

회피학습의 정도와 공포기억의 강도 사이의 관계: 과학습이 공포를 감소시키는가?¹⁾

김문수, 김병훈

전남대학교 심리학과, 고려대학교 심리학과

본 실험은 능동적 회피학습의 정도에 따라 조건공포의 강도가 달라지는가를 공포로 증강된 깜짝 반사를 사용하여 검토하였다. 능동적 회피학습은 불빛을 CS로, 전기충격을 US로 하여 하루에 30시행씩, 1, 2, 4, 또는 8일 동안 실시되었고, 깜짝반사 검사는 능동적 회피학습 종료 후 매일 1회씩 3회에 걸쳐 실시되었다. 피험동물로 사용된 흰쥐들은 빠른 속도로 회피반응을 학습하여 훈련 이틀째에 이미 접근선에 도달하였다. 깜짝반사 검사 1에서, 회피학습에 사용된 CS에 대하여 형성된 공포기억은 1일 훈련집단만 제외한 나머지 세 훈련집단에서 유의미하였다. 공포반응은 3회의 검사를 거치면서 점차로 소거되었다. 각 검사 내에서 공포기억의 강도는 검사가 진행됨에 따라 증가(검사 1)하거나 감소(검사 2)하는 방향으로 변화하였다. 본 연구의 주목적은 능동적 회피반응을 과학습시키면 공포기억이 감소되거나 사라지는가를 검토하는 것이었는데, 공포로 증강된 깜짝반사에서 2, 4, 8일 훈련집단들 사이에는 유의미한 차이가 발견되지 않았다.

능동적 회피학습 연구에서 잘 알려진 현상 중의 하나는 다음과 같은 것이다. 훈련의 초기에는 동물들이 각 시행을 시작할 때마다 주어지는 불빛 또는 소리 등의 경고신호(즉, CS)에 강한 정서적 반응(비명을 지른다든지 배설을 하는 등의)을 보이다가 훈련이 진행될수록 동물들은 전기충격을 받기 전에 다른 방으로 넘어감으로써 전기충격을 받지 않게 된다. 이렇게 회피반응이 잘 학습된 상태가 되면 동물들은 훈련 초기와는 달리 CS에 큰 정서적 반응을 보이지 않고 회피반응을 수행하는 듯이 보인다. 그런 인상은 조건정서반응(conditioned emotional response)을 사용한 연구에서 능동적 회피반응을 과학습한 쥐들이 과학습하지 않은 쥐들에 비하여 공포반응을 적게 보이거나 거의 보이지 않았다는 발견과 일치한다(Kamin, Brimer와 Black, 1963; Mineka와 Gino, 1980; Starr와 Mineka, 1977). 이런 결과는 회피학습에 대한 전통적인 이요인 이론(Mowrer와 Lamoreaux, 1951)에 중요한 반증을 제공하는 것으로 간주되어 왔다(McAllister와 McAllister, 1991).

그러나 동물들이 걸로 보기에 공포반응을 보이지 않는다고 하더라도 그 CS에 대한 공포기억은 사라지지 않고 잠재되어 있을 가능성도 있다. 최근의 연구에서는 능동적 회피학습을 충분히 시

키더라도 공포기억이 유지된다는 결과가 보고되었다(Smith & Levis, 1991). 이런 상반된 결과가 얻어진 원인으로는 실험절차 상의 여러 가지 차이를 들 수 있을 것이며, 따라서 어떤 조건 하에서 어떤 패턴의 결과가 얻어지는가를 밝히는 일이 중요할 것이다. 여기에 더하여, 기존의 연구들은 모두 공포의 지표로서 조건정서반응(bar-press suppression 또는 lick-suppression을 이용한)을 사용하였는데, 공포를 측정하는 다른 과제를 사용하여 이 문제를 검토해 볼 필요도 있다. 공포를 측정하는 여러 가지 지표가 반드시 일치하는 결과를 산출하지 않을 가능성도 배제할 수 없기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 공포로 증강된 깜짝반사(fear-potentiated startle reflex)²⁾를 사용하여 공포의 강도를 측정하고자 한다. 이 과제는 쥐들이 고주파수의 짧고 강한 소음에 소스라치듯 놀라는 청각적인 깜짝반사(acoustic startle reflex)를 이용한 것으로서, 깜짝반사의 크기는 공포조건형성에 의해 조절된다는 사실이 잘 알려져 있다. 예를 들어, 과거에 전기충격과 짝지어졌던 자극이 제시된 조건 하에서 일어나는 깜짝반사는 그런 자극이 없는 조건 하에서 일어나는 깜짝반사보다 더 큰 진폭을 나타내기 때문에 조건공포(conditioned fear)의 민감한 측정치로 사용되어 왔다(Brown, Kalish와 Farber, 1951; Davis, 1986).

능동적 회피반응의 과학습이 조건공포를 제거 또는 감소시킨다는 위의 연구들은, 예를 들어, 연

1) 이 논문은 1995년도 전남대학교 학술연구조성비에 의한 것임

속해서 3번, 9번, 또는 27번의 회피반응을 할 때까지 쥐들을 훈련시키는 학습준거를 사용하여 학습의 정도를 조절하였다. 연속 27회의 회피반응을 학습준거로 사용하여 훈련시키기 위해서는 실험동물들이 외부의 방해자극들 때문에 교란되지 않도록 실험실 환경이 통제되어야 하지만, 본 실험은 외부 소음이 차단되지 못한 곳에서 행해졌기 때문에 그러한 학습준거를 사용하기가 실제적으로 불가능하였다. 따라서 본 연구에서는 이와는 다른 훈련방식을 취하여 하루에 30시행씩 1일, 2일, 4일, 또는 8일 동안 훈련을 시킴으로써 회피학습의 정도를 조절하였다. 예비실험 결과에 의하면 본 연구에서 사용된 조건들 하에서 쥐들의 수행은 2-3일째에 점근선에 도달하는 것으로 밝혀졌기 때문에 8일 동안 훈련을 받은 쥐들은 회피반응을 과학습했다고 간주할 수 있을 것이다.

