

공조기로 제어된 환경이 학습 및 탐지과제 수행에 미치는 영향⁺

김정오 · 박민규 · 이상훈

서울대 심리학과

온도와 바람을 각기 다른 알고리즘으로 제어하는 두 공조기가 사람에게 미치는 영향을 실험 1은 짝짓기 학습 과제로, 실험 2는 경계탐지과제로 평가하였다. 실험 1에서 짝짓기 학습은 실내 온도 26도에서 자연 바람을 모사하는 개발 공조기가 사용된 조건에서 약한 바람을 일정하게 내는 기존 공조기 조건보다 더 촉진되었다. 실험 2에서 측정된 적중률, 감민도, 오경보율 등의 반응 지표들은 이 차이가 지속적 각성상태에 기인함을 시사하였다.

환경의 온도가 조절되는 상황에서 여자들은 남자들보다 더 낮은 온도에서 최적 수행을 보이지만 (Meese, Lewis, Wyon & Kok, 1984), 가볍게 옷을 입은 상태에서 이 두 집단은 모두 섭씨 23도 정도를 가장 쾌적하게 느꼈다 (Wyon, Fanger, Olesen & Pedersen, 1975). 자극과 반응을 짝짓는 학습에서도 사람들은 섭씨 23도에서 가장 좋은 수행을 보였다 (Allen & Fischer, 1978). 이 온도는 사람들이 대개 안락감을 느끼는 섭씨 20-26도 사이의 온도이다. 가벼운 일을 할 경우에 여러 연구들이 추천하는 온도는 섭씨 19도에서 26도 사이이지만, 일 이 장시간 계속되는 경우에는 섭씨 20도에서 25도 사이가 사람들에게 안락감을 주는 온도대

로 권장된다 (Corl, Crist, Cushman, Little, Lucas, Murphy, 및 Rodgers, 1983).

온도에 의해 발생하는 스트레스 상황이 사람의 판단이나 행동에 다양하게 영향을 미친다는 사실은 널리 알려져 있다 (Hancock, 1986). 이러한 사실은 표적 신호의 처리에 지속적 주의나 각성 (arousal)을 요하는 경계탐지과제 (vigilance detection task)를 포함하는 여러 심리학 실험들에서 밝혀졌다.

사람의 심부체온이 정상에서 벗어날 경우 과제의 수행이 크게 지장을 받는다. 온도로 인한 스트레스가 경계탐지과제의 수행을 방해하는 이유들이 여러 실험들에서 밝혀졌다. 스트레스는 지속 주의를 어렵게 하며, 이 경우에 사람들은

⁺ 본 연구는 LG전자의 지원으로 수행되었음. 온도 측정과 습도 조절을 포함해서 여러 도움을 주신 LG전자의 최호선, 허덕 두 연구원에게 감사드립니다. 이상훈은 현재 Vanderbilt대학에 수학중임. 본 줄고를 읽고 자세히 평해주신 분에게 감사드립니다.

과제를 성공적으로 해내는데 필요한 정보들을 편협된 처리방식을 이용하여 수집하게 된다 (Hancock, 1986). 이 정보처리 방식을 계속 사용할 경우 과제 수행의 정확도나 속도가 떨어진다.

온도 뿐만 아니라 풍속도 사람이 경험하는 안락감대 (comfort zone)에 영향을 준다 (Fanger, 1977). 특히 풍속을 증가시키면 안락감은 안락감대의 상한계에서 더 증가한다. 의자에 앉아서 가벼운 작업을 할 경우에 풍속은 0.1m/초에서 0.3m/초 범위에서 보통 조절된다. 이러한 결과는 공조기로 제어되는 환경특성, 즉 습도와 온도는 물론 바람도 작업 수행에 영향을 미침을 보여 준다. Tanabe (1988)는 바람이 일정할 때보다 정현파일 때 사람들이 더 시원하게 느낀다는 사실을 보고하였다.

본 연구는 온도와 바람을 제어하는 알고리즘이 다른 두 공조기의 성능을 Tanabe (1988)의 연구와같이 주관적인 느낌만을 평가하지 않고, 과제의 수행으로 평가해서, 그 성능에 차이가 있을 때 그 이유가 무엇인지를 찾으려 한다. 제어 방식이 다른 공조기에 의해 환경이 달라진다면, 그 영향은 자극에 관해 지속적인 각성이나 선택적 주의를 요하는 학습이나 탐지과제에서 드러날 것이다. 이 과제들에서 사람들이 보이는 수행을 바탕으로 특정 공조기의 성능을 평가함으로써 두 공조기의 성능이 다른 이유를 밝힐 수 있다. 실험 1은 짝짓기 학습과제를 사용해서 바람을 제어하는 알고리즘이 다른 두 공조기의 성능을 평가하고, 실험 2는 경계과제를 사용해서 두 공조기의 성능 차이를 초래하는 인지과정을 밝힌다.

실험 1 공조방식의 차이가 짝짓기 학습에 미치는 영향

Allen과 Fischer (1978)는 사람들이 단어와 숫자를 짝짓는 학습 (paired-associate learning

task)을 할 때 습도가 제어되지 않는 상황에서는 23도에서 가장 수행이 좋았으나, 습도를 제어할 경우에는 모든 온도대에서 학습 수행이 비슷했음을 보고하였다. 온도와 습도가 통제된 상황에서 바람을 서로 다른 방식으로 제어하면 사람들의 인지과제 수행이 달라질 것인가? 실험 1은 일정한 크기의 약한 바람을 계속 내도록 고안된 공조기 (편의상 기존 공조기라 부름)와 14분을 주기로 강, 중 그리고 약풍을 무선적으로 내어 자연의 바람을 모사하는 공조기 (개발 공조기)가 단어들을 짝짓는 사람들의 학습에 어떤 영향을 미치는지를 먼저 밝히고, 온도대에 따라서도 학습 수행이 달라지는지를 검토하려 한다. 기존 공조기는 그 바람이 일정해서 사람들이 온도 환경에 쉽게 적응되어 각성 수준이 낮아질 수 있는 반면, 개발 공조기에서는 바람의 강약이 주기적으로 조절되므로 사람들이 과제의 수행에 필요한 각성을 지속적으로 유지할 수 있게 할 것이다. 따라서 기존 공조기보다 개발 공조기가 사용된 조건에서 짝짓기 학습이 더 좋을 것이다.

