

형태화 변별과제에서 해마손상의 효과

김창욱 · 현성용

대구대학교 심리학과

본 연구는 흰쥐를 사용하여 Y-미로에서 동물의 기억부담을 최소화시키고, 또한 공간적 정보의 사용없이 단지 상대적 방향 전략만으로도 학습이 가능한 조건에서 해마손상의 효과를 살펴보고자 하였다. 실험 1에서는 빛과 소리 자극간의 단순변별학습을 시켰으며, 실험 2에서는 빛 또는 소리의 요소자극과 빛 + 소리의 복합자극의 형태화 변별학습을 시켰다. 실험 결과 단순변별과제에서는 해마손상집단도 통제집단과 마찬가지로 정상적인 변별학습이 가능하였으나, 형태화 변별과제에서는 해마손상이 요소자극과 복합자극 간의 변별을 하지 못한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 해마의 기능에 관한 구성연합이론의 관점에서 해석될 수 있었다.

해마가 손상된 동물들은 자발적 교대반응(Munoz & Grossman, 1980), 수동회피학습(Isaacson & Wickelgren, 1962), 저지(Solomon, 1977), 잠재적 억제(Solomon & Moore, 1975), +자형 미로(O'keefe & Conway, 1980), 방사상 미로(Jarrad, 1983), Morris의 수중미로(Morris, 1983), 연속적 변별과제(Kimble, 1963), 부적 형태화 변별 과제(Rudy & Sutherland, 1989) 등이나 이들을 변형시킨 여러 과제들(강은주와 김기석, 1986; Olton & Feustle, 1981)에서 수행의 결함을 보이는 것으로 알려져 있다. 이러한 다양한 과제들에서의 해마손상효과를 학습 및 기억과정과 연결시켜 설명하고자 하는 시도들이 있어 왔다(O'keefe & Nadel, 1978; Olton, Becker & Handelman, 1980; Hirsh, 1980; Sutherland & Rudy, 1989).

O'keefe와 Nadel(1978)은 해마가 공간정보를

처리하는 기능과 관련됨을 강조하는 인지도가설을 제안하였다. 그들은 기억을 두 체계 즉, 위치체계(locale system)와 분류체계(taxon system)로 구분하였다. 위치체계는 동물로 하여금 환경의 공간적 관계성을 파악하여 환경에 관한 지도를 형성하게 하고, 동물은 이를 이용하여 환경속에서 자신을 위치화시킬 수 있으며, 문제 해결을 위해 환경에 대하여 장소가설(place hypothesis)의 사용이 요구되는 과제를 학습할 수 있다고 보았다. 반면에 분류체계는 특정단서에 대해 특정반응을 하도록 해주는 것으로서, 동물은 이 체계를 이용하여 특정 단서에 접근 또는 회피함으로써 문제를 해결하거나 또는 선택지점에서 특정방향으로 반응함으로써 문제를 해결해야 하는 과제들을 학습할 수 있다고 하였다. 이들은 이러한 두 가지 기억체계중 해마가 공간정보처리중에서도 분류체계보다는 위치체계에 관여하는 신경기제라고 가정하였다. 이러한 가설은 해마가

손상된 동물은 다양한 유형의 미로학습이나 장소 학습 과제에서 결함을 보였다. 그러나 양방회피 과제에서 오히려 정상동물보다 더 빨리 학습하였다는 결과들을 잘 설명할 수 있다.

그러나 Olton 등(1980)은 장소학습과제등에서 나타난 해마손상 동물의 결함이 장소라는 공간적 위치표상의 결함때문이 아니라 이전에 들어갔던 분지 또는 이전에 제시되었던 단서들을 일시적으로 파지하지 못하기 때문이라 해석하였다. 즉 이들은 기억을 작업기억과 참조기억의 두 가지 유형으로 구분하고, 작업기억 정보란 특정시행에서만 일시적으로 유용한 정보로서 매시행마다 변화될 수 있는 것이며, 반면에 참조기억정보는 과제의 학습에 필요한 일반적인 규칙과 같은 정보들로서 전체 시행에 걸쳐서 일관성있게 유지되는 것이라고 정의하였다. 그리고 해마의 기능은 주로 작업기억과 관련이 있다는 소위 작업기억 가설을 제안하였다.

한편 Hrish(1980)는 인출이란 잠정적 관련성이 있는 커다란 기억 세트 속에서 동물이 현재 직면한 상황에서의 행동을 통제할 가능성이 크거나 관련성이 큰 하나 또는 조그만 세트의 정보를 선택하는 것이라 정의하고, 이러한 인출과정에서 조건확률을 결정하는 조건적 조작(conditional operation)을 수행하는 데는 해마가 필수적인 신경구조라 제안하였다. 그래서 내적 동기상태나 또는 외적 환경자극 조건에 따라 다른 반응을 해야하는 과제들에서 해마가 손상된 동물들의 수행장애가 나타났다고 하였다(윤영화와 김기석, 1985; Hirsh, Davis, & Holt, 1979).

끝으로, Sutherland와 Rudy(1989)는 전통적인 연합학습이론적 바탕위에서 연합체계를 단순연합체계(simple association system: SAS)와 구성연합체계(configural association system: CAS)로 구분하고, 이들 두 가지 연합체계가 많은 신경 요소들을 공유하고 있지만 해마의 관여에 있어서 그 둘간에 분명한 차이가 있다고 가정하며, 해마가 CAS에 특히 중요한 신경 실체라고 주장하였다. SAS는 요소자극사건간의 연합 강도를 변화시킴으로써 유기체의 경험을 기록하며, CAS는 요소자극사건들의 표상을 결합하여 단일

