

자 료

초음파 발생기의 쥐 퇴치 효과

이두현 · 김현택

고려대학교 심리학과

20~30kHz의 초음파가 쥐에게 혐오적 자극이 된다는 사실로부터 미국의 Sonitron Model C기구가 개발되었으나, 쥐들은 곧 그 기구가 제시하는 초음파에 익숙해졌다. 이에 한국의 A사에서는 이 기구의 단점을 보완하여 새로운 초음파 발생기를 개발하였다. 그래서 본 연구는 이 두가지 기구가 쥐 퇴치에 미치는 효과를 비교하고 각 기구에서 발생하는 초음파가 어느 정도 쥐에게 혐오스러운 자극이 될 수 있으며, 초음파에 대한 습관화가 일어나는 정도를 직접 측정하고자 하였다. 왕복상자를 이용한 실험실연구, 모의 가옥을 이용한 모의 현장연구 모두에서 초음파 자극은 쥐에게 강력한 혐오자극이 되지는 못하였으며 약 100회 이상 초음파에 노출되면 습관화가 일어나는 것으로 나타났다.

실험 1

방 법

쥐의 초음파에 대한 반응을 직접적으로 측정하기 위해서는 실험실에서의 실험이 필요하다. 실험실에서는 실험자가 가의변인을 엄격히 통제함으로써 자연 상황에서 발생할 수 있는 혼란변인의¹⁾ 효과를 제거하여 실험변인의 효과를 정확하게 볼 수 있다. 따라서 실험 1에서는 왕복상자를 이용하여 전기 쇼크대신 초음파를 회피 자극으로 제시함으로써 쥐가 초음파를 회피하는 정도를 측정하고자 하였다. 즉, 쥐가 초음파를 회피하는 정도로부터 초음파 자극의 혐오성 정도를 알고자 하였고 초음파에 반복 노출 되었을 때 습관화가 진행되는지를 보고자 하였다.

피험동물

체중이 250~300g인 18마리의 수컷 흰쥐와 18마리의 암컷 흰쥐를 사용하였다.

실험기구

초음파 발생장치는 'A'(한국의 A사에서 개발한 초음파 발생기)와 'B'(미국의 Sonitron Model C)로 이 두 기구의 주파수 특성을 살펴보면 'B'는 25kHz의 주파수대가 가장 많고 20kHz에서 27kHz까지의 주파수대가 연속적으로 폭넓게 제시되었다. 반면에 A는 20kHz의 주파수대가 가장 많았고 다른 주파수대는 비교적

적었다. 그리고 제시강도는 두 기구 모두 95dB이었다.

실험절차

A에 노출되는 집단과 B에 노출되는 집단의 두 집단으로 실험집단을 설정하였고 각 집단에 암컷 6마리, 수컷 6마리씩을 우선적으로 할당하였다.

각 피험동물을 개별취장에 한마리씩 넣었고 물과 먹이는 자유롭게 먹을 수 있도록 하였다. 실험시작 첫 3일동안은 피험동물이 실험자와 익숙해지도록 하기위해 하루에 10분씩 손으로 어루만져(handling)주었다. 4일째부터는 본 시행에 들어갔다. 본 시행은 왕복상자에서의 초음파 회피로 이루어지는데 그 절차는 다음과 같다. 우선 쥐를 왕복 상자에 넣고 쥐가 있는 방에 초음파를 제시하는 동시에 중간의 문을 열어주고 쥐가 초음파가 들리지 않는 다른 방으로 회피할 수 있도록 하였다. 쥐가 다른 방으로 회피하면 초음파를 끄고 문을 닫아 주었다. 만약 쥐가 회피하지 않으면 30초 후에 초음파를 끄고 문을 닫아 주었다. 이렇게 초음파를 제시한 후 쥐가 회피하든 안하든 초음파가 꺼지고 문이 닫힐 때 까지를 한 시행으로 하였고 한 시행이 끝나면 50초간의 휴식기간을 주고 같은 방법으로 다음 시행을 실시하였다.

