

기억이론과 신경생리학적 자료*

박 회 경[†]

성균관대 응용심리연구소

기억이론은 Atkinson과 Shiffrin 기억모형에서 기억을 구조적으로 서로 다른 단기저장고와 장기저장고 또는 활동기억과 수동기억으로 분류한 것을 시작으로 하여 많은 발전을 이루어왔다. 단기기억과 장기기억의 구분은 실험적 결과, 신경생리학적 증거, 그리고 임상사례의 결과와 잘 부합된다. 그러나 하나의 단기기억과 장기기억 저장고 개념은 단기기억 모형에 대한 이론적 대안으로 작업기억 모형이, 장기기억에 대한 중다기억체계이론들이 신경생리학적 자료들을 토대로 제안되어 수정되어 왔다. 한편 기억과정으로서의 부호화와 인출의 생리적 기초에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 기억이론들은 그 이론적 적절성뿐만 아니라 임상장면에서 나온 환자 사례들과 신경생리학적 증거들에 의해 이론적 타당성을 검증받을 수 있다.

주요어: 기억이론, 단기기억, 장기기억, 신경생리학적 증거, 중다기억체계

1885년의 Ebbinghaus의 인간기억에 관한 고전적 연구결과가 발표된 이후로 Ebbinghaus 식의 연구는 인간학습과 기억연구의 시금석이 되었다. 그 이후 1960년대에 인지심리학이 재등장한 이후로 기억연구는 인지심리학의 주요한 위치를 차지하여 왔다. 1968년에 발표된 Atkinson과 Shiffrin의 기억모형은 인간기억에 관한 연구에 주요한 이론적 공헌을 함

으로서 기억연구의 발전에 매우 중요한 자리매김을 하였다. 1980년대에 시작된 의식의 개입 여부에 따른 외현기억과 암묵기억의 분류는 기억연구의 새로운 하위 영역을 탄생시켰다. 또한 이 시기에는 단기기억 모형의 완충장치(buffer) 역할에서 탈피하여 인지작업의 의식적 창으로서 단기기억/작업기억의 역할을 강조하는 작업기억 모형이 많

* 본 논문은 과학기술부의 뇌과학 연구사업의 지원을 받았습니다.

† 연락처: 서울시 종로구 명륜동 성균관대학교 응용심리연구소 〒110-745 (e-mail: hkpark@dragon.skku.ac.kr)

은 연구자들의 관심을 끌었다. 특히 주의, 지각, 언어와 기억간의 관계를 강조하는 작업기억 모형은 기억이 개별적인 인지능력으로서가 아닌 총체적 접근이 필요한 분야임을 여실히 보여주었다. 방법론적으로도 이전까지의 인간피험자를 대상으로 한 실험위주의 연구만이 아니라 적극적인 동물 연구 결과의 활용과 신경생리학적 접근이 기억의 주요한 연구방법으로 함께 사용되는 결과를 낳았다. 최근에는 기초 기억연구의 결과를 토대로 일상생활에서의 기억에 관한 연구와 늘어나는 수명에 따른 기억노화에 관한 연구가 급증하고 있는 실정이다.

본 논문에서는 이러한 기억연구의 흐름을 따라 먼저 Atkinson과 Shiffrin의 기억모형을 설명하고 이론적 논쟁점들과 함께 관련된 신경생리학적 증거들을 소개하겠다. 또한 기억과정으로서의 인출을 재인과 회상이라는 점에서 기억이론들이 어떤 식으로 다루고 있는지를 설명하고, 이러한 설명들이 신경생리학적으로는 어떤 식으로 검증되고 있는지도 보겠다. 다음으로 단기기억/작업기억의 이론적 설명과 관련된 연구결과들을 살펴보고, 장기기억에 관한 중대기억 체계 이론도 소개하겠다. 마지막으로 최근 많은 관심을 받고 있는 주제인 기억노화와 관련된 이론들을 살펴보고, 노화와 관련된 신경생리학적 변화에 대해 논의하겠다.

Atkinson & Shiffrin 기억모형

1968년에 발표된 Atkinson과 Shiffrin 기억모형은 기억저장고를 체계 구조(system structure)로 나누는 것을 특징으로 하고 있으며 유형 모형(modal model)이라는 이름으로 널리 알려져 있다. 유형 모형의 가장 두드러진 특징은 기억을 단기저장고와 장기저장고 또는 활동기억(active memory)과 수동기억(passive memory)으로 구분한 점이다. 즉 정보의 입

시 보유고로 감각등록기와 단기저장고를, 영구적인 정보의 저장고로서의 장기 기억저장고로 기억을 구분한 것이다. 1968년 당시에는 감각등록기는 감각에 도달한 정보와 매우 흡사한 복사 본들을 쌓아두는 곳이며 이 복사 본들은 빠르게 소멸하는 것으로 가정되었다. 감각등록기 내에서는 정보의 보유시간이 매우 짧기 때문에 통제과정을 거쳐 정보의 보유시간을 수정 또는 연장한다는 것은 거의 불가능하다고 믿어졌다. 반면에 단기저장고에서는 정보 보유시간이 상대적으로 더 길기 때문에 정보의 보유시간을 되뇌기(rehearsal)와 같은 통제과정에 의해 이론상으로는 무한적으로 연장할 수 있는 것으로 가정되었다. 그러나 일상적 상황에서는 단어와 같은 언어적 재료들이 계속적으로 들어오고 여기에 주의를 요구하기 때문에 청각-구어-언어정보(auditory-verbal-linguistic information)는 단기저장고에 30초 정도까지만 보유가 가능하다. 전통적 의미의 유형모형에서 단기기억은 정보를 되뇌기에 의해 일시적으로 가지고 있는 일종의 완충장치(buffer) 의미로의 저장고이다. 기억을 활동기억과 수동기억으로 이론적으로 구분하는 것은 일반적으로 신경생리학적 은유라는 점에서도 타당성이 있는 것으로 받아들여졌다. 즉 전기화학적 점화의 형태가 주로 기억의 활동상태(active state)로 간주될 수 있는데 이 상태로는 장기적으로 지속될 수 있는 기억이 되기 어렵다. 시간이 흘러도 오랫동안 지속될 수 있는 화학적 변화(예, 시냅스 내의 변화) 또는 물리적 변화(예, 새로운 신경연결의 성장)에 의한 기억이 기억의 수동상태(passive state)로 간주될 수 있다. 이 가정은 인지신경과학의 주요한 핵심 가정이기도 하다. 이러한 가정들의 기저에는 장기저장고가 기억의 창고 또는 다락방 역할을 하며, 결정적인 과정은 항상 활동체계 즉 단기저장고에서 일어난다는 뜻이 함축되어 있었다.

초기 모형에서는 단순히 감각등록기는 주로 시

각각 아이콘으로 정보를 처리하고 단기저장고는 청각-언어 정보를 처리하는 것으로 가정되었지만, 그 이후로 다양한 종류의 단기기억이 있다는 것이 알려져 왔고 이 때문에 감각등록기와 단기기억간의 구분이 꼭 필요한 것인가 라는 의문도 제기되어 왔다. 그러나 Shiffrin(1999)은 몇 가지 이유를 들어 현재도 감각등록기와 단기기억의 구분이 여전히 필요하다고 주장하고 있다. 먼저 Sperling (1960)의 실험 결과를 예로 들어, 시간의 흐름에 따른 정보의 소실, 즉 시각적 아이콘으로 존재하였던 철자의 수(부분보고에서 기억할 수 있는 단어 수)와 시각 단기기억으로 전환될 수 있었던 철자의 수(전체보고에서 보고된 단어 수)를 비교할 때 감각등록기와 단기기억은 서로 다른 기억으로 구별될 수 있는 근거를 충분히 가지고 있다고 주장한다. 또한 감각등록기는 계속적으로 감각에 도달하는 외부의 정보를 처리하여야 하기 때문에, 감각 기억 내에서 아이콘을 처리하기 위하여 내적 되뇌기를 사용한다는 것은 제한된 자원 상 거의 불가능하다고 주장한다. 감각등록기는 외적 자극에 의해서만 성립될 수 있는 것이고 단기기억은 외적 자극, 내적으로 시작된 과정 중 어떤 것에 의해서도 성립될 수 있다는 것이다. 기억을 활동체계와 수동체계로 나누는 것이 유형 모형의 주요 가정인데 반하여 최신성 요소를 지닌 하나의 기억에 대한 주장(Murdock, 1974, 1982), 단기기억의 요소들 거의 반영하지 않는 연결주의 모형, 그리고 단기기억 파지와 장기기억 파지간에 근본적 차이가 존재하지 않음을 보여주는 연구결과들은 활동기억과 수동기억간의 구분에 대한 타당성에 의문을 제기하고 있다(Crowder & Neath, 1991).

수동기억으로의 장기저장고는 근본적으로 정보가 영구히 저장될 수 있는 저장고라고 가정된다. 망각이 인간기억에 얼마나 특징적인 요소인가를 감안한다면 장기기억의 영구성에 대한 주장이 의

심되기도 한다. 사실상 원 사건이 일어나고 그 사건의 기억을 가능하게 하는 것은 사건 정보에 대한 추후의 되뇌기에 의한 것이기 때문에 장기기억에 남아있는 것은 원 사건이라기보다는 후속적으로 이루어진 되뇌기의 결과물이다. 기억 내의 내용이 얼마나 취약한가에 대해서는 Loftus(1993)의 기억심기(memory implant) 연구나 Roediger와 McDermott(1995)의 오기억(false memory) 연구의 결과가 많은 것을 말해준다. 따라서 오랜 시간이 흐른 후의 되뇌기는 원 사건을 정확하게 반영한 것일 수도 아닐 수도 있는 것이다. 그러나 외국어 학습(Bahrick, 1984), 지각 기억(Kolers, 1976), 비단어 학습(Salasoo, Feustel, & Shiffrin, 1985)에 대한 연구들은 중간에 연습이나 되뇌기가 없이 상당 시간이 흐른 후에도 여전히 기억이 유지되고 있음을 보여준다. 이 결과들에 의하면 어떤 종류의 기억은 중간 되뇌기가 없이도 상당히 오랫동안 유지되는 것 같다. 기억의 안정성에 대한 연구결과들에서 나타나는 일관적이지 못한 결과들은 장기기억의 문제가 인출 과정과 깊게 관련되어 있음을 시사한다. 인출은 상당히 변동적이어서 인출 환경에 따라 수행이 달라질 수 있다. 또한 장기기억에 접근하는데도 인출단서가 결정적인 역할을 한다. 따라서 각 연구에서 인출이 어떤 식으로 이루어지느냐에 따라 장기기억의 안정성에 대해서는 서로 다른 결과를 얻을 수 있다.