표상으로 구성할 수 있도록 해주고 이러한 구성적 표상과 요소표상들 간의 연합을 가능하게 해주는 것이라 정의하였다. 그래서 동물은 부적형태화과제 등에서 요소자극과 구별되는 기능적 단위로서 복합자극에 대한 새로운 반응을 학습할 수 있다고 하였다(Rudy & Sutherland, 1989). 즉 이 과제에서는 빛(L) 또는 소리(T) 자극이 하나만 제시되면 보상이 주어지지만 빛과 소리(LT)가 동시에 제시되면 보상이 주어지지 않는다. 이러한 조건에서 정상동물은 이들 자극들에 대해 변별이 가능한데 반해 해마손상군은 요소자극과 복합자극간의 변별을 하지 못한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 기존의 연합이론으로는 설명이 어렵다. 왜냐하면, L이나 T의 요소자극에 대한 반응과 LT의 복합자극에 대한 반응이 서로 상반되며, LT복합자극의 연합가가 L이나 T의 요소자극의 연합가의 합이라면, 복합 자극의 연합가는 요소자극의 연합가보다 더 크기 때문에 요소자극과 복합자극과의 변별이 불가능하다. 따라서 부적형태화과제에서, 정상동물이 변별학습을 할 수 있다는 것은 L이나 T의 요소자극에 대한 단순연합과 LT의 복합자극에 대한 새로운 구성적 연합이 형성되었다고 보며, 해마손상집단에서 수행에 결함을 나타내었다는 것은 해마가 이러한 구성연합을 형성 또는 저장하는 것에서 중요한 역할을 하는 것으로 해석되었다(Rudy & Sutherland, 1989).

그래서 본 연구에서는 다음과 같은 특징을 지닌 과제를 사용하여 해마손상의 효과를 검증해보고자 하였다. 우선 O'keefe와 Nadel(1978)이 제안한 바와 같이 해마가 인지도 형성에 필수적인 신경실체인가를 밝히기 위해서, 동물이 인지도를 사용할 필요가 없고 단지 상대적 방향만으로 변별학습이 가능하도록 하여야 한다. 두번째, Olton 등(1980)이 주장하는 바와 같이 해마가 작업기억과 같은 기억유형에 관여하는가를 밝히기 위해서는 그들이 주장하는 참조기억요소만으로 동물이 학습할 수 있는 과제에서 해마손상의 효과를 검증해보아야 한다. 세번째, Sutherland와 Rudy(1989)가 주장하는 바, 단순연합체계와 구성연합체계의 구분을 위해서는 요소자극과 복합

자극에 대한 반응이 양립할 수 없는 상반되는 것이어야 하므로, 요소자극에 대한 반응과 복합자극에 대한 반응이 달리 나타나는 상태에서 해마손상의 효과를 검증해 보아야 한다.

본 실험에서는 Y-미로 변별학습과제를 사용하여 이상의 준거들을 충족시키고자 하였다. 우선 Y-미로의 각분지를 120°로 하였고, 미로 주위에 검은 아크릴 판을 설치하여 외부단서를 차단시키고 동시에 매시행 마다 출발박스를 변화시켜 상대적 방향만을 사용하도록 함으로써 인지도가 없더라도 변별학습이 가능하게 하였다. 그리고 동물이 정확반응을 할 때까지 변별자극을 지속시킴으로써 참조기억요소만으로도 학습이 가능하도록 하였다. 끝으로 단순변별과제의 경우에는 빛 자극이 제시되면 오른쪽, 소리자극이 제시되면 왼쪽으로 반응하도록 하였고, 형태화 변별과제에서는 빛 또는 소리의 요소자극에 대해서는 오른쪽, 빛과 소리의 복합자극에 대해서는 왼쪽으로 반응하도록 하였다. 그래서 기본적으로는 Hirsh(1980)의 조건조작과제의 특성을 지니면서 요소자극과 복합자극에 대해 서로 상반된 반응을 학습하도록 하였다. 이러한 과제의 특성으로 보아 O'keefe와 Nadel(1978), Olton 등(1980)의 예측에 따르면 단순변별과제와 형태화변별과제 모두에서 해마손상 동물도 정상적인 변별학습이 가능할 것이다. 그러나 Hirsh(1980)의 주장처럼 해마가 조건조작을 수행하는 신경실체라면 해마손상동물은 두 과제 모두에서 변별학습에 어려움을 보일 것이다. 반면 Sutherland와 Rudy(1989)의 예측으로는 해마손상동물이 단순변별과제는 정상적으로 학습할 수 있으나 형태화 변별과제에서만 결함을 보일 것이다.

실 험 1

해마가 손상된 동물은 먹이박탈이나 물박탈에 의한 두 가지 내적 동기상태에 따라 T-미로에서 달리 행동해야 하는 상황에서 정상동물에 비해 수행의 결함을 보였으며(Hirsh, Davis, & Holt, 1979), 또한 미로의 조명이 밝을 때와 어두울 때의 두가지 외적 자극상황에 따라 달리 행동

해야 하는 상황에서도 해마손상동물의 수행이 저조하였다(윤영화와 김기석, 1985). 그러나 강은주와 김기석(1986)은 Y-미로에서 빛이나 소리 자극에 따라 왼쪽 또는 오른쪽으로 가야 먹이를 먹을 수 있는 조건조작과제를 사용하여 정확반응을 할 때까지 외부자극을 계속 제시하였을 경우에는 해마손상 동물도 정상동물과 마찬가지로 학습할 수 있었다고 보고하였다.

그래서 실험 1에서는 강은주와 김기석(1986)의 연구에서 사용한 것과 기본적으로는 동일하지만, 먹이보상 대신 전기충격을 사용하여 빛이나 소리자극에 대한 적절한 회피/도피 학습이 가능한가를 살펴봄으로써 Hirsh(1980)의 조건조작 가설의 예측을 검증해 보고자 하였다.

방법 및 절차

피험동물

피험동물로는 Sprague Dawley종 흰쥐 수컷 16마리를 사용하여 해마손상집단과 통제집단에 8마리씩 무선 할당하였으며, 실험에 들어가기전 몸무게는 280-300g에 달하였다. 실험에 들어가기 5일전 개별쥐장에서 적응하도록 하였으며, 매일 5분간 사전 취급하였다. 음식과 물은 충분히 먹을 수 있도록 하였으며, 사육실은 새벽 6시부터 오후 6시까지를 낮주기로, 오후 6시부터 새벽 6시까지를 밤주기로 조정하였고, 변별훈련은 밤주기의 정해진 시간에 하였다.

