

중학교에서 공-막대 모형을 이용한 수업의 효과 분석

진희자¹ · 박광서 · 김동진 · 김경미 · 박국태*

¹휘경여자중학교

한국교원대학교 화학교육과

(2003. 5. 22 접수)

Analysis of the Effects of Teaching Method Using Ball-and-Stick Models in the Middle School

Hee-Ja Jin¹, Kwang-Seo Park, Dong-Jin Kim, Kyong-Mee Kim, and Kuk-Tae Park*

¹Hwi Kyung Girl's Middle School, Seoul 130-874, Korea

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

(Received May 22, 2003)

요 약. 이 연구는 중학교 과학 교과서에 제시된 물질과 관련된 개념 이해에 대한 문제점을 분석하여 개선 방안을 제시하는데 목적이 있다. 연구를 위하여 과학 교과서 중 관련 단원 내용을 분석하여, 공-막대(ball-and-stick) 모형을 개발하고 이를 이용한 수업의 효과를 분석하였다. 연구 대상은 서울 지역 여자 중학교 2학년 130명이며, 전통적인 강의식 수업과 공-막대 모형을 이용한 수업의 효과를 중학생들의 인지 수준에 따라 살펴보았다. 수업 전에는 학습자의 특성을 알아보기 위해 논리적 사고력 검사를 실시하였고, 수업 후에는 개념 검사, 과학에 관련된 태도 검사 등을 실시하였다. 그리고 10개월 후에 파지 효과를 알아보기 위해 개념 검사를 다시 한번 더 실시하였다. 연구 결과에 의하면 공-막대 모형을 이용한 수업을 실시한 실험 집단이 과학 개념의 이해도와 파지 효과에서 유의미하게 높은 효과가 있었으며, 또한 과학에 대한 태도와 과학 교과에 대한 태도에서 모두 긍정적인 효과가 있었다. 그리고 인지 수준별로는 구체적 조작기의 학습자에게서 파지 효과가 높았다. 이러한 연구 결과로 볼 때, 구체적 조작기와 과도기가 많은 중학생들에게는 모형을 이용하여 직접 조립하고 구체적으로 물질의 형태를 만들어 보도록 하는 것이 학습 흥미도를 높여 주며, 물질이라는 거시 세계와 원자라는 미시 세계를 연결시켜 주어 학생들이 올바른 과학 개념을 형성하는데 효과적인 것으로 생각된다.

주제어: 물질, 개념, 교수법, 공-막대 모형, 인지수준, 파지효과

ABSTRACT. The purpose of this study was to analyze the controversial points in the concepts of materials in the science textbook of middle school and to provide alternatives of teaching method. For this study, units in connected textbooks were analyzed and the teaching method using ball-and-stick models was developed. The subjects were 130 second graders from a middle school in Seoul, Korea. It aimed to compare the effectiveness of using ball-and-stick models for lesson with the one of traditional lessons, in learning concepts concerning materials by cognitive levels and to investigate the difference of scientific concept formation about concepts concerning materials by their cognitive levels between experimental group and control group by using concept formation questionnaires. Before the instructions, a short-version GALT was administered. After instructions, the posttest of concepts and attitude test connected with science subject were administered, and 10 months later, the posttest of concepts was administered to analyze the long-term memory effects. According to the results, the experimental group using the ball-and-stick models had significantly higher scores at conceptual understanding and long-term memory effects than the control group and improved the attitude relevant to science

subject, and also had affirmative effects in attitude for science and science work. When analyzing the results according to the cognitive level, the long-term memory effects was high in the concrete operational stage students. From the results of this study, middle school students that are more concrete operational stage and transitional stage than formal operational stage elevates interesting in studying by using ball-and-stick models and making material form concretely. It would be effective in helping the students develop the correct concepts by connecting real world as materials and the particle world as atom.

Keywords: Materials, Concepts, Teaching Method, Ball-and-Stick Model, Long-Term Memory Effect, Cognitive Level

서 론

화학을 물질의 성질, 구조 및 변화, 그리고 변화에 따른 에너지의 발산과 흡수 및 재분배 등을 연구하는 학문이라고 한다면, 가장 기본이 되는 것은 물질이라 할 수 있다. 미시적인 관점에서 본다면, 물질을 이루고 있는 기본 입자인 원자와 분자에 대한 개념 형성은 매우 중요하다고 할 수 있다.