단기기억과 장기기억으로 기억을 구분하는 유형모형을 지지하는 가장 강력한 실험적 증거로 흔히 자유회상에서 나타나는 계열위치 효과(serial position effect)를 든다. 목록의 처음 부분을 더 잘 기억하는 초두효과(primacy effect)와 목록의 마지막 부분을 더 잘 기억하는 최신효과(recency effect)는 각각 장기저장고에 있는 정보와 단기저장고에 있는 정보를 반영한다는 것이다. 따라서 단어 제시 시간을 길게 하는 등의 정보 보호화에 영향을 주

는 조작을 가하면 초두효과가 사라지거나, 목록 제시 후 지연검사를 하면 시간적 제한 때문에 최신효과가 사라지는 등의 결과가 나온다는 것이다. 그러나 임상집단의 피험자에서 얻어지는 계열위치 효과에 관한 결과는 훨씬 더 복잡하다. 특히 자유 회상 과제에서 나타나는 최신효과에 대한 다양한 결과는 단일한 단기저장고로 단기기억을 가정하는 이론에 대해 심각한 도전이 된다. 임상사례에서, 새로운 재료의 학습 또는 최근에 발생한 사건의 기억은 어렵지만 숫자폭 과제에서의 수행은 괜찮으며 자유회상 과제에서의 최신효과는 안정적으로 나타나는 환자가 있다. 이 경우에 연합된 장애는 대개 원인은 다양하지만 측두엽이나 해마영역의 손상과 관련되어 있다(O'Connor, Verfaellie, & Cermak, 1995). 반대로 좌뇌의 외측구 주변(perisylvian) 영역에 손상이 있는 환자는 숫자폭 과제에서는 하나, 둘 정도의 수행을 보이고 매우 위축된 최신효과를 보이지만 장기학습에서는 정상적인 수행을 보인다(Shallice & Warrington, 1970). 이러한 환자는 일상생활에서도 별 문제가 없다. 이는 단기기억을 인지의 핵심적 통제 장소로 가정하는 유형모형의 가정과 정면으로 배치되는 것이다. 이 경우는 뒤에서 언급되는 작업기억 모형처럼 단기기억을 중다요소로 받아들일 때 더 쉽게 설명할 수 있다.

단기기억과 장기기억을 구분하는 다른 신경생리학적 증거는 HM 사례에서 나타나는 것처럼 측두엽과 해마에 손상을 입은 경우에 단기기억에는 영향을 입지 않은 채로 장기기억에만 손상을 보인다는 결과이다. 또한 장기기억과 관련된 응고화에 결정적인 것으로 알려진 아세틸콜린의 합성을 방해하는 스코폴라민(scopolamin)과 같은 약물을 투여했을 때 숫자폭 과제의 수행은 정상적이었으나 자유회상에서의 수행은 현저히 떨어진 결과도 단기기억과 장기기억 또는 활동기억과 수동기억 체계로 기억을 구분하는 Atkinson과 Shiffrin 기억모형을 지

지하는 결과로 받아들일 수 있다(Drachman & Sahakian, 1979). 마찬가지로 해마에 AP5(또는 APV)로 알려진 장기상승작용(LTP)을 막는 물질을 투여하면 투여한 양만큼 학습곡선이 지체되는 결과를 보였다(Morris, Anderson, Lynch, & Baudry 1986). Squire의 연구 결과에 의하면 해마를 제거하였을 경우에 단기학습에서는 문제가 없었지만 새로운 정보의 기억에는 손상을 보였다(Zola-Morgan & Squire, 1993). 그러나 이러한 구분은 측두엽과 해마가 장기기억 저장고 자체로 기능하고 있는가에 대해서는 말해주고 있지 않다. 새로운 지식을 장기적으로 획득하는 능력은 해마 체계(hippocampus complex)와 관련되어 있지만 저장고 자체로 기능하고 있지는 않다는 설명이 오히려 더 우세하다(Moscovitch, 1992). 해마의 손상은 모든 종류의 기억 수행에 영향을 주는 것은 아니다. 이를테면, 사실과 사건에 대한 서술기억에는 영향을 미치지 않지만 점화와 같은 비서술기억에는 영향을 미치지 않는다. 또한 해마의 손상은 순행성 기억상실과는 깊은 상관성이 있지만 역행성 기억상실에는 중요한 역할을 하지 않는다(Gabrielli, Brewer, Desmond, & Glover, 1997). 더욱 해마의 기능은 좌반구인가 아니면 우반구인가 하는 반구의 위치에 따라 뇌의 언어, 시공간 기능의 국지화처럼 상이한 기능을 담당하고 있는 것으로 보고되고 있다. 따라서 좌측 해마가 손상되면 새로운 이름을 학습하는 능력은 거의 없어지지만 새로운 얼굴이나 지형을 학습하는 것은 영향을 받지 않는다(Tranel, 1991). 이 결과는 하나의 장기저장고 장소로 해마를 간주하는 설명에 부합하지 않으며, 이론적으로는 유형 모형이 가정하는 하나의 장기저장고 개념에 위배되는 것이다.

회상과 재인 - 인출 이론

인출과정에 대한 이론적 설명은 먼저 기억검사

에 따라 기억수행이 달라질 수 있기 때문에 기억 검사에 따른 수행의 차이를 설명하는 것에서 시작한다. 기억과제에 따라 세 가지 다른 종류의 기억하기(remembering)가 서로 구분될 수 있는데 자유회상, 단서회상, 그리고 재인으로 나눌 수 있다. 예를 들어 단어목록을 학습하였다고 한다면, 자유회상에서는 외적 정보 없이 피험자 스스로 단어들을 기억해내야 한다. 단서회상에서는 단어 범주의 이름이나 단어의 첫 철자와 같은 약간의 외적 정보가 단서로 주어진다. 재인에서는 피험자에게 단어를 제시하고 그 단어가 학습했던 단어인지에 대한 판단을 요구한다. 전형적으로 나타나는 기억수행 결과는 재인검사에서 제일 높고, 단서회상, 자유회상의 순서로 낮아진다. 인출에 대한 이론들은 보통 회상에 비해 재인이 더 높은 기억수행을 보이는 이유에 대한 나름대로의 이론적 설명을 하여야 한다. Kintsch(1970)에 의하면 각 검사가 요구하는 기억수행에 필요한 기억흔적 강도가 서로 다른 것이 그 원인이 된다. 재인과 회상은 단일한 기억 과정을 거치지만 반응에 필요한 역치는 서로 다른데, 재인보다 회상에서는 흔적 강도가 훨씬 더 높아야 인출이 될 수 있다는 것이다. 이에 따르면 재인이 가능하고 회상이 안되는 경우는 흔적 강도가 회상에서 필요한 만큼 충분치 않았다고 설명할 수 있지만 회상할 수 있는 정보는 반드시 재인이 가능하여야 한다. 그러나 Kintsch의 모형은 단어의 빈도가 높거나 낮은 단어들을 함께 제시하였을 때 회상에서는 고빈도 단어가 저빈도 단어들에 비해 더 잘 회상되지만, 재인에서는 저빈도 단어가 고빈도 단어보다 더 잘 회상되는 현상을 설명할 수 없었다.

이 현상들을 설명하기 위하여 재인과 회상은 서로 별개의 과정이라는 설명이 생성-재인 모형(generation-recognition model)에서 제기되었다. Anderson과 Bower(1972)의 생성-재인 모형에 의하면

의미기억과 같은 지식은 마디(node)의 형태로 저장되어 되는데, 학습 시 표적 단어의 마디에 표지(marker) 또는 꼬리표(tag)가 세워진다. 인출을 시도할 때에, 회상에서는 여러 가능한 후보 항목을 먼저 생성한 다음 그 마디들에서 표지를 검사하여 만일 표지를 탐지하면 재인이 되고 그 표지가 있는 마디가 인출이 되게 된다. 단서회상에서는 단서 그 자체가 후보 항목을 안내해주는 역할을 하기 때문에 효율적으로 인출을 할 수 있다. 재인에서는 마디에 대한 접근이 더 자동적이어서 표지를 탐지하기만 하면 재인이 된다. 회상은 생성과 재인 과정이 모두 제대로 이루어져야 가능하고, 재인은 재인 과정만 이루어지면 가능하기 때문에, 재인-생성 모형에 의하면 회상된 정보는 반드시 재인될 수 있어야 한다. 그러나 Tulving과 Thomson(1973)에 의하면 회상이 되었던 단어도 재인 검사에서 단서가 제대로 제시되지 않으면 재인되지 않는다. Tulving과 Thomson은 재인과 회상에 필요한 인출이 별개의 과정으로 구성되기보다는 기억내용과 현재 가용 가능한 단서가 얼마나 상호작용하는지가 인출을 결정짓는다고 주장하였다. 따라서 Tulving과 Thomson의 부호화 특수성 원리(encoding-specificity)에 따르면 검사가 회상검사인가 아니면 재인검사인가 보다는 부호화 시의 조작과 인출 시의 조작이 서로 얼마나 정합(match)되는지가 기억수행에 결정적인 요소이다. 이후로 맥락정보의 부호화는 장기저장고에 정보를 효과적으로 조직화하는 필수요건으로 간주되어 왔다. 맥락정보는 표적 자체의 내재 맥락과 외재 맥락으로 구분되는데, 어떤 친숙한 사람이 머리 염색을 한 후 그 사람을 쉽게 알아보지 못한 것은 내재맥락의 변화로 인한 것이고, 그 사람을 주로 만나던 상황이 아닌 곳에서 그 사람을 알아보지 못하는 것은 외재맥락의 변화로 단서가 바뀌었기 때문에 발생하는 것이다. 부호화 특수성 원리에 따르면 맥락정보가 검사 시

에 제대로 가용되지 않는다면 기억검사가 무엇인가에 상관없이 인출이 어려울 수 있다. 부호화 특수성 원리는 구조적 관점에서가 아닌 처리과정의 관점에서 기억수행을 설명함으로써 유형 모형에 보완적 역할을 하여 왔다. 그러나 부호화 특수성 원리는 예언이 가능한 이론이라기보다는 결과적으로 인출이 잘되는 단서는 기억 흔적과 겹치는 면이 많은 좋은 단서로 간주되는 식의 순환론적 설명이라는 비판을 받고 있다. 또한 부호화 특수성 원리에 따르면 새로운 정보는 기억에 접근하는데 사용되기에는 단서로서의 가치가 떨어지게 되는데, 이는 인출체계를 지나치게 유연하지 못하게 만드는 가정이며 생태적으로도 맞지 않다는 주장도 있다(Parkin, 1993).

