

유추가 과학 개념의 학습에 미치는 영향

이 현 주 · 이 영 애

이화여자대학교 심리학과

유추에 의해 과학 개념의 학습이 가능한지, 그 효과가 추론문제의 해결에서 관찰되는지를 두 실험을 통해 검토하였다. Donnelly와 McDaniel(1993)의 학습 재료와 조건을 조작한 실험 1은 유추진술문이 과학 개념에 대한 추론을 향상시킨다는 증거를 얻지 못하였다. 그럼 보조물을 함께 제시한 실험 2에서는 Donnelly와 McDaniel(1993)의 결과와는 달리 유추에 의한 개념학습의 효과를 관찰하였다. 본 연구의 결과를 작업기억과 사상단계의 관계에 비추어 논의하였다.

어떤 새 문제를 풀어야 할 때 사람들은 전에 풀었던 비슷한 문제를 생각해내고 그 해법을 새 문제의 해결에 맞도록 바꾸어 문제를 푼다. 예를 들어, 어떤 공식을 써서 풀어야 하는 수학 문제의 경우, 이미 푼 적이 있는 예제를 생각해내고, 그 예제를 풀었을 때 사용했던 공식을 생각하여 문제를 푸는 데 이것이 바로 유추이다. 낯익은 문제의 인출, 이 문제와 새 문제의 요소들간의 대응, 즉 사상(mapping), 이를 바탕으로 한 추리, 유추로 문제를 성공적으로 풀었을 때 형성되는 도식의 학습 등의 과정을 통틀어 유비추론이라 한다. 유추에 관한 인지심리학 연구는 1980년 대부터 활발해졌는데, 이 흐름을 주도한 연구자로 Gentner(1983), Holyoak(1985), 그리고 Keane(1988)을 든다. 이들은 각기 다른 유추 이론을 제안하고

그 타당성을 검토하는 인지심리 실험과 시뮬레이션이 그 기반인 계산론 실험으로 이 분야를 선도하고 있다(이에 관한 자세한 개관은 이영애, 1998을 참고로 할 것).

유추는 낯익은 개념(근거)을 새로운 개념(표적)과 연결시키므로, 근거 영역의 정보를 이용해서 표적 영역에 관해 정보가 있는 그럴듯한 추리를 내리도록 한다. 여러 유추 연구자들은 유추의 사용과 추론 생성 사이에 정적인 관계가 있다고 주장하였다(Holland, Holyoak, Nisbett & Thagard, 1986; Holyoak & Koh, 1987). 유추를 사용해서 새 문제를 성공적으로 풀 경우 문제들에 관한 추상적 지식구조 즉 도식이 형성되고, 이 때문에 학습과 사고가 향상됨을 짐작할 수 있다. 그러나 유추에 의해 문제를 푼 후 학습이 잇따른다는 생각을 둘러싼 쟁점이

본 논문을 세심하게 읽고 좋은 제안을 하신 세 심사위원께 감사드립니다.

교신저자 주소: 이영애, 서울시 서대문구 대현동 이화여자대학교 심리학과, 〒 120-750

(e-mail: yalee@mm.ewha.ac.kr)

그동안 해결되지 않았다. 학생들이 새 영역의 개념 이해나 문제해결에 그것과 무관한 근거 영역을 적용하면 추론이 틀릴 가능성이 있다. 이 때문에 일군의 연구자들은 유추로 개념을 학습하는 것이 해롭다고 주장한다(예, Glynn, Britton, Semrud-Clikeman, & Muth, 1989; Spiro, Feltovich, Coulson, & Anderson, 1989). 예를 들어, Halpern(1987)은 유추로 학습한 학생과 그렇지 않은 학생들이 추론을 요구하는 물음에 대해 답하는 데 있어 별 차이 없음을 보고하였다.

Donnelly와 McDaniel(1993)은 필사나 행성의 궤도와 같은 과학 개념을 학생들에게 설명할 때 전통적인 방법 즉 개념을 객관적으로 단순히 기술하는 방법(예, 필사의 경우, 회전하면서 방사선을 내는 특징을 기술하기)과 그 개념을 낯익은 상황에 유추하여 설명하는 방법(예, 필사의 경우, 회전하는 등대 불빛에 비유하기)으로 제시한 후, 두 종류의 질문 즉 기억에 의존해서 답해야 하는 기본 수준의 질문과 추론해야만 답할 수 있는 질문들을 제시하고 두 설명 방법의 효과를 비교하였다(두 설명 방법의 다른 예 및 질문의 예는 방법란을 참고로 할 것). 기본 수준의 질문은 한 개념의 표면적인 세부 내용에 관한 물음이다. Donnelly와 McDaniel(1993)은 또한 실험 조건에 따라서 학생들에게 덩이글만 제시하거나, 덩이글과 비디오를 함께 제시하거나, 단지 친숙한 영역의 내용을 읽게 하였다. 대학생 참가자들은 단순기술조건에서는 기본 수준의 질문들을, 유추조건에서는 추론질문들에 더 정확히 대답하였다. 즉 학습방식과 문제유형간에 통계적으로 유의한 상호작용이 있었다. 이 연구자들의 이러한 결과는 유추학습의 효과를 둘러싼 쟁점의 해소에 기여하였다.

