

# 심박조건화와 순막조건화에 미치는 편도체 손상효과

윤영화 · 한정수 · 김기석

고려대학교 심리학과

혐오조건화에는 정서적 학습과 적응적 운동학습인 두가지 하위범주로 나눌 수 있으며 정서적 학습은 적응적 운동학습에 필수적이라고 한다. 본 연구에서는 첫째, 토끼의 편도체 중심핵을 손상시켜 정서적 심박조건화와 적응적 순막조건화에 미치는 영향을 보고, 둘째 순막조건화 형성에 심박조건화가 필수적인가 보고자 하였다. 토끼를 편도체 손상집단과 유사시술집단으로 나누어 시술한 뒤 학습시켰다. 눈가에 가해지는 전기쇼크를 무조건 자극, 소리를 조건자극으로 하여 고전적 혐오조건화를 시키면서 심박조건화와 순막조건화를 동시에 측정하였다. 실험 결과, 편도체 중심핵이 손상된 피험동물은 심박조건화에 결함을 나타내었으며 순막조건화 역시 지체되었다. 이 결과는 편도체 중심핵이 심박조건화에 중요한 신경 구조물임을 나타낸다. 또한 심박조건화가 순막조건화에 필수적임을 시사한다.

조건화에 관여하는 신경구조와 신경로를 규명하려는 연구가 근년에 활발히 진행되고 왔으며, 특히 혐오조건화를 모델로 삼아 그 신경기제를 밝히려는 시도는 최근에 와서 큰 성과를 거두고 있다(Thompson, Clark, Donegan, Lavond, Lincoln, Madden, Mamounas, Mauk, McCormick & Thompson, 1984).

일찌기 Konorski(1967)는 조건화를 욕구조건화(appetitive conditioning)와 혐오조건화(aversive conditioning)로 양분하고, 이는 또 각기 정서적 국면과 적응적 국면으로 나눌 수 있다고 제안했다. 예컨대 토끼의 순막반응의 조건화에선 무조건자극(US)으로 혐오적 전기쇼크를 사용하기 때문에 혐오조건화의 범주에 속하는데, 이때 정서적 국면이란 공포반응을, 적응적 국면이란 순막반응을 가리키며, 이제 조건화가 진행되어서 소리 조건자극(CS)에 대해서 이같은 공포반응 및

순막반응이 야기될 때 조건화가 이룩되었다는 것이다. 이같은 Konorski의 구분은 물론 당시의 실험 연구의 결과를 토대로 하여 제안된 것이었는데, 그 후의 많은 연구의 결과도 이 Konorski의 설을 지지하고 있고(Prokasy, 1972), 근년에 와서 Mackintosh(1983)가 다시 이 구분을 지지하였다. 다만 Mackintosh는 정서적 국면의 학습을 준비조건화(preparatory conditioning), 적응적 국면의 학습을 완료조건화(consummatory conditioning)라고 호칭할 수도 있겠다고 하고, 또 전자의 조건화가 후자의 그것에 앞서 일어난다고 하였다.

구체적으로 보면, 준비공포조건화는 보통 심박율로 측정하는데 이것으로 볼 때, 10-20회의 습득시행에서 극한에 도달하며, 40-50회 시행에 완전히 사라진다. 그리고 CS와 US사이의 시간은 3-4초 정도의 비교적 긴 시간간격을 둘 때 심박조건화가 최대로 잘 된다

(Schneiderman, Smith, Smith, & Gormezano, 1966; Schneiderman, 1972). 이에 비해서 완료순막조건화는 보통 100-150회 습득시행을 거듭해야 극한에 도달하며, 그 이상의 시행은 과잉학습일 뿐 극한선은 계속 유지된다. 그리고 CS와 US의 간격도 250-500msec라는 매우 짧은 시간간격을 둘 때 순막조건화가 최대로 잘된다(Gormezano, Schneiderman, Deaux, & Fentues, 1962; Gormezano, Kohoe, & Marshall, 1983; 조원호, 현성용과 김기석, 1986).

이렇게 준비공포반응과 완료순막반응의 학습에 관련된 실험상수가 각각 다를진데는, 이것은 일반적으로 말해서 혐오조건화에는 사실 두 종류의 하위 조건화가 내포된다는 위의 2과정이론을 지지하는 증거로 간주할 수가 있다. 그 뿐만 아니라 이같은 차이는 두 종류의 조건화의 신경기제도 각각 다를 것이라는 가능성도 시사해 주고 있다. 그리고 이 방면의 과거 연구를 볼 때 그 가능성이 사실인데, 순막조건화와 심박조건화에 관련된 신경실체에 관한 연구를 살펴보자. 우선 전자를 보자.