실험은 하루에 30시행씩 실시하였고 습관화 준거는 연속되는 15시행중 14시행을 회피에 실패하였을 경우로 하였다. 그리고 그 준거에 도달할 때까지 걸린 시행수를 습관화 지수로 삼았다. 실험이 끝난 쥐는 3일간의 휴식 기간을 둔 후 왕복상자에 넣고 청각 검사를 하였다. 청각 검사는 1kHz, 95dB의 소리와 초음파를 각각 5번씩 1초간 들려주면서 놀람반응(startle response)을 관찰 하였다.

결 과

표 1은 각 집단의 피험동물들의 습관화 지수, 각 집

단의 평균 습관화 지수, 표준편차를 보여 주고 있으며 각 집단의 습관화 지수의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다.

그러나 표 1로부터 알 수 있듯이 A집단의 경우 표준편차가 더 큰 것으로 나타났다. 즉, 이는 'A'의 초음파에 대해서 느끼는 혐오성의 정도가 더 큰 변산을 보임을 나타낸다.

초음파 자극이 쥐의 청각계에 손상을 일으킴으로서 습관화와 같은 현상이 일어났는지를 확인하기 위한 청각 검사에서는 두 집단의 피험동물 모두가 1kHz소리와 초음파 자극에 대해 거의 완벽한 놀람 반응을 보인 것으로 나타났고 두 집단간의 통계적인 차이도 없었다. 따라서 이 실험에서 나타난 습관화는 초음파에 의한 청각계의 손상으로 인한 것이 아님을 알 수 있다.

논 의

이상의 결과는 각 기구에서 발생하는 초음파 자극의 혐오성 간에는 차이가 없음을 의미한다. 초음파 자극이 쥐의 행동에 미치는 효과는 그 개인차가 매우 큰 것으로 나타났는데 이는 쥐에 따라 초음파에 민감한 쥐들과 그렇지 않는 쥐들이 뚜렷이 구분되는 것이라고 생각할 수 있다. 그중에서도 20kHz라는 특정 주파수대의 초음파만 제시되는 'A'의 초음파가 더 큰 변산을 보였다는 것은 쥐가 초음파에 대해 느끼는 혐오성의 정도는 주파수 특정적임을 알 수 있다. 따라서 각 기구들에서 발생하는 자극을 일반적으로 쥐에게 혐오스러운 자극이라 단정짓기는 어렵고, 초음파 발생 장치가 보다 더 효과적이기 위해서는 발생하는 주파수의 범위가 넓거나, 주파수가 시간대에 따라 무선적으로 변화하면서 제시될 수 있는 기구를 개발하여야 할 것이다. 그리고 이는 초음파 발생기의 효과를 검증한 이전 연구와도 일치한다(Stephen. Keith & Kenneth, 1983).

표 1 피험동물별 습관화 지수와 집단별 평균 습관화 지수

집단\피험동물	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	평균	표준편차
A	44	32	77	42	46	272	281	281	161	122	35	60	108.8	91.6
B	9	39	12	91	사망	121	163	163	212	122	73	75	93.0	61.7

실험 2

실험 1과 같은 실험실내에서의 연구는 엄격한 통제 하에 실시되므로 가의변인이나 혼란변인의 영향을 배제할 수 있다는 장점이 있는 반면 인위적 환경인 실험실내에서 연구가 진행되므로 피험동물의 생생한 자연적 행동을 관찰하고 연구하기에 다소 제약이 따른다. 한편 순수한 현장 연구는 자연환경하에서 행해지므로 실험의 효과외에 여러 다른 환경적 요인들이 실험의 결과에 영향을 미치기 쉽다. 그래서 실험 2에서는 우선 피험동물로 야생쥐를 사용하고 동물들이 실험실내의 환경보다는 더욱 자연스럽게 행동할 수 있는 주거지를 건축하여 주어서 그러한 준 자연적인 환경에서 초음파를 회피하는 정도를 관찰하고자 하였다.