본 연구의 두 실험은 Donnelly와 McDaniel(1993)의 연구에서 출발하였다. 우리 나라의 경우 그동안 교육 내용은 교과서 내의 단편 지식을 암기시키거나 이해시키는 데 주력해왔

다(김성훈, 1993). 이 때문에 단순지식의 암기나 이해와 같은 하등 정신 능력을 그 대상으로 삼는 객관식 지필 검사가 교육 평가의 중심을 이룬다(신세호, 성경희, 허경철, 박경숙, 정택희, 김양분, 김성훈, 김용우, 1990). 따라서 Donnelly와 McDaniel(1993)의 주요 결과가 유추에 의한 학습 경험이 풍부하지 않은 우리나라 학생들을 대상으로 반복될 수 있는지가 관심거리이다. Donnelly와 McDaniel(1993)은 유추조건에서 근거 개념과 과학 개념을 요소별로 연결시킨 문장들을 제시하였다. 유추에 의한 설명에 익숙할 때는 이러한 문장들을 쉽게 이해할 수 있으나 그렇지 않을 경우 문장을 읽기만 해서는 요소들의 대응을 제한된 시간에 빨리 파악하기 힘들 것이다. 즉 유추에 의한 설명에 익숙하지 않을 경우 문장을 단순히 읽는 조건은 학습효과를 보이지 못할 수 있다. Donnelly와 McDaniel(1993)은 그들의 실험 3에서 유추 설명을 제시할 때 덩이글만 제시한 조건과 단순기술문을 제시할 때 덩이글과 그림을 함께 제시한 조건이 추론 질문 수행에 있어 차이가 별로 없음을 보고하였다. 이 결과는 유추가 추론을 촉진시키는 이유가 학습되어야 할 과학 개념에 관한 기억 흔적을 구체화시키기 때문이라는 주장을 부인하는 증거이다. 이 결과는 흥미로운데, 그 한 이유는 표상의 이중부호론 및 이를 지지하는 결과와 맞지 않기 때문이다. 일반적으로 언어자극과 그림자극을 함께 제시하면 표상이 더 구체적이 되므로 언어자극만 제시하는 것보다 정보의 저장은 물론 인출에서도 효과 있다(예, Paivio, 1986).

실 험 1

Donnelly와 McDaniel(1993)은 유추에 의한 개념학습이 그 개념에 관한 추론을 촉진시킬 것을 밝혔다. 이 연구자들의 결과가 타당하다면,

한국 학생들에게 과학 개념에 대한 정보를 단순한 기술로 소개한 조건과 유추로 소개한 조건 유형이 질문 양식과 상호작용하는 결과가 그대로 관찰될 것이다. 즉 기본 문제에서는 단순기술조건이 유추조건보다 더 나은 수행을 보이지만, 추론 문제에서는 유추조건이 단순기술조건보다 더 나은 수행을 보여야 한다. 특히 Donnelly와 McDaniel(1993)은 유추학습의 효과가 전문가보다 초보자에게서 더 크다는 사실을 찾아내었다. 따라서 유추에 의한 학습경험이 많지 않을 것으로 생각되는 한국 실험참가자들도 유추에 의한 개념학습 효과를 보일 것이다. 그러나, 암기 위주의 학습 경험과 그 평가에 익숙한 한국 학생들의 경우 추론 문제에서 유추에 의한 학습효과가 관찰되지 않을 수 있다. 그 까닭은 근거 정보의 요소들과 표적 정보의 요소들을 대응시켜 본 경험이 부족하기 때문이다. 만약 이것이 사실이라면, 유추문장들을 단순히 읽기만해서는 근거 정보와 표적 정보를 사상시키지 못할 가능성이 있고 이 때문에 근거 영역의 추리를 표적 영역으로 전이하기 힘들 것이다.

한국 학생들이 유추에 의한 개념학습의 효과를 어떻게 보일 것인지를 짐작할 수 있는 실험 증거가 수집된 적이 없다. 따라서 본 실험 1에서는 Donnelly와 McDaniel(1993)의 학습 재료와 주요 설계 및 절차를 그대로 반복하여 위의 물음들에 관한 답을 찾으려 하였다.