방법

피험자 서울대학교에서 계절학기 심리학개론을 수강하는 학부생 52명이 이들 연속으로 실험 1에 참여하였다. 이중 1명은 온도 조절 실패로, 3명은 질환 및 피로 때문에 결과분석에서 제외되었다. 나머지 48명의 피험자들이 23도, 26도 및 무공조의 세 조건에 무선 배정되었다. 각 피험자는 그 순서를 달리하여 두 공조기 조건에서 학습과제를 수행하였다.

기구 IBM호환기종 컴퓨터의 모니터에 피험자들이 학습할 자극 쌍들이 제시되었다. 자극 글자들은 어두운 배경에 흰 색으로 제시되었다. 모니터와 피험자 사이의 거리는 대략

130cm였고, 조명은 다소 어둡게 하였다. 본 실험 1과 2에서 사용된 공조기는 모두 LG전자에서 1995년에 개발한 것이었다. 각 공조기는 컴퓨터 모니터를 마주한 사람과 정면으로 2 m 떨어진 벽에, 머리를 기준으로 20도 위쪽으로 부착되었고, 학습이나 탐지과제를 수행 중인 사람의 머리 방향으로 바람을 보내도록 하였다 (그림 1).

자극. 피험자들이 배워야 할 자극으로 화면의 중앙에 각각 두 글자로 구성된 자극단어와 반응단어 (예, 공급 - 이상)가 2초간 제시되었다. 각 글자의 크기는 1.2 x 1.2 cm였고 글자간의 간격은 0.8 cm, 단어간 간격은 1.6 cm였다. 검사자극으로 학습자극에서 반응단어가 제외되고 자극단어만 제시되었다(예,공급-?).

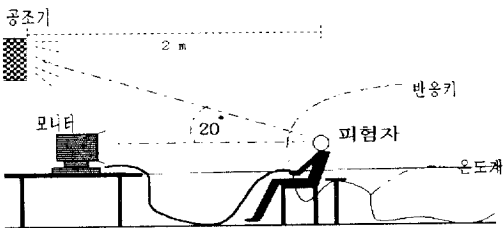


그림 1. 실험실 배치도

학습자극쌍들로 연습목록, 고빈도 목록 및 저빈도 목록을 구성하였다. 고빈도 목록은 연세대학교 연구보고서 (1991)에서 사용빈도 400 이상, 저빈도 목록은 빈도 5 이하의 단어들로 구성되었다.

절차 피험자들이 실험실에 들어오면 15분의 적응기간을 갖도록 하였다. 그 다음, 20 개의

단어 쌍들을 학습하도록 하였다. 학습이 끝난 30초 후에 검사시행이 실시되었다. 검사시행에서 자극단어가 제시되면 반응단어를 2초 안에 구두로 보고하도록 하였다. 2초가 지나면 반응단어를 제시하고, 그 다음 새 자극단어를 제시하였다. 2초 동안 대답하지 않거나 잘못 대답하는 경우, 혹은 2초 지난 후 대답하는 경우 모두 오반응으로 간주하였다. 10초의 간격을 두고 모두 5회기의 검사시행이 실시되었다.

피험자들은 연습목록, 고빈도 목록, 그리고 저빈도 목록의 단어 쌍들을 학습하며, 연습목록의 결과는 분석에서 제외되었다. 실험 1은 이틀에 걸쳐 진행되었고, 피험자들은 첫째날과 둘째날에 서로 다른 공조기 조건에서 서로 다른 단어쌍들로 구성된 목록을 학습하였다. 순서에 따른 학습효과를 배제하기위해 공조기조건 (기존, 개발)과 목록의 순서는 상대균형화되었다. 한 목록의 학습과 검사에는 약 12분이 소요되었고, 전체 실험은 적응기간을 포함하여 약 50분 소요되었다.

실험 1이 진행되는 동안 실외 및 실내 온도와 습도 및 피험자의 체온을 측정하였다. 실험 1 끝난 후 피험자들에게 온도에 관한 물음들에 답하도록 하였다. 실험실 내외 온도 및 피험자의 피부온도는 Hybrid recorder (Yokogawa사 제작)로 측정되었다. 기존 공조기로 제어된 실험실 내의 온도는 평균 25.9 ± 1.4 도였고, 개발 공조기의 경우 26.3 ± 1.5 도였다. 실험 1과 2에서 각 공조기가 설치된 실내 습도는 50% 수준을 유지하였다. 기존 공조기의 기류는 약풍, 개발 공조기의 기류는 카오스풍이었다. 피험자의 평균 피부 온도는 기존 공조기조건에서 32.2도, 개발 공조기조건에서 32.7도로서 개발공조기조건에서 평균 피부온도가 더 높았다.