Thompson과 그의 동료들은 토끼의 순막조건반응의 신경실체에 관한 일련의 연구에서 소뇌가 이 방면의 습득과 수행에 관여함을 보고하였다. McCormick, Guyer와 Thompson(1982)은 순막조건반응의 습득기간동안 소뇌에서 신경활동을 기록한 결과, 조건자극이 제시되는 기간에 신경발화율이 증가함을 보고하였다. 또한 소뇌의 심부핵인 치상-중간핵(dentate-interpositus nuclei)을 훈련전에 손상시키면 조건반응이 습득되지 않았고(McCormick & Thompson, 1984), 훈련후에 손상하면 조건반응이 사라졌다(McCormick & Thompson, 1984; 김기석과 윤영화, 1987). 흥미롭게도 치상-중간핵의 입력구조물인 소뇌피질을 훈련후에 손상했을 때에도 조건반응은 사라졌다(Yeo, Hardiman, & Glickstein, 1985; 김기석과 윤영화, 1987). 소뇌심부핵의 원심로인 상소뇌각을 손상시켜도 조건반응은 없어졌다(McCormick, et al. 1982).

다음으로 심박조건화의 신경기전에 관한 연구를 보면, Kapp, Frysinger, Gallagher, 및 Haselton(1979)은 토끼를 피험동물로 하여 편도체 중심핵(central nucleus of amygdala)을 손상시킨 결과, 심박감소로 나타나는 심박

조건반응이 나타나지 않았다. 편도체 중심핵에 아편제를 미세주입하면 이미 형성된 심박조건반응이 사라졌다(Gallagher, Kapp, & Pascoe, 1982). 한편 심박조건화동안 편도체 중심핵의 단위 활동은 증가하였다(Richardson & Thompson, 1983). 이러한 실험결과로, 혐오조건화의 두 하위범주로 생각되는 적응적 순막조건화와 준비적 심박조건화에 관련된 신경실체는 다르다고 볼 수 있겠다.

이와 같이 순막조건화와 심박조건화 개개의 조건화 표본에서는 그 신경실체를 규명하려는 연구가 상당수 있어 그 방면에 많은 연구가 이루어졌지만 두 조건화를 담당하는 신경실체간의 상호작용을 밝히려는 연구는 적었다. Mauk, Warren, 및 Thompson(1982)은 순막조건화가 어느정도 진행되었을 때 귀 정맥에 모르핀(morphine)을 주입하면 순막조건반응이 사라지고, 모르핀의 길항제인 날록손(naloxone)을 주입하면 원래의 수준으로 회복됨을 보고하였다. 그러나 아편제 주입이 과잉훈련된 순막조건 반응에는 영향을 미치지 못했다(Mauk, Madden, Barchas, & Thompson, 1982).

이런 결과로, 공포조건화는 완료조건화에 필수적이지만 완료조건화가 일단 확립된 후에는 공포조건화에 상관없이 자율적으로 작용하게 된다고 생각할 수 있겠다. 그런데 공포조건화에는 심박조건화 이외에도 다른 정서조건화도 있으며 그에 관련된 신경실체도 편도체 중심핵이 아닌 구조물을 생각할 수 있다.

Applegate, Kapp, Underwood & McNall(1983)은 토끼의 편도체 중심핵이 심박과 같은 자율반응의 요소에는 관련되지만 정서행동중 도피나 동결반응(freezing)과 같은 체성정서반응은 편도체의 기저외측핵(basolateral nucleus of amygdala)과 관련됨을 시사하였다. 해부학적인 증거로 볼진데는, 운동과 관련된 선조체(striatum)나 의핵(nucleus accumbens)으로의 투사는 편도체의 기저외측핵에서 기시함을 나타낸 연구 결과가 있다(Kelly, Domesick, & Nauta, 1982; Krettek & Price, 1978).