또한 본 연구에서는 회피학습의 정도에 따라 공포의 소거 속도가 달라질 수 있는 가능성을 검토하기 위하여 공포로 증강된 깜짝반사 검사를 하루에 한 번씩 3회에 걸쳐 실시하였다. 그리고 한 검사 내에서도 검사가 진행됨에 따라 공포의 수준이 변화할 수 있는 가능성도 검토하였다.

방 법

피험동물

Sprague-Dawley종 수컷 흰쥐 50마리(대한실험동물센터)를 피험동물로 사용하였다. 생후 약 8주(230-280g) 정도의 흰쥐들을 구입하여 약 1주일 동안의 적응기간을 거친 후에 실험을 시작하였다. 먹이와 물은 제한 없이 충분히 제공하였고, 실험 시작 전에는 집단사육상자(42x26x18cm)에 4-5마리씩, 실험 시작 후에는 개별사육상자(26x20x13cm)

에 1마리씩 격리시켜 사육하였다. 사육실의 조명은 인위적으로 조절하여 오전 8시부터 14시간 동안을 밤주기로, 나머지 10시간을 낮주기로 하였고, 온도는 $21 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도는 $50 \pm 5\%$ 로 유지하였다.

실험기구 및 장치

왕복상자(shuttle box): 양방향 능동적 회피학습을 위하여 Lafayette회사의 모델 85013(65x32x26cm)을 개조하여 사용하였다. 이 상자는 동일한 크기의 두 방으로 나뉘어 있으며, 양쪽 방의 뚜껑에는 각 시행의 시작을 알리는 경고신호(즉, 조건자극, CS)를 줄 수 있도록 백열전구(24V, 10W)가 달려 있고, CS가 제시되는 기간 이외에는 왕복상자의 내부를 어둡게 하였다. 각 방의 바닥에는 전기충격을 피험동물의 발바닥에 줄 수 있도록 밀면에 스테인레스 스틸 격자를 설치하였고, A.C. 가변전원 전기충격발생기를 사용하여 2.0mA의 전기충격을 가하였다. 피험동물이 어느 방에 있는지를 측정하기 위해 이 상자의 각 방의 벽에 구멍을 뚫고 photo sensor를 2개씩 부착하였다.

깜짝반사 측정기구: 깜짝반사를 측정하는 장치는 한정수와 김현택(1991)이 Parreo, Saraz와 Subero(1985)가 개발한 장치를 본따서 만든 것을 수정하여 사용하였다. 이는 스피커를 이용하는 방법으로, 스피커의 떨림판 위에 피험동물을 놓아 두고 피험동물의 움직임에 의해 발생된 유도전압으로 피험동물의 움직임 즉, 깜짝반사를 측정하는 것이다. 이 측정기구는 4개의 작은 방(50x60x74cm)으로 나누어진 큰 나무상자(130x110x76cm)의 각 방에 한 조씩 설치하였다. 피험동물은 스피커(저음 25cm, 100W)위에 놓을 수 있도록 스피커의 떨림판 위에 원형판(아크릴, 지름 18cm)을 설치하였고, 각 방의 천정에 매달아 고정시킨 원통(아크릴, 길이 30cm, 지름 19cm)으로 원형판 주위를 둘러싸서 피험동물이 원형판 바깥으로 나가지 못하도록 하였다. 피험동물의 움직임에 의해 스피커의 가동코일에서 발생된 유도전압은 깜짝자극 제시 후 200msec 동안 1msec간격으로 표집되었고, 이를 소프트웨어적으로 5배 증폭하였다. 이렇게 200msec 동안 표집된 측정치 중 가장 큰 것을 깜짝반사의 측정치로 사용하였다. 깜짝자극은 백색잡음을 전단가청주파수 증폭기로 증폭한 후, 고역여파기로 2kHz이상만 남기고 여과하여, 후단 가청주파수 증폭기로 다시 증폭한 것을 고음스피커(tweeter, 200W)로 50msec 동안 제시하였다. 깜짝자극의 크기는 stepping

2) Startle은 “경악반사”, fear-potential startle은 “공포로 상승된 경악반사”라고 번역되어 왔으나, “경악”이라는 단어가 인간의 반응을 지칭할 때 사용되는 단어로써 동물의 반응을 지칭하기에는 부적절한 것으로 생각되어 본 연구에서는 startle을 “깜짝반사”라고 시험적으로 번역해 보았다. 또한 potentiation은 행동약물학에서 두 약물의 효과가 개별 약물 효과를 산술적으로 합친 것보다 더 큰 경우를 가리키는 용어로서 “상승효과”라고 번역되어 왔는데, fear-potentiated startle의 경우에는 공포가 startle과 상승효과를 일으킨다기보다 단순히 startle을 증강시키는 효과가 있다고 보는 것이 더 적절한 듯하여 “공포로 증강된 깜짝반사”라고 시험적으로 번역해 보았다.

motor를 이용하여 3단계(90, 97, 105dB, A척도)로 변화시켰다. 배경잡음은 58dB(A척도)로 광대역 스피커를 통하여 제시되었다. 이 두 스피커는 모두 깜짝반사 측정용 스피커로부터 약 20cm 떨어진 거리에 두었다.

