

Thinking Science 프로그램의 적용에서 지연검사에 의한 중학생들의 인지발달 가속 효과의 분석

이상권* · 최병순† · 신애경‡ · 이종백 · 백명화
전남대학교 사범대학 화학교육과 및 과학교육연구소
†한국교원대학교 화학교육과,
‡제주교육대학교 과학교육과
(2006. 12. 1 접수)

Analysis of Cognitive Acceleration Effects in Implementing the Thinking Science Program to Secondary School Students by Delayed Test

Sang Kwon Lee*, Byung-Soon Choi†, Ae-Kyung Shin‡, Jongbaik Ree, and Myeong Hwa Paek

Department of Chemistry Education, The Science Education Institute, Chonnam National University,
Gwangju 500-757, Korea

†Department of Chemistry Education, Korea National University of Education, Chungbuk 363-791, Korea

‡Department of Science Education, Jeju National University of Education, Jeju 690-781, Korea

(Received December 1, 2006)

요 약. 이 연구의 목적은 중학교 학생들에게 Thinking Science 프로그램을 통한 실험집단과 통제집단을 3년에 걸쳐 비교하여 인지가속 효과를 조사하는 것이다. 이 프로그램은 2년간 중학교 1학년 168명의 학생들에게 투입되었다. 프로그램 투입 이후에 SRT VII으로 사후검사와 지연검사를 실시한 결과 학생들의 형식적 사고 능력의 향상이 거의 2배나 이루어졌다. 사후검사에서 실험집단의 인지발달 수준이 통제집단과 비교하여 유의미한 인지향상점수를 얻었다. 투입이 더 이상 이루어지지 않은 다음 해의 지연검사에서는 실험집단과 통제집단이 동일한 비율로 인지발달이 이루어졌지만 실험집단의 구체적 조작 후기에 있는 많은 학생들이 형식적 조작기로 이동하였다. 성별에 따른 인지수준의 향상은 사후검사에서는 실험집단의 여학생들이, 그리고 지연검사에서는 남학생들이 형식적 조작기로의 이동 비율이 더욱 크게 나타났다.

주제어: 인지발달 가속, Thinking Science 프로그램, 인지수준, 형식적 조작기

ABSTRACT. The purpose of this study was to investigate cognitive acceleration effect of the experimental group over three years compared with the control group through the 'Thinking Science' program in the middle school students. The 'Thinking Science' program was implemented to 168 students in 7th grade over a period of two years. After implementation of the 'Thinking Science' program, the improvement of formal thinking ability of the students was almost twice examined with SRT VII as the post-test and the delayed test. It was shown that by the end of the implementation period the experimental group had achieved a significantly greater gain score in levels of cognitive development than had the control group. In the subsequent year during which there was no further implementation, the experimental group continued to develop at the same rate as the control group. However, it is clear that much more experimental students in mature concrete operational stage shifted to formal operational stage in delayed test. The results were also analyzed by gender, and cognitive levels of the students. In the post-test, the ratio of girls that shifted to formal operation stage in the experimental group increased as compared with the ratio of boys, while, in the delayed test cognitive level of boys was more effective than that of girls.

Keywords: Cognitive Acceleration, Thinking Science Program, Cognitive Level, Formal Operation Stage

서 론

과학적 소양의 함양이 현대의 과학교육에서 주요한 목적 가운데 하나이다. 그러나 사실상 학생들은 학년이 올라감에 따라 과학을 어렵게 느끼고 흥미를 잃는 현상이 심각해지고 있다.¹ 이에 대한 원인으로 과학 교과내용에서 요구되는 인지수준이 학생들의 인지수준보다 높기 때문이라는 연구 결과가 보고되고 있다.^{2,3} 즉 교과서의 과학개념들은 형식적 사고를 요구하지만 학습자 중 형식적 사고를 할 수 있는 학생들의 비율이 낮기 때문에 과학개념을 이해하기가 어렵다는 것이다. 그러므로 학생들은 과학개념을 형성할 때, 단순 암기에 의존하게 되며 과학에 흥미를 잃게 된다는 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 학생들의 인지수준을 고려하여 과학교과와 내용을 조정하거나, 학생들의 인지발달을 가속시켜 과학교과 내용을 잘 이해할 수 있도록 하는 방법이 있을 수 있다. 그러나 과학교과 내용의 하향 조정은 한계가 있을 수밖에 없다. 보다 적극적인 방법으로 학생들의 인지발달을 촉진시켜 과학개념을 이해할 수 있도록 하는 연구가 영국의 Adey와 Shayer 등에 의해 수행되어져 왔다.⁴⁻⁶ 이 연구에서 사용된 Thinking Science 프로그램은 인지발달 가속을 목적으로 구체적 조작 수준에 있는 학생들에게 형식적 조작 사고가 가능하도록 도와주는 과학교육을 통한 인지발달 가속 프로그램이다. Thinking Science⁴는 Piaget의 인지발달 이론과 Vygotsky의 상호작용을 강조한 사회적 구성주의 이론을 근간으로 개발한 과학 교수학습 교재이다. 여기서 사용되는 가속이란 정상적 과학 수업이나 자연적 발달에 의해 인지수준이 향상되는 것보다 더 많이 인지수준이 향상되는 것을 의미한다. Adey⁵는 이 프로그램을 통해서 학습 결과의 특수전이뿐만 아니라 일반전이가 가능하다고 보았으며, 탈맥락적인 일반전이가 궁극적인 목표라고 주장하였다. 영국의 학교에서 적용한 이 프로그램의 효과는 나이와 성별, 인지수준, 전이의 영역에 따라 조금씩 차이가 있었으며^{6,7} 특히 Jones와 Gott 등⁶은 이에 덧붙여 학교 당국의 관심 등에 따라서도 인지발달의 가속 효과가 달라진다는 사실을 지적하였다. 이 연구결과에 고무되어 우리나라^{8,9}를 비롯한 파키스탄¹⁰과 핀란드¹¹ 등의 여러 나라에서도 Thinking Science 프로그램을 적용한 연구가 활발하게 전개되고 있다.

