

생각하는 과학 프로그램이 초등학생들의 인지발달 가속과 인지과정 기능의 발달에 미치는 효과

신애경 · 최병순
(한국교원대학교)

The Effects of Thinking Science Program on the Cognitive Acceleration and Cognitive Processing Skills of the Elementary School Students

Shin, Ae-Kyung · Choi, Byung-Soon
(Korea National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effects of Thinking Science program on the cognitive acceleration and cognitive processing skills of the elementary school students. Subjects included 305 5th grade students in three elementary schools. Subjects were divided into the experimental and the control groups. Thinking Science program was implemented to the experimental group over a period of two years. Statistically significant gains on the cognitive acceleration were shown by the experimental group compared with the control group. The intervention effects on the cognitive acceleration were shown for the girls of the elementary schools. It was also found that Thinking Science program exerted significant effect on the development of the cognitive processing skills of the students. The experimental group gained higher scores of attention and simultaneous processing skills compared with the control group. This implied that Thinking Science program was effective not only on the cognitive acceleration but also on the development of the cognitive processing skills as a far-transfer.

Key words : thinking science program, cognitive acceleration, cognitive processing skills, elementary science, cognitive level

I. 서 론

우리나라의 제 7차 교육과정에서는 과학과의 성격 을 국민의 기본적인 과학적 소양을 기르기 위한 과 목이라고 명시하고 있고(교육인적자원부, 2001), 미국 의 국가 과학교육 기준에서도 모든 학생들이 과학적 소양을 갖도록 하는 것에 과학교육의 목적을 두고 있다(National Academy of Sciences, 1996). 이처럼 과학교육의 중심 축을 과학적 소양으로 두는 것은 과학적 소양이 현대를 살아가는 사람에게 개인 내에 서뿐만 아니라 사회 속에서도 필요하기 때문이다.

과학적 소양이 현대인에게 필수적 요인이기에 이를 목적으로 하는 과학교육이 ‘모든 이를 위한 과학’이

될 것을 강조하고 있지만, 사실상 학생들은 학년이 올라감에 따라 과학을 어렵게 느끼고 기피하는 현상 이 심각해지고 있는 것이 오늘날의 현실이다(김효남 등, 1998; 강순희 등, 1999). 이에 대한 한 가지 원인 으로 과학 교과 내용에서 요구되는 인지수준이 학생 들의 인지수준에 비해 높기 때문이라는 연구 결과가 보고되고 있다(Shayer & Adey, 1981; 최병순, 1990; 강순희 등, 1996; 박종윤과 강순희, 1996).

Adey(1988)는 과학 교과 내용에서 요구되는 인지 수준과 학생들의 인지수준 차이로 생기는 문제점을 해결하기 위한 적극적인 대처방안으로 학생들의 인지 발달을 촉진시켜 과학교육의 효과를 증진시키고자 하였다. 이러한 노력이 Adey와 Shayer 그리고 그의 동

료들에 의해 1970년대 초반부터 지금까지 진행되어 왔다. 이들은 1987년 인지발달을 가속시키기 위한 활동 프로그램인 'Thinking Science(이하 '생각하는 과학'이라 칭함)'를 개발하였다. 이 프로그램은 Piaget의 인지발달 이론과 Vygotsky의 상호작용을 강조한 사회문화적 인지이론을 근간으로 하고 있으며, 구체적인 조작기에 있는 학생들을 형식적 조작이 가능한 인지수준에 도달하도록 도와주는 과학교육 프로그램이다(Adey et al., 1995).

Adey 등은 생각하는 과학 프로그램을 통해 학생들의 인지발달 가속의 가능성에 대한 지속적인 연구를 하고 있으며, 이에 대해 특수 전이에서 뿐만 아니라 원전이에서도 긍정적인 결과를 보고하고 있다(Shayer & Adey, 1992a, 1992b, 1993; Shayer, 1996; Adey, 1997; Shayer, 1999; Iqbal & Shayer, 2000). 우리나라에서도 일부 과학교육학자들에 의해 생각하는 과학 프로그램을 초등학교생에게 적용해 보려는 개별적인 시도가 있었다. 일련의 연구(김현재와 장경례, 1991; 김영식, 1999; 조성남, 2000; 김영준, 2001)에서 인지 가속 효과가 부분적으로 확인되었지만, 단기간의 연구 준비와 적용 및 소수의 연구대상 등의 문제점들이 많이 노출되었다.

