

## 하노이 탑 과제를 통해 본 아동의 문제 해결 과정 분석

최명옥 우남희

동덕여자대학교 아동학과

본 연구는 국민학교 아동들이 문제해결 과정에서 나타내는 상위인지 능력의 발달적 변화를 알아 보는데 그 목적이 있다. 학년에 따른 발달상의 변화를 보기 위하여 국민학교 2, 4, 6학년 아동을 연구 대상으로 하였으며, 서울에 위치한 한 국민학교의 2, 4, 6학년에서 5개 학급 씩을 임의 선정하였다. 각 학급에서 성적이 중간인 아동들 중 남, 여 각 4명씩을 담임 교사가 선정하여 총 120명이 연구 대상이 되었다.

연구 도구로는 자기 탐색, 과제 표상 능력 등을 분석하기 위하여 Piaget등이 사용하였던 하노이 탑(Tower of Hanoi)을 사용하였으며 탑의 이동 위치를 바꾸어 5회의 실험을 하였다. 1회 부터 3회까지는 같은 과제의 반복이었고, 4회와 5회는 응용을 요하는 과제였다. 실험 과정은 모두 비디오 테이프에 녹화되어졌고, 실험이 끝난 후 미리 마련된 체크리스트에 따라 성공률, 소요시간, 시작전 멈춤, 규칙 위반, 움직임 수 등이 분석 되어졌다. 분석 결과 2학년이 4학년이나 6학년 보다 성공률이 낮고 규칙 위반을 많이하며 소요 시간이 더 긴 것으로 나타났으나, 반복 결과(2, 3회) 그 차이는 유의하지 않게 되었다. 그러나 응용 과제(4, 5회)에서는 다시 유의한 차이를 보였다. 전반적으로 학년이 낮은 아동은 과제를 성공적으로 수행하더라도 과제의 핵심 원리를 잘 이해하지 못하였으며, 직접적인 실행을 하지 않고서는 과정을 표상하는데 어려움이 있었다.

근래의 많은 인지심리학자들은 학습자가 학습과제에 직면했을때 자신의 인지적 능력을 어떻게 인지하느냐에 따라 학습의 양상이 달라진다고 보고 있다. 이전의 연구들은 여러 형태의 교수 활동이 학습자의 인지 과정에 미치는 영향을 비교하는 것을 주된 연구 내용으로 하였으나, 최근에는 학습자가 자신의 인지 능력을 어떻게 인지하고 있는지 그리고 학습 활동을 어떻게 인지하고 통제하는지, 즉 상위인지(metacognition)에 연구의 초점이 맞추어지고 있다(Sternberg, 1990 ; Borkowski & Kurtz,

1984 ; Flavell, 1979). 학자들에 따라 정의가 조금씩 다르지만, 제네바학파나 정신 지체, 학습 부진을 연구하는 학자들은 인간이 자신의 인지 과정을 주시하고, 계획하며, 평가·수정하는 능력을 상위인지라고 하였으며, 이러한 인지 조절로서의 상위인지가 지능의 핵심이며, 과학적 추론의 본질이라고 하였다(Campione, Brown & Ferrara, 1984; Karmiloff-Smith & Inhelder, 1979).

한편, Flavell(1977)은 상위인지를 상위인지적 지식과 상위인지적 자기 조정(self-regulation)능력의

두 유형으로 구분하였다. 상위인지적 지식이란 학습자로서 자기 자신의 인지과정에 대하여 스스로 알고 있는 지식을 의미하는 것이며, 상위인지적 자기 조절은 지식 습득 활동을 스스로 조절하고 통제하는 것을 의미한다. 특히 상위인지적 자기 조절 능력은 아동들이 정보를 이해하기 위하여 인지 전략을 어떻게 사용할 것인가를 결정해주는 능력이며, 문제 해결 과정에서 중요한 요인으로 작용한다.

이러한 상위인지에 대한 관심이 높아지게 된 것은 두 가지 측면에서 설명할 수 있는데 첫째, 인지 발달에 대한 그 동안의 많은 연구들이 쌓여서 상위인지라는 개념을 생성하게 된 것이다. 그 중에서도 특히 피아제의 많은 연구에서 사용되고 있는 형식적 조작 사고는 명제, 가설, 가능성의 상상에 관한 사고를 포함하고 있어 본질적으로 또는 개념적으로 상위인지 개념과 유사하기 때문에 상위인지 개념 생성에 직접적으로 많은 영향을 주었다(김홍원, 1993; Flavell, 1985). 둘째, 심리학자들이 아동으로 하여금 인지 전략만을 사용하여 문제를 해결하게 함으로써 행동을 수정, 변화시키는 데에 한계가 있음을 인식하고, 행동의 획득, 유지, 일반화하는 현상을 좀 더 잘 설명하여 줄 수 있는 새로운 이론적 개념을 모색하게 되었기 때문이다(정숙경, 1988).

이와 같이 인지 심리학 분야에서 상위인지에 대한 관심이 증가하고 학문적 연구가 진전되고 있음에도 불구하고, 실제 학교 교육 현장에서는 아직 상위인지에 대해 관심을 갖지 못하고 있다. 아직까지도 교사들은 대부분 가르쳐야 할 내용을 주어진 교재를 통한 지식 전달 방법을 사용하며, 이들은 학습자의 학습 과정을 훈련, 조절, 인도하려고 한다. 그러므로 이런 교육 상황에서 학습자 개개인의 인지적 능력은 고려되기 어렵다.