Adey와 Shayer⁶은 만 11~12세 학생들에게 2주에 1회씩 2년에 걸쳐 Thinking Science 프로그램 활동을 처치한 결과 사후검사에서 과학성취도는 실험집단과 통제집단 간에 의미 있는 차이는 나지 않았지만, 형식적 사고 기능은 실험집단이 통제집단에 비해 크게 향상되었다고 보고하였다. 그러나 처치 1년 후, 지연검사(delayed test) 결과에서 실험집단의 인지수준이 통제집단보다 높게 나타났으며, 특히 12세의 남학생과 11세의 여학생 집단에서 유의미한 차이를 보였다.⁷ 그리고 처치 2년 후의 지연검사 결과⁸에서는 남학생과 여학생 모두 GCSE에서 실험집단의 과학과 영어 성적이 통제집단에 비해 유의미하게 높게 나타났다. 특히 남학생의 경우 실험집단의 수학 성적이 통제집단보다 높게 나타났다.

최병순 등¹²은 중학생들의 Thinking Science 프로그램에 의한 인지발달 가속 효과를 알아보기 위하여 2년에 걸쳐 중학교 1학년 학생들을 대상으로 투입하였는데 사후검사 결과 인지가속 효과가 크게 나타났으며, 여학생에게서 효과가 더 컸고 인지수준에 따른 인지발달 가속 효과는 구체적 조작 초기와 구체적 조작 후기 학생들에게서 더 크게 나타났다고 보고하였다.

영국에서의 인지발달 가속 연구결과에 사후검사에서 보다는 지연검사에서 더 큰 효과가 있었고, 남녀 학생들의 연령에 따른 인지발달의 향상정도가 다른 것으로 나타났으며 또한 특수전이 뿐 아니라 부분적으로 일반전이 효과도 높은 것으로 나타났다. 그러나 국내의 연구에서는 사후검사에서 인지발달 가속 효과가 의미 있는 차이로 크게 나타났지만 아직 지연검사가 시도되지 않았고 특수전이와 일반전이 효과에 대한 보고가 없는 형편이다. 그리고 이 프로그램의 투입 시기를 남녀학생별로 조절함으로써 그 효과를 극대화시키기 위하여 남녀학생들의 연령대별 인지발달 가속 효과를 생리적 두뇌발달 과정과 비교하여 분석하는 것도 필요하다.

본 연구는 최병순 등¹²의 연구결과와 연속선상에서 이루어졌다. 구체적 조작기에 있는 우리나라 중학생들의 인지수준을 형식적 조작기 수준으로 발달시키기 위해 Thinking Science 프로그램을 2년간 처치하고 사후검사를 실시하였다. 이러한 결과를 얻은 집단에서 추적이 가능한 학생들을 대상으로 처치 1년 후의 지연검사를 실시하였으며 사후검사 결과와 비

교하여 지속적인 인지발달 가속 효과가 나타나는지에 대해 알아보고자 다음과 같은 연구문제를 설정하였다.

- 1) 지연검사에서 Thinking Science 프로그램의 인지발달 가속 효과가 나타나는가?
- 2) 성별에 따른 Thinking Science 프로그램의 효과는 사후검사와 지연검사에서 어떤 차이가 있는가?
- 3) 학생들의 인지수준에 따른 Thinking Science 프로그램의 인지발달 가속 효과는 사전검사와 비교하여 사후검사와 지연검사에서 어떠한 변화가 있는가?

연구 내용 및 방법

연구 대상 및 절차. 최병순 등¹⁴은 중학교 1학년 학생들을 군집표집하여 과학적 사고력 검사도구인 SRT(Science Reasoning Task) II와 SRT III로 사전 인지수준을 조사한 후, 2년간에 걸쳐 Thinking Science 프로그램의 30가지 활동 중 27가지 활동을 투입하였다. 그리고 그동안의 실험집단과 통제집단의 인지수준의 변화를 알아보기 위하여 투입 완료 시점에서 SRT VII을 사용하여 사후검사를 실시하였으며 그 결과를 보고하였다. 본 연구는 사후검사 실시 1년 후에 추적이 가능한 학생들의 집단을 대상으로 SRT VII 검사도구를 사용하여 지연검사를 실시하였다. 지연검사를 받은 실험집단과 통제집단 학생들의 사전검사와 사후검사 결과를 원래의 모집단 결과와 비교하고 이를 지연검사 결과와 연관하여 분석하였다.

지연검사에서는 실험집단으로 3개 중학교 7학급에서 168명을, 통제집단으로 1개 중학교 6학급에서 187명의 학생들을 추적하여 선정하였으며 전체 연구의 설계는 이질통제집단 전후검사 설계로 하였고 이를 Table 1에 나타내었다.

연구 방법 및 자료 수집. 사후검사가 종료된 이후

Table 1. Research design

O ₁	X ₁	O ₂	O ₃
O ₁		O ₂	O ₃

O₁ : pre-test by SRT II

X₁ : Thinking Science program for 2 years

O₂ : post-test by SRT VII

O₃ : delayed test by SRT VII

에는 두 집단 모두 Thinking Science 프로그램 관련 활동을 접하지 않았으며 정규 교육과정에 따른 학교 수업을 계속 받았다.

지연검사에서 인지수준을 판정하는 도구로 SRT VII을 사용하였다. 이 SRT 검사지는 영국 Chelsea 대학의 CSMS(The Concepts in Secondary Mathematics & Science) 팀에 의해 개발된 검사도구이다. SRT VII은 변인통제 능력을 묻는 12개의 문항으로 구성되어 있으며 금속막대가 휘어지는 데 영향을 미치는 5가지 변인들의 효과를 분류해낼 수 있는 능력을 조사하기 위한 것이다. 학생들이 실험을 할 때 변인들을 통제해야 하는 필요성을 이는지, 효과적으로 그러한 전략을 적용하는지를 검사한다. 이 검사도구의 신뢰도는 지연검사를 실시한 학생들의 검사결과를 토대로 Cronbach's α 의 신뢰도 계수를 구한 결과 0.81이었으며 공인된 검사도구로서 보고된 Kuder-Richardson 신뢰도는 0.85, 공인타당도는 0.74로 알려져 있다.¹⁵ 이 검사는 검사자가 시범 실험을 하면서 검사지의 내용을 피검사자들에게 설명해주는 형식으로 전개되는 특성상 중학생들을 대상으로한 검사 경험이 있는 검사자에 의해 실시되었다.

