

주의과정에 대한 인지신경과학적 접근

김 정 오

서울대학교 심리학과

인지 신경심리학 (cognitive neuropsychology)과 인지 신경과학 (cognitive neuroscience)은 모두 인지심리학과 인지과학에서 개발된 방법론과 이론을 이용해서 뇌, 행동 그리고 인지의 관계를 연구한다. 인지신경심리학은 뇌 손상자들의 수행 패턴을 연구하여 정상적인 인지과정에 관한 이론을 평가하거나, 이론에 한계를 부여한다. 인지신경과학은 인지와 행동이 뇌 과정 (brain processes)에서 어떻게 발생하는지, 어떤 계산과정이 신경해부구조에서 구현되는지 등을 행동 실험 자료, 계산론적 모형화 (computational modeling) 및 신경 정보처리를 바탕으로 연구한다 (신경심리학과 신경과학에 관한 논쟁은 Caramazza, 1992; Kosslyn, 1994; Kosslyn과 Van Kleeck, 1990을 참고). 인지신경과학은 인지과학과 신경과학이 학제적으로 연계하여 인간의 신경계가 인간 지능에 어떤 제약을 주는지를 밝힌다 (Posner와 Raichle, 1994). 인지신경과학 연구들은 여러 인지과제들의 수행에 광범하게 분산된 신경망이 관여하고 있음을 밝힌다. 예를 들어, 여러 연구들은 시심상의 검색은 두정엽이, 시심상의 형성은 전 대상회 (anterior cingulate)이, 한 심상의 부분들을 기록하는 작업은 좌반구 후두엽의 외측 부위가 각기 맡고 있음을 밝혔다.

인지신경과학이 현재 집중적으로 다루고 있는 한 주제가 바로 주의과정이다 (예, Cohen과 Servan-Schreiber, 1992; Driver, 1996; Hillyard, Anllo-Vento, Cark, Heinze, Luck 및 Mangun, 1996; Posner, 1995; Posner와 Raichle, 1994; Posner, Grossenbacher 및 Compton, 1994; Rafal, 1996). Cohen과 Servan-Schreiber (1992)는 정신분열증환자들이 Stroop 색명명과제, 연속반응과제 등의 주의과제나 언어처리 과제들에서 심하게 보이는 손상이 이러한 과제들을 수행하려 할 때 필요한 행위를 조절하는 내적 표상을 구성하고 유지하지 못하기 때문임을 연결망 (connection networks)에 기초한 시뮬레이션 실험들로 입증하였다. Hillyard와 그 동료들은 동시에 발생하는 연접 활동 및 다수 세포들의 흥분패턴과 관련된 이온의 흐름이 생성한 전기 전자장을 기록하는 사건관련전위 (ERP) 기록법으로 뇌의 여러 주의망에서 자극 선택과정의 시기 및 그 체제화를 연구하였다. Posner와 그 동료들은 양전자 방출 단층사진술 (PET), 핵자기 공명이미징법 (MRI), 심성시간분석법, 뇌 손상법, 평균유발전위법 등을 사용하여 주의를 구성하는 초보 심성과정 (elementary mental

processes)의 배후에 어떤 주의 신경망 (attentional networks)이 있고 그들의 관계가 어떠한지를 밝히고 있다. Posner와 그 동료들이 주의의 여러 하위 과정과 기능을 말고 있는 뇌 구조를 밝힘에 있어 이처럼 다양한 방법론을 동원하고 있는 까닭은 각 방법론이 갖고 있는 장단점 때문이다. 예를 들어, 심성시간분석법은 입력의 제시와 함께 작동하는 여러 주의 과정을 1/1000 초 단위로 추적하는 점에서 장점이 있지만, 각 과정이 뇌의 구조에서 공간적으로 어떻게 실제로 구현되는 지를 보여 주지 못한다. 반면, 뇌의 어떤 영역에 전문처리 단원 (modules)이 있는지를 밝히는 PET의 경우, 살아 있는 뇌가 감각자극을 받거나 인지 조작을 행하는 동안에 발생하는 혈류변화를 이미지화하여 여러 독립적인 처리 단원들간의 관계에 관해 공간정보를 제공하지만, 40초 단위로 혈류변화를 측정하므로 시간 차원에서 각 단원들간의 관계가 분명하지 않다. ERP는 연접활동 및 세포 흥분에 관여하는 이온 흐름이 형성한 전기전자장을 시간의 흐름에 따라 기록하므로 시간 차원 상에서는 PET에 비해 상대적으로 분명한 측정법이다. 각 방법에 이처럼 장단점이 있으므로 다원적인 방법론으로 주의 문제를 다루어야 한다.

인지신경과학적 주의연구는 자극을 변화시켜 그것이 행동에 체계적으로 미치는 영향을 다루는 인지-행동 연구법에서 밝혀진 여러 주의 과정의 특성들과 이에 대한 이론에서 출발한다. 동물을 대상으로 단세포 기록법에 의해 밝혀진 사실, 즉 주의가 개별 세포의 활동을 조절한다는 결과와 주의 손상을 보이는 환자들을 대상으로 인지-행동실험 과제를 실시하여 얻은 결과를 PET이나 MRI 측정법에서 밝혀진 주의의 신경해부적 구조와 연결시킨다. 주의 몰입, 주의 이동, 주의 이탈, 각성 등의 인지 과정을 지원하는 신경해부적 구조들이 밝혀지고, 이 구조들간의 신경망 관계가 알려지면서 인지-행동실험 결과의 해석에 있어, 또 연구를 계획하거나 기존 가설을 검증함에 있어 새로운 전기가 마련되고 있다. 인지-행동 실험연구가 어떤 인지과제를 수행할 때 주의를 포함해서 어떤 초보 심성과정(초보 심성과정)이 관여하는지를 밝히면, 이러한 결과는 인지신경과학 연구에 그 신경해부적 바탕에 대한 가설을 제공하며, 후자의 연구 결과는 초보 심성과정 (elementary mental processes)의 성질에 상대적으로 분명한 제약을 가하게 된다. 또한 여러 유형의 주의손상 배후에 어떤 인지과정이 관여하고 있는지가 밝혀지면 그 효과적인 재활법이 모색될 수 있다.

인지에서 주의의 역할

주의는 지각, 기억, 학습, 문제해결, 언어 이해 등의 인지과정에서 그 다양한 역할이 알려져 있다. 유기체가 정보를 받아 들이려는 최적 준비상태에 있는 기능, 즉 경계 기능 (altering function), 받아들이는 수 많은 감각정보들 중 대부분은 무시하고

몇몇을 택하여 그 의미를 처리한 다음, 반응을 결정하는 선택 기능(filtering function), 제한된 정보처리 용량을 둘 이상의 과제에 배정하는 기능 (allocation function) 등 정보처리의 흐름 (information flow)과 이 흐름에서 처리되는 심성 부호들의 변형이나 통합 (예, feature integration)이 주의의 주요 기능이다. 이처럼 물체 인식과 그에 대한 반응 결정에 있어서 뿐 아니라, 여러 가능한 운동 행위들 중에서 먼저 수행해야 할 것을 정하고, 어떤 정보처리 결과를 자각하는 것도 주의의 주요 기능이다.

무수한 자극들 중 대부분은 무시하고, 어떤 표적에만 선택적으로 주의가 주어지려면 어떤 심성과정이 작동해야 하는가? Posner와 Raichle (1994)은 정향 (orienting), 탐지 (detecting) 그리고 경계 (alerting)의 세 주의가 관여해야 한다고 본다. 정향은 사람이 눈을 움직여 표적이 있는 위치로 주의를 돌리는 것을 말한다. 일반적으로 눈을 어떤 위치로 옮기면 그 위치의 물체가 망막에서 가장 해상력이 높은 부위에 떨어지게 된다. 이 때 주의도 함께 움직이며, 그 물체의 자세한 특성들이 분석된다. 사람들은 때때로 눈을 움직이지 않고도 주의를 이동시킬 수 있는데 이를 내적 정향 (covert orienting)이라 부른다. 탐지하기는 표적 물체 - 그것이 단어이든 그림이든간에 - 를 의식하는 것이다. 탐지하기는 어떤 물체가 출현했음을 의식적으로 재인하는 것 이상이다. 탐지과정에는 그 물체의 정체 파악, 그 물체가 어떤 목표를 달성하는데 소용이 됨을 인식하기 등이 포함된다. 탐지는 피험자가 실험자의 지시를 의식적으로 실행한 것이다. 과제를 잘 수행해내려면 사람들이 적절한 심적 상태를 유지해야 하는데 이것이 바로 각성하기이다. 선택적 주의의 이 세 초보 과정들은 서로 영향을 준다. 예를 들어, 경계 상태 (vigilant states)에 있을 때 정향 체계 (orienting system)가 원활히 작동되어 물체 재인에 필요한 정보처리 경로에서 집적되는 정보를 재빨리 다룰 수 있게 한다.