모든 자극통제와 반응기록은 PCL-711 Card의 Digital Input/Output Port를 이용하여 1msec 단위로 IBM 호환 PC(Pentium)에 의해 제어되었다. 여기에 사용된 프로그램은 Turbo Pascal 6.0으로 컴파일하였다.

실험절차

손에 길들이기(handling)와 훈련전 검사(pretest): 회피학습을 시키기 1-3일 전에 피험동물들을 집단 사육상자에 넣은 채로 실험실로 가져와서 한 번에 한 마리씩 약 10분간 손에 길들이기를 하였다. 그 다음날, 피험동물들을 깜짝반사 측정장치에 적응시키고 또 청각기관이나 운동에 장애가 있어서 깜짝반사를 정상적으로 하지 못하는 동물들을 골라낼 목적으로 간단한 훈련전 검사를 시행하였다. 피험동물들을 깜짝반사 측정장치에 한 마리씩 올려 놓고 5분 동안 배경잡음 이외에는 아무런 자극이 없는 적응 기간을 둔 후, 30회의 깜짝자극을 제시하였다. 이 깜짝자극은 위에서 언급한 대로 3가지 크기로 각 10회씩 30초 간격으로 제시되었는데, 그 순서는 6시행을 한 구간으로 하여 각 구간 내에서 각 크기의 자극이 두 번씩 무선적으로 제시 되도록 컴퓨터 프로그램에 의해 결정되었다. 훈련전 검사 직후에 각 피험동물은 집단사육상자에서 개별사육상자로 옮겨졌다.

양방향 능동적 회피학습: 훈련전 검사 후 1-7일 만에 양방향 능동적 회피학습이 시작되었다. 피험동물은 왕복상자의 한 쪽에 넣고 아무런 자극이 없는 적응기간을 5분 동안 거친 후 첫 시행이 시작되었다. 각 시행은 불빛(CS)이 켜지고 5초 후에 전기충격이 5초 동안 가해지는 것이었다. 불빛과 전기충격은 동물이 도피반응을 하는 것과 동시에 종료되었다. 동물이 전기충격이 주어지기 전에 회피반응을 하는 경우에는 회피반응과 동시에 불빛도 종료되었고, 전기충격이 주어지는 5초 동안 도피하지 못하고 있는 경우에는 전기충격이 종료될 때 불빛도 그와 함께 종료되었다. 시행간 간격은 50-70초 사이에서 5초 단위로 무선적으로 변화도록 컴퓨터 프로그램에 의해 결정되었다. 하루에 한 회기씩 피험동물들을 훈련시켰는데, 한 회기는

30시행으로 구성되었다. 본 연구에서는 능동적 회피학습의 정도를 변화시키기 위하여 동물들을 1일, 2일, 4일, 또는 8일 훈련집단의 네 집단으로 나누었다. 각 집단에 배정된 피험동물의 수는 각각 8, 9, 8, 12였다. 피험동물들은 훈련 첫째 날의 수행 정도가 네 집단 사이에 동등하도록 배정되었다.

공포로 증강된 깜짝반사: 능동적 회피학습에 사용된 불빛에 대한 공포를 측정하기 위하여 능동적 회피학습이 끝난 다음날로부터 하루에 한 번씩 연속 3일간 공포로 증강된 깜짝반사를 측정하였다(검사 1, 검사 2, 검사 3). 피험동물을 깜짝반사 측정장치에 넣고 배경잡음 외에 아무런 자극이 없는 5분간의 적응 기간을 둔 후에 10회의 깜짝자극(97dB)을 30초 간격으로 제시하였다. 이 10회의 깜짝자극들은 동물들을 깜짝자극에 습관화시킴으로써 이후의 반응들을 안정시킬 목적으로 사용되었기 때문에 특별히 집단별 차이가 나타나지 않는 한, 결과에서 서술하지 않았다. 이 10회의 깜짝자극을 제시한 30초 후부터 30초 간격을 두고 깜짝자극이 72회 제시되었다. 이 72회의 시행은 6시행을 한 구간으로 하여 총 18구간으로 이루어졌는데, 각 구간마다 두 유형의 시행이 있었다. 한 유형은 어두운 상태에서 깜짝자극만이 제시되는 것(어둠 시행)이었고, 다른 유형은 능동적 회피학습에서 사용되었던 불빛이 켜지고 난 4.9초 후에 깜짝자극이 제시되는 것(불빛 시행)이었다. 불빛은 5초 동안 지속되었다. 각 시행유형마다 깜짝자극의 크기는 90, 97, 105dB로 이루어졌는데, 한 구간 내에서 이 6가지의 시행(2유형 x 3가지 크기) 각각이 무선적으로 한 번씩 제시되었다.

통계분석: 깜짝반사 자료의 경우, 훈련집단(1, 2, 4, 또는 8일)을 피험자간 변인으로, 시행유형(어둠 시행 또는 불빛 시행)을 피험자내 변인으로 하여 3회의 검사 각각에 대하여 반복측정 2원 변량분석을 하였고, 필요한 경우 t-test를 실시하였다. 공포기억은 공포로 인한 깜짝반사의 증강량으로 나타내어지는데, 이 증강량은 불빛 시행들에서의 평균 깜짝반사량으로부터 어둠 시행들에서의 평균 깜짝반사량을 감산함으로써 얻어진다. 이 깜짝반사 증강량(즉, 차이점수)은 변량분석에서 시행유형의 효과로 표시된다.