따라서 이 연구에서는 인지발달 가속을 목적으로 하는 생각하는 과학 프로그램을 2년 동안 장기적으로 우리나라의 초등학교 교육 현실에 적용해 보고, 이에 대한 특수전이 효과뿐만 아니라 원전이 효과를 알아보기 위해 다음과 같은 연구 문제를 설정하였다.

특수전이 효과를 알아보기 위해

1) 생각하는 과학 프로그램은 초등학교생들의 인지 발달 가속에 효과가 있는가?

2) 성별에 따라 생각하는 과학 프로그램의 인지 발달 가속 효과는 차이가 있는가?

원전이 효과를 알아보기 위해

3) 생각하는 과학 프로그램은 초등학교생들의 인지과정 기능의 발달에 효과가 있는가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상 및 설계

이 연구에서 실험집단은 초등학교 5학년 6개 학급으로 165명이었고, 통제집단은 5학년 4개 학급으로 140명이었다. 생각하는 과학 프로그램의 효과를 알아보기 위해 표 1과 같이 이질집단 사전·사후 검사 설

계 방법을 사용하였다. 사전과 사후에 학생들에게 인지수준 검사와 인지과정 기능 검사를 실시하였는데, 이에 대해서는 검사 도구에서 자세히 설명하였다.

표 1. 이질집단 사전·사후 검사 설계

| O ₁ O ₂ | X | O ₃ O ₄ |
|--|---|--|
| O ₆ O ₇ | | O ₈ O ₉ |
| O ₁ , O ₆ : 사전 인지수준 검사. | | O ₃ , O ₈ : 사후 인지수준 검사. |
| O ₂ , O ₇ : 사전 인지과정 기능 검사. | | O ₄ , O ₉ : 사후 인지과정 기능 검사. |
| X: 생각하는 과학 프로그램. | | |

2. 검사 도구

(1) 인지수준 검사(Science Reasoning Tasks)

이 검사는 과학적 사고력을 통해 학생들의 인지수준을 판정하기 위해 사용된다. 인지수준 검사는 영국 Chelsea 대학의 CSMS팀에 의해 1973년~1978년에 I~VII까지 개발되어 있는데, 각 종류마다 인지수준 판정범위가 조금씩 다르다. 이 검사의 타당도는 Piaget식 임상법에 의거하여 0.64~0.85이고, 검사-재검사 신뢰도는 0.64~0.85이다(Wylam & Shayer, 1978; Adey & Shayer, 1994b). 이 연구에서는 생각하는 과학 프로그램 투입을 시작하는 시기의 연구대상 연령을 고려하여 인지수준 검사 II를 사전 인지수준 검사지로 사용하였고, 사후 인지수준 검사지로 인지수준 검사 II보다 판정범위가 높은 인지수준 검사 III를 사용하였다.

인지수준 검사 II는 질량과 부피보존에 관한 14개의 문항으로 구성되어 있으며(Adey & Shayer, 1994a), 인지수준 판정 범위는 1B~3A까지이며, 점수

표 2. Piaget의 인지발달 단계를 세분화한 Genevan 척도 (Adey & Shyer, 1994b)

| Piaget의 인지발달 단계 | 생각하는 과학 프로그램에서의 인지발달 단계 | | |
|-----------------|--------------------------|-------|-------------------|
| | 인지수준 검사에 의해 세분화된 인지발달 단계 | 기호 | 인지수준 검사에 의한 판정 점수 |
| 전조작 단계 | 전기 전조작기 | 1A | 1 |
| | 후기 전조작기 | 1B | 2 |
| 구체적 조작 단계 | 전기 구체적 조작기 | 2A | 3 |
| | 중기 구체적 조작기 | 2A/2B | 4 |
| | 후기 구체적 조작기 | 2B | 5 |
| | 과도기 | 2B/3A | 6 |
| 형식적 조작 단계 | 전기 형식적 조작기 | 3A | 7 |
| | 중기 형식적 조작기 | 3A/3B | 8 |
| | 후기 형식적 조작기 | 3B | 9 |

분포대는 2점~7점 사이 이다(표 2 참고). 검사에 소요되는 시간은 약 50분이다.

인지수준 검사 III는 추의 무게, 실의 길이, 추를 미는 힘의 세기를 변인으로 하는 진자실험을 통해 변인통제에 관한 문항들을 해결하도록 구성되어 있으며, 인지수준 판정 범위는 2A/2B~3B까지이며, 점수 분포대는 4점~9점 사이 이다(표 2 참고). 검사에 소요되는 시간은 약 50분이다.

