의 간섭을 희석시킬 가능성이 높다. 비표적자극은 비록 탐색 배열 속에 제시되지만 '과제에 적절하지 않은(task-irrelevant)' 정보라는 면에서 결국은 방해자극이라 할 수 있고, 탐색 배열 밖에 제시된 방해자극과 경쟁하기 때문이다. 이러한 가능성은 측면 간섭(flanker) 패러다임과 스트룹(Stroop) 패러다임을 이용한 연구들에서 근거를 찾을 수 있다. 예를 들어, 반응과 일치하거나 일치하지 않는 방해자극의 간섭 효과는 방해자극이 여러 개의 비표적자극들과 함께 제시되었을 때 크게 감소한다[예, 20, 21]. 또한 도형의 색깔(예, 초록색 사각형)을 판단할 때 주변에 제시된 색깔 단어(예, '빨강')가 반응시간에 큰 영향을 끼치지만 근처에 또 다른 단어(예, '과자')가 동시에 제시되면 색깔 단어의 영향력은 크게 감소한다[스트룹 희석 효과, 22~25]. 이러한 선행 연구들을 감안할 때, Lavie[5] 실험의 고부담 조건에서 방해자극의 간섭이 줄어드는 까닭은 지각적 부담으로 인해 주의 자원이 고갈되었기 때문이 아니라 방해자극의 간섭 효과가 비표적자극들에 의해 희석되었기 때문이라고 볼 수도 있다.

---

1) 비표적자극(non-target)은 표적 탐색을 방해하므로 본질적으로 방해자극(distractor)이라 할 수 있다. 따라서 Lavie[5]는 탐색 배열 주위에 제시되어 표적 반응을 간섭하는 자극만을 '방해자극'이라 칭하고, 표적자극은 아니지만 탐색 배열에 포함된 자극은 '비표적자극'이라 불러 혼동을 피하였다. Benoni와 Tsal[16]은 비표적자극 대신 '중성자극(neutral stimulus)'이라는 용어를 사용하였으나, 본 논문에서는 Lavie의 방식을 따르기로 한다.

지각적 부담에 관한 기존 연구들에서는 비표적자극의 개수와 지각적 난이도가 항상 공변했기 때문에 지각 부담과 희석의 효과를 따로 구분할 수 없었다. 따라서 Benoni와 Tsal[16]은 비표적자극의 개수 즉, 탐색 배열의 크기(set size)가 크지만 표적자극과 비표적 자극의 색깔 차이가 뚜렷하여(예, 빨간 비표적자극들 속에 흰 표적자극) 지각적 부담이 작은 조건을 추가하여 Lavie[5]의 실험을 재실시하였다. 지각적 부담 가설에 따르면, 이 새로운 조건에서 표적자극은 거의 자동적으로 처리되므로 많은 양의 주의 자원이 방해자극을 처리하는데 사용되어 반응 간섭이 저부담 조건만큼 크게 나타날 것이다. 이와 달리 희석 가설에 따르면, 비표적자극의 수가 여전히 많기 때문에 방해자극의 간섭 효과가 희석되어 고부담 조건에서처럼 반응 간섭이 감소하거나 사라질 것이다. 실험 결과는 희석 가설의 예측과 일치하였다. 즉, 방해자극의 간섭 효과는 탐색 과제의 지각적 부담과는 상관없이 탐색 배열의 크기가 클수록 감소하였다.

지각적 부담 가설과 비교함으로써 희석 가설의 특징을 이해할 수 있다. 지각적 부담 가설은 선택의 위치를 설명하기 위해 다음의 두 가지 가정을 전제한다. 첫째, 주의 자원의 전체 용량에는 제한이 있지만 일부만 사용할 수 없고 매 순간 전체 용량이 사용된다. 둘째, 과제에 적합한 정보가 먼저 처리된 후 (여분의 주의 자원이 있는 경우, 첫 번째 가정에 따라) 불필요한 정보가 처리된다. 이러한 가정들은 불필요한 정보의 선택이 상당히 수동적으로 결정된다고 보는 것이다. 그러나 놀랍게도 두 가정 모두 검증된 적이 거의 없고 전통적인 시각 모형과도 일치하지 않는다. 예컨대, 어떤 한 순간에 사용되는 주의 자원의 양은 전체 용량으로 고정되기보다는 과제의 난이도와 기대 수준 등 변화 가능한 변인들의 영향을 받는다[26]. 또한 불필요한 정보는 주의 자원이 아직 중요한 정보에 초점을 맞추지 못할 때 처리될 수는 있어도, 일단 중요 정보에 주의 초점이 가해진 후에는 처리되지 않는다고 보는 것이 일반적이다[2]. 이와 비교할 때, 희석 가설은 이러한 가정들로부터 자유롭기 때문에 선택의 위치에 관해 더 경제적인 설명을 제공한다. 희석 가설에 따르면, 선택의 위치는 자극 간 경쟁에 의해 결정된다[16]. 방해자극이 표적 반응을 간섭하려면 다른 방해자극들과의 경쟁에서 우위에 있어야 한다. 반대로 비표적자극의 개수가 많고 이질적일수록 방해자극은 깊이 처리되지 못하고 반응을 덜 간섭하게 된다.