결 과

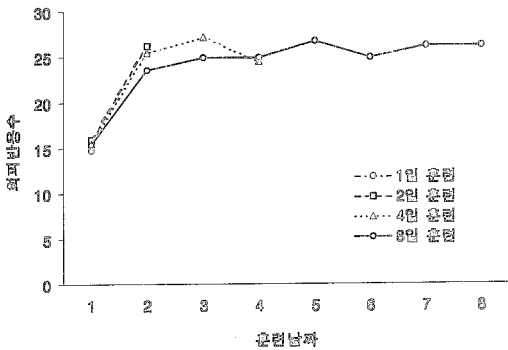


그림 1. 능동적 회피훈련에 따른 학습곡선. 각 점에서의 표준편차는 다음과 같다: 1일 훈련집단의 1일은 7.1, 2일 훈련집단의 1일과 2일은 각각 5.4, 2.5, 4일 훈련집단의 1일부터 4일까지 각각 5.5, 3.5, 1.6, 6.6, 그리고 8일 훈련집단의 1일부터 8일까지 각각 5.7, 6.7, 4.1, 5.9, 2.8, 5.5, 2.4, 2.2.

총 50마리의 피험동물 중에서 회피학습 훈련 첫날에 5회 미만의 회피반응을 기록한 15마리는 더 이상 훈련시키지 않고 실험에서 제외하였다. 이 동물들 대부분은 각 시행마다 5초 동안 전기충격을 받으면서도 다른 방으로 도피하지 않고 한 방에 머물러 있었는데, 예비실험결과에 의하면 이런 동물들은 더 훈련시키더라도 회피반응을 학습할 가능성이 아주 낮았다.

능동적 회피학습: 그림 1에 나타나 있는 네 집단의 회피학습곡선이 보여주듯이 훈련 첫날에 동물들은 평균 50% 정도의 회피반응을 보였으며, 훈련 이틀째에는 이미 접근선에 도달한 수준의 수행을 보였다. 예를 들어, 8일 훈련집단은 훈련 3일째부터 8일째까지 매일 평균 83-90%의 회피반응률을 보였다. 훈련 첫날의 자료에 근거하여 이 동물들은 능동적 회피학습의 여러 지표(회피반응률, 회피반응의 잠재시간, 전기충격을 받은 총 시간 등)에 있어서 서로 차이가 없도록 네 집단에 배정되었었다.

공포로 증강된 깜짝반사: 검사 1의 경우, 훈련 집단(즉, 능동적 회피학습의 정도)의 주효과는 유의미하지 않았으나($F(3, 33) = 0.248, p > 0.8$), 시행 유형의 주효과는 유의미하였다($F(1, 33) = 19.688, p < 0.001$). 훈련집단과 시행 유형의 상호작용효과는 유의미하지 않았다($F(3, 33) = 1.027, p > 0.4$). 이런 결과들은 전체적으로 능동적 회피 학습에 사용된 불빛에 대하여 공포기억이 형성되

었지만, 그 공포기억의 수준이 하루 동안 학습을 하거나 2일, 4일, 또는 8일 동안 학습을 하거나 상관 없이 비슷하다는 것을 시사한다. 그러나 각 집단마다 공포기억이 유의미하게 형성되었는지를 t-test로 검토한 결과는 이와는 약간 다른 결론을 시사한다. 불빛에 대한 공포기억이 형성되었다면 불빛 시행에서의 깜짝반사가 어둠 시행에서의 깜짝반사보다 커야 할 것이다. 각 훈련집단마다 두 시행유형에 따른 깜짝반사의 크기에 대하여 paired t-test를 실시한 결과, 2일, 4일, 8일 훈련집단에서는 모두 유의미한 공포기억이 발견되었지만 (각각 $t(7) = 3.374, p < 0.01, t(8) = 2.494, p < 0.05, t(11) = 2.288, p < 0.05$), 1일 훈련집단에서는 유의미한 공포기억이 발견되지 않았다($t(7) = 1.436, p > 0.2$). 이런 결과는 능동적 회피학습의 정도에 따라 공포기억의 수준이 달라짐을 시사한다. 공포기억의 집단 간 차이를 검토한 independent t-test결과도 이런 시사점을 일부 지지해 준다. 즉, 공포로 증강된 깜짝반사량은 2일 훈련집단이 1일 훈련집단보다 유의미하게 높았다($t(15) = 2.233, p < 0.05$). 하지만 다른 집단들 사이에는 공포로 증강된 깜짝반사량에 유의미한 차이가 없었다(그림 2).

검사 2에서는 시행 유형의 주효과만이 유의미한 수준에 근접했을 뿐($F(1, 33) = 3.380, p < 0.08$), 훈련집단의 주효과나 훈련집단과 시행 유형의 상호작용효과가 모두 유의미하지 않았다(각각 $F(3, 33) = 0.304, p > 0.8, F(3, 33) = 1.158, p > 0.3$). 검사 3에서도 역시 모든 주효과, 상호작용효과가 유의미하지 않았다. 또한 각 훈련집단에 대하여 두 시행유형을 가지고 paired t-test를 실시한 결과, 어떤 훈련집단에서도 유의미한 공포기억이 나타나지 않았다. 이런 결과들은 검사가 반복됨에 따라 공포기억의 소거가 일어났음을 의미한다.