이 연구에서는 일반적으로 분류해온 인지수준 발달 단계를 보다 세분화한 Genevan 척도¹⁶를 사용하여 자료를 수집하였다. 이 척도로 1A는 전조작 전기, 1B는 전조작 후기, 2A는 구체적 조작 전기, 2A/2B는 구체적 조작 중기, 2B는 구체적 조작 후기, 2B/3A는 구체-형식적 조작 과도기, 3A는 형식적 조작 전기, 3A/3B는 형식적 조작 중기, 3B는 형식적 조작 후기를 나타낸다. 그리고 1A부터 3B까지를 1점부터 9점까지 부여한 다음 SPSS 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다.

연구의 제한점. 본 연구에서는 실험집단과 통제집단의 연구 대상 학교를 선정하고 그 학교에서 연구 대상 학급을 선정하는 방식의 군집표집에 의한 연구라는 제한점이 있다. 그리고 최병순 등¹⁴에서 보고한 내용의 연속선상에서 이루어지는 연구이지만 3년간에 걸친 장기적인 연구의 진행상 연구 대상 학교의 사정에 따라 연구 대상의 수가 원래의 군집표집한 연구 대상보다 줄어들었다는 제한점이 있다. 그러므로 사전검사와 사후검사의 결과를 직접 인용하지 않고 본 연구의 연구 대상에 한정하여 다시 통계 처리한 결과를 제시하였다.

연구 결과 및 논의

인지발달 가속 효과의 분석

지연검사에서 인지발달 가속, 사전검사와 사후검사를 실시한 원래의 모집단 중에서 지연검사를 받은 중학생들의 사전검사 결과는 Table 2에 나타내었다. 실험집단보다 통제집단의 평균 인지 수준이 다소 높게 나타났으나, t-검증한 결과 두 집단의 인지수준은 유의미한 차이가 없었다.

지연검사를 받은 중학생들의 사전 인지수준 분포에서는 실험집단의 82.3%와 통제집단의 86.4%에 해당하는 학생들이 구체·형식적 조작 과도기를 포함한 구체적 조작기에 머물렀으며, 형식적 조작기에 도달한 학생 수는 실험집단이 6.6%, 통제집단이 8.5%로 매우 낮은 비율을 보였다. 전체 집단의 평균값도 4.81로 아직 구체적 조작 후기에도 도달하지 못하였음을 알 수 있다. 이는 원래의 모집단의 4.82와 아주 유사한 결과를 나타내고 있다.¹⁴ 중학교 1학년 학생들은 만 12~13세에 해당하므로 형식적 조작기에 도달해 있어야 하는데 이런 학생들에게 형식적 조작기로의 인지발달 가속을 가능하게 하는 자극이 필요함을 알 수 있다.

Thinking Science 프로그램이 형식적 사고 발달의 가속에 어떠한 효과가 있는가를 알아보기 위해 사후검사와 지연검사 결과에 대하여 공변량 분석한 결과를 Table 3에 나타내었다. 사전 인지수준 결과가 통계적으로는 유의미한 차이가 없었지만 인지수준의 평균값에서 차이가 있으므로 사전 인지수준을 공변인으로써 공변량 분석한 결과, 사후검사와 지연검사 모두에서 유의미한 인지가속 효과가 나타났음을

알 수 있다.

사후검사와 지연검사의 인지수준별 분포, 사후검사와 지연검사의 인지수준별 분포는 Fig. 1에 나타내었다.

사후검사 결과(Fig. 1(a)), 실험집단은 형식적 조작 전기인 3A에 속하는 학생들이 27.4%로 가장 많아졌으며 통제집단은 구체적 조작 후기인 2B에 속하는 학생들이 29.4%로 가장 많아졌음을 알 수 있다. 그리고 실험집단의 49.4%, 통제집단의 30.5%가 형식적 조작기인 3A와 3B에 속하게 되어 사전검사 결과였던 실험집단 6.6%, 통제집단 8.5%와 비교하면, 통제집단의 자연적인 성숙에 의한 인지발달보다 Thinking Science 프로그램을 수행한 학생들의 형식적 조작기로의 인지발달 가속의 비율이 월등하게 높았음을 설명해준다. 이러한 인지수준별 분포도 원래의 모집단과 유사한 결과를 나타내고 있다.¹⁴

지연검사 결과(Fig. 1(b)), 인지수준의 분포가 형식적 조작기에 속하는 학생들의 비율이 매우 증가하여 사후검사 결과와는 뚜렷하게 변화하였음을 알 수 있다. 구체적 조작 후기인 2B와 과도기인 2B/3A에서는 통제집단에서 높은 비율을 보인 반면, 형식적 조작 전기인 3A 이상에서는 실험집단 학생들이 더 높은 비율을 보이고 있다. 즉, 사후검사와 비교하여 형식적 조작기에 속한 학생들의 비율이 통제집단에서는 39.6%로 증가하였지만 실험집단에서는 66.7%로 큰 폭으로 증가하였다.

사후검사에서 과도기나 구체적 조작 후기에 속하는 학생들은 지연검사에서 형식적 조작기로 인지발달 가속이 일어날 수 있는 잠재군이라고 할 수 있다. 이러한 잠재군에 속하는 비율이 통제집단은 52.9%, 실험집단은 43.4% 이었다. 그렇지만 지연검사 결과 형식적 조작기에 도달해 있는 학생들이 통제집단에서는 9.1%만이 증가하였으나 오히려 실험집단에서는 17.3%나 크게 증가하였다. 이러한 결과는 Thinking Science 프로그램을 수행했던 실험집단의 학생들이

Table 2. Results of t-test on cognitive level in pre-test

Group	n	M	SD	t	p
Experimental	168	4.65	1.64	-1.731	.084
Control	187	4.94	1.42		

Table 3. Results of ANCOVA on cognitive level in post and delayed test

Test	Group	n	M	SD	M'	MS	F	p
Post	Experimental	168	6.60	1.55	6.65	67.042	37.934	.000**
	Control	187	5.83	1.36	5.78			
Delayed	Experimental	168	7.01	1.52	7.07	49.742	23.238	.000**
	Control	187	6.37	1.62	6.32			