설계 본 실험 1은 공조기 (기존, 개발), 온

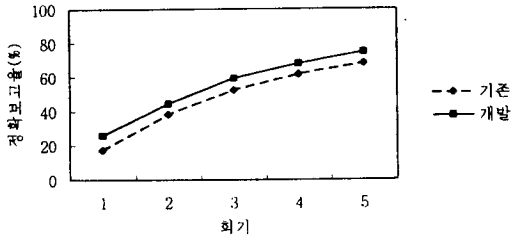


그림 2. 26도에서 두 공지기에 따른 학습수행의 차이

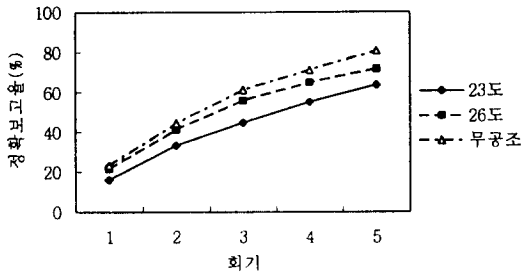


그림 3. 세 온도조건이 학습 회기에 따라 보인 수행의 차이

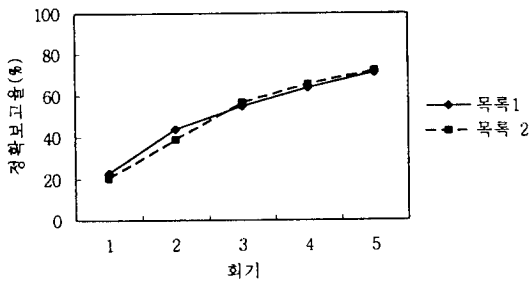


그림 4. 26도 조건에서 학습목록과 회기의 상호작용

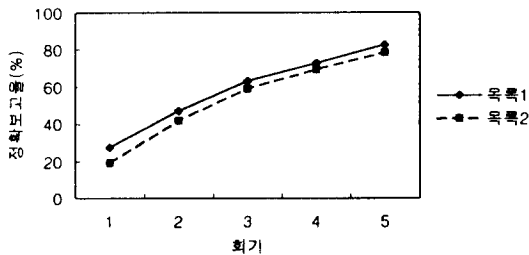


그림 5. 26도에서 두 공지기에 따른 학습수행의 차이

도 (23, 26, 및 무공조), 목록 및 회기의 4요인 분리구획 설계를 사용하였다. 변수 중 온도는 피험자간, 다른 변수들은 피험자내 변수들이었다. 즉 피험자는 같은 온도대에서 짝짓기 학습을 하되, 공조기조건만 달리하여 과제를 이를 연속으로 수행하였다.

결과 및 논의

실험 1의 조건들 중 23도조건에서 두 공조기 조건은 아무런 차이있는 학습수행을 보이지 않았다. 26도조건의 경우 개발 공조 기조건이 기존 공조기조건에 비해 7% 더 나은 수행을 보였다 (그림 2). 두 공조기간의 이러한 차이는 5% 수준에서 통계적으로 유의하였다, $F(1,15) = 7.1, p < .05$. 예상대로 무공조조건에서 두 공조기조건은 23도조건처럼 학습수행 상 아무런 차이를 보이지 않았다. 온도조건별 학습수행의 차이는 그림 3에 정리되어 있다. 무공조조건이 다른 온도조건보다 다소 좋은 수행을 보였지만, 이는 통계적으로 유의한 차이가 아니었다. 무공조조건이 다른 온도조건보다 나은 수행을 보인 까닭은 부분적으로는 이 조건의 경우 습도가 다소 낮았기 때문이다. 여기서 한가지 주목되는 점은 무공조조건이 26도 조건보다 다소 나은 학습수행을 보였지만, 26도조건과 무공조조건의 학습이 질적으로 다르다는 점이다. 각 피험자는 두 목록을 학습해야했는데, 온도조건에 따라 학습목록과 회기간에 상호작용패턴이 달랐다 (그림 4와 5). 26도조건의 경우, 학습회기가 늘어남에 따라 두번째 목록이 첫번째 목록보다 더 잘 학습되었다. 즉 목록과 회기간의 상호작용이 있었다, $F(4,60) = 2.9, p < .05$. 무공조조건에서 연습효과를 바탕으로 한 예상과는 달리 두번째로 학습하는 목록이 첫번째 목록보다 잘 학습되지 않았다 (그림 5). 즉 목록과 회기간의 상호작용이 없었다. 보통 먼저 학습되

는 목록보다 나중에 학습되는 목록이 더 좋은 수행을 보인다 (일종의 연습효과). 무공조 조건에서 이러한 경향이 관찰되지 않았고 오히려 학습 수행이 감소하였다. 이것은 30도 이상의 무공조상태가 지속될 경우 주의력의 산만이나 피로 때문에 짝짓기 학습이 점차 방해받았음을 시사한다.

26도조건에서 두번째 목록의 학습이 향상된 것은 지속적 주의, 각성 (arousal) 등에 기인하는 것으로 보인다. 학습 목록과 회기간의 상호 작용은 23도에서도 관찰되었다.

23도와 26도조건의 학습수행이 무공조조건의 학습수행과 질적으로 다름을 보여주는 결과는 26도조건에서 개발 공조기가 기존 공조기보다 학습을 더 촉진시킨다는 사실과 함께 중요한 의미를 갖는다. 본 실험 1에 참여한 대학생들이 서울을 포함해서 여러 지방 출신들이어서 이들이 지역에 따라 다른 온도환경에 적응되었음이 분명하다. 짝짓기학습과제는 각 피험자가 사용하는 방략의 영향을 많이 받는 과제이다. 피험자에 따라 공조기와 사전 경험도 피험자에 따라 다를 것이다. 온도환경에 대한 적응, 공조기와 사전 경험 및 짝짓기 학습의 특성 - 이 모든 요인들이 실험 1에서 영가설의 기각을 어렵게 하였을 수 있다. 그러나 실험 1에서 기존 공조기조건보다 개발 공조기조건에서 더 나은 학습 수행이 관찰되었다. 따라서 본 실험 1의 결과를 실험에 참여하지 않은 다른 사람들에게도 일반화할 수 있다.

실험 1의 결과들은 짝짓기 학습의 수행에 공조기로 조절되는 온도보다 바람이 더 큰 영향을 미치고 있음을 시사한다. 기존 공조기조건보다 개발 공조기조건에서 실내 온도가 약간 높았음에도 불구하고 세 온도대들이 짝짓기 학습에서 큰 차이를 보이지 않았다. Allen과 Fischer (1978)도 그들의 실험 1에서 온도대에 따라 최적 학습수행이 다르지만, 습도를 조절

했을 경우, 모든 온도대에서 수행이 비슷했음을 보고하였다. 습도가 조절된 본 연구의 실험 1은 여기서 더 나아가 공조기로 제어되는 온도나 습도보다 바람이 사람의 수행에 더 영향을 미침을 보여 주었다.