한 검사 내에서도 검사가 진행됨에 따라 공포기억의 수준이 변화될 가능성을 검토하기 위하여 72시행으로 이루어진 검사결과를 각각 18시행으로 이루어진 4개의 구간(block)으로 나누고, 공포로 증강된 깜짝반사량에 대하여 훈련집단을 피험자간 변인으로, 구간을 피험자내 변인으로 하여 변량분석을 실시하였다. 검사 1의 경우 구간의 주효과가 유의미했는데($F(3, 99) = 3.474, p < 0.02$), 이는 그림 3의 A에서 보듯이 검사가 진행될수록 공포로 증강된 깜짝반사량이 증가했음을 의미한다. 검

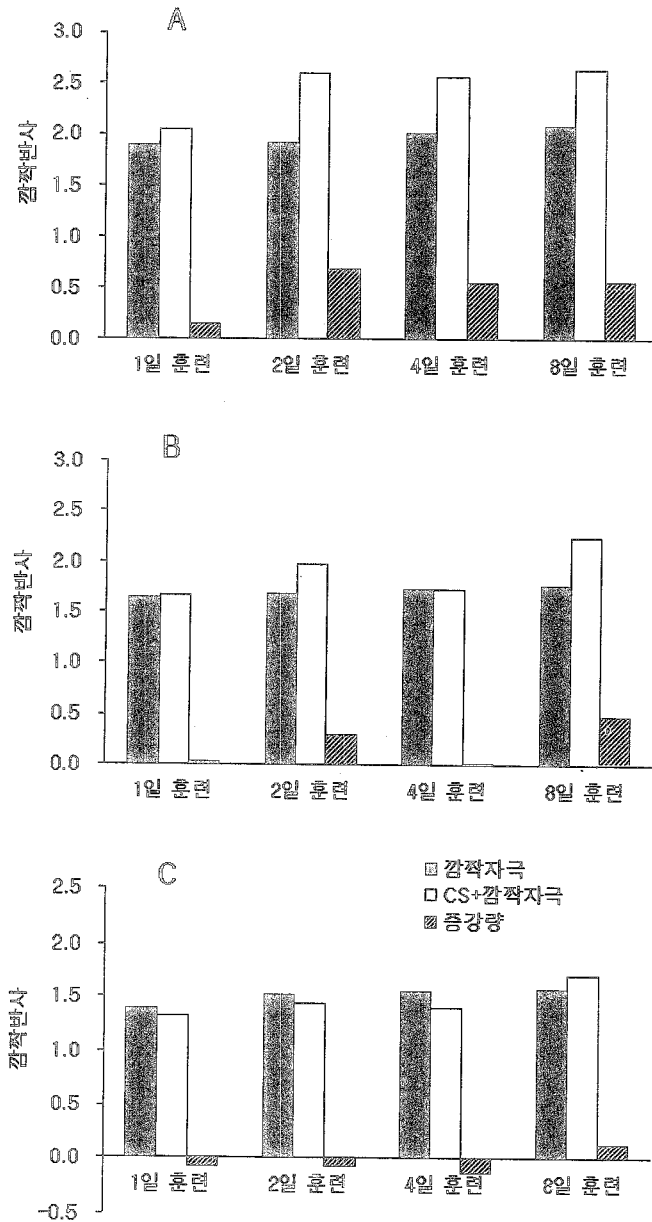


그림 2. 공포로 증강된 깜짝반사 검사 결과. A, B, C는 각각 검사 1, 2, 3을 나타낸다. 검은 막대는 깜짝자극만 제시된 어둠시행에서의 깜짝반사의 평균크기를, 흰 막대는 불빛이 켜진 상태에서 깜짝자극이 제시된 불빛시행에서의 깜짝반사의 평균크기를, 그리고 빗금친 막대는 두 시행에서의 깜짝반사 크기의 평균차이(즉, 공포로 인한 증강량)를 나타낸다. 각 막대에서의 표준편차는 다음과 같다(각각 검은 막대, 흰 막대, 빗금친 막대). A: 1일 훈련집단(1.14, 1.07, 0.3), 2일 훈련집단(0.84, 1.15, 0.61), 4일 훈련집단(0.97, 1.49, 0.62), 8일 훈련집단(0.59, 1.22, 0.85). B: 1일 훈련집단(0.84, 1.15, 0.61), 2일 훈련집단(0.7, 1.08, 0.69), 4일 훈련집단(0.46, 0.6, 0.31), 8일 훈련집단(0.57, 1.28, 0.92). C: 1일 훈련집단(0.41, 0.49, 0.27), 2일 훈련집단(0.6, 0.63, 0.22), 4일 훈련집단(0.68, 0.61, 0.23), 8일 훈련집단(0.59, 0.81, 0.37).