시술

기도유지를 위해 0.5cc의 아트로핀을 복강주사한 후 30분 뒤에 소듐 치오펜탈(60mg/kg)을 복강주사하여 마취시켰다. 마취가 완전하게 된 후 면도기로 머리털을 깨끗하게 깎아 주고, 스테레오택식(stereotaxic)기구에 올려 놓았다. 두피를 절개한 후 파피부위의 두개골에 치과용 드릴로 구멍을 내었다. 해마파괴를 위한 좌표는 전정(bregma)을 원점으로 하여 전후측으로 -2.8mm였고, 외측으로 +, -2.4mm였다. 손상용 전극은 직경 200 μ m로서 침단 0.5mm만 제외하고는 절연되었다. 통제집단은 파피부위의 두개골을 치과용

드릴로 천공하고, 전극을 삽입하는 것은 시술집단과 동일하였으나, 전류를 흘려보내지는 않았다. 시술이 끝난 후 두개골을 봉합하고, 봉합부위의 염증이 생기는 것을 방지하기 위해서 페니실린연고를 발라 주었다. 그리고나서 마취에서 깨어날 때까지 적절한 온도를 유지시키고, 개인용 사육장에 넣어 사육실에 돌려 보냈다. 시술 후 일주일간의 회복기간을 거친 후 변별훈련에 들어갔다.

조직검사

시술후 행동훈련이 끝나면 해마손상집단을 치오펜탈로 깊게 마취시킨 후, 복강을 절개하여 상대동맥에 생리 식염수와 10% 포르말린을 환류시켜, 뇌 조직을 고정(fixation)시켰다. 고정된 뇌를 들어낸 후 10% 포르말린에 며칠 담구어 둔후 급속 냉동시켜 마이크로톰으로 두께 50 μ m의 절편을 내었다. 각 절편을 확대사진으로 찍어 해마 부위가 정확하게 파괴되었는지를 관찰하였다.

실험도구

쥐들이 외부단서를 사용하는 것을 가능한한 방지하기 위해서 검은 아크릴로 벽을 만든 Y-미로를 사용하였다. 3개의 분지는 각 120°로 나뉘어졌고, 각 분지의 크기는 길이 30cm, 폭 10cm, 높이 15cm였다. 바닥에는 1.2cm 간격으로 grid를 깔았으며, 각 분지의 끝에는 조명과 스피커를 부착시켰다. 각 분지의 끝에서 15cm되는 위치 즉, Y-미로의 선택지점에서 15cm 떨어진 곳에 검은 아크릴로 만든 길로틴 도어가 장치되어 있어서 실험동물이 각 분지를 선택한 후부터 다음 시행이 시작되어 그 분지에서 다시 출발할 때까지 감금해 둘 수 있게 하였다. 그리고 미로의 천장인 뚜껑위에 전자석을 장치하여 길로틴 도어가 닫혀질 필요가 없을 때에는 올려진 채 있을 수 있게 하였다. 길로틴 도어 옆에 감응장치를 부착시켜 정확한 반응을 했을 경우 그 분지의 도어가 자동적으로 닫혀지도록 하였다. 빛자극으로는 7.5W 전구불빛이 사용되었고, 소리자극은 75dB의 벨소리가 사용되었으며, 전체실험기간 동안 외부소음을 차폐하기 위하여 60dB의 백색소음을 들려주었다.

단순변별훈련

모든 동물들은 훈련 첫날 도어를 모두 올려놓은 Y-미로안을 20분동안 자유롭게 탐색하도록 하여 미로에 익숙해지도록 하였다. 실험실은 실험자가 피험동물의 수행을 기록할 수 있도록 미로에서 떨어진 곳에 약한 미동을 켜놓은 것을 제외하고는 어두운 상태를 유지하였다. 20분간의 탐색이 끝난 후 개별취장에 돌려보내고 그 다음날부터 본 실험을 실시하였다. 본 실험 첫째날 피험동물을 미로에 넣어두고 5분 뒤 실험을 실시하였다. 빛 또는 소리자극이 제시되고 10초 이내에 정확한 분지에 들어가면 그 시행이 종료되지만, 10초 이내에 정확한 분지에 들어가지 못했을 경우에는 바닥에 있는 그리드를 통해 전기쇼크가 주어진다. 이 전기쇼크와 변별자극은 피험동물이 정확한 반응을 할 때까지 지속되게 하였다. 시행간 간격은 40초에서 80초의 범위에서 무선적으로 변화하였으나 평균 60초가 되게 하였다. 첫 시행의 출발분지는 실험자가 임의로 선택하였지만 두번째 시행부터는 그전 시행에서의 정확 반응분지가 출발분지가 되었다. 여기에서 정확반응이란 빛자극이 제시되었을 경우 현 위치에서 오른쪽 분지로 들어가고, 소리자극이 제시되었을 경우에는 현 위치에서 왼쪽으로 들어가는 것이었다. 소리나 빛자극이 제시된 후 다른 분지로 들어갔다 정확분지로 들어오거나, 2분 이내에 반응을 하지 않았을 경우에는 오반응으로 처리하였다. 한 회기는 40시행으로 각 자극조건당 20시행씩이었고, 제시순서는 무선적으로 하였으며, 5일동안 전체 200시행을 실시하였다.

결 과

조직검사 결과

손상부위를 확대 사진으로 찍어 Pellegrino, Pellegrino와 Cushman(1983)의 스테레오택시도감(stereotaxic atlas)과 비교하였다. 손상은 배측해마와 피질에 국한되었으나 7번 피험동물은 측뇌실의 상당부분이 파괴된 것으로 나타났다. 손상부위의 크기는 그림 1과 같다.