그러나 우리 나라와 같이 학생의 수에 비해 교사의 수가 적은 학급 상황에서는 학습자의 능동성을 키워주는 교수 학습이 상당히 요구되며, 점점 다원화, 정보화 되어 가는 현대사회에서 아동이 상황에

따라 발생하는 여러 문제에 대처할 수 있도록 해결력을 키워주는 것은 시급한 과제이다. 그러므로 아동이 학습된 전략을 전이 또는 일반화시킬 수 있고 문제의 요구에 따라 적절한 전략을 선택하거나 특정 전략을 광범위한 상황에 맞추어 융통성 있게 수정 또는 적용시킬 수 있도록 교육하는 것은 교수 과정의 핵심이자 문제 해결력의 함양을 위한 궁극적인 목표가 되어야 할 것이다.

지금까지 보고된 이전의 상위인지 연구에는 학습 부진아 또는 학습 우수아와 정상아간의 상위인지적 차이를 보여주는 연구(이기선, 우남희, 1994 ; Borkowski, Peck, Reid & Kurtz, 1983)와, 학습 부진아와 같은 비효율적인 학습자에게 필요한 것을 훈련시키는 연구들(Wong & Wilson, 1984)이 주류를 이루고 있다. 그 외 상위인지의 발달을 다룬 연구들도 발달적 변화를 보여 주기 보다는 대체로 특정한 연령 아동의 상위인지 수준만을 다루고 있다. 따라서 본 연구에서는 일반 아동들이 문제 해결 과정에서 보여주는 상위인지 능력이 연령에 따라 어떻게 변화하는지 발달적 양상을 알아보고자 하였다. 특히, 아동의 상위인지 능력은 8세경에 발달하기 시작한다는 연구에 따라(Cross & Paris, 1988 ; Cavangh & Borkowski, 1980) 본 연구에서는 국민학교 2, 4, 6학년 아동을 대상으로 하였다. 연구 도구로는 Piaget(1976)와 많은 학자들이 문제 해결 능력을 알아보는 도구로 사용하였던 하노이 탑(Tower of Hanoi)을 사용하였다. Simon(1976)은 하노이 탑을 도구로 사용할 경우 문제 해결 과정에서 보여주는 지각, 부호화, 의미화, 참조, 비교, 결정, 생성 등의 매우 다양하고 복잡한 사고를 알 수 있다고 하였다.

Welsh(1991)는 추상적인 문제 해결 과정에서 아동의 체계적인 전략의 사용을 알아보기 위해 하노이 탑을 연구 도구로서 사용하였다. 그는 하노이 탑 과제를 통하여 피험자가 하노이 탑의 고리를 움직이기 전에 계획(planning)하는 과정을 관찰할 수 있으며, 하노이 탑의 고리를 움직이는 과정 중에 나타

내는 자기 탐색(self-monitoring)의 기능을 관찰할 수 있다고 하였다.

따라서 본 연구는 하노이탑 문제 해결 과정을 통하여 아동들이 학년에 따라 사전 계획과 자기 탐색 등 상위인지 능력에서 어떤 변화를 보여주는가를 알아보고자 하였다. 구체적으로는 성공률, 과제의 수행시간, 과제 성공에 필요한 하노이 고리의 움직임 수, 과제 수행전 계획 시간, 과제 수행시 자기 탐색, 과제 수행을 마친 후 그 과제를 표상하는 능력 등에서 차이를 나타내는지 알아보고자 하였다.

## 방 법

피험자. 피험자는 서울시내에 위치한 한 국민학교의 2, 4, 6학년으로부터 선정된 총 120명이었다. 각 학년의 5개 학급으로부터 성적이 중간 정도인 아동 남, 녀 각 4명씩을 담임 교사에게 의뢰하여 선정하였다. 피험자의 평균 연령은 2학년이 7년 9개월이고, 4학년은 9년 11개월, 6학년은 11년 10개월이었다. 120명의 피험자 중 녹화가 잘못되어 분석이 불가능한 6명을 제외하고 114명의 자료를 최종 연구 자료로 사용하였다(표1).

표1. 연구 대상의 학년 및 성별 분포

	2학년	4학년	6학년	계
남	19	20	19	58
여	19	18	19	56
계	38	38	38	114

측정 도구. 본 연구에서는 아동의 문제 해결 과정에서 보여주는 아동의 상위인지 능력을 측정하기 위하여 세개의 고리로 이루어진 하노이 탑(Tower of Hanoi)을 연구의 도구로 사용하였다. 하노이 탑은 가로 24.5cm, 세로 8.5cm, 높이 1cm의 직육면체인 나무판 위에 높이6.5cm, 지름1.5cm의 원기둥 3개가 같은 간격으로 세워져 있고, 크기가 각기 다른 원형 고리 3개를 탑 모양으로 원기둥에 끼우도록 되어 있다. 이 과제는 한 기둥에 크기 순서대로 끼

워진 고리 3개를 다른 기둥으로 원래의 크기 순서대로 옮겨 놓는 것이다.

이때 지켜야 할 규칙은 반드시 한 번에 한 손만을 사용하여 한 개의 고리만을 움직일 수 있고, 한 기둥에 두개의 고리가 겹쳐질 때에는 반드시 작은 고리가 큰 고리 위에 있어야 한다. 3개의 고리를 출발 기둥에서 목표 기둥으로 옮길 때 최소의 고리 움직임 수는  $2^n - 1$  ( $n =$  고리의 수)로서 본 실험에서는 성공을 위한 최소의 움직임 수가 7번이다.

예비 실험. 국민학교 2학년과 4학년 아동 각 4명씩을 선정하여 이기선, 우남희(1994)의 연구에서 6학년 아동을 대상으로 사용되었던 지시문과 체크리스트를 이용하여 하노이 탑 과제를 실시하였다. 실시 결과 2, 4학년 아동이 과제를 이해하는데 어려움이 있는 용어는 아동 수준에 맞도록 수정, 보완하였다.