최근 들어서는 SAM 모형(Search for Associative Memory model: Raaijmakers & Shiffrin, 1981)이 단서에 기초한 인출에 대해서 여러 가지 이론적 설명을 제시하고 있다. SAM 모형에 따르면 기억 정보는 개별사건들이 심상(image)의 형태로 장기기억에 표상되며, 단어, 의미, 범주, 시각적 패턴, 느낌 등등의 무엇이나 정보의 단서가 될 수 있다. 각 단서는 장기저장고에 저장되어 있는 심상과 연합되어 있고 인출은 각 단서가 기억저장고의 표상을 얼마나 잘 끌어낼 수 있는가에 달려있다. 즉 심상의 인출 강도는 단서의 연합강도에 의존하는 것이다. 회상은 계열탐사(sequential search)에 의해 이루어지는데, 탐사 시 인출 강도에 의존하여 각 심상은 그 심상을 저장고에 남겨둔 채 표집된다(sampling with replacement). 즉 강한 강도의 기억정보는 우선적으로 인출 표집될 뿐만 아니라 기억저장고에 그 정보의 심상을 또 다시 남겨둠으로서 남아있는 약한 강도의 기억정보보다는 다시 표집될 가능성이 더 높아지는 결과를 가져온다. 정확한 심상이 표집되었거나 충분한 정보가 모아졌다고 판단되면 정확반응이 일어나게 되고, 그렇지

않은 경우에는 부정확반응 또는 무반응이 일어나게 되는데 이 경우에는 표집 과정이 다시 시작하게 된다. 인출이 진행되지 않을 때는 망각이 발생한다. 자유회상이 계열탐사 과정으로 가정되는데 비해, 재인은 전체적 병렬 과정(global & parallel process)에 기초한 것으로 가정되고 있다. 즉 친숙도와 같은 느낌을 만드는 병렬적 기억 활성화 과정이 재인의 토대가 되는 것이다. 재인 판단 과정에서는 모든 기억 심상의 활성화를 더한 값이 재인 준거치 보다 높으면 이전에 학습한 자극이라고 반응하는 것으로 가정하고 있다(Gillund & Shiffrin, 1984). 단서회상의 경우는 재인보다 반응시간이 더 긴 자료를 토대로 계열탐사 과정에 기초하여 인출이 이루어진다고 본다(Shiffrin, Ratcliff, Murnane, & Nobel, 1993).

최근 들어서는 신경생리학적 자료를 토대로 정보의 부호화 과정과 인출 과정이 서로 다른 생리적 기초를 갖는다는 주장이 제기되면서 기억의 인출이 부호화와 독립된 별개의 과정임을 시사하는 자료들이 제시되고 있다. 그 대표적인 이론이 Tulving과 그 동료들에 의한 HERA 모형(Hemispheric Encoding/Retrieval Asymmetry model)이다(Tulving, Kapur, Craik, Moscovitch, & Houle, 1994). 기본적으로 HERA 모형은 뇌반구의 비대칭성이 부호화와 인출의 구별과 관련되어 있다고 주장한다. HERA 모형은 정상인에 대한 기능적 뇌 영상 연구(functional neuroimaging studies)에 기초하여 장기기억의 부호화 과정과 인출 과정이 각각 좌반구와 우반구와 관련되어 있다는 가정을 하고 있다. 부호화와 인출에 관한 신경생리학적 연구의 문제점 중 하나는 정상적인 뇌에서 정보의 인출이 부호화 영역(변연계)과 독립적으로 일어나는가 또는 함께 활성화되는가에 관한 것이다. 기본적으로 정보를 인출할 때는 방금 인출한 정보의 재부호화도 함께 이루어지기 때문에 부호화와 인출 과정이 서로 개

별적 토대를 가지는지에 대해서는 상당한 논란이 있어왔다(Fink, Markowitch, Reinkemeier, Kessler, & Heiss, 1996). 정보의 장기 전이에 관련된 영역과 정보의 회상에 관련된 영역이 독립적으로 활성화된다는 생각은 최근 10년 동안에 비로소 제기되기 시작하였다. 예를 들어 변연계 바깥에 뇌 손상을 입은 환자가 오래된 기억에 접근은 불가능하지만 새로운 기억을 형성하는 능력은 유지되었음을 보여준 환자의 임상 사례와 같은 자료들을 토대로 정보의 장기적 전이와 정보의 회상이 서로 독립적이라는 주장이 촉발되었다(Kapur, Ellison, Smith, McLellan, & Burrowa, 1992; Markowitsch, Calabrese, Haupts, Durwen, Leiss, & Gehlan, 1993). 이러한 임상 자료들과는 별도로 Tulving과 동료들(1994)은 정상 피험자에 대한 PET 연구 결과를 토대로 HERA 모형을 제안하였다. HERA 모형은 의미기억은 부호화와 인출 모두가 주로 좌반구의 해마와 관련된 영역에 기초하지만, 일화기억은 반구의 비대칭성과 반구의 상호작용에 영향을 받는다고 가정한다. 신경생리적으로는 좌뇌의 전전두엽(prefrontal lobe)의 활성화가 일화기억의 부호화에, 우뇌의 전전두엽이 일화기억의 인출에 기초가 된다고 주장하고 있다. 정서적 내용이 더 많고, 더 오래된 과거까지 거슬러 올라가는 자서전적 기억은 전전두엽에서보다는 측두엽 외측 영역(tempopolar region)이 더 많이 개입하는 것이 관찰되었다(Fink et al., 1996). 이러한 결과들을 종합하여 HERA 모형에서는 전전두엽과 측두엽 영역이 함께 작용하여 저장되어 있는 장기기억의 인출에 관여하는 것으로 가정하고 있다. 이 모형에 따르면 정상적인 좌반구 언어표상을 가진 환자에게는 주로 우반구 손상이 일화적 재료에 대한 심한 역행성 기억손상을 일으키며(Markowitsch, 1995), 반면에 좌반구 손상은 지식체계의 정보에 대한 역행성 기억손상을 일으켜야 한다. 이 가설은 뇌 손상 환자의 사례에서 대부분

증명되었다(De Renzi, Liotti, & Nichelli, 1987).

Tulving 자신은 기억처리 과정이 어느 한 뇌영역이 독점적으로 개입된 과정이라기보다는 대규모 뇌 영역의 망 조직에 의해 처리된다는 주장을 하고 있다. 문장과 그림의 부호화와 재인을 검사하였을 경우, 재료가 그림인가 문장인가에 따라 활성화되는 반구가 달라지고, 기억과정의 종류 즉 부호화 대 인출에 따라 개입되는 생리적 기초가 구별되기 때문에 재료-특수한(material-specific) 영역과 다른 영역간(내측두엽, 전전두엽, 두정엽)의 기능적 연결성이 특히 강조되어야 한다고 주장한다(Nyberg, Persson, Habib, Tulving, McIntosh, Cabeza, & Houle, 2000). 또한 Tulving은 기억에서 해마의 역할에 대해서도 재평가가 이루어져야 한다고 주장한다. 내측두엽 영역(medial-temporal lobe system)이 기억과정(부호화, 응고화, 인출)에 영향을 미치는 것은 확연하다. 그러나 기억에 관련된 뇌 영역은 해마만이 아니라 내측두엽과 간뇌(diencephalon) 영역 모두를 포함하고 있으며 신피질에도 널리 퍼져 있고 심지어 소뇌(cerebellum)의 영역에까지도 퍼져 있다(Tulving & Markowitsch, 1997).

HERA 모형에 대한 반론으로서 일화기억은 반구간의 상호작용이 요구되고 의미기억은 단일한 반구의 현상이라고 하는 설명이 사실은 학습재료 때문에 발생한다고 하는 주장이 있다. 즉 학습자료로서 좌반구가 주로 처리하는 자극인 언어 자극을 사용하였기 때문에 그와 같은 결과를 얻은 것이 아닌 그림자극을 사용하면 그와 같은 결과가 나오지 않는다는 것이다(Propper & Christman, 1999). 또한 단기기억과제에서의 기억수행도 언어 재료를 사용한 경우에는 HERA 모형을 지지하는 결과를 보이지만 비언어 재료에 대해서는 결과가 일관되게 나타나지 않는다(Blanchet, Faure, Desgranges, Denise, Lechevalier, & Eustache, 1999). 이는 기억재료의 차이가 뇌영역의 기능적 관련성에 영향을 미

칠 수 있을 뿐만 아니라, 장기기억에서의 부호화와 인출 과정의 본질과 단기기억에서의 부호화와 인출과정의 본질이 서로 동일하지 않다는 것을 시사하는 결과일 수도 있다.

작업기억 모형

유형 모형은 그 이론적 가치에도 불구하고 몇 가지 문제점을 갖고 있다. 먼저, 유형 모형에서는 단기저장고에 정보가 오래 머물러 있을수록 장기저장고로 전이될 가능성이 크다고 가정하고 있다. 이 가정에 대한 가장 명백한 도전은 Craik과 Lockhart(1972)의 처리수준(levels of processing) 이론이다. 처리수준 이론에 의하면, 깊은 의미처리가 이루어져야 장기적으로 기억될 가능성이 커지는 것이지 단순한 되뇌기만으로는 정보를 오래 가지고 있다고 하여도 얕은 처리밖에 이루어지지 않아 정보가 장기적으로 기억될 가능성이 적다. 따라서 처리수준 이론에서는 단기기억이 입력된 정보를 어떤 식으로 처리할지를 결정하는 처리기의 역할을 하게 된다. 이는 단기기억을 단일한 단기적 기억저장고만으로 가정한 유형 모형과는 차별화된 능동적 기능을 가진 단기기억의 중요성을 보다 강조한 이론이며, 단기기억에서 처리되는 정보 부호화의 중요성을 강조한 이론으로 기억에 관한 많은 자료들을 잘 설명할 수 있는 이론적 강점을 가지고 있다. 또한 유형 모형에서는 단기기억의 심각한 손상은 명백히 장기 학습과 연합된 문제를 초래한다고 가정한다. 왜냐하면 단기기억은 장기기억저장고로 가기 위한 되뇌기가 이루어지는 필수적 완충장치(buffer)로 가정되고 있기 때문이다. 그러나 숫자폭으로 측정되는 단기기억의 손상에도 불구하고 장기기억에서 정상 수행을 보이는 사례들이 존재한다(Vallar & Papagno, 1993). 이러한 단일

한 단기기억 모형의 문제점들에 대해 Baddeley와 Hitch(1974)는 다중요소 체계인 작업기억 모형을 제안하였다. 작업기억은 최소 세 하위체계를 가정한다. 청각-언어 정보들을 주로 다루는 것으로 알려진 음운회로(phonological loop)와 시각 자료들을 주로 다루는 것으로 알려진 시공간 잡기장(visuo-spatial sketchpad)은 중앙집행기(central executive system)의 노예 체계로 기능하고 있다. 전체 체계는 중앙집행기에 의해 통제되는데, 중앙집행기는 제한된 용량을 가진 일종의 주의체계인 것으로 가정되고 있다.