과학사적으로 살펴보면 원소의 정의는 고대 그리스의 철학적인 관점에서 시작하여 Boyle, Lavoisier, Dalton 등을 거쳐 현대에 이르기까지 많은 변화를 겪어 왔다. 원자는 원소와 서로 혼동되다가 Dalton에 이르러 비로소 구별이 되었다고 볼 수 있다. 그 이후 현대에 와서는 원소를 “동일한 양성자수를 갖는 입자로 이루어진 물질”로 정의하고, 원자를 “양성자, 중성자, 전자로 구성된 전기적으로 중성인 단위 입자”로 정의하고 있다.^{1,2}

물질과 분자, 원자 등의 개념 형성이 어렵다는 것은 이 개념을 처음 학습하게 되는 많은 나라들의 학생들에게 공통적으로 나타나는 현상이다.^{3,4} 우리나라의 중·고등학교 학생들 역시 물질의 기본적인 성질을 원자, 분자 개념과 관련시켜 이해하는 데 많은 어려움이 있으며,⁵ 원자와 분자에 관한 정확한 개념이 형성되지 않은 상태에서 상위 개념을 학습하게 됨으로써 많은 학생들이 과학을 어려워하고 고학년으로 갈수록 과학에 관한 흥미와 관심이 줄어들게 되며, 화학을 공부할 때 내용의 의미를 이해하려 하기보다는 암기에 의존하는 것이다.⁶⁻⁸ 또한, 많은 학생들이 과학을 싫어하는 이유로 교과서의 내용을 어려워하고 있는데, 이는 현재의 교과서가 학생들의 인지 수준 이상으로 어렵다는 것을 말한다. 특히, 이해가 안 되어 무작정 암기했던 교과서의 내용들 중에 원소나 원소기호, 원자모형과 화합물의 성분비, 분자식과 화학 반응식이 포함되어 있어 물질 관련 개념을 어려워하고 있다.⁸

중학교 과학 교과서의 내용이 배우는 학생들의 인지 요구도에 적절한가를 알아 본 결과, 학생들의 인지 수준보다 더 높은 수준으로 서술되어 있는 개념들이 많으므로, 교육과정 개발 측면에서 중학교 과학 교과서의 내용이 우리나라 중학생들의 인지 수준에 맞게 구성되어야 하며, 교수·학습 측면에서 학생들의 인지 수준을 고려한 교수 방법을 개발하여야 한다고 제안하였다.⁹

교육 현장에서 교과서는 매우 중요한 역할을 한다.¹⁰ 즉, 어느 교과를 막론하고 교과서는 수업의 가장 중심이 되는 학습 교재로, 교사들은 교과서의 조직 순서에 따라 수업을 하고 있으며, 교과서에 실린 자료나 실험, 관찰들을 우선적으로 실시하고 있다. 제6차 교육과정에 의한 대부분의 중학교 과학 교과서들¹¹⁻¹⁶은 물질 단원에서 볼트와 너트, 핀과 고리를 사용하여 화합물의 모양과 물질의 구성에 대한 일정한 성분비의 법칙과 질량 보존의 법칙을 설명하고는 있으나, 다양한 물질 관련 개념을 설명하기에는 매우 부족하다. 특히, 학생들의 인지 수준을 고려하면 사진 자료만으로는 올바른 개념을 형성하기에는 어려운 것이다.

Bruner의 관점에서 보면, 어떤 교과라 할지라도 표현 방식이 지적으로 올바르다고 하면 어떤 발달 단계에 있는 학생에게도 효과적으로 가르칠 수 있는 것이다.¹⁷ 이는 표현 방식을 중요하게 생각하고 있으며, 같은 개념이라도 표현 방식에 따라 학생들의 이해 정도가 달라질 수 있다는 것이다. 모형을 사용하여 직접 조립하도록 하면 3차원의 결집 구조에 관한 이해를 훨씬 더 잘 할 수 있으며,¹⁸ 또한 다양한 분자 모형을 스티로폼 공을 이용하여 교사가 직접 제작하여 교수·학습에 이용하는 방법¹⁹도 이런 관점에서 학습자의 이해를 돕는 하나의 방법이라 할 수 있다. 그리고 각종 스포츠에 사용되는 공을 이용하여 원자의 크기 및 공유 반경, 이온 반경의 크기를 설명하고 비교함으로써 교수·학습 효과를 얻을 수 있는데,²⁰ 이는 실제로 관찰할 수 없는 원자를

공이라는 모형을 이용하여 설명함으로써 개념 형성에 효과적이라는 것을 알 수 있다.