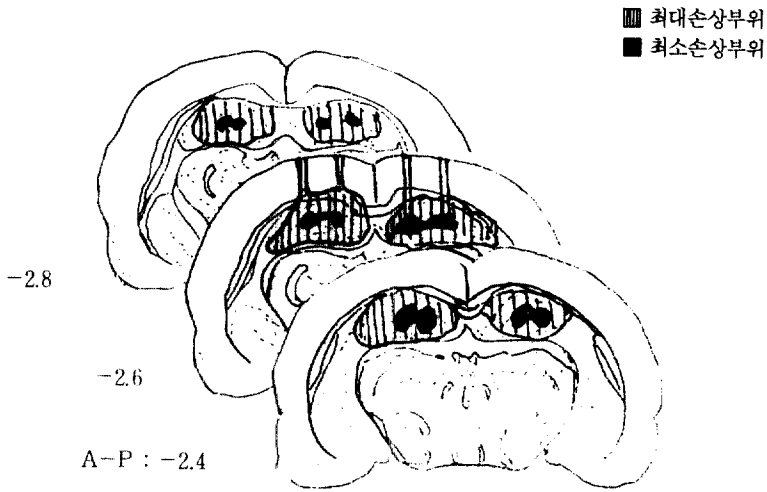


그림 1. 단순변별과제에서 손상된 부위

행동검사 결과

본 실험의 결과는 통제집단 8마리와 해마손상 집단 8마리로부터 얻은 결과를 자료분석의 대상으로 삼았다. 5일간 통제집단과 해마손상집단이 나타낸 시행구획별 정확반응률에 대한 그래프가 그림 2에 제시되어 있다.

주효과 분석결과, 시행구획에 대한 정확반응률

에서는 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다 ($F(4,56)=146.18, p < .01$). 통제집단과 해마손상집단간의 정확반응률에는 유의미한 차이가 나지 않았다 ($F(1,14)=1.05, p > .05$). 소리 자극과 빛 자극간에도 유의미한 차이가 없었다 ($F(1,14)=0.59, p > .05$). 상호작용 분석에서는, 집단과 시행구획간 ($F(4,56)=1.15, p > .05$), 자극유형

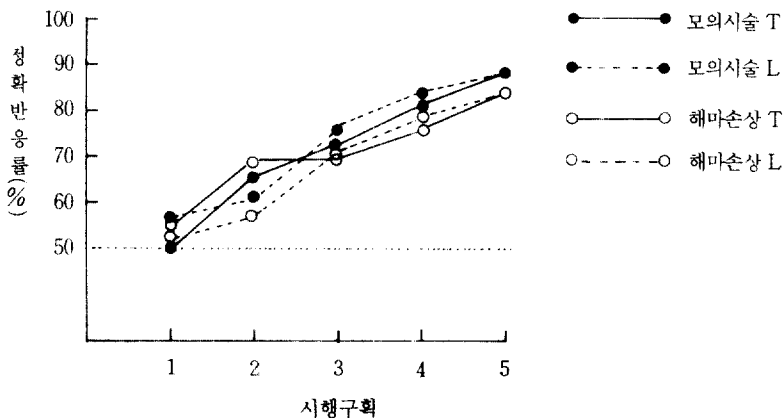


그림 2. 빛과 소리에 대한 정확반응률 곡선

과 시행구획간($F(4,56)=0.75, p>.05$), 집단과 자극유형간($F(1,14)=0.77, p>.05$), 집단, 시행구획과 자극유형간($F(4,56)=0.60, p>.05$) 모두 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 또한 추후 분석 결과 각 시행구획별 집단간 차이와 자극간의 차이가 모두 통계적으로 유의미하지 않았다.

논 의

분석결과 해마손상동물은 통제집단과 마찬가지로 빛과 소리자극에 대한 정상적인 변별학습이 가능한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 강은주와 김기석(1986)의 연구 가운데 변별단서의 지연이 없는 비지연조건에서 해마손상동물의 결과와 일치하는 것이었다. 그러나 내적 동기상태에 따른 조건조작과제를 사용하였던 Hirsh(1979)의 연구결과나 미로의 조명이 밝고 어두움에 따른 조건조작을 다루었던 윤영화와 김기석(1985)의 결과들과는 상반된 것이었다. 이러한 차이가 나타난 이유는 우선 미로의 단서들의 차단 정도에 차이가 있었기 때문인 것 같다. 즉, Hirsh 등(1979)과 윤영화와 김기석(1985)의 연구에서는 상당히 큰 미로를 사용함으로써 미로의 단서들을 완전히 차단시키지 못한 것 같다. 반면에 본 연구와 강은주와 김기석(1986)의 연구에서는 미로의 크기를 최소화시키면서 미로의 단서들을 최대한 차단시켰으며, 출발위치를 매 시행마다 변화시킴으로써 동물들이 미로의 단서들을 사용한다 하더라도 그것이 과제의 해결에 도움이 되지 못하게 했기 때문이다.

한편으로 또 다른 대안적 해석으로서 동기상태라는 조건과 외부자극의 변화라는 조건이 같은 것이라 볼 수 없기 때문이라 할 수도 있다. 윤영화와 김기석(1986)의 연구결과 비록 해마손상동물이 통제군에 비해 학습 속도는 느렸지만 결국 자극변화에 따른 변별학습이 가능하였다는 것과 강은주와 김기석(1985)의 연구결과 비록 해마손상동물과 통제동물간에 통계적으로 유의미한 차이는 없었지만 해마손상집단의 오류 수가 통제집단에 비해 일관성 있게 많이 나타나는 경향이 있었다는 것으로 보아 이러한 가능성이 제기될 수

있다. 즉 내적 동기상태라는 것은 단일자극 사상이라기 보다는 맥락적 정보라고 볼 수 있기 때문에 맥락적 인출이 필요한 순수한 조건조작과제이지만, 외부 자극 변화를 이용한 변별과제는 변별단서와 반응과의 단순한 S-R연합을 통해서 학습이 가능한 것이라고 할 수도 있다. 나아가 본 실험의 과제가 단순한 S-R연합을 통해 학습이 가능한 것이라고 볼 때, Rudy와 Sutherland(1989)의 연구 가운데 해마손상동물도 빛과 소리 자극에 대한 지렛대 누르기 변별학습을 정상적으로 할 수 있다는 결과와 일치하는 것이다. 그러나 과제의 기본적 특성은 본 실험과 동일하지만 단지 자극유형만을 변화시킨 형태화 변별과제를 사용하여 이러한 가능성을 검증해 볼 수 있을 것이다. 따라서 실험 2에서는 형태화 변별과제에서 해마손상의 효과를 보고자 하였다.

실 험 2

실험 1의 결과는 인지도가설이나 작업기억가설 그리고 구성연합가설 등이 모두 정확히 예측할 수 있는 것이었다. 그래서 실험 2에서는 자극유형을 변화시켜서 이들 가설들의 예언을 비교 검증해 보고자 하였다.