그렇기 때문에 심박조건화에 중요하다고 생각되는 편도체 중심핵을 훈련전에 손상시키면 공포조건화의 일종인 심박조건화에 결함이 야기되어 순막조건화가 지체되었지만 심박조건화 이외의 다른 공포조건화에 관련된

신경실체의 작용으로 순막조건화가 전연 불가능하지는 않을 것이다. 따라서 본 실험에서는 훈련전에 편도체 중심핵을 손상시킨 후 심박조건반응과 순막조건반응을 동시에 측정하면서, 첫째, 편도체 중심핵 손상이 심박조건화에 미치는 영향을 반복해서 확인하고자 했다. 둘째, 편도체 중심핵 손상이 심박조건화에 결합을 야기한다면, 혐오조건화의 2과정이론이 예측하는 바와 같이, 순막조건화 역시 지체되는가 보고자 했다.

## 방법 및 절차

### 피험동물

백색종 뉴질랜드산 숫토끼 20마리를 피험동물을 사용하였다. 시술시 동물의 체중은 2.0kg-2.5kg으로, 시술전에 무선적으로 두 집단으로 나누었다. 즉 편도체 중심핵을 손상시킨 편도체 손상집단과 모의시술통제집단으로 피험동물을 각각 11마리, 9마리가 되도록 하였다. 모든 피험동물은 전 실험기간동안 개별장에 수용되었고 시술전에 여러번 사전취급(handling)을 하였다.

### 시술 및 조직검사

시술 : 클로르프로마진(chlorpromazine:40mg/kg)을 근육주사한 후에 기도유지를 위해 에트로핀(atropine)을 복강주사하였다. 30분후, 치오펜탈(thiopental:20mg/kg)을 토끼귀의 정맥을 통해 주사하여 마취시켰다. 마취가 되면, 스트레오택식 기구에 토끼를 고정시킨 후 두피의 중앙부를 절개하여 손상시키려는 부위 위의 두개골에 치과용 드릴(drill)로 구멍을 내었다. 편도체 중심핵을 손상시키기 위하여 전정(bregma)후측으로 0.1mm, 외측으로 5.7mm, 복측으로 12.5mm되는 지점에 전극을 삽입하여 고주파 손상기(radio frequency lesion maker:Grass Model LM-4)로 손상시켰다. 5초동안 전류를 10mA로 올리고 난 다음 15초동안 흘려주었고, 접지는 항문에 끼워 넣었다. 전극은 직경이 125um 되는 스테인레스 스틸 침을 예복사로 절연하여 사용하였는데, 전극침단은 0.5mm만 노출되었다. 모의시술통제집단은 위 절차와 동일하지만, 전극을 경막으로부터 복측으로 11.5mm 내린 후 전류를 가하지 않았다. 시술

후, 봉합을 한 다음, 테라마이신을 근육주사하였다. 그 다음 개별장에 돌려보내 조건화받기전까지 12-14일간의 회복기간을 주었다.

조직검사 : 실험이 끝난 토끼는 치오펜탈로 깊게 마취시킨 후, 0.9%의 생리식염수에 이어 10%의 포르말린을 대동맥을 통해 환류하여 뇌조직을 고정시켰다. 그 후 뇌를 들어내어 10%의 포르말린 용액에 며칠 보존하였다가, 로타리 마이크로톱을 사용하여 50um 두께로 절편을 내었다. 각각의 절편을 확대사건으로 찍어 손상 부위를 확인하였다.

### 실험기구

토끼 고정장치와 순막반응 변환기는 이 두현과 김 현택등이 제작한 것을 사용했고 자세한 사항은 이 두현, 한 정수, 심 인섭과 김 기석(1986)의 논문에 기술되어 있다.

순막반응의 측정은 실험전에 순막에 봉합시켜 놓은 실고리를 광소자 변환기의 축에 연결된 강축막대와 연결시켜, 순막의 직선운동을 광소자 변환기의 회전운동으로 바꾸고 광소자 변환기의 회전은 전압변화를 일으키도록 했다. 이 광소자 변환기를 통해 이루어진 전압 변화는 차등증폭기(differential amplifier)를 통해 증폭하였고, A/D변환장치(analog-digital converter)를 통해 APPLE II컴퓨터로 저장, 분석하였다 이때 표집시간은 5msec로 하였다. 즉 연속적인 전압변화를 5msec마다 수치로 변환하여 변환시의 전압값을 컴퓨터 기억장치에 저장하였다가 한 시행이 끝나면, 반응시작시간(onset latency), 최대반응시간(peak latency), 반응의 크기(amplitude) 반응유형(response pattern)등을 분석하여 그 결과를 컴퓨터 화면에 출력시켰다.