본 실험. 1995년 3월 13일 부터 3월 21일 까지 실시되었으며, 본 연구자 중 한 명과 하노이 탑에 대한 연구 경험이 있는 아동학 석사가 실험자로 참여하였다. 연구 대상 아동들은 학교의 조용한 상담실에서 개인별로 5가지의 하노이 과제를 수행하였으며 수행 내용은 모두 비디오 테이프에 녹화되었다.

과제는 하노이 탑을 5회 옮기는 것으로서 1회에서 3회까지는 반복에 따른 차이를 보기 위하여 똑같이 1번 기둥에서 3번 기둥으로 옮기는 것이었다. 4회에서는 거꾸로 3번 기둥에서 1번 기둥으로 고리를 옮기도록 하였으며, 5회에서는 1번 기둥에서 2번 기둥으로 고리를 옮기도록 하여 응용 과제에서의 문제 해결 과정을 분석하였다. 5회까지의 과제를 실시한 후 실험자는 아동이 하노이 탑의 원리를 이해하였는지 알아보기 위하여 과제 성공의 핵심이 되는 첫번째 고리를 어디로 옮겨야 하는지를 물어보았다.

과제 수행 중에 나타내는 상위인지 능력을 분석하기 위하여 성공과 실패의 여부, 과제 수행에 걸린

시간, 고리의 움직임 횟수, 과제 수행 전 멈춤 시간, 처음으로 돌아가는 횟수, 규칙 위반의 횟수, 중간 멈춤의 여부, 지시문에 빠진 부분에 대한 질문 여부, 실험 후의 질문 등을 포함하여 9개의 항목으로 구성된 체크리스트를 사용하였다.

자료 분석. 비디오 테이프에 녹화된 아동의 하노이 탑 과제 수행 과정은 체크리스트에 구성된 9개 항목에 따라 1회부터 5회까지 각각 분석되었다. 관찰자간 신뢰도를 산출하기 위해 두사람의 관찰자가 각자 비디오 녹화 내용을 체크리스트에 기록한 후, 피험자 30명에 대해 관찰자간의 일치도를 맞추어 보았다. 그 결과 산출된 신뢰도는 .91이었다. 모든 자료 분석은 SAS / PC 에 의해 처리되었다. 아동의 학년에 따른 하노이 탑 과제 수행 능력의 차이를 보기 위하여 변량분석(ANOVA)과  $\chi^2$  검증을 하였다.

## 연구 결과

### 과제 성공률

학년간의 성공률의 차이를 알아보기 위하여 하노이 탑의 과제에서 각 회마다 성공의 빈도수와 백분율을 산출하고,  $\chi^2$  검증을 하였다. 그 결과는 다음의 표 2와 같다.

표 2 .하노이 탑 과제 성공률

	2학년(N=38)	4학년(N=38)	6학년(N=38)	계(N=114)	$\chi^2$
	빈도수(%)	빈도수(%)	빈도수(%)	빈도수(%)	
1 회	8(21.05)	15(39.47)	20(52.63)	43(37.72)	8.53*
2 회	19(50.00)	25(65.79)	28(73.68)	72(63.16)	5.42
3 회	23(60.53)	29(76.32)	31(81.58)	83(72.81)	6.81
4 회	24(63.16)	28(73.68)	29(76.32)	81(71.05)	3.07
5 회	16(42.11)	23(60.53)	27(71.05)	66(57.89)	10.56*

\* p < .05

표 2와 같이 학년이 높을수록 성공률이 높았다. 특히, 1번 기둥에서 3번 기둥으로 고리를 옮기는 1회와, 1번 기둥에서 2번 기둥으로 고리를 옮기는 5회에서 가장 큰 차이를 보였으며, 통계적으로 유의

한 차이를 보였다. 2, 3, 4회에서도 학년이 올라갈수록 성공률이 높아졌으나 통계적으로 유의하지는 않았다.

### 과제 수행시간

학년간의 과제 수행 시간을 비교하기 위하여 1회에서 5회까지 수행에 걸린 시간을 각각 초 단위로 측정하였으며, 세 집단의 평균 시간과 표준 편차를 학년별로 산출하여 F검증을 하였다. 과제를 성공한 아동과 실패한 아동을 분리하여 분석하였는데 이는 실패한 아동은 대체로 빨리 포기하였으므로, 이들이 수행 시간이 짧은 시간에 성공한 아동으로 왜곡되는 것을 피하기 위해서이다. 실패한 아동들이 실패에 걸린 시간은 따로 분석하였다.

표 3. 과제 성공에 걸린 시간의 비교

	단위(초)			변산원	F
	2학년 M(SD)	4학년 M(SD)	6학년 M(SD)		
1 회	322.71 (154.23)	190.87 (143.45)	126.00 (78.11)	학 년 성 별 학년*성별	6.55** 0.05 2.39
2 회	64.22 (57.65)	37.36 (49.79)	36.39 (50.13)	학 년 성 별 학년*성별	2.17 1.66 0.94
3 회	24.17 (26.77)	24.17 (24.44)	19.61 (13.74)	학 년 성 별 학년*성별	0.40 0.73 0.43
4 회	54.83 (46.22)	26.89 (25.69)	22.21 (24.61)	학 년 성 별 학년*성별	6.99*** 0.46 1.57
5 회	110.20 (88.02)	66.85 (62.59)	61.83 (73.27)	학 년 성 별 학년*성별	2.21 0.26 0.15

\*\* p < .01      \*\*\* p < .001

표 3과 같이 성공한 아동을 대상으로 학년간의 과제 성공에 걸린 시간을 비교한 결과 대체적으로 학년이 올라 갈수록 성공에 걸리는 시간이 짧은 것으로 나타났으며, 특히 1회와 4회에서는 통계적으로도 유의한 차이가 나타났다. 집단간의 차이는 DUNCAN의 사후 검증에서 1회와 4회 모두에서 2학년과 4, 6학년 사이에 차이가 있는 것으로 나타났으며 4학년과 6학년 사이에서는 차이를 보이지 않았다.