기본적인 훈련절차는 실험 1에서와 마찬가지로였지만, 본 실험에서는 빛이나 소리라는 요소 자극과 빛 + 소리라는 복합자극간의 변별을 학습해야 하는 형태화변별과제를 사용하였다. 앞서 언급한 바와 같이 본 실험과제의 특성이 인지도가설의 관점에서 보면 단서학습에 해당될 수 있고 작업기억가설의 관점에서 보면 참조기억만으로 학습이 가능한 과제이기 때문에 인지도가설이나 작업기억가설에 의하면 해마손상동물은 이 과제에서도 수행의 결함이 나타나지 않을 것이라 예측된다. 그러나 구성연합 이론에서 볼 때 이 과제를 학습하기 위해서 빛이나 소리의 요소자극과 반응과의 단순연합과 빛 + 소리라는 복합자극에 대한 구성적 표상과 반응과의 새로운 구성적 연합이 형성되어야만 하고 해마가 이러한 구성적 연합을 형성하는 데 필수적인 신경실체이기 때문에 해마가 손상되면 이 과제에서 수행결함이 나타날 것

이라 예측할 수 있다.

방법 및 절차

피험동물

피험동물은 Sprague Dawley종 흰쥐 수컷 16마리를 사용하여 해마손상 집단과 통제집단에 8마리씩 무선할당 하였으며, 실험에 들어가기전 몸무게는 280-300g에 달하였다.

구성변별훈련

이 과제에서는 자극이 세가지 유형, 즉, 빛, 소리, 빛 + 소리가 제시된다. 빛이나 소리가 단독으로 제시되었을 때, 자극이 제시되고 10초 뒤에 쇼크가 주어졌다. 피험동물은 10초 이내에 현재의 출발점에서 오른쪽 분지로 들어가지 않으면, 10초 이내에 오른쪽 분지로 들어가지 못했을 경우에는 정확반응을 할 때까지 쇼크가 주어졌다. 빛과 소리가 동시에 제시되었을 때 피험동물은 10초 이내에 현재의 출발점에서 왼쪽 분지로 들어가지 않으면, 10초 이내에 왼쪽 분지로 들어가지 못했을 경우에는 정확한 반응을 할 때까지 쇼크가 주어지게 된다. 한 회기는 60시행으로 각 자극당 20시행씩이었으며, 7일동안 전체 420시행을 실시하였

다. 나머지 훈련절차와 시술 및 조직검사, 그리고 실험도구는 실험 1과 동일 하였다.

결 과

조직검사결과

손상부위를 확대 사진으로 찍어서 Pellegrino 등(1983)의 스테레오택식 도감과 비교하였다. 손상은 배측해마와 피질에 국한되었으나 측뇌실이 파괴된 부분도 있었다. 손상부위의 크기는 그림 3과 같다.

행동검사결과

시술중 또는 시술후 사망한 피험동물은 분석에서 제외시켰다. 제외된 피험동물은 해마손상집단의 피험동물중 1마리였다. 분석은 통제집단 8마리와 해마손상집단 7마리로부터 얻어진 자료를 가지고 정확반응률에 대한 변량분석을 실시하였으며, 7일간 해마손상집단과 통제집단의 시행구획별 정반응률을 그림 4-1과 그림 4-2에 각각 제시하였다.

변량분석 결과는 정확반응률에서 해마손상집단(M=53%)과 통제집단(M=65%)간의 주효과가 유의미한 차이를 보였고($F(1,13)=208.70$,