*adjusted mean, **p < .05

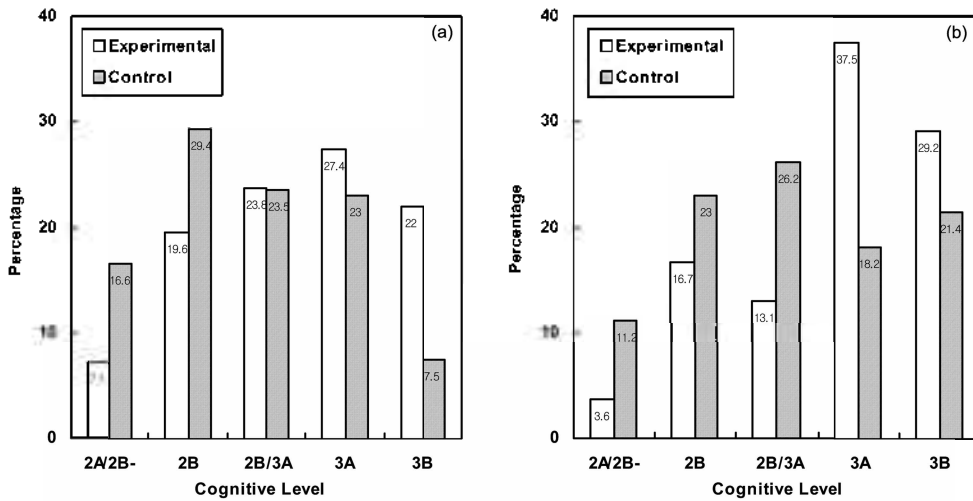


Fig. 1. Distributions of the cognitive levels in post and delayed test. (a) post-test (b) delayed test.

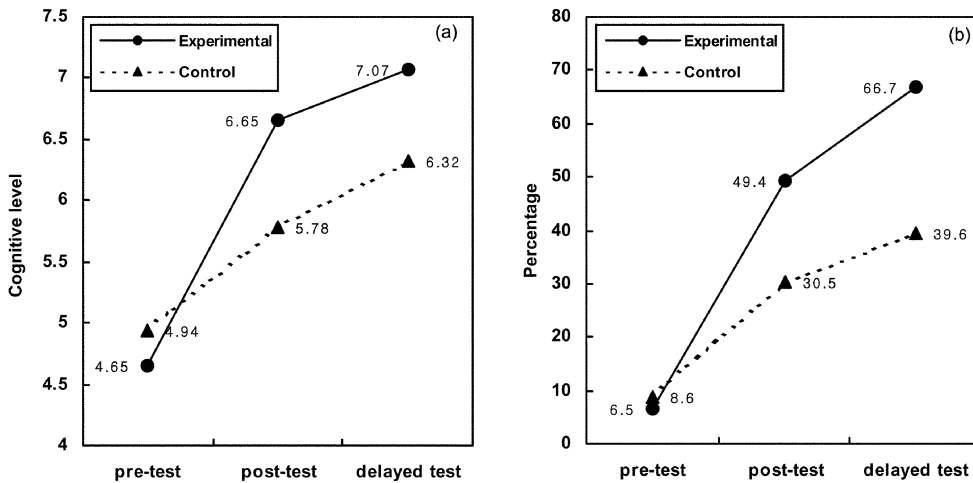


Fig. 2. Cognitive development of the experimental group over three years compared with the control group. (a) change of cognitive level (b) change of the rate at the formal operation stage.

활동이 종료된 후에도 통제집단의 학생들에 비해 인지 발달 가속이 꾸준히 이루어지고 있음을 의미한다.

지연검사의 집단별 인지수준 변화와 형식적 조작기로의 가속. Fig. 2(a)는 3년간에 걸쳐서 실시된 사전 검사와 사후검사 그리고 지연검사의 집단별 인지수준 변화를 고정평균값으로 나타낸 그림이고, Fig. 2(b)는 형식적 조작기에 도달한 학생들의 비율 변화를 나타낸 그림이다.

전체적으로 사전-사후검사(2년) 기간 동안의 가속이 사후-지연검사(1년) 기간동안 보다 크게 나타났다.

Fig. 2(a)에서 인지수준의 고정평균값을 비교해보면, 사전검사에서는 실험집단이 4.65, 통제집단이 4.94이었던 것이 사후검사에서는 6.65와 5.78로 실험집단의 평균이 오히려 높아졌다. 지연검사에서는 7.07과 6.32로 나타나 사후검사에서 차이가 프로그램 투입이 종료된 이후에도 계속 유지되고 있음을 알 수 있다. 이러한 차이가 구체적으로 어디에서 기인하는지를 알아보기 위해 Fig. 2(b)의 형식적 조작기에 도달한 학생들의 비율 변화를 보면, 사후검사보다 지연검사에서 두 집단 간의 차가 두드러지게 벌어졌음을 알

수 있다. 사전검사에서 형식적 조작기에 도달한 학생들의 비율이 비슷하였지만 사후검사에서 실험집단이 통제집단보다 약 1.6배, 지연검사에서 약 1.7배로 더욱 증가하였다. 이러한 결과들은 Fig. 2(a)와 (b)의 두 그림에서 보여주고 있는 기울기의 차이로 설명이 가능하다. 사후검사에서 통제집단과 실험집단의 인지수준 교정평균값이 역전된 이유는 Thinking Science 프로그램의 투입 효과에 의해 실험집단의 인지발달 가속이 활발하게 일어났기 때문으로 설명할 수 있다. 그리고 프로그램의 종료 이후에 두 집단의 인지발달이 비슷한 기울기를 보이는 것은(Fig. 2(a)) 인지발달 가속 효과가 거의 소멸된 것으로 생각할 수도 있다. 그러나 실험집단의 인지수준 향상은 과도기와 구체적 조작 후기의 잠재군에서 형식적 조작기로의 인지발달이 이루어져서 나타난 결과이고, 반면에 통제집단은 과도기를 제외하고 형식적 조작기로의 인지발달보다는 구체적 조작기 내에서 자연적인 성숙에 의해 인지발달이 일어난 결과로 설명할 수 있다. 이러한 해석은 Fig. 1의 '사후검사와 지연검사의 인지수준별 분포' 결과와 Table 7에서 보여주는 '인지수준에 따른 인지발달 가속의 결과 분석'에서도 충분히 뒷받침 된다.

사후검사와 지연검사에서 성별에 따른 효과의 비교
성별에 따른 사후검사와 지연검사에서 인지발달 가속. Table 4는 지연검사를 받은 남·여학생들의 사

전 인지수준을 비교한 것으로 모두 실험집단보다 통제집단의 평균 인지수준이 약간 높았으나, t-검증한 결과 0.05 유의수준에서 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 5는 사전 인지수준을 공변인으로 하여 사후검사와 지연검사의 인지수준을 각각 공변량 분석한 결과를 나타내었는데, 남·여학생들 모두 통계적으로 유의미한 차이를 나타내었다. 사후검사와 지연검사의 교정평균값을 비교해 볼 때 남·여 모두 통제집단보다 실험집단의 평균 인지수준이 매우 높아져서 사전검사 결과에 비해 역전된 결과를 보여주고 있다.