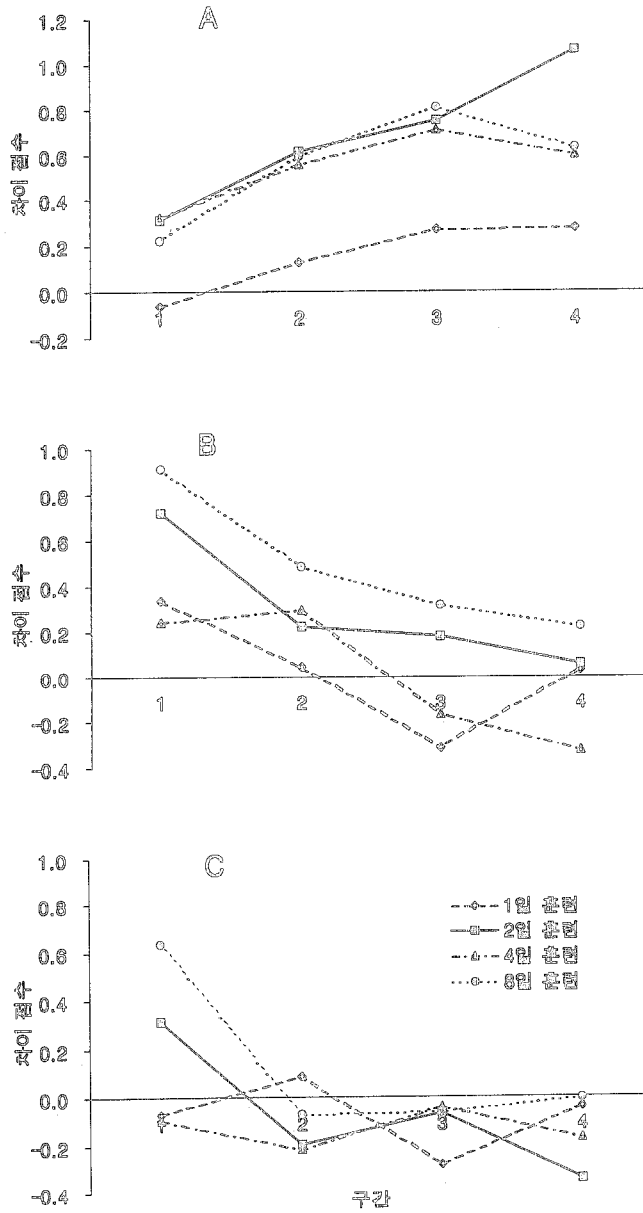


그림 3. 각 검사에서 공포로 인한 깜짝반사 증강량(차이 점수)의 구간에 따른 변화. A, B, C는 각각 검사 1, 2, 3을 나타낸다.

사 2에서도 역시 구간의 주효과가 유의미했는데 ($F(3, 99) = 5.107, p < 0.01$), 이는 그림 3의 B에서 보듯이 검사가 진행될수록 공포로 증강된 깜짝반사량이 감소했음을 의미한다. 검사 1과 2에서 훈련집단과 구간의 상호작용효과는 유의미하지 않았으며, 검사 3에서는 어떤 효과도 유의미하지 않았다.

논 의

본 실험의 결과들을 요약하면 다음과 같다. 첫째, 피험동물들은 능동적 회피훈련을 하루 30시행씩 받을 경우 매우 빨리 학습하여 훈련 이틀째에 이미 접근선(83-90% 회피반응률)에 도달하였다. 둘째, 이 회피학습에 사용된 불빛에 대하여 공포기억이 형성되었음이 공포로 증강된 깜짝반사를 측정함으로써 밝혀졌는데, 공포로 인한 깜짝반사 증강량에 대한 변량분석은 능동적 회피학습의 정도에 따라 공포기억의 강도가 달라짐을 보여주는 않았다. 그러나 2, 4, 또는 8일간 훈련을 받은 집단은 유의미한 공포기억을 나타낸 반면, 하루 동안만 훈련을 받은 집단은 유의미한 공포기억을 나타내지 못했다는 t-test결과는 능동적 회피학습의 정도에 따라 공포기억의 강도가 달라질 가능성을 보여 주었다. 셋째, 검사 1과 2를 각각 네 개의 구간으로 나누어 분석한 결과는 공포기억의 강도가 검사 내내 일정한 게 아니라 검사가 진행됨에 따라 변화한다는 사실을 보여 주었다. 마지막으로, 공포반응은 3회의 검사를 거치면서 점차로 소거되었다.

본 실험의 목적은 회피학습의 정도에 따라 공포기억의 강도가 달라지는가를 조건정서반응이 아닌 다른 과제, 즉 공포로 증강된 깜짝반사를 사용하여 밝히고자 하는 것이었다. 그런데 위에서 언급했듯이 깜짝반사의 증강량에 대한 변량분석 결과와 t-test 결과는 서로 일관적이지 못한 점이 있어서, 본 연구의 기대와 달리 회피학습의 정도와 공포기억의 강도 사이의 관계에 관하여 명확한 결과를 얻지 못하였다. 즉, 깜짝반사의 증강량에 대한 전체적인 변량분석 결과는 훈련집단들 사이에 차이가 있음을 지지하지 못한 반면, 각 훈련집단 별로 깜짝반사의 증강량의 유의미성에 대하여 t-test를 한 결과는 하루 동안 30시행의 능동적 회피학습을 시켜서는 CS에 대한 공포기억이 충분히 형성되지 않지만, 이를 이상 훈련시키면 충분한

공포기억이 형성됨을 시사하였다.

두 가지 통계분석 결과가 서로 일관적이지 않았던 주요 원인 중의 하나로 8일 훈련집단의 수행에 변산이 지나치게 크다는 사실을 지적할 수 있다. 검사 1에서, 공포로 증강된 깜짝반사량(차이점수)의 표준편차는 1, 2, 4일 훈련집단의 경우 각각 0.3, 0.61, 0.62였던 반면에 8일 훈련집단의 경우 0.85였다. 게다가 8일 훈련집단의 피험동물 수는 12마리로서 1, 2, 4일 훈련집단 각각의 피험동물 수(각각 8, 9, 8)보다 꽤 많다는 사실을 감안하면 8일 훈련집단의 변산이 다른 집단에 비하여 지나치게 큼을 알 수 있다. 본 실험결과는 3회에 걸친 개별 실험(각 개별 실험은 네 훈련집단을 모두 포함함)결과를 합친 것인데, 8일 훈련집단의 경우 첫번째(N=4)와 세번째(N=2) 개별 실험결과와 두번째(N=6) 개별 실험결과가 전혀 달랐다. 즉 8일 훈련집단의 검사 1에서의 수행은 사실상 양분분포(bimodal distribution)에 가까운 패턴을 보이고 있어서, 첫번째와 세번째 개별 실험을 합쳐서 평균 -0.081, 두번째 개별 실험에서는 평균 1.209의 깜짝반사 증강량이 기록되었다(그림 2A와 비교). 8일 훈련집단의 개별 실험들에서 관찰된 이런 차이는 검사 2와 3을 거치면서 공포반응이 소거됨에 따라 점차 사라졌다. 다른 세 훈련집단의 경우에는 3회의 개별 실험결과가 비교적 일관적이었다.