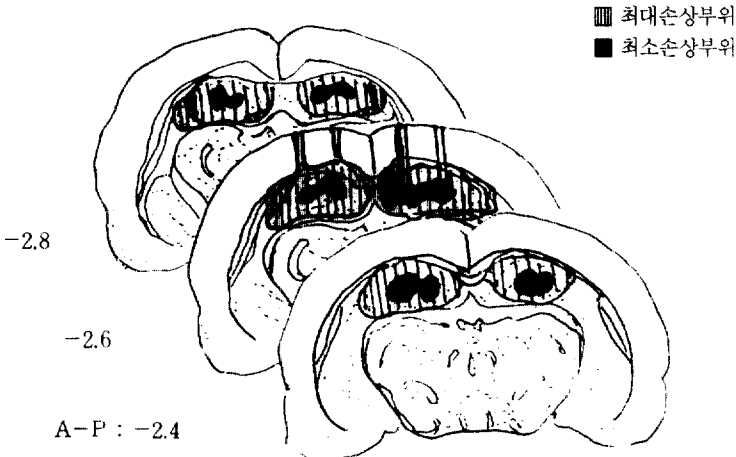


그림 3. 구성변별과제에서의 손상된 부위

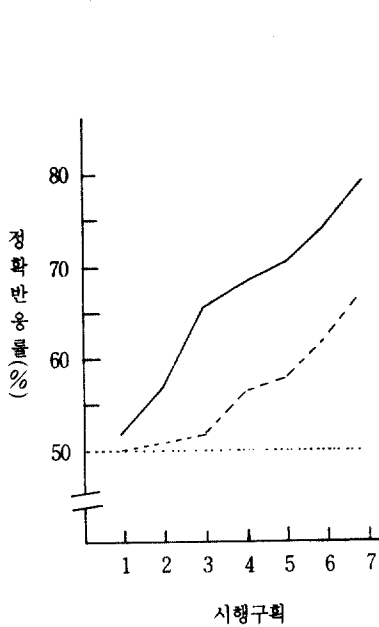


그림 4-1. 빛과 소리에 대한 정확반응률 곡선

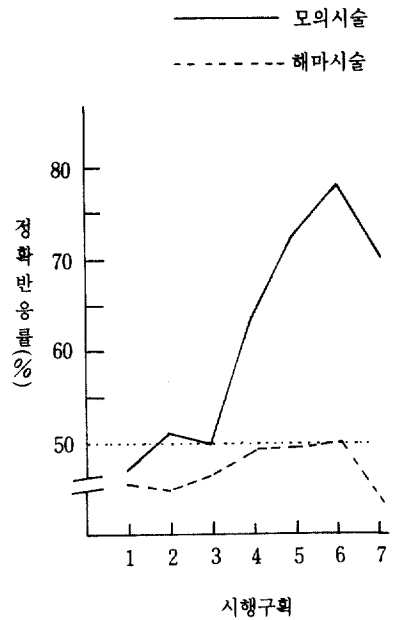


그림 4-2. 빛+소리에 대한 정확반응률 곡선

$p < .01$), 시행구획의 주효과도 유의미한 차이를 보였다($F(6,78)=111.92, p < .01$). 사후분석결과 시행구획간의 수행은 시행구획 1과 2, 6과 7은 차이가 없었지만, 이들 구획과 나머지 구획간의 차이가 나타났다. 그리고 자극유형의 효과도 유의미하게 나타났다($F(2,26)=16.84, p < .01$). 사후분석결과 빛 자극과 소리 자극 간에 차이는 없었고, 이들 자극과 빛 + 소리의 복합자극간에는 차이가 있었다. 주효과의 결과는 시행구획의 차이를 제외하고 집단과 자극유형에서 차이를 보인 것은 실험 1과는 다른 결과이다.

상호작용에 대한 분석은 집단과 시행구획간의 상호작용효과가 유의미한 차이가 나타났다($F(6,78)=22.54, p < .01$). 사후분석 결과는 시행구획 1에서는 집단간의 차이가 없었으나, 시행이 거듭됨에 따라 통제집단의 수행은 현저히 증가하였지만 해마집단의 경우에는 수행의 증가가 없었다. 그리고 집단과 자극유형간의 상호작용 효과도 유의미한 차이를 보였는데($F(2,26)=3.68, p < .05$), 이는 해마집단에서 복합자극 조건에서의 수

행이 요소자극조건에 비해 현저히 떨어졌기 때문이다. 그러나 시행구획과 자극유형간의 상호작용은 없었다($F(12,56)=1.66, p > .05$). 마지막으로 집단, 시행구획, 그리고 자극유형간의 삼원상호작용이 유의미하였다($F(12,156)=2.30, p < .01$). 이는 통제집단의 경우는 시행이 거듭됨에 따라 요소자극과 복합자극에 대한 정반응률이 증가하지만, 해마손상집단의 경우에는 시행이 거듭됨에 따라 요소자극에 대한 정반응률은 증가하는 경향을 보였지만, 복합자극에 대한 정반응률은 우연수준을 넘지 못했기 때문이다.

논 의

자료분석결과 집단간의 주효과와 집단과 시행구획, 집단과 자극과 시행구획의 상호작용효과들로 보아 통제동물은 빛이나 소리라는 요소자극과 빛 + 소리라는 복합자극간의 변별학습이 가능하였지만, 해마손상동물의 경우에는 그러한 변별을 하지 못하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 지

렛대 누르기 반응을 사용한 형태화 변별과제에서 해마손상동물의 수행결함을 보고한 Rudy와 Sutherland(1989)의 결과와 일치하는 것이었다. 이 같은 결과들은 O'keefe와 Nadel(1978)의 인지도가설이나 Olton 등(1980)의 작업기억가설의 예측과는 다른 결과이며, Hirsh(1980)의 조건조작가설이나 Sutherland와 Rudy의 구성연합가설의 예측과 일치하는 것이었다. 즉 본 실험에 사용된 과제가 미로의 단서들을 최소화시키면서 또한 출발위치를 매 시행마다 변화시킴으로써 인지도를 사용할 수 없거나 최소한 인지도의 사용이 불필요한 과제이기 때문에 인지도가설로서는 예측할 수 없는 것이었다. 그리고 변별단서들을 미로내에서 제시하되 동물이 정확반응을 할 때까지 단서를 계속 제시함으로써 동물은 단서를 기억해야 할 필요가 없이 단지 한 자극일 때와 두가지 자극이 결합되어 제시될 때 다른 반응을 해야 한다는 소위 참조기억만으로 학습이 가능한 것이기 때문에 작업기억가설로서도 설명이 어려운 것이다.

그래서 본 실험의 결과는 조건조작가설이나 구성연합가설로서 설명이 가능하다. 하지만 본 실험의 결과와 실험 1에서 사용된 것을 비교해 볼 때 자극조건을 제외하고는 나머지 모든 절차가 동일한 것이었음에도 불구하고 본 실험의 결과가 실험 1의 결과와 달라 나타난 것은 조건조작가설로서는 설명하기 매우 어려운 것이다. 즉 실험 1에서의 결과가 조건조작이 필요없는 과제였기 때문이라면, 본 실험에서도 역시 마찬가지로의 결과가 나와야만 하기 때문이다. 따라서 본 실험의 결과는 구성연합가설으로써 가장 잘 설명될 수 있다. 이 가설에 따르면 요소자극들의 단순한 S-R연합을 가능하게 해주는 단순연합체계와 요소자극들이 결합되어 제시될 때 이러한 복합자극들을 묶어서 새로운 자극 표상을 형성하게 해 주는 구성적 연합체계를 구분하고 이 가운데에서 해마는 구성적 연합체계에 관여하는 신경실체라 하였다. 그래서 본 실험에 사용되었던 과제와 같이 동물이 요소자극과 복합자극에 대해 서로 상반된 반응을 학습해야 할 경우 해마손상동물은 구성연합체계를 사용할 수 없기 때문에 복합자극에 대한

구성적 표상이 형성될 수 없고, 따라서 해마손상동물은 요소자극과 복합자극을 변별할 수 없다고 보는 것이 타당하다.

전체 논의

본 연구는 Sutherland와 Rudy(1989)의 구성연합이론을 검증해 보기 위해 이루어 졌다. 본 연구에서 사용한 과제는 Rudy와 Sutherland(1989)가 사용하였던 부적형태화과제와 논리적으로는 동일한 일종의 XOR문제이지만, 그들의 연구에서는 동물이 요소자극에 대해서는 반응을 해야하고 복합자극에 대해서는 반응을 하지 않아야 하는 반면 본 연구에서는 요소자극과 복합자극에 대해 모두 반응을 하되 서로 상반된 반응을 하도록 하였다. 덧붙여서 본 연구에서는 Y-미로에서 미로의 단서들을 차단하고 변별단서의 지연이 없는 조건을 사용함으로써 해마의 기능에 관한 몇 가지 다른 대안적 가설들도 함께 검토해 보고자 하였다.