그럼에도 불구하고 희석 가설은 자극 간 경쟁의 본질과 경쟁이 발생하는 조건들에 대해 충분한 설명을 제공하고 있지 않다. 경쟁은 지각 정보처리 과정의 여러 단계에서 발생할 수 있다[27]. 예컨대, 방해자극들을 구성하는 세부특징들이 경쟁할 수도 있고 추출된 의미들이 경쟁할 수도 있다. 혹은 여러 단계에서 동시에 경쟁이 일어날 수도 있을 것이다. 따라서 희석 가설을 통해 선택의 위치를 규명하려면 정보의 어떤 특성들이 서로 경쟁을 일으키는지 이해해야 한다. 한 가지 가능성으로 지각적 범주화 단계에서 주의 자원을 놓고 자극들이 경쟁하는 것을 고려해볼 수 있다. Roberts와 Besner[25]는 스트룹 과제를 사용하여 이를 증명한 바 있다. 이들의 실험에서 참가자들은 화면 중앙에 제시되는 목표자극의 색깔을 판단했는데 이 자극의 위 또는 아래에 색깔 단어(검은색 'blue')가 제시되었다. 그 결과, 목표자극이 단어이거나 비단어일 때(예, 빨간색 'table' 또는 'tnblc')는 색깔 단어의 간섭이 크게 감소하는 스트룹 희석 효과가 관찰되었다. 그러나 흥미롭게도 목표자극이 철자로 구성되지 않았을 때(예, 빨간색 숫자열)는 유의미한 스트룹 간섭이 관찰되었다. 즉, 지각적 범주(perceptual category 또는 영역, domain)가 다른 정보들 사이에서는 희석이 발생하지 않았다. 이와 같은 결과는 간섭과 희석이 범주별로 세분화된(category-specific), 각자 제한된 용량을 가진(limited-capacity) 주의 자원에 의해 결정될 가능성을 시사한다[25].

선행 연구들을 근거로 본 연구는 시각탐색과 반응 간섭을 사용한 Lavie[5]의 실험 방법에서도 지각적 범주에 의한 희석 효과가 발생할 수 있는지 검증하였다. 구체적인 목적은 다음과 같다. 첫째, Benoni와 Tsal[16]이 보고한 희석 효과를 재현하고자 하였다. 특히 방해자극과 비표적자극들의 세부특징인 색깔이 다를 때에도 희석 효과가 발생하는지 관찰하였다. 둘째, 방해자극과 비표적자극의 지각적 범주가 희석 효과에 미치는 영향을 검증하였다. 표적자극과 방해자극은 선행 연구에 따라 알파벳 철자로 구성되었으나, 비표적자극은 조건에 따라 철자나 숫자로 구성되었다. 철자와 숫자가 서로 다른 정신 자원에 의해 처리될 가능성은 실험 연구뿐만 아니라[25, 28] 뇌 손상 환자의 사례 연구들을 통해서도 제기되어 왔다. 철자는 정상적으로 읽지만 숫자를 전혀 못 읽거나 반대로 숫자를 제대로 읽지만 철자를 읽을 수 없는 환자들이 각기 보고된 바 있는데, 이러한 이중해리는 철자와 숫자의 처리가 상이한 신경 회로에 의존한다는 증거가 된다[예, 29, 30]. 만약 Benoni와

Tsal[16]이 보고한 희석 효과가 스트룹 희석 효과와 같다면, 비표적자극들이 철자인 조건에서는 비표적자극과 방해자극이 경쟁하여 반응 간섭 효과가 감소하고 비표적자극들이 숫자인 조건에서는 경쟁이 일어나지 않아서 방해자극이 표적 반응을 간섭할 것이다.

실험 1. 탐색 배열의 크기와 반응 간섭 효과

본 연구의 실험 환경에서 Lavie[5]의 결과를 재현할 수 있는지 확인하기 위하여 실험 1을 실시하였다. 참가자들은 응시점 주변 여섯 개의 위치 중 한 곳에 제시된 표적자극을 빠르고 정확하게 탐색해야 했다. 이 때 방해자극이 탐색 배열의 왼쪽 또는 오른쪽에 제시되어 표적자극에 대한 반응에 영향을 끼칠 수 있었다. 탐색 배열에는 표적자극만 제시되거나 표적 반응과 상관없는 다섯 개의 비표적자극들이 표적자극과 함께 제시될 수 있었다. 지각적 부담 가설에 따르면, 표적자극이 비표적자극들을 동반하는 경우에는 표적 탐색에 주의 자원이 많이 소모되므로 탐색 배열 밖에 위치한 방해자극이 덜 처리될 것이다[5, 6]. 그러나 희석 가설이 예상하는 결과도 이와 같다[16]. 비표적자극들은 방해자극과 경쟁하여 방해자극이 처리될 가능성을 줄일 것이다. 따라서 지각적 부담 가설과 희석 가설 둘 다 비표적자극들이 제시되었을 때 방해자극의 간섭이 감소할 것으로 예상한다.

실험 참가자

인터넷 광고를 통해 모집된 64명의 지원자들(평균 22.6세, 여성 35명)이 실험에 참여하였다. 참가자들은 모두 나안 혹은 교정시력 0.8 이상이었으며 실험 참여에 대한 보상으로 과목 이수를 위한 크레딧이나 소정의 사례비를 지급받았다. 참가자들은 실험에 앞서 전반적인 실험 절차와 참가자 권리 사항에 대해 충분히 숙지하였다. 참가자들은 실험의 가설과 목적에 대해서 전혀 알지 못했다.

자 극

실험 1에서 사용한 자극의 예를 그림 1에 제시하였다. 탐색 배열은 응시점 주변에 원형을 이루어 제시되었고 한 개의 표적자극과 다섯 개의 비표적자극들로 구성되었다. 매 시행에서 표적자극은 알파벳 C, S, H, K 중에서 선택되었고 비표적자극은 D, N, P, T, V, Z 중에서 중복 없이 무선적으로 선택되었다. 본 연구에서는 모든 개별 철자와 숫자의 크기가 같은 서체('Monaco')로 자극을 제시하였다. 실험 1에서는 철자들만 사용되었는데, 표적자극과 비표적자극들은 높이와 폭이 각각 0.8°와 0.6°이었고 응시점에서 각 자극의 중심까지의 거리(이심율)는 1.1°였다. 방해자극(1.4° x 0.9°)은 표적자극과 동일한 철자들 중에서 선택되었으며 탐색 배열의 왼편이나 오른편에 제시되었다(이심율 = 3.7°). 모든 자극들은 흰색으로 검은 배경화면에 제시되었다.