음운회로는 주로 단기기억의 원래 개념과 상당히 유사하다. 언어적 재료를 다루는 음운회로는 시간 제한적인 음운기억 흔적을 저장하는 저장고와 음성 되뇌기 과정의 두 요소로 다시 구분된다. 정보의 음운 부호화에 개입하는 것으로 가정된 과정이 바로 음성 되뇌기 과정이다. 유형 모형이 가정하는 바에서는 단기기억이 무너지면 전체적 인지기능의 붕괴가 뒤따르게 된다. 그러나 작업기억의 틀에서는 중앙집행기가 제대로 기능을 하고 있다면 하위체계에 손상이 있다 하여도 전반적 인지기능에 결정적인 문제는 없게 된다. 음운회로는 주로 새로운 학습의 이해에 주로 영향을 미치게 된다. 단기기억장애 환자로 알려진 PV의 경우는 단어쌍 연합학습에는 문제가 없었지만 새로운 외국어 단어학습에는 심각한 손상이 있었다(Baddeley, Papagno, & Vallar, 1988). 즉 음운회로가 손상된 경우에는 이미 친숙한 의미 부호화에 의존하는 학습은 어렵지 않지만 새로운 종류의 지식을 습득하는데는 커다란 장애가 있다는 것이다(Papagno & Vallar, 1992). 정상인에 대한 PET과 fMRI 연구에서 음운 작업기억은 좌뇌의 외측구 주변(perisylvian) 영역에 위치하고 되뇌기 과정은 Broca영역과 연합된 것으로 보고되었다(Paulesu, Frith, & Frackowiak, 1993). 좌반구의 두 영역, 특히 두정엽의 연상회

(supramarginal gyrus)와 운동 영역(premotor area) 44는 음운 작업기억과 해부학적으로 관련된 영역으로 간주되고 있다.

시공간 작업기억에 대한 가정은 시공간 재료에 대한 부호화가 언어 부호화와 달리 적용되어져야 함을 보여준 Brooks(1967)의 연구 이후로 계속해서 검증되고 있다. 이를테면, 매트릭스 패턴과 같은 시공간 작업기억 과제를 수행하게 하고 심상을 사용하는 기억술을 활용하게 한다던가 하는 조작은 일차 시공간 과제의 수행에 심각한 간섭을 초래하지만 언어적 조작은 일차과제의 수행에 아무런 영향을 미치지 않는 결과 등이 시공간 작업기억의 가정을 지지하는 결과들이다(Quinn & McConnell, 1996). 작업기억의 하위체계를 언어 체계와 시공간 체계로 나누는 주장에 대한 신경생리학적 증거는 언어 체계에 개입하는 것으로 믿어지는 뇌의 부분과 시공간 체계에 개입하는 것으로 믿어지는 뇌의 부분이 다르다는 결과에서 얻어진다. 예를 들어 청각-언어 폭 과제에서만 장애를 보이고 시각자극을 사용한 작업기억 과제에는 수행을 잘 하는 경우는 대개 좌측 두정엽 영역(left parietal region)의 손상이 발견된다는 결과와 더 구체적으로는 두정엽의 일부인 연상회(supramarginal gyrus)가 언어 작업기억의 기능에 결정적인 영역이라는 결과가 있다(Warrington, 1979; Smith, Jonides, & Koeppe, 1996). 또한 기억장애 환자인 JB와 PV 사례도 청각-언어 폭 과제에서만 손상을 보일 뿐 다른 시공간 단기과제에서는 손상이 발견되지 않았다(Papagno & Vallar, 1996). 마찬가지로 Hanley, Young과 Pearson(1991)은 ELD 사례를 통하여 시공간 작업기억에만 장애가 있는 경우를 제시하였다. 좌반구와 우반구의 두정-후두엽의 후측(posterior regions of parieto-occipital lobes) 손상은 모두 시공간 작업기억의 장애와 관계되어 있지만, 좌반구보다 우반구의 손상이 단기적 시공간 기억의 수행장애와 더

깊게 관련되어 있다(De Renzi, Faglioni, Previdi, 1977).

노예체계의 통제를 관장하는 것으로 알려진 중앙집행기는 작업기억 모형에서 가장 중요한 체계 이면서도 가장 뚜렷하지 않은 부분이기도 하다. 중앙집행기의 일부분은 주의 통제기의 역할을 하며 장기기억과 노예체계들간의 접점(interface)을 형성하고 있다. 중앙집행기는 방략의 선택과 수행을 담당하며 필요시 주의를 전환하는 기능을 담당한다. 중앙집행기의 신경생리학적 기초는 주로 전두엽과 관련된 것으로 짐작되며 전두엽의 손상 시 집행기 기능의 손상이 나타나는 것으로 알려져 있다. 이론적으로 Norman과 Shallice(1986)의 SAS (supervisory attentional system) 개념이 중앙집행기 개념의 기초라 할 수 있다. 평상시에는 잘 학습된 습관이나 도식에 의해 움직이다가 새로운 행위가 요구되는 상황에 직면하게 되면 SAS가 작동되게 되며, 주로 계획을 세우거나 행위들을 조정하는 역할을 한다. 해부적으로 중앙집행기는 좌반구와 우반구 모두에서 전두엽이 광범위한 손상을 입으면 장애를 일으키는 체계로 알려져 있다. 중앙집행기는 하나의 체계라기보다는 그 내에서 여러 하위과정 또는 요소들을 지니고 있는 것으로 보는 쪽이 더 적합하다. 따라서 중앙집행기와 관련된 임상사례들을 이해하기 위해서는 보다 세부적인 전두엽 연구가 더 필요한 것이 현실이다.

작업기억과 개인차에 대한 연구도 많이 이루어지고 있다. Daneman과 Carpenter(1983)는 산문(prose)을 이해하는 능력과 작업기억의 용량이 서로 관련되어 있다고 제안하였다. 이들에 따르면 작업기억의 용량이 작으면 추론을 끌어내는 능력이 낮게 나타나고, 문장 내에서 다는 문장간에서 작업기억의 용량과 관련된 현상이 많이 나타난다. 또한 단어를 발음하는 것은 잘하지만 문장의 이해가 빈약한 아동의 경우는 대개 중앙집행기 손상과 관련되

어 있다는 보고도 있다(Yuill, Oakhull, & Parkin, 1989). 이 경우는 목록의 학습은 잘하지만 산문의 학습은 상당히 제한될 것으로 추정된다. 또한 기억폭과 중앙집행기의 주의 기능과의 관계도 연구되었는데, Rosen과 Engle(1998)에 의하면 정상 피험자에서 기억폭이 큰 집단은 의미범주에서 단어들을 생성하는 것은 더 잘하지만 역설적으로 동시과제를 수행해야 하는 경우에는 이차과제(동시과제)에 의한 일차과제의 수행 손상도 매우 컸다. 흥미롭게도 기억폭이 낮은 집단은 동시과제에 의한 일차과제 수행의 손상 정도가 매우 적었는데, 이 결과는 낮은 기억폭 집단은 이미 주의 억제 기능을 거의 활용할 수 없기 때문일 것이라고 해석되었다.

장기 기억 - 중다 기억 체계 이론

기억의 수동 체계로 구분되는 장기 기억의 구조에 대한 단일한 견해는 없다. 유형 모형에서의 장기 저장고는 기억의 영구적 창고이며, 이 기억 저장고의 정보는 단기 기억을 거쳐서 의식적 처리된 후 저장된 것이다. 그러나 단일한 저장고로서의 장기 기억의 가정에 반하는 연구 결과들을 토대로 기억, 특히 장기 기억을 서로 다른 구조로 체계화하는 이론적 주장들이 80년대 이후로 많이 제기되었다. 그 중 기억을 외현 기억(explicit memory)과 암묵 기억(implicit memory) 체계로 구분할 것인지, 자료 주도적 처리(data-driven processing)와 개념 주도적 처리(concept-driven processing)에 따른 기억 수행으로 구분할 것인지에 대한 논란과, Squire의 서술 기억과 비서술 기억의 분류에 대 Tulving의 의미 기억과 일화 기억의 분류에 대한 논쟁이 장기 기억의 조직화에 대한 대표적 논쟁점들이다.

신경생리학적 관점에서 상당히 잘 받아들여지는 장기 기억의 체계 견해 중 하나가 Squire의 서술 기억(declarative memory)과 비서술 기억(nondeclarative

memory)의 분류이다(Zola-Morgan & Squire, 1990). Squire는 외현 기억은 서술 기억으로 암묵 기억은 비서술 기억으로 구분하면서 정보에 대한 의식적 접근이 가능한지의 여부에 따라 기억을 구분하였다. 기억 정보에 대한 의식적 경험이 가능한 서술 기억과 의식적 접근이 가능하지 않은 비서술 기억으로 기억을 나누는 것이다. 즉 명제나 심상으로 서술될 수 있는 기억을 모두 서술 기억으로 간주함으로써 일반적 지식이나 자서전적인 회상을 구분하지 않은 채 이를 통합하여 서술 기억으로 통칭한 것이다. 따라서 서술 기억은 사실과 사건에 대한 기억을 의미하며 쉽게 획득되고 학습과 인출이 모두 유연하여 원 학습 맥락과 다른 다양한 맥락에 쉽게 일반화되는 특성을 지니고 있다. 반면에 비서술 기억은 대체로 중다 시행을 통해 획득되는 경우가 많고, 원 학습 맥락을 벗어나면 접근이 쉽지 않은 유연성이 적은 기억이다. 비서술 기억은 기술, 습관, 점화, 고전적 조건형성, 비연합 학습 등의 서로 특성을 달리 하는 이질적인 기억의 집합체에 주어지는 명칭으로 간주된다. 따라서 비서술 기억 체계 내에서도 서로 다른 하위 비서술 기억들은 각각 다른 속성을 지니고 있다고 간주한다. 서술 기억의 기초가 되는 뇌의 영역과 비서술 기억의 기초가 되는 뇌의 영역에 대한 신경생리학적 연구 결과들이 서술 기억과 비서술 기억이 서로 독립된 기억 체계라는 주장을 지지하는 증거로 사용된다. 서술 기억 장애에는 측두엽과 간뇌, 특히 해마의 손상이 관련되어 있으며 비서술 기억 장애에는 기저절(basal ganglia)과 소뇌의 손상이 관련되어 있는 것으로 가정된다(Zola-Morgan & Squire, 1993).