두개의 실험을 통해서 얻어진 결과들을 요약해 보면 다음과 같다. 첫째, 단순변별과제에서 통제 집단과 해마손상집단간의 과제수행에 차이가 나타나지 않았다. 즉 해마가 손상되더라도 요소자극에 대한 단순한 S-R연합학습에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 둘째, 형태화 변별과제에서는 통제집단과 해마손상집단간에 차이가 나타났다. 즉 통제집단의 경우에는 빛과 소리라는 요소자극과 빛 + 소리의 복합자극에 대한 정확반응률은 시행횟수가 많아질수록 점진적으로 증가하는 것으로 나타났지만, 해마가 손상된 동물의 정확반응률은 시행이 증가하더라도 우연수준 이상으로 증가하지 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Rudy와 Sutherland(1989)가 빛이나 소리가 단독으로 제시되었을 때, 바를 누르는 반응에 대해서는 보상이 주어지지만, 소리 + 빛이 동시에 제시되었을 때, 바를 누르는 반응에 대해서는 보상이 주어지지 않는 과제를 사용한 실험에서, 해마손상집단이 형태화 변별과제를 수행하지 못한다는 연구결과와 일치하는 것이다.

이러한 결과는 O'keefe와 Nadel(1978)의 인

지도 이론과 결부하여 설명해보면, 인지도이론에서는 외부단서들을 이용, 인지도를 형성하고 이를 이용하여 공간속에서 자신을 위치화 시킬수 있어야 하는 과제에서는 해마손상동물의 수행장애가 나타나지만 단순히 특정단서와 특정반응을 연합시키는 과제들에서는 해마손상의 효과가 나타나지 않는다고 하였다. 연구에서 사용된 두개의 과제는 모두가 미로의 단서를 최소화시키면서 출발위치를 매시행마다 변화시킴으로써 인지도를 형성할 수 없거나 또는 인지도의 사용이 불필요한 과제라고 볼 수 있다. 따라서 이러한 조건에서 해마손상 동물이 단순변별학습은 가능하지만 요소자극과 복합자극간의 형태화 변별학습을 하지 못한 것은 인지도가설로서는 설명하기 어려운 것이다.

Olton 등(1979)의 작업기억이론과 관련지어 보면, 그 이론에서는 특정시행에서만 유용한 작업기억을 요구하는 과제에서는 해마손상동물의 수행장애가 나타나지만, 학습에 필요한 일반적인 규칙과 같은 정보들으로써 전체시행에 걸쳐서 일관성있게 유지되는 참조기억을 요구하는 과제에서는 해마손상의 효과가 나타나지 않는다고 하였다. 본 연구에서 사용된 두개의 과제는 변별단서들을 미로내에서 제시하되 동물이 정확반응을 할 때 까지 단서를 계속 제시함으로써 동물은 단서를 기억해야할 필요가 없이 단지 한자극 일때와 두가지 자극이 결합되어 제시될 때 다른 반응을 해야한다는 소위 참조기억만으로 학습이 가능한 과제라 볼 수 있다. 따라서 해마손상동물이 단순변별과제에서는 정상적인 학습이 가능하였지만 요소자극과 복합자극간의 형태화 변별학습을 하지 못한 것은 작업기억가설로서는 설명하기 어려운 것이다.

또한 Hirsh(1980)의 이론에 비추어 설명해 보면, 인출이란 잠정적 관련성이 있는 커다란 기억 세트 속에서 동물이 현재 직면한 상황에서의 행동을 통제할 가능성이 크거나 관련성이 큰 하나 또는 조그만 세트의 정보를 선택하는 것이라 정의하고, 이러한 인출 과정에서 조건화률을 결정하는 조건적 조작을 수행하는 데 해마가 필수적인 신경구조이기 때문에 내적동기상태나 또는 외

적 환경자극 조건에 따라 다른 반응을 해야하는 과제에서는 해마손상의 효과가 나타난다고 하였다. 본 연구에서 사용된 두개의 과제는 외적 환경자극 조건에 따라 다른 반응을 요구하는 과제이기 때문에 두 실험에서 모두 해마손상의 효과가 나타나야 함에도 불구하고 단순변별과제에서 해마손상의 효과가 나타나지 않았다. 한편 내적 동기상태라는 것은 단일자극 사상이라기 보다는 맥락적 정보라고 볼 수 있기 때문에 맥락적 인출이 필요한 순수한 조건조작과제이지만, 외부 자극변화를 이용한 변별과제는 변별단서와 반응과의 단순한 S-R연합을 통해서 학습이 가능한 것이라고 할 수도 있다. 이러한 경우 실험 1에서와 마찬가지로 자극유형만을 변화시킨 실험 2의 형태화 변별과제에서도 해마손상의 효과가 나타나지 않아야 하는 것이다. 그러나 실험결과 단순변별과제에서는 해마손상의 효과가 나타나지 않았으나 형태화 변별과제에서는 해마손상의 효과가 나타났다. 따라서 이러한 결과는 Hirsh(1980)의 조건조작 개념을 부분적으로 지지해 주는 것이다. 즉 조건조작 과제라 하더라도 그 문제를 해결하기 위해 구성적 연합의 사용이 필수적인 경우에만 해마가 관여한다고 볼 수 있다.