설계 및 절차

방해자극에 연합된 반응이 표적 반응과 일치하는지 여부(반응 일치: 일치 혹은 불일치)와 탐색 과제의 지각적 부담 수준(고부담과 저부담)으로 구성된 2 x 2 참가

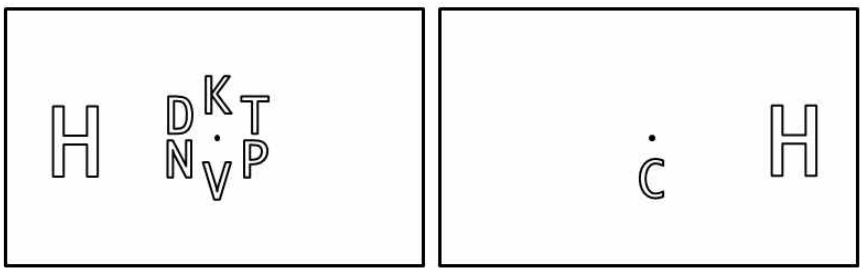

그림 1. 실험 1에 사용된 자극의 예

왼쪽은 고부담 조건에서 방해자극과 표적 반응이 일치하는 시행의 예이고, 오른쪽은 저부담 조건에서 방해자극과 표적 반응이 일치하지 않는 시행의 예이다. 실제 실험에서 배경은 검은색, 응시점과 글자는 흰색으로 제시되었다.

자 내 요인 설계로 실험 1을 실시하였다. 참가자들은 표적자극이 C 또는 S인 경우에 오른손 검지로 키패드의 '1'을, H 혹은 K인 경우에 중지로 '2'를 최대한 빠르고 정확하게 눌러야 했다. 일치(congruent) 조건에서는 표적자극과 동일한 반응에 연합된 철자(예, 표적자극이 'C'일 때 방해자극은 'C' 또는 'S')가 방해자극으로 제시되었고 불일치(incongruent) 조건에서는 표적자극과 상이한 반응에 연합된 철자(예, 표적자극이 'C'일 때 방해자극은 'H' 또는 'K')가 제시되었다. 한편, 지각적 부담 수준에 따라 탐색 배열은 다섯 개의 비표적자극을 포함하거나(고부담, 배열 크기 = 6) 포함하지 않았다(저부담, 배열 크기 = 1). 선행 연구들처럼, 표적-방해자극 일치 여부는 구획 내에서 처치하였고 지각적 부담 수준은 구획 간에 처치하였다[5, 16]. 참가자들은 지각적 부담 수준이 다른 두 개의 구획을 수행하였는데, 각 구획은 128(= 표적자극 종류 4 x 방해자극 종류 4 x 방해자극 위치 2 x 반복 4회) 시행씩이었다. 표적자극에 대한 반응키 할당과 구획 순서는 참가자간 역균형화되었고 나머지 변인들은 무선변인으로 처치되었다. 참가자들은 매 시행에서 탐색 배열 제시 후 2초 이내에 반응해야 했으며, 반응 후 1초가 경과되면 새로운 탐색 배열이 제시되었다. 제한된 시간 안에 반응하지 못했거나 잘못된 반응을 한 경우에는 화면에 오류 신호('Error')가 1초 동안 제시되었고 시행 간 시간 간격에 1초가 추가되었다. 본 시행에 앞서 참가자들은 무선으로 선택된 15회의 시행을 연습하였다. 자극 제시와 반응 기록을 비롯한 모든 실험 절차는 Matlab과 Psychophysics toolbox로 작성된 스크립트에 의해 제어되었다.

결과 및 논의

반응 일치와 지각적 부담 수준을 두 주요인으로 하는 반복측정 변량분석(repeated measures ANOVA)을 통해 각 조건에서 얻어진 반응시간의 중앙치를 분석하였다. 예상했던 대로, 표적 탐색 반응시간은 비표적자극들이 없었을 때(523ms)보다 있었을 때(774ms) 더 느렸고, $F(1,63) = 618.651$, $p < .001$, 방해자극과 표적 반응이 일치할 때(643ms)보다 일치하지 않을 때(654ms) 더 느렸다, $F(1,63) = 5.696$, $p < .05$. 결정적으로 두 요인 간 상호작용은 유의미하였다, $F(1,63) = 4.117$, $p < .05$. 그림 2에

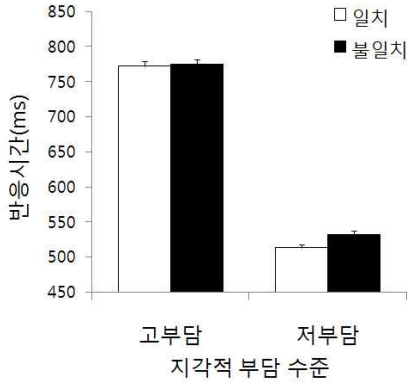

그림 2. 실험 1의 결과. 반응 일치와 지각적 부담 수준에 따른 조건 별 반응 시간.

제시된 반응시간 결과를 통해 알 수 있듯이, 저부담 조건에서는 일치 조건(513ms)보다 불일치 조건(532ms)의 반응시간이 느렸지만, $t(63) = 5.369$, $p < .001$, 고부담 조건에서는 일치 조건(772ms)과 불일치 조건(775ms)의 차이가 유의미하지 않았다, $t(63) = .442$, $p = .66$.

모든 조건의 정확률 평균은 95.4%였다. 불일치 조건(95.2%)보다 일치 조건의 정확률(95.6%)이 더 높았다, $F(1,63) = 34.736$, $p < .001$. 그 외 통계적으로 유의미한 주 효과와 상호작용은 없었다.

실험 1은 지각적 부담 가설에서 예측하는 결과를 본 연구의 환경에서 성공적으로 재현하였다. 그러나 실험 1에서는 비표적자극의 존재 여부가 표적 탐색의 난이도를 결정했기 때문에 방해자극의 간섭이 지각적 부담의 영향을 받았는지 또는 비표적자극들에 의해 희석되었는지 알 수 없다[16]. 따라서 지각적 부담 가설을 검증하려면 비표적자극 개수 외에 다른 실험 조작을 통해 탐색 과제의 난이도를 조작해야 한다.