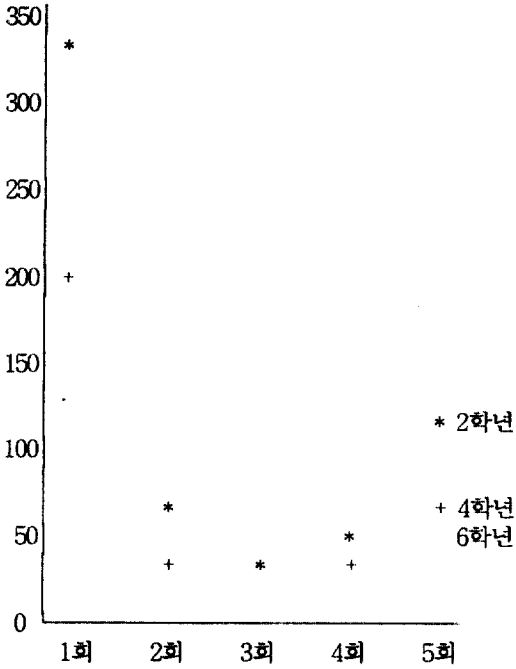


그림 1. 학년에 따른 과제 성공 시간의 비교

각 회에서 나타나는 과제의 성공 시간을 집단별로 구분하면 그림1과 같다. 세 집단 모두 1회에서 3회까지는 성공 시간이 점차 감소하다가, 4회와 5회에서 다시 증가하였으며, 집단간의 차이는 2회와 3회로 갈수록 점차 작아지다가 응용 능력을 요구하는 4회에서 다시 유의한 차이를 보였다. 5회에서도 2학년과 4, 6학년간의 큰 차이를 보이지만 통계적으로는 유의하지 않았다.

한편, 낮은 학년의 아동은 성공한 아동보다 실패한 아동이 더 많으므로 실패한 아동의 과제 수행에 걸리는 시간도 비교해 보았다. 과제의 실패에 걸리는 시간도 성공에 걸리는 시간과 마찬가지로 학년이 내려갈수록 더 긴 것으로 나타났으며 1회에서만 통계적으로 유의한 차이를 보였는데( $F=5.13, p<.04$ ), DUNCAN의 사후검증에서 2학년과 4, 6학년간의 차이로 나타났다.

### 과제 성공시 고리의 움직임 횟수

과제를 성공한 아동들 중에서도 성공하기까지 고리의 움직임 횟수가 학년에 따라 차이가 있을 것으로 보고 고리의 전체 움직임 횟수를 분석하였다(표 4). 고리의 전체 움직임 횟수는 1회에서 5회까지 모두 학년이 내려갈수록 고리의 움직임이 많은 것으로 나타났으나 통계적으로는 1회, 2회, 4회에서 의미 있는 차이로 나타났다. 집단간의 차이는 DUNCAN의 사후 검증 결과 2학년과 4학년, 2학년과 6학년에서 나타났으며, 4학년과 6학년 사이의 차이는 보이지 않았다. 각 회의 분석 대상자 수는 표2에 제시된 하노이 탑 과제 성공률에서 성공한 경우의 빈도수와 같다.

표4. 과제 성공시 고리의 전체 움직임 수

	2학년 M(SD)	4학년 M(SD)	6학년 M(SD)	변산원	F
1회	35.25 (20.89)	24.40 (14.97)	14.78 ( 7.99)	학년 성별 학년*성별	6.24* 0.01 0.14
2회	15.53 (12.88)	10.96 (10.39)	7.88 (6.56)	학년 성별 학년*성별	3.56* 1.14 0.55
3회	10.26 (11.30)	8.27 (6.59)	7.96 (2.82)	학년 성별 학년*성별	1.13 0.01 0.21
4회	13.37 ( 8.09)	8.61 (2.96)	8.48 (5.37)	학년 성별 학년*성별	13.37*** 8.61 9.48
5회	23.31 (12.72)	18.04 (18.92)	14.03 (10.09)	학년 성별 학년*성별	2.12 1.88 0.62

\* $p<.05$  \*\*\*  $p<.001$

### 과제 수행전의 멈춤 시간

아동이 과제를 시작한 후 처음 고리를 움직이기까지의 멈춤 시간을 과제 해결을 위한 사전 계획 시간으로 보고 초단위로 측정을 하였다. 세 집단의 평균 계획 시간과 표준 편차는 표 5와 같고 F검증 결과 1회에서만 학년간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $F=10.51, p<.003$ ).

표 5. 과제 수행전의 멈춤 시간

	단위(초)			변산원	F
	(N=38) 2학년 M(SD)	(N=38) 4학년 M(SD)	(N=38) 6학년 M(SD)		
1회	50.14 (39.24)	13.47 (12.76)	11.50 (11.02)	학 년 10.51* 성 별 1.38 학년*성별 1.48	
2회	17.29 (28.73)	8.54 (10.39)	5.00 (4.50)	학 년 2.22 성 별 4.18 학년*성별 0.94	
3회	5.39 (3.46)	5.00 (4.00)	4.69 (4.20)	학 년 0.26 성 별 0.31 학년*성별 0.36	
4회	6.68 (10.68)	4.54 (1.76)	4.20 (3.58)	학 년 1.03 성 별 0.59 학년*성별 2.04	
5회	11.93 (24.13)	7.11 (6.19)	4.88 (3.46)	학 년 1.24 성 별 0.05 학년*성별 2.04	

\* p<.05

DUNCAN의 사후검증에서 집단간의 차이는 2학년과 4학년, 2학년과 6학년 사이에 있는 것으로 나타났다. 즉, 2학년이 4학년과 6학년에 비하여 동작을 시작하기전 멈추고 있는 시간이 많았다. 한편, 2, 4, 6학년 모두 1회에서 3회까지 멈춤 시간이 점차 감소하다가 4회에서 다시 증가하는 경향을 나타냈다.