그리고 Rudy와 Sutherland(1989)의 구성연합이론에 비추어보면, 이 이론에서는 연합체계를 두체계, 즉 요소자극사건간의 연합강도를 변화시킴으로써 유기체의 경험을 기록하는 단순연합체계와 요소자극사건들의 표상을 결합하여 단일표상으로 구성할 수 있도록 해주고 이러한 구성적 표상과 요소표상들간의 연합을 가능하게 해주는 구성연합체계로 구분하였고 해마가 구성연합체계에 특히 중요한 신경실체라고 주장하였다. 본 연구에서 사용된 두가지 과제중 단순변별 실험은 자극 S1에 대해서 반응 R1을 학습하고 자극 S2에 대해서 반응 R2를 학습해야하는 단순 S-R연합체계가 요구되는 과제이고, 형태화변별 실험은 요소자극 S1과 S2에 대해서 반응 R1을 학습하고 복합자극 S1 + S2에 대해서 반응 R1과 상반되는 R2를 학습해야하는 과제, 즉 S1과 S2의 요소자극과 S1 + S2의 복합자극을 변별해야하는 과제이다. 따라서 단순변별과제에서는 해마손상의

Hippocampal Lesion Effects on the Configural Discrimination Task in Rats

Chang - Wooge, Kim and Seong - Yong Hyun

Taegu University

This study was an attempt to examine hippocampal lesion effects on the performance of configural discrimination task in the Y-maze. In experiment 1, the subjects were 16 naive male Sprague Dawley rats. Half of the animals were randomly assigned to hippocampal lesioned group, and the other to sham-operated control group. Two groups were trained in the simple discrimination task for five days. Hippocampal lesion group was able to learn simple discrimination task at a level similar to that of control group. In experiment 2, the subjects were 16 naive male Sprague Dawley rats. Half of the animals were randomly assigned to hippocampal lesioned group, and the other half to sham-operated control group. Two groups were trained in the configural discrimination task for seven days. In this task, control group was able to learn configural discrimination but hippocampal group was not. Cognitive mapping theory and working memory theory were difficult to explain the results because these tasks were required taxon system and reference memory. These results might be interpreted by the configural association theory of Sutherland and Rudy(1989).

편도체 중심핵 손상후 요힘빈투여가 공포로 상승된 경악반응에 미치는 영향

이승희 · 김기석

고려대학교 심리학과

경악반응 모델을 사용하여 편도체 중심핵 손상이 공포로 상승된 경악반응에 미치는 영향을 알아보았다. 아울러 편도체 중심핵 손상후 노에피네프린 전환을 증가시켜, 임상적으로 사람이나 동물에게 공포나 불안 일으키는 알파2-아드레날린성 수용기 차단제인 요힘빈을 투여하여 상승된 경악반응에 미치는 영향을 살펴보았다. 빛과 소리를 짝지워 제시하는 이틀간의 훈련시행을 실시한 후 편도체 중심핵을 손상하여 약물을 투여하지 않은 집단과 약물을 투여한 집단, 편도체 중심핵을 손상하지 않고 약물을 투여하지 않은 집단과 약물을 투여한 집단으로 나누어 실험하였다. 편도체 중심핵 손상은 상승된 청각 경악반응을 저지하였으며, 또한 편도체 중심핵을 손상하지 않은 상태에서 요힘빈을 투여하면 상승된 경악반응이 더욱 증가됨을 확인하였다. 그러나 편도체 중심핵 손상후 요힘빈을 투여한 집단의 경악반응 강도는 중심핵을 손상하고 요힘빈을 투여하지 않은 집단의 경악반응 강도와 비교할 때 통계적으로 유의미한 차이가 관찰되지 않았다. 이는 편도체 중심핵을 손상한 후 요힘빈을 투여하면 상승된 경악반응이 증가하지 않을 것이라는 예측과 일치하는 결과로 이는 편도체 중심핵의 여러 뉴런중 노에피네프린을 포함하는 뉴런들의 활동중가가 공포나 불안을 일으킴으로써 정서상태의 변화를 일으킨다는 가설을 지지하는 것이다.

조건자극(conditioned stimulus:CS)이 무조건자극(unconditioned stimulus:US)의 정서적 속성과 연합하여 조건자극에 대해서 공포나 흥분 등 정서상태의 일반적 변화를 일으키는 준비조건화(preparatory conditioning)는 심박률변화, 혈압변화, 피부전기반응 등의 자율신경계 반응과 운동감소, 경악반응(startle response)의 증가와 같은 비특정적 운동반응으로 추론될 수 있다.

이러한 행동으로 나타나는 정서상태의 변화를 알아보기 위해 많은 신경과학자들은 포유동물이 상에서 유발될 수 있고 실험처치에 민감한, 비교적 단순한 행동을 연구하기 시작하였는 바, 공포로 상승된 경악반응(fear-potentiated startle response)은 이러한 기준에 잘 부합되는 모델이

었다. 갑작스런 강한 자극은 경악반응을 일으키는데, 포유동물에서는 특히 강한 청각자극이 경악반응을 일으키는데 매우 효과적이다. 쥐에게 있어서 청각 경악반응의 강도는 단순히 강한 청각자극을 제시할 때보다 이전에 전기쇼크와 같은 혐오적 자극과 짝지워졌던 단서(예를들면 빛)가 있는 상황에서 청각자극을 제시할 때 더욱 증가하였다. 즉, 빛에 의한 경악반응 강도의 현저한 증가는 빛과 전기쇼크를 일관되게 짝지워 제시받았던 동물에게서만 보이며, 빛과 전기쇼크를 각기 무선적으로 제시받았던 동물의 경우에는 일어나지 않았다(Davis & Astrachan, 1978; Davis, Redmond & Baraban, 1979). 이 현상을 공포로 상승된 경악반응이라 한다(Albert,

Hippocampal Lesion Effects on the Configural Discrimination Task in Rats

Chang-Wooge, Kim and Seong-Yong Hyun

Taegu University

This study was an attempt to examine hippocampal lesion effects on the performance of configural discrimination task in the Y-maze. In experiment 1, the subjects were 16 naive male Sprague Dawley rats. Half of the animals were randomly assigned to hippocampal lesioned group, and the other to sham-operated control group. Two groups were trained in the simple discrimination task for five days. Hippocampal lesion group was able to learn simple discrimination task at a level similar to that of control group. In experiment 2, the subjects were 16 naive male Sprague Dawley rats. Half of the animals were randomly assigned to hippocampal lesioned group, and the other half to sham-operated control group. Two groups were trained in the configural discrimination task for seven days. In this task, control group was able to learn configural discrimination but hippocampal group was not. Cognitive mapping theory and working memory theory were difficult to explain the results because these tasks were required taxon system and reference memory. These results might be interpreted by the configural association theory of Sutherland and Rudy(1989).