따라서 이 연구에서는 중학교 2학년 과학의 물질의 구성 단위 중에서 화합물, 원소와 원자, 분자의 개념에 관한 12차시에 관하여 교과서에 제시된 그림 자료 대신에 물질에 관한 개념을 명확히 해 줄 수 있는 공-막대(ball-and-stick) 모형을 이용한 수업을 실시하고, 기존의 교과서에 제시된 그림 자료를 활용한 언어적 설명 위주의 수업과 비교하여, 개념 이해 정도와 파지 효과, 과학에 관련된 태도 등에 어떠한 영향을 주는가를 분석하고자 하였다.

연구 방법

연구 대상 및 시기. 서울에 위치한 여자 중학교 2학년 학생을 대상으로 전통적인 수업 집단인 통제 집단 2개 반과 공-막대 모형을 이용한 수업 집단인 실험 집단 2개 반을 선정하였다. 두 집단의 동질성을 알아보기 위해 2학년을 분반 배치한 과학 성적 분포로 1-검증을 실시한 결과, 통제 집단과 실험 집단 사이에는 통계적으로 유의미한 차이가 없으므로($p > 0.05$), 두 집단을 동질 집단으로 간주하였다(Table 1).

연구 단원인 물질의 구성 단위에 배당된 전체 수업 시간은 30시간이었고, 2001년 3월 말부터 2001년 4월 말까지 수업을 실시하였으며, 공-막대 모형을 이용한 수업은 4월 중순에 총 12차시에 걸쳐 실시하였다.

연구 절차. 중학교 2학년 과학 교과서 분석을 통하여 학습할 내용을 선정하고, 공-막대 모형을 개발하였으며, 사전에 분반 배치 성적을 조사하여 동질 집단을 표집하였다. 첫 시간에 통제 집단과 실험 집단에 각각 전통

Table 1. Results of t-test on the score of the previous science achievement test by group

Group	N	M	SD	t	p
Control	65	73.76	12.68	-0.227	0.821
Experimental	65	74.27	12.98		

*Perfect score is 100.

Table 2. Item of the concept concerning material in mid-term examination

Concept	Number	Content
Atom	1	The atomic theory of Dalton
Molecule	2	The molecular theory of Avogadro
Chemical formula	3	The element, atom and molecule is shown by its chemical formula

적 수업과 공-막대 모형을 이용한 수업에 대하여 소개하였다. 물질의 구성 단위에 배정된 총 30차시 동안 공-막대 모형을 이용한 수업은 12차시 동안 실시하였다. 실험 집단은 9차시 동안은 교사가 전통적 수업과 함께 원자와 분자 등을 모형으로 조립하여 보여주며 이해를 도왔으며, 10차시부터 12차시까지는 공-막대 모형을 학생들이 직접 조립하여 물질의 구조 및 상태 변화에 관한 현상을 설명하도록 하였다. 수업 치치 후에는 원소, 원자, 분자, 화합물 등에 대한 사후 개념 검사로 중간고사의 관련 문항에 대한 결과를 분석하였다. 그리고 과학에 관련된 태도 검사를 실시하였으며, 10개월 후에는 다시 한번 더 중간고사의 물질 관련 문항과 개발한 개념 검사지로 파지 효과를 알아보았다.

검사 도구. 논리적 사고력 측정 검사지는 12문항으로 구성된 GALT 축소본(short-version group assessment of logical thinking)을 우리말로 번역한 것²¹⁾을 사용하였으며, 검사의 소요 시간은 45분을 원칙으로 하였다. 사후 개념 검사 도구는 두 가지인데, 하나는 과학 교사들이 만든 중간고사 문항으로 물질 관련 문항의 내용을 정리하면 Table 2와 같다.

