

기억 및 기억연구 : 개념, 역사, 그리고 과제

양 병 환* · 백 기 청**†

Memory and Memory Research : Concept, History and Future Direction

Byung-Hwan Yang, M.D., Ph.D.,* Ki-Chung Paik, M.D., Ph.D.**†

국문초록

오늘날 '기억(memory)'이라는 용어는 일반적인 의미 이외에도, 컴퓨터공학의 메모리, 유전자생물학에서 쓰이는 메모리 등의 예에서 보듯 여러 분야에서 광범위한 의미로도 쓰이고 있다. 영어의 'memory'라는 용어는 어원적으로는 앵글로-색슨어 'gemund'에서 유래된 말로 gemund은 원래 mind(마음)의 의미라고 한다. 어쨌든 전형적인 의미에서 기억이란 과거에 경험한 일들을 회상하고, 이러한 일들에서 학습된 여러 사실과 관념을 마음속으로 다시 가져와 상기시킬 수 있는 능력을 뜻하는데, 다시 말해 기억이란 현재의 도움으로 과거를 일깨워 주는 것이라고 정의될 수 있겠다. 최근에 이루어진 신경생물학적 연구의 발전은 이런 기억이나 학습이 뇌의 어떤 활동 또는 기능과 관련이 있는가를 어느 정도 밝힐 수 있는 단계로까지 이를 수 있게 해주었는데, 그 결과 기억은 단순히 기계적인 기억을 하는 기능만이 아닌 여러 뇌기능에 작용하는 다양한 인지기능의 핵심적인 요소라는 사실이 밝혀졌다. 오늘날 기억은 진화론적 입장에서 인간존재 자체나, 智·情·意로 대별되는 인간정신세계의 가장 핵심적인 요소로서 관심의 대상이 되고 있다. 본 논문에서는 기억 및 기억연구의 개념, 역사, 그리고 신경생물학적 기억연구를 비롯한 최근의 연구경향을 총괄적으로 살펴보고, 향후 이루어져야 할 기억연구의 과제나 방향을 제시하고자 한다.

중심 단어 : 기억 · 기억연구 · 개념 · 역사 · 연구방향 · 신경생물학.

기억의 개념

과학이란 크게 두 개의 요인으로 구성된 지식의 총합체라고 하겠다. 첫째로, '그것은 무엇(what)?'이라는 의문에 해답을 구하는 것이겠다. 예를 들어 기억의 정

우 가장 근본적인 두 가지 '무엇'은 '기억이란 무엇인가?' 하는 것과 '무엇을 기억하는가?' 하는 것에 관한 대답을 구하는 것일 것이다. 둘째로, 이론과 모델을 만들고 검증하는 것이다.

이상에서 말한 '무엇?'이라는 질문에 대한 답변이 곧 '개념'이며, 따라서 개념의 확립이야말로 무엇보다도 우선되어야 할 학문의 기본이자 가장 중요한 일이라 하겠다. 그러나 기억에 관한 과학적 연구의 경우 아직도 정확한 개념이 정의되어 있지 못하고 여러 가지 의미가 혼용되어 사용되고 있는 형편이다. 심지어 어떤 학자는 기억에 관한 어떤 이론도 자신은 받아들이지 않다고 비판하면서, 그 이유를 기억이론이란 것들은 그

*한양대학교 의과대학 신경정신과학교실
Department of NeuroPsychiatry, Hanyang University College of Medicine, Seoul, Korea

**단국대학교 의과대학 정신과학교실
Department of Psychiatry, Dankook University College of Medicine, Cheon-An, Korea

†Corresponding author

개념적 정의도 제대로 되어있지 않을 뿐 아니라 기억의 다양한 메커니즘을 너무 단순화시켰기 때문이라고 하였다¹⁾.

기억연구에서 아직 그 개념이 정확히 확립되지 못하고 소홀히 다루어진 이유로는 첫째, 지금까지는 정확한 용어의 정의 없이도 별 무리 없이 그럭저럭 다루어 질 수 있었기 때문이고, 둘째, 기억의 경우 지금까지는 개념 자체의 분류나 개념적 차이에 관한 연구에 별 가치를 두지 않았기 때문이고, 비슷한 말이지만 셋째, 기억이라는 용어는 굳이 수고를 하지 않더라도 누구나 쉽고 본능적으로 이해할 수 있다고 단순히 생각해 온 때문이다. 그러나 기억에 관련된 여러 가지 차원의 연구가 다양하게 이루어지고 있는 요즘 기억의 개념을 확립하고 용어를 정의하는 것이 무엇보다 급하고도 절실한 과제라 하겠다. 이것은 향후 더욱 더 복잡해질 기억연구에서 상호간의 의사소통을 정확히 하기 위해서 필요하며, 또 기억이론을 확립하기 위해서는 개념 자체가 결정적인데 그래야만 어떤 이론이 정확한지 판별할 수 있기 때문이다. 예를 들면 나중에 다시 자세히 언급하겠지만 오늘날 격한 논쟁의 대상이 되고 있는 기억의 단일체계(unitary memory system) 이론이 옳은가 아니면 다체계(multiple system) 이론이 옳은가 하는 다툼도 다른 각도에서 보면 단지 기억 혹은 기억체계라는 용어를 어떻게 정의하느냐 하는 개념의 차이에서 비롯된 논쟁일 뿐 근본적인 과학이론의 차이가 아니라고 볼 수도 있다.

1. '기억'이라는 용어자체의 개념

Gardiner와 Java²⁾는 기억연구의 경우 여러 가지 의미가 혼용되고 있다고 지적했는데, 예를 들면 누구나 잘 알고 있는 개념이라고 생각하는 암묵적 기억(implicit memory)이라는 용어의 경우 1) 기억과제 및 기억체계(both memory tasks and memory systems), 2) 기억체계 및 기억과정(both memory systems and memory processes), 3) 기억과정 및 개인의 기억각성상태(both memory processes and the state of the rememberer's awareness), 4) 각성상태 및 기억과제(both states of awareness and memory tasks) 등의 의미가 서로 혼용되고 사용되고 있으며, 이것은 단순히 혼동을 일으킨 정도가 아니라 종종 필요 없고 비생산적인 학문적 논쟁을 일으킨 경우가 많았다고 비판

하고 '명백하며 논쟁의 여지가 없는 용어 사용의 법칙(rule of incontrovertibility of terms)'-어떤 한가지 용어는 한가지 개념(concept)이나 실체(entity)를 가져야 한다는-을 주창하였다.

Tulving³⁾에 의하면 지금까지의 연구에서 기억은 대개 6가지의 의미로 쓰인다고 했는데 1) 정보를 부호화, 저장, 인출하는 신경인지적 능력(예; '환자의 기억을 테스트한다'라고 할 때), 2) 정보가 모여져 있는 가설적인 창고(예; '기억에서 정보를 인출한다'라고 말할 때), 3) 그 창고에 있는 정보 그 자체(예; '기억이 갑자기 감퇴되었다'고 할 때), 4) 정보의 어떤 속성(예; '기억이란 정교화의 기능이다'라고 말할 때), 5) 정보인출 과정(예; '신호감지이론은 기억과 판단의 두 가지 요소로 구별하여 피검자의 수행력을 설명한다'라고 말할 때), 6) 어떤 개인이 자신이 무언가를 기억하고 있다는 것을 자각하는 현상(예; '의식하지 못하는 기억'이라고 말할 때)이 그것이다. 이러한 혼동을 피하기 위하여 그는 단순히 기억이라고 표기할 것이 아니라 좀 더 구체화하여 이상 6가지를 각각 '기억력(general capacity)', '기억창고(memory store)', '창고속의 기억형적(memory trace in the store)', '기억형적의 속성(property of memory trace)', '인출과정(a process of retrieval)', '인출시 지각경험 유무(phenomenal experience at retrieval, or what not)' 등으로 보다 구체화 표현하여야 한다고 주장하였다. 그것이 너무 심하다면 지금까지의 용어를 어느 정도 살려 기억저장(memory store), 저장정보(stored information), 기억형적(memory trace), 형적강도(trace strength), mnemonic information, 회상(recollection) 등의 용어를 사용하자고 하였다.