실험 2. 반응 간섭의 희석

본 실험은 Benoni와 Tsal[16]의 결과를 재현하기 위해 표적자극과 비표적자극의

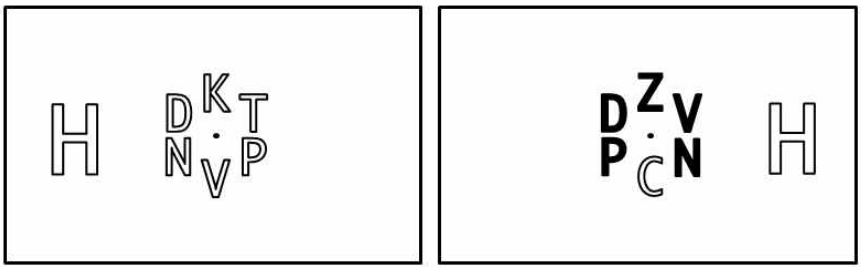

그림 3. 실험 2에 사용된 자극의 예
왼쪽은 고부담 조건에서 방해자극과 표적 반응이 일치하는 시행의 예이고, 오른쪽은 저부담 조건에서 방해자극과 표적 반응이 일치하지 않는 시행의 예이다. 실제 실험에서 배경은 검은색, 테두리 형태로 제시된 글자는 흰색으로, 검은색 글자는 빨간색으로 제시되었다.

색깔 차이를 통해 표적 탐색의 난이도를 조절하였다. 표적자극은 항상 다섯 개의 비표적자극을 동반했지만, 표적자극과 비표적자극의 색깔이 고부담 조건에서는 같았고 저부담조건에서는 달랐다. 탐색 과제의 지각적 난이도가 성공적으로 조작된다면 지각적 부담 가설이 예측하는 결과는 실험 1에서와 같다. 즉, 방해자극의 반응 간섭은 저부담 조건에 비해 고부담 조건에서 줄어들 것이다. 반면 희석 가설에서는 비표적자극과 방해자극의 경쟁이 간섭 효과를 결정하기 때문에 탐색 난이도에 상관없이 비표적자극의 개수가 일정하다면 방해자극의 간섭 효과도 변하지 않아야 한다. 따라서 지각적 부담 가설에서는 반응 일치와 지각적 부담 수준 간 상호작용이 유의미할 것으로 예상되지만 희석 가설에서는 유의미하지 않을 것으로 예상된다.

방 법

실험 2의 방법은 다음에 언급된 내용을 제외하고 실험 1과 같았다. 인터넷 광고를 통해 모집된 40명의 지원자들(평균 22.1세, 여성 17명)이 소정의 사례비를 받고 실험에 참여하였다. 실험 2는 방해자극과 표적 반응의 일치 여부(반응 일치: 일치 혹은 불일치)와 표적 탐색의 지각적 부담 수준(고부담과 저부담)으로 구성된 2 x 2

참가자 내 요인 설계로 실시되었다. 지각적 부담을 조작하기 위해 표적자극과 방해자극을 항상 흰색으로 제시하고 비표적자극을 고부담 조건에서는 흰색으로, 저부담 조건에서는 빨간색으로 제시하였다. 실험에 사용된 자극의 예시는 그림 3에 제시하였다.

결과 및 논의

반응 일치와 지각적 부담 수준을 두 주요인으로 하는 반복측정 변량분석으로 각 조건 별 반응시간의 중앙치를 분석하였다. 표적 탐색 반응시간은 비표적자극이 빨간색일 때(평균 557ms)보다 흰색일 때(779ms) 유의미하게 더 느렸고, $F(1,39) = 185.988$, $p < .001$, 방해자극이 표적 반응과 일치할 때(662ms)보다 일치하지 않을 때(673ms) 더 느린 경향성을 보였다, $F(1,39) = 3.731$, $p = .061$. 그러나 결정적으로 두 요인 간 상호작용은 유의미하지 않았다, $F(1,39) = .194$, $p = .662$. 지각적 부담 수준별로 대응표본 T 검정을 실시했을 때, 저부담 조건에서는 일치 조건(552ms)보다 불일치 조건(561ms)이 더 느렸고, $t(39) = 2.283$, $p = .028$, 고부담 조건에서는 일치 조건(772ms)과 불일치 조건(785ms) 간 차이가 유의미하지 않았다, $t(39) = 1.330$, $p = .191$. 조건 별 반응시간은 그림 4에 제시되어 있다.

모든 조건의 정확률 평균은 95.48%였다. 정확률은 고부담 조건(93.85%)보다 저부담 조건(97.11%)에서 높았고, $F(1,39) = 39.646$, $p < .001$, 불일치 조건(94.67%)보다 일치 조건(96.29%)에서 높았다, $F(1,39) = 10.269$, $p < .01$. 그러나 반응시간과 마찬가지로 정확률에서도 이원 상호작용은 통계적으로 유의미하지 않았다, $F(1,39) = .02$, $p = .887$.

실험 2의 결과는 지각적 부담이 방해자극의 처리 수준을 결정하지 않는다는 Benoni와 Tsal[16]의 주장에 부합한다. 반응시간에 대한 대응표본 T 검정 결과는 얼핏 지각적 부담 가설과 일치하는 것처럼 보일 수 있으나 반응 일치 효과가 저부담 조건(9ms)보다 고부담 조건(13ms)에서 숫자상으로 더 컸다는 점과, 무엇보다도 이원 상호작용이 나타나지 않았다는 점을 감안해야 한다.