조건화 훈련직전에 토끼의 목덜미, 가슴, 오른쪽 엉덩이에 전극을 꽂아 EKG를 측정하였다. 이 EKG는 차등증폭기를 통해 증폭되었고, 증폭된 EKG는 출력단자를 통해 나와 오실로스코프를 통해 제시되었다. 변별기로 증폭된 EKG중 R파를 변별하여 R파에 대해서만 각각 하나씩 발생하도록 하였다. 펄스지속시간은 10msec였다. 이 펄스는 A/D변환기에 전달되어 APPLE II컴퓨터에서 R-R기간을 계산하였다. R-R기간을

한 비트(beat)로 하여 컴퓨터 화면에 그렸고 표집시간은 10msec였다. 5비트가 나타나는 기간을 한 구획으로 하여 조건자극이 제시되기 전 1구획과 조건자극이 제시된 후 3구획의 기간을 화면에 출력하였다.

조건자극은 정현파발생기(sine wave generator)를 통해 나온 1000Hz의 정현파를 증폭시켜 84dB의 크기로 제시하였다. 무조건 자극은 오른쪽 눈의 하측 10mm지점과 우측 15mm지점에 봉합용 클립(wound clip)을 전극으로 제시하는 A.C. 60Hz 3mA의 전기충격이었다.

조건화시 토끼를 고정장치에 고정시킨 후 훈련은 한번에 네 마리를 동시에 실시하였는데, 각 피험동물을 네개의 방음상자(sound attenuating chamber)에 넣고, 동일한 기구로 통제하여 반응을 측정하였다. 그리고 실험진행시 외부소음 차단을 위해 60dB의 백색 잡음(white noise)을 제시하였다.

### 실험절차

첫째날은 준비기간, 둘째날은 회복기간, 셋째날은 순응기간으로 하고 네째날부터 조건화시행을 실시하였다. 준비기간에는 집단 모두 오른쪽 눈 주변의 털을 깨끗이 제거하고 순막의 상피층에 명주실로 직경 2mm 정도의 고리를 만들었고 무조건자극을 제시하기 위해 안와부에 두개의 봉합용 클립을 부착시켰다. 순응기간에는 조건자극에 대해 심박률이 감소하는 정향반응을 습관화시키기 위해 조건자극만 30회 제시하였다.

조건화시, CS제시시간은 1100msec, US제시시간은 100 msec, 자극간 간격(ISI)은 1000msec이었고, 시행간

기간(LTI)은 50-70초 사이에서 무선적으로 변화시켰고, 평균 60초가 되게 하였다. 자극간 간격을 1000msec로 한 이유는 1000msec가 심박조건화와 순막조건화에 절충적인 상수가 되기 때문이었다.

4일간 하루에 60시행씩 시켰다. 60시행 중 54시행은 CS와 US가 짝지어 제시되는 강화시행이었고 나머지 6시행은 CS만 제시되는 검사시행이었다. 이 검사시행은 10시행을 한 구획으로 하여 각 구획에 한번씩만 실시하였으며, 이 시행에서만 심박률을 측정하였다. 순막이 1mm이상 움직였을 때는 CR로 정의 하였다. 검사시행에서는 CS제시시간내에 반응이 나타나면 CR로 처리하였다. CS에 대한 심박변화율을 결정하기 위해 CS가 제시되기 전에 5비트가 나타나는 기간을 기준으로 CS제시 후 5비트가 나타나는 데 걸리는 시간을 비교하였는데 이때 5비트를 한 구획으로 하여 3구획을 측정하였다.

### 결 과

#### 조직검사

손상은 편도체 중심핵에 국한되어 있었고 손상정도는 60% 이상이 파괴되었으며 다른 부위는 거의 파괴되지 않았다. 손상시키고자 했던 부위와 손상정도는 그림 1에 제시되어 있다.