성별에 따른 인지수준 향상 정도. 사후검사와 지연검사에서 남·여 모두 인지발달 가속이 이루어졌음을 알 수 있는데, 이러한 가속 효과를 통해 나타난 인지수준의 향상 정도를 사전검사 결과와 비교하기 위해 사후검사 향상점수(gain score)와 지연검사 향상점수를 Table 6에 나타내었다. 사후검사 향상점수는 각 개인별로 사전검사와 사후검사의 인지수준 차이를 모두 구하고 각 집단별로 그 평균값을 계산하여 얻었고 마찬가지로 지연검사 향상점수는 사전검사와 지연검사의 인지수준 차이로부터 구한 값이다. 사후검사 향상점수로 실험집단과 통제집단을 비교해보면 Thinking Science 프로그램을 투입한 2년 동안의 인지발달 가속의 차이를 알 수 있고, 지연검사 향상점수로 투입이 종료된 후 1년을 포함한 3년 동안의

Table 4. Results of t-test on cognitive level in pre-test by gender

Gender	Group	n	M	SD	t	p
Boys	Experimental	88	4.77	1.45	-1.401	.163
	Control	98	5.07	1.45		
Girls	Experimental	80	4.53	1.83	-1.059	.291
	Control	89	4.79	1.37		

Table 5. Results of ANCOVA in post and delayed test by gender

Gender	Test	Group	n	M	SD	M ^a	MS	F	p
Boys	Post	Experimental	88	6.60	1.65	6.67	34.777	17.749	.000
		Control	98	5.86	1.40	5.80			
	Delayed	Experimental	88	6.99	1.54	7.05	30.236	13.912	.000
		Control	98	6.30	1.61	6.24			
Girls	Post	Experimental	80	6.59	1.44	6.64	32.564	20.613	.000
		Control	89	5.80	1.32	5.75			
	Delayed	Experimental	80	7.04	1.50	7.09	20.022	9.454	.002
		Control	89	6.45	1.66	6.40			

^aadjusted mean

Table 6. Comparison of gain scores in post and delayed test

	Group	n		Gain scores		ES ^a	
				Post	Delayed	Post	Delayed
All	Experimental	168	M	1.94	2.36	0.64	0.55
			SD	1.84	1.81		
	Control	187	M	0.89	1.41		
			SD	1.43	1.66		
Boys	Experimental	88	M	1.83	2.22	0.63	0.58
			SD	1.82	1.77		
	Control	98	M	0.79	1.22		
			SD	1.45	1.66		
Girls	Experimental	80	M	2.06	2.51	0.64	0.49
			SD	1.87	1.86		
	Control	89	M	1.01	1.66		
			SD	1.37	1.63		

^aEffect Size

인지발달 가속의 차이를 알 수 있다. Table 6에 나타난 향상점수와 effect size의 결과를 보면, 사후검사 향상점수에서 실험집단은 통제집단 보다 약 2.2배, 지연검사 향상점수에서는 약 1.7배로 나타났으며, effect size에서도 사후검사에서 0.64, 지연검사에서 0.55로 나타났다. 이는 실험집단의 인지발달 가속이 지연검사 결과에서는 사후검사 결과 보다 둔화되기는 하였지만 여전히 통제집단에 비해 향상되었음을 의미한다.

성별에 따라 비교해보면, 사후검사 향상점수에서 실험집단과 통제집단 모두 남학생 보다 여학생들이 높게 나타났다. 이것은 이 연령에서 두 집단 모두 남학생보다 여학생의 인지발달이 더 크게 일어났다는 사실을 알 수 있다. 지연검사 향상점수에서도 동일한 양상이지만 다른 점은 여학생보다 남학생의 경우 실험집단과 통제집단의 향상점수의 차이가 컸다는 사실이다. 그 결과는 effect size로 확인할 수 있는데 지연검사 향상점수의 effect size는 남학생이 0.58, 여학생이 0.49로 남학생에게 더 큰 효과가 있는 것으로 나타났다.

이는 두 검사 모두에서 여학생의 인지발달 가속 효과가 두드러졌으나 지연검사에서 남학생이 여학생보다 인지가속 효과가 큰 것으로 나타났다.

Epstein^{21,22}과 Hudspeth와 Pribram²³의 연구에서 두뇌의 성장은 급등기와 정체기가 있는데 급등기는 Piaget의 인지발달의 각 단계가 시작되는 시기에 발생하므로 Piaget의 인지발달 이론의 생물학적 근거가

된다고 하였다. 청소년기의 급등기는 약 만 10~11세에 나타나며 14~15세경에도 작게 나타나는데, 급등이 나타나는 시기에서 남자가 여자보다 약 6~9개월 정도 후에 나타난다고 하였다. 또한 급등의 정도에 있어서도 성별의 차이가 있는데²⁴ 여자는 11세 부근에서 최대 급등이 일어나고 급등의 크기가 10~12세에서 남자보다 월등하다. 남자는 14~15세 부근에서 여자보다 상대적으로 크게 급등이 일어난다. 이러한 두뇌 성장의 패턴에 따라 본 연구 결과를 설명해보면, Thinking Science 프로그램의 투입을 시작했을 때 중학생은 만12세 정도였고 사후검사 실시 시기는 만 14세였다. 프로그램 투입이 시작했을 때의 연령에서 여학생의 경우는 급등기에서 정체기로 넘어가지만 급등의 정도에 있어서 남학생보다 월등한 상태이므로 실험집단과 통제집단 모두 인지발달이 두드러졌으며 실험집단의 경우 프로그램 활동에 의한 자극으로 인지발달이 활발하게 일어났다고 볼 수 있다. 사후검사에서 남학생보다 여학생의 인지발달 가속이 약간 크게 일어났으나 차이가 작은 이유는 남학생의 급등이 6~9개월 늦게 시작되고 사후검사 실시 연령에서는 새로운 급등이 남학생에게서 더 크게 일어나는 시기였기 때문으로 설명이 가능하다. 지연검사의 연령은 14~15세 이므로 남학생이 여학생보다 더 크게 급등하는 시기이므로 실험집단 남학생들의 인지발달 가속이 두드러졌다는 설명이 가능하다. 이는 과학적 사고력 발달과 이론적 개념의 변화가 대뇌의 전두엽의 성숙과 밀접한 상관이 있음을 보여주는 신