과제 수행시 자기 탐색(self-monitoring) 능력

학년에 따른 자기 탐색 능력을 비교하기 위하여 그 척도로서 과제 수행시 처음으로 돌아가는 횟수, 규칙 위반의 횟수, 중간에 고리의 움직임을 멈추고 생각하기, 지시문에 빠진 부분에 대한 질문의 유무를 측정하였다. 처음으로 돌아가는 횟수와 규칙 위반의 횟수에서 학년간의 차이가 유의한지를 알아보기 위하여는 F검증을 하였고, 그 결과는 표6-1과 표6-2에 각각 제시하였다. 중간에 고리의 움직임을 멈추는 행위와 지시문에 빠진 부분에 대한 질문의 유무는 집단별 빈도수를 산출하여  $\chi^2$ 검증을 하였고 표6-3에 제시하였다.

표 6-1. 과제 수행시 처음으로 돌아가는 횟수

				변산원	F
	2학년 M(SD)	4학년 M(SD)	6학년 M(SD)		
1회	2.00 (1.73)	2.23 (1.48)	2.31 (2.05)	학 년 성 별 학년*성별	0.04 1.00 1.99
2회	1.00 (0.00)	1.75 (1.16)	2.16 (1.60)	학 년 성 별 학년*성별	1.17 0.17 0.34
3회	0.00 (0.00)	1.00 (0.81)	1.40 (0.54)	학 년 성 별 학년*성별	0.97 0.90 2.83
4회	4.80 (8.45)	1.45 (0.52)	1.12 (0.35)	학 년 성 별 학년*성별	4.85* 1.12 1.26
5회	2.25 (2.38)	2.06 (1.69)	1.92 (1.03)	학 년 성 별 학년*성별	0.11 0.22 0.13

\* p< .05

과제 수행 중에 처음으로 돌아가는 횟수는 대체로 1회에서 3회까지는 높은 학년의 아동이 처음으로 돌아가는 횟수가 많았으며, 4회와 5회에서는 처음으로 돌아가는 횟수가 처음 3회와는 반대로 낮은 학년의 아동이 처음으로 돌아가는 횟수가 많아지는 것으로 나타났다. 그러나 통계적으로는 4회에서만 의미 있는 차이를 보였다. 사후검증 결과 집단간의 차이는 2학년과 4학년, 2학년과 6학년의 차이로 나타났다.

표 6-2. 과제 수행시 규칙 위반의 횟수

				변산원	F
	(N=38) 2학년 M(SD)	(N=38) 4학년 M(SD)	(N=38) 6학년 M(SD)		
1회	3.46 (2.81)	2.36 (1.93)	1.96 (2.09)	학 년 4.17* 성 별 3.31 학년*성별 1.17	
2회	2.91 (2.73)	1.00 (1.16)	1.00 (1.60)	학 년 1.70 성 별 0.30 학년*성별 0.12	
3회	2.50 (0.00)	0.75 (0.81)	0.00 (0.54)	학 년 5.18** 성 별 1.19 학년*성별 0.32	
4회	2.00 (8.45)	1.50 (0.52)	1.00 (0.35)	학 년 2.61* 성 별 1.37 학년*성별 0.31	
5회	1.75 (2.38)	1.57 (1.69)	1.00 (1.03)	학 년 1.05 성 별 1.36 학년*성별 0.50	

\* p< .05

\*\* p< .01

규칙 위반의 횟수는 비교한 결과, 5회 모두 학년이 올라갈수록 대체로 규칙 위반을 적게 하는 것으로 나타났다. 통계적으로 의미 있는 차이는 1, 3, 4회에서 나타났다. 집단간의 차이는 DUNCAN의 사후 검증에서 모두 2학년과 4학년, 2학년과 6학년의 차이로 나타났다. 4학년과 6학년 사이에는 차이가 나타나지 않았다.

표6-3. 과제 수행시 중간 멈춤 비교

	2학년(N=38) 빈도수(%)	4학년(N=38) 빈도수(%)	6학년(N=38) 빈도수(%)	계 빈도수(%)	$\chi^2$
1 회	13(34.21)	24(63.16)	13(34.21)	50(43.86)	1.409
2 회	7(18.42)	9(23.68)	2(5.26)	18(15.79)	2.901
3 회	2 (5.26)	8(15.79)	2 (5.26)	10 (8.77)	1.553
4 회	5(13.16)	8(21.05)	1 (2.63)	14(12.28)	3.619
5 회	15(39.47)	6(15.79)	3 (7.89)	24(21.05)	7.600*

\*  $p < .05$

중간 멈춤은 과제 수행 중에 자기 탐색의 행위를 보기 위하여 측정하였으며, 과제 수행 중에 움직임이 보이지 않는 행위의 유무로 측정하였다. 표 6-3에 제시된 바와 같이 학년에 따라 중간 멈춤을 비교한 결과 5회에서 2학년이 4학년과 6학년 보다 중간에 멈추는 행위를 많이 보인 것으로 나타났다 ( $p < .05$ ). 1회부터 4회까지에서는 통계적인 차이는 없었으나, 4학년이 다소 중간에 멈추는 행위를 많이 하였다. 그러므로 4학년이 2학년보다 좀 더 자기 탐색의 필요성을 느끼는 것으로 간주할 수 있었다. 그러나 6학년은 이미 문제 해결 능력이 발달되어 멈추어 생각하지 않고도 2학년이나 4학년 보다 문제를 더 잘 해결하였다고 본다. 중간 멈춤은 초단위로 측정하기가 어렵고, 반복되는 멈춤을 구분하기가 어려웠으므로 3초 이상의 멈춤이 있을 경우 멈춤의 유, 무로만 분석하였다. 좀 더 세밀한 측정이 가능하다면 1 - 4회에서 통계적으로 의미 있는 다른 결과가 나오리라 예상되어진다.