반면에 Tulving을 중심으로 한 중다 체계 이론에서는 기억을 절차 기억, 지각 표상 체계, 의미 기억, 일차 기억, 일화 기억으로 구분하였는데 절차 기억, 지각 표상 체계, 의미 기억은 암묵적 인출이 작동되는 기억 체계이며 일차 기억과 일화 기억은 외현적

인출이 작동되는 기억체계로 간주된다(Schacter & Tulving, 1994). Tulving의 이론이 Squire의 장기기억 분류와 침예한 대립을 보이는 부분은 의미기억과 일화기억의 구분에 있다. Squire는 의미기억과 일화기억을 서술기억으로 묶음으로서 내측두엽 체계에 의존하는 단일기억으로 가정한데 반해, Tulving은 의미기억은 해마에 의존하는 체계로 일화기억은 전두엽에 의존하는 체계로 별개로 구별하였다(Tulving, Hayman, & MacDonald, 1991). 이러한 구분의 증거로서 Tulving은 의미기억의 획득은 가능하지만 그 기억의 출처기억에는 손상을 보이는 기억 장애 환자 사례와 기억노화에 따른 의미기억과 일화기억의 해리를 주요 자료로 들고 있다. 따라서 의미기억과 일화기억을 구분하는 입장과 이 두 기억을 단일기억체계로 간주하는 입장 가운데 어느 입장이 더 경험적 자료를 잘 설명하는지가 이론간의 주요 쟁점이다.

서로 이론적 차이점도 있지만 Tulving의 이론과 Squire의 견해는 공통적으로 기억의 중다 체계를 가정한다. 그러나 모든 기억 연구자들이 이러한 입장에 동의하는 것은 아니다. 그 대표적 예로 Roediger(1990)는 기억을 체계로 구분하기보다는 처리과정의 차이로 구분하는 것이 더 적합한 분류임을 제안하였다. 기억의 처리 견해를 반영하는 이 입장은 학습재료의 부호화와 인출이 서로 겹치고 상호작용을 많이 할수록 기억수행이 나아진다는 설명에 기초하고 있다. 즉 기억검사의 수행이 재료의 자료처리 속성을 많이 요구하는 경우에는 자료주도적 처리를 하게 되는데, 자료주도적 처리가 필요한 검사는 대개 단어조각 완성검사 또는 지각 파악 검사 등의 암묵기억 검사이다. 또한 재료를 개념 또는 의미에 집중하여 처리하는 개념주도적 처리에 의한 부호화 방식은 주로 재인 검사와 회상검사와 같은 외현기억 검사에서 더 나은 기억수행을 가져온다. 따라서 서로 다른 기억체계를 가

정할 필요 없이 기억처리 과정의 차이로 암묵기억과 외현기억의 차이를 설명할 수 있다는 것이다.

중다기억의 설명과 이론적 발전에는 신경생리학적 자료들이 커다란 역할을 하여왔다. 내측두엽은 서술기억의 신경적 토대에 대한 연구에서 특별한 위치를 차지하고 있는데, Squire의 기억체계 분류는 그 기억체계가 해마에 의존하는지의 여부에 따라 구별되어 왔다(Squire, 1992; Squire & Zola-Morgan, 1991). 해마와 관련된 구조들은 서술기억의 형성에 중요한 역할을 하는 것으로 간주되어 왔는데, 기억정보가 장기간 표상되어 있는 분산된 신경회로 영역과 연결되어 서술기억의 인출 시에 시간적으로 제한된 역할을 하는 것으로 제안되었다(Squire, 1992). 이러한 전통적인 내측두엽 구조에 대한 강조에도 불구하고 기능적 뇌영상 연구에서는 해마의 활성화가 상대적으로 적은 것으로 나타나서, 서술기억의 토대로서의 해마의 역할에 대한 논란을 빚기도 했다(e.g. Tulving & Markowitsch, 1997). 또한 측두엽 간질로 인하여 해마가 손상된 경우에 회상은 저하되지만 항목 재인은 손상되지 않은 경우가 나타나서(Aggleton & Shaw, 1996; Vargha-Khadem, Gadian, Watkins, Connelly, Van Paesschen, & Mishkin, 1997), 해마의 역할을 인출과정 전체보다는 회상과 관련된 구조로 제한하여야 한다는 주장이 제기되기도 했다. 그렇지만 일화 정보의 부호화와 인출과 관련하여 해마의 활성화가 관찰된 연구가 보고되기도 하였다(Gabrielli, Brewer, Desmond, & Glover, 1997; LePage, Habib, & Tulving, 1998; Schacter & Wagner, 1999). 그러므로 내측두엽이 서술기억 작용에 개입되는가 아닌가를 더 탐구하기보다는 다양한 기억 작용에서 해마와 신경회로의 상호작용이 어떻게 나타나는지가 더 연구되어야 할 과제가 될 전망이다.

따라서 기억을 회로 체계의 분산된 속성으로

보는 견해가 기억에 관한 연구 및 자료에서 지지되고 있다(e.g. Fuster, 1997). 먼저 단기기억은 연합피질 영역 특히 전전두엽과 두정엽과 관계가 깊고 장기적으로 저장된 일화정보의 전이나 사실 정보의 장기적 전이에는 변연계가 관련된 것으로 나타나 서로 다른 신경적 기초에 의한 단기기억과 장기기억의 분류에 무게를 실어주고 있다. 단일유형의 피질 영역은 정보를 접화하고 저장하는 역할을 하는 것으로 간주된다. 기저절과 소뇌는 절차적 정보를 처리하고 저장하는 것으로 간주되고 있다. 또한 최근 들어서 반구의 비대칭성에 대한 자료들이 관심을 끌고 있다. 예를 들면 좌반구의 전전두엽이 일화정보의 부호화와 의미정보의 인출 동안에 서로 다른 활성화를 보이는 경향이 있으며 우반구의 전전두엽은 일화기억 인출에 차별적으로 개입되는 경향이 있다는 것이다. 이러한 반구 비대칭성에 대한 일관된 자료는 반구 부호화/인출 비대칭성 (HERA) 모형의 토대가 되었다(Nyberg, Cabeza & Tulving, 1996; Tulving, Kapur, Craik, Moscovitch & Houle, 1994). 서로 다른 전전두엽 영역이 서로 다른 기억망 조직(networks)에 책임이 있는 것은 전전두엽의 기능성 이질성을 강조하는 것이지만, 서로 다른 기억작용, 즉 일화적 부호화, 의미적 인출, 일화적 인출과 작업기억에 전두엽이 모두 관여하는 것도 또한 주목되어야 한다(Buckner & Peterson, 1996; Petrides, Alivisatos, & Evans, 1995; Rugg, Fletcher, Frith, Frackowiak, & Dolan, 1996). 따라서 전전두엽의 어떤 영역은 서로 다른 기억능력을 보좌하는 하나 이상의 망 조직의 부분이라고 보아야 한다. 전두엽의 공통성과 상이성은 유사한 기능적 영향을 반영하는 것일 수도 있고, 동일한 전전두엽 영역이 다른 어떤 영역과 상호작용하느냐에 따라 기능적 역할이 다르게 되는 것일 수도 있다.

우선 전전두엽은 기억 부호화와 인출 동안에

뇌의 뒷부분 영역과 상호작용 하는 것 같다. 예를 들면 작업기억에서 전두엽에 의해 매개된 뇌의 과정이 정보를 활동적으로 유지하는 동안에 뇌의 뒤쪽에 있는 저장고의 내용을 다시 새롭게 해 준다는 주장이 있다(Nyberg, 1998). 유사하게 서술 장기기억이 뒤쪽의 연합피질에 표상되어 있다는 초기 증거가 있다. 의미기억 인출의 맥락에서 보듯이 후두부의 개입은 과제-특수한 것으로 보인다. 여기에 대한 하나의 해석은 개입되어 있는 특정 망 조직의 마디가 인출되는 정보의 종류에 의존한다는 것이다. Martin과 동료들의 연구(1995)에서 보면 색에 대한 의미지식과 연합된 뇌 영역, 물체와 관련된 행위와 연합된 뇌 영역을 조사한 결과, 두 종류의 정보 인출에 모두 좌측 전전두엽 피질이 관련되어 있었고, 재료-특수한 활성화(material-specific activations)는 뇌의 후두엽과 관련되어 있었다. 이 결과들은 물체 지식은 분산된 체계로 조직화되어 있고 이 체계의 부분들은 과제 요구에 따라 달리 인출에 개입함을 시사한다. 따라서 서술 기억의 망 조직에 대한 지형도는 인출되어야 할 정보에 따라 또는 그 정보가 어떻게 획득되었는가에 따라 다르고, 아마도 인출을 이끄는 단서의 종류에 따라서 달라질 수 있는 것으로 생각된다.