짝짓기학습의 수행에 공조기로 제어되는 온도보다 바람이 더 영향을 미친다는 사실은 정확히 제어된 온도 환경에서 다시 검토되어야 한다. 그 까닭은 본 실험 1이 수행되었던 지각 실험실 (방음실)의 구조와 실험실 외부의 온도 때문에 보다 엄밀한 통제를 기할 수 없었기 때문이다. 본 연구의 실험 1을 설계할 당시 23도나 무공조보다 26도 온도대가 가장 좋은 학습수행을 보일 것으로 예상하였다. 다른 한편으로는 과제에 따라서, 또 남녀 성별에 따라 최적 학습을 보이는 온도대가 다르기 때문에 (Meese 등, 1984) 최적 학습을 가능하게 하는 온도대를 찾기 힘들 것으로 예상하였다. 어떤 온도와 어떤 바람조건에서 최적 학습이 가능한지는 실내온도가 잘 통제된 상황에서 온도와 바람을 독립적으로 변화시켜 찾아내어야 할 것이다. 짝짓기과제가 사람들에게 요구하는 정보 처리과정이 상당히 복잡적이므로 실험 1의 결과들이 어떤 원인에서 비롯되었는지 분명하지 않다. 개발 공조기가 기존 공조기보다 더 나은 수행을 보인 실험 1의 결과가 지속적 주의 (sustained attention), 각성 (arousal), 증가된 감민도 (increased sensory sensitivity) 중 어느 것에 기인하는지를 밝혀야 한다. 실험 1의 결과를 분석해보면, 23도에서는 개발 공조기조건이 기존 공조기조건보다 4% 더 나은 학습수행을 보였는데, 이러한 경향은 통계적으로 유의한 차이가 아니다. 26도에서만 두 공조기조건이 학습수행에 뚜렷한 차이를 초래한 이유가 무엇일까? 사람이 경험하는 바람의 변화가 자연 상태와 비슷하고 공조기가 조절하는 온도가 일정하다면, 이러한 환경적 특성이 사람의 어

편 지각, 인지과정에 영향을 주어 학습수행이 달라지게 되는가? 이러한 인지과정을 밝히려면 주의를 지속적으로 요구하는 경계과제 (vigilance task)를 이용해서 사람들의 수행을 측정해야 할 것이다.

실험 2 경계탐지과제에서 공조기조건에 따른 수행 차이

경계탐지과제 (vigilance detection task)는 비교적 장시간에 걸쳐 사람들에게 어떤 신호를 탐지하도록 요구한다. 이 신호는 보통 예측 불가능하며, 가끔 제시된다. 레이더 관측병이 레이더 상에서 드문 표적의 출현을 관찰하는 것, 공항에서 안전요원이 X선으로 휴대품을 검사하는 것, 복잡한 시스템을 감독하는 사람이 그 시스템의 오기능을 찾는 것, 품질 검사관이 결함이 있는 제품을 찾는 것 등이 모두 경계탐지과제이다.

이러한 상황에서 사람들의 수행을 연구한 결과, 두가지 일반적인 결론에 도달하게 되었다 (Broadbent, 1971). 첫째, 사람들은 경계과제에서 최적 수행을 잘 보이지 않으며, 예상보다 훨씬 큰 탈루율 (miss rate) 혹은 지연된 반응시간을 보인다. 둘째, 일반적으로 경계과제를 시작한 30분 전후에 적응률이 현저하게 감소하기 시작한다. 이를 경계감소라 한다.

경계감소현상은 반응기준 (response criterion)의 변화와 감민도 (sensitivity)의 상실이라는 두 요인에 의해 설명되어 왔다. 감민도 상실은 신호의 물리적 특성 (예, 강도, 현저성)이나 사람의 특성 (예, 시력이나 청력의 감소)에 기인한다. 단위 시간당 제시되는 표적 및 비표적의 수로 정의되는 출현빈도가 낮을 경우, 시각 신호를 처리하는데 필요한 지속적 주의가 피로를 초래하는 것으로 알려져 있다 (Broadbent,

1971). 경계과제에서 표적이 무엇처럼 들렸는지 (또는 보였는지) 피험자가 회상하기 위해서 처리자원 (processing resources)이 지속적으로 필요하다. 감민도 상실은 이러한 요인들에 기인할 수 있다.

표적이 제시되지 않았는데도 반응하는 오경보 (false alarm)율의 변화는 감민도의 상실이었다. Broadbent & Gregory (1965)는 보수적 반응 기준을 택한 사람들은 거의 대부분 신호가 없다고 보고한다. 이 때 오경보율은 낮아지지만 표적을 정확히 찾는 적응률도 낮아지게 된다. 각성이론 (arousal theory)은 사람의 각성수준이 낮아짐에 따라 신경계의 전반적 활동이 낮아져 경계감소가 생긴다고 주장한다 (예, Welford, 1968). 이 이론은 적응률과 오경보율이 함께 낮아진다고 예언한다. 한편, 기대이론은 표적사건의 출현빈도, 즉 기대가 낮아질 때 반응기준이 보수적으로 상향조정되어 경계감소가 생긴다고 주장한다 (Baker, 1961).

경계탐지과제의 수행은 지속적 주의, 각성수준, 작업기억 부담, 사건발생에 대한 기대 등의 영향을 받는 것으로 보인다. 이 과제에서 사람들이 보이는 수행을 신호탐지이론으로 분석하면 그 통계적 지표를 경계감소의 원인을 파악하는데 쓸 수 있다. 사람들에게 각 공조기조건에서 경계탐지과제를 수행하도록 하고, 그 결과를 분석하면 실험 1에서 개발공조기조건의 학습 수행이 더 우수했던 이유가 어떤 인지과정 (예, 지속적 주의, 각성)에 기인하는지를 밝혀낼 수 있다.

본 연구의 실험 2는 고전적인 경계탐지과제 (Mackworth, 1950)를 수정하여 사용하였다. 이 과제에서 피험자는 컴퓨터 모니터 상에 특정 자극의 움직임 추적해야 한다. 대부분의 자극은 대개의 경우 짧은 거리로 움직이지만 자극의 10%는 먼 거리로 이동한다. 피험자가 할

일은 자극이 먼 거리로 이동하는 순간 가능한 빨리 반응키를 누르는 것이다. 실험 1에서 공조기에 따른 학습수행의 차이가 26도조건에서만 관찰되었다. 실험 2는 실내온도를 26도로 조절했을 때 기존 공조기와 개발 공조기가 어떤 인지과정들을 거쳐 사람의 수행에 차이있는 영향을 주는지 밝히려 하였다.