자기 탐색 능력을 알아보기 위한 또 하나의 방법으로 문제 해결을 위해 꼭 필요한 지시 사항(고리

가 목적 기둥이 아닌 2번 기둥으로도 갈 수 있다, 고리가 2번 기둥을 거치지 않고 직접 3번 기둥으로 갈 수 있다, 고리가 다시 1번 기둥으로 되돌아갈 수 있다)을 의도적으로 빠뜨려서 아동으로 하여금 빠진 부분에 대한 질문을 하는지의 여부를 알아보았다. 총 5회동안 2학년은 필요한 지시 사항과 관계없는 질문을 한 아동은 있었지만, 필요한 내용이 빠진 것에 대한 질문을 한 아동은 한 명도 없었으며, 4학년은 2명(5.26%), 6학년은 14명(36.84%)이 문제 해결을 위해 필요한 내용을 직접 물어 보았다. 이러한 결과는 통계적으로도 학년간 의의가 있어( $\chi^2=7.875$ ,  $df=2$ ,  $p < .005$ ) 탐색 능력의 차이가 있다고 하겠다.

### 과제 표상 능력

학년에 따른 과제 표상 능력을 비교하기 위하여, 과제 수행을 마친 후 두 가지의 질문을 하였다. (1) 1번 기둥에서 3번 기둥으로 고리를 옮기는 과제를 수행할 때, 제일 먼저 작은 고리를 어느 기둥으로 옮기는가? (2) 1번 기둥에서 2번 기둥으로 고리를 옮기는 과제를 수행할 때에는 처음 고리를 어느 기둥으로 옮기는가? 이 질문은 피험자가 과제 수행 과정을 인지할 수 있으며, 성공의 원리를 알고 과제 수행을 하였는지를 알아보기 위한 것이므로 과제를 성공한 아동에게만 질문을 하였다. 과제 성공의 원리는 첫번째 고리를 목적 기둥에 먼저 옮겨야 하는 것이다. 1번 기둥에서 3번 기둥으로 탑을 옮길 때에는 처음 고리를 3번 기둥에 먼저 옮겨야 성공적으로 과제 수행을 할 수 있으며, 1번 기둥에서 2번 기둥으로 탑을 옮길 때에는 처음 고리를 2번 기둥으로 옮겨야 성공적으로 과제 수행을 할 수 있다.

원리를 모르면서 정답을 맞추는 아동이 있을 수 있으므로 분석은 두 질문에 모두 정답을 한 경우만 표상 능력이 있는 것으로 처리하였고, 두 질문 모두 오답을 한 것과 두 질문 중 한 질문에만 정답을 한

경우도 표상 능력이 없는 것으로 처리하였다. 분석 결과는 다음의 표 7과 같다.

표 7. 과제의 원리 파악 유무

	2학년 빈도수(%)	4학년 빈도수(%)	6학년 빈도수(%)	계 빈도수(%)
파 악	7(18.92)	12(31.58)	18(48.65)	37(33.04)
파 악 못함	29(81.08)	26(68.42)	19(51.35)	75(66.96)
$\chi^2$	14.57*	DF = 2		

\*  $p < .05$

표 7과 같이 2, 4, 6학년간에 표상 능력의 비교에서는 학년이 올라갈수록 과제 표상 능력이 높아지는 것으로 나타났다. 특히 어린 아동들은 원리를 묻는 질문에 답하기 위하여 다시 직접 고리를 움직여 보이는 경우가 많았다. 이 결과는 낮은 학년의 아동들은 성공하기 위한 핵심 원리를 이해하지 못하고 문제를 해결하거나, 실제 과제를 수행할 때는 성공할 수 있으나 동작을 하지 않고서는 과정을 표상하기 어려운 것으로 여겨진다.

## 논 의

본 연구에서는 하노이 탑 실험을 통하여 아동들이 학년에 따라 상위인지적 문제 해결 능력에서 어떤 차이가 있는지를 보고자 하였다. 성공률을 비교한 결과 1회와 5회에서 학년간의 차이가 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 1회와 5회에서 2학년보다는 4학년이, 4학년보다는 6학년이 과제 성공률이 높은 것으로 나타났으나 2회에서 4회까지는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 새로운 과제를 접하게 되는 1회와 과제의 응용 능력을 보기 위한 5회에서는 학년이 낮은 아동일수록 어려움을 겪는 것으로 나타났다.

성공에 걸린 시간의 비교에서는 1회와 4회에서 2학년이 4학년과 6학년 보다 과제를 성공하는데 있

어서 더 오랜 시간이 걸렸다. 이 결과는 새로운 과제를 접할때와 회상 능력이 요구되는 단순 응용 과제에서는 2학년이 다른 학년에 비하여 많이 뒤떨어짐을 의미한다. 4학년과 6학년은 4회의 과제가 1회에서 3회까지 반복되었던 과제의 단순 역전(reverse)이라는 것을 빨리 깨닫지만, 2학년은 앞의 과제와 연결 짓고 응용하는데 시간이 더 걸린 것으로 보인다. 보다 어려운 응용 능력을 요하는 5회에서는 학년간 평균 소요 시간의 차이는 컸으나 아동간의 편차가 심하였으며 학년간의 차이가 통계적으로는 유의하지 않았다.