2. '행동기억'과 '인지기억'

기억의 분류에는 여러 가지 종류가 있지만, 개념적 측면에서는 특히 행위(action)에 관련된 '행동기억(behavior memory)'과 사고(thought)의 영역에 관련된 '인지기억(cognitive memory)'을 구분하여 이론화하는 것은 매우 중요하다. 경험적으로나 실험적으로 인간은 어떤 지식이 없어도 간단한 것은 물론이고 극히 어렵고 복잡한 형태의 학습행동이 가능한데, 이를테면 아기들이 지식이 없이도 문법에 맞게 말을 배우는 것 등이다. 이러한 두 가지 형태의 기억이 여러 가지 면에서

차이가 있다는 것은 오늘날 거의 정설로 받아들여지고 있는데 그 명칭이 일반적으로 전자는 절차기억(procedural memory)으로, 후자는 서술적 기억(declarative memory ; 명료기억 또는 선언기억으로 번역되기도 함)으로 거의 공식화되어 불리고 있다. 오늘날 기억인출과정의 이론 중 아무런 도움 없이 스스로 기억의 내용을 의식으로 인출하는 것을 말하는 '회상'(recall ; '상기'라고 번역되기도 함)과, 예를 들어주고 그 내용이 있었는지의 여부를 인식하게 하여 기억을 확인시켜주는 '재인'(recognition)을 구분하여 생각하는 것이 당연하다고 누구나 받아들이고 있지만, 이것은 인지기억의 경우일 때의 이야기일 뿐 이론적으로나 실제 경험적으로도 행동기억의 경우 이러한 구분이 명확하지 않고 아무런 의미가 없다³⁾. 즉, 기억의 인출이 회상과 재인으로 나뉘어진다고 일반화하여 이론화시키는 것은 혼동을 일으킬 수 있는데, 다시 말하면 기억에 관한 어떤 실험결과나 이론을 내세울 때 그것이 인지기억의 경우는 맞지만 행동기억의 경우는 의미가 없을 수도 있으며 그 반대의 경우도 있을 것이다. 따라서 Tulving⁴⁾은 이러한 일치주의(the doctrine of concordance)의 오류를 피하기 위해 기억의 실험이나 이론에서는 반드시 그것이 행동기억의 경우인지 인지기억의 경우인지 아니면 둘 다의 경우인지를 분명히 하여 개념화할 필요가 있다고 하였다.

3. '점화(priming)'

점화란 과거 어떤 자극에 노출되었던 경험이 있을 경우 그렇지 않을 경우보다 그 자극에 대한 과제수행이 촉진되는 현상 또는 그러한 과정을 의미한다. 점화현상은 통상적으로 피험자가 과거학습경험을 외현적으로나 의식적으로 기억하지 않을 때 관찰되는, 다시 말해서 암묵기억의 경우에 나타난다. 처음 기억장애환자들을 대상으로 한 연구에서 발견된 이 현상은 이후 정상인의 경우에도 볼 수 있는 것으로 밝혀졌는데, 점화를 일으키는 상황은 일반적으로 3가지 범주로 나뉘는바 의미점화(semantic priming), 연속검사점화(successive-test priming) 및 대상인식(identification of object) 점화가 그것이다⁵⁾. 그중 가장 많이 연구되었고 관심의 대상이 되는 것이 대상인식점화이다. Warrington과 Weiskrantz⁶⁾은 기억장애환자에게 그림조각 완성과제의 일종으로 대상을 불완전하게 그린 그림들

을 한번에 하나씩 제시하고 그 대상을 식별해 내도록 하였다. 처음에는 그림의 불완전성이 매우 큰 그림을 제시하기 시작해서 점진적으로 보다 완전한 그림들을 하나씩 제시하여 결국에는 피험자가 정확하게 대상을 식별해 낼 수 있을 때까지 그림들을 제시하게 된다. 그들은 어느정도 시간이 경과한 후 다시 동일한 검사를 할 경우 처음 검사 때보다 보다 불완전한 그림을 보기도 대상을 인식하게 됨을 발견하였는데 이는 처음 절차에서 형성된 대상에 대한 학습경험이 후속 절차에서 동일한 대상의 식별에 촉진적인 영향을 미쳤기 때문이다. 그런데 환자들은 이 과제들을 수행한 후에도 과거 그들이 같은 실험을 했다는 사실을 기억해내지 못했는데, 이로써 재인이나 회상에 장애를 보이는 환자들의 경우에도 그 이전 경험이 그 뒤의 과제수행에 영향을 미친다는 사실이 밝혀지게 되었다. 그림 이외에도 점화효과를 검증하는데 많이 쓰이는 방법으로는 언어자료를 과제로 사용하는 것인데 먼저 단어(예 ; MOTEL, ABSENCE)를 보여준 다음, 단어들의 첫 몇 개 글자들로 이루어진 단어조각(예 ; MOT-, ABS-)을 제시한다. 이 단어조각에 대해 맨 처음 떠오르는 단어를 완성해 보도록 요구하면(어간완성과제), 기억장애환자들은 앞서 학습했던 단어로 완성하는 경향이 뚜렷하게 보이며 그 수행력은 정상인과 별로 다르지 않은데 비해, 동일한 단어조각을 제시한 후 앞서 학습했던 단어를 기억해내도록 요구하면(단서회상과제) 정상인데 비해 수행력의 감소가 뚜렷이 보인다. 즉 학습경험을 의도적 외현적으로 기억해내려고 할 때에는 기억장애가 나타나지만, 암묵적 방법으로 시도할 때는 거의 정상적인 과제수행이 가능하다는 것이다. 이상의 기억과제연구의 경우와 같이 과제변인의 조작이나 피험자 집단에 따라 각 검사의 수행이 다르게 나타나는 현상을 '해리'(dissociation)라고 칭하는데, 외현기억과 암묵기억의 여러 가지 차이점에 관한 중요한 개념이다⁷⁾.

그런데 대상인식실험에서 보이는 이러한 점화효과를 보통 '반복점화'(repetition priming)라고 일반적으로 명명하고 있는데 이것은 잘못된 명칭이다. 왜냐하면 같은 환자라고 하더라도 실험과제가 '지각적 단서(perceptual clue)'인지 '개념적 단서(conceptual clue)'인지에 따라 어떤 것은 점화효과가 있고 어떤 것은 없을 경우가 있어, 단순히 반복에 의한 점화효과로 볼 수는 없기 때문이다. 따라서 단순히 '점화' 또는 '반복점화'

라고 하는 것은 기억연구에서 흔히 범하고 있는 개념 또는 명칭의 오류로, 보다 분명히 '지각점화(perceptual priming)' 또는 '개념점화(conceptual priming)'으로 구별되어야 할 것이다^{8,9)}.

4. '외현기억(explicit memory)' 과 '암묵기억(implicit memory)'

외현기억과 암묵기억의 차이는 기억창고에 저장된 어떤 사건이나 정보를 인출할 때 그것을 인식하여 알고 있는지 모르고 있는지의 여부이다. 그런데 일반적으로 별 시비 없이 누구나 쉽게 받아들이고 있는 이 두 가지 기억의 개념적 구분도 엄밀하게 들어가면 논쟁의 여지가 있다. 예를 들면 '한국의 수도가 서울이다'라는 것을 기억해 낼 때 그 개념적 정의에 따라 암묵기억으로 볼 수도, 외현기억으로 볼 수 있다. 즉, '암묵적'이라는 용어를 '어떤 사람이 현재 수행하고 있는 기억과제와 과거의 어떤 사건과의 연관성을 알고 있지 못하다'라는 의미로 정의하면 이것은 암묵기억의 예에 해당될 것이며, 반면에 '어떤 사람이 현 기억과제가 과거에 경험하여 획득된 어떤 지식창고에서 인출하여 생각해 내고 있다는 사실을 알고 있지 못하다'는 것을 '암묵적'이라는 개념의 정의로 한다면, 이 경우는 외현기억의 예로 볼 수 있다. 따라서 우리가 잘 알고 있는 개념으로 생각하는 외현기억-암묵기억마저도 다시 한번 정확히 정의를 내릴 필요가 있다 하겠다¹⁰⁾.