(2) 인지과정 기능 검사(Cognitive Assessment System)

학생들의 인지과정 기능을 측정하기 위해 Das 등에 의해 개발되어진 검사도구가 인지과정 기능 검사이다. 인지과정 기능 검사는 설계(planning)·주의(attention)·동시적 정보처리(simultaneous processing)·연속적 정보처리(successive processing) 영역 각각에 대한 검사로 구성되어 있다. 이 검사의 구인 타당도는 0.56~0.86이고, 검사-재검사 신뢰도는 0.63~0.93이다(Naglieri & Das, 1997). 인지과정 기능 검사는 각 인지과정 기능 영역별로 2개의 하위 검사로 구성되었다. 각 하위 검사별 점수는 1점~19점 사이에 분포하며, 인지과정 기능 점수는 8개의 하위 검사 점수를 합한 8점~152점 사이에 분포한다. 이 검사를 모두 실시하는데 약 75분 정도 소요된다.

3. 생각하는 과학 프로그램과 투입 방법

생각하는 과학 프로그램은 30개의 활동으로 구성되어 있으며, 격주로 1개의 활동을 2년 동안 수행하도록 되어 있다(Adey & Shayer, 1994a). 그리고 이 프로그램에서는 구체적 준비, 인지갈등, 구성영역 활동, 초인지 그리고 연계라는 다섯 가지의 교수 전략이 강조된다(Adey & Shayer, 1994b). 이 프로그램을 현장에 적용할 교사들은 매 학기마다 2회에 걸친 교사연수를 통해 활동에 대한 소개를 받고 교수 전략을 익혔다.

통제집단과 실험집단 모두 주당 3차시의 과학교과 수업을 받았다. 통제집단인 경우 정규 과학교육과정에 따라 과학교과 수업이 매 차시 이루어졌다. 생각하는 과학 프로그램의 각 활동에 소요되는 시간이 60분~80분이었다. 따라서 실험집단에서는 2주에 6차시 이루어지는 과학 수업에서 2차시는 이 프로그램의 활동을 하고, 나머지 4차시는 정규 과학교육과정에 따라 과학교과 수업이 이루어졌다. 그러므로 정규

과학교육과정을 위해 할당된 차시수가 통제집단에 비해 실험집단이 적었다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 생각하는 과학 프로그램에 의한 초등학생의 인지발달 가속 효과

초등학생의 사전 인지수준을 알아보기 위하여 인지수준 검사 II를 실시한 결과, 실험집단과 통제집단의 사전 인지수준은 표 3과 같았다. 실험집단과 통제집단의 사전 인지수준은 각각 4.0과 3.9로 실험집단이 다소 높게 나타났으나, 통계적으로 유의미한 차이는 아니었다.

사전 인지수준 검사 결과 두 집단 간에 의미 있는 차이가 없었으므로, 사후 인지수준을 비교하기 위해 t-검증하였다. 그 결과는 표 3에서 보이는 것처럼 실험집단과 통제집단의 사후 인지수준 평균은 6.1과 5.7로 실험집단이 높게 나타났으며 이는 통계적으로 유의미한 차이로 나타났다. 따라서 생각하는 과학 프로그램은 초등학생의 인지발달 가속에 효과가 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 초등학교 6학년을 대상으로 생각하는 과학 프로그램을 1년간 처치한 결과 학생들의 인지수준이 의미 있게 향상되었다는 김현재와 장경래(1991)의 연구 결과를 지지한다.

표 3. 초등학생의 사전·사후 인지수준 t-검증 결과

| | | 학생수 | 평균 | 표준편차 | t |
|----|-------|-----|-----|------|-------|
| 사전 | 실험 집단 | 165 | 4.0 | 1.03 | 0.466 |
| | 통제 집단 | 140 | 3.9 | 1.11 | |
| 사후 | 실험 집단 | 165 | 6.1 | 1.48 | 2.21* |
| | 통제 집단 | 140 | 5.7 | 1.28 | |

*p<.05

2. 성별에 따른 생각하는 과학 프로그램의 인지발달 가속 효과

(1) 초등학교 남학생의 인지발달 가속 효과

초등학교 남학생의 사전 인지수준을 비교하기 위해 t-검증한 결과는 표 4와 같았다. 초등학교 남학생의 경우, 실험집단과 통제집단의 사전 인지수준은 각각 4.0과 3.7로 실험집단이 다소 높게 나타났으나 통계적으로 유의미한 차이는 아니었다.