주의의 이러한 여러 기능을 담당하는 생리 해부적 정보처리 체계, 그리고 그들간의 상호 관계 때문에 매우 유연하고, 체계적이며, 적응적인 인지 정보처리가 가능해진다. 주의는 자극들 중 일부에만 선택적으로 집중되어 그 세부특징들을 통합하고 그 결과를 바탕으로 재빨리 물체의 정체를 인식하게 할 뿐 아니라, 반응선택의 순서, 정확성 및 속도에 영향을 주어 인지, 의식 그리고 행동을 밀접히 관련시킨다. 고등 사고작용의 핵심 특징이 시간 차원에 있어 사고 흐름의 순차성 (seriality)이다. 다시 말하면, 한 순간에 하나의 개념이나 생각이 의식을 지배하고, 또 시간의 흐름에 있어 관련된 사고 내용들이 연속적으로 경험되는 것이 바로 순차성의 좋은 예이다. 주의는 억제기제 (inhibitory mechanism)를 동원해서 순차성을 사고에 부여한다. 주의의 이러한 역할이 없다면 우리의 마음은 혼란된 상태에 빠질 것이고, 계획을 세우거나 논리를 따지거나 일관된 추리를 해낼 수 없게 될 것이다.

인지-행동적 주의 연구

동물이나 사람의 주의과정과 그 성질을 연구하는 방법들 중 인지심리학자들이 많이 사용하는 것이 인지-행동적 연구법이다. 이 방법은 미세전극을 사용하여 동물의 뇌의 영역 중 어느 부위의 세포가 물체를 인식할 때 발생하는 감각정보처리를 증폭시키는지를 밝히는 단세포 기록법이나, 주의를 요하는 과제를 사람에게 제시하고, 뇌의 어느 부위에서 포도당대사가 활발히 일어나는지를 이미징하는 PET법과 그 분석수준과 관찰대상인 행동 단위, 사용하는 자극 등에서 대조된다. 인지-행동적 주의 연구법은 선택주의, 분리주의, 지속주의 (sustained attention) 등의 특성을 규명하기 위해 다양한 실험 과제를 사용한다. 동물이나 사람에게 자극판을 제시하되 방해자극의 수를 체계적으로 변화시키면서 해당 자극판에 어떤 표적의 출현했는지 여부를 빨리, 정확히 판단하게 하거나 (시각검색), 어떤 위치에 사전에 단서를 준다음, 그 위치에 두 표적 중 어느 것이 나타났는지를 해당 반응키를 눌러 보고 하게 하거나 (사전 단서변별과제), 제한된 시간에 한 자극판을 제시하고 먼저 왼쪽과 오른쪽에 있는 숫자를 파악하여 곱셈을 한 후, 두 숫자 사이에 있는 색깔한 형태들을 생각나는대로 보고하게 하거나 (이중 보고과제), 한 과제를 수행하고 있는 중에 이 따금 불규칙적으로 제시되는 빛 또는 소리에 대해 반응키를 눌러 보고 하게 하거나 (이중과제), 시야의 좌 또는 우의 두 위치 중 하나에 어떤 단서가 제시된 후 그 위치 또는 그 반대 위치에 광점이 제시되면 반응키를 재빨리 누르는 (탐지과제) 등 다양한 과제들이 고안되어 인지-행동적 주의 연구에 사용된다.

인지-행동적 주의 연구는 자극판의 제시부터 반응할 때까지 발생하는 사건들을 실험 상황에서 체계적으로 조작하여 정보처리 흐름에서 선택이 어느 시기에, 어느 심성부호를 바탕으로 일어나는지, 선택주의의 어떤 초보 심성과정이 특정 과제 수행에 작용하는지, 위치에 대한 주의와 물체에 대한 주의 중 어느 것이 보통 일어나는지 등을 밝힌다. 공간의 특정 위치에 우선적으로 주의를 주게 하거나, 다른 곳으로 이동하게 하는 단서주기 (cueing), 나중에 판단해야 할 자극과 어떤 관계가 있는 단서를 미리 제시하거나 (priming), 계속 제시되는 물체들 중 갑자기 한 물체가 바뀌게 해서 주의를 포착하게 하거나 (capture), 색과 모양이 결합된 복합 자극들을 제시하고 모양은 무시하고 색 이름을 빨리 명명하게 하거나 (Stroop naming), 한 표적 주변의 방해자극들을 체계적으로 변화시켜 주의의 선택성을 변화시키거나 (flanking), 정지 중인 물체들 중 한 물체를 갑자기 움직여 주의를 쏠리게 하거나, 반복적으로 제시되어 주의를 끌지 못하는 자극들 중 새 자극을 제시하여 주의가 그 자극에 쏠리게 하는 (novelty bias) 등 다양한 유형의 주의 조작을 사용한다. 주의 조작은 제시되는 자극 속성 그 자체 (예, 특정 색, 의미 상 관련없는 점화자극 이용), 물리적 변화 (예, 물체의 운동, 상태의 급박한 변화), 실험자의 지시(예, 모양은 무시하고 색만 빨리 명명하기, 왼쪽 귀에 제시되는 메시지를 따라 말하기), 사람의 타고난 편중 (예,

새 자극에 대해 주의가 쏠리는 것) 등을 이용해서 이루어진다. 이처럼 다양한 주의조작을 이용해서 상대적으로 주의가 많이 배정된 조건의 수행이 그렇지 못한 조건의 수행에 비해서 정확성이나 속도에서 어떻게 다른지 관찰한다.

인지-행동적 주의 연구들이 사용하는 실험 과제들 중에서 가장 단순하면서도 주의의 기능을 잘 밝힐 수 있는 과제가 바로 Posner (1980)가 시각주의의 내적 이동 (covert shift)을 연구하기 위해 고안한 사전단서과제이다. 이 과제에서 피험자들은 말초에 제시된 표적, 예를 들어, 별표 (*)의 출현을 자판의 한 글쇠를 재빨리 눌러 반응해야 한다. 표적에 앞서 표적이 나타날 위치에 주의를 부르는 단서가 제시되거나 (타당조건), 틀린 위치에 주의를 주게 하거나 (부당조건), 단순히 피험자를 각성시키고 아무런 위치 정보를 제공하지 않는다 (통제조건). 단서는 표적이 나타날 수 있는 위치 중 하나에 제시되는 번쩍임 (말초단서) 또는 피험자가 어떤 위치를 예상하도록 가르쳐 주는 화살표 (중추단서)가 사용된다. 일반적으로 이 과제에서 정향주의 (orienting attention)는 부당조건보다 타당조건에서 표적처리의 효율성을 향상시키는 것으로 밝혀져 있다. 통제조건과 비교해서 주의를 받은 위치에서 표적 탐지수행은 촉진되고, 다른 위치에서 표적 탐지수행은 억제된다 (Posner, 1980). 이 과제는 또한 정향주의의 주요 성분과정을 드러낼 수 있다. 피험자가 표적에 주의를 주면, 주의를 그 표적이 있는 위치에 몰입 (engage)한다. 주의를 다른 위치에 주려면, 현재 주의를 주어진 위치에서 이탈 (disengage)시킨 다음, 새 위치로 이동 (shift)시켜야 한다. 사전단서과제에서 단서가 타당할 경우에 발생하는 탐지는 피험자가 단서에 반응해서 주의를 이동시킬 수 있음을 뜻한다. 만약 타당한 단서가 수행에 아무런 이득을 초래하지 못하고, 타당조건과 부당조건이 같은 수행을 보인다면, 그 피험자가 주의를 이동시킬 수 없음을 추론할 수 있다. 피험자가 타당한 단서에 반응해서 주의를 이동시킬 수 있지만, 단서가 부당할 때 탐지수행에서 큰 손실을 보인다면 타당조건과 부당조건이 큰 차이를 보일 것이고, 이 때 주의이탈 상 손상이 있음을 추론할 수 있다. Posner (1980)가 고안한 이 사전단서과제는 매우 간단해서 정상인은 물론 뇌손상자 그리고 영아에게도 적용할 수 있다. 이 과제를 이용해서 인간의 시각 향하기 배후의 신경해부적 근거를 상당히 성공적으로 밝혀낼 수 있게 되었다. 뿐만 아니라 선택주의의 이 세 과정들은 정적반복과 부적반복효과의 배후 기제를 밝힘에 있어 유용한 개념들을 제공한다 (김정오와 박민규, 1995).