5. '단일 기억체계 이론(unitary memory system theory)' 와 '다중 기억체계(multiple memory system theory)'

과연 기억이란 단일체계가 되어 있는가 아니면 다중체계가 맞는가 하는 문제는 현재의 기억이론에서 가장 뜨거운 논쟁거리이다. 두 학파는 서로가 옳다는 것을 증명하기 위해 어떤 사실의 해석 또는 어떤 현상의 설명을 자신의 입장에 맞추어 주장하며 오랫동안 논쟁을 되풀이하고 있다. 그러나 Tulving³⁾ 이것은 어떤 것이 옳고 그른가의 문제가 아니라 '기억'이라는 개념을 어떻게 보느냐의 차이일 뿐으로 논쟁거리가 되지 못한다고 주장하였다. 예를 들면 단일체계이론파들은 기억체계는 하나라고 보고, 외현기억에 대조되는 암묵기억이라는 명제(해리현상 등)를 '하나의 기억체계 내에서 설명되어야 할 현상(phenomenon to be explained)'

으로 본다. 반면에 다중체계이론파들은 외현기억 대 암묵기억이라는 것을 대조적인 개념으로 설명하려고 드는 것 자체가 의미가 없다고 보는 입장으로 그들은 기억자체가 하나라고 보지 않기 때문이다. 그들은 다른 종류의 기억은 작동기전 등에서 여러 가지 다른 측면을 가지며, 실험적 측정 역시 다른 방식으로 이루어져야 하는 것으로 외현기억은 이런데 왜 암묵기억은 이런가 하는 식으로 설명하려 노력하는 것 자체가 의미가 없다는 입장이다. 단일체계파는 모든 기억현상을 기술하고 통합하여 이해하려고 하는 반면, 다중체계파는 각각의 다른 체계를 분리하여 각각 따로 기술하고 이해하려고 하며 다만 각각 다른 체계의 유사점과 차이점만 살펴볼 뿐이다. 따라서 다중체계파는 외현기억과 암묵기억, 시각과 청각 등에서 보이는 해리현상이 '왜?' 그리고 '어떻게?' 일어나는지 설명하려고 애쓸 필요가 없으며, 이 현상은 단지 해당정보 항목(item of relevant information)의 문제일 뿐으로 이것을 통해 각각의 체계의 속성이 파악될 수 있다는 입장이다. 이들 각각의 체계는 과거의 경험을 통해 현재에 적응해 나가는 진화과정의 산물로 각각 분화되어 있는 것으로 모든 면에서 비슷한 축으로 작동된다고 볼 이유가 없다는 입장이다.

결론적으로 말하면 두 학파의 문제는 어떤 이론이나 모델이 맞는지 검증을 해야 할 논쟁거리가 아니며, 어쩌면 '기억이란 무엇인가'라는 기본적인 것을 비롯한 여러 가지 개념적 정의가 분명하지 않은 상황에서는 결론이 날 수 없는 무의미한 싸움으로 볼 수 있으며, 따라서 첫째) 두 학파가 사용하는 용어나 개념의 유사점과 차이점을 명확히 하고 둘째) 서로간의 논쟁이나 이견의 성질(nature)이 무엇인지를 명확히 하는 것이 우선 필요하겠다.

기억연구의 역사적 개관

역사이래 기억에 대한 인류의 관점은 크게 보아 대략 3기로 나뉘어 지는데, 자극의 강도를 중요시한 제 1기, 저장단계를 중요시한 제 2기 및 기억인출을 중요시한 제 3기로 요약될 수 있다. 인간이 오랫동안 믿어온 최초의 관점은 기억을 마치 밀랍에 낙인을 찍듯 무언가 흔적을 남기는 것으로 비유하여 생각한 것이었다. 이 관점에서는 기억이 잘되고 안되고는 얼마나 강한 기억

흔적을 남겼는지에 좌우되는 바, 반복해서 학습을 하면 단일한 하나의 기억흔적(engram)의 강도가 증가되고 시간이 경과되면 이러한 흔적이 약화되어 기억이 희미해진다는 생각이었다. 현대에 이르러 대두된 두 번째 관점은 저장단계를 강조하는 입장으로 인간의 뇌 속에 어떤 기억창고가 있어 자극된 어떤 사건이나 대상에 대한 정보가 창고의 일정 위치에 보관되는데, 필요할 때 그 위치를 찾아 꺼내 쓴다는 것이었다. 따라서 기억의 정도는 기억창고의 위치를 얼마나 제대로 찾는가의 여부에 달려있다고 보는 입장이었다. 마지막으로 대두된 가장 최근의 관점은 기억흔적의 인출이 기억과정에 가장 중요하며, 기억인출은 하나의 판단과 추론과정, 확률적 결정의 과정으로 보는 입장이다¹¹⁾.

오랫동안 지속되어 온 최초의 관점이 두, 세 번째 관점으로 바뀌게 만들어 준 과학적 기억연구가 본격적으로 시작된 것은 겨우 수십 년에 불과하지만, 그러한 연구의 뿌리는 17세기부터 시작된 경험주의 철학이다. 현대 기억연구의 변천사를 간략히 요약하면 다음과 같다.

1. 기억연구의 배경 : 관념연상설(Associationism)

현대 기억연구의 이념적 토대가 된 것은 17세기에서 19세기까지 John Locke, John Stuart Mill, Thomas Brown 등이 이룩한 경험주의 철학사상 및 그들이 주장한 관념연상설이다. 그들은 어떤 특이한 연상의 크기나 강도에 영향을 주는 제반 요인들을 중시하여, '최초경험의 생생함이나 선명성(vividness or distinctiveness), 그 기간(duration), 빈도(repetition) 및 흥미도(interest)에 의해서 관념적 연상의 강도가 결정된다'고 주장하였다¹²⁾. 이 말을 오늘날의 기억연구실험에 대입해 보면 '자극단서의 유사성, 얼마나 최근에 경험하였는지, 간섭요인이 있는지 및 순간의 의식상태(섬망, 우울, 약물중독 등 각성이나 흥미도에 영향을 주는)에 의해서 기억이 연상되어 되살아하는 정도가 결정된다'라고 하는 것과 거의 같은 말이다¹³⁾. 경험주의적 관념은 이후 기억실험연구의 아버지라고 불리는 독일의 과학자 Ebbinghaus¹⁴⁾에게 큰 영향을 주었으며, 현대의 학습이론이나 기억이론의 배경이 되었다고 말할 수 있겠다¹⁵⁾.

2. 행동주의와 자극-반응 심리학(Behaviorism and S-R Psychology)의 시기

경험철학론과 더불어 Charles Darwin¹⁶⁾의 진화론은

자극-반응이론에 근거를 둔 행동주의에 큰 영향을 주었고, 20세기 초 Ivan Pavlov¹⁷⁾에 의해 시작된 이 행동주의는 이후 Ebbinghaus¹⁴⁾에 의해 시작된 현대 기억실험기법에 지대한 영향을 끼쳤다. 진화론을 행동주의 학습이론의 용어를 빌려 설명하면 주어진 환경에 대한 자극-반응적 학습행동에 의해 생명체의 흥망성쇠가 좌우된다는 것이다.

19세기 말 Ebbinghaus¹⁴⁾ 이후 1950년대까지 기억연구의 주류는 언어학습적 전통연구들이다. 이 시기는 기계적 기억(rota memory)이 주 연구대상이었는데 계열적 학습(serial learning), 짝짓기 학습(paired associate learning) 영역이 주로 탐구되었고 지각운동기술(perceptual motor skill)도 연구영역에 속했다. 이 시기에는 날개 항목의 기억 흔적의 강도, 파지기간, 망각곡선의 문제가 주 분석대상이었는데, 기억 자체의 본질, 기억구조, 기억과정에 대한 연구는 별다른 관심의 대상이 아니었다. 이 시기 연구의 성과로는 전이 및 망각에 관한 이론적 틀이 확립된 것을 들 수 있는데 특이전이, 비특이전이, 간섭에 대한 이론이 확립되었다. 또한 망각의 기전으로는 세 가지가 제시되었는데 첫째, 단순 쇠퇴이론으로, 시간이 지남에 따라 생리적 대사적 과정에 의해 뇌의 신경 시냅스 변화가 생기고 이러한 변화가 자극-반응(S-R) 연합의 자동적 쇠퇴를 일으키게 되어 망각이 생긴다는 것이다. 둘째, 인출자극의 일반화 이론으로 자극이 점차 일반화되어 기억과제 수행의 감퇴가 일어난다는 관점이다. 즉, 어떤 것을 기억해 내려 할 때에 주어진 인출단서들이 맥락적(contextual)으로 항상 똑같을 수는 없으므로, 그 단서가 이전에 목표자극을 학습했을 때의 단서들과 일치하지 않거나 일반화되어 구분에 혼동이 오기 때문에 망각이 일어난다는 것이다. 셋째, 간섭(interference) 이론으로 새로 추가된 정보 및 기존의 정보가 간섭을 일으켜 정보인출을 어렵게 하여 망각이 생긴다고 본다. 일반적으로 일화기억이 의미기억보다 간섭의 영향을 크게 받아 쉽게 망각을 일으킨다고 한다¹¹⁾.