사전 인지수준 검사 결과 두 집단 간에 의미 있는 차이가 없었으므로, 생각하는 과학 프로그램에 의한

표 4. 초등학교 남학생의 사전·사후 인지수준 t-검증 결과

| | | 학생수 | 평균 | 표준편차 | t |
|----|-------|-----|-----|------|------|
| 사전 | 실험 집단 | 77 | 4.0 | 1.06 | 1.79 |
| | 통제 집단 | 67 | 3.7 | 1.13 | |
| 사후 | 실험 집단 | 77 | 6.0 | 1.50 | 0.74 |
| | 통제 집단 | 67 | 5.8 | 1.45 | |

초등학교 남학생의 인지발달 가속 효과를 알아보기 위해 사후 인지수준을 t-검증하였다. 표 4에서 보여지는 것처럼 실험집단과 통제집단의 사후 인지수준 평균이 각각 6.0과 5.8로 실험집단이 높게 나타났으나, 통계적으로 유의미한 차이는 아니었다. 따라서 생각하는 과학 프로그램이 초등학교 남학생에게는 인지발달 가속 효과를 나타내지 못하였다.

(2) 초등학교 여학생의 인지발달 가속 효과

초등학교 여학생의 사전 인지수준을 비교한 결과는 표 5와 같다. 초등학교 여학생의 경우, 실험집단과 통제집단의 사전 인지수준은 각각 4.0과 4.2로 통제집단이 다소 높게 나타났으나 통계적으로 유의미한 차이는 아닌 것으로 나타났다.

표 5. 초등학교 여학생의 사전·사후 인지수준 t-검증 결과

| | | 학생수 | 평균 | 표준편차 | t |
|----|-------|-----|-----|------|-------|
| 사전 | 실험 집단 | 88 | 4.0 | 1.01 | -1.19 |
| | 통제 집단 | 73 | 4.2 | 1.04 | |
| 사후 | 실험 집단 | 88 | 6.2 | 1.47 | 2.42* |
| | 통제 집단 | 73 | 5.7 | 1.11 | |

*p<.05

사전 인지수준 검사 결과 두 집단 간에 의미 있는 차이가 없었으므로, 생각하는 과학 프로그램에 의한 초등학교 여학생의 인지발달 가속 효과를 알아보기 위해 사후 인지수준을 t-검증하였다. 표 5에서 보여지는 것처럼 실험집단과 통제집단의 사후 인지수준 평균이 각각 6.2와 5.7로 실험집단이 높게 나타났으며, 이는 통계적으로 유의미한 차이였다. 따라서 초등학교 여학생에게는 생각하는 과학 프로그램에 의한 인지발달 가속 효과가 있는 것으로 나타났다.

이 연구에서 생각하는 과학 프로그램에 의한 초등학교 학생의 인지발달 가속 효과를 성별에 따라 알아본 결과, 남학생에게는 효과가 나타나지 않았지만 여학생에게는 효과가 있는 것으로 나타났다.

Epstein (1980, 1986)과 Hudspeth와 Pribram (1990)은 그들의 연구에서 두뇌의 성장에는 급등(spurt)의 시기와 정체(plateau)의 시기가 있는데, 두뇌 성장의 급등은 Piaget의 인지발달 단계에서 각 단계가 착수되는 시기에 발생하므로 Piaget의 인지발달 이론의 생물학적 근거가 된다고 하였다. 청소년기의 두뇌 급등은 약 만 10~11세 경에 나타나는데, 이 시기의 두뇌 성장의 특징은 급등이 나타나는 시기가 성별에 차이를 보이는데(Epstein, 2001), 남자가 여자보다 9개월 정도 후에 나타난다(Adey & Shayer, 1994b)는 것이다. 이 시기는 Piaget의 인지발달 이론에 따르면 형식적 사고가 나타나기 시작하는 때이다(Epstein, 2001). 이러한 두뇌 성장 패턴에 따르면, 이 연구에서 생각하는 과학 프로그램 처치를 시작했을 때의 초등학교 학생의 나이는 약 만 10세 정도였다. 이 연령은 여학생에게서는 두뇌 성장의 급등이 나타나는 시기이지만, 남학생에게서는 약 1년 후에 급등이 나타나게 된다. 따라서 이 연구에서 생각하는 과학 프로그램에 의한 초등학교 학생의 인지발달 가속 효과가 여학생에게서만 나타난 것은 두뇌 성장의 급등의 시기와 인지발달을 목적으로 하는 프로그램을 처치한 시기가 맞물려 있어서 그 효과가 나타난 것이라고 여겨진다.