자연 환경에서는 야생쥐가 선호하는 먹이와 그렇지 못한 먹이가 있을 것이다. 만일 두 먹이가 공존한다면 다른 조건이 동일한 경우에는 동물은 맛있는 먹이쪽으로 접근할 것이다. 이것은 실제로 흔히 있을 수 있는 일인데, 맛있는 먹이를 얻을 수 없거나 얻는데 난관이 있는 경우라야 쥐들은 맛있는 먹이쪽으로 가게 될 것이다. 그래서 본 실험에서는 1단계로 맛있는 먹이와 초음파가 같이 제시되는 조건과 맛있는 먹이만 제시되고 초음파가 없는 조건을 비교하여 초음파기기의 혐오성의 정도를 보려고 하였다. 그리고 2단계에서는 초음파가 있는 조건과 없는 조건 공히 맛있는 먹이를 제공하였다.

방 법

피험동물

성장한 야생쥐 11마리를 피험동물로 사용하였다. 쥐의 마리를 통제하기 위해 수시로 번식상태를 확인하여 새끼들을 제거하였다.

실험도구

목조 건축물을 제작하여 사용하였는데 크기는 가로 5.5m, 세로 2m, 높이 3m이며 그 전면에 별개의 거주방을 마련하였다. 그 거주방은 1m×1m×1m이며 본 건축물과는 통로로 연결되게 하여 평소에는 거주방에 있

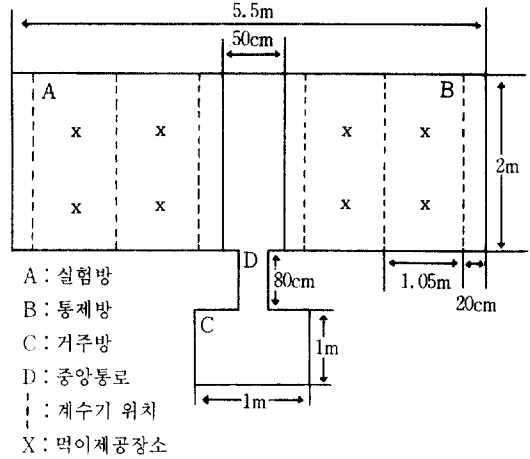


그림 1. 목조 건축물의 구조

다가 먹이를 먹을때는 그 통로를 거쳐서 본 건축물로 갈 수 있게 하였다. 본 건축물은 조건에 따라 초음파를 제시할 수 있게 하였다(그림 1참조). 한편 쥐들의 활동성을 계수할 수 있도록 적외선 계수장치를 설치하였는데 각 방마다 3개씩 계수장치를 설치하였다. 기온 변화에 따른 야생쥐의 활동성 변산을 줄이기 위해 각 방마다 500-700w의 항온 전열기를 설치하여 난방하였다. 실내 온도는 20°C가 유지되도록 하였다. 맛있는 먹이는 실험실 쥐용 사료에다 꿀을 가미하였고 맛있는 먹이는 밀가루 풀을 가미하였다. 이러한 먹이가 쥐에게 맛이 있는 먹이냐는 실험의 1단계에서 초음파를 제시하지 않았을 때 그 두가지 먹이에 접근하는 횟수와 먹이 섭취량으로 측정하여 확인 하였다.

실험절차

1단계 실험시 건축물의 두 방중에서 한 방에는 꿀을 가미한 먹이를 놓아 두었고 다른 방에는 밀가루 풀을 가미한 먹이를 두었다. 그리고 물은 자유롭게 먹을 수 있도록 마련하였다.

처음 1주일간은 두 종류의 먹이만 둔 채로 초음파는 제시하지 않고 쥐들의 기본적인 활동량을 측정하였는데 이것을 기저선으로 삼았다. 다음 3주일간은 꿀을 가미한 먹이를 둔 방에 초음파를 95dB의 강도로 제시하여 초음파에 의한 쥐들의 먹이선호 변화를 살펴서 혐오성의 정도를 측정하였다. 그리고 2단계에서는 처

음 1주일간은 역시 초음파를 제시하지 않고 양쪽방 모두 밀가루 풀을 가미한 먹이를 제공하는 상태에서 기저율을 측정하였고 다음 3주일간은 그 중 한 방에 초음파를 켜 후 쥐의 활동량을 측정하였다.