#### 행동검사

수술시 1마리, 봉합(suture)시 3마리가 죽었고 심박률이 측정되지 않은 2 마리와 다리부상으로 조건화 도중

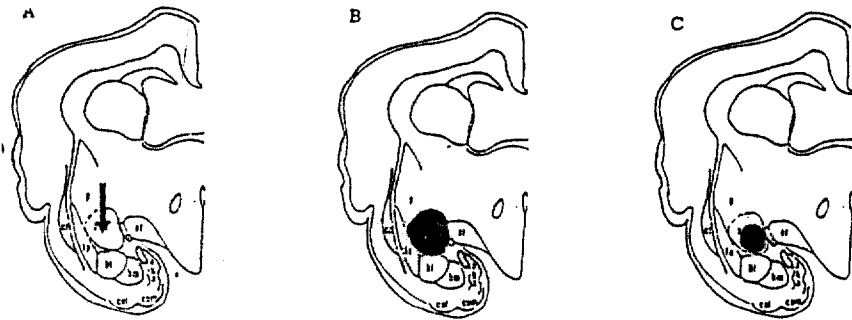


그림 1 A: 손상 목표부위(편도체 중심핵) B: 최대 손상정도 C: 최소 손상정도

표 1. 각 집단구획에 따른 심박수 변화량의 평균과 표준편차

집 단 \ 구 획	구 획 1	구 획 2	구 획 3
편도체 손상 집단	-20.08(24.81)	-32.77(23.05)	-28.83(23.10)
통 제 집 단	-47.31(36.17)	-61.51(33.30)	-60.52(32.38)

( )표준편차

중단한 2마리는 행동검사 분석에서 제외시켰다. 그래서 편도체 손상 집단, 통제집단은 각각 6마리였다.

정상동물에서도 조건화가 진행됨에 따라 심박조건반응이 사라지기 때문에(Kapp et al. 1979) 심박조건화 측정은 훈련 첫날 6번 검사시행때의 자료만 가지고 분석하였다. 편도체 손상 동물은 정상동물과는 달리 조건화된 심박감소가 나타나지 않았다,  $F(1, 10)=5.07, p < .05$ . 모든 통제동물은 50시행 후에는 심박조건반응이 사라졌다. CS제시후 15비트간, 즉 5비트씩 3구획간에서 차이가 있었다,  $F(2, 20)=7.42, p < .01$ . 시행이 진행됨에 따라 그 차이는 유의미하지 않았다,  $F(5, 50)=1.10, p > .05$ . 각 집단 구획에 따른 심박변화량의 평균과 표준편차가 표 1에 나와 있다.

순막조건화가 되었다는 준거로는 10번시행 중 9번 CR이 나타난 시행수로 하였다. 준거에 도달하는데 편도체 손상집단은 183.83 시행, 통제집단은 110.5시행으로 두 집단간에 유의미한 차가 있었다 Mann-Whitney,  $u=4, p < .0.5$ .

## 논 의

본 연구 결과, 편도체 중심핵이 손상된 동물은 심박조건화에 결함을 보였으며 순막조건화 역시 지체되었다. 심박조건화에 결함이 야기된 결과는 Kapp등(1979)의 연구 결과와 일치한다. 편도체 중심핵 손상으로 일어난 순막조건화의 지체현상은 순막조건화가 일어나기 위해서는 공포조건화가 필요하다는 설을 지지하는 결과라 하겠다. 그러나 실험집단의 동물들이 순막조건반응을 학습하는데 지체하기는 하였지만 조건화를 형성하였다는 사실은 순막완료조건화가 형성되는데 심박조건반응 이외에 다른 조건정서반응이 상호작용하여 결국에는 순막조건화가 이루어졌다고 생각된다.

몇몇 학습 이론가들은 혐오조건화를 시키면 공포반응의 학습과 적응적 운동반응의 학습이 일어난다고 제안하였다(Konorski, 1967, Mowrer, 1947). 그리고 이 두 가지 학습에 관련된 신경실체는 서로 다를 것임을 시사하는 연구 결과들이 있다(Francis, Hernandez, & Powell, 1981; Jarrel, McCabe, Teich, Gentile, VanDercar, & Schneiderman, 1986; Lavond, Lincoln, McCormick, & Thompson, 1984).

이전의 여러 연구 결과 및 본 연구 결과로 정서적 심박조건화에는 편도체가 중요한 구조물임을 알 수 있다. 이와는 달리 순막/눈꺼풀 조건반응과 같은 적응적 운동반응에는 소뇌가 결정적으로 중요한 구조물임을 나타내는 연구결과들이 축적되었다.

정서적 조건화와 적응적 운동반응 조건화의 관련성에 초점을 맞추어 Thompson등은 이중기억흔적(dual memory trace)가설을 제안하면서 조건정서반응이 적응적 운동반응의 학습에 필수적이지만 적응적인 운동반응의 학습이 정서반응의 학습에 필수적이지는 않다고 제안하였다(Mauk et al.1982). 그리고 Lavond등(1984)의 연구에서 소뇌를 손상시켰을 때 토끼의 순막조건반응은 사라졌지만 심박조건반응은 영향을 받지 않았다는 결과는 이러한 견해와 일치되는 결과라 하겠다.