인지-행동적 연구에서 주의를 다룰 때 문제가 되는 것은 특정 주의를 선택적으로 요구하는 과제의 특성, 실험자의 지시, 자극판과 반응을 포함해서 주의를 조작하는 것으로 가정되는 변수, 해당 과제의 수행에 따라 피험자가 수의적으로 배정하는 제한된 주의 용량, 또 주의를 준 결과에 대한 피이드백 등과 이러한 요인들의 관계이다. 사전단서가 또는 자극자체가 주의를 끄는 경우에 비해 실험자가 통제하기 힘든 것이 수의적 주의(voluntary attention)내지는 자극에 대한 선택적인 주의 배정 (attentional allocation)이다. 수의적 주의를 문자 그대로 피험자의 자발적인 통제를

받기 때문에, 또 상당히 많은 외생적, 내생적 요인들이 수의적 주의에 영향을 주기 때문에 실험자가 이를 깨끗이 통제할 가능성은 거의 없다. 따라서 과제, 변수, 지시, 반응 특성, 수행에 대한 피이드백 변인들이 종합적으로 수의적 주의에 영향을 미치게 된다.

다양한 과제에서 주의를 체계적으로 조작한 인지-행동적 연구로 주의의 여러 중요한 특성들이 밝혀졌다. 주위가 정보를 선택함에 있어 여러 물체들의 의미를 모두 처리한 다음, 반응을 선택하는 후기 선택 (late selection)보다 위치나 색과같은 감각 정보를 중심으로 선택하는 초기 선택 (early selection)이 더 효과적이다 (초기선택 용이성효과). 표적이 어떤 위치에 나타남을 알려주는 단서가 주어지고, 또 실제로 표적이 그 위치에 나타나면 위치 중심의 주의에 의해 그 처리의 정확성이나 속도를 향상되며 틀린 위치에 나타나면 표적처리의 수행이 떨어진다 (단서타당도효과). 어느 한 위치 일관되게 제시되는 표적 주변에 표적과는 무관한 자극들이 제시되면, 이 자극들이 비록 주의를 받지 않지만, 표적의 처리를 촉진 또는 간섭한다 (맥락효과). 자극판에 제시된 많은 자극들과 색이나 운동 여부에서 독특한 차이가 있는 자극은 주의를 끌게 되고, 이 때문에 그 자극의 검색이 매우 빨라진다 (포착효과). 한 시행에서 무시되었던 자극이 다음 시행에서 표적으로 제시되어 재빠른 반응을 요구하면, 그렇지 않은 경우에 비해 반응시간이 길어진다 (부적 점화효과). 여러 자극들이 있을 때 각 자극에 순차적 주위가 충분히 주어지지 못하면, 그 자극 속성들이 무선적으로 결합되어 원래 제시되지 않은 자극을 경험하게 된다 (착각 결합). 지금 언급된 이러한 효과들 이외에도 주의를 다루는 특정 실험과제에서 밝혀진 효과들이 있다 (예, 단어재인과 관련된 주의효과, 김정오와 한우석, 1993; 물체의 전역정보처리와 주의의 관계는 김정오, 1990를 참고 할 것). 이러한 주의 효과는 개개의 실험과제와 밀접한 관련이 있으므로 일반적인 주의 특성으로 보기 힘들다.

주의에 대한 수렴적 인지신경과학 연구

인지신경과학적 주의연구는 인지심리학적 주의연구와 함께 주의를 둘러싼 쟁점의 해결에 기여하고 있다. 여기서 수렴적 (converging) 이라함은 초보 심성과정의 존재에 대한 여러 가설들 중 어느 하나를 지지하는 방향으로 다양한 방법론을 사용한 실험 결과들이 관련됨을 뜻한다. 수렴적 연구의 한 예로써, 인지-행동적 연구들은 주의의 선택 시기에 관해 치열한 쟁점을 벌려왔다. 초기 선택과 후기 선택을 둘러싸고 수행된 많은 실험들이 과제, 조작되는 변수, 측정 대상인 반응 등에서 차이를 보이며, 과제나 변수가 조금만 달라도 사람들이 실험자의 예상과는 다른 처리 전략 (processing strategies)을 사용하기 때문에 인지-행동적 실험만으로 이 쟁점을 해결하기 힘들다. Hillyard와 그 동료 (1996)들이 ERP 기록법로 공간주의가 감각처리의

진폭을 조절하고 있음을 관찰했다. 시각표적이 제시된 80 ms 후 주의를 받은 신호가 증폭되기 시작하였는데, 이를 주관하는 부위는 표적이 제시된 것과 반대 위치의 선 조건 피질 부위였다 (Mangun과 Hillyard, 1990). 특히 이 과정은 자극 물체의 완전한 파악 이전에 발생하였다. 이 결과는 자극 입력들의 모든 정보들이 함께 그 의미까지 처리된 후 반응 단계에서 주위에 의한 선택이 일어난다는 후기 선택론과 일치하지 않는 결과이다. 이 연구는 인지-행동적 연구의 결과들 중 초기 선택을 지지하는 결과와 수렴한다. 주위가 단순한 세부특징의 탐지도 증폭시킨다는 사실은 피험자의 반응시간, 정확보고율, 전기적 활동 및 혈류흐름의 측정 결과에서 수렴한다. 특히 자극이 있을 법한 위치를 사전에 단서로 알려 줄 경우, 감각 입력의 조정처리와 관련된 지각 정보처리가 향상된다. Hillyard 등의 연구에 의하면, 사전단서과제에서 타당한 자극과 부당한 자극은 그 정보처리 수준이 달랐다. 처리 상의 손실 (processing cost) 은 자극이 제시된 후 80 - 130 ms대에 뇌에 주어진 입력을 억제하는 과정과, 이득은 140 - 180 ms대에 입력을 고양시키는 (enhanced inputs) 과정과 관련있었다. 처리 초기의 감각이 유발한 이러한 ERP 성분들은 후두엽 외측 두피에서 관찰되었는데, 부당조건보다 타당조건이 더 큰 진폭을 보였다 (Hillyard, Mangun, Woldorff 및 Luck, 1995).

Posner와 그 동료들의 연구. 인지신경과학적 주의연구에서 대표적 연구자는 Posner이다. Posner는 그동안 다양한 인지-행동 실험과제들을 고안해서 주의를 연구해왔다. 그는 지난 십수년 이래 인지신경과학적 시각으로 인지체계와 신경체계를 연결짓는 대단히 정교하면서도 놀라운 연구를 계속하고 있다. 따라서 Posner와 그의 동료들의 연구를 자세히 살펴 볼 필요가 있다.

<표 1> 은 그의 연구 프로그램의 핵심인 개념들을 정리한 것이다 (Posner 와 Raichle, 1994). 이 표에서 알 수 있듯이, 인지-행동연구는 반응시간, 반응정확성 등의 수행을 측정한다. 그러나 이 수행의 변화가 구체적으로 무엇을 뜻하는지를 밝히는데 한계가 있고, 또 처리 단계나 심성부호의 정체를 실험 결과가 명확히 함에 있어 어느 정도 한계가 때문에 특정 심성조작이 수행될 때 뇌의 어느 영역이 어떻게 관여하는지를 함께 규명해야 한다.