이와 유사하게, Epstein(2001)은 Epstein, Hood, Zigler와 Lee에 의해 수행되어진 여러 가지 연구에서 처치 프로그램이 인지적으로 효과가 없었던 주요한 이유는 프로그램의 처치가 두뇌 성장의 정체시기에 이루어졌기 때문이라고 하였다. 반면에, 그는 또한 Campbell과 Ramey에 의해 수행되어진 연구에서 두뇌 성장의 급등의 초기에 프로그램의 처치가 이루어졌기 때문에 보다 인지적으로 효과가 있었다고 하였다.

위에서 인용한 연구 결과와 이 연구의 결과로 보았을 때, 처치 프로그램을 투입하는 시기가 두뇌 성장의 급등의 시기와 맞게 되면 인지적으로 보다 효과가 있음을 알 수 있다.

3. 생각하는 과학 프로그램에 의한 초등학교 학생들의 인지과정 기능 발달 효과

(1) 초등학교 학생의 사전 인지과정 기능

초등학교 학생의 사전 인지과정 기능을 비교하기 위하여 실험집단과 통제집단의 점수를 t-검증한 결과는 표 6에 나타내었다. 표 6에서 보이는 것처럼 실험집단과 통제집단의 사전 인지과정 기능은 각각 78.3과 84.0

으로 통제집단이 높았는데, 이는 통계적으로 유의미한 차이로 나타났다.

표 6. 초등학생의 사전 인지과정 기능 t-검증 결과

| | 학생수 | 평균 | 표준편차 | t |
|-------|-----|------|-------|--------|
| 실험 집단 | 165 | 78.3 | 13.91 | -3.46* |
| 통제 집단 | 140 | 84.0 | 14.67 | |

*p<.05

인지과정 기능 점수는 네 가지 영역(설계, 주의, 동시적 정보처리, 그리고 연속적 정보처리) 점수의 합이다. 실험집단과 통제집단의 사전 인지과정 기능의 차이를 좀 더 자세히 분석하기 위하여 인지과정 기능 영역별로 실험집단과 통제집단의 점수를 비교해 보았더니 표 7과 같았다. 표 7에서 보이는 것처럼, 네 가지 인지과정 기능 영역 모두에서 통제집단의 점수가 실험집단보다 높다는 것을 알 수 있다. 특히 동시적 정보처리와 연속적 정보처리에서는 통제집단의 점수가 실험집단보다 통계적으로 유의미하게 높게 나타났다.

표 7. 초등학생의 영역별 사전 인지과정 기능 t-검증 결과

| 인지과정 기능 영역 | 학생수 | 평균 | 표준편차 | t | |
|------------|-------|-----|------|------|--------|
| 설계 | 실험 집단 | 165 | 22.1 | 3.94 | -1.44 |
| | 통제 집단 | 140 | 22.7 | 4.33 | |
| 주의 | 실험 집단 | 165 | 19.9 | 5.30 | -1.36 |
| | 통제 집단 | 140 | 20.8 | 5.23 | |
| 동시적 정보처리 | 실험 집단 | 165 | 18.4 | 4.13 | -6.03* |
| | 통제 집단 | 140 | 21.3 | 4.24 | |
| 연속적 정보처리 | 실험 집단 | 165 | 17.9 | 5.45 | -2.00* |
| | 통제 집단 | 140 | 19.2 | 5.64 | |

*p<.05

(2) 초등학생의 사후 인지과정 기능

사전 인지과정 기능을 비교한 결과 통제집단이 실험집단보다 통계적으로 유의미하게 높았다. 그리고 사전 인지과정을 영역별로 비교한 결과 동시적 정보처리와 연속적 정보처리 영역에서는 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 따라서 사후 인지과정 기능을 비교하기 위해 사전 인지과정 기능을 공변인으로 하는 공변량 분석을 하였고, 영역별 사후 인지과정 기능을 비교하기 위해 각 영역별 사전 인지과정 기능을 공변인으로 하는 공변량 분석을 하였다.