기억과 정상 노화에 대한 이론적 조망들

노화에 따른 기억 변화에 대한 연구는 기억이론에서 가정하는 기억구성체(memory construct) 개념과 관련하여 연구되어 왔다. 먼저 Atkinson과 Shiffrin의 기억모형을 토대로 기억을 감각기억, 단기기억, 장기기억으로 구분하여 수행을 비교하여 보면, 노화에 따른 기억손상은 감각기억이나 단기기억에서는 더 적게 나타나고 장기기억에서는 더 크게 나타나는 경향이 있다. 감각기억을 다룬 연구들은 시각과 청각 유형 모두에서 정상 노인집단

에서 기억수행의 저하를 발견하지 못했다(Kline & Orme-Rogers, 1978; Parkinson & Perry, 1980). 단기저장고와 장기저장고로 구분하는 점에서 보면 숫자폭과 같은 과제에 의해 측정되는 단기저장고 기억은 나이에 의해 크게 영향을 받지 않는다(Zacks, Hasher, & Li, 1998). 그렇지만 모든 즉시기억 과제에서 노인들의 수행이 다 괜찮은 것은 아니다. Wingfield 등의 연구(1985)에 의하면 숫자폭 과제나 단어폭 과제에서의 노인들과 청년집단의 차이는 작은 반면 문장을 읽고 문장 판단을 하면서 동시에 문자의 끝 단어들을 기억해야 하는 부하 단어폭 과제(loaded word span task)에서는 노인집단의 수행이 매우 저조하였다. 또한 재인과 자유회상이라는 검사의 차이도 노화에 따른 차이를 나타내는데, 자유회상에서는 연령에 따른 수행 차이가 크게 나타나는데 비해 재인에서는 노인집단의 수행이 비교적 괜찮은 편이다. Micco와 Masson(1992)은 노인집단의 빈약한 기억수행이 주로 단서를 효율적으로 사용하지 못하기 때문이라는 주장을 하기도 하였다. 노화에 따른 기억의 약화는 주로 의도적 기억(recollective memory) 수행에서의 약화와 관련되어 일화기억에서 두드러지게 나타나지만 의미기억에서는 상대적으로 적게 나타난다.

이론적으로 노화에 따른 기억손상을 설명하는 입장은 여러 가지가 있다. 먼저, 인지 처리과정의 속도가 둔화되어서 기억수행이 낮아진다는 입장이 있다. 이 주장은 노화에 따른 전반적 인지기능의 둔화에 기억노화 문제가 기초한다고 보고 있다(Birren, Woods, & Williams, 1980). Salthouse(1996)는 처리속도가 나이와 다양한 인지 기능간의 중재자 역할을 한다고 주장한다. 나이는 처리속도와 관련되어 있으며 동시에 기억수행과 관련되어 있기 때문에, 처리속도 변인을 통제하면 나이와 기억수행 간에는 약한 관계만이 있게 된다는 것이다. 처리속도 주장에 따르면 기억의 연령 차이는 기억 자

체를 반영하는 것보다 처리속도의 연령차를 반영하고 있다. 전반적 처리속도에 대한 가설은 경제적이기는 하지만, 인지조작의 구성요인에 대한 구체성이 결여되어 어떤 식으로 경험적 연구가 진행되어야 할 것인지가 막연하다고 볼 수 있다. 또한 이론적으로 인지처리의 조망 내에서의 설명으로만 제한된다는 단점을 가지고 있다. 두 번째로, 주의와 같은 처리자원이 줄어들기 때문에 결과적으로도 기억이 어려워진다는 주장이 있다. 알려진 대로 주의를 제한된 자원인데, 주의자원이 감소되다 보니 주의를 요구하는 깊은 정교화 처리를 필요로 하는 과제에서 저조한 수행이 나타난다는 것이다. 즉 주의자원의 제한이 일반적 부호화 방략 사용의 어려움으로 연결되어 결과적으로 기억손상이 나타난다는 것이다. 그러나 Anderson, Craik과 Naveh-Benjamin(1998)의 연구에 따르면 부호화 또는 인출시에 주의를 분산하게 하였을 때 실제 기억수행에 미치는 효과에 있어서 연령차가 관찰되지 않았다. 노인 피험자에서는 주의자원을 더 필요로 하는 부호화 조작과 인출 조작의 활용 그 자체가 오히려 더 문제로 나타났다.

세 번째 가설은 작업기억 모형에 그 토대를 두고 있다. Baddeley의 작업기억 모형에서는 음운회로와 시공간 잡기장, 그리고 정보의 통제를 담당하는 중앙집행기를 구분하고, 각각의 체계는 개별적인 정보저장고와 처리폭을 가지고 있다고 가정한다. 작업기억 감소 주장에 따르면 이 작업기억의 처리 용량과 저장 용량이 노화에 따라 감소한다는 것이다. 실제로 과제의 복잡성이 늘어나 작업기억의 용량을 크게 필요로 하는 경우에 노인집단의 수행은 과제가 복잡해질수록 낮아지는 경향을 보였다(Salthouse, Mitchel, Skovronek, & Babcock, 1989). 작업기억의 용량 제한은 작업기억이 많이 요구되는 덩이글 이해에서 나타나는 것처럼 통합된 정보의 파지를 어렵게 하는 결과를 가져올 수

있다(Light & Albertson, 1988). 주의자원 감소와 작업기억 감소의 주장은 모두 구체적이거나 명확하지 않은 주장이라는 비판을 받고 있을 뿐 아니라, 작업기억의 개념화 자체가 주의를 포함하고 있기 때문에 주의와 작업기억이 서로 분리하기 어렵다는 이론적 난점을 가지고 있다.

네 번째의 설명은 인지과정 중 주의를 요하는 통제과정의 약화가 기억노화로 나타난다는 것인데, 이 설명은 노화에 따라 모든 기억 수행이 쇠퇴하는 것이 아니라 어떤 과제인가에 따라 수행의 차이가 다양하게 나타난다는 점에 기초하고 있다. 노인 기억수행에서 노화와 더불어 쇠퇴가 나타나는 기억은 주로 일화기억 과제이며, 노화에 영향을 받지 않는 과제는 의미기억이나 암묵기억 등의 과제이다. 인지적 처리과정을 주의를 많이 필요로 하지 않고 의도적 노력이 없이도 일어나는 자동과정과 주의와 의도적 노력을 필요로 하는 통제과정으로 구분할 때, 노화는 주의를 요구하는 통제과정에 부정적인 영향을 주지만 자동과정은 노화와 상관없이 유지된다고 봄으로서 과제에 따라 나타나는 수행의 차이를 설명한다(Hasher & Zacks, 1979). 그러나 자동과정으로 간주되는 공간적 정보나 시간적 정보에 대한 기억에서도 노인의 수행이 더 낮게 나타난다는 결과들에 의해 이러한 설명의 타당성은 비판을 받고 있다(Light & Zelinski, 1983; Naveh-Benjamin, 1990). 다섯째로, 노년의 환경 또는 맥락적 지지에 대한 기능적 설명이 있다. Craik (1986)은 노화에 따른 기억손상은 기억과제가 자극-주도적이고 맥락과 같은 환경적 지지가 많이 제공될수록 줄어들지만, 인출을 위한 환경적 지지가 없고 자기-주도적 인출과정이 많이 필요한 경우에는 기억손상이 더 크게 나타난다고 주장한다. 이 설명은 노인들의 기억수행이 외적으로 제공되는 인출단서가 적은 자유회상에서 매우 저조하고, 검사에서 맥락이 제공되는 단서회상이나 재인에서는

연령 차이가 줄어드는 결과를 잘 설명할 수 있다. 또한 이 관점에서는 노인들이 일화기억과제에서 비교적 손상이 크게 나타나고 의미기억과제, 점화와 같은 암묵기억과제에서는 청년집단과 차이가 크게 나지 않는 결과를 효과적으로 설명할 수 있다. 마지막으로 나이가 들어감에 따라 관련 없는 자극에 대한 억제가 제대로 되지 않아서 기억정보의 효과적 처리가 어려워져 기억의 노화로 나타난다는 설명이 있다(Duchek, Balota, & Ferraro, 1995; Spieler, Balota & Faust, 1996). 효과적 정보처리를 위해서는 과제와 관련된 정보를 작업기억에서 활성화하는 것도 필요하지만, 작업기억의 부하를 줄이기 위해 비관련 정보의 활성화를 억제해야 한다. 그러나 노인 피험자들은 비관련 정보에 의해 주의가 분산되기 쉽다는 것이다(Hasher & Zacks, 1988). Hartman과 Hasher(1991)의 연구에 의하면 노인 피험자들은 문장의 끝을 채우는 과제에서도 이미 부정 확인된 정보를 계속적으로 작업기억에 가용하고 있는 경우가 많았다. 더 나아가 비관련 자극에 대한 억제가 하나의 기능이 아니고 여러 세트의 기능으로 구성되어 있어서, 이 중 시각적 물체 정보처리에 대한 억제는 노년기에 손상되지만 공간적 과정에 의존하는 과제에서는 노화에 따른 차이가 없다는 주장도 있다(Connelly & Hasher, 1993; Kramer, Humphrey, Larish, Logan, & Strayer, 1994). 그러나 이 설명도 억제에 대한 경험적 정의와 이론적 구체화, 그리고 억제를 측정하는 방법 등에 있어서 제한점을 가지고 있다.

노화에 따라 일어나는 신경생리학적 변화는 무엇인가? HM 사례 이후로 내측두엽 영역은 서술기억 내지 일화기억에 결정적 역할을 하는 것으로 간주되어 왔다. 그러나 전두엽도 일화기억 수행을 위한 정보의 입력과 출력에 매우 중요한 것으로 간주된다(Buckner, 1996; Tulving, Kapur, Craik, Moscovitch, & Haule, 1994). 노화와 관련된 뇌의 변

화 중 두드러진 것은 전두엽이 노화에 매우 민감하다는 것이다(Parkin, Walter & Hunkin, 1995; West, 1996). 전두엽은 주의, 작업기억, 그리고 억제 등과 관련되어 있는 영역으로 알려져 왔는데, 노화를 설명하는 주요한 이론적 조망들이 바로 이러한 인지구조, 처리과정 등의 손상에 토대를 두고 있기 때문에 전두엽과 노화의 관계에 대한 연구가 더욱 절실해지고 있다. Moscovitch와 Winocur(1995)는 실험연구 결과들에서 볼 때 노인 피험자들이 전두엽 구조가 개입되는 과제에 유난히 취약하다는 주장을 제기하였다. 특히 Shimamura(1995)는 전두엽은 서술기억의 억제에 중요한 기능을 하고 있는데 노화에 의해 전두엽에서 담당하는 억제기능이 많이 손상을 입는 것이라고 주장하고 있다. Shimamura의 주장은 기억노화를 억제기능의 손상으로 설명하는 Hasher와 Zacks(1988)의 이론적 설명과 궤를 같이 하는 것이다.