방법

실험 참가자. E여자 대학교에서 교양과목으로 심리학을 수강하고 있는 학생 126명이 실험 1에 참여하였다. 이들은 대부분 인문계열에 속하는 학생들이었고 자연계 학생들에 비해 과학 배경지식이 적은 것으로 판단되었다. 이들은 단순기술조건, 유추조건 그리고 통제조건에 각각 42명 씩 무선적으로 배정되었다. 실험은 2 - 11 명씩 소집단으로 실시되었다.

재료. Donnelly와 McDaniel(1993)이 만든 12개의 과학 개념들을 사용하였다. 12개의 개념들이 6개로 된 두 세트로 나누어져 있다. 한 세트는 지구의 자전으로 시작하고, 다른 세트는 블랙홀과 화이트홀로 시작된다. 주로 물리학, 천체 물리학, 그리고 생물학 분야의 각 개념에 대해 세 짧은 진술문이 학습 재료였다. 그 하나는 글자 그대로 과학 개념에 대한 단순기술문이고, 다른 하나는 이 개념을 학습자가 잘 아는 다른 영역과 관련시켜 설명하는 유추문장들이 사용되었다. 다음의 예는 붕괴하는 별에 대한 단순기술문장, 유추문장, 그리고 통제문장을 각기 보여 준다.

붕괴하는 별은 둘들 말리면서 그 크기가 작아짐에 따라 점점 더 빠르게 회전한다. 별의 크기가 줄어들면서 빠르게 자전하는 현상은 '각운동량 보존 (conservation of angular momentum)'이라는 원리 때문에 일어난다.(단순기술문).

붕괴하는 별은 크기가 줄어들에 따라 점점 빨리 회전한다. 따라서 별은 자기 팔을 끌어 당김에 따라 점점 더 빨리 회전하게 되는 스케이트선수와 같다. 별과 스케이트선수 모두 '각운동량 보존(conservation of angular momentum)'이라는 원리에 의해 작용한다(유추문).

붕괴하는 별은 나이를 먹은 여배우처럼 죽을 때까지 활동한다. 최근에 그 여배우는 단지 평범한 역을 맡았고 좋지 않은 평을 받았을 뿐이다. 지금 그녀는 빛나는 재능의 세계에서 사라져가고 있다(통제문).

세 집단에게 제시될 각각의 지시문에는 실험 참가자가 배우게 될 진술문의 예와 나중에 풀게 될 문제의 예가 제시되었다. 모든 참가자들에게 실험의 목적은 과학 개념의 이해와 기억에 관한 것이고, 각 단계에 제한된 시간이 있고, 12개의 개념에 관한 진술문을 두 번에

나누어 제시하며, 한 개념에 4개의 문제를 풀게 된다고 알려 주었다. 유추진술문조건의 피험자들에게는 유추가 무엇이고 새 개념의 학습에 유추를 어떤 식으로 써야하는지를 알려 주었다. 통제조건의 경우 그들이 통제집단에 속함을 알려 주고 자신이 이미 알고 있는 지식을 이용해서 문제를 풀도록 하였다.

질문지. 과학 개념을 배운 후 검사 문제에 답하기 전 언어화-시각화 심상선호 질문지를 방해과제로 사용하여 검사 수행에서 천정효과를 방지하였다. 총 30 문항으로 된 7점 척도의 평정과제로 15 문항 씩 두 개의 세트로 나누어 각 학습 개념 세트를 제시한 후 이 질문지를 실시하였다.

단서회상검사. 예비 실험에서 몇 참가자를 면접한 결과, 유추진술문조건의 참가자들은 한번에 6개의 과학 개념을 배워야한다는 점에서는 단순기술조건의 참가자와 같았지만, 유추의 근거로 제시된 친숙한 영역을 관련지어야 하는 부담에서는 단순기술조건과 차이가 있었다. 한 개념에 대해 배운 유추의 근거가 다른 개념의 유추의 근거와 혼동되고, 검사문제를 풀려고 할 때 근거를 이용하여 추론하기 어렵다는 지적이 있었다. 따라서 진술문을 어느 정도 기억하고 있는지 알아보기 위해 단서회상검사를 실시하였다. 완전한 진술문에서 검사문제와 관련되지 않은 내용에 해당되는 부분을 빈칸으로 남겨두고 알맞은 단어로 채워 넣도록 하였다. 이 때 단어는 보통 한 개념 당 한 두 개였고, 유추조건에서는 주로 근거에 대한 기억을 확인하기 위해 근거로 제시하였던 부분을 빈칸으로 남겨 두었다. 단순기술조건과 통제조건에서 한 두 개의 단어를 채워 넣도록 하였다.