결 과

그림 2와 표 2는 1단계 실험 결과로서 그림 2를 참조하면, 종축은 기저선 활동량을 기준으로 하여 활동량의

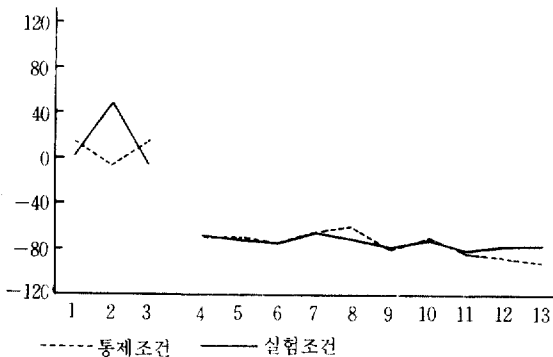


그림 2. 1단계 실험조건과 통제조건인 활동량 비교 (1구획=2일)

표 2 그림 2의 원자료

구 획	활동성변화율	
	통제조건	실험조건
1.00	-35.20	-29.40
2.00	19.20	15.60
3.00	44.40	28.10
4.00	-69.60	-24.60
5.00	-32.70	-60.10
6.00	-79.60	-34.00
7.00	-61.50	-50.00
8.00	-16.50	-68.50
9.00	-48.00	-44.70
10.00	-35.20	-59.20
11.00	-38.30	-64.30
12.00	28.90	-55.80
13.00	-37.10	-55.60

증가 또는 감소를 백분율로 나타낸 것이며 횡축은 처음 1주간의 기저선 측정기간과 나중의 3주간의 활동을 측정기간을 나타낸 것이다. 여기서 기저선 측정기간의 처음 하루와 활동을 측정기간의 마지막 하루의 자료는 제외시키고 각각 6일간과 20일간의 자료를 이틀을 한 구획으로 하여 나타내었다. 그러므로 1-3은 기저선 측정기간이며 4-13은 활동을 측정기간이다. 여기서 통제조건은 밀가루 풀을 가미한 먹이를 제시하고 초음파가 없는 방을 나타내고, 실험조건은 풀을 가미한 먹이와 초음파가 함께 제시되는 방을 나타낸다. 그리고 표 2는 이에 대한 원자료이다.

이상의 자료에서 알 수 있듯이 활동량이란 전체 쥐의 활동량을 총합한 결과로서 원자료 자체가 두 집단 간의 차이를 보여주고 있다. 따라서 1단계에서, 기저선 측정기간의 경우 실험조건이 더 높은 활동량을 보인 반면 초음파가 제시되는 동안은 각 집단의 경우 거의 유사한 정도의 활동을 보였다.

그림 3과 표 3은 2단계 실험 결과로 통제조건은 초음파가 없는 방의 활동을 변화이며 실험조건은 초음파가 제시되는 방의 활동이다. 이 자료를 살펴 보면 2단계 기저선을 측정하기 위해 초음파 제시를 중단하자 활동량의 증가가 일어났고 다시 초음파를 제시하자 양쪽 집단 모두 활동량의 감소를 보였는데 실험집단의 경우 감소의 폭이 더 컸다.

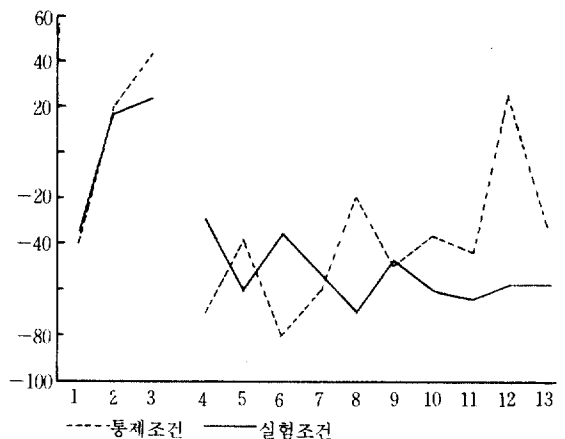


그림 3. 2단계 활동량 변화

표 3 그림 3의 원자료

구	획	활동성변화율	
		통제조건	실험조건
1.00		12.00	- 4.25
2.00		- 10.05	47.24
3.00		11.20	- 11.10
4.00		- 61.40	- 59.30
5.00		- 60.60	- 63.70
6.00		- 63.70	- 64.70
7.00		- 54.00	- 55.60
8.00		- 49.50	- 60.30
9.00		- 69.30	- 69.30
10.00		- 60.70	- 62.50
11.00		- 77.10	- 73.10
12.00		- 81.50	- 68.50
13.00		- 86.20	- 66.70