반응시간과 정확률에 대한 분석 결과는 표적 탐색의 지각적 난이도가 적절히 조

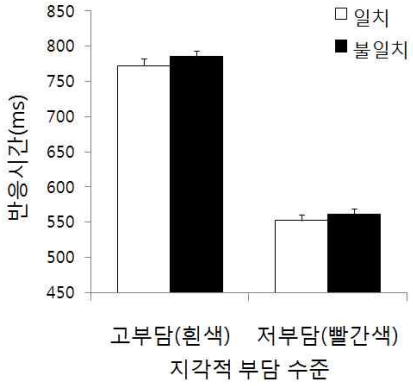

그림 4. 실험 2의 결과. 반응 일치와 지각적 부담 수준에 따른 조건 별 반응 시간.

작되었음을 증명하며, 그 효과는 실험 1과 크게 다르지 않았다. 그럼에도 불구하고 방해자극의 간섭 효과는 지각적 난이도 수준에 따라 변하지 않았는데, 이는 지각적 부담 가설을 반박하는 결과라고 할 수 있다. 오히려 본 실험의 결과는 지각적 난이도와 관계없이 비표적자극의 개수가 일정하면 방해자극의 간섭 효과도 변하지 않는다는 희석 가설의 예측과 일치한다.

실험 3. 지각적 범주별 희석

Benoni와 Tsal[16]의 핵심적인 발견은 시각탐색의 난이도가 낮아도 비표적자극들이 많이 제시되면 방해자극의 간섭이 감소한다는 점이다. 그러나 희석 가설은 왜 반응 간섭이 감소했는지에 관해서 충분히 상세화된 설명을 제공할 필요가 있다. 우선 비표적자극들이 탐색 배열에 추가되면 방해자극의 세부특징들이 처리되는 것을 지각적으로 방해(perceptual interference)할 가능성을 고려해볼 수 있다[22]. 하지만 이 설명에 따르면 방해자극과 비표적자극들의 지각적 유사성이 낮으면 희석이 사라져야 하는데, 실험 2에서는 방해자극과 비표적자극들의 색깔이 서로 크게 달랐음에도 불구하고 여전히 희석이 발생했다. 따라서 실험 3은 세부특징 분석 이후의 단계 즉, 지각적 범주(perceptual category 또는 domain) 수준에서 일어나는 자극 간

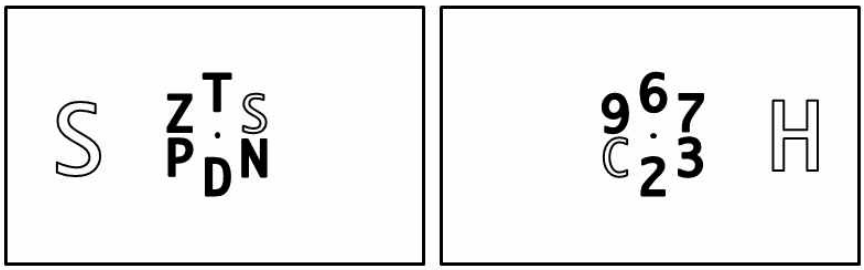

그림 5. 실험 3에 사용된 자극의 예

왼쪽은 철자 조건에서 방해자극과 표적 반응이 일치하는 시행의 예이고, 오른쪽은 숫자 조건에서 방해자극과 표적 반응이 일치하지 않는 시행의 예이다. 실제 실험에서 배경은 검은색, 테두리 형태로 제시된 글자는 흰색으로, 검은색 글자는 빨간색으로 제시되었다.

경쟁에 의해 희석이 발생할 가능성을 검토하였다. 이 설명에 따르면, 방해자극과 비표적자극이 동일한 지각적 범주에 속할 때는 그 범주를 처리하기 위해 할당된 정신 자원을 놓고 서로 경쟁하기 때문에 비표적자극의 개수가 많아질수록 방해자극이 처리될 가능성은 낮아진다. 반면 두 자극군의 지각적 범주가 서로 다르면 경쟁도 발생하지 않고 방해자극이 처리될 가능성도 낮아지지 않는다[25]. 이를 검증하기 위해, 본 실험은 방해자극과 비표적자극의 범주가 같거나 다른 두 조건을 비교하였다. 앞선 두 실험들에서처럼 방해자극과 표적자극은 항상 흰색 철자로 제시되었지만 비표적자극들은 빨간색 철자로 제시되거나 빨간색 숫자로 제시되었다. 이는 철자와 숫자가 각기 다른 지각 범주에 속한다는 선행 연구들에 근거한 것이다[25, 28, 29, 30]. 만약 지각적 범주화 수준에서 발생하는 자극 간 경쟁이 희석의 원인이라면 방해자극의 간섭 효과는 비표적자극이 철자인 조건 보다 숫자인 조건에서 더 클 것이다.

방 법

실험 3의 방법은 다음에 언급된 내용을 제외하고 실험 1과 같았다. 심리학 과목을 수강하는 학부생 20명(평균 22.3세, 여성 8명)이 과목 이수 요건을 채우기 위해

자원하였다. 실험 3은 방해자극과 표적 반응의 일치 여부(반응 일치: 일치 혹은 불일치)와 비표적자극의 범주(철자 또는 숫자)로 구성된 2 x 2 참가자 내 요인 설계로 실시되었다. 실험 2와 마찬가지로 비표적자극의 종류는 구획에 따라 다르게 제시되었다. 표적자극과 함께 탐색 배열을 이루는 다섯 개의 비표적자극들은 실험 1처럼 D, N, P, T, V, Z 중에서 선택되거나('철자 조건') 숫자 2, 3, 4, 6, 7, 9 중에서 선택되었다('숫자 조건'). 모든 비표적자극은 항상 빨간색으로 제시되었으므로 표적자극과 방해자극은 항상 흰색으로 제시되었다. 따라서 비표적자극의 종류에 상관없이 탐색배열 중에서 표적자극은 항상 지각적으로 도드라져 보였다. 실험에 사용된 자극의 예시는 그림 5에 제시되어 있다.