검사 문제. 각 참가자가 한 개념 당 4개씩, 학습한 12 개의 개념에 대해 총 48 문항으로 된 사지선다형 문제를 풀었다. 문제들의 반은 기본문제로서 학습단계에서 배운 내용에 관한 구체적 사실을 묻는 반면, 나머지 반은 추론문제로서 이 문제들에 답하려면 원 개념에 들어

있는 역동적 관계를 추론해야 한다.

붕괴하는 별에 관한 기본문제의 예는 다음과 같았다.

붕괴하는 별에 관해 옳은 것은?

- (ㄱ) 크기가 작아질수록 자전속도가 느려진다.
- (ㄴ) 크기가 작아질수록 궤도를 도는 속도가 빨라진다.
- (ㄷ) 크기가 작아질수록 자전속도가 빨라진다.
- (ㄹ) 크기가 작아질수록 궤도를 도는 속도가 빨라진다.

붕괴하는 별에 관한 추론문제의 예는 다음과 같았다.

만약 별이 붕괴하는 대신 ‘팽창’한다면 어떤 일이 일어나겠는가?

- (ㄱ) 자전속도가 증가할 것이다.
- (ㄴ) 자전속도가 감소할 것이다
- (ㄷ) 궤도를 도는 속도가 증가할 것이다.
- (ㄹ) 궤도를 도는 속도가 감소할 것이다.

절차. 각 참가자는 자신이 배정된 조건에 해당하는 소책자를 받았다. 이 소책자는 학습자료, 질문지, 검사문제 및 설문지로 구성되었다. 실험자는 각 단계를 시작할 때마다 정해진 시간을 알려 주었다. 과학 개념은 2개의 세트로 되어 있어서 하나는 ‘지구의 자전’ 다른 하나는 ‘블랙홀과 화이트홀’로 시작되었다. 세트의 제시 순서는 참가자 간에 균형을 맞추었다.

세 집단 모두 다음의 절차를 따랐다. (1) 먼저 지시문을 3분 동안 읽고 (2) 6개의 개념을 8분 동안 학습하였다. (3) 언어화-시각화 심상선호에 대한 질문지에 3분 동안 답하고, (4) 2분간 빈칸에 알맞은 단어를 쓰는 간단한 회상검사를 받았다. (5) 24 개의 검사문제를 10분 동안 풀고, 같은 절차가 되풀이 되어 (6) 새로운 6개의 개념을 학습하고, (7) 질문지에 답하고, (8) 단서회상검사를 받은 후 (9) 검사문제를 풀었다. 총 소요시간은 대략 50 분이였다.

표 1. 실험 1의 학습조건 별 문제 유형에 있어 평균 정확반응률(표준편차)

학습조건	본 실험 1		Donnelly& McDaniel(실험 1)	
	문제 유형		문제유형	
	기본	추론	기본	추론
단순기술	.87(.09)	.66(.11)	.86	.75
유추	.75(.13)	.62(.12)	.80	.80
통계	.45(.09)	.41(.10)	.41	.40

결과 및 논의

표 1은 세 집단이 두 유형의 사지선다 문제에 대해 보인 정확반응률을 정리한 것이다. 통제집단은 기본 문제와 추론문제 모두에서 우연 수준(.25)을 넘어서 실험 참가자들이 학습할 과학개념을 어느 정도 알고 있음을 알 수 있다. 이 자료에 대한 3(학습방식: 단순, 유추, 통계) x 2(문제: 기본, 추론)의 변량분석 결과, 학습방식의 주효과, $F(2,123) = 142.24$, $MSE = 0.02$, $p < .001$, 문제유형의 주효과, $F(1,123) = 152.79$, $MSE = 0.01$, $p < .001$ 가 통계적으로 유의하였고, 두 요인의 상호작용효과 역시 유의하였다, $F(2,123) = 20.86$, $MSE = 0.01$, $p < .001$.

본 실험 1의 관심사는 통제집단과 두 실험 집단 간의 차이보다는 두 실험조건 간의 수행의 차이였으므로, 문제유형별로 단순기술조건과 유추조건에서 차이가 있는지를 알기 위해 단순효과를 검증하였다. 기본문제의 경우 이 두 조건이 수행 상 유의한 차이를 보였으나, $F(1,123) = 14.92$, $MSE = 0.27$, $p < .001$, 추론문제에서는 이러한 차이가 없었다 $F(1,123) = 1.33$, $MSE = 0.02$. 즉 예상과는 달리 추론문제에서 유추조건이 단순기술조건보다 더 나은 수행을 보이지 않았다.