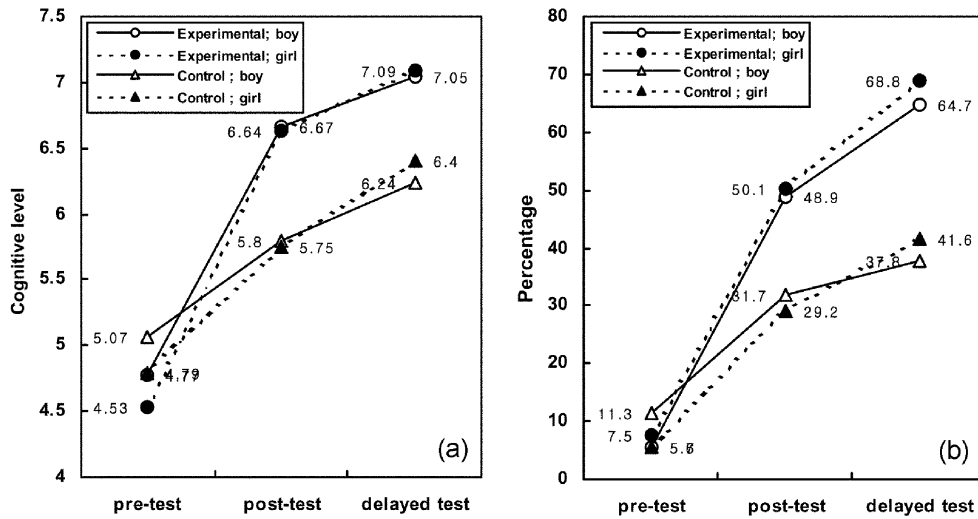


Fig. 3. Cognitive development of the experimental group over three years compared with the control group by gender. (a) change of cognitive level (b) change of the rate at the formal operation stage.

경심리학적인 연구 결과와도 일치하는 것이다.^{23,25-26} 이러한 결과들로부터 프로그램을 투입하는 시기와 검사 시기가 두뇌 성장의 급등기와 급등의 정도에 따라 인지발달 가속의 효과에 영향이 있음을 알 수 있다.

성별에 따른 인지수준 변화와 형식적 조작기로의 가속, Fig. 3(a)은 사전검사, 사후검사 그리고 지연검사의 성별 인지수준 변화를 나타낸 그림이고, Fig. 3(b)은 형식적 조작기에 도달한 학생들의 성별에 따른 비율의 변화를 비교한 그림이다.

Fig. 3(a)의 남녀별 인지수준의 변화는 Fig. 2(a)의 지연검사의 집단별 인지수준의 변화와 비슷한 양상을 나타내고 있다. 지연검사에서 남녀별 실험집단과 통제집단과의 인지수준의 차이도 사후검사 결과와 비슷하게 유지되면서 나타나고 있다. 지연검사에서 나타난 이러한 차이의 원인을 알아보기 위하여 형식적 조작기에 도달한 학생들의 비율을 Fig. 3(b)에서 보면, 사전검사에서는 형식적 조작기에 도달한 남녀 학생들의 비율이 어느 정도 비슷하였으나 사후검사 결과 실험집단의 남아학생들의 비율이 큰 폭으로 증가하였고 지연검사에서는 그 차이가 더욱 벌어져 가는 것을 알 수 있다. 이러한 결과들에 대한 설명은 남아학생 모두 Fig. 2에서 지연검사의 집단별 인지수준 변화와 형식적 조작기로의 가속에 대한 설명과 동일하다.

성별에 따른 형식적 조작기에 도달한 학생들의 비

율을 보면, 사후검사 결과 남아학생은 실험집단이 통제집단에 비해 1.5배, 여학생은 1.7배로 증가하였고, 지연검사 결과 남아학생은 실험집단이 통제집단에 비해 1.7배, 여학생은 1.6배로 증가한 것으로 나타났다. 이러한 결과로부터 남아 모두 자연적인 성숙에 의한 인지발달 보다 Thinking Science 프로그램 활동을 경험한 학생들이 형식적 조작기로의 가속이 있었음을 보여준다. 그리고 사후검사 결과에서는 여학생이, 지연검사 결과에서는 남아학생이 형식적 조작기로의 가속 비율이 높게 나타났는데 이는 '성별에 따른 인지수준 향상점수'에서 설명하는 내용과 일치함을 알 수 있다.

지연검사에서 사전검사의 인지수준에 따른 인지발달 가속 효과 분석

사전 인지수준에 따른 인지발달 가속 효과, Table 7은 중학교 3학년이 되었을 때의 지연검사 결과로부터 중학교 1학년 때의 사전검사 결과에 의한 인지수준에서 얼마나 인지발달 가속이 되었는가를 분석한 표이다. Effect size가 1.0 이상인 단계를 살펴보면, 보고된 사후검사 결과에서는¹⁴ 사전 인지수준이 구체적 조작 초기인 2A와 후기인 2B 이었는데 지연검사 결과에서는 구체적 조작 후기인 2B 단계에서만 나타났다(Table 7). Effect size 1.0이 갖는 의미는 실험집단의 평균값이 통제집단의 평균값보다 1.0 σ 향상되었

Table 7. Distribution of delayed cognitive level by pre-cognitive level in the experimental group and the control group

Pre cognitive level	Group	n	Delayed cognitive level (%)					M	SD	ES ^{***}
			Concrete		Formal					
			2A/2B ^{**}	2B	2B/3A	3A	3B			
2A [*]	Experimental	43	9.3	27.8	16.3	32.6	14.0	6.28	1.49	0.52
	Control	25	32.0	36.0	12.0	8.0	12.0	5.44	1.61	
2A/2B	Experimental	31	6.5	19.3	19.3	32.3	22.6	6.68	1.56	0.56
	Control	52	11.5	30.8	30.8	17.3	9.6	5.92	1.36	
2B	Experimental	31	-	9.7	9.7	51.6	29.0	7.29	1.27	1.03
	Control	34	14.7	26.5	32.4	17.6	8.8	5.88	1.37	
2B/3A	Experimental	52	-	13.5	7.7	38.5	40.3	7.46	1.43	0.23
	Control	60	3.3	13.3	23.3	25.0	35.1	7.10	1.58	
3A	Experimental	7	-	-	14.2	42.9	42.9	7.71	1.25	0.29
	Control	12	-	8.3	41.7	8.3	41.7	7.25	1.60	
3B	Experimental	4	-	-	25.0	-	75.0	8.25	1.50	-0.25
	Control	4	-	-	-	25.0	75.0	8.50	1.00	