또 다른 사후 개념 검사 도구는 연구의 취지에 맞게 개발하여 화학 교육이 전공인 중·고등학교 과학교사 10명으로부터 내용 타당도(88.7%)를 검증 받은 것으로, 검사 문항 내용을 정리하면 Table 3과 같다. 이 검사지는 10개월 후에 학습자의 파지 효과를 알아보기 위하여 사용하였으며, 신뢰도(Cronbach's alpha)는 0.69로 내적 일관성이 있었다.

과학과 관련된 태도 검사 문항지는 한국교원대학교 수업모형 연구팀이 개발한 것으로, 과학에 대한 태도, 과학 교과에 대한 태도, 과학적 태도 등 세 영역으로 구분하여 각 9문항씩 총 27문항으로 구성되어 있는 것²²⁾으로 각 문항은 리커트 척도(Likert scale)로 되어있다. 과학에 관련된 태도 검사지의 신뢰도(Cronbach's alpha)는 0.82이었다.

수업 내용에 따른 공-막대 모형 이용 수업. 실험 집단에게는 공-막대 모형을 이용하여 원자와 분자, 화합

Table 3. Item of the concept for posttest

Concept	Number	Content
Element	1	The understanding of the element
	2	The explaining of the element
Atom	3	The understanding of the atom
	4	The understanding of the molecule
Molecule	5	The molecule is shown by its molecular formula
	6	The explaining of the molecule
Compound	7	The understanding of the compound
	8	The explaining of the compound
	9	The understanding of the molecule in the compound
	10	The molecule is shown by its chemical formula

불, 혼합물 외에 화학 반응이 일어나는 것도 조립하여 보여주면서 설명하였으며, 직접 조립하여 설명하도록 하는 방식을 택하였다. 통제 집단은 실험 집단과 수업 계열은 동일하게 하되, 교과서에 있는 그림 자료를 이용하여 설명하는 전통적인 수업 방식을 택하였다.

자료의 분석. 공-막대 모형을 이용하여 수업한 실험 집단과 전통적인 강의식 수업을 한 통제 집단과의 차이 점을 분석하기 위하여, 사후 개념 검사에 대한 t-검증을 실시하였고, 인지 수준별로도 t-검증을 실시하였다. 그리고 과학과 관련된 태도의 변화를 분석하기 위한 과학과 관련된 태도 검사에 관해서도 t-검증을 실시하였다.

연구 결과 및 논의

공-막대 모형 개발

중학생들의 인지 발달 단계가 구체적 조작기와 과도기가 많으므로,²³ 도표와 그림이나 사진을 이용한 설명만으로는 올바른 과학 개념을 형성하기가 어렵다. 따라서 이 연구에서 물질이라는 거시 세계와 원자라는 미시 세계를 연결시켜, 중학생들이 올바른 과학 개념을 형성할 수 있도록 공-막대 모형을 이용하여 직접 조립하고, 구체적으로 물질의 형태를 만들어 볼 수 있는 10개의 공-막대 모형을 개발하였다. 이를 Table 4에 나타내었다.

중학교 과학 교과서의 대부분은 전자 현미경으로 촬영한 여러 원소의 결정 사진을 참고 자료로 제시하고 있다.^{15,20} 그러나 이 사진들은 입체적인 모습이 아니며 평면 구조로 되어 있어 중학생들에게 원소는 평면으로 되어 있다는 오개념을 불러일으킬 수 있다(Fig. 1). 또한, 구와 볼드 빛 너트를 사용하여 탐구 활동을 하게 함으로써 일정 성분비의 법칙과 질량 보존의 법칙을 설명하게 하고 있으나, 중학생들에게는 실제 물질의 구조를

Table 4. Developed ball-and-stick models

Concept	Ball-and-stick model
Element	Gold
	Silicon
The law of combining volumes	Copper oxide
	Hydrogen chloride
	Water-vapor
Molecule	Water-vapor, water, ice
The law of definite proportions	Magnesium oxide
Compounds and mixtures	Ethyl alcohol
Chemical bonding	The model structure of graphite
	The model structure of diamond