논 의

1단계의 결과에서 처음의 기저선 측정기간 동안에는 꿀을 가미한 먹이가 있는 방의 활동율과 먹이 섭취량이 밀가루 꿀을 가미한 먹이가 있는 방의 그것보다 높았는데 이는 당연히 먹이의 맛차이에서 기인한 것이라 생각된다. 4구획때에 실험방(꿀을 가미한 먹이가 있는 방)에 초음파를 제시하기 시작하였는데 실험방과 통제방의 활동율이 공히 감소되었다. 이는 실험방의 초음파를 경험한 쥐들이 활동율의 일반적 감소를 보인에서 기인한 것이라 생각된다. 초음파를 제시하기 시작한 후의 두 방의 활동율은 거의 비슷한 양상을 보이고 있는데 이는 초음파가 매우 혐오적인 자극이어서 쥐들이 맛있는 먹이를 선호할 것이라는 기대에는 미흡하다. 하지만 기저선 구획과 비교해 보건데 적어도 맛있는 먹이를 더 선호하지 않았다는 것은 초음파의 효과가

어느 정도는 있었음을 보여주는 것이다. 특히 초음파가 켜지고 난 후에 쥐들의 일반적인 활동 수준이 떨어졌다는 것은 현장 연구에서 재고해 보아야 할 흥미있는 결과라 생각된다. 그러나 실험의 마지막 부분에 가서는 맛있는 먹이쪽의 활동이 증가하였는데, 이는 먹이의 유인가가 높고 습관화가 진행되어 나타난 결과로 생각된다.

2단계의 결과에서는 기저선 구획에서 쥐들의 각 방에서의 활동율이 증가해 간 것을 볼 수 있다. 이는 먹이 섭취에 익숙해져간 것을 나타내는 것이다. 초음파가 한 방에 켜지자 역시 일반적인 활동 수준이 떨어졌다는 것을 볼 수 있다. 한편, 실험방, 즉 초음파가 켜져 있는 방에서의 활동수준이 전체적으로 통제방, 즉, 초음파가 없는 방보다 낮기는 하지만 그 차이가 충분히 크지는 않다는 것을 알 수 있다. 이는 초음파가 혐오적이기는 하지만 그 강도가 다소 부족함을 나타내는 것이다.

종합논의

이상의 실험 1과 실험 2의 결과로 미루어 보아 초음파가 쥐에게 혐오스러운 자극이 됨은 입증되었으나 그 혐오의 정도가 쥐의 목표점을 향한 접근 행동을 완전히 차단할 정도는 아니라고 생각할 수 있다. 또한 장기간 그러한 자극에 노출되면 습관화가 진행되어 결국에는 효과가 없어지는 것으로 나타났다. 따라서 앞으로는 초음파 자극의 습관화를 방지하고 혐오성의 개별차를 줄일 수 있는 방법을 찾기 위한 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

Stephen, A.S., Keith, G.L., & Kenneth, A.C. (1983). Report of efficacy studies of the sonitron rodent control device. Denver wildlife Research Center.

원고 초본 접수 : 1989. 10. 29
최종 수정본 접수 : 1989. 11. 22

韓國心理學會誌：生物 吳 生理

Korean Journal of Biological and Physiological Psychology

1989. Vol. 1, 77-82

Effects of Ultrasonic Sound on the Avoidance Behavior of Rat

Doo-Hyun Lee and Hyun-Taek Kim

Korea University

This study investigated effects of ultrasonic sounds on the behavior of rats. In experiment 1, we observed the avoidance response and habituation process when subjects were exposed to ultrasonic sound in shuttle box. Results did not confirm our expectation that rats are extremely aversive to the ultrasonic sound and showed that subjects were habituated to it. In experiment 2, we simulated natural environment, and observed the activity and habituation of rats. The result also showed that the ultrasonic sound does not prevent the hungry rats from reaching the foods, although the activity level in the environment was reduced considerably when the sound was presented. These results suggest that the long-term ultrasonic sound does not give aversive effects completely to the rat's goal-directed behavior.