*2A and below, **2A/2B and below, ***Effect Size

음을 뜻하는데, 이는 실험집단의 상위 50%에 해당하는 학생의 점수가 통제집단의 상위 15%에 해당하는 것으로 상당히 큰 효과로 판정할 수 있다. 사후검사 결과와 지연검사 결과의 차이는 Thinking Science 프로그램의 활동이 이루어질 때는 인지발달 수준이 매우 낮은 구체적 조작기 초기 단계의 학생들에게 보다 나은 동료와의 학생-학생 상호작용과 교사의 중재(intervention)에 의한 교사-학생의 상호작용 효과로 인지발달 가속이 이루어지지만 프로그램이 종료된 이후에는 이러한 상호작용을 통한 활동이 없으므로 지속효과가 나타나지 않는다고 생각된다.

그리고 Table 7에서 보는 바와 같이 구체적 조작 초기인 2A와 중기인 2A/2B의 effect size는 0.52와 0.56 인데 0.5 σ 는 통제집단의 상위 약 30%에 해당하는 유의미한 처치효과가 있음을 나타낸다. 이상의 결과로부터, 특히 구체적 조작 후기인 2B 학생들에게 Thinking Science 프로그램의 효과가 컸으며 지속적인 가속 효과도 나타남을 알 수 있다. 이 프로그램이 구체적 조작 후기의 학생들에게 보다 친근한 소재였고 흥미를 유발시켰으며, 도전 가능한 내용이었기 때문에 상호작용에 의한 효과뿐 아니라 활동이 종료된 이후에도 인지발달 가속효과가 유지되었다고 추론할 수 있다.

사전검사에서 형식적 조작 전기인 3A와 후기인 3B에 있는 학생들은 지연검사에서 가장 낮은 효과를 보였는데, 이는 이미 형식적 조작기에 도달한 학생들

에게는 Thinking Science 프로그램의 내용이 그다지 도전적이지 못하기 때문에 나타난 결과로 보여진다.

사전 인지수준에 따른 지연검사에서의 향상 정도, Table 7의 지연검사 결과, 실험집단에서는 사전 인지수준의 구체적 조작 중기인 2A/2B 학생들의 93.5%, 구체적 조작 후기인 2B의 90.3%, 그리고 과도기인 2B/3A의 78.8%가 인지수준이 향상되었다. 통제집단에서는 각각 88.5%, 58.8%, 그리고 60.1%가 인지수준이 향상된 것으로 나타나 실험집단에서 더 많은 학생들의 인지수준이 향상되었음을 구체적으로 보여준다. 이 가운데 특히 구체적 조작 후기인 2B에서 두 집단 간의 차이가 아주 크게 나타나는데 이 차이가 전체적인 결과에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

실험집단에서 형식적 조작기로의 인지발달 가속 비율도 과도기에 있는 학생들 보다 구체적 조작 중기인 2A/2B와 후기인 2B 학생들에게서 훨씬 두드러지게 높아진 것을 볼 수 있다. 사전검사에서 구체적 조작 중기인 2A/2B 학생들이 지연검사에서 형식적 조작기로 인지발달 가속된 비율이 실험집단은 54.9%, 통제집단은 26.9% 이었고, 구체적 조작 후기인 2B에서는 실험집단의 80.6%가 형식적 조작기로 인지발달 가속되었지만 통제집단은 26.4%에 불과하였다. 반면에 과도기인 2B/3A에서는 실험집단의 78.9%, 통제집단의 60.0%로 그다지 큰 차이를 보이지는 않았다. 이는 구체적 조작 후기와 과도기에 있는 학생들은 형식적 조작기로 진입할 수 있는 잠재군이라고 할

수 있는데 과도기에서는 두 집단 간에 큰 차이를 보이지 않았지만 구체적 조작 후기에서는 매우 큰 차이를 보여 대조를 이루었다. 이는 구체적 조작 후기에 속한 통제집단의 대부분의 학생들은 한 단계 위인 과도기로의 발달이 이루어졌지만, 실험집단에 속한 학생들은 두 단계 위인 형식적 조작기로의 인지 발달 가속이 이루어졌다는 사실은 Thinking Science 프로그램 활동을 통한 인지 발달 가속 효과가 크게 나타난 것이라고 할 수 있다.

결론 및 제언

본 연구에서는 2년간 Thinking Science 프로그램을 적용한 학생들에게 이 프로그램을 종료한 이후에도 처치효과가 지속적으로 나타나는지를 조사하였다. 사후검사 결과와 사후검사 1년 후에 실시한 지연검사를 통하여 인지 발달 가속에 대한 지속효과와 성별에 따른 효과 그리고 사전검사의 인지수준에 따른 사후검사와 지연검사에서의 나타난 인지 발달 향상 정도를 분석하였다.

실험집단의 사후검사와 지연검사 결과 통제집단보다 실험집단에서 모두 인지수준이 유의미하게 향상되었다. 지연검사에서의 실험집단의 인지수준의 향상은 구체적 조작 후기와 과도기에 속하는 잠재군에서 형식적 조작기로의 인지 발달 가속이 특징적으로 이루어져서 나타난 결과이고, 반면에 통제집단에서는 과도기를 제외하고 구체적 조작기 내에서 자연적인 성숙에 의해 인지 발달이 일어난 결과로 나타났다.

성별에 따른 사후검사와 지연검사 결과, 남·여학생들 모두 통제집단과 비교해서 인지 발달 가속이 크게 일어났다. 사후검사에서는 여학생의 인지 발달 가속이 두드러졌고 형식적 조작기에 도달한 비율에서도 여학생이 더 높았다. 지연검사에서는 실험집단의 남·여학생이 거의 비슷하게 인지 발달 가속이 이루어졌으나 통제집단과 비교하여 남학생들이 더 큰 차이를 보였으며 형식적 조작기에 도달한 비율에서도 남학생이 더 높았다. 이러한 결과에 대해 보고된 두뇌 성장의 생리학적 패턴에 따른 설명을 시도하였는데 Thinking Science 프로그램을 적용했을 때 성별에 따라 적절한 연령대(여학생은 만 10~12세, 남학생은 만 14~15세)에서 효과가 나타남을 확인할 수 있었다.