3. 인지심리학(Cognitive Psychology)의 시기

1950, 60년대에 시작된 정보처리관점(information processing perspective)은 컴퓨터, 인지심리학 등 여러 학문분야의 이론적 토대가 되었는데, 기억연구도 정보처리이론에 바탕을 둔 인지심리학적 관점이 위주가

되어 본격적으로 꽃이 피우게 된 시기였다. 정보처리 이론이란 주로 암호화(encoding), 해독(decoding), 용량(capacity) 등을 주요 개념이었는데, 이러한 개념적 바탕 하에 인간의 인지영역을 컴퓨터 모델로 해석하려 하였다. 이러한 바탕 위에 기억연구도 단순한 자극-반응 모델에서 벗어나 지각 및 주의력 과정, 학습 및 새로운 지식획득에 필요한 전략이나 구조 등에 관한 연구가 이루어지게 되었다. 이러한 혁명적이라고 할만한 변화의 기폭제가 된 것은 George Miller 등¹⁸⁾의 'Plans and the Structure of Behavior'과 Ulric Neisser¹⁹⁾의 'Cognitive Psychology'라는 두 책의 발간이었다. 이 책에서 이들은 인지적 측면에서 어떻게 정보가 인간의 지각계에 수용되고 부호화되고 변형되어 기억 속에 저장되었다가, 어떤 계획과 단서가 주어질 때 어떻게 인출되는가 하는 문제를 컴퓨터 모델로 설명하였다. 이 시기의 연구주제는 지각, 주의력, 즉시 감각기억(immediate sensory memory), 단기기억, 기억처리 수준 등이었으며, 기억의 과정이 부호화, 저장, 인출로 개념화되었다. 또한 연구방법은 전통적인 계열회상법 뿐만이 아니라 자유회상, 단서회상, 재인, 맥락적 기억판단 영역으로 다양화되었다. 그러나 뭐니 뭐니 해도 이 시기에 이룩된 가장 중요한 업적은 기억의 구조가 단기기억과 단기기억의 2원적 구조라는 이론에서 특히 장기기억의 구조에 대한 본격적인 연구가 이루어진 것과, 장기기억의 유형을 크게 일화기억과 의미기억으로 구분하여 여러 가지 측면에서 그들 간의 차이를 규명한 것이다. 이 시기의 또 다른 특징으로는 기존의 심리학적 영역의 연구 뿐 아니라 신경생리학적 영역의 연구도 시작되어 이들 사이의 결과를 통합하려는 노력이 있었다는 점이다¹³⁾.

4. 다중 기억체계이론(Multiple Memory System Theory) 및 다학문의 시기

매우 다양한 형태의 기억에 관한 구분이 1970년대 이후 활발히 이루어지게 되었는데 일화기억/의미기억^{20,21)}, 인지기억/운동기억²²⁾, 작업기억/장기기억²³⁾, 암묵기억/외현기억^{10,24)}, 서술적 기억/비서술적 기억²⁵⁾ 혹은 절차기억²⁶⁾ 등이 그것이다. 따라서 당연히 이러한 여러 가지 구분을 통합하여 하나의 틀 속에 묶어 분류화하려는 시도가 이어졌는데, 1980년대부터 본격화된 이런 방향의 이론을 다중 기억체계이론이라고 한다^{21,27)}. 그 중

대표적인 것으로는 Schachter와 Tulving²⁷⁾의 분류가 있는데 그들은 기억을 작업기억, 의미기억, 일화기억, 지각적 표상, 절차기억의 5개 체계로 나누고, 인출특성, 기본보유기간, 하위체계 등의 제반 변인별로 각각의 특징을 기술하였다. 그들은 또한 최근 f-MRI, PET 같은 최근의 뇌영상학적 연구결과와 연결시켜 자신들의 분류의 타당성을 입증하려 하였다²⁸⁾.

또 이 시기에 이루어진 주목할만한 업적 중 하나는 기억이론의 대형 수리적 모형(global memory model)들이 제시된 것이다. 즉 지각심리학 분야의 신호탐지 이론에 입각하여 기억에 대한 통계적 판단-결정의 수리적 모형들이 개발되었는데 SAM 모델^{29,30)}, MINE-RVA2 모델^{31,32)}, TODAM 모델^{33,34)} 등이 대표적이다. 예를 들면 TODAM(Theory of Distributed Associate Memory)에서는 기억의 탐색을 전통적인 단일 기억흔적의 계열적 표상에 의한 것으로 보는 것이 아니라 병렬적 연결주의적 표상으로 보고 이 과정을 수리화 하였는데, 단일항목정보, 두 개 이상의 항목간의 연상정보, 사건들의 순서정보를 기억에 관한 세가지 주요정보로 간주하고, 이 정보들이 어떻게 표상되고 또 인출되는가의 문제를 확률적 결정이론, 신호탐지이론, 행렬적 대수 등의 수리적 이론들을 도입하여 기억을 하나의 통계적 수리적 모델로 제시하였다. 이 모델에서는 기억흔적이 기억창고의 특정 위치에 있는 것이 아니라 동일한 자극을 경험할 때마다 새로운 흔적이 생기며 관련정보들이 여러 차원의 행렬형태로 기억창고에 분산 표상되어 저장되며, 인출은 이러한 행렬형태의 분선표상된 여러 흔적에 대한 회선-상관적 벡터(convoluted-correlated vector)에 대한 Poisson-Neyman류의 통계적 결정을 하는 것으로 모형화 하였다^{11,35)}.

한편 이 시기는 지금까지 심리학 방면이 거의 전부였던 지금까지의 연구에서 신경생리학, 신경약리학, 생화학, 유전공학, 뇌영상학, 수학 등 다양한 분야로 확장되어 나가게 되어 다학문, 다수준적 접근이 상호 가능하게 되었는데, 어떻게 보면 이 시기에 이루어진 기억연구분야에서 가장 중요하고도 큰 업적은 기억연구가 매우 넓은 범위로 확장되고 자유화되게 되어 엄청난 양의 기억연구가 이루어지게 되고 향후 연구의 방향을 제시하게 된 것 자체일 것이다.

향후 연구과제

우리는 경험에 의해서 우리의 지식, 감정, 행동 등이 항상 변화한다는 사실을 경험적으로 알고 있다. 일반적인 의미에서 기억이란 '과거경험의 결과'라고도 정의될 수 있으며, 기억은 인지기능의 가장 핵심적인 요소이다. 따라서 인간으로서 우리가 겪고 행하고 느끼는 모든 일은 어떤 의미에선 기억과 관련되어 있다고 말할 수 있다. 지금까지 적어도 행동심리나 인지심리학 영역에서는 거의 틀림없다고 믿어도 될 정도의 기억이론이 이미 상당수 확립되어 있다고 보아도 될 것이다. 그러나 기억에 관련된 신경생물학적 연구는 아직 걸음마기에 불과하며, 최근 들어 가장 각광받는 연구분야라고 하나, 심하게 말하면 아직 어느 것 하나 제대로 체계화된 것이 없다고 해도 지나친 말이 아닐 것이다. 예를 하나 들어보자. 경험에 의한 정보가 부호화 되고 저장되는 과정에서 기억흔적(engram)에 따른 어떤 중추신경계 변화를 남긴다고 추정되고 있는데, 그것이 구체적으로 어떤 신경생리학적 변화를 말하는 것인가 하는 문제는 아마도 가장 먼저 규명되어야 할 기억의 기본적인 생물학적 연구분야일 것이다³⁶⁾. 이에 관해서는 3가지 가설이 있는데 첫째, 시냅스전달체에 어떤 변화를 일으킨 형태로 되어 있을 것이라는 가설, 둘째, 기억흔적이 전류적으로 구성되어 어떤 신경회로를 흐른다는 가설이다. 셋째, 기억정보는 RNA에 있는 뉴클레오타이드 서열의 형태로 부호화(coding) 되는데, 이것은 용해(soluble)될 수 있고 따라서 여러 뉴론에 확산될 수 있다는 학설이다. 그러나 이 세 가지 중 어느 것이 맞는지 아직 완전히 증명된 것은 아니며, 이들이 상호 배타적인 가설인지의 여부마저도 모호한 형편이다. 최근 Colombia의대의 Eric Kandell이 중심이 된 연구팀이 바다 달팽이의 일종인 군소(Aplysia)를 이용한 일련의 연구를 통하여, 우리 뇌신경계가 장기간의 경험(기억)에 의하여 구조적 변화(neuroplasticity)를 일으킨다는 증거를 보여주었다^{37,38)}. 물론 이 연구는 2000년 노벨 의학상을 탄 연구일 정도로 기념비적인 연구이긴 하지만, 이 역시 기억이 신경계에 어떤 변화를 일으키느냐에 관한 문제에 완전한 해답을 준 것은 아니며, 단지 어떤 단서를 제공한 정도에 불과하다. 앞으로의 기억연구의 과제는 지금까지 이루

어진 심리학 분야의 연구결과와 신경생물학적 분야의 통합이 될 것이 틀림없어 보이는데, 현재까지 이룩된 기억연구의 의문점을 이런 측면을 중심으로 주제 별로 나누어 제기함으로써, 향후 연구과제가 어떠한 것이 될 지를 살펴보기로 하겠다.