8일 훈련집단의 경우, 왜 개별 실험들에서 이렇게 다른 결과가 얻어졌는지는 알 수 없지만, 이런 차이가 사실이라면 어떤 변인들이 여기에 관여하는지를 밝히는 것이 매우 중요할 것이다. 왜냐 하면 이는 본 연구의 주안점인, 능동적 회피반응을 과학습하면 공포반응이 사라지는가라는 문제에 결정적으로 관련되기 때문이다. 본 연구의 결과는 의형상 능동적 회피반응을 과학습하여도 공포반응이 감소되지 않는다는 것이지만, 위에서 검토해 본 바와 같이 그렇지 않을 가능성도 배제할 수 없다.

어찌 되었건, 검사 1에서 나타난 본 실험의 표면적인 결과는 능동적 회피반응을 과학습하여도 과학습하지 않은 경우에 비해 조건공포반응이 감소 또는 제거되지 않는다는 것이다. 이는 Kamin 등(1963)과 Mineka와 그 동료들(1977, 1980)의 결과와 상충되는 동시에 Smith와 Levis(1991)의 결과와 일치하는 것이다. 그런데 본 실험에서는 이전의 연구들과는 달리 27시행 연속 회피반응을

과학습의 기준으로 사용하는 대신 능동적 회피반응이 접근선에 도달한 뒤에도 계속 더 훈련을 시켜서 4일 또는 8일 동안 훈련시키는 방식으로 과학습을 시켰다. 후자의 방법을 사용할 경우, 8일 동안 훈련을 받더라도 27시행 연속 회피반응이라는 기준에 도달하지 못하는 동물들이 있기 때문에 후자의 기준을 적용하면 8일 훈련집단에도 과학습이 되지 못한 동물들이 섞여 있을 것이다. 따라서 각 동물들의 수행을 3, 9, 또는 27시행 연속 회피반응이라는 기준에 따라 재분석하여 보았다. 정확히 3, 9, 또는 27시행을 연속하여 회피한 동물들의 수가 너무 적었기 때문에 이전 연구들과 가능한 한 유사한 기준을 마련하기 위하여 전체 훈련을 통틀어 마지막 전기충격을 받은 후 몇 번의 연속 회피반응이 나왔는가를 세었다. 즉, 각 훈련 집단마다 마지막 훈련일의 마지막 도피반응 후 연속 몇 번의 회피반응을 했는가를 세어서 2-6, 9-15, 또는 21-29시행 연속 회피반응의 세 집단으로 모든 동물들을 분류하였다. 이 세 범위 중 어느 것에도 들지 않는 동물들은 분석에서 제외하였으므로, 각 범위에 9, 9, 6마리의 동물들이 포함되었다. 이 24마리의 동물들에게서 얻어진 검사 1의 자료를 변량분석한 결과, 세 집단 간에 공포로 인한 깜짝반사 증강량에 있어서 아무런 차이가 발견되지 않았다($F(2, 21) = 0.78, p > 0.4$). 이는 공포로 증강된 깜짝반사를 사용하여 능동적 회피학습에서 획득된 공포반응을 측정했을 때 과학습을 시켜도 조건공포반응이 감소되지 않음을 시사한다. 그러나 이 점은 후속 연구에서 더 깊게 다루어져야 할 문제라고 하겠다.

72시행으로 이루어진 검사를 4개의 구간으로 나누어 분석한 결과, 검사 1에서는 검사가 진행되면서 공포반응이 점차 증가하는 방향으로, 검사 2에서는 점차 감소하는 방향으로 변화했음이 발견되었다. 검사 2에서의 변화는 검사가 진행되면서 공포반응이 소거되는 것으로 쉽게 해석될 수 있지만, 검사 1에서의 변화는 그다지 쉽게 해석되지 않는다. 검사의 진행에 따른 공포반응의 증가는 Kamin 등(1963)이 조건정서반응을 사용한 연구에서 보고한 것과는 상반되는 것으로서, 이들의 연구에서는 24번에 걸친 검사시행(시행간 간격이 평균 4분)에서 CS에 대한 억압률이 점진적으로 감소함을 관찰하였다. 그러나 본 연구에서는 마치 검사 초기에는 공포기억이 억제되어 있다가 검사 후기로 갈수록 공포기억이 되살아나는 것같은 양