2, 4, 6학년 세집단 모두 1회에서 3회까지 성공에 걸리는 시간이 점차 감소하다가 4, 5회로 가면서 성공 시간이 다시 증가하였다. 이는 단순 반복일 경우에는 연습의 효과가 크게 나타나나 응용 과제에서는 반복의 효과가 적어지므로 반복 훈련으로는 새로운 과제에 대처하지 못함을 나타내고 있다고 보겠다.

과제 성공시 고리의 전체 움직임 횟수는 학년간 유의한 차이를 보였다. 아동이 과제를 수행하는데 있어서 성공이나 실패에 관계없이 학년이 낮은 아동이 시행착오를 많이 하는 것으로 나타났다. 이는 학년이 낮을수록 자신의 전략을 기억하거나, 분석하여 전략을 사용해 보려는 상위인지적 자기 조정 능력이 매우 부족하여 자신이 처음에 사용한 전략만을 계속 고집하거나, 자신을 탐색하지 않고 계속 고리를 옮기는데만 급급하기 때문에 나타난 결과라고 본다.

아동이 실제 과제에 돌입하기 전에 정지하고 있는 처음 멈춤 시간의 비교는 문제 해결에 앞서 계획 세우기에서 어떤 차이가 있는지를 알아보기 위한 것이었다. 앞의 성공 시간과 사전 계획 시간을 관련시켜 보면, 2학년 아동이 4학년, 6학년 아동보다 계획 시간도 길고 성공에 걸리는 시간도 긴 것으로 나타났다. 따라서 2학년 아동이 과제 수행 전에 멈춤 시간이 긴 것은 과제에 대한 계획을 하기 위한 시간이기보다는 과제를 이해하는데 걸리는 시



간이라고 보여진다. 그러므로 이전의 연구에서는 사전 멈춤을 계획 시간으로 분석하였으나, 본 연구에서는 저학년 아동의 과제 수행 이전의 멈춤 시간을 계획 시간으로 단정하기는 어렵다고 본다.

처음으로 돌아가는 횟수의 비교에서는 높은 학년의 아동은 처음부터 자기 탐색의 필요성을 인식하고 곧 문제 해결 방법을 습득하여 점차 자기 탐색의 필요없이 문제 해결을 하게 되지만, 낮은 학년 아동은 자기 탐색의 필요성을 인식하지 못하다가 문제의 변형이 생기면 그때서야 자기 탐색의 필요성을 깨닫는 경향을 보였다. 규칙 위반의 횟수의 비교에서도 낮은 학년의 아동이 자기 탐색을 잘하지 않으므로 규칙 위반을 많이 하는 것으로 나타났다. 중간 멈춤의 비교에서도 2학년이 5회에서 멈춤이 많았다는 것은 과제가 어려워짐에 따라 뒤늦게 자기 탐색의 필요성을 인식한 결과로 볼 수 있다. 마지막으로 지시문에 빠진 부분에 관한 질문은 문제를 해결하는데 아주 중요한 요인이므로 다른 집단에 비해 자기 탐색 능력이 높은 6학년 집단이 많은 질문을 하였다. 즉 6학년 아동이 2, 4학년 보다 자기 탐색 능력이 높다고 보겠다.

실제 과제 수행에서는 성공을 하였으나 수행한 과제를 표상 하는 능력에는 차이가 났으며, 학년이 낮은 아동일수록 과제의 전 과정을 이해하지 못하고 그때 그때 고리를 움직이는데 급급하여 과제를 마친 후 어떻게 과제를 성공했는지를 잘 인식하지 못한 것으로 보인다.

본 실험에서 가장 특징적인 것은 모든 학년이 반복을 요구하는 1회에서 3회까지의 과제에서는 계속 성공률이 증가하고 소요 시간이 줄어들었으나, 과제의 역행과 응용력을 요하는 4회와 5회에서는 다시 과제 성공률이 떨어지고 소요 시간이 길어졌다. 특히 학년이 낮을수록 과제 해결의 핵심을 이해하는데 어려움이 있으며, 변형된 과제 해결에서 더욱 어려움을 겪는 것을 볼 수 있다.

학년이 높은 아동은 일곱 번의 움직임으로 성공해야 하는 것을 정확히 이해하고 고리를 서너번 움

직인 후에 미리 자기 탐색을 해보고 이 방법이 성공할 수 있을지 없을지를 빨리 깨닫고 다시 수행해 보거나 하지만, 학년이 낮은 아동은 자기가 움직인 횟수를 잘 잊어버리고 7회가 넘어서야 과제가 성공하지 못한 것을 알거나 많은 횟수가 지나도 잘 모르고 계속 과제를 수행하는 경우가 많이 관찰되었다. 따라서 높은 학년의 아동들이 대체로 자기 탐색을 더 잘하는 것으로 나타났다.

따라서 본 연구 결과가 교육에 주는 시사점은 학년이 낮을수록 과제를 접하는데 어려움이 많으므로, 과제 수행에 충분한 시간을 주어야 한다는 것이다. 특히 학년이 낮은 아동은 과제를 잘 수행하더라도 과제의 핵심 원리를 이해하기는 어려우므로, 원리를 이해하고 탐색할 수 있는 시간적 여유를 주는 것이 필요하다. 특히, 앞의 결과에서 보여주듯이 반복 학습에 의한 효과는 응용 과제에는 별로 도움이 되지 않았으므로 단순 반복에 의한 학습보다는 과제의 원리를 파악하고, 응용력을 키울 수 있도록 하여야 하겠다. 그러나 본 연구에서 나타난 특징은 대개의 항목에서 2학년과 4, 6학년과는 유의한 차이가 있었으나 4학년과 6학년간에는 차이가 미소하였다. 그러므로 4학년 즈음에 상위인지 능력의 발달이 많이 이루어져서 6학년에서는 큰 변화가 없다고 본다.