표 1. 인지수준과 신경수준의 분석을 연결짓는 틀

수준	보기	방법
인지 체계	언어, 주의, 운동 제어	언어 보고
심성 조작	회전, 줌 (zoom)	컴퓨터 시뮬레이션
수행 영역	추진, 억제	인지-행동연구, 신경망
신경 체계	두정엽	PET, 사건관련전위 (ERP), MRI, 손상분석
세포	일차시각영역	세포기록법

이러한 개념들에서 출발하여, Posner와 Raichle (1994)은 인지체계에 중요한 심성 조작들을 포함하면서도 매우 간단해서 동물이나 뇌손상자가 수행할 수 있는 최적 과제를 고안했는데, 바로 이 과제가 앞서 소개한 사전단서과제이다. 그림 1은 바로 이 사전단서과제를 수행하려면 필요한 초보 심성조작 (elementary mental operations)들을 나타낸다. 이 조작들은 주의를 줄 시야의 위치를 단서가 지정할 때 발생하는 조작들이다. 단서는 현재 피험자가 주의를 주고 있는 위치로부터 주의를 이탈하게 하며, 이동조작은 단서가 있는 위치로 주의를 옮기고, 몰입조작은 단서에 상응하는 뇌의 위치에 있는 세포의 흥분을 고양시킨다. 사전단서과제를 사용한 여러 인지 행동실험들은 주의 이동의 몇 주요 특징을 발견하였다. 이 과제에서 요구되는 주의 이동은 내재적으로 일어나고 안구 운동을 필요로 하지 않는다. 주의 이동이 시간 상 단서의 제시와 밀접히 관련되는데, 시야의 한 쪽에 제시된 단서가 표적이 2 그 반대쪽에 제시될 것을 시사하면 5초 이내 단서를 주지 않은 위치에 제시되는 표적이 촉진효과를 보이게 된다. 어떤 위치에 단서를 보여주고, 그의 주의를 원래 초점 위치에 다시 오게 하면, 피험자들은 표적이 앞서 단서로 지정되었던 위치에 제시될 경우 다른 새 위치에 비해서 더 느리게 반응한다. 이를 회귀억제 (inhibition of return)라 하는데, 이 효과는 뇌의 일부 영역의 손상에 의해 주의 장애가 있는 환자를 평가할 때 매우 중요한 효과이다.

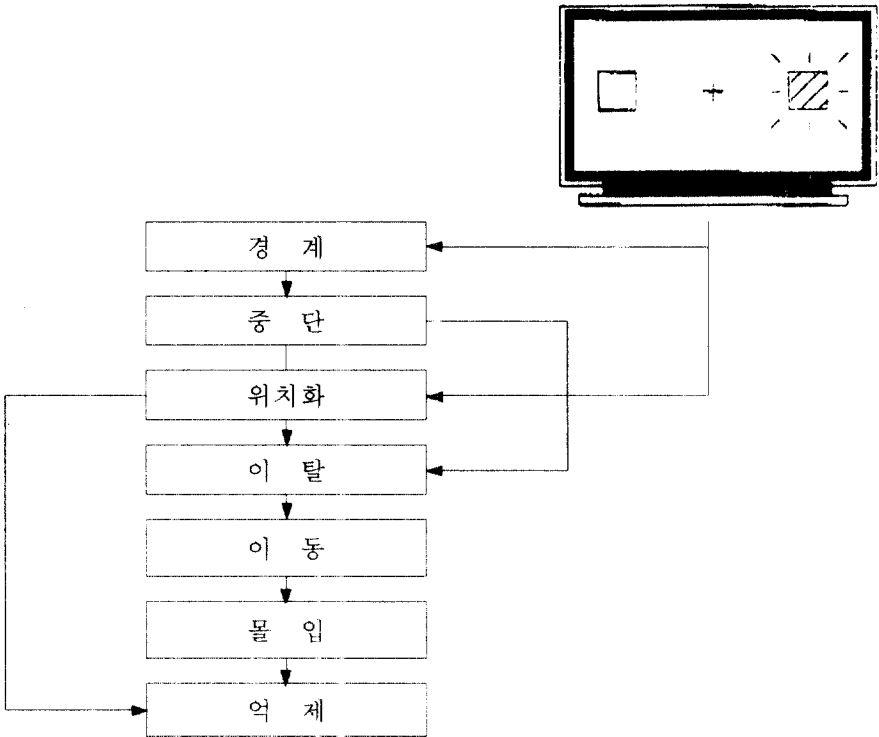


그림 1. 사전단서과제의 수행에 필요한 초보 심성조작들

Posner와 Peterson (1980), Posner와 Raichle (1994)은 사전단서과제를 이용하여 선택적 주의에서 정향 (orienting)이 계산되는 주의망 (attention network)의 해부적 바탕을 찾고자 하였다. 두정엽 손상 환자들은 손상부위와 교차된 시야에 제시되는 자극들을 무시하는 (neglect) 행동을 보인다. 특히 우반구 두정엽 손상자들은 왼쪽 시야에 제시된 물체들에 대해 무시한다. 이 환자들이 선택주의의 세 하위 심성과정, 즉 이탈, 몰입, 이동 중 어떤 심성과정에서 손상을 받았는지를 보기 위해 사전단서과제를 실시하였다. 이 환자들은 사전단서가 손상과 동측인 위치에 제시되었지만, 실제로 표적은 교차측에 제시되었을 때, 즉 부당조건에서 매우 느린 반응시간을 보였다. 이 환자들은 사전단서가 손상부위의 교차측 시야에 제시되더라도 표적이 타당할 경우, 손상된 부위와 동측인 시야에 제시된 타당한 표적에 대한 반응시간과 비슷한 수행을 보였다. 좌반구 두정엽 손상 환자들도 우반구 손상환자들과 비슷한 반응패턴을 보였으나 교차측 시야에서 볼 수 있었던 것과 같은 과장된 수행은 아니었다. 이러한 결과들은 우반구 두정엽 손상 때문에 부당한 위치로부터 주의를 이탈시키는 과정에 문제가 생겨 무시현상이 초래되었음을 보여준다. 앞서 언급된 좌우반구간의 차이는 PET연구에서도 또한 밝혀졌다. 즉 시야의 반 중에서 어느 쪽에 주의를 주더라도 우반구의 두정엽이 활성화되지만, 좌반구 두정엽은 단지 우측 시야에만 주의를 할 경우 활성화되었다.

Posner와 그 동료들은 뇌의 다른 부위에 손상을 입은 환자들을 대상으로 사전단서과제를 실시하였다. 중뇌의 상구가 손상당한 환자들은 도약안구운동에서 장애를 보이는데, 이 환자들은 그들이 눈을 움직임에 있어 곤란을 겪고 있는 방향에 사전단서를 제시하면 표적에 대한 반응시간이 매우 느렸다. 이 결과는 중뇌의 손상이 주의를 준 한 위치에서 다른 위치로 이동하는 과정에 크게 영향을 미쳤음을 보여준다. 특히 이 환자들은 회귀억제를 보이지 않았다. 시상의 시상침이 손상된 환자들은 두정엽 손상자나 중뇌 손상자들과는 전혀 다른 반응패턴을 사전단서과제에서 보였다. 즉 이 환자들은 손상된 부위의 교차측에 타당한 표적이 제시되었을 때 매우 느린 반응을 보였다. 이것은 두정엽 손상자의 경우 교차측이더라도 단서가 정확히 표적을 암시하면 주의를 쉽게 줄 수 있었던 것과는 대조적인 반응 패턴이다. 이 결과는 PET을 사용한 다른 연구 결과와 함께 표적에 주의를 몰입시킴에 있어 시상의 손상자가 장애를 겪고 있음을 시사하는 것으로 해석되었다.