생각하는 과학 프로그램이 초등학생의 인지과정 기능 발달에 효과가 있는지 알아보기 위해, 실험집단과

통제집단의 사후 인지과정 기능 점수를 비교하였다. 표 8과 표 9에서 보이는 것처럼, 실험 집단의 사후 인지과정 기능 교정 평균이 통제집단에 비해 높았는데, 공변량 분석 결과 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 따라서 생각하는 과학 프로그램에 의한 초등학생의 인지과정 기능 발달에 효과가 있는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 초등학생을 대상으로 생각하는 과학 프로그램을 처치한 결과 인지수준은 의미 있게 향상되었으며 원전이 효과인 탐구과정 기능과 논리조작에서도 의미 있는 차이를 보여주고 있으나, 과학성취도에서는 의미 있는 차이가 나타나지 않았다는 김현재와 장경래(1991)의 연구 결과를 부분적으로 지지한다.

표 8. 초등학생의 사후 인지과정 기능

| | 학생수 | 평균 | 표준편차 | 교정 평균 |
|-------|-----|------|-------|-------|
| 실험 집단 | 165 | 86.6 | 13.36 | 88.46 |
| 통제 집단 | 140 | 84.5 | 14.84 | 82.29 |

표 9. 초등학생의 사후 인지과정 기능 공변량 분석 결과

| 변량원 | SS | df | MS | F |
|---------------|----------|----|----------|---------|
| 공변인 | | | | |
| 사전 인지과정 기능 검사 | 30858.10 | 1 | 30858.10 | 321.22* |
| 처치여부 | 2773.06 | 1 | 2773.06 | 28.87* |

*p<.05

생각하는 과학 프로그램의 효과를 인지과정 기능 영역별로 살펴보기 위해, 실험집단과 통제집단의 각 영역별 사후 인지과정 기능을 공변량 분석하였다. 영역별 사후 인지과정 기능을 살펴보면, 표 10에서 보이는 것처럼 설계, 주의, 동시적 정보처리 영역에서는 실험집단의 교정 평균이 통제집단에 비해 높은 반면 연속적 정보처리에서는 통제집단의 점수가 실험집단에 비해 높았다. 그리고 공변량 분석 결과 표 11에서 보이는 것처럼 주의와 동시적 정보처리 영역에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타났지만 설계와 연속적 정보처리 영역에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

생각하는 과학 프로그램에서 사용된 논리들이 학생들로 하여금 동시적 정보처리를 요구하는 기회를 많이 부여했다. 비례 논리를 예로 들면, 이 논리는 하나의 변인이 증가 혹은 감소함에 따라 다른 변인이 어떻게 변하는지 살펴본 후, 이를 통해 변인과 변인

표 10. 초등학생의 영역별 사후 인지과정 기능

| 인지 과정 | | 학생수 | 평균 | 표준편차 | 교정 평균 |
|----------|-------|-----|------|------|-------|
| 설계 | 실험 집단 | 165 | 23.9 | 4.28 | 24.06 |
| | 통제 집단 | 140 | 23.8 | 4.34 | 23.59 |
| 주의 | 실험 집단 | 165 | 22.3 | 4.66 | 22.46 |
| | 통제 집단 | 140 | 19.6 | 4.39 | 19.40 |
| 동시적 정보처리 | 실험 집단 | 165 | 20.3 | 4.06 | 20.85 |
| | 통제 집단 | 140 | 19.7 | 6.32 | 19.11 |
| 연속적 정보처리 | 실험 집단 | 165 | 20.2 | 4.85 | 20.52 |
| | 통제 집단 | 140 | 21.3 | 5.03 | 20.84 |

표 11. 초등학생의 영역별 사후 인지과정 기능 공변량 분석 결과

| 인지 과정 | 변량원 | SS | df | MS | F |
|----------|--------|---------|----|---------|---------|
| 설계 | 공변인 | | | | |
| | 사전 계획 | 2050.79 | 1 | 2050.79 | 173.64* |
| | 처치여부 | 16.92 | 1 | 16.92 | 1.43 |
| 주의 | 공변인 | | | | |
| | 사전 주의 | 2294.63 | 1 | 2294.63 | 175.70* |
| | 처치여부 | 705.34 | 1 | 705.34 | 54.01* |
| 동시적 정보처리 | 공변인 | | | | |
| | 사전 동시적 | 809.79 | 1 | 809.79 | 32.86* |
| | 처치여부 | 204.43 | 1 | 204.43 | 8.30* |
| 연속적 정보처리 | 공변인 | | | | |
| | 사전 연속적 | 3731.46 | 1 | 3731.46 | 309.77* |
| | 처치여부 | 7.73 | 1 | 7.73 | 0.64 |

*p<.05

사이의 관계를 파악하여야 하는 논리이다. 따라서 한 변인과 다른 변인 사이의 관계를 파악해야 하기 때문에 학생들로 하여금 동시적 정보처리를 요구하게 된다.