1. 어떤 경험이 저장되는가?

일상생활에서 우리는 엄청나게 많은 자극에 노출된다. 그렇다면 그런 경험을 할 때마다 매번 신경계에 변화가 생길까? 만약 그렇다면 어떤 종류의 변화가 초래되는 것일까? 인간의 신경세포의 수는 한정되어 있으므로 자극이 있을 때마다 변화가 일어나리라고 생각하는 어렵고 아마도 어떤 경험은 저장되고 어떤 것은 저장되지 않는 것 같다³⁶⁾. 그렇다면 도대체 무엇을 저장하는가를 결정하는 기전은 무엇이고 어떤 생물학적 과정이 그 기전에 관여할까?

기억에는 여러 가지 형태가 있으며 단순히 어떤 자극에 대한 학습과정의 반응만으로 이루어진 것은 아니다. 인간은 단지 다른 사람들이 어떻게 하는지 보기만 해도 언어구사 같은 여러 가지 복잡하고 힘든 기술을 익히는 경우도 있다. 현재까지 기억의 생물학적 연구는 같은 자극으로 반복해서 자극할 경우 해당 신경계에 구조적 변화를 일으킬 수 있다³⁷⁾는 정도의 수준만 밝혀져 있을 뿐이며, 직접적인 자극이 없을 경우나 복잡한 기술 습득 기억에 필요한 생물학적 기전은 아직 잘 모르는 형편이다. 어떤 생물학적 기전이 정보가 저장될지를 선택하고, 복잡한 기술 습득을 가능하게 하는 지는 향후 밝혀져야 할 중요한 연구과제 중 하나일 것이다.

2. 경험은 어떻게 저장되는가?

모든 경험의 저장과정은 다 똑 같은가, 아니면 경험의 종류에 따라서 다른가? 단기기억과 장기기억의 저장은 같은 기전인가? 또 나이에 따라서는 어떻게? 장기기억 속으로 강화(consolidation) 될 때는 어떤 기전을 거치는가? 또 같은 강화라고 할 때에도 조건화(conditioning), 습관화(habituation) 때와 같은 단순한 기억과, 언어학습 때와 같이 복잡한 기억일 때는 그 기전이 같을까, 다를까? 또 동물의 종(species)에 따라서는 같을까, 다를까? 만약 기억의 저장이 신경계의 변화에 의한다는 사실이 맞다면 그 변화는 어떤 기질(substrate)의 구체화된 형태로 변화되어 있는가, 아

닌가? 또 일단 저장된 기억이라도 어떤 경우는 우리가 인지할 수 있고 어떤 경우는 인지하지 못하며, 어떤 경우 예를 들면 시간이 지나면 애초의 기억이 변화 또는 왜곡되어 달리 기억되는 경우도 있는데, 이러한 경우 그 기전이 신경계의 가소성에 따른 구조적 변화의 형태나 양상 역시 변하기 때문인가?

기억의 저장에 관한 연구는 생물학적 분야에서도 최근 수 십 년간 가장 집중적으로 탐구되어온 영역이며 일부 실험적 연구에서 신경의 가소성(neuro-plasticity)이 입증되어 이것이 기억의 저장에 관여할 것이라는 결론에 이르는 성과를 얻은 것도 사실이다^{37,38)}. 그러나 이러한 결과도 아직 일부 동물에서, 극히 단순한 과제 수행에 필요한 신경계에서, 그것도 실험적 상황에서 밝혀졌을 뿐이다. 따라서 이러한 신경의 가소성이 모든 동물, 모든 학습에서 일어나리라는 가정 하에 일반화하기엔 아직도 밝혀내야 할 부분이 너무나 많다.

3. 경험은 어떻게 인출되는가?

어떤 사람의 전화번호를 기억해 내려고 작성할 때 어떤 과정을 거쳐 우리가 알고 있는 숫자의 많은 순열 중 하나를 꺼집어 내며, 또 그것이 맞고 안 맞고는 어떻게 알까? 지금까지의 실험결과 인출에 필요한 정보는 아마 틀림없이 범주화되어(categorized) 있는 것 같다. 예를 들면 전화번호나 어떤 것의 명칭을 기억에서 인출해 내려고 할 때, 그 정보는 단순히 입력된 순서나 가나다 순으로 찾아내지는 것이 아니고, 단어의 길이, 흔한 단어인지 아닌지 등의 범주를 기준으로 찾아지는 것 같다³⁶⁾.

생리적 수준에서 말해 보면, 기억인출은 상태-의존적(state dependent)이다^{13,36)}. 즉, 기억은 처음 학습될 당시의 생리적 상태와 비슷한 조건하에 놓여 있을 때 보다 쉽게 인출된다고 한다. 기억인출이 상태-의존적이라는 증거는 동물을 훈련시킬 때 처음 어떤 약을 먹인 상태에서 가르친 후, 이후 인출과정 실험에서 같은 약을 먹인 경우와 다른 약을 먹인 경우 그 효과가 전자가 훨씬 크다는 사실로 입증된다. 그러나 이 정도의 연구를 제외하고는 아직 인출과정서 신경계 수준에서 어떤 생물학적 기전을 갖는가에 관한 연구는 거의 없다.

4. 기억은 어떻게 통합(integration) 되는가?

최근기억이 이미 확립되어 있는 과거기억을 활성화

시키는가? 왜 반복학습은 기억의 강도를 높이는가? 신경계는 어떻게 과거의 기억에 새로운 기억을 추가하여 통합시켜주는 것일까? 반복학습을 할 경우 기존의 같은 신경계에 추가 변화를 일으키는 것일까, 아니면 각각의 학습 때마다 서로 다른 신경계에 변화를 일으키는가? 좌우 대뇌반구는 정보처리 대상이 다른 것으로 밝혀졌는데³⁹⁾, 좌측 대뇌반구가 담당하는 언어정보에 대한 기억은 어떻게 촉각정보와 같은 우측 대뇌반구의 기억과 통합되는가? 경험의 종류에 따라서 기억계에 쉽게 통합되는 것과 그렇지 않은 것이 있을까? 동물의 종에 따라 보다 쉽게 학습할 수 있는 정보의 종류가 다른 것으로 보인다³⁶⁾. 종에 따른 이러한 차이는 신경세포나 신경계의 조직이나 구성에 차이가 있어서 그럴까? 인간은 어떤까? 인간은 다른 것은 다른 동물보다 못하지만, 복잡한 언어학습 능력은 분명히 뛰어난데 그것은 어떤 신경생물학적 차이 때문일까?

이러한 기억의 통합에 관한 의문은 매우 흥미롭고 중요한 주제이지만 현재로서는 아직 명확한 해답을 알지 못한다.

5. 망각은 왜 일어날까?