Posner와 그 동료의 연구는 (1) 정향주의에 세 주의망 (attention networks)이 관여하는데, 이탈과정은 두정엽, 이동과정은 중뇌의 상구, 몰입과정은 시상침에서 각기 계산되며, (2) 무시현상 (neglect phenomena)이 다양한 까닭은 이러한 주의망 중 어느 부위가 손상되었는지 때문임을 보여준다. 이 결과는 원숭이를 피험 동물로 삼아 얻은 단세포 기록법의 결과와 정상인이 검색과제를 수행하는 동안 시상침 부위에서 측정된 PET 결과와 수렴한다. LaBerge (1995)도 시상침이 여러 모양의 자극들 중 한 표적에만 선택적으로 주의하는 조작을 제공한다는 사실을 PET을 사용한 다른 선

택주의 과제에서 밝혔다. 요컨대, Posner와 그 동료들의 연구는 두정엽, 상구 및 시상침이 후방 시공간 주의체계 (posterior visual spatial attention system)라는 결론을 이끈다.

앞서 정향뿐만 아니라 탐지와 경계도 선택적 주의의 주요 성분임을 지적한 바 있다. 여러 PET연구들 (Posner와 Raichle, 1994 참고)에 의하면, 인쇄된 자극단어를 보지만 할 경우 별 활동을 보이지 않던 전 대상회 (anterior cingulate)는 독특한 표적의 출현을 주목한다든지, 제시된 단어에 대해 새로운 반응단어를 생각할 때 활성화된다. 정상인이 Stroop 색명명과제 (예, 빨강색이 칠해진 노랑이란 단어)를 수행하는 동안에 그의 뇌 활동을 PET으로 측정된 일련의 실험들은 표적 색을 탐지하기 (detecting)에 역시 전 대상회가 관여하고 있음을 보여준다. 이 과제를 해내려면 색에 주의하여 그 이름을 말하는 것만으로 불충분하고, 동시에 반응에서 갈등을 일으키는 부적절한 자극, 즉 단어 이름을 무시해야 한다. 전 대상회가 단어 이름에 대한 자동 반응 (automatic response)를 억제하여 색 이름을 빨리 보고할 수 있도록 하는 것으로 보인다. 밝기 표적에 주의를 향하기만 하면 되는 사전단서과제와는 달리, Stroop 과제를 수행하려면 실험자의 지시, 즉 단어 이름은 무시하고 색 이름을 빨리 보고는 지시를 계속 따라야한다. 표적인 색 이름만을 보고하는 행동은 지시의 의식적 집행이다. 이러한 과제 분석에 비추어 전 대상회는 집행적 주의망으로 (executive attention network) 판단된다. 전 대상회를 집행적 주의망으로 간주해야 함을 시사하는 다른 증거는 표적이 단어이든, 색이든, 운동이든 표적을 보기만 할 경우에 관찰되는 혈류흐름을 이 자극들에 대해 능동적으로 반응할 때 관찰되는 혈류흐름에서 빨 경우, 전 대상회가 단독으로 또는 전두엽의 다른 영역과 함께 활성화되는 증거이다 (Posner & Raichle, 1994).

어떤 표적을 재빨리, 정확히 처리하려면 표적이 나타나기 전 사람들은 경계 상태에 있어야 한다. 한 실험의 전 시행들에 걸쳐 어떤 표적이 드물게 나타날 경우도 마찬가지로 경계 상태를 계속 유지해야 한다. 이 상태에 있는 사람들은 그 뇌의 우반구 두정엽과 전두엽에 혈류 흐름의 증가를 보였다 (Posner & Raichle 참고). 우반구 전두엽은 특히 경계를 지원하는 주요 영역임이 분명하다. 이 부위가 손상된 환자들은 드물게 나타나는 표적을 탐지해야 하는 경계과제를 잘 해내지 못하기 때문이다. 이 환자들은 또한 정상인이 경계과제에서 보이는 느린 심장 박동을 보이지 않았다. 우반구 전두엽이 활성화되면 전 대상회는 어떤 뚜렷한 혈류 흐름을 보이지 않았다. 이 결과는 드물게 제시되는 표적을 기다리기 위해 가능한 모든 심성 활동을 중단해야 할 경우 집행적 주의망이 작동하지 않음을 보여준다 (Posner & Raichle, 1994).

Posner와 그 동료들 (Posner와 Raichle, 1994; Posner, 1995)은 또한 정향, 탐지 및 경계의 주의망들의 상호작용을 밝히기 위해 이중과제 (dual task)를 사용하였다. 피험자들이 일차과제로는 향하기과제를, 이차과제로는 숫자를 거꾸로 뺀다든지, 어떤 단어를 찾는 과제를 수행하도록 하였다. 여기서 이차과제는 집행적 주의망의 관여를

요구하는 것으로 간주되었다. 이중과제에서 피험자들은 시각표적 뿐만 아니라, 사전 단서에 대해서도 느리게 반응하였다. 이 결과는 집행적 주의체계가 두정엽 주의체계에 의한 시각 단서의 처리를 지연시켰음을 시사한다. 이중과제를 수행할 경우, 사전 단서과제에서 나타난 교차성 무시현상이 관찰되지 않았다. 이러한 결과들은 바탕으로 어떤 표적에 대한 정향에는 집행적 주의망이 관여하지만, 후자의 작동은 정향주의망과는 그 성질이 다름을 알 수 있다.

지금까지 개관된 Posner와 그 동료들의 인지신경과학적 주의 연구는 다음의 몇 실증적, 방법론적 그리고 이론적 측면에서 주목을 받는다. (1) 주의가 초점적이고 통합적으로 기능을 하지만 그 배후에 각기 독특한 계산을 하는 분산된 주의망(distributed attention network)이 뇌에 있고, 각 주의망에서 특정 주의과정, 예를 들어, 이탈과정이 구현되며, 둘 이상의 과제 수행에 분산된 주의망간의 상호작용이 긴밀하다. (2) 동물을 대상으로 한 단세포 기록법, 인지과제를 수행하는 동안에 변하는 뇌 활동을 추적하는 ERP와 PET, 그리고 특정 뇌 부위 손상자를 대상으로 인지과제를 수행하게 하여 얻은 인지-행동 실험법의 결과들이 수렴할 수 있다. 비록 각 연구법이 한계를 갖고 있고 또 그 자료의 해석에 애매함이 있고, 사전단서과제에서와 같은 과제분석의 타당성이 문제된다. 그러나 각 수준의 연구법이 사용한 실험 결과물 과제와 함께 분석하여 이 문제점들을 극복할 수 있다. Posner와 그 동료들의 연구 프로그램은 이론적 그리고 방법론적으로 상보적이므로 학제적 학문으로서 인지신경과학이 추구하는 정신을 실현하는 연구 프로그램이다. 다양한 주의망의 상호작용을 밝힘에 있어 여러 과제들을 조합한 이중과제의 조작도 중요하지만, 시뮬레이션 실험법을 적용할 때 새로운 수렴적 정보를 얻을 수 있을 것이다. 예를 들어, 여러 초보과제들을 구현하는 시뮬레이션 프로그램을 만든다음, 그 일부를 파괴했을 때의 시뮬레이션 실험 결과가 특정 주의망이 손상된 환자들과 비슷한 결과를 보이는지 검토할 수 있다.

Rafal (1996)과 Driver (1996)의 연구. 무시 증후군의 환자들은 보통 Sunnybrook 무시검사 (Black, Vu, Martin 및 Szalai, 1990)로 진단한다. 이 검사에서는 그리기, 베끼기, 선을 반으로 나누기, 그림 지우기, 선 지우기 등의 과제로 손상 당한 부위와 교차되는 시야에서 정보처리 상 문제가 있는지를 평가한다. 무시 (neglect)는 뇌의 일차 시각중추의 손상으로 인해 그 부위의 교차측 시야에 시각각이 전혀 없는 반맹증(hemianopia)과 구분된다. 반맹증환자들은 손상의 영향을 받은 시야 쪽으로 눈을 자주 움직여 그 장애를 극복하려 한다. 반면, 측두 두정엽이 손상되어 무시 증후군을 보이는 환자들은 증상이 심할 경우 교차측에 있는 사람이 말을 걸어도 대답하지 않는다. 식사를 할 때 접시의 한 쪽에 있는 음식은 먹지 않기도 한다. 이 두 부류의 환자를 구분하려면 소멸 (extinction) 여부를 검사한다. 각 환자에게 검사자의 얼굴을 바로 보게 하면서 한쪽 또는 양쪽 시야에 제시되는 물체들을 보고하게 한다. 무시

환자들은 반맹증 환자와는 달리, 손상된 부위와 교차하는 시야에만 한 물체가 제시 될 경우 이를 보고할 수 있다. 그러나 두 시야에 물체들을 동시에 제시할 경우 교차 시야에 제시된 물체를 보지 못한다. 이러한 동시실인증 (simultaneous agnosia)의 가장 극적인 예는 벌린트 (Balint) 증후군이다. 이 환자들은 두정후두엽이 손상된 사례 들인데, 두 물체를, 또는 물체의 부분들을 비교할 때 심한 곤란을 겪는다. 예를 들어, 작은 “ㄱ”들로 이루어진 큰 “ㄴ”과 같은 복합자극을 보여 주면, 이 환자들은 대부분의 경우 작은 “ㄱ”만을 보고한다. 벌린트 환자들은 물체의 국소 요소 (local elements)에만 주의가 포착된 것처럼 행동한다.