또한 주의 영역도 효과적인 것으로 나타났는데, 생각하는 과학 프로그램은 학생들로 하여금 주의를 요구하기도 했다. 변인통제 논리를 예로 들면, 이 논리는 목적에 맞는 실험을 하기 위해 실험에 관련된 여러 가지 변인들 중 변화시켜야 할 변인에 주의를 집중하고 이를 제외한 다른 변인은 통제해야 한다. 그래서 변화시킨 독립 변인에 의해 종속 변인이 어떻게 변화되는지 알아나가는 논리이다. 이러한 과정에서 학생들은 변화시켜야 할 독립변인과 변화되는 종속변인에 주의를 기울이고 이에 맞는 활동을 전개해 나가게 된다. 이러한 논리의 사용이 학생들의 동시적 정보처리 기능과 주의 기능을 발달시킨 것이라 볼 수 있다.

인지과정 기능은 제 1기능인 주의, 제 2기능인 동

시적·연속적 정보처리, 그리고 제 3기능인 설계로 나뉘어진다. 제 1기능인 주의는 좀 낮은 수준의 인지과정 기능이고 제 2기능인 동시적·연속적 정보처리는 중간 수준, 그리고 제 3기능인 설계는 높은 수준의 인지과정 기능(Das et al., 1994)이라는 관점에서 볼 때, 초등학생의 경우 생각하는 과학 프로그램은 낮은 수준의 인지과정 기능 영역에서 효과가 있음을 알 수 있다.

IV. 결론 및 제언

초등학교 5학년 학생들에게 생각하는 과학 프로그램을 2년 동안 투입한 결과 초등학교에서 인지발달 가속 효과가 나타남을 확인할 수 있었다. 성별에 따른 인지발달 가속 효과를 살펴보면, 여학생에게만 인지발달 가속 효과가 있었다. 이러한 결과는 생각하는 과학 프로그램의 인지발달 가속 효과가 학생의 두뇌 성장 패턴과 밀접하게 관련되어 있음을 보여주는 것으로써, 인지적 효과를 목적으로 하는 프로그램의 처치 시기를 결정할 때, 학생들의 두뇌 성장 패턴을 고려해야 함을 암시한다.

생각하는 과학 프로그램에 의한 인지과정 기능의 발달을 살펴본 결과 초등학교에서 인지과정 기능의 발달에 효과가 나타남을 확인할 수 있었다. 인지과정 기능 영역별로 살펴보면, 주의와 동시적 정보처리 영역에서 효과가 있었다. 이러한 연구 결과를 통해 생각하는 과학 프로그램은 인지과정 기능으로의 원전이 효과가 있음을 알 수 있었다.

학생들의 인지수준을 효율적으로 향상시키기 위한 과학교육 활동 프로그램은 학생들이 과학을 어려워하고 있는 현 상황에서 매우 중요한 의미를 갖는다. 특히 우리나라 초등학교 고학년 학생들의 대부분이 구체적 조작기에 머물러 있고, 과학교과에서 요구되는 인지수준으로 학생들의 인지수준을 끌어 올려야 할 필요성이 대두된 시점에서 인지수준 향상을 위한 프로그램이 절실히 요구된다. 따라서 이 연구를 통해 인지발달 가속 효과가 확인된 생각하는 과학 프로그램을 우리의 교육 현장에 도입하여 활용할 수 있는 방안을 적극적으로 모색할 필요가 있다.

국문요약

이 연구의 목적은 생각하는 과학 프로그램이 초등

학생들의 인지발달 가속과 인지과정 기능의 발달에 미치는 효과를 알아보는 것이었다. 이 연구에는 초등학교 5학년 305명이 참여하였으며, 연구 대상을 실험 집단과 통제집단으로 나눈 후 실험집단에게는 2년 동안 생각하는 과학 프로그램을 처치하였다. 연구 결과, 생각하는 과학 프로그램에 의한 초등학생의 인지 발달 가속 효과는 있었다. 그리고 성별에 따른 인지 발달 가속 효과를 살펴본 결과 여학생에게만 효과가 있었다. 또한 생각하는 과학 프로그램은 초등학생의 인지과정 기능의 발달에도 효과가 있었고, 인지과정 기능 영역별로 살펴본 결과 주의와 동시적 정보처리 영역에서 효과가 있었다. 이러한 결과는 생각하는 과학 프로그램이 인지과정 기능에 대해 원전이 효과를 보여주는 것이다.