Thinking Science 프로그램 적용에 의한 인지수준

에 따른 인지 발달 향상 정도는 사후검사에서 사전검사의 구체적 조작 초기와 후기에서 크게 나타났지만 프로그램 처치효과와 처치의 지속효과를 합한 지연검사에서는 구체적 조작 후기에서만 크게 나타났다. 이러한 사실은 특정 단계에서는 Thinking Science 프로그램을 통한 인지 발달 가속 효과가 종료 이후에도 지속성 있게 영향을 미쳤음을 알 수 있다.

이 연구를 통하여 형식적 조작기로의 인지 발달 가속 효과가 사후검사뿐 아니라 지연검사에서도 효과가 있음이 증명되었다. 그리고 Thinking Science 프로그램은 구체적 조작 후기에 있는 학생들에게 투입하는 것이 효과가 크고 지속적으로 이루어진다는 사실과 남·여학생들에게 각각 적절한 시기에 투입이 이루어지면 보다 효과적이라는 사실이 규명되었다. 그리고 Thinking Science 프로그램에서 중요한 전략으로 사용하고 있는 인지 갈등을 통한 학생 중심의 탐구 수업, 학생-학생 및 교사-학생의 상호작용이 활발하게 이루어지는 토론 수업, 교사의 메타인지적 질문을 통한 중재와 학생들의 반성적 사고를 통한 사고 개발을 위한 교수 학습 방법 등이 과학 교육 현장에서도 적극적으로 활용되도록 할 필요가 있다.

이렇게 하기 위해서는 인지 발달을 가속시킬 수 있는 내용을 과학 교과 과정 속에 포함시키거나 자연스럽게 스며들게 하여 형식적 조작 사고를 할 수 있는 학생들의 비율을 높일 수 있는 방법에 대한 교육과정상의 적극적인 고려가 필요하다. 형식적 조작 사고가 가능하게 되면 궁극적으로는 추상적인 과학 개념을 이해할 수 있게 되고 그럼으로써 과학에 대한 흥미를 배가할 수 있게 된다.

앞으로 Thinking Science 프로그램에 의한 인지 발달 가속 효과와 관련하여 프로그램을 경험한 학생들의 과학 성취도뿐 아니라 다른 교과(수학, 영어, 그리고 국어 등)의 성취도를 통제집단과 비교하여 특수전이와 일반전이 효과를 살펴보는 연구가 필요하다. 그리고 이러한 인지 발달 가속이 어떠한 과정을 통하여 혹은 어떠한 과정에서 인지 발달 가속 효과가 크게 일어나는지에 대한 인지 발달 가속 메커니즘을 규명할 필요가 있다. 인지 발달 가속의 과정에 대한 메커니즘의 규명을 하기 위해서는 이 프로그램에서 지향하고 있는 전략인 인지 갈등과 메타인지를 포함한 사회적 상호작용의 효과와 그 과정을 분석하는 연구가 필요하다.

이 논문은 2003년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

인용문헌

1. Kang, S. H.; Park, J. Y.; Jung, J. Y. *Chem. Educ.* **1999**, *43*, 578.
2. Moon, H. M.; Choi, B. S. *Chem. Educ.* **1987**, *14*, 116.
3. Park, J. Y.; Choi, B. S. *Chem. Educ.* **1996**, *23*, 335.
4. Adey, P.; Shayer, M. *Thinking science INSET*; Thomas Nelson and Sons Ltd.: London, U.K., 1995.
5. Adey, P. *Int. J. Sci. Educ.* **1988**, *10*, 121.
6. Adey, P.; Shayer, M. *J. Res. Sci. Teach.* **1990**, *27*, 267.
7. Shayer, M.; Adey, P. *J. Res. Sci. Teach.* **1992**, *29*, 81.
8. Shayer, M.; Adey, P. *J. Res. Sci. Teach.* **1992**, *29*, 1101.
9. Adey, P.; Robertson, A.; Verville, G. *Brit. Educ. Psychol.* **2002**, *72*, 1.
10. Jones, M.; Gott, R. *Int. J. Sci. Educ.* **1998**, *20*, 755.
11. Shin, Y. K. Korea National University of Education. **2003**.
12. Kim, S. J.; Choi, B. S. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **2005**, *25*, 111.
13. Choi, B. S.; Choi, M. H.; Nam, J. H.; Lee, S. K. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **2002**, *22*, 422.
14. Choi, B. S.; Han, H.; Kang, S. J.; Lee, S. K.; Kang, S. H.; Park, J. Y.; Nam, J. H. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **2002**, *22*, 837.
15. Nam, J. H.; Yoon, K. R.; Lee, S. K.; Hahn, I. *J. Kor. Chem. Soc.* **2002**, *46*, 569.
16. Shin, K. I.; Lee, S. K.; Shim, Y. K.; Choi, B. S. *J. Kor. Chem. Soc.* **2003**, *47*, 165.
17. Iqbal, H. M.; Shayer, M. *J. Res. Sci. Teach.* **2000**, *37*, 259.
18. Kuusela, J.; Hautamaki, J. *Proceeding from the 10th international conference of thinking*; Harrogate, UK., 2002.
19. Wylam, H.; Shayer, M. *CSMS Science Reasoning Tasks*; NFER Publishing Co.: NY, 1980.
20. Adey, P.; Shayer, M. *Really raising standards*; Routledge: London, U.K., 1994.
21. Epstein, H. T. *Develop. Psychol.* **1980**, *13*, 629.
22. Epstein, H. T. *J. Educ. Psychol.* **1990**, *82*, 876.
23. Hudspeth, W. J.; Pribram, K. H. *J. Educ. Psychol.* **1990**, *82*, 881.
24. Epstein, H. T. *Brain and Cognition.* **2001**, *45*, 44.
25. Kwon, Y. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **1998**, *18*, 427.
26. Kwon, Y.; Lawson, A. E.; Chung, W.; Kim, Y. *J. Res. Sci.* **2000**, *37*, 1171.