결과 및 논의

반응 일치와 비표적자극의 범주를 두 주요인으로 하는 반복측정 변량분석으로 각 조건 별 반응시간의 중앙치를 분석하였다. 그 결과, 방해자극 종류의 주 효과와 이원 상호작용이 통계적으로 유의하였다. 즉, 일치 조건(525ms)보다 불일치 조건(539ms)에서 반응시간은 유의미하게 느렸고, $F(1,19) = 10.334$, $p < .005$, 이러한 반응 간섭효과는 철자 조건보다 숫자 조건에서 더 컸다, $F(1,19) = 6.043$, $p < .05$. 반면, 비표적자극 범주의 주 효과는 통계적으로 유의미하지 않았는데, $F(1,19) = 1.109$, $p = .305$, 이는 철자 조건(528ms)과 숫자 조건(537ms) 간 시각탐색의 지각적 부담이 서로 다르지 않았음을 의미한다. 반응 시간의 조건별 평균을 그림 6에 제시하였다. 한편, 모든 조건의 정확률 평균은 97.1%였으며 반복측정 변량분석에서 유의미한 주 효과와 상호작용은 발견할 수 없었다, p's $> .1$.

비표적자극의 범주 별로 추가 분석을 실시한 결과, 숫자 조건에서는 일치 조건(525ms)보다 불일치 조건(548ms)에서 반응시간이 유의미하게 느렸으나, $t(19) = 4.314$, $p < .001$,철자 조건에서는 일치조건(525ms)과 불일치조건(531ms)의 반응시간 차이가 유의미하지 않았다, $t(19) = 1.025$, $p = .318$. 실험 3에서는 중립자극이 모두 빨간색이었으므로 철자 조건은 실험 2의 빨간 철자 조건과 같았다. 그럼에도 불구하고 반응 간섭이 실험에 따라 통계적으로 달랐기 때문에, 빨간 철자 조건들의 반

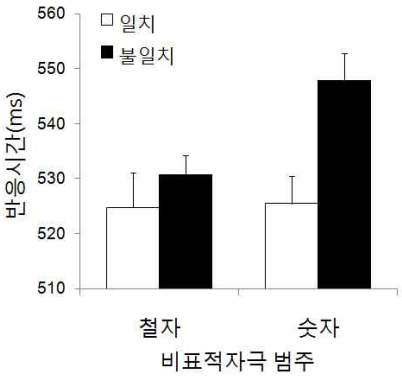

그림 6. 실험 3의 결과. 반응 일치와 비표적자극 범주에 따른 조건 별 반응 시간

응시간에 대하여 실험 2와 3을 피험자 간 요인으로 하고 방해자극의 종류를 피험자 내 요인으로 하는 이원 혼합 변량분석을 실시하였다. 그 결과, 방해자극과 반응의 일치 여부에 따른 주 효과는 여전히 유의하였으나, $F(1,58) = 4.680$, $p < .05$, 실험의 주 효과는 발견할 수 없었고, $F(1,58) = 1.919$, $p = .171$, 상호작용도 통계적으로 유의하지 않았다, $F(1,58) = .166$, $p = .685$. 이는 실험 2과 3의 빨간 철자 조건들에 차이가 없다는 것을 의미하며 두 실험의 결과를 연속선상에서 해석할 수 있는 근거가 된다.

실험 3의 결과는 지각적 부담 가설로 잘 설명되지 않는다. 지각적 부담에 관한 대부분의 선행 연구들은 조건 간 반응시간과 정확률을 통해 지각적 부담을 정의해 왔다[5, 7]. 이 정의에 따르면 본 실험에서 철자 조건과 숫자 조건의 지각적 부담은 서로 다르지 않았으므로 방해자극의 간섭 효과도 달라져서는 안 된다. 따라서 실험 3의 결과는 지각적 부담이 방해자극의 처리를 결정하는 것이 아니라는 Benoni와 Tsal[16]의 주장을 지지하며, 더 나아가 시각탐색에서의 희석 효과가 비표적자극의 범주에 따라 달라질 수 있다는 새로운 증거를 제공하고 있다. 비표적자극은 방해자극과 지각적 범주가 같을 때에만 방해자극의 반응 간섭 효과를 희석할 수 있었다. 이는 지각적 범주 수준에서 자극들이 제한된 주의 자원을 놓고 서로 경쟁하는 가운데 희석 효과가 발생한다는 것을 의미한다[25, 32].

종합 논의

본 연구는 선택적 정보처리에 관한 지각적 부담 가설의 타당성을 검증하고(실험 1과 2) 그 대안으로 제안된 희석 가설의 작동 원리를 탐색하였다(실험 2와 3). 지각적 부담 가설에 따르면, 불필요한 정보가 행동에 영향을 끼칠 가능성은 현재 수행 중인 과제가 요구하는 주의 자원의 양에 반비례한다[5, 6]. 주의 자원은 항상 중요한 정보에 먼저 할당되고, 그 여분이 있는 경우에 덜 중요한 정보를 처리하는 데 활용된다. 따라서 수행 중인 과제의 지각적 난이도가 낮을수록 방해자극은 깊이 처리될 수 있다. 실험 1은 지각적 부담 가설의 가장 대표적인 증거를 재현하였다. 탐색 배열의 크기를 이용하여 지각적 부담 수준을 조절하였을 때, 방해자극은 지각적 부담이 낮을 때에만 표적 반응을 간섭할 수 있었다[5, 7]. 그러나 최근 등장한 희석 가설에 따르면, 고부담 조건에서 방해자극의 효과가 감소한 까닭은 높은 지각적 부담 때문이 아니라 많은 수의 비표적자극들이 방해자극과 경쟁하기 때문이다[16]. 탐색 배열의 크기를 크게 유지하면서 표적 탐색이 쉽도록 조작한 조건에서는 방해자극의 반응 간섭이 거의 사라졌다는 점이 그러한 가능성을 증명한다. 표적자극과 비표적자극의 색깔 차이를 조작함으로써 동일한 결과를 실험 2에서 재현할 수 있었다.