방 법

피험자 서울대 학부 및 대학원생 20 명이 두 유형의 공조기로 온도가 26도, 습도는 50%로 각기 제어된 실험조건에서 경계탐지과제를 수행하였다.

자극판 실험 2에 사용한 자극판은 그림 6과 같았다. 전체 자극판의 크기는 가로 600 x 세로 320 픽셀이며, 탐지 자극은 이 크기 내에서 비교적 균등하게 제시되었다. 자극판의 가로 및 세로 중심을 축으로 하는 붉은색 점선(VGA에서 RED)이 기본 좌표축으로 항상 제시되었다. 이 좌표축을 공유하는 4개의 동심원이 50 픽셀 간격으로 그려져 계속 제시되었다.

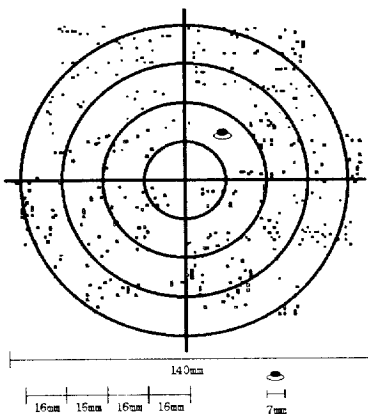


그림 6. 실험 2의 자극판

좌표축과 동심원은 피험자가 탐지자극의 이동거리를 판단할 때 거리 추정의 준거로 사용하도록 마련되었다.

타원형 탐지자극의 크기는 가로 8 x 세로 4 픽셀이었고, 그 색은 초록과 노랑(VGA에서 GREEN과 YELLOW)이었다. 비표적 사건의 경우, 타원형 자극이 x좌표로 10에서 14 픽셀, y좌표로 10에서 14 픽셀 만큼 떨어진 거리로 움직였다. 표적 사건의 경우 타원형 자극은 x좌표로 20 픽셀, y좌표로 20 픽셀 만큼 떨어진 거리로 움직였다. 자극들 간의 시간간격은 1,500 ms, 2,000 ms, 및 2,500 ms였고, 전 실험에 걸쳐 균등한 비율로 실시되었다. 타원형 자극의 이동 방향은 좌상, 좌하, 우상 및 우하의 대각선 방향이었고, 이 네 움직임 역시 전 실험에 걸쳐 비슷한 비율로 제시되었다.

탐지자극 이외에 자극판의 여러 위치들에 1 픽셀 크기의 방해자극이 무선적으로 제시되었다. 방해자극의 색은 14가지였고, 각 색채 당 20개의 방해자극을 만들어 제시하였다. 이 방해자극들은 탐지자극이 새로운 위치로 움직일 때 마다 위치를 달리하여 제시되었다. 이것은 피험자가 표적의 탐지에 주의를 주도도록 하기 위해서였다.

절차 연습시행에서 피험자에게 자극판을 보여주면서 추적해야 할 탐지자극의 모양을 알려 주었다. 그리고 탐지자극의 이동거리를 여러 가지로 보여 주고, 가장 먼 거리로 이동했을 경우에 지정된 반응키를 가능한 한 빨리 누르도록 하였다. 피험자에게 표적 사건이 제시될 빈도를 알려주지 않았다. 피험자가 정확한 반응을 2초 이내 했을 경우에는 정답임을 알려 주는 부자소리를 들려 주었다. 잘못된 반응, 즉 표적사건에 반응하지 않거나 비표적사건에 잘못 반응한 경우에는 경고음을 울리게

하여 매번 피험자들의 수행에 대한 피드백을 주었다.

평균적중률(%)

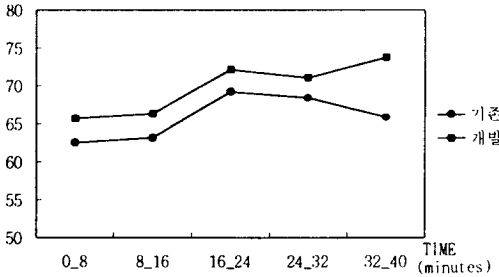


그림 7. 공조기 조건별 평균 적중률

본 실험 시행에 앞서 4분간 연습시행을 실시하였는데, 이 시행들은 본 실험 시행과 같았다. 한 블록은 총 240 시행으로 구성되었는데, 표적사건이 24 시행, 나머지는 비표적사건 시행들이었다. 표적사건으로 3가지 사건간격 (1,500 ms, 2,000 ms 및 2,500 ms)과 4가지 이동방향 (좌상, 좌하, 우상 및 우하)이 조합된 12시행이 두번 반복되었다. 비표적사건 역시 사건간격과 이동방향이 조합된 12 시행이 각기 18번 반복되었다. 매 블록에서 표적사건 및 비표적사건의 순서는 무선적으로 통제되었다. 사건발생빈도가 분당 30회이므로 한 블록에 소요되는 시간은 정확히 8분이었다. 본 실험시행은 휴식시간이 없이 5블록 연속해서 피험자들이 수행하도록 하였다.

실험 2의 기존 공조기조건의 평균 실내온도는 26.0 ± 1.3 도, 개발 공조기조건은 26.2 ± 1.4 도 였고, 각 공조기조건에서 피험자들의 평균 피부온도는 기존 공조기조건 이 31.92, 개발 공조기조건이 32.82도였다.

설계 실험 2의 주요 변인은 공조기 (기존, 개발)와 블록 (5개)이었고, 모두 피험자내 변인들이었다. 실험 2의 주요 종속측정치는 표적사건에 대한 반응시간, 적중률, 오경보율, 감민도 (d) 및 반응편중 지표 (beta) 였다.