표 1에는 또한 Donnelly와 McDaniel의 실험 1의 결과도 함께 제시되어 있다. 이 표를 보면 단순기술과 유추 두 조건 실험 참가자들의 평균 정확추론은 .64로 미국 참가자들의 평균 .77보다 훨씬 떨어진다. 그러나 기본문제의 경우 한국 참가자들은 평균 .81, 미국 참가자들은 평균 .84로 비슷한 수행을 보였고, 통제 집단이 기본과 추론문제에서 보인 수행도 비슷하였다. 따라서 유추조건에서만 한국 실험 참가자들이 미국 실험 참가자들에 비해 떨어진 수행을 보였음을 알 수 있다.

단순기술조건과 유추조건에 참가자들은 조건에 상관없이 올바른 단어를 회상할 수 있었다. 아마도 각 개념 당 빈칸에 맞는 한 두 단어를 회상할 때 풍부한 단서가 제공되었기 때문으로 보인다. 실험이 끝난 후 실시한 설문지에 대해서 실험 참가자들은 조건에 상관없이 평균 4 - 5 개의 개념을 진술문을 읽지 않고서도 풀 수 있다고 생각하였다.

본 연구의 실험 1은 Donnelly와 McDaniel의 실험 1을 부분적으로만 반복 입증하였다. 그러나 제일 중요한 결과, 즉 유추조건이 단순기술조건보다 추론문제의 해결에서 더 좋았다는 결과를 반복 입증하지 못하였다. 본 실험 1에 앞서 예비 실험을 실시하였는데, 이 예비 실험에서도 추론문제의 경우 단순기술조건이 .63, 유추조건이 .62의 수행을 보였다. 지시문에서 유추에 대한 설명과 유추를 사용하여 학습하는 방법과 검사를 푸는 방법을 설명하였음에도 불구하고 이런 결과를 얻은 것은 우리나라 학생들이 교과서에서 배운 단순기술적 제시에 더 익숙하고, 유추에 의한 설명에 덜 익숙하였기 때문으로 보인다. 유추조건에 경우 근거와 표적의 두 영역의 요소들을 대응시키는 과정을 밟아야 하므로 짧은 제시시간 중 유추에 의한 개념학습이 자동적으로 일어나기 힘들었을 수 있다.

실 험 2

실험 1의 추론문제 해결에서 유추조건의 참가자들이 단순기술문조건의 참가자들보다 더 나은 수행을 보이지 못하였다. 이 두 조건의 참가자들은 모두 같은 시간인 8 분 이내에 6 개의 개념을 학습하여야 했다. 단순기술문조건의 참가자들은 6 개의 새 개념을 학습하면 되지만, 유추조건의 참가자들은 근거 영역의 개념이 각각의 과학 개념마다 하나 이상 사상되어 있으므로 한번에 제시받는 개념들이 더 많다. 따라서 작업기억의 처리와 저장 부담이 더 클 것이다. 유추기술문조건의 경우, 제한된 시간에 두 영역의 관계에 대한 표상이 명확히 생성되지 않았을 것이고 이 때문에 추론문제를 풀 때 근거에서 추론된 관계가 표적인 새 과학 개념으로 전이되기 어려웠을 것이다.

실험 2는 유추조건의 참가자들이 겪는 작업 기억의 부담을 감소시키면서 근거와 표적 영역의 사상을 쉽게 하기 위해 문장과 그림을 함께 제시하여 그 효과를 평가하고자 하였다. Donnelly와 McDaniel(1993)은 그들의 실험 3에서 이와는 약간 다른 조작을 포함하였다. 이 연구자들은 유추가 학습을 촉진시키는 한 이유로 기억흔적의 구체화설을 제안하고 단순기술조건에서 문장과 함께 그림을 제시한 반면, 유추조건에서는 문장만 제시하였다. 그러나 이들의 실험 3에서는 그림을 함께 제시받은 단순기술조건이 추론 문제의 수행에서 유추조건보다 더 나은 수행을 보이지 못했다. 이 결과를 바탕으로 구체화설이 기각되었다. Donnelly와 McDaniel의 실험 3의 결과를 달리 설명할 수 있다. 즉 미국 실험 참가자들은 유추에 익숙하므로 단순기술문장이 그림과 함께 제시되어도 추론 문제의 해결할 때 그 수행이 유추조건의 수행에 미치지 못했을 것이다. 반면, 한국 실험 참가자의 경우 실험 1에서 본 바와 같이, 유추에 익숙하지 않으므로 본 연구의 실험 2에서는 이들에게 유추 문장과 그림을 함

께 제시하여 요소들간의 대응을 쉽게 할 경우 실험 1과는 달리 추론문제의 해결에 있어 유추조건이 단순기술문조건에 비해 더 나은 추론수행을 보여야 한다.