특히, 표상능력을 보기 위한 질문에서 2학년의 아동들은 대답하는데 어려움을 겪었을 뿐만 아니라 대답하기 전에 한번 더 실행해보고 대답하는 아동들이 많은 것으로 보아, 동작적인 수행이 표상에 도움을 주는 것으로 볼 수 있다. 그러므로 실제 교육 현장에서도 언어만을 통한 교육보다 학생들 자신이 직접 참여할 수 있는 기회를 많이 주고 행동을 통한 이해 능력을 증가시키는 것이 필요하다고 본다.

## 참 고 문 헌

- 김홍원(1993). 인지적 행동기법을 통한 상위인지 능력신장 방안탐색. *한국교육*, 20권, 105-129.
- 이기선, 우남희(1994). 학습부진아와 학습평균아의

- 초인지적 문제 해결 과정 비교 연구. *아동학 회지*, 16권, 1호, 133 - 146.
- 정승경(1988). 초인지 획득방법의 훈련이 학습전략 행동에 미치는 효과. 부산대학교 대학원 박사학 위 청구논문.
- Brown, A. J. (1978). Knowing when, where, and how to remember: A problem of meta-cognition. In R. Glaser(Ed.), *Advances in instrumental psychology*, Vol. N. J: Hillsdale.
- Borkowski, J. G., Peck, V. A., Reid, M. K., & Kurtz, B. E. (1983). Impulsivity and strategy transfer : Metamemory as mediator. *Child Development*, 54, 459-473.
- Borkowski, J. G., & Kurtz, B. E. (1984). Children's metacognition : Exploring relations among knowledge, process and motivational variables. *Journal of Experimental Child Psychology*, 37, 335 - 354.
- Campione, J. C., Brown, A. L., & Ferrara, R. A. (1984). Mental retardation and intelligence. In R. Sternberg(Ed.), *Handbook of human intelligence*, 392-490. New York : Cambridge University Press.
- Case, R. (1978). Intellectual development from birth to adulthood: A neo-Piagetian interpretation. In R. Siegler (Ed.), *Children's thinking: What develops? 37-72*. New Jersey: Hillsdale.
- Cavanaugh, J. C., & Borkowski, J. G. (1980). Searching for metamemory - memory connections: A developmental study. *Developmental Psychology*, 16, 5, 441- 453.
- Cavanaugh, J. C., & Perlmutter, M. (1982). Metamemory: A critical examination. *Child Development*, 53, 11-28.
- Cross, D. R., & Paris, S. G.(1988). Developmental and instructional analysis of children's metacognition and reading comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 80, 2, 131-142.
- Flavell, J. H. (1977). *Cognitive development(1st ed)*. N. J. : Englewood Cliffs.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognition monitoring : A new area of psychological inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-911.
- Flavell, J. H. (1985). *Cognitive Development(2nd ed)*. N. J: Englewood Cliffs.
- Karmiloff-Smith, A. & Inhelder, B. (1979). If you want to get ahead, get a theory. *Cognitive Psychology*, 3, 195-212.
- Ornstein, P. A., & Naus, M. J. (1985). Effects of the knowledge base on children's memory strategies. In W. R. Haynew (Ed.), *Advances in child development and behavior*, 19, 113-149.
- Piaget, J. (1976). *The grasp of consciousness: Action young child*. Cambridge, Massachusetts: Havard University Press.
- Schneider, W. (1986). The role of conceptual knowledge and metamemory in the development of organizational process in memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 42, 2, 218-236.
- Simon, H. A. (1976). Functional equivalence of problem-solving skills. *Cognitive Psychology*, 8, 481-520.
- Sternberg, R. J. (1984). *Advances in The Psychology of Human Intelligence*. N. J : Hillsdale.
- Sternberg, R. J. (1990). *Handbook of Human Intelligence(Ed)*. Cambridge, N.Y.: Cambridge University Press.

- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Welsh, M. L. (1991). Rule-guided behavior and self-monitoring on the Tower of Hanoi disc transfer task. *Cognitive Development*, 6, 59-76.
- Wong, P. E., & Wilson, M. (1984). Investigating awareness of and teaching passage in learning disabled. *Journal of Educational Psychology*, 74, 341-350.

## An analytic study of children's problem solving process with Tower of Hanoi

MyungOk Choi and NamHee Woo

Dept. of Child Development and Education

Dongduck Women's University

The purpose of this study is to analyze the metacognitive process of elementary school students in their ability to carry out the Tower of Hanoi experiment. Hundred twenty subjects were selected from 2nd, 4th, and 6th grades of an elementary school in Seoul. Five classes from each grade were chosen. Eight students, 4 boys and 4 girls, from each class were selected by their teachers for their average achievement in school. All 120 students were observed but only 114 cases were analyzed. Five tasks with the tower of Hanoi were provided for the experiment. The children were given a wooden board with three poles and three different-sized discs. The disc size increased from top to bottom. The children were asked to move the discs one at a time with the restriction that a smaller disc had to be on top of a larger one. Their task was to move the disc in the same order on another pole as it was on the first pole. In order to assess the metacognitive abilities, observations were made on the success rate of the task, the duration of each trial, the number of disc movements, the duration of pre-planning, self-monitoring, and representation. Performances of the children were video taped and analyzed by a check list of 9 items. The result indicated that the second graders were significantly inferior to their older counterparts in all categories. The fourth and the sixth graders did not differ significantly in all categories except in success rate and representation ability. The only unexpected result was the second graders taking longer time to plan before starting the tasks. In all cases, the general trend seemed to be improvement over first three trials which required simple repetition of the 1st trial. But less success in all categories for the last two trials which required representation and application abilities. For those children with lower levels of metacognition, it is important to give them enough time to understand the underlying principles by active repetition. Only then can we help them develop the ability to apply these principles to different situations.