기억이 경험의 산물이라면 망각 역시 경험의 산물이라 하겠다. 망각이 일시적으로 일어나는 경우도 많은데 이를테면 어떤 사람 이름이 알 듯 말 듯 기억이 안나다가 나중에 생각나는 경우를 우리는 흔히 경험한다. 이런 일시적인 망각은 인출의 장애로 이해될 수 있을 것이다. 그러나 망각이 모두 단순히 인출의 장애 때문에 일어나는 것은 아니고 다른 이유도 있다. 대표적인 것으로 나중에 학습된 정보가 먼저 학습된 정보를 상기시키는데 방해가 되 역행성 간섭을 들 수 있다. 또 기억상실은 약물 투여를 한다거나 전기충격요법 같이 신경계 기능에 영향을 주는 여러 가지 조작을 할 때도 보여지는데, 이 경우는 어떤 학습을 받고 난 직후 그런 조작이 주어질 때 확연하게 보여진다⁴⁰⁾. 따라서 이러한 망각은 기억의 강화(consolidation) 과정의 장애로 보인다. 시간이 지남에 따라 일어나는 망각은 매우 흔한데, 이런 경우의 망각을 모두 위에서 설명한 간섭, 강화 등의 이론으로 해석될 수 있는가, 아니면 이런 망각은 모두 정상적인 신경생물학적 과정인가? 망각은 부분적으로는 세포대사과정의 결과인가?

가장 기본적으로 해결해야 할 위의 질문에 대답 마저

현재로서는 정확히 모른다. 그러나 새로운 기억을 습득할 때 일어나는 신경생물학적 변화, 기억강화 과정을 조정하는 신경생리적 조건 등에 관한 연구는 최근 10여년 간 괄목할 만한 성과를 거둔 것은 사실이며, 일부 연구에서 어느 정도, 이상의 질문에 대한 해답의 단초가 되는, 주목할만한 결과를 도출할 수 있었다. 앞으로 도 위의 질문에 해답을 구하려 연구를 계속하는 것이 현 상황에서 우리에게 주어진 과제라 하겠다.

6. 일상 생활 속의 기억연구

지금까지의 기억연구는 실험적 연구가 대부분이었다. 마지막으로 우리에게 주어진 또 하나의 중요한 과제는 심리학적 분야이건 생물학적 분야이건 인위적 조작이 가해진 실험연구가 아닌, 실제 일상생활 속에서 여러 가지 기억의 기전에 관한 연구이겠다. 이에 관해서는 1990년대 이후 심리학 분야의 연구가 시작되어 이미 몇 가지 주목할 만한 결과가 나왔다. 그 중 인간이 자신의 자서전적 경험을 어떻게 기억하고 있는가 하는 연구가 가장 흥미로운데 자서전적 경험의 경우 기억의 오류가 일반적으로 생각하는 것 보다 훨씬 많으며 시간이 흐름에 따라 생기는 이러한 기억의 왜곡에 영향을 주는 주요 변인으로는 사회, 동기 및 성격요인 (social, motivational, and personality factor)이 있다고 한다⁴¹⁻⁴³). 어쨌든 이 방면의 연구는 더욱 발전되어야 할 향후과제인데, 이 경우 동물실험 모델을 적용하기 어려워 아직까지 생물학적 분야의 연구는 거의 없는 형편이다. 그러나 다행히 최근 f-MRI나 PET 등 비침습적 (noninvasive)인 뇌영상학 기술이 비약적으로 개발되어 이것을 잘 이용할 경우 이러한 방면에 관한 생물학적 연구도 어느 정도 가능하리라고 믿어져, 앞으로의 연구결과가 기대된다 하겠다.

7. 유전자는 기억에 어떤 역할을 하는가?

최근 학습이나 기억에 관련된 신경 시냅스, 신경세포의 기능적 변화나 구조적 변화에 관련된 괄목할 만한 연구가 연이어 발표되고 있다. 정보처리의 구조적인 기본적인 단위는 뉴런이라고 불리는 신경세포이며, 기능적 기본단위는 신경 시냅스이다. 1990년 초반 이후 콜롬비아 대학의 Kandel을 주축으로 한 연구팀은 가장 단순한 신경세포군을 가지고 있어 연구에 용이한 바다 달팽이의 일종인 군소(Aplysia)를 이용하여, 학습과 기억이 신경계의 구조에 어떤 변화를 초래하는가 하는 문

제에 대한 연구를 꾸준히 진행하여 왔다^{37,38}). 유해하지 않은 같은 자극을 계속적으로 줄 경우 그 자극에 대한 반응이 점차 반응하게 되는데 이를 습관화(habituation)이라고 하며, 반면 해롭거나 아주 강한 자극을 주면 더욱 강하게 반응하게 되는 경우를 민감화(sensitization)이라고 한다. Kandel 등³⁷)은 이러한 습관화, 민감화 및 고전적 조건화(classical condition)의 기억속성이 군소의 아가미 수축반사를 통해 그대로 재현되는 것을 발견하고 이러한 현상이 일어나게 되는 신경생물학적 기전을 규명하였다. 이들의 연구 결과 신경시냅스의 가소성(synaptic plasticity)이 생기는 것이 밝혀졌는데, 다시 말하면 기억의 속성에 따라 신경시냅스의 유효성이 변화하게 되는 현상을 말한다. 그들은 또한 같은 기억내용이라도 단기기억과 장기기억이 신경회로망이나 시냅스에서 서로 다른 기전을 통해 작동된다는 가설을 어느 정도 뒷받침할 수 있는 사실을 발견하였다. 좀 더 자세히 설명하면 예를 들어 민감화와 관련된 단기기억의 경우 facilitating interneuron을 통해 이루어지는데 이 신경세포가 자극을 감지하여 세로토닌을 분비하며 세로토닌 수용체에 결합한 후 GTP 결합단백질(heteromeric GTP binding protein)을 자극하여 2차 전령(second messenger)인 cAMP을 생산하고 cAMP는 단백질 인산화효소 A(PKA)에 결합하여 세포내에서 목표단백질(target protein)을 인산화시키게 되는 바, 목표단백질의 대표적인 것으로는 세포막에 있는 K⁺ 이온 채널인데 인산화 된 K⁺ 이온 채널은 기능을 손실하게 되므로 뉴론의 흥분성이 증가되어 시냅스의 유효성을 증가시킨다는 것이다. 그런데 이러한 인산화 과정에 의한 시냅스 유효성의 촉진은 몇 시간 밖에 지속되지 못하는데 아마도 이러한 단기적 시냅스 촉진이 단기기억의 세포학적 메카니즘의 모델로 추정된다는 것이다. 이러한 단기 시냅스 촉진은 감각뉴런의 제반 전기적 특성이 변화하는데서 비롯되는데, 탈분극화, 막 흥분성의 증가, 활동전위의 지속시간 증가, 시냅스 소포체의 이동성 증가 등이 그 예이다³⁸). 반면 장기기억은 반복적인 학습훈련을 할 경우 이루어지는데, 이 경우에는 PKA의 활성 소단위의 시간적, 공간적 세포내 확산 정도가 커지게 되어 그 범위가 핵 속으로까지 확장되게 되며, 그에 따라 유전자 발현에 관계되는 전사인자들이 인산화 되어 활성화되는데 이러한 활성화된 전사인자들이 다양한 기억관련 유

전자를 발현시킨다는 것이다⁴⁴⁾. 이러한 기억형성에 관련된 전사인자나 유전자 산물들로 CREB 단백질, C/EBP ubiquitin hydrolase 등이 알려져 있는데 이것들은 기존 시냅스의 유효성을 증가시키거나 시냅스의 수를 증가시키는 장기기억에 따른 시냅스강화효과를 나타내게 되고 이에 따라 시냅스의 구조적 변화도 동반된다고 한다³⁸⁾. 최근의 연구에 의하면 학습된 내용이 장기기억화 될 때 두뇌구조에 변화가 일어난다고 하는 보고가 상당수 있다. 반복된 학습에 의해 장기기억화 될 경우 학습 해당 부위의 두뇌 영역의 확장이 일어나며 학습 전에 존재했던 시냅스의 기능이 향상될 뿐만 아니라 새로운 시냅스가 만들어지는 것으로 추정되고 있다. 새로운 시냅스 형성의 촉진에는 뉴런의 세포막에 존재하여 세포막과 세포막을 서로 붙여주는 역할을 하는 단백질인 apCAM이 중요한 역할을 하리라고 추정되고 있는데 세로토닌은 apCAM을 세포막에서 제거하는 작용을 하게되어 서로 다발로 묶여있던 개개의 축삭들이 자유롭게 되어 새로운 시냅스를 형성할 목표뉴런으로 뻗어 나갈 수 있게 해준다고 한다^{45,46)}. 기억이나 학습과 관련된 신경세포적 변화로는 위에서 살펴본 시냅스 촉진 이외에도 시냅스 강화가 있다. 잘 알려진 대로 측두엽에 있는 해마(hippocampus)는 서술기억(declarative memory)에 중요한 역할을 하는데, 해마의 신경회로에서 어떤 자극이 반복적으로 주어졌을 때 보통의 활동전위(action potential) 보다 훨씬 그 강도가 큰 EPSP (excitatory post-synaptic potential)가 생기며 상당기간 이 전위가 지속되는 것이 관찰되는데 이러한 현상을 장기 시냅스 강화(long term potentiation ; LTP)라고 하며, 이것 역시 장기기억과 밀접하게 관련된 신경생리학적 기전으로 추정되고 있다⁴⁷⁾. 신경생리학자인 Hebb⁴⁸⁾은 A신경세포의 축삭이 B신경세포를 계속해서 흥분시키면 신경세포에서 어떠한 성장이나 대사가 일어나서, 신경세포 B를 점화(firing)시키는 것에 대한 A의 효율성이 증가된다고 하고 이를 'Hebb의 제일 법칙(Hebb's first rule)'이라고 하였는데, 앞서 살펴본 여러 연구결과는 기억이 신경세포의 세포간의 연결에 구조적 변화를 일으킴으로 발생한다는 Hebb의 이러한 가설을 강력히 지지하는 것이겠다. 최근의 연구들에 의하면 군소보다 더 발달된 동물의 경우 기억과 관련된 뇌의 구조적, 기능적 변화는 세로토닌 이외에도 아세틸콜린, 노아에피네프린, 도파민, GABA, opiate,