방법

실험 참가자. E대학교 교양 심리학 수강생 62명이 실험 2에 참여하였다. 이들은 실험 1에 참여한 적이 없었다. 실험 1과 마찬가지로 인문계열에 속하는 학생들이었다. 이들의 반은 단순기술문과 그림을 함께 제시받는 조건에, 나머지 반은 유추 문장과 그림을 함께 제시받는 조건에 무선적으로 배정되었다. 실험 2는 2 - 11 명씩 소집단으로 실시되었다. 실험 2에서는 통제조건을 포함시키지 않았다.

재료. 실험 1에서 사용된 것과 같은 12 개의 과학 개념에 대한 언어 진술문들을 그대로 사용하였다. 각 진술문에 포함된 내용을 나타내는 그림을 함께 보여 주었다. 이 그림들은 Donnelly와 McDaniel(1993)이 구체화 가설을 검증하기 위해 사용한 그림 보조물들이다. 각 페이지에 한 개념에 대한 진술문과 그림을 제시하였다. 단순기술문조건에서 문장과 함께 제시되는 그림은 보통의 교과서에 실려 있는 삽화와 비슷하고, 유추조건에서 문장과 함께 제시되는 그림은 해당되는 개념을 설명하는 유추정보와 관련되는 내용이었다. 지시문에서 참가자로 하여금 진술문과 그림을 함께 보도록 강조하였다. 그 이외 방해과제로 사용된 질문지, 단서회상검사, 각 개념에 대한 검사 문제들은 실험 1과 같았다.

절차. 실험 2의 절차는 실험 1과 같았다.

결과 및 논의

실험 2의 참가자들이 조건별로 사지선다 문제를 정확하게 푼 반응률이 표 2에 정리되어 있다. 표 2의 자료에 대해 변량분석을 한 결과, 학습조건의 주효과는 통계적으로 유의하지 않았고, $F(1,60) = 1.38$, $MSE = 0.02$, 문제유형

표 2. 실험 2의 학습조건 별 문제 유형에 있어 평균 정확반응률(표준편차)

학습조건	본 실험 2		Donnelly & McDaniel(실험 3)	
	문제 유형		문제 유형	
	기본	추론	기본	추론
단순기술	.83(.10)	.64(.12)	.85	.74
유 추	.82(.11)	.71(.09)	.80	.76

의 주효과, $F(1,60) = 152.47$, $MSE = 0.01$, $p < .001$, 학습방식과 문제유형간에 유의한 상호작용이 있었다, $F(1,60) = 11.35$, $MSE = 0.01$, $p < .001$. 상호작용을 분석한 결과, 기본문제에서는 두 학습조건이 유의한 차이를 보이지 않은 반면, 추론문제에서는 유추조건이 단순기술문조건보다 7% 더 나은 수행을 보였다, $F(1,60) = 4.45$, $MSE = 0.02$, $p < .05$.

표 2를 보면, 기본문제의 해결에 있어 한국 실험 참가자와 미국 실험 참가자가 모두 비슷한 수행을 보인다. 반면, 추론문제는 한국 실험 참가자보다 미국 실험 참가자들이 더 나은 수행을 보였음을 알 수 있다. 이러한 패턴의 결과는 실험 1의 결과를 반복한다. 실험 1과 2의 추론문제에서 단순기술과 유추 두 집단의 참가자들이 보인 수행을 평균하면, 한국 참가자들은 .66, 미국 참가자들은 .76으로 미국 참가자들이 추론 문제에서 더 나은 수행을 보였다. Donnelly와 McDaniel(1993)의 연구에서 그림과 단순기술문을 함께 제시한 조건이 유추조건보다 나은 수행을 보이지 못한 것은 이처럼 미국 실험 참가자들의 유추에 의한 추론수행이 더 좋았기 때문이다.

본 연구의 실험 1에서 단순기술조건인 경우 추론 문제의 정확반응률은 .66, 같은 조건을 받은 미국 참가자들의 수행은 .75로 9%의 추론수행의 차이가 있었으나 (표 1), 유추진술조건인 경우 본 실험 1은 .62, 미국 참가자들

의 수행은 .80으로 18%의 더 큰 차이가 관찰되었다. 이 결과는 유추진술문이 과학 개념의 학습을 오히려 간섭하는 것으로 해석될 수 있다. 그러나 실험 2에서는 단순기술조건에서 한국 참가자와 미국 참가자의 차이가 10%로 실험 1의 결과를 반복했지만, 유추진술조건에서는 그 차이가 5%로 크게 줄어들었다 (표 2). 이러한 결과는 유추진술문의 정보처리에 그림 보조물이 크게 도움이 되었음을 보여준다. 또한 유추학습의 방법에 따라서 한국 참가자들도 그 효과를 낼 수 있음을 시사한다.