무시증후군을 보이는 피험자를 연구할 때 양측시야에 자극들을 동시에 제시하거나, 사야의 중앙에 물체들을 제시하거나, 또는 한 단어를 읽도록 하는 과제를 준다. Rafal (1996)은 Posner와 함께 또는 독자적으로 여러 주의 손상을 연구하였다. 그는 무시, 소멸, 벌린트 증상을 포함하는 무시증후군 (neglect syndrome)에 관한 다양한 연구 결과들을 개관하고 주요 무시 현상에 대한 가설들을 제시하였다. 표 2는 Rafal 이 무시증후군에 기여하는 것으로 밝혀진 병리적 생리기제들을 정리한 것이다.

표 2. 무시증후군의 원인으로 밝혀진 병리생리적 기제.

손상을 초래하는 기제	신경해부적 바탕
내재적 주의의 이탈	측두정엽경계
수의적 주의 이동	두정상소엽
요소에 대한 지나친 몰입	우반구 측두 두정경계
방향적 편중	반구 경쟁
각성	우반구 우세
공간 표상	두정 또는 배측외측 전전두엽
방략적 정향과 지속적 주의	대상회
수의적 도약안구운동 생성	전두 안구영역

표 2에 정리되어 있듯이, 무시를 설명하는 가설로 공간표상 손상설 (deficits in space representation)과 과도 정향설(hyperorienting)을 들 수 있다 (Rafal, 1996). 공간표상 손상설(Bisiach, 1993)은 두정엽이 관찰자 중심의 공간표상을 유지하는 기능을 맡고 있는데, 이 부위가 손상되면 손상 부위와 교차된 시야에 대한 공간표상이 왜곡되어 무시현상이 나타난다. 무시 증후군 환자에게 어떤 장면을 상상하게 한 다음, 그 장면을 보고하게 하면 손상된 부위의 교차측 장면을 잘 보고하지 못한다. 이 결과는 환자들의 공간 표상이 뇌 손상으로 왜곡되었음을 시사한다. 과도 정향설 (예, Kinsborne, 1993)은 뇌의 두 반구간의 균형잡힌 경쟁이 깨어질 경우 손상되지 않은

반구가 향하기 반응을 하더라도 손상된 반구가 저항을 하지 못하며, 이 때문에 손상 부위와 같은 쪽의 시야에 주의가 과도하게 향해 무시가 초래된다고 본다. 이 설명은 한 시야에 대한 과도한 향하기 편중을 전정기관을 자극하여 대항할 경우 무시 증상이 일시적으로 완화됨을 시사하는 여러 실험 증거로 지지된다. 이 두 가설 이외에도 공간 주의의 조절에서 좌반구보다 우반구가 더 압도적이라는 가설, 우반구가 과도한 각성 상태에 있기 때문이라는 가설 등이 제안되었다 (Rafal과 Robertson, 1995).

Driver (1996)는 무시와 소멸이 과연 주의 현상인지, 주의 현상이라면 무시된 자극정보 (neglected information)와 주의를 받지 않은 정보 (unattended information)의 처리가 질적으로 어떤 관계에 있는지 등의 문제를 다룬 많은 연구들을 개관하고, 그 결과를 설명할 수 있는 한 가설을 제안하였다. 정상인의 경우 한 경로에 제시되는 자극을 따라 말하게 하고, 다른 경로에 제시되는 자극은 무시하게 할 경우, 피험자들은 때때로 주의를 주지 않은 경로에 제시되는 단어 자극들을 보고하는 행동을 보인다 (예, Treisman, 1960). 이 결과는 주의를 받지 않은 정보의 의미도 어느 정도 처리됨을 보여준다. 주의를 거의 받지 않은 자극도 그 의미까지 처리된다면, 무시환자들이 손상 부위의 교차측 시야에 제시된 단어 (무시된 단어)를 의미처리할 가능성은 없는가? Ladvas, Paladini 및 Cubelli (1993)는 우반구 뇌출혈로 인해 반맹증은 걸리지 않고 무시 증후군을 보이는 환자를 대상으로 점화과제를 사용하여 교차측 시야에 제시된 단어 정보가 어떻게 처리되는지 검토하였다. 이 환자가 할 일은 교차측 시야에 제시된 점화자극에 이어 어떤 간격 후 동측 시야에 제시된 문자열이 단어인지 아닌지를 빨리 판단하는 것이었다. 예를 들어, 무시된 시야에 점화자극인 '의사'가 제시된 얼마 후 손상 부위와 같은 시야에 검사자극인 '병원'이 제시되면 이것이 단어인지 아닌지를 해당 글쇠를 빨리 눌러야 한다. 이 실험에서 점화자극과 검사자극이 의미 상 관련있는 조건이 무관한 조건보다 84 ms 더 빨랐다. 이러한 점화효과는 무시환자들이 보고하지 못하는 시야에 제시된 단어자극의 의미가 처리되었음을 시사한다. Ladavas 등의 연구는 점화자극은 그림, 검사자극은 단어를 각기 사용한 McGlinchey-Berroth, Millberg, Verfaellie, Alexander 및 Kilduff (1993)의 결과와 일치한다.

무시된 자극의 의미가 처리됨을 보여주는 많은 결과들은 정상인을 대상으로 검토한 역하지각 (subliminal perception)과 비슷한 방법론적 문제점 (예, 제시시간의 설정 문제, 반응 유형에 따른 과제차이 등)을 가지고 있다. Driver (1996)는 주의받지 않은 자극의 정보처리와 무시된 자극의 정보처리가 유사한 점도 있지만, 몇가지 점에서 다르다고 주장한다. 무시 환자들이 보이는 증후군이 다양하다는 점, 환자들이 보이는 점화효과는 일반적으로 촉진적인데 비해서, 정상인의 경우 무시되는 자극이 표적으로 제시되면 억제적 점화효과를 보인다는 점 등으로 미루어 무시된 자극 (neglected stimuli)와 주의받지 않은 자극 (unattended stimuli)이 같다고 보기 힘들다.

Driver (1996)는 방법론적인 문제점들이 있지만, 무시 환자를 대상으로 한 연구에

서 밝혀진 점화효과에 대해 흥미로운 가설을 제안한다. 자극이 제시되면 그 자극의 시공간 정보를 포함하고 있는 일화정보 (episodic information)를 토큰이라 부르는데, 피험자의 관찰 지점에서 획득된 정보로서, 두정엽을 포함하는 배측 처리경로 (dorsal pathway)에서 다루어진다. 이와 동시에 그 자극에 대한 장기기억의 의미정보, 이를 하여 타입정보는 비교적 덜 손상된 복측 처리경로 (ventral pathway)에서 표상된다. 무시 증후군 환자들이 점화효과를 보이지만, 그 정체를 잘 보고하지 못하는 까닭은 교차측 시야에 제시된 자극의 일화정보를 추출하거나 저장할 수 없기 때문이다.