본 연구의 결과는 전반적으로 지각적 부담 가설보다는 희석 가설의 예측과 일치한다. 실험 1과 2에서 각각 탐색 배열의 크기와 탐색 자극의 색깔 차이를 이용하여 지각적 부담의 효과를 검토한 결과, 방해자극의 처리 수준은 지각적 부담에 상관없이 비표적자극의 개수에 의해 결정되었기 때문이다. 그러나 실험 3의 결과는 비표적자극의 개수만으로 방해자극의 처리 수준을 완벽히 설명할 수 없다는 사실을 지적한다. 비표적자극은 많은 수가 제시되더라도 방해자극과 같은 지각적 범주에 속하는 경우에만 방해자극의 반응 간섭을 희석할 수 있었다. 실험 3의 발견은 지각적 부담 가설을 반박하는 새로운 증거일 뿐만 아니라 경계 조건(boundary condition)으로서 희석 가설을 상세화하는데 기여할 것으로 기대된다.

희석 가설은 지각적 부담 가설에 비해 간결하다는 장점에도 불구하고 시각탐색 과정에서 발생하는 정보 선택에 대해 충분한 설명을 제공하고 있지 못하다. 그러나 희석 효과는 스트룹 과제의 맥락에서 주로 연구되어 왔기 때문에 이들 연구의

해석을 차용하여 본 연구 결과를 해석할 수 있을 것이다. 먼저 비표적자극의 지각적 간섭(perceptual interference)이 방해자극의 효과를 희석시켰을 가능성이 있다[22]. 초기 세부특징(feature) 분석 단계에서 방해자극과 비표적자극들의 세부특징들이 섞이게 되면, 그 결과로 방해자극의 의미 처리가 지연될 수 있다. 이를 부분적으로 검토하기 위해, 실험 2에서는 방해자극과 비표적자극의 색깔을 달리했을 때도 반응 간섭이 희석될 수 있는지 관찰하였다. 그 결과, 대응표본 비교에서 유의미한 반응 간섭이 발견되었지만 변량분석에서 상호작용을 발견할 수 없었으므로 본 연구에서 지각적 간섭의 효과는 미미했을 것으로 판단된다. 그 대신, 희석 효과는 세부특징들이 분석된 이후의 단계에서 발생할 가능성이 있다. 스트룹 희석 효과에 관한 최근 연구들은 방해자극이 주의 자원을 차지하기 위해 경쟁하는 과정에 주로 주목하고 있다[23, 32]. 특히, Roberts와 Besner[25]는 자극들이 세분화된 주의 자원을 놓고 경쟁하기 때문에 간섭과 희석은 지각적 범주와 밀접하게 관련되어 있다고 보았다. 이러한 설명은 실험 3의 결과와 일치한다. 철자로 된 방해자극의 반응 간섭은 철자로 된 비표적자극들에 의해서만 희석되고 숫자로 된 비표적자극과는 경쟁하지 않았다.

본 연구는 철자와 숫자를 사용하여 희석 효과의 차이를 관찰했지만, 이 차이가 지각적 범주에 의해 주도된 것인지 주의할 필요가 있다. 비록 실험 3은 철자와 숫자가 서로 다른 지각적 범주에 속하며 독립적인 주의 자원을 사용한다는 연구 결과들[25, 28, 29, 30]에 근거를 두었지만, 철자와 숫자는 세부특징 수준(예, 직선과 곡선)에서 다르기 때문에 지각적으로 덜 간섭했을 가능성이 여전히 남아있다[22]. 그러나 그 가능성은 희박해 보인다. 실험 3에서 세부특징의 차이가 희석 효과의 차이를 유발했다면 철자 표적을 탐색할 때 걸리는 시간은 비표적자극들이 철자일 때보다 숫자일 때 덜 걸렸어야 하는데, 어느 비교를 통해서도 그러한 결과를 발견할 수 없었다. 오히려 더 어려운 문제는 희석 효과에 영향을 끼치는 지각적 범주를 어떻게 선험적으로 정의할 것인지 현재로서는 분명하지 않다는 것이다. 철자와 숫자처럼 얼굴과 다른 물체들(예, 과일과 악기)의 선택적인 스트룹 희석 효과가 보고된 바 있지만[31], 희석 효과와 다른 지각 범주들과의 관계는 후속 연구를 통해 경험적으로 이해되어야 할 것이다.

결론적으로, 본 연구는 지각적 부담 가설의 문제점을 지적하고 새롭게 범주별

희석 효과를 보고함으로써 선택의 위치(locus of selection)에 관한 이론 발전에 공헌할 것으로 예상된다. 지각적 부담 가설은 지난 십여 년 간 가장 영향력 있는 주의 선택 이론으로서 인지심리학과 신경과학의 많은 후속 연구들을 자극해왔다[8~11]. 따라서 지각적 부담 가설의 한계를 지적하고 새로운 이해를 도모하는 과정은 매우 조심스러울 수밖에 없다. 희석 가설은 선택의 위치를 결정하는 자극 간 경쟁의 본질과 조건에 관해 더 상세한 설명을 제시할 필요가 있다. 후속 연구들은 익숙하지 않은 지각 범주나 세부특징이 통제된 자극을 사용함으로써 제한된 정신 자원을 두고 일어나는 간섭과 희석의 작동 방식을 더 정교하게 관찰할 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] Broadbent, D. E. (1958). *Perception and Communication.* London: Pergamon Press.

[2] Treisman, A. (1969). Strategies and models of selective attention. *Psychological Review, 76,* 282-299.

[3] Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review, 70,* 80-90.

[4] Duncan, J. (1980). The locus of interference in the perception of simultaneous stimuli. *Psychological Review, 87,* 272-300.

[5] Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance; 21,* 451-468.

[6] Lavie, N., & Tsal, Y. (1994). Perceptual load as a major determinant of the locus of selection in visual attention. *Perception and Psychophysics; 56,* 183-197.