종합 논의

본 연구의 두 실험은 유추에 의한 새 과학 개념의 학습이 한국 실험 참가자들에게 과연 가능한지, 이 학습이 추론에 의한 문제 해결을 촉진시키는지 검토하였다. Donnelly와 McDaniel(1993)의 연구를 반복한 실험 1은 유추진술문에 의한 개념학습이 추론문제의 해결을 촉진시킨다는 증거를 얻지 못하였다. 그 한 이유는 한국 실험 참가자들이 미국 실험 참가자들에 비해 유추 학습, 구체적으로는 근거 개념의 요소들을 과학 개념의 요소들과 사상시키는 작업에 익숙하지 않기 때문으로 해석되었다. 따라서 유추 문장이 제시되었을 때 근거영역의 요소와 표적영역의 요소들을 대응시키지 못하여 근거영역의 추론이 표적영역으로 전이되지 않았을 것이다. 이 두 영역의 정보를 사상하고 저장하는 작업기억의 처리 부담을 줄이기 위해 실험 2에서는 그림 보조물을 진술문과 함께 제시하였다. 이 실험에서는 유추에 의한 개념학습이 추론문제의 해결에 효과있다는 결과를 얻었다.

앞서 언급한 바와 같이, 본 연구의 참가자들처럼 유추에 의한 학습 경험이 많지 않은 경우, 제한된 제시시간 동안 언어진술문을 바탕으로 근거 영역과 표적 영역의 개념들의 요소

들을 정확히, 빨리 대응시키기 힘들었을 수 있다. 이 때 그림 보조물이 함께 제시되면 작업 기억의 처리 부담을 줄이면서 사상이 쉽게 진행되었을 것이다. 유추 문장의 예로 든 붕괴하는 별의 경우, 스케이트선수와 별, 그리고 팔을 끌어당김과 크기가 줄어듦을 각기 대응시켜야 한다. 본 연구의 두 실험 결과들로 미루어 그림보조물은 기억흔적의 구체화라기 보다는 작업기억에서 두 개념 영역의 사상을 용이하게 만들고, 그 결과를 저장하는 데 기여할 가능성이 크다. 그림보조물은 근거정보와 표적인 과학개념의 관계표상(relational representation)을 명확하게 해주고, 추론문제를 풀 때 근거유사물에 쉽게 접근하도록 하였기 때문에 효과를 본 것이다. 여기서 생각할 수 있는 한 예언은 작업기억의 용량이 큰 학생들은 작은 학생들에 비해 요소들을 쉽게 대응시키며, 따라서 그림 보조물을 제시받지 않더라도 유추진술문의 효과를 보이리라는 점이다. 이 예언은 유추로 학습할 학생들의 작업기억 폭을 측정해서 집단을 나누고 본 실험 1과 같은 실험을 진행시킬 때 그 타당성을 쉽게 검토할 수 있다.

유추에 있어 미국대학생과 한국대학생의 차이. 한국 참가자들은 기본문제의 해결에 있어서는 미국 참가자들과 비슷한 수행을 보였다. 통제조건에서도 미국 참가자들과 비슷한 추론수행을 보였다. 단지 유추진술문조건에서 추론문제를 풀 때 한국 참가자들의 수행이 미국 참가자들의 수행에 비해 훨씬 더 저조하였다. 추론문제를 풀 때 단순기술문조건의 미국 참가자들도 유추 문장을 받은 한국 참가자들도 더 나은 수행을 보였다. 따라서 본 연구의 실험들에 앞서 예상했던 결과, 즉 한국 학생들의 유추 학습 효과가 빈약하리라는 예상이 실험적으로 타당하였다. 그러나 실험 2에서 밝혀진 바와 같이, 그림 보조물을 이용해서 근거영역과 표적영역의 요소들의 대응을 명료하게 할 때 그 차이가 5%로 줄어들 정도로 유추에

의한 과학개념의 학습효과를 기대할 수 있다.