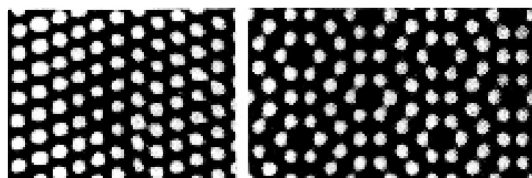


Fig. 1. Atomic structures of gold and silicon in the science textbook.¹⁵

다시 한번 추상적으로 생각하게 함으로 중학생들의 인지 수준에 비추어 적당하지 않다. 그 밖에 2개 이상의 같은 원자로 이루어진 기체 분자들을 그림으로 제시하고 있어, 은연중에 중학생들에게 모든 물질이 기체 상태의 분자 구조로 존재한다는 오개념을 심어 줄 수가 있다.

이 연구에서 개발한 공-막대 모형의 예를 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2의 모형을 이용하면 분자들의 개수를 파악하여 분자의 수를 포함한 분자식으로 나타낼 수 있

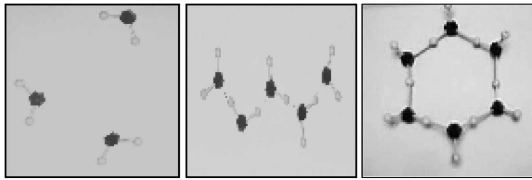


Fig. 2. Developed ball-and-stick models of water-vapor, water, and ice.

나. Fig. 2에서 수증기는 3H₂O로 나타내며, 물은 5H₂O, 얼음은 6H₂O로 표현되어지고, 상태는 달라져 분자식은 같음을 설명할 수 있다. 또한, 상태의 변화는 분자들의 간격과 규칙적인 배열의 차이에 따른 것이며, 구성하는 원자의 차이에서 오는 것이 아님을 설명할 수 있다. 그리고 어떤 상태이든지 분해를 하면 모두 수소 원자와 산소 원자로 되어, 수증기, 물, 얼음의 고유한 성질을 잃어버린다는 것을 설명할 수 있다.

공-막대 모형을 이용한 수업의 효과

개념 이해도에 미치는 효과 분석. Dalton의 원자설에 입각한 원자와 원소, 화합물의 개념 이해도와 분자 개념의 이해도를 알아보기 위하여 사후 개념 검사를 실시하였다. 사후 개념 검사는 중간고사를 통해 실시하였으며, Dalton의 원자설, Avogadro 법칙에서의 분자 개념 이해, 원소와 원자, 분자를 화학식으로 표현하는 분량을 객관식으로 출제하였다. 실험 집단과 통제 집단의 사후 개념 검사 점수를 이용해 t-검증을 실시한 결과, 모형을

Table 5. Results of t-test on the posttest score of concepts concerning material in mid-term examination

Group	N	M'	SD	t	p
Control	65	4.62	4.76	3.033	0.003**
Experimental	65	7.20	4.96		

*Perfect score is 12. **p < 0.05.

Table 6. Results of t-test on the posttest score of each concept concerning material in mid-term examination

Concept	Group	N	M'	SD	t	p
Atom	Control	65	2.22	2.00	2.644	0.009**
	Experimental	65	3.08	1.70		
Molecule	Control	65	1.66	1.99	1.943	0.05
	Experimental	65	2.34	1.99		
Chemical formula	Control	65	0.74	1.56	3.318	0.001**
	Experimental	65	1.78	2.00		

*Perfect score is 4. **p < 0.05.

이용한 수업이 개념 형성에 효과적이었다(Table 5).

원자, 분자, 화학식에 대한 분항별 분석 결과는 Table 6에 나타나 있다. Table 6을 분석해보면, 실험집단이 검사 문항 모두 유의미한 효과가 있어, 입자성을 강조한 수업이 과학 개념 학습에 효과적이라는 선행 연구²⁾와 같은 결과임을 알 수 있다. 또한, 눈으로 직접 볼 수 없는 미시 세계의 입자 구조는 모형으로 조립해보면, 중학생들의 이해가 증진되어 거시 세계인 물질과 연관 지어 올바른 과학 개념을 형성하는데 효과적임을 보여주는 것이다.