결과 및 논의

개발 공조기가 기존 공조기보다 표적의 적중률이 더 좋았고, 특히 5번째 블록에서 8%의 차이를 보였다. 또한 그림 7에서 기존 공조기의 경우 과제가 계속 수행됨에 따라 그 수행이 떨어지는, 즉 전형적인 경계감소를 보인 반면, 개발 공조기의 경우 오히려 수행이 향상되었다. 추세분석 (trend analysis) 결과, 수행 상의 이러한 직선성은 통계적으로 유의하였다, $F(1,19) = 4.82, p < .05$.

오경보율(%)

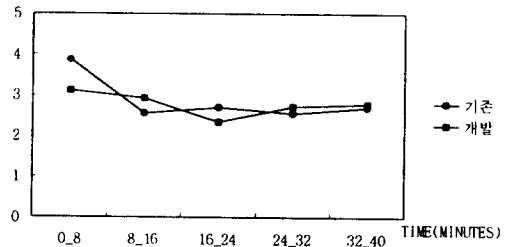


그림 8. 공조기별 평균 오경보율

d'

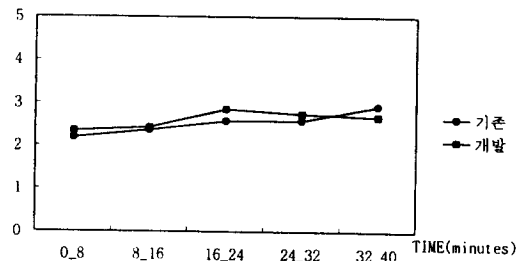


그림 9. 공조기별 평균 감민도(d')

beta

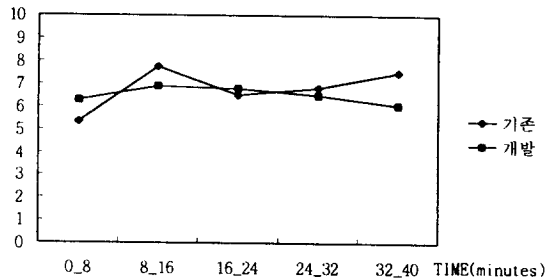


그림 10. 공조기별 평균 반응편중(beta)

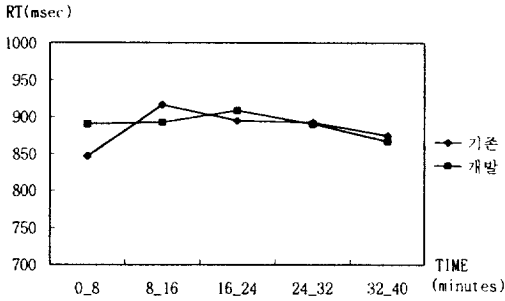


그림 11. 공조기별 평균 반응시간

피험자들이 경계과제를 계속 수행함에 따라 오경보율은 감소하였다, $F(4,76) = 3.32, p < .025$. 이 결과 (그림 8)는 두 공조기조건 모두에서 경계과제 수행이 계속되면서 감민도가 증가하는 결과와 일치한다, $F(4,76) = 5.65, p < .01$. 그림 9를 보면, 블럭이 증가할수록 개발 공조기조건이 기존 공조기조건보다 더 나은 감민도를 보이지만, 마지막 블럭에서 역전되었다. 이것은 적중률결과와 대조되는 결과인데, 그 이유는 현재로서 알 수 없다.

한 흥미로운 결과는 그림 10에서 볼 수 있듯이, 표적에 대한 반응편중이 기존 공조기조건에서는 관찰되었으나, 개발 공조기조건에서는 나타나지 않았다는 것이다. 즉 기존 공조기조건의 경우 블럭이 증가함에 따라 표적에 대한 반응편중이 처음에는 증가, 그 다음 감소, 다시 증가하는 경향, $F(1,19) = 6.28, p < .05$ 를 보인 반면, 개발 공조기조건에서는 이러한 경향이 관찰되지 않았다. 특히 개발 공조기조건에 비해 기존 공조기조건은 다섯번째 블럭에서 매우 큰 반응편중을 보였다 (그 가능한 이유는 아래를 참고). 신호탐지이론에서 베타 값의 증가는 사람들이 보수적으로 판단하기 때문으로 본다. 즉 표적신호가 제시되었는데도 “아니오”반응을 더 많이 하는 경향을 보인다.

그림 10의 결과를 그림 7의 결과와 비교해보면, 다섯번째 블럭에서 개발 공조기조건이 기존 공조기조건보다 더 나은 적중률을 보인다.

까닭을 짐작할 수 있다. 탐지시행이 계속됨에 따라 기존 공조기조건에서는 피험자들이 표적 신호가 제시되었는데 불구하고 “아니오” 반응으로 편중되어 틀린 반응이 늘어난 반면, 개발 공조기조건에서 피험자들은 이러한 편중을 보이지 않았기 때문에 높은 적중률을 보인 것이다.

표적에 대한 반응시간에 있어 두 공조기조건은 차이를 보이지 않았다 (그림 11). 그러나 기존공조기조건에서 처음에는 빠른 반응시간을 보이다가 중간 블럭 이후부터 느린 반응시간, 다시 약간 빠른 반응시간을 보인 반면, $F(1,19) = 6.52, p < .025$, 개발 공조기는 전 실험 블럭에 걸쳐 비교적 고른 반응시간을 보였다. 두 공조기조건에서 측정된 적중률, 오경보율, 감민도, 반응편중 및 반응시간을 종합해 볼 때, 오경보율, 반응편중 및 반응시간에서 기존 공조기조건은 블럭이 증가함에 따라 변동하는 패턴을 보지만 개발 공조기조건은 블럭들에 걸쳐 안정된 수행을 보인다. 즉 각 반응지표의 범위를 계산하면 (예, 오경보율의 경우 기존은 1.30, 개발은 0.77, 감민도의 경우 기존은 0.72, 개발은 0.55) 기존 공조기조건에 비해 개발 공조기조건은 그 변화의 범위가 작았다. 이 결과들은 여러 가지로 해석될 수 있으나, 과제를 수행중인 사람들이 받는 자연의 바람과 유사한 바람의 변화가 그들에게 각성 상태 (arousal states)를 지속적으로 유지할 수 있게 하고, 이 때문에 경계 탐지과제의 수행이 향상된 것이다. 기존 공조기의 경우 일정한 속도의 바람이 피험자에게 계속 가해지므로 시간이 흐름에 따라 피험자가 이에 적응하여 그 각성수준이 낮아져 이 때문에 표적 탐지의 적중률이 감소하게 된 것으로 보인다. 기존 공조기조건에서 전 블럭에 걸쳐 수행이 변동한 것은 감소된 각성 수준이나 불안정한 각성 수준에 기인한 것으로 해석된다.