glutamate 등이 관련된다고 하며 glutamate의 경우 특히 NMDA receptor가 아주 중요한 역할을 한다고 한다⁴⁹⁾. 이상의 여러 결과를 간단히 요약하면 기억은 결국 신경세포의 시냅스 연결에 구조와 기능적 변화를 주어, 기억과 관련된 어떤 자극이 오면 그 신경 연결이 효율적으로 가동되도록 하여 그 내용이 계속 기억되도록 한다는 것이다. 한편 기억에 관련된 신경생물학적 기전으로 이상에서 설명된 시냅스의 가소성에 의한 것 이외에 또 다른 가능성으로서, 서로 다른 시냅스를 구성하고 있는 뉴런들이 전기적으로 동조진동(synchronized oscillation)함으로써 서로간 전기생리학적으로 연결될 수 있는 능력이 가소적으로 변할 수 있을 가능성도 제시되고 있다⁵⁰⁾.

물론 아직은 비교적 단순한 신경계에 국한된 연구이지만 이상에서 살펴본 바와 같이 학습이나 기억과 관련된 신경세포학적 기전은 이미 상당 부분 밝혀져 있다. 당연히 다음 단계의 생물학적 기억연구과제로는 이러한 신경세포의 집합체인 뇌피질이나 피질하 부위의 국소적 혹은 전반적 기능이나 기전에 관한 분야가 되겠다. 우선 그 수많은 기억 정보가 과연 어디에 저장되며, 어떤 기전을 통해 뇌피질에서 기억을 형성하고 저장되고 인출되는가 하는 의문에 대한 답인데 현재까지의 연구결과들을 종합하여 주된 가설을 세워보면 하나 하나의 정보가 들어올 때마다 처리되어 어떤 별도의 국소적 저장부위에 옮겨지는 것이 아니고, 뇌피질에 입력된 자료가 처리되는 그 곳에서 바로 기억되며 그 형태는 세포-세포간, 시스템-시스템 간의 연결 강도가 변화됨으로써 기억이 형성되는데, 한 정보가 들어오면 그 정보는 그 자체로 독립적으로 분석되는 것이 아니라 다른 연관된 정보가 자극이 되어 그 전체 정보가 변형을 하여 새로운 정보를 형성함으로써 기억되며 이러한 처리정보의 과정은 어떤 신경계망(network)을 기초로 이루어 진다고 한다. 해부학적으로는 이 신경계망은 trion이라고 불리는 작은 microtubule이 6개가 모여 대뇌 피질 6층에 종적으로 연결된 직경이 50~80 μ m인 한 column이 기본단위가 되는데 이러한 신경계망은 아무렇게나 연관되어 있는 것이 아니고 어떤 계통성과 분류원칙에 의해 형성되어 있고 그 분류와 계통이 어떤 위상지도(topological map)를 형성하게 된다는 것이다⁴⁹⁾. 이상의 설명은 Hebb⁴⁸⁾가 1940년대에 이미 'Hebb의 제 2 법칙(Hebb's second rule)'

에서 '신경의 두 세포 혹은 두 시스템이 동시에 반복적으로 자극되면 상호간에 연관성이 일어나며 따라서 나중에는 하나만 자극이 되면 다른 것도 같이 활성화된다'고 한 주장과 정확히 일치하여 그의 해안이 놀라울 뿐이다. 다음 의문점으로 대뇌피질과 그 외 하위피질(subcortex) 부분의 신경망이 기억에 관련되어 어떤 기능을 하는가 하는 문제인데 이 부분에 대한 해답은 이미 상당부분 밝혀져 있다. 즉, 대뇌피질은 기억의 가장 중요한 부분으로 과거 일부 학자들이 생각했던 것과는 달리 단지 저장만을 담당하거나 단기 기억만 담당하는 것이 아니고 저장, 인력, 회상 모두를 담당하며 마찬가지로 단기 기억 뿐만이 아니라 장기 기억도 담당하게 되며 하위피질은 대뇌피질에 보조적인 역할을 하게 되는데 그 기능을 간단히 요약하면 해마(hippocampus)는 기억의 구조분석 및 분류를 하여 적절한 기존의 신경망과 연결시키고 이를 안정적 구조로 강화시키며, 편도(amygdala)는 정서적인 면과 관계되어 기억과 정보처리를 조절하게 하며, 대상회전(cingulate gyrus), 중측 및 안와전두피질(medial & orbital frontal cortex) 등은 기억과 정보처리 기능을 위한 여러 집중기능을 제공한다. 그리고 기저핵(basal ganglia), 시상(thalamus) 등은 더욱 고도의 언어, 개념, 의미 분석을 통해 기억 기능을 돕는다⁴⁹⁾.

마지막으로 해결되어야 할 또 다른 중요하고도 큰 의문은 경험적, 실험적으로 생물의 종에 따라 분명 선천적으로 지니고 있는 서로 다른 유전 기억이 존재하는 것이 거의 틀림없는 사실로 보이는데, 어떤 생명체가 태어날 때부터 이미 지니고 있는 소위 유전 기억(inherited memory)이 있는지, 있다면 그 역할은 무엇인지, 또 이것은 생후 학습이나 경험에 의해 생긴 획득된 기억(acquired memory)에 어떤 영향을 주는지 즉, 선천적 유전 기억만 지배하는 체계가 따로 존재하는지 아니면 성장과정 속의 경험 또는 학습 등의 환경적 요인에 의한 기억의 영역을 동시에 지배하는 복합적 상위체계를 가지고 있는지, 그렇다면 어떤 기전으로 조절하는지, 이것과 관련되어 특수한 기억조절 유전자가 따로 있는지, 있다면 동물에 따라 다른지, 여러 가지 측면의 기억의 영역에 DNA 등 유전자가 어느 정도, 어떤 영향을 주는지, 특히 학습에 의해 신경계에서 구조변화가 일어날 때 발현되는 기억관련 유전자들의 정체와 이로써 발생하는 시냅스의 구조변화과정은 어떤 것인지, 이

것과 신경발달(neuro-development), 신경성장, 신경변성, 신경과피와의 관련성은 무엇인지 하는 등으로, 현 단계에서는 이 영역의 연구는 아직 걸음마 단계에 마저도 미치지 못하고 있다고 볼 수 있지만 앞으로는 이러한 광범위한 질문에 해답이 되는 기억의 분자생물학적 체계의 규명이 가장 중요한 연구과제가 될 것은 틀림없다 하겠다³⁸⁾.