Thompson과 그의 동료들은 최근에 이중기억흔적 가설을 더욱 확장시켜 다중기억 흔적 가설을 제안하였다(Thompson et al. 1984). 이 가설에 의하면 뇌에는 몇가지 기억흔적 체계가 계층적으로 조직화 된다는 것이다. 첫번째 기초가 되는 체계는 심박반응과 같은 비특성적 정서조건화체계이며, 두번째는 순막반응이나 다리굴곡 반응과 같은 특정적 운동반응체계이며, 세번째 체계는 이전 두 체계보다 좀 더 복잡한 체계로 저지(blocking)와 같은 학습이 여기에 속한다고 보았다. 그리고 이런 학습에는 해마(hippocampus)와 같은 구조물이 담당할

것이라고 제안하였다. 이 가설에 의하면 하위의 기억흔적체계는 상위의 기억흔적체계가 발달하는데 필수적이지만 상위체계는 하위체계가 발달하는데 필수적이지는 않다. 이러한 가설과 일치하는 연구결과들이 많이 있다. 아닌게 아니라 해마손상은 특정한 적응반응인 순막반응의 습득에는 결함을 야기시키지 못했지만(Schultz & Theios, 1972) 저지와 같은 과제에서는 결함을 야기시켰다(윤영화와 김기석, 1987). 그리고 토끼의 뇌를 손상시키면 순막조건반응이 나타나지 않을 뿐만 아니라 정상동물의 해마에서 뉴런단위활동(unit activity)을 기록했을 때 순막조건반응의 양상과 유사한 형태로 나타났던 단위활동이 사라졌다(Clark, McCormick, Lavond, & Thompson, 1984). 이는 두번째 체계에 뇌가 결정적으로 중요하며 이 체계는 세번째 기억흔적체계가 해마 등에서 발달하는데 필수적임을 나타낸다.

그런데 본 연구 결과, 편도체 손상동물이 심박정서조건화에 결함을 나타내었고, 또한 순막조건화를 학습하는데 지체하기는 하였지만 순막조건화를 형성하였다는 사실은 얼핏보기에는 Thompson 등의 다중기억흔적체계가 계층적으로 조직되어 있을 것이라는 가설과 완전히 일치하는 것으로는 보이지 않는다. 그러나 준비적 정서조건화에는 심박반응과 같은 자율반응의 정서조건화 이외에 호흡, 동공확대와 같은 자율반응도 포함되며 또한 동결반응이나 도피와 같은 체성반응도 포함된다. 그런데 이러한 여러 정서조건반응이 적응적 특정반응이 발달하는데 필수적이라고 볼 때, 편도체 중심핵 손상으로 인하여 심박조건반응이 형성되지 않으면 여러 정서조건반응중 중요한 한요소가 사라져서 적응적 순막조건반응의 발달에 결함을 야기시키거나 남아 있는 다른 정서반응계에 의하여 순막조건반응이 지체되기는 하나 형성되었다고 생각된다. Applegate 등(1983)의 연구에서 정서조건반응중 심박반응과 같은 자율반응은 편도체 중심핵과 관련되었지만 도피나 동결반응은 편도체 중심핵 부근의 다른 핵군인 기저 외측 핵군과 관련되는 것으로 나타난 결과는 위와 같은 본 연구자들의 추론과 일치하는 결과라 생각된다.

심박정서조건반응이 적응적 순막조건반응에 필수적이라면 정서조건반응의 정보가 어떤 통로를 통하여 순

막조건화에 결정적 구조물인 뇌에 전달되는가? 심박조건반응의 출력은 편도체 중심핵에서 시상하부의 외측핵(lateral hypothalamus)을 거쳐서 하시상의 불확대(lateral zona incerta of subthalamus), 그 다음은 연수의 미주신경핵(vagal nucleus)으로 연결된다는 실험결과들이 있다(Francis et al., 1981; Jarrel et al. 1986; Schwaber, Kapp, & Higgins, 1980). 그러나 외측시상하부 손상이나 하시상의 불확대영역의 손상이 심박조건화에는 영향을 미치지만 순막조건반응에는 영향을 미치지 않았다(Francis et al. 1982; Jarrel et al. 1986). 이런 실험결과와 본 연구결과로, 순막조건화의 초기형성에 필요한 정서조건반응의 한 유형인 심박조건반응은 편도체 중심핵이나 그 이전 구조물에서 형성되어 시상하부 및 하시상으로 가는 신경로를 거치지 않고 다른 신경로를 통해서 뇌에 영향을 주리라 생각된다.