실험 2의 결과들을 종합하면, 기존 공조기조

건보다 개발 공조기조건에서 표적탐지의 적중률이 높은 까닭은 (1) 감민도가 더 높을 뿐 아니라 (그림 9), (2) 특히 다섯번째 블록에서 반응편중을 덜 보였기 때문이다. 개발 공조기조건은 기존 공조기 조건에 비해 경계감소가 관찰된 블록에서 적중률의 증가와 안정된 오경보율을 보였다. 각성이론 (arousal theory)은 저하된 신경계 활동 때문에 각성수준이 낮아져서 경계감소가 생긴다고 설명한다. 이 이론에 따르면, 경계감소와 함께 적중률과 오반응률이 모두 감소해야 한다. 개발 공조기조건은 이러한 결과를 보이지 않았고, 이는 개발 공조기조건이 각성 상태를 지속할 수 있게 했음을 시사한다. 각성상태가 지속됨에 따라 표적을 탐지하기 위해 중요한 시각 단서를 더 많이 활용하게 되고 심적 노력 (mental effort)을 경계과제에 더 투입할 수 있게 되어 탐지반응의 편중이 줄어들었을 것이다.

전체 논의

본 연구는 온도와 바람에 관한 제어방식이 다른 기존 공조기와 개발 공조기 중 어느 것이 실제로 성능이 우수한지를 인지심리학 연구에서 많이 사용되고 있는 짝짓기 학습과제와 경계탐지과제로 검토하였다. 짝짓기 학습과제는 사람들이 새로운 내용을 학습하는 과정을 분석할 수 있는 실험과제이다. 자극과 반응을 짝지을 때 정교화나 암송과같은 기억 전략을 사용해야 하는데, 이 경우에 학습 목록에 주의를 기울여야 한다. 경계탐지과제는 각성이나 주의과정의 변화를 분석하는 과제이다. 실험 1에서 기존 공조기보다 개발 공조기가 7% 더 나은 학습 수행을 보였고, 실험 2의 마지막 블록에서 신호를 탐지하는 적중률에서도 기존 공조기보다 개발 공조기가 8% 더 나은 수행을 보였다. 기존 공조기조건에서는 전형적인 경계감소

보였으나 개발 공조기조건에서는 경계과제에 대한 선행 연구들 (개관은 Warm과 Jerison, 1984)이 일반적으로 얻은 것과 대조적으로, 즉 경계과제 수행에서 향상을 보였다. 개발 공조기의 우수한 성능은 질적으로 다른 두 인지실험과제에서 일관되게 관찰되었다. 지속적인 각성 상태나 주의를 조장하는 개발 공조기가 짝짓기 학습의 배후 기제로 작용한 것으로 보인다. 실험 1의 결과를 달리 해석할 수 있으나, 실험 2의 결과로 미루어 지속적 각성이 주요한 후보 심리기제로 간주된다.

기존 공조기보다 개발 공조기를 사용하였을 경우 수행이 7에서 8% 더 우수하다는 결과에 대해 의미있는 차이가 아니라고 결론내릴 수 있다. 이런 결론을 내리기 전에 고려해야 할 사항은 본 연구의 실험 대상자들이 지적으로 우수한 학생들이며, 또 감각의 감민도, 동작의 순발력 등에서 다른 연령 대보다 훨씬 좋은 대학생들이라는 점이다. 지적 능력, 감각 및 인지 능력에서 우수한 학생들이 짝짓기나 경계탐지 과제에서 여러 정보처리 전략 (information processing strategies)들을 사용했을 가능성이 큰데도 두 공조기조건이 이처럼 차이있는 결과를 보였다. 환경에 대한 사람의 적응력이 유연하므로 기존 공조기조건에서도 다양한 전략을 사용해서 학습이나 탐지 수행을 향상시킬 수 있다. 그럼에도 불구하고 이 조건이 개발 공조기조건보다 떨어진 수행을 보였다.

자극이나 환경이 일정할 때 인간의 의식이나 주의를 그 어느 시점부터는 그 특성들에 더 이상 민감하게 반응하지 않게 된다 (habituation). 이 경우에 각성수준이 낮아지거나 주의가 새로운 대상으로 향하게 된다.사람들은 낮은 각성 수준에서는 환경의 즉각적인 변화에 대응하지 못하며 그 주요 특성들을 잘 놓친다. 이를 방지하려면, 어느 정도의 변화를 도입해서 사람들이 환경자극에 둔화되지 않고 각성 상태를 지

속할 수 있게 해야 한다. 이것이 가능하면 가끔 제시되는 신호이더라도 정확히 처리된다. 반응을 학습하거나 자극과 반응을 짝지을 때 제한된 주의가 필요하다. 자극과 반응 쌍들이 발음이나 모양에서 비슷할 경우 그 간섭을 줄이려면 각 쌍에 주의를 주고, 소리내어 암송하거나 그들간의 연상 관계를 찾아야 한다. 이 경우에 제한된 용량의 주의가 필요하며 지속적인 각성 상태에서 이 과제를 잘 해낼 수 있다. 반면, 블록이 증가하면서 자극 상황에 둔화되면, 스트레스가 제한된 용량의 주의를 소진시킨다. 짝짓기학습이 요구하는 여러 심적과정에 배정해야 하는 심적 자원 (mental resources)이 부족하게 되면 학습이나 탐지과제의 수행이 떨어지게 된다. 이것은 실험 1의 기존 공조기조건에서 블록이 진행됨에 따라 수행이 떨어지는 결과를 설명할 수 있다.