인지 수준별 파지 효과 분석. 사후 개념 검사를 실시하고 10개월이 지난 후에 기억의 파지에 미치는 효과를 알아보기 위해 개발한 개념 검사지를 이용하여 인지 수준별로 파지 효과를 분석한 결과, 분항별로 차이가 있음을 알 수 있다(Table 7).

Table 7을 살펴보면, 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것은 원소에 관한 문항 1, 2, 3과, 화합물에 관한 문항 8과 9로, 원소 개념의 이해, 원소의 설명, 분자를 화학식으로 설명하는 내용과, 물질로서의 화합물의 설명과 화합물에서 분자 개념을 이해하고 있는지를 알아보는 문항이다. 이러한 결과는 공-막대 모형을 이용하여 원소와 화합물을 설명한 수업이 효과가 있었음을 나타내 주는 것이다.

Table 7에서 유의미한 효과가 있는 분항에 대하여 인지 수준별로 파지 효과를 분석한 결과가 Table 8에 나타나 있다.

Table 8의 결과를 보면, 구체적 조작기의 중학생들이 많은 문항에서 파지 효과가 높았다. 즉, 문항 2, 3, 9, 10은 구체적 조작기의 중학생들에게 유의미한 효과가 있음을 보여준다. 이 분항들은 원소를 설명하고 분자의 개수와 연관시켜 분자식으로 표현하는 것들로, 구체적 조작기의 중학생들이 모형을 조립하고 설명하는 과정을 통해 화학식에 관한 개념이 구체적으로 형성되었음

Table 7. Results of t-test on the long-term memory effect of each concept in posttest

Number	Group	N	M	SD	t	p
1	Control	65	0.74	1.56	3.318	0.001*
	Experimental	65	1.78	1.96		
2	Control	65	2.22	2.00	3.558	0.001*
	Experimental	65	3.32	1.51		
3	Control	65	1.48	1.95	3.066	0.003*
	Experimental	65	2.52	1.95		
4	Control	65	1.78	2.00	0.175	0.861
	Experimental	65	1.72	2.00		
5	Control	65	1.17	1.83	1.109	0.270
	Experimental	65	1.54	1.96		
6	Control	65	2.15	2.01	0.000	1.000
	Experimental	65	2.15	2.01		
7	Control	65	1.72	2.00	1.582	0.116
	Experimental	65	2.28	2.00		
8	Control	65	2.83	1.83	2.155	0.033*
	Experimental	65	3.45	1.39		
9	Control	65	0.98	1.74	3.359	0.001*
	Experimental	65	2.09	2.01		
10	Control	65	2.71	1.89	0.368	0.713
	Experimental	65	2.58	1.93		

*Perfect score is 4. **p < 0.05.

을 의미하는 것이다. 한편, 높은 이해력이 요구되는 원소 개념의 이해에 관한 문항 1은 형식적 조작기의 중학생들에게 유의미한 효과가 나타났다.

이 연구에서 파지 효과를 알아보기 위하여 사후 개념 검사를 실시한 시점이 수업 처치 후 10개월이 지났음을 생각할 때, 공-막대 모형을 이용한 수업이 실험 집단의 인지 수준과 검사 문항의 이해력 요구 정도에 따라 파지 효과에 미치는 영향이 다르다고 할 수 있다. 즉, 검사 문항의 내용이 높은 이해력을 요구하는 경우에는 형식적 조작기의 중학생들에게, 검사 문항의 내용이 일면적인 이해력을 요구하는 경우에는 구체적 조작기의 중학생들에게 파지 효과가 크다는 것을 알 수 있었다.

과학과 관련된 태도에 미치는 효과 분석

개발한 공-막대 모형을 이용한 수업이 중학생들의 과학과 관련된 태도에 미치는 효과가 통제 집단과 실험 집단 간에 차이가 있는지를 분석하여 Table 9에 나타내었다.