앞으로의 연구에서는 순막조건화동안 정보가 편도체 중심핵에서 어떤 신경로를 거쳐 뇌에 전달되는지 밝힐 필요가 있다.

본 연구 결과 및 이전 연구 결과로 심박조건화에 결정적인 구조물이 편도체 중심핵이나 그 선행 구조물이라고 생각할 수 있는데 편도체 중심핵에는 여러 감각입력이 수렴되기 때문에 심박조건화의 신경실체로는 편도체의 구심성 구조물이라기 보다는 편도체 중심핵일 가능성이 높다고 생각된다.

## 참고문헌

- 김기석과 윤 영화(1987). 조건반사의 신경실체에 관한 연구. **한국심리학회지**, 6, 109-120.
- 윤 영화와 김 기석(1987). 해마 CA3 영역의 선택적 손상이 저지 및 잠재적 억제에 미치는 영향. **한국심리학회지**, 6(1), 51-64.
- 이 두현, 한 정수, 심 인섭과 김 기석(1986). 역행작이 고전적 조건화에 미치는 영향. **고려대학교 행동과학지**, 8, 19-25.
- 조 원호, 현 성용과 김 기석(1986). 자극간 간격에 따른 순막반응의 고전적 조건화. **고려대학교 행동과학지**, 8, 11-17.

- Applegate, C. D., Kapp, B. S., Underwood, M. D. and McNall, C. L.(1983). Autonomic and somatomotor effects of amygdala central nucleus stimulation in awake rabbits. *Physiology and Behavior*, *31*, 353-360.
- Clark, G. A., McCormick, D. A., Lavond, O. G. and Thompson, R. F.(1984). Effects of lesions of cerebellar nuclei on conditioned behavioral and hippocampal neural response. *Brain Research*, *291*, 125-136.
- Francis, J., Hernandez, L. L., and Powell, D. A.(1981). Lateral hypothalamic lesions: Effects on Pavlovian cardiac and eyeblink conditioning in the rabbit. *Brain Research Bulletin*, *6*, 155-163.
- Gallagher, M., Kapp, B. S., and Pascoe, J. P.(1982). Enkephalin analogue effects in the amygdala central nucleus on the conditioned heart rate. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, *14*, 146-149.
- Gormezano, I., Kehoe, E. J., and Marshall, B. S. (1983). Twenty years in classical conditioning research with the rabbit. In J. M. Sprague and A. N. Epstein(Eds.). *Progress in psychobiology and physiological psychology* (pp. 197-275). Academic Press: New York.
- Gormezano, I., Schneiderman, N., Deaux, E., and Fentress I. (1962). Nictitating membrane: Classical conditioning and extinction in the rabbit. *Science*, *138*, 33-34.
- Jarrel, T. W., McCabe, P. M., Teich, A., Gentils, C. G., VanDercar, D. H., and Schneiderman, N.(1986). Lateral subthalamic area as mediator of classically conditioned bradycardia in rabbits. *Behavior Neuroscience*, *100*, 3-10.
- Kapp, S. S., Frysinger, R. S., Gallagher, M., and Haselton, J. R.(1979). Amygdala central nucleus lesions: Effect on heart rate conditioning in the rabbit. *Physiology and Behavior*, *23*, 1109-1117.
- Kelly, A. E., Domesick, V. B., and Nauta, W. J. H. (1982). The amygdalo-striatal projection in the rat: An anatomical study by anterograde and retrograde tracing methods. *Neuroscience*, *7*, 615-630.
- Konorski, J. (1967). *Integrative activity of the brain*. Chicago: University of Chicago Press.
- Krettek, J. and Price, J. (1978). Amygdaloid projections to subcortical structures within the basal forebrain and brainstem in rat and cat. *Journal of Comparative Neurology*, *178*, 225-254.
- Lavond, D. G., Lincoln, J. S., McCormick, D. A., and Thompson, R. F. (1984). Effects of bilateral lesions of the lateral cerebellar nuclei on conditioning of heart-rate and nictitating membrane/eyelid response in the rabbit. *Brain Research*, *305*, 323-330.
- Mackintosh, N.J. (1983). *Conditioning and associative learning*. New York: Clarendon Press.
- Mauk, M. D., Madden, J., IV, Barchas, J. D., and Thompson, R. F. (1982). Opiates and classical conditioning: Selective abolition of conditioned response by activation of opiate receptors within the central nervous system. *Proceeding of the National Academy in Science, USA*, *79*, 7598-7602.
- Mauk, M. D., Warren, J. T., and Thompson, R. F. (1982). Selective naloxone-reversible morphine depression of learned behavioral and hippocampal response. *Science*, *216*, 434-435.
- McCormick, D. A., Guyer, P. E. and Thompson, R. F. (1982). Superior cerebellar peduncle lesions selectively abolish the ipsilateral classically conditioned nictitating membrane/eyelid responses of the rabbit. *Brain Research*, *244*, 347-350.
- McCormick, D. A., and Thompson, R. F. (1984). Neuronal response of the rabbit cerebellum during acquisition and performance of a classically conditioned nictitating membrane-eyelid response. *Journal of Neuroscience*, *4*(11), 2811-2822.
- Mowrer, O. H. (1974). On the dual nature learning-a reinterpretation of "conditioning" and "problem-solving". *Harvard Education Review*, *17*, 102-148.