참고문헌

강순희, 박종윤, 우애자, 허은규(1996). 중학교 화학개념이 요구하는 과학적 사고력 수준과 학생들의 인지수준을 고려한 교수방안에 관한 연구. 화학교육, 23, 267-278.

강순희, 박종윤, 정지영(1999). 학습자의 인지수준과 학습 내용의 인지 요구도를 고려한 중등 화학 학습 전략 개발에 대한 연구. 대한화학회지, 43, 578-588.

교육인적자원부(2001). 초등학교 교사용 지도서: 과학 6-2. 국정교과서 주식회사, p. 8.

김영식(1999). 학생의 인지수준에 따른 변인통제 능력의 형성과 특수전이 효과에 관한 연구. 한국교원대학교 석사학위논문.

김영준(2001). CASE 프로그램의 적용과정에서 아동의 인지 수준과 아동-교사의 상호작용이 문제해결과 논리적 사고력에 미치는 영향. 한국교원대학교 박사학위논문.

김현재, 장경래(1991). 인지가속 자료 적용을 통한 논리적 사고의 지도 효과. 한국초등과학교육학회지, 10, 159-173.

김효남, 정원호, 정진우(1998). 국가 수준의 과학에 관련된 정의적 특성의 평가 체제 개발. 한국과학교육학회지, 18, 357-369.

박종윤, 강순희(1996). 고등학교 과학 II(하) 교과서 내용이 요구하는 논리적 사고력 수준과 학생들의 인지수준 비교 연구. 화학교육, 23, 335-344.

조성남(2000). 비례논리 학습 프로그램에 의한 초등학교 6학년 학생의 비례논리 형성 및 지속 효과. 한국교원대학교 석사학위논문.

최병순(1990). Learning Cycle Model을 이용한 화학실험이 학생들의 탐구능력 신장에 미치는 영향. 화학교육, 17, 6-12.

Adey, P. (1988). Cognitive acceleration: Review and prospects. International Journal of Science Education, 10, 121-134.

Adey, P. (1997). Dimensions of progression in a curriculum.

The Curriculum Journal, 8, 376-391.

Adey, P. & Shayer, M. (1994a). Thinking Science INSET. London: Routledge.

Adey, P. & Shayer, M. (1994b). Really raising standards: Cognitive intervention and academic achievement. London: Routledge.

Adey, P., Shayer, M. & Yates, C. (1995). Thinking science. 2nd ed. London: Thomas Nelson and Sons Ltd.

Das, J. P., Naglieri, J. A. & Kirby, J. R. (1994). Assessment of cognitive processes: The PASS theory of intelligence. Boston: Allyn and Bacon, pp. 2-28.

Epstein, H. T. (1980). EEG developmental stages. Developmental Psychobiology, 13, 629-663.

Epstein, H. T. (1986). Stages in human brain development. Developmental Brain Research, 30, 114-119.

Epstein, H. T. (2001). An outline of the role of brain in human cognitive development. Brain and Cognition, 45, 44-51.

Hudspeth, W. J. & Pribram, K. H. (1990). Stages of brain and cognitive maturation. Journal of Educational Psychology, 82, 881.

Iqbal, H. M. & Shayer, M. (2000). Accelerating the development of formal thinking in Pakistan secondary school student: Achievement effects and professional development issues. Journal of Research in Science Teaching, 37, 259-274.

Naglieri, J. A. & Das, J. P. (1997). Cognitive assessment system: Interpretive handbook. Illinois: Riverside Publishing.

National Academy of Sciences (1996). National science education standards. Washington: National Academy Press, p. ix.

Shayer, M. (1996). The long-term effects of cognitive acceleration on pupils' school achievement. <http://www.thenerve2.com/ca/NewRes.html>.

Shayer, M. (1999). Cognitive acceleration through science education II: Its effects and scope. International Journal of Science Education, 21, 883-902.

Shayer, M. & Adey, P. (1981). Towards a science of science teaching. London: Heinemann Educational Books.

Shayer, M. & Adey, P. (1992a). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students II: Project effects on science achievement. Journal of Research in Science Teaching, 29, 81-92.

Shayer, M. & Adey, P. (1992b). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students III: Testing the permanency of effect. Journal of Research in Science Teaching, 29, 1101-1115.

Shayer, M. & Adey, P. (1993). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students IV: Three years after a two-year intervention. Journal of Research in Science Teaching, 30, 351-366.

Wylam, H. & Shayer, M. (1978). CSMS Science reasoning tasks. Berks: NFER Publishing Company, pp. 6-28.