또한 Norman과 Schacter(1997)의 연구나 Balbota 등(1999)의 연구에서는 정상노인 피험자들이 청년 피험자들에 비해 전두엽의 손상에 민감한 오기억(false memory)에 더욱 취약하다고 보고하고 있다. Schacter 등(1996)은 실제 학습한 단어가 제시되었을 때에 비해 제시된 단어들과 의미적으로 연합되어 있기는 하지만 실제로 제시된 적이 없었던 표적 단어가 제시되었을 때 전전두엽에서의 활성화가 증가되었음을 보고하기도 하였다. Schacter 등은 이 결과를 전두엽이 가상 사실(실제로는 제시되지 않았던 표적단어)에 저항하는 역할을 하는 것으로 해석하고 있다. 그리고 노인피험자들이 출처기억(source memory)에 약한 측면을 보이고 있는데, 출처기억의 장애는 전두엽의 손상과 서로 연관되어 있다. Glisky, Polster와 Routhieux(1995)는 전두엽 구조와 내측두엽 구조의 이중 해리를 보고하였다. 이 연구에서는 신경심리학 검사 결과에 따라 노인피험자들을 전두엽 기능상 상위집단과 하

위집단, 그리고 내측두엽의 기능상 상위집단과 하위집단으로 구분하였다. 전두엽 상위집단은 출처기억에서 하위집단보다 더 우수한 수행을 보였다. 반면에 내측두엽 상위집단은 항목기억에서 더 우수한 수행을 보였다. 이런 연구 결과들을 종합해 볼 때 전두엽 요소는 노화와 관련된 기억수행에 있어서 중요한 역할을 하는 것은 분명하다. 그러나 전두엽의 기능에 대한 설명이 현재로서는 애매하고 구체적이지 못한 것이 사실이다. 전두엽이 기억에 영향을 미치는 것이 직접 기억에 개입하기 때문인지 아니면 간접적으로 주의, 부호화, 문제해결 등과 관련된 것인지에 논란이 있다. 그렇지만 어떠한 경우에도 전두엽의 손상이 독특한 기억장애를 가져온다는 점에는 의심할 여지가 없다.

맺는 말

기억을 단기기억 저장고와 장기기억 저장고로 구분하는 중다기억저장고 개념을 도입한 Atkinson과 Shiffrin의 모형 이후로 기억이론은 많은 발전을 하여 왔다. 우선 하나의 단기기억 개념에 반하는 중다요소적 작업기억 모형이 제안되었다. 작업기억 모형은 장기기억에만 쏠려 있었던 기억과정에 관한 관심을 인간기억의 의식적 작업창 역할로서의 단기기억에 불러일으키는데 크게 공헌을 하였으며, 특히 신경적 환자사례를 잘 설명하는 이론 모형으로 평가받고 있다. 또한 장기기억저장고는 하나의 장기기억이 아닌 중다기억 체계로 구성되어 있다는 주장이 80년대 이후로 꾸준히 제기되어 장기기억의 구조에 대한 이론적 방향을 바꾸는데 기여하였다. 중다기억 체계이론들은 특히 기억연구가 종래의 실험적 연구 전통에서 학제간 연구방법론을 통합하는 연구분야로 전환하는 기틀을 제공하였다. 기억을 구조적으로 접근하는 입장과는 별도로 기억을 처리과정으로 접근하는 입장도 꾸

준히 제기되어 기억이론을 발전시키는데 도움이 되어왔는데 처리수준이론이나 전이적합이론 등이 기억의 처리과정을 강조하는 대표적 이론모형이다. 또한 종래의 대학생을 대상으로 한 실험실 연구에서 벗어나 실생활의 기억에 관한 연구들로서 노인 기억 연구나 정서와 관련된 연구들에 기억연구의 지평을 넓히고 있다.

하나의 기억이론이 이론적 타당성을 검증받기 위해서는 이론적 정확성과 타당성 못지 않게 경험적 자료에 의한 이론의 검증이 중요하다. 최근에는 신경생리학적 증거들에 의하여 기억이론을 검증하는 양상이 두드러지고, 임상 사례에서 나타난 결과들을 각 이론들이 어떻게 설명하는가가 관심의 초점이 되고 있다. 신경생리학적 자료들을 잘 설명할 수 있는 새로운 기억이론들의 발달은 기억 연구가 학제간 연구의 방향으로 나아가고 있음을 보여준다. 심리학 내에서도 임상적 자료들과 기억이론간의 관계가 더욱 유기적으로 되어가고 있다. 각 기억이론들은 실제 임상 장면에서 쓰이는 검사들의 제작과 해석에 중요한 역할을 미치며 임상 장면에서 얻어진 실제 사례들은 각 기억이론들을 검증하는 자료들로 효과적으로 활용되고 있다. 이러한 상호관계는 기억연구를 더욱 풍요하게 해주는 바탕이 되고 있다.

참 고 문 헌

- Aggleton, J. P., & Shaw, M. W. (1996). Episodic memory, amnesia, and the hippocampal-anterior thalamic axis. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 425-489.
- Anderson, J. R., & Bower, G. H. (1972). Configurational properties in sentence memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 594-605.
- Anderson, N. D., Craik, F. I. M., & Naveh-Benjamin, M. (1998). The attentional demands of encoding and retrieval in younger and older adults: Evidence from divided attention costs. *Psychology and Aging*, 13, 405-423.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K. W. Spence & J. T. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, Vol. 2. New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. A. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation*, vol. 8. New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D., Papagno, C., & Vallar, G. (1988). When long-term learning depends on short-term storage. *Journal of Memory and Language*, 27, 586-595.
- Barrick, H. P. (1984). Semantic memory content in permastore: 50 years of memory for Spanish learned in school. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113, 1-29.
- Balota, D., Cortese, M., Duchek, J., Adams, D., Roediger, H., McDermott, K., & Yerys, B. (1999). Veridical and false memories in healthy older adults and in dementia of the Alzheimer type. *Cognitive Neuropsychology*, 16, 361-384.
- Birren, J. E., Woods, A. M., & Williams, M. (1980). Behavioral slowing with age: Causes, organization, and consequences. In L. W. Poon (Ed.), *Aging in the 1980's: Psychological issues*. Washington DC: American Psychological Association.
- Blanchet, S., Faure, S., Desgranges, B., Denise, P., Lechevalier, B., & Eustache, F. (1999).

- Hemispheric asymmetry in encoding and retrieval processes in short-term memory: A tachistoscopic and divided visual field study in normal subjects. *Brain & Cognition*, 40, 45-48.
- Brooks, L. R. (1967). The suppression of visualisation by reading. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 19, 289-299.
- Buckner, R. L. (1996). Beyond HERA: contributions of specific prefrontal brain areas to long-term memory retrieval. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3, 149-158.
- Buckner, R. L., & Peterson, S. E. (1996). What does neuroimaging tell us about the role of prefrontal cortex in memory retrieval? *Seminars in the neurosciences*, 8, 47-55.
- Connelly, S., & Hasher, L. (1993). Aging and the inhibition of spatial location. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 19, 1238-1250.
- Craik, F. I. M. (1986). A functional account of age differences in memory. In F. Klix & H. Hagendorf (Eds.), *Human learning and cognitive capabilities, mechanisms and performances*. North Holland: Elsevier.
- Craik, F. I. M., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684.
- Crowder, R. G., & Neath, I. (1991). The microscope metaphor in human memory. In W. E. Hockley & S. Lewandowsky (Eds.), *Relating theory and data: Essays on human memory in honour of Bennet B. Murdock, Jr.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1983). Individual differences in integrating information between and within sentences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 9, 561-584.
- De Renzi, E., Liotti, M., & Nichelli, P. (1987). Semantic amnesia preservation of autobiographical memory: A case report. *Cortex*, 78, 575-597.
- De Renzi, E., Fagolioni, P., & Previdi, P. (1977). Spatial memory and hemispheric locus of lesion. *Cortex*, 13, 424-433.
- Drachman, D. A., & Sahakian, B. J. (1979). Effects of cholinergic agents on human learning and memory. In R. Barbeau (Ed.), *Nutrition and the brain, Vol 5*. New York: Raven Press.
- Duchek, J., Balota, D., & Ferraro, F. (1995). Inhibitory processes in young and older adults in a picture-word task. *Aging & Cognition*, 2, 156-167.
- Fink, G. R., Markowitsch, H. J., Reinkemeier, M., Kessler, J., & Heiss, W-D. (1996). A PET study of autobiographical memory recollection. *Journal of Neuroscience*, 16, 4275-4282.
- Fuster, J. M. (1997). Network memory. *Trends in Neurosciences*, 20, 451-459.
- Gabrielli, J. D. E., Brewer, J. B., Desmond, J. E., & Glover, G. H. (1997). Separate neural bases of two fundamental memory processes in the human medial temporal lobe. *Science*, 276, 264-266.
- Gillund, G. & Shiffrin, R. M. (1984). A retrieval model for both recognition and recall. *Psychological Review*, 91, 1-67.
- Glisky, E., Polster, M., & Routhieaux, B. (1995). Double dissociation between item and source memory. *Neuropsychology*, 9, 229-235.
- Hanley, J., Young, A., & Pearson, N. (1991). Impairment of the visuo-spatial sketch pad.

- Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 43, 101-125.
- Hartman, M., & Hasher, L. (1991). Aging and suppression: memory for previously irrelevant information. *Psychology and Aging*, 6, 587-594.
- Hasher, R., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In G. H. Bower (Ed.), *The Psychology of learning and motivation*, vol. 22. Orlando: Academic Press.
- Kapur, N., Ellison, D., Smith, M. P., McLellan, D. L., & Burrowa, E. H. (1992). Focal retrograde amnesia following bilateral temporal lobe pathology. *Brain*, 115, 73-85.
- Kintsch, W. (1970). *The representation of meaning in memory*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kline, D., & Orme-Rogers, C. (1978). Examination of stimulus persistence as the basis for superior visual identification performance among older adults. *Journal of Gerontology*, 33, 76-81.
- Kolers, P. A. (1976). Reading a year later. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 2, 554-565.
- Kramer, A. F., Humphreys, D. G., Larish, J., Logan, G., & Strayer, D. L. (1994). Aging and inhibition: Beyond a unitary view of inhibitory processing in attention. *Psychology and Aging*, 9, 491-512.
- LaPage, M., Habib, R., & Tulving, E. (1998). Hippocampal PET activations of memory encoding and retrieval; the HIPER model. *Hippocampus*, 8, 313-322.
- Light, L., & Albertson, S. (1988). Comprehension of pragmatic implications in young and older adults. In L. Light & D. M. Burke (Eds.), *Language, memory and aging*. New York: Cambridge University Press.
- Light, L., & Zelinski, E. (1983). Memory for spatial information in young and old adults. *Developmental Psychology*, 19, 901-906.
- Loftus, E. F. (1993). The reality of repressed memories. *American Psychologist*, 48, 518-537.
- Markowitsch, H. J. (1995). Which brain regions are critically involved in the retrieval of old episodic memory? *Brain Research Reviews*, 21, 117-127.
- Markowitsch, H. J., Calabrese, P., Haupts, M., Durwen, H. F., Liess, J., & Gehlen, W. (1993). Searching for the anatomical basis of retrograde amnesia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 15, 947-967.
- Martin, A., Hazby, J. V., Lalonde, F. M., Wiggs, C., & Ungerleider, L. (1995). Discrete cortical regions associated with knowledge of color and knowledge of action. *Science*, 270, 102-105.
- Miccio, A., & Masson, M. E. (1992). Age-related differences in the specificity of verbal encoding. *Memory & Cognition*, 20, 244-253.
- Morris, R. G. M., Anderson, E., Lynch, G. S., & Baudry, M. (1986). Selective impairment of learning and blockade of long-term potentiation by an N-methyl-D-aspartate receptor antagonist, AP5. *Nature*, 319, 774-776.
- Moscovitch, M. (1992). Memory and working-with-memory: A component process model based on modules and central systems. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4, 257-266.
- Moscovitch, M., & Winocur, G. (1995). Frontal lobes, memory, and aging. In J. Grafman, K. Holyoak, & F. Boller (Eds.), *Structure and functions of the human prefrontal cortex*. Annals of the New York