앞으로 연구문제 앞으로 몇가지 연구 문제가 다루어져야 한다. 본 연구의 실험 1은 환경의 온도와 바람이 공조기로 조절된 경우에 온도보다 바람의 변화가 더 중요함을 보여 주었다. 본 연구의 두 실험이 실시된 실험실의 구조 때문에 온도를 더 엄밀하게 통제하기 어려웠다. 온도와 바람이 사람의 인지과제 수행에 미치는 영향은 실험실 내부의 온도가 정밀하게 통제된 상황에서 다시 평가되어야 한다. 온도와 바람의 효과를 비교하려면, 사람들에게 긍정적 영향을 미치는 것으로 밝혀진 온도대와 그렇지 않은 온도대 및 바람의 변화여부를 조합하여 조건들을 만들어야 한다. 예를 들면, 최적 각성상태를 초래하는 온도대와 다른 한 온도대를 약풍과 카오스풍으로 교차시킨 조거들 (최적온도-약풍조건, 최적온도-카오스풍조건, 비최적온도-약풍조건 및 비최적온도-카오스풍조건)을 만든다. 이러한 조건들이 학습과제와 경계과제를 포함한 여러 인지과제의 수행에 어

떤 영향을 미치는지를 비교해서 온도와 바람의 영향을 평가하고 그 배후의 기제 (mechanism)를 추측하는 근거를 찾아야 할 것이다.

기존 공조기에 비해서 개발 공조기는 구체적으로 어떤 인지 기제를 활성화시켜 과제 수행을 향상시키는가? 각성 상태의 유지뿐만 아니라, 자연의 바람을 과거에 많이 경험했기 때문에 인지과제가 잘 수행되었는가? 바람의 변화가 중요한가 아니면 자연풍과 과거 경험이 (쾌적함, 안정된 정서 상태)가 더 중요한가? 개발 공조기는 14분을 주기로 약, 중, 및 강속 바람을 내도록 설계되었다. 이 주기를 단축시켜도 같은 결과를 얻을 수 있는가? 한 주기를 반드시 강, 중 및 약풍의 교대로 구성해야 하는가? 아니면 강풍과 중풍으로 구성해도 지금과 같은 결과를 얻을 수 있는가? 약, 중 및 강풍을 14분 주기에서 어떤 비율로 구성할 때 바람의 영향이 가장 큰가?

만약 사람들이 2시간 동안 경계과제를 수행하도록 할 경우에 기존 공조기조건보다 개발 공조기조건에서 수행이 더 우수할 것인가? 두 공조기조건이 적중률에서만 차이 있고, 다른 반응들에서 뚜렷한 차이를 보이지 않은 이유는 무엇인가? 기존 공조기조건에서 블록이 늘어남에 따라 반응이 달라지는데 그 이유는 무엇인가? 기존 공조기조건에서 일정한 강도의 바람이 수행을 감소시켰는가 아니면 다른 요인들이 함께 관여해서 그러한가? 이러한 물음들에 관한 해답을 찾으려면, 경계탐지과제를 수정하거나 새로운 인지과제를 사용해야 할 것이다. 이때 개발 공조기의 우수성이 어떤 인지적 기제 (cognitive mechanisms)에서 비롯되었는지를 더 구체적으로 밝힐 수 있다. 앞으로 연구들은 경계탐지과제에서 수행이 감소하거나 향상하는 이유에 관한 쟁점을 해결하는데 기여할 것이다.

참고문헌

- 연세대학교 한국어사전편찬실. (1991). 1989년도 연세대학교 학술연구비에 의한 연구 보고서.
- Allen, M. A., & Fischer, G. J. (1978). Ambient temperature effects on paired-associate learning. *Ergonomics*, 21, 95-101.
- Baker, C. H. (1961). Maintaining the level of vigilance by means of knowledge of results about a secondary vigilance task. *Ergonomics*, 4, 311-316.
- Broadbent, D. E. (1971). *Decision and stress*. London: Academic Press.
- Broadbent, D. E., & Gregory, M. (1965). Effects of noise and of signal rate upon vigilance analyzed by means of decision theory. *Human Factors*, 7, 155-162.
- Corl, K. G., Crist, B., Cushman, W. H., Little, R. M., Lucas, R. L., Murphy, T. J., Rodgers, S. H. (1983). Environment. In E. M. Eggleton (Ed.), *Ergonomic design for people at work Vol. 1: Workplace, equipment, and environmental design and information transfer*. (pp.198-281). New York: Van Nostrand.
- Hancock, P. A. (1986). Sustained attention under thermal stress. *Psychological Bulletin*, 99, 263-281.
- Mackworth, N. H. (1950). Researches on the measurement of human performance. *Medical Research Council Special Report Series 268*. London: Her Majesty's Stationary Office.
- Meese, G. B., Kok, R., Lewis, M. I., Wyon, D. P. (1984). A laboratory study of the effects of moderate thermal stress on the performance of factory workers. *Ergonomics*, 27, 19-43.
- Tanabe, S. (1988). *Thermal comfort requirements in Japan*. Tokyo: Waseda University Press.
- Warm, J. S., & Jerison, H. J. (1984). The psychophysics of vigilance. *Sustained attention in human performance*. (pp. 15-59). New York: Wiley.
- Welford, A. T. (1968). *Fundamentals of Skills*. London: Methuen.

Effects of Air-Conditioned Environments on Performance in Paired-Associate Learning and Vigilance Detection Tasks

Jung-Oh Kim, Min-Kyu Park & Sang-hun Lee

(Department of Psychology, Seoul National University)

Paired-associate learning and vigilance detection tasks were used to evaluate two air-conditioning systems that differed in their control of temperatures and wind flow. In Experiment 1, a new system that simulates natural wind was found to facilitate students' paired-associate learning as compared to the existing system that consistently emitted the same wind flow. Experiment 2 measured subjects' vigilance detection in hit rates, false alarms and sensitivity and found that the new system's superiority in performance was based on its maintenance of sustained arousal.