Rafal (1996)과 Driver (1996)는 주의 손상인 무시 증후군을 다룸에 있어 흥미로운 차이를 보인다. Rafal은 신경학과 인지심리학 연구의 수렴적인 결과를 주목하면서, 무시 증후군의 해부 생리적 바탕을 명세하고, 이를 설명하는 가설을 중심으로 그 개관을 전개하였다. Rafal은 신경학과 인지심리학이 수렴한다고 생각하지만, 이는 원래의 수렴조작과는 달리 약한 의미의 수렴이다. 수렴조작 (converging operation)은 가설적인 과정에 대한 여러 상대 가설들 중 어느 한 가설만이 타당하고, 나머지는 기각할 수 있는 방향으로 독립변수들이 조작되어 그 결과를 얻게 됨을 말한다. 신경학과 인지심리학 실험의 결과들이 수렴한다함은 한 설명 수준에서 상대가설들의 결합 문제가 아니다. PET이나 MRI와 같은 신경이미징 기법을 사용하여 뇌의 손상이 뇌의 어떤 특정 부위에만 국한되고 그 손상의 범위가 작으며, 다른 부위들은 손상되지 않음이 분명한 환자들만을 선별적으로 뽑아 인지-행동 실험과제를 수행하도록 한다. 이러한 피험자 선별과정은 중뇌, 시상침, 두정엽 등이나 그 역동적 상호작용이 인지에 어떤 구체적인 기여를 하는지를 알려는 해부학적 물음 때문에 필요하다. 따라서 한 설명 수준 내에서 수렴조작, 측정기법 (PET, ERP, fMRI 등)을 적용한 결과들 간의 수렴조작, 설명수준들 간의 수렴조작을 구분해야 한다.

Driver (1996)는 무시 증후군 환자들이 무시하는 자극의 정보처리와 정상인이 주의를 주지 않을 때 처리되는 자극의 유사성과 차이를 중심으로 실험 결과들을 개관하였다. Driver는 무시 증후군 환자를 대상으로 한 실험들이 보이는 흥미로운 점화효과를 정상인을 대상으로 한 주의 연구에서 발전된 이론으로 설명하고자 하였다. 자극 입력에 대한 정보가 토큰과 타입으로 각기 분리되어 표상되며, 이 표상의 통합에 주의를 필요함을 시사하는 증거는 정상인을 대상으로 주의를 제한되게 만드는 보고 과제에서 관찰되었다 (예, Kanwisher, Driver 및 Machadon, 1995). 그러나 현재 타입 정보와 토큰 정보의 통합에 주의를 필요 충분조건임을 시사하는 직접적인 실험 결과는 없다 (김정오, 박민규 및 김경용, 1996). 무시 증후군 환자들이 보인 점화효과를 타입-토큰 정보의 분리 (dissociation)로 설명하는 가설은 앞으로 검증되어야 한다 (이와 다른 가설은 Wallace, 1994를 참고).

인지신경과학적 주의연구에 대한 방법론적 고찰과 결어

인지신경과학적 주의 연구는 중다 설명수준적, 분리와 통합적, 학제적 연구이다. 계산론 수준에서부터 단일 신경세포수준의 계산에 이르기까지, 주의의 심성과정을 다양한 과제에서 관찰된 사람들의 수행 패턴으로 분리하면서 또 시뮬레이션으로 그 과정들을 통합시키고, 이러한 목적으로 인공지능, 인지심리학, 신경과학 등에서 사용되는 고유의 방법론을 한 연구에서 함께 사용한다. 인지심리학이 심성과정과 표상의 분리 목적으로 정교한 실험 과제를 개발하면서 주의에 의한 행동의 수행(performance) 측면을 강조한 반면, 인지신경과학은 정상인 또는 뇌 손상자의 수행과 함께 신경흥분, 뇌 혈류 또는 뇌 전압에서 변화의 측정을 주 관심으로 삼았다.

여기서 제기되는 한 물음은 정확성 또는 속도로 측정되는 주의의 수행적 측면과 단위시간 당 신경흥분수, 뇌 혈류 패턴 또는 뇌 전압의 진폭이 어떤 관계를 갖고 있는지이다. PET으로 측정한 혈류 흐름, 심성시간법으로 측정한 수행, ERP로 측정한 전압의 변화가 각기 시간 차원 상 다르기 때문에 이 세 자료를 관련시킬 때 연구자는 다른 시간대들에서 발생하는 사건들간의 사영(mapping) 문제에 봉착하게 된다. PET은 40초 전후, ERP는 .5초 전후, 심성시간법은 .5초 - 1초 내외의 시간대에서 주의과정을 추적한다. 또 심성시간법의 경우 비연속적인 처리단계들의 분리, 반응선택 및 집행이 주요한 주의 성분이 되는 반면, ERP는 연속적인 사상과 그 진폭이 주요 성분이 된다. 따라서 이 세 방법론 간에 어떤 식으로 자료를 정확하게 대응시킬 수 있는지 문제된다.

인지심리학에서 초보 심성과정들로 분리하거나, 표상 구조를 나눌 때, 특히 한 과제의 수행이 여러 독립적인 정보처리 단위, 이름하여 모듈로 처리됨을 밝힐 때 보통 분리법(dissociation methods)을 사용한다. 인지신경심리나 인지신경과학에서는 두 유형의 뇌 손상을 뽑고 과제와 변수를 조작해서 어떤 유형의 뇌손상자가 A과제는 수행하는데 B과제는 수행하지 못하나 다른 유형의 뇌손상자 경우에 그 반대이며, 특정 변수의 상호작용 패턴도 뇌손상 환자집단에 따라 다르게 관찰될 경우 해당 손상 영역이 고유의 인지 계산 기능이나 표상 구성기능을 분리적으로 지니고 있다고 결론짓는다. 여기서 문제는 둘 이상의 과제를 사용할 때 과제분석을 어떻게 해야 하는지의 문제이다. 어떤 과제의 수행에 어떠한 심성과정 또는 주의의 성분 과정들이 관여하는지는 반드시 그 과제와 다른 과제를 함께 피험자들이 수행하도록 하고, 둘 이상의 변수를 함께 조작하여 과제와 변수의 상호작용 패턴이 어떻게 달라지는지 파악해야 한다. Posner (1980)가 고안하고, 현재 인지신경과학 연구에 상당한 효과를 거둔 사전단서 과제의 수행에 몰입, 이탈, 이동 및 억제 과정이 관여하는 것으로 분석되고, 또 이를 지지하는 실험 결과들이 많다. 그러나 사전단서 과제에서 어떤 주의, 예를 들어, 판단과정에서 불확실성을 감소시키는 주의나 제한된 용량으로서 주의 중 어느 것이 관여하는지 현재 분명히 밝혀져 있지 않다. 따라서 사전단서 과제와 함께 다른

과제, 예를 들어, 후단서 과제를 함께 실시하고, 그 결과와 조작된 변수의 효과를 바탕으로 한 과제의 수행에 필요 충분적 주의 과정들이 관여하는지 검토해야 한다. 이러한 작업을 위해서는 과제분석이론 (theory of task analysis)이 개발되어야 한다 (과제분석법은 김정오, 1995 참고).

앞서 언급한 바와 같이, 한 과제에서 조작되는 주의를 그 과제 수행에 요구되는 다른 인지과정의 성질, 과제에서 제시되는 자극판의 구성, 이 구성을 체계적으로 변화시키는 변수, 수행의 행동적 특성 및 수행의 성과에 대한 피이드백, 그리고 성과에 따라 피험자가 과제에 재 배정하는 주의 용량 등에 의해 복합적으로 결정된다. 이처럼 중다 요인에 의해 결정되는 주의를 과제 특성에 따라 성분으로 나누고, 각 성분의 활동을 측정하기 위해 조건을 만들 때, 실험의 특징 상 제약이 있기 마련이며, 또 심성과정과 표상들을 분리해서 다루기 마련이다. 따라서 그 성분들이 밝혀진 하위 주의과정들이 어떤 식으로 상호작용하는지는 Posner와 Raichle (1994)이 한 것처럼 이중과제를 사용하면서 수행 중에 PET 측정을 사용하던가, 정상인의 과제 수행을 모사하는 시뮬레이션 프로그램을 만든 다음, 뇌 손상자처럼 특정 과정을 선택적으로 부수어 하위 주의 과정과 이를 지원하는 해부구조의 상호작용을 평가한다. 현재로서 방법론 상 제약 때문에 그러하지만, 주의에 대한 신경망적 연구법이 더 활성화되어야 할 것이다. 이처럼 분리 (유사하지만 수행에 요구되는 심성과정들이 약간 다른 과제들의 개발과 손상부위를 정확히 파악하기)와 통합 (이중과제의 사용, 정상 시뮬레이션 프로그램을 만든 다음 선택적으로 부수기)의 방법론이 현재 인지신경과학 연구법으로 발전 가능성이 있다. 그러나, 문제는 한 과제의 수행에 있어서 시간의 흐름에 따라 관여하는 주의 과정이 다르게 되고, 또 그 용량 배정도 달라질 가능성이 있다는 점이다.