- Academy of Sciences. New York: Academy of Science.
- Murdock, B. B. Jr. (1974). *Human memory: Theory and data*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Murdock, B. B. Jr. (1982). A theory for the storage and retrieval of item and associative information. *Psychological Review*, 89, 609-626.
- Naveh-Benjamin, M. (1990). Coding of temporal order information: an automatic process? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 16, 117-126.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: willed and automatic control of behavior. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation: Advances in research and theory*. Plenum Press, New York
- Norman, K. A., & Schacter, D. (1997). False recognition in younger and older adults: exploring the characteristics of illusory memories. *Memory & Cognition*, 25, 838-848.
- Nyberg, L. (1998). Mapping episodic memory. *Behavioural Brain Research*, 90, 107-114.
- Nyberg, L., Cabeza, R., & Tulving, E. (1996). PET studies of encoding and retrieval: the HERA model. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3, 135-148.
- Nyberg, L., Persson, J., Habib, R., Tulving, E., McIntosh, A., Cabeza, R., & Houle, S. (2000). Large scale neurocognitive networks underlying episodic memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 163-173.
- O'Connor, M., Verfaellie, M., & Cermak, L. (1995). Clinical differentiation of amnesic subtypes. In Baddeley, A. D., Wilson, B. A., Watts, F. N. (Eds.), *Handbook of memory disorders*. New York: John Wiley.
- Papagno, C., & Vallar, G. (1992). Phonological short-term memory and the learning of novel words: the effect of phonological similarity and item length. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 44, 47-67.
- Papagno, C., & Vallar, G. (1996). To learn or not to learn vocabulary in foreign languages: The problem with phonological memory. In R. Campbell & M. Conway (Eds.), *Broken memories*. Basil Blackwell, Oxford.
- Parkin, A. J. (1993). *Memory: Phenomena, experiment, and theory*. Blackwell: Oxford.
- Parkin, A. J., Walter, B., & Hunkin, N. (1995). Relationships between normal ageing, frontal lobe function, and memory for temporal and spatial information. *Neuropsychology*, 9, 304-312.
- Parkinson, S. & Perry, A. (1980). Aging, digit span, and the stimulus suffix effect. *Journal of Gerontology*, 5, 736-742.
- Paulesu, E., Frith, C. D., & Frackowiak, R. S. J. (1993). The neural correlates of the verbal component of working memory. *Nature*, 362, 342-345.
- Petrides, M., Alivisatos, B., & Evans, A. (1995). Functional activation of the human ventrolateral frontal cortex during mnemonic retrieval of verbal information. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 92, 5803-5807.
- Propper, R., & Christman, S. (1999). A test of the HERA model II: Objects as stimuli. *Brain & Cognition*, 40, 227-229.
- Quinn, J., & McConnell, J. (1996). Irrelevant pictures in visual working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49, 200-215.
- Raaijmakers, J. G. W., & Shiffrin, R. M. (1981).

- Search of associative memory. *Psychological Review*, 88, 93-134.
- Roediger, H. L. (1990). Implicit memory: retention without remembering. *American Psychologist*, 45, 1043-1056.
- Roediger, H. L., & McDermott, K. B. (1995). Creating false memories: Remembering words not presented in lists. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 21, 803-814.
- Rosen, V., & Engle, R. (1998). Working memory capacity and suppression. *Journal of Memory and Language*, 39, 418-436.
- Rugg, M. D., Fletcher, P. C., Frith, C. D., Frackowiak, R., & Dolan, R. (1996). Differential activation of the prefrontal cortex in successful and unsuccessful memory retrieval. *Brain*, 119, 2073-2083.
- Salasoo, A., Feustel, T. C., & Shiffrin, R. M. (1985). Memory codes and episodes in models of word identification: A reply to Johnston, Van Santein, and Hale. *Journal of Experimental Psychology: General*, 114, 509-513.
- Salthouse, T. (1996). The processing speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103, 403-428.
- Salthouse, T., Mitchell, d., Skovronek, E., & Babcock, R. (1989). Effects of adult age and working memory on reasoning and spatial abilities. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 15, 507-516.
- Schacter, D. L., & Tulving, E. (1994). What are memory systems of 1994? In D. Schacter & E. Tulving (Eds.), *Memory systems* (pp. 1-38). Cambridge: MIT Press.
- Schacter, D. L., & Wagner, A. D. (1999). Medial temporal lobe activations in fMRI and PET studies of episodic encoding and retrieval. *Hippocampus*, 9, 7-24.
- Shallice, T., & Warrington, E. K. (1970). Independent functioning of verbal memory stores: A neuropsychological study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 22, 261-273.
- Shiffrin, R. M. (1999). 30 years of memory. In C. Izawa (Ed.), *On human memory: evolution, progress and reflections on the 30th anniversary of the Atkinson-Shiffrin model*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Shiffrin, R., Ratcliff, R., Murnane, K., & Nobel, P. (1993). TODAM and the list-strength and list-length effects: Comment on Murdock and Kahana (1993a). *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 19, 1445-1449.
- Shimamura, A. P. (1995). Memory and frontal lobe function. In M. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Smith, E., Jonides, J., & Koeppel, R. (1996). Dissociating verbal and spatial working memory using PET. *Cerebral Cortex*, 6, 11-20.
- Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs*, 74 (Whole No. 498).
- Spieler, D., Balota, D., & Faust, M. (1996). Stroop performance in younger adults, healthy older adults and individuals with senile dementia of the Alzheimer's type. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 461-479.
- Squire, L. R. (1992). Declarative memory and nondeclarative memory: multiple brain systems supporting learning and memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 195-231.

- Squire, L. R., & Zola-Morgan (1991). Medial temporal lobe memory system. *Science*, 253, 1380-1386.
- Tranel, D. (1991). Dissociated verbal and nonverbal retrieval and learning following left anterior temporal damage. *Brain & Cognition*, 15, 187-200.
- Tulving, E., Hayman, C. A. G., & MacDonald, C. A. (1991). Long-lasting perceptual priming and semantic learning in amnesia: A case experiment. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 17, 595-617.
- Tulving, E., Kapur, S., Craik, F. I. M., Moscovitch, M., & Houle, S. (1994). Hemispheric Encoding/Retrieval asymmetry in episodic memory: Positron emission topography findings. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 91, 2016-2020.
- Tulving, E., & Markowitsch, H. (1997). Memory beyond the hippocampus. *Current Opinion in Neurobiology*, 7, 209-216.
- Tulving, E., & Thomson, D. M. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. *Psychological Review*, 80, 352-373.
- Vallar, G., & Papagno, C. (1993). Preserved vocabulary acquisition in Down's syndrome: the role of phonological short-term memory. *Cortex*, 28, 383-389.
- Vargha-Khadem, F., Gadian, D. G., Watkins, K., E., Connelly, A., Van Paesschen, W., & Mishkin, M. (1997). Differential effects of early hippocampal pathology on episodic and semantic memory. *Science*, 277, 376-380.
- Warrington, E. K. (1979). Neuropsychological evidence for multiple memory systems. In *Brain and mind: Ciba foundation symposium*. Excerpta Medica, Amsterdam.
- West, R. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin*, 120, 272-292.
- Wingfield, A., Poon, L., Lombardi, L., & Lowe, D. (1985). Speed of processing in normal ageing: Effects of speech rate, Linguistic structure, and processing time. *Journal of Gerontology*, 40, 579-585.
- Yuill, N., Oakhill, J., & Parkin, A. (1989). Working memory, comprehension ability and the resolution of text anomaly. *British Journal of Psychology*, 80, 351-361.
- Zacks, R., Hasher, L., & Li, K. (1998). Human memory. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *Handbook of aging and cognition II*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Zola-Morgan, S. L. R., & Squire, L. R. (1990). The primate hippocampal formation: Evidence for a time-limited role in memory storage. *Science*, 250, 288-290.
- Zola-Morgan, S. L. R., & Squire, L. R. (1993). Neuroanatomy of memory. *Annual Review of Neuroscience*, 16, 547-563.

Theories of Memory with Neuropsychological Evidences

Heekyeong Park
Sungkyunkwan University

Memory research has served the frame work for cognitive psychology in methodological and theoretical aspects (e.g., Atkinson & Shiffrin's model, 1968). Many theories of memory have developed after the multi-store model of Atkinson & Shiffrin, in which memory is seen as a series of stores such as short-term store and long-term store or active memory and passive memory. Retrieval as a memory process also has been widely studied, and working memory model has suggested against the concept of a single short-term memory. Moreover a separate domain of research, multiple memory systems, emerged at 80's for explaining the phenomena of long-term memory, based on neuropsychological data. The theory of memory could be tested for its theoretical validity in terms of theoretical appropriateness but also the degree of explaining neuropsychological data. The present paper provides basic accounts of memory theories with relevant neuropsychological data.

Key Word: memory theories, long-term memory, short-term memory, neuropsychological data, multiple memory systems

1차 원고 접수: 2000년 9월 26일

수정 원고 접수: 2001년 5월 19일

최종 게재 결정: 2001년 5월 30일