유추 학습효과에 있어 이러한 차이를 달리 설명할 수 없는가? 한 가설은 한국참가자들이 유추로 학습해야 하는 내용들의 친숙성 문제이다. 유추는 정의 그대로 낮익은 영역의 정보를 낯선 영역의 정보와 짝지우는 과정이다. 근거 영역의 정보가 친숙하지 않다면, 특히 한국 참가자들에게서 더욱 그러하다면, 유추에 의한 사전 학습 경험의 차이와 상관없이 유추진술조건의 수행이 저조해야 할 것이다. Donnelly와 McDaniel (1993)이 만든 유추조건의 진술문에서 사용된 근거 대상들은 장난감 팽이(지구의 자전), 돌을 끈에 묶어 돌리는 소년(지구의 궤도), 원형 트랙을 도는 장난감 기차(행성의 궤도), 풍선 표면의 작은 점들(팽창하는 은하), 진공청소기(블랙 홀), 모래 사장을 달려가는 자동차(빛의 이동), 서울 시의 확장(현대인의 뇌) 등 매우 낮익다. 따라서 유추진술문에 포함된 대상들의 친숙성이나 관련 지식은 한국참가자의 유추학습을 방해하지 않았을 것으로 판단된다. 친숙성 가설은 또한 그림을 함께 제시하였을 때 한국 참가자들도 추론이 향상되었다는 결과를 설명하지 못한다. 유추 내용의 친숙성이 문제라면, 그림을 제시하였을 때에도 진술문만 제시한 경우처럼 그 내용을 빨리 이해하기 어려웠을 것이다. 본 연구의 두 실험 결과를 종합해보면, 이처럼 저조한 유추 학습의 효과는 제시된 유추문의 내용 상의 문제보다는 유추에 의한 학습 경험이 충분히 자동화되지 못하여 근거영역과 표적영역의 요소들을 대응시키는 과정이 제한된 학습 시간 내에 원활히 진행되지 못한다기 기인한다.

본 연구의 두 실험은 Donnelly와 McDaniel (1993)의 유추에 의한 개념학습의 효과를 한국 학생들을 대상으로 검증하였다. 실험 1은 이 연구자들의 주요 결과, 즉 유추에 의한 개념학습의 효과를 입증하지 못하였다. Donnelly와 McDaniel(1993)과는 다소 방법을 달리한 실험 2에서는 이 효과를 관찰하였다. 유추문장과 함

게 제시된 그림의 효과 때문에 유추정보처리 과정에 관여할 작업기억의 중요성이 새롭게 부각되었다. 유추에 의한 개념학습의 효과가 없었으나, 그림자극을 제시하였을 때 학습효과가 있었다는 본 연구의 결과들은 유추와 관련된 어떤 문화적 차이나 유추학습 경험의 부족보다는 작업기억이 관여하는 유추의 여러 인지과정 중 사상단계가 명료하게, 빨리 진행되는 것이 유추에 의한 개념학습에 중요함을 시사한다.

참 고 문 헌

- 김성훈. (1993). 사고력 교육과 평가. 사고력 교육의 이론과 실제. (87 - 109쪽). 서울: 서울특별시 교육위원회.
- 신세호, 성경희, 허경철, 박경숙, 정택희, 김양분, 김성훈과 김용우. (1990). 교육의 본질 추구를 위한 학교 교육 평가 체제 연구. (연구보고서 RR90-21). 서울: 한국 교육개발원.
- 이 영애. (1998). 유비사고. 인지과학, 7, 19-36.
- Donnelly, C., & McDaniel, M. A. (1993). Use of analogy in learning scientific concepts. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 19, 975-987.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7, 155-170.
- Glynn, S. M., Britton, B. K., Semrud-Clikeman, M., & Muth, K. D. (1989). Analogical reasoning and problem solving in scientific textbooks. In J. A. Glover, R. R. Ronning, & C. R. Raynolds (Eds.), *Handbook of creativity: Assessment, research, and theory*. (pp.383-398). New York: Plenum Press.
- Halpern, D. F. (1987). Analogies as a critical thinking skill. In D. E. Berger, K. Pezdek, & W. P. Banks (Eds.), *Application of cognitive psychology* (pp.75-86). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Holland, J. H., Holyoak, K. J., Nisbett, R. E., & Thagard, P. R. (1986). *Induction: Processes of inferences, learning, and discovery*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Holyoak, K. J. (1985). The pragmatics of analogical transfer. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation*. Vol. 19. (pp.59-87). New York: Academic Press.
- Holyoak, K. J., & Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory & Cognition*, 15, 332-340.
- Keane, M. T. (1988). *Analogical problem solving*. New York: Simon & Schuster.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. New York: Oxford University Press.
- Spiro, R. J., Feltovich, P. J., Coulson, R. L., & Anderson, D. K. (1989). Multiple analogies for complex concepts: Antidotes for analogy-induced misconception in advanced knowledge acquisition. In S. Vosniadou & Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 498-531). Cambridge, England: Cambridge University Press.

The Effects of Analogy on Learning Scientific Concepts

Hyun-Ju Lee & Young-Ai Lee

Department of Psychology, Ewha Women's University

This study examined whether analogical learning of scientific concepts can result in a better performance in inference problem solving. Donnelly and McDaniel's (1993) basic results regarding analogical learning effects were not replicated in Experiment 1. Analogical learning with pictures, however, was effective on inference in Experiment 2. The pattern of results in these experiments indicates that working memory affects analogical learning of new concepts via its mapping process.