인지신경과학적 주의 연구에 있어서 방법론 상의 다원성을 중요시하되, 각 방법이 예민하게 드러내는 주의과정의 측면들과 각 방법의 한계 (예, PET의 경우 감산적 자료처리법)를 분명히 하여 방법들 간의 상보성을 새로운 시각 (예, 과제분석이론)에서 도모해야 할 것이다. PET을 사용하여 초보 심성과정이 계산되는 부위를 찾는 방법은 잠재적으로 문제점을 지니고 있다. 예를 들어, 언어과제의 경우 수동적으로 보기, 소리내어 읽기 그리고 연상어를 말하기의 세 조건을 조작한다고 하자. 연상조건의 활성화에서 수동적 보기조건의 활성화를 뺀 경우 큰 차이를 보인 영역은 소리내어 읽기조건과 수동적 보기조건의 감산비교에서 차이를 적게 보여야 한다. 이러한 감산 자료처리법으로 몇 mm 범위에서 초보 심성과정을 맡고 있는 부위가 파악된다. 그러나 파악된 기능적 해부구조 (functional anatomical structures)가 감산 자료처리법이나 측정 기법의 인위적 결과 (artifacts)가 아님을 분명히 해야 할 것이다.

Marr (1982)가 일찍이 제안한 바처럼, 특정 과제 수행에 주의를 무엇을 계산해야 하며, 어떤 과정들을 조합해서 그 목표를 달성하며, 이러한 심성 활동을 뇌의 각 영역이 어떤 상호작용적 주의망으로 구현하는지 밝혀야 할 것이다. 인지-행동적 주의

연구는 다양한 실험과제를 개발해서 선택주의, 분리주의 및 지속주의의 성질을 밝히고 있다. 인지신경과학적 주의연구에서 그 손상부위가 정밀하게 진단된 환자집단을 대상으로 이러한 과제를 이용해서 연구할 때 측정기법의 특성 상 정상인이 사용한 과제를 변형시킬 수 밖에 없거나 해당 기법으로 접근하기 힘든 주의의 역동적 성질이 있다. 예를 들어, 선택주의의 억제과정은 활성화 중심인 PET보다 ERP로 더 예민하게 포착될 수 있고, 지속주의에서 촉진과정의 변화는 PET으로 더 잘 포착될 것이다. 시뮬레이션, 인지-행동적 분리실험, 단세포측정법, 뇌혈류측정법, 뇌 전기전자흐름측정법 등 각 방법이 그 개념적 또는 기법적인 면에서 향상되고, 둘 이상의 방법론이 동시에 적용되면서 그 상보성이 분명해지고, 과제분석이론이 발달함에 따라 거시수준과 미시수준을 연결하는 주의연구는 뇌, 행동 그리고 인지의 관계를 더 명료하게 밝혀내게 될 것이다.

참 고 문 헌

- 김 정오. (1995). 기억실험: 과제유형과 과제분석. *정신건강연구*, 14, 104-115.
- 김 정오. (1990). 주의기제가 자극 확률효과 및 선행성에 미치는 영향. *한국심리학회지: 실험 및 인지*, 2, 12-35.
- 김 정오와 박 민규. (1995). 색깔반복맹과 주의과정. *한국심리학회지: 실험 및 인지*, 7, 23-41.
- 김 정오, 박민규 및 김 경용. (1996). 반복색맹에 대한 토큰개별화 실패설의 검증. **1996년 한국심리학회 연차학술발표대회 논문집.**
- 김 정오와 한 우석. (1993). 단어지각에 있어서 심성부호의 형성과 주의의 역할. *한국심리학회지: 실험 및 인지*, 5, 56-82.
- Caramazza, A. (1992). Is cognitive neuropsychology possible? *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4, 80-95.
- Cohen, J. D., & Sevan-Schreiber, D. (1992). Context, cortex, and dopamine: A connectionist approach to behavior and biology in schizophrenia. *Psychological Review*, 99, 45-77.
- Driver, J. (1996). What can visual neglect and extinction reveal about the extent of "preattentive" processing? In A. F. Kramer, M. G. H. Coles & G. D. Logan, (eds.), *Converging operations in the study of visual selective attention*. (pp. 193-223). Washington, D. C.: APA.
- Hillyard, S. A., Mangun, G. R., Woldorff, M. G., & Luck, S. J. (1995). Neural systems mediating selective attention. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neuroscience*. (pp.665-681). Cambridge, MA: MIT.

- Hillyard, S. A., Anllo-Vento, L., Clark, V. P., Heinze, H., Luck, S. J., & Mangun, R. (1996). Neuroimaging approaches to the study of visual attention: A tutorial. In A. F. Kramer, M. G. H. Coles & G. D. Logan, (Eds.), *Converging operations in the study of visual selective attention*. (pp. 107-138). Washington, D. C.: APA.
- Kanwisher, N., Driver, J., & Machadol, L. (1995). Spatial blindness is modulated by selective attention to color or shape. *Cognitive Psychology*, *29*, 303-337.
- Kinsborne, M. (1993). Orientational bias model of unilateral neglect: Evidence from attentional gradients within hemispace. In L. H. Robertson & J. C. Marshall (Eds.), *Unilateral neglect: Clinical and experimental studies* (pp. 63-86). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kosslyn, S. M. (1994). On cognitive neuroscience. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *6*, 297-303.
- Kosslyn, S. M., & Van Kleek, M. (1990). Broken brains and normal minds: Why Humpy Dumpy needs a skeleton. In E. Schwartz (Ed.), *Computational neuro-science*. Cambridge, MA: MIT.
- LaBerge, D. (1995). Computational and anatomical models of selective attention in object identification. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neuroscience*. (pp.649-663). Cambridge, MA: MIT.
- Ladavas, E., Paladini, R., & Cubelli, R. (1993). Implicit associative priming in a patient with left visual neglect. *Neuropsychologia*, *31*, 1307-1320.
- Mangun, G. R., & Hillyard, S. A. (1990). Electrophysiological studies of visual selective attention in human. In A. B. Scheibel & A. F. Wechsler (Eds.), *Neurobiology of higher cognitive function*. (pp.271-294). New York: Guilford.
- Marr, D. (1982). *Vision*. San Francisco, CA: Freeman.
- McGlinchey-Berroth, R., Milberg, W. P., Verfaellie, M., Alexander, M., & Kilduff, P. T. (1993). Semantic processing in the neglected visual field: Evidence from a lexical decision task. *Cognitive Neuropsychology*, *10*, 79-108.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *32*, 3-25.
- Posner, M. I. (1995). Attention in cognitive neuroscience. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neuroscience*. (pp.615-624). Cambridge, MA: MIT.
- Posner, M. I., & Peterson, S. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, *13*, 25-42.
- Posner, M. I., & Raichle, M. E. (1994). *Images of mind*. New York: Freeman.

- Posner, M. I., Grossenbacher, P. G., & Compton, P. E. (1994). Visual attention. In M. J. Farah & G. Ratcliff (Eds.), *The neuropsychology of high-level vision*. (pp. 217-239). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Rafal, R. (1996). Visual attention: Converging operations from neurology and psychology. In A. F. Kramer, M. G. H. Coles & G. D. Logan, (Eds.), *Converging operations in the study of visual selective attention*. (pp. 139-192). Washington, D. C.: APA.
- Rafal, R., & Robertson, L. (1995). The neurology of visual attention. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neuroscience*. (pp.625-648). Cambridge, MA:MIT.
- A. (1960). Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12, 242-248.
- Wallace, M. A. (1994). Implicit perception in visual neglect: Implications for theories of attention. In M. J. Farah & G. Ratcliff (Eds.), *The neuropsychology of high-level vision*. (pp.359-370). Hillsdale, NJ: Erlbaum.