REFERENCES

- 1) **McGoch JA** (1942) : The Psychology of Human Learning : An Introduction. New York, Longmans
- 2) **Gardiner JM, Java RI** (1993) : Recognition and remembering. In : Theories of Memory. Ed. by Collins A, Gathercole M, Morris P, Hillsdale, Erlbaum, pp163-188
- 3) **Tulving E** (2000) : Concepts of memory, In : The Oxford Handbook of Memory. Ed. by Tulving E, Craik FJM, New York, Oxford University Press, pp33-43
- 4) **Tulving E** (1989) : Memory : Performance, knowledge and experience. Eur J Cog Psychology 1 : 3-26
- 5) **박태진** (1995) : 기억장애의 선택적 고찰. 정신건강연구 14 : 116-131
- 6) **Warrington EK, Weiskrantz L** (1968) : New method of testing long-term retention with special reference to amnesic patients. Nature 217 : 972-974
- 7) **김정오** (1995) : 기억실험 : 과제유형 및 과제분석. 정신건강연구 14 : 104-115
- 8) **Roediger HL, Blaxton TA** (1987) : Retrieval modes produce dissociations in memory for surface information. In : Memory and Cognitive Processes. ed. by Gorfein R, Hoffman R, Hillsdale, Erlbaum, pp349-379
- 9) **Tulving E, Schacter DL** (1990) : Priming, and human memory systems. Science 247 : 301-306
- 10) **Graf P, Schacter DL** (1985) : Implicit and explicit memory for new associations in normal subjects and amnesic patients. J Exp Psychol Learn Mem Cogn 11 : 501-518
- 11) **이정모** (1995) : 기억이론 개관. 정신건강연구 14 : 68-103
- 12) **Warren HC** (1921) : A History of the Associations Philosophy. New York, Charles Scribner's Sons
- 13) **Bower GH** (2000) : A brief history of memory research, In : The Oxford Handbook of Memory. Ed. by Tulving E, Craik FJM, New York, Oxford University Press, pp3-32
- 14) **Ebbinhaus H** (1885) : On Memory. Translated by

- Ruger HA, Bussenius E(1913), New York, Teacher's College. Cited from Bower GH(2000) : A brief history of memory research, In : The Oxford Handbook of Memory. Ed. by Tulving E, Craik FJM, New York, Oxford University Press, pp3-32
- 15) **Bower GH, Hilgard ER**(1981) : Theories of Learning. 5th ed, Englewood Cliffs, Prentice-Hall
 - 16) **Darwin C**(1885) : Origin of Species by Means of Natural Selection. London, John Murry
 - 17) **Pavlov IP**(1927) : conditioned Reflexes. London, Clarendon Press
 - 18) **Miller GA, Galanter E, Pribaum KH**(1960) : Plans and the Structure of Behavior. New York, Holt, Reinhart & Winston
 - 19) **Neisser U**(1967) : Cognitive Psychology. New York, Appleton-Century-Crofts
 - 20) **Tulving E**(1972) : Episodic and semantic memory, In : Organization of Memory. Ed. by Tulving E & Donaldson W, New York, Oxford University Press
 - 21) **Tulving E**(1983) : Elements of Episodic Memory. New York, Oxford University Press
 - 22) **Mishikin M, Petri HL**(1984) : Memories and habits : Some implications for the analysis of learning and retention. In : Neuropsychology of Memory. Ed. by Squire L, Butters N, New York, Guilford, pp287-296
 - 23) **Baddeley A**(1986) : Working Memory. Oxford, Clarendon Press
 - 24) **Schacter DL**(1987) : Implicit memory : History and current status. J Exp Psychol Learn Mem Cogn 13 : 501-518
 - 25) **Squire LR**(1992) : Memory and the hippocampus : A synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. Psychol Rev 99 : 195-231
 - 26) **Cohen NJ, Eichenbaum H**(1993) : Memory, Amnesia, and the Hippocampal System. Cambridge, MA, MIT, Press
 - 27) **Schacter DL, Tulving E**(1994) : Memory Systems. Cambridge, MA, MIT Press, pp1-38
 - 28) **Schacter DL, Wagner AD, Buckner R**(2000) : Memory systems of 1999, In : The Oxford Handbook of Memory. Ed. by Tulving E, Craik FJM, New York, Oxford University Press, pp627-643
 - 29) **Gillund G, Shiffrin RM**(1984) : A retrieval model for both recognition and recall. Psychol Rev 91 : 1-67
 - 30) **Raaijmakers JGW, Shiffrin RM**(1981) : Search of associative memory. Psychol Rev 88 : 93-134
 - 31) **Hintzman D**(1986) : "Schema abstraction" in a multiple-trace memory model. Psychol Rev 93 : 411-428
 - 32) **Hintzman D**(1988) : Judgements of frequency and recognition memory model. Psycho Rev 95 : 528-551
 - 33) **Murdock BB**(1982) : A theory for the storage and retrieval of item and associative information. Psychol Rev 90 : 609-626
 - 34) **Murdock BB**(1997) : Context and mediators in a theory of distributed associative memory(TODAM2). Psychol Rev 104 : 839-862
 - 35) **Ratcliff R, McKoon G**(2000) : Memory models, In : The Oxford Handbook of Memory. Ed. by Tulving E & Craik FJM, New York, Oxford University Press, pp571-581
 - 36) **McGaugh JL**(1976) : Neurobiological aspects of memory, In : Biological Foundations of Psychiatry. Ed. by Grenell RG & Gabay S, New York, Raven Press, pp499-524
 - 37) **Kandel ER, Schwartz JH, Jessel TM**(1991) : Principles of Neural Science. 3rd ed, New York, Elsevier, pp1009-1031
 - 38) **강봉균**(1998) : 시냅스 촉진 : 학습과 기억의 세포학적 메커니즘. 정신건강연구 17 : 47-61
 - 39) **Markowitsch HJ**(2000) : Neuroanatomy of memory, In : The Oxford Handbook of Memory. Ed. by Tulving E, Craik FJM, New York, Oxford University Press, pp465-484
 - 40) **Curran HV**(2000) : Psychopharmacological perspectives on memory, In : The Oxford Handbook of Memory. Ed. by Tulving E, Craik FJM, New York, Oxford University Press, pp539-554
 - 41) **Greenwald AG**(1980) : The totalitarian ego : Fabrication and revision of personal history. Am Psychologist 35 : 603-618
 - 42) **Loftus EF, Ketcham K**(1994) : The Myth of Repressed Memory : False Memories and Allegations of Abuse. New York, Saint Martin's Press
 - 43) **Ross M**(1989) : Relation of implicit theory to the construction of personal histories. Psychol Rev 96 : 341-357
 - 44) **Bacskai BJ, Hochoer B, Mahaut-Smith M, Adams SR, Kaang BK, Kandel ER, Tsien RY**(1993) : Spatially resolved dynamics of cAMP and protein kinase A subunits in Aplysia sensory neurons. Science 260 : 222-226
 - 45) **Bailey CH, Chen M, Keller F, Kandel ER**(1992) : Serotonin-mediated endocytosis of apCAM : An early step of learning related synaptic growth in Aplysia.

- Science 256 : 645-649
- 46) **Mayford M, Barzila A, Keller F, Schacher S, Kandel ER** (1992) : Modulation of an NCAM-related adhesion molecule with long-term synaptic plasticity in *Aplysia*. Science 256 : 638-644
- 47) **Bliss TVP, Lomo TJ** (1973) : Longlasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anesthetized rabbit following stimulation of the perforant path. *J Physiol* 232 : 331-356
- 48) **Hebb DO** (1949) : *The Organization of Behavior : A Neuropsychological Theory*. New York, Wiley
- 49) 이성훈 (1998) : 기억의 뇌기전과 정신의학. *신경정신의학* 37 : 14-33
- 50) **Whittington MA, Traub RD, Jefferys JG** (1995) : Synchronized oscillations in inter-neuron networks driven by metabotropic glutamate receptor activation. *Nature* 373 : 612-615

— **ABSTRACT** ————— *Korean J Psychosomatic Medicine* 9(1) : 3-15, 2001 —

Memory and Memory Research : Concept, History and Future Direction

Byung-Hwan Yang, M.D., Ph.D., Ki-Chung Paik, M.D., Ph.D.

Department of NeuroPsychiatry, Hanyang University College of Medicine, Seoul, Korea

The term 'memory' has acquired so many meanings today that it is not even confined to the mental domain any longer, although it is etymologically derived from the Anglo-Saxon word 'gemund', meaning mind. In its most typical sense, memory can be defined as 'the reawakening of the past in the service of present'. But in many papers, the term memory has been used in a various different meaning, which made the interpretation of the research result very complicated. Recently there has been tremendous development in the neurobiological researches with regard to the memory. This paper reviewed the concept, history, and current tendencies of the memory and memory researches comprehensively for the purpose of showing future direction of the memory researches.

KEY WORDS : Memory · Memory research · Concept · History · Future direction · Neurobiology.