[7] Lavie, N., & Cox, S. (1997). On the efficiency of visual selective attention: Efficient Visual Search Leads to Inefficient Distractor Rejection. *Psychological Science; 8,* 395-398.

[8] Jiang, Y., & Chun, M. M. (2001). Selective attention modulates implicit learning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology A,* 54A, 1105-1124.

[9] Pessoa, L., McKenna, M., Gutierrez, E., & Ungerleider, L. G. (2002). Neural processing of emotional faces requires attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the*

United States of America, 99, 11458-11463.

[10] Rees, G., Frith, C. D., & Lavie, N. (1997). Modulating irrelevant motion perception by varying attentional load in an unrelated task. *Science, 278,* 1616-1619.

[11] Yi, D.-J., Woodman, G. F., Widders, D., Marois, R., & Chun, M. M. (2004). Neural fate of ignored stimuli: dissociable effects of perceptual and working memory load. *Nature Neuroscience, 7,* 992-996.

[12] Eltiti, S., Wallace, D., & Fox, E. (2005). Selective target processing: perceptual load or distractor salience? *Perception and Psychophysics, 67,* 876-885.

[13] Johnson, D. N., McGrath, A., & McNeil, C. (2002). Cuing interacts with perceptual load in visual search. *Psychological Science, 13,* 284-287.

[14] Paquet, L., & Craig, G. L. (1997). Evidence for selective target processing with a low perceptual load flankers task. *Memory and Cognition, 25,* 182-189.

[15] Theeuwes, J., Kramer, A. F., & Belopolsky, A. V. (2004). Attentional set interacts with perceptual load in visual search. *Psychonomic Bulletin & Review, 11,* 697-702.

[16] Benoni, H., & Tsal, Y. (2009). Diluting the burden of load: Perceptual load effects are simply dilution effects. *Journal of Vision, 9,* 228a.

[17] Beck, D. M., & Lavie, N. (2005). Look here but ignore what you see: effects of distractors at fixation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 31,* 592-607.

[18] Kumada, T., & Humphreys, G. W. (2002). Early selection induced by perceptual load in a patient with frontal lobe damage: External vs. internal modulation of processing control. *Cognitive Neuropsychology, 19,* 49-65.

[19] Lavie, N., & Fox, E. (2000). The role of perceptual load in negative priming. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance, 26,* 1038-1052.

[20] Eriksen, C. W., & Hoffman, J. E. (1972). Temporal and spatial characteristics of selective encoding from visual displays. *Perception and Psychophysics, 12,* 201-204.

[21] Yantis, S., & Johnston, J. C. (1990). On the locus of visual selection: Evidence from focused attention tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 16,* 135-149.

[22] Brown, T. L., Roos-Gilbert, L., & Carr, T. H. (1995). Automaticity and word

perception: evidence from Stroop and Stroop dilution effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 21,* 1395-1411.

[23] Cho, Y. S., Lien, M. C., & Proctor, R. W. (2006). Stroop dilution depends on the nature of the color carrier but not on its location. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance,* 32, 826-839.

[24] Kahneman, D., & Chajczyk, D. (1983). Tests of the automaticity of reading: dilution of Stroop effects by color-irrelevant stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 9,* 497-509.

[25] Roberts, M. A., & Besner, D. (2005). Stroop dilution revisited: evidence for domain-specific, limited-capacity processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 31,* 3-13.

[26] Kahneman, D. (1973). *Attention and effort.* New Jersey: Prentice Hall.

[27] Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural Mechanisms of Selective Visual-Attention. *Annual Review of Neuroscience,* 18, 193-222.

[28] Brown, M. S., Roberts, M. A., & Besner, D. (2001). Semantic processing in visual word recognition: activation blocking and domain specificity. *Psychonomic Bulletin & Review, 8,* 778-784.

[29] Anderson, S. W., Damasio, A. R., & Damasio, H. (1990). Troubled letters but not numbers. Domain specific cognitive impairments following focal damage in frontal cortex. *Brain, 113 (Pt 3),* 749-766.

[30] Cipolotti, L., Warrington, E. K., & Butterworth, B. (1995). Selective impairment in manipulating Arabic numerals. *Cortex, 31,* 73-86.

[31] Jenkins, R., Lavie, N., & Driver, J. (2003). Ignoring famous faces: Category-specific dilution of distractor interference. *Perception and Psychophysics, 65,* 298-309.

[32] Mitterer, H., La Heij, W., & Van der Heijden, A. H. (2003). Stroop dilution but not word-processing dilution: evidence for attention capture. *Psychological Research, 67,* 30-42.

1 차원고접수 : 2009. 12. 28
2 차원고접수 : 2010. 2. 11
최종게재승인 : 2010. 3. 5

(*Abstract*)

The Effects of Perceptual Load and Category-Specific Dilution on Visual Search

Jeehyang Rhim Do-Joon Yi

Department of Psychology, Yonsei University

Three experiments compared two hypotheses on visual selection; perceptual load hypothesis and dilution hypothesis. The perceptual load hypothesis predicts that perceptual load of task-relevant processing determines the level of task-irrelevant processing whereas the dilution hypothesis predicts that competition for limited-capacity attentional resource, not perceptual load, determines the locus of selection. To compare the two hypotheses, we investigated the influence of perceptual load in visual search on response interference by a distractor. Experiment 1 and 2 manipulated perceptual load by the set size of a search array and the colors of a target and non-targets, respectively. As a result, distractor interference decreased with a set size regardless of perceptual load. In order to further test the set size effect, Experiment 3 manipulated the perceptual categories of non-targets and a distractor. The results showed that distractor interference decreased only when non-targets belonged to the same category as a distractor. Overall, the current findings support the dilution hypothesis, but not the perceptual load hypothesis, and provide the evidence that visual selection is constrained by capacity-limited, category-specific attentional resources.

Keywords : attentional selection, perceptual load, dilution, visual search, response interference