- Prokasy, W. F. (1972). Developments with the two-phase applied to human eyelid conditioning. In "Classical Conditioning : Current Research and Theory" (A. H. Black and W. F. Prokasy, Eds.). Appleton, New York.
- Richardson, R. T., and Thompson, R. F. (1983). Amygdaloid unit activity during classical conditioning of the nictitating membrane response in rabbit. *Physiology and Behavior*, 32, 527-539.
- Schmaltz, L. W., and Theios J. (1972). Acquisition and extinction of a classically conditioned response in hippocampectomized rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Journal of comparative and physiological Psychology*, 79(2), 328-333.
- Schneiderman, N. (1972). Response system divergencies in eversive classical conditioning. In "Classical Conditioning : Current Research and Theory" (A. H. Black and W. F. Prokasy, Eds.). Appleton, New York.
- Schneiderman, N., Smith, M. C., Smith, A. C., and Gormezano, L. (1966). Heart rate classical conditioning in rabbits. *Psychonomic Science*, 6, 241-242.
- Schwaber, J. S., Kapp, B. S., and Higgins, G. (1980). The origin and extent of direct amygdala projections to the region of the dorsal motor nucleus of the vagus and the nucleus of the solitary tract. *Neuroscience Letters*, 20, 15-20.
- Thompson, R. F., Clark, G. A., Donegan, N. H., Lavond, D. G., Lincoln, J. S., Madden, J. IV., Mamounas, L. A., Mauk, M. D., McCormick, D. A., and Thompson, J. K. (1984). Neuronal substrates of learning and memory: A "multi-trace" view. In G. Lynch, J. L. McGaugh, and N. M. Weinberger (Eds.). *Neurobiology of learning and memory* (pp. 136-164). The Guilford Press: London.
- Yeo, C. H., Harddiman, M. J., and Glickstein, M. (1985). Classical conditioning of the nictitating membrane response of the rabbit. II. Lesions of the cerebellar cortex. *Experimental Brain Research*, 60, 99-113.

원고 초본 접수 : 1988. 10. 15

최종 수정본 접수 : 1988. 12. 5



## **Effects of Amygdaloid Central Nucleus Lesion on Heart Rate Conditioning and Nictitating Membrane Response Conditioning in Rabbits.**

**Young-Hwa Yun, Jung-Soo Han and Ki-Suk Kim**

Korea University

Many researchers have distinguished two classes of conditioned responses: diffuse or nonspecific preparatory CRs and precise, specific, adaptive CRs. Specifically R.F. Thompson proposed that in aversive learning initial development of the nonspecific "conditioned fear" trace system may be essential for the subsequent development of the specific adaptive memory trace and that the neuronal substrates of the two trace systems differ at least in part. Considerable evidence indicates that amygdaloid central nucleus is involved in conditioned fear and cerebellum is involved in conditioned motor responding. This investigation was conducted to determine effects of amygdaloid central nucleus lesion on the course of the acquisition of rabbit's nictitating membrane response(NMR) in classical conditioning. After lesion, acquisition training of 4 days started, following one day of adaptation session. For each of the 4 days training, each subject received 60 trials of which 54 trials were reinforced and 6 trials nonreinforced. Only in nonreinforced trials were the heart rate changes measured and these changes were analyzed by comparing with the basal response rate. Conditioned NMR was analyzed by 9/10 criterion. There were significant differences between the sham-operated group and the amygdaloid central nucleus-lesioned group in heart rate changes and conditioned NMRs. The result suggests that amygdaloid central nucleus is involved in conditioned fear and the conditioned fear is essential for the specific adaptive response.