상을 보였다. 이러한 결과가 나올 수 있는 한 가지 가능성은 검사 초기에 동물들이 지나치게 공포를 느끼고 있어서 모든 자극에 무분별하게 공포반응을 보였지만 시간이 흐르면서 점차 능동적 회피학습에 사용되었던 CS에만 차별적으로 공포반응을 보이게 되었다는 것이다. 이러한 가능성이 사실이라면 검사 초기에는 어둠 시행에서도 불빛 시행에서만 큰 깜짝반사를 동물들이 나타내었을 것이라고 예측할 수 있다. 즉, 어둠 시행에서의 깜짝반사가 검사 초기에서 후기로 갈수록 감소되었을 것이라는 의미인데, 변량분석 결과는 이를 지지하지 않는다. 검사 1에서 얻어진 어둠 시행에서의 깜짝반사 자료에 대하여 훈련집단을 피험자간 변인으로, 구간을 피험자내 변인으로 하여 반복측정 이원변량분석을 한 결과, 구간의 주효과는 유의미하지 않았고($F(3, 99) = 1.714, p > 0.1$), 구간과 훈련집단의 상호작용효과도 유의미하지 않았다($F(9, 99) = 1.133, p > 0.3$). 이는 검사의 진행에 따라 어둠 시행에서의 깜짝반사의 크기가 별로 달라지지 않았음을 의미한다. 따라서 동물들이 검사 초기에 무분별하게 모든 깜짝자극에 크게 반응했다고 하기는 힘들며, 이는 곧 검사 초기에 불빛 시행에서의 반응이 어둠 시행에서의 반응에 비하여 그다지 크지 않았음을 의미한다고 하겠다.

또 다른 가능성은 회피학습 상황과 깜짝반사 검사 상황이 현저히 다르다는 사실에 기인한 것이다. 능동적 회피훈련을 시작하기 전에 동물들은 깜짝반사 검사 상황에 순응되도록 훈련전 검사를 1회 경험했지만, 이 훈련전 검사는 20분 정도로 짧게 행해졌기 때문에 동물들이 검사 상황에 친숙해지기에는 충분하지 않았을 가능성이 높다. 따라서 깜짝반사 검사 초기에 조건자극보다는 비교적 새로운 환경자극들이 동물들의 주의를 끌었을 가능성이 있고 이는 곧 조건자극이 깜짝반사의 수행에 영향을 상대적으로 덜 미쳤을 것임을 의미한다. 검사가 진행되면서 동물들이 검사 맥락에 적응되어 검사 후기로 갈수록 조건자극이 더 큰 영향을 미치게 되었다고 가정하면 검사 1에서의 공포반응의 변화패턴이 설명될 수 있을 것이다.

능동적 회피반응을 과학습시켰던 이전의 연구들이 서로 상반된 결과들을 보고했던 것처럼 본 연구에서는 3회의 개별 실험에서 상반된 결과들이 얻어졌다. 이는 본 연구의 실험통제가 완벽하지 못한 때문일 수 있지만, 이전의 상반된 연구결과들이 모두 사실일 가능성도 제기한다. 따라서 어

면 조건 하에서 능동적 회피반응의 과학습으로 인해 공포반응이 감소하는지 또는 그대로 유지되는지를 밝히는 후속 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

- 한정수, 김현택 (1991). 경악반응 측정법. *한국심리학회지: 생물 및 생리*, 3, 162-168.
- Brown, J. S., Kalish, H. I., & Farber, I. E. (1951). Conditioned fear as revealed by magnitude of startle response to an auditory stimulus. *Journal of Experimental Psychology*, 41, 317-328.
- Davis, M. (1986). Pharmacological and anatomical analysis of fear conditioning using the fear-potentiated startle paradigm. *Behavioral Neuroscience*, 100, 814-824.
- Kamin, L. J., Brimer, C. J., & Black, A. H. (1963). Conditioned suppression as a monitor of fear of the CS in the course of avoidance training. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 56, 497-501.
- McAllister, D. E. & McAllister, W. R. (1991). Fear theory and aversively motivated behavior: Some controversial issues. In M. R. Denny (Ed.), *Fear, avoidance, and phobias: A fundamental analysis*. (pp. 135-163). Hillsdale, NJ: Lawrence-Erlbaum.
- Mineka, S. & Gino, A. (1980). Dissociation between conditioned emotional response and extended avoidance performance. *Learning and Motivation*, 11, 476-502.
- Mowrer, O. H. & Lamoreaux, R. R. (1951). Conditioning and conditionality (discrimination). *Psychological Review*, 58, 196-212.
- Parreo, A., Saraz, M. L., & Subero, C. (1985). A new stabilimeter for small laboratory animals. *Physiology and Behavior*, 34, 475-478.
- Smith, J. E. & Levis, D. J. (1991). Is fear present following sustained asymptotic avoidance responding? *Behavioural Processes*, 24, 37-47.
- Starr, M. D. & Mineka, S. (1977). Determinants of fear over the course of avoidance learning. *Learning and Motivation*, 8, 332-350.

Relationship between the degree of avoidance learning
and the intensity of conditioned fear:
Does overtraining reduce fear?

Munsoo Kim and Byunghoon Kim

Department of Psychology, Chonnam National University
and Department of Psychology, Korea University

The present experiment examined whether the amount of conditioned fear acquired in active avoidance learning varies with the degree of avoidance training. Fear-potentiated startle paradigm was used to measure the amount of conditioned fear. Rats were given 30 active avoidance training trials per day for 1, 2, 4, or 8 days using a light CS and footshock US. After the training, fear-potentiated startle test was conducted for 3 days. The animals learned active avoidance rapidly, reaching an asymptote by the second day of training. In the first potentiated startle test, the conditioned fear to the CS was significant for all the training groups except for the 1-day training group. The conditioned fear extinguished gradually across the three tests. In each test, the amount of conditioned fear was not uniform, but gradually increased (test 1) or decreased (test 2) as the test proceeded. The main purpose of this study was to examine if overtraining of an active avoidance response eliminates or reduces conditioned fear to the CS used in the training, but the results indicated that there was no difference among the 2, 4, and 8-day training groups.