Table 9의 결과에 의하면, 공-막대 모형을 이용한 수업이 중학생들의 과학에 대한 태도와 과학 교과에 대한 태도를 향상시키는 것으로 나타났다. 과학에 대한 태도란 과학의 신뢰성, 과학 지식의 절대성, 과학의 필요성,

과학에 대한 흥미를 나타내는 것이며, 과학 교과에 대한 태도는 교과에 대한 선호, 만족, 재미 및 과학 시간의 즐거움과 과학 수업에 대한 만족, 흥미, 재미 및 과학 수업 활동에 대한 만족 등을 표현하는 것이다. 날마다 컴퓨터를 이용하여 생활해야 하는 정보 통신 시대에 있어서 동영상에 이용하면 과학 개념 형성에는 도움을 주지만, 과학에 관련된 태도를 향상시키기 어렵다고 분석한 연구 결과²⁵와는 달리, 공-막대 모형을 이용한 수업은 과학에 대한 태도와 과학 교과에 대한 태도를 향상시킨다고 볼 수 있다. 그러나 과학적 태도는 향상시키지 못하는 것으로 나타났다. 이는 호기심, 준비성, 자신성, 적극성, 비판성, 판단 유보 등의 과학적 태도가 중학생 스스로가 설계한 수업이 아니기 때문에 향상되지 못하였다고 생각할 수 있다. 따라서 학생들 스스로가 공-막대 모형을 설계하고, 자유롭게 여러 가지 불질을 만들어 보게 하는 교수-학습 방법의 개발이 필요하다고 생각된다.

결론 및 제언

이 연구에서 여자 중학교 2학년생을 대상으로 과학 교과서의 물질의 구성 단원 중에서 눈에 보이지 않는 물

Table 8. Results of t-test on the long-term memory effect according to cognitive level of the concept having meaningful effect

Number	Cognitive level	Group	N	M*	SD	t	p
1	Concrete	Control	26	1.23	1.88	0.541	0.592
		Experimental	18	1.56	2.01		
	Transitional	Control	22	0.55	1.41	1.594	0.118
		Experimental	24	1.33	1.93		
	Formal	Control	17	0.24	0.97	2.822	0.008**
		Experimental	23	1.74	2.03		
2	Concrete	Control	26	1.85	2.03	0.147	0.000**
		Experimental	18	3.56	1.29		
	Transitional	Control	22	1.82	2.04	2.104	0.043**
		Experimental	24	3.00	1.77		
	Formal	Control	17	3.29	1.57	0.386	0.702
		Experimental	23	3.48	1.38		
3	Concrete	Control	26	1.23	1.88	3.378	0.002**
		Experimental	18	3.11	1.71		
	Transitional	Control	22	1.45	1.97	1.704	0.080
		Experimental	24	2.50	1.98		
	Formal	Control	17	1.88	2.06	0.925	0.757
		Experimental	23	2.09	2.04		
9	Concrete	Control	26	0.46	1.30	2.610	0.012**
		Experimental	18	1.78	2.05		
	Transitional	Control	22	0.91	1.72	1.669	0.102
		Experimental	24	1.83	2.04		
	Formal	Control	17	1.88	2.06	1.129	0.267
		Experimental	23	2.61	1.95		
10	Concrete	Control	26	2.92	1.81	1.910	0.004**
		Experimental	18	1.78	2.05		
	Transitional	Control	22	2.36	2.01	0.231	0.818
		Experimental	24	2.50	1.98		
	Formal	Control	17	2.82	1.88	0.861	0.396
		Experimental	23	3.30	1.55		

*Perfect score is 4, **p < 0.05.

Table 9. Results of t-test on the score of the science-related attitude

Item	Group	N	M*	SD	t	p
Attitude towards science	Control	65	27.09	3.57	1.986	0.049**
	Experimental	65	28.46	4.26		
Attitude towards science textbooks	Control	65	22.64	5.09	3.271	0.001**
	Experimental	65	25.86	6.07		
Scientific attitude	Control	65	30.96	3.36	0.808	0.420
	Experimental	65	30.51	3.14		

*Highest score is 45, **p < 0.05.

직에 관한 미시 세계의 구성을 이해할 수 있도록 공-막대 모형을 조립하고 설명하게 한 수업을 실시하고, 물질에 관한 개념 이해정도와 파지 효과, 과학에 관련된 태도 등에 어떠한 영향을 주는가를 분석하였다.

연구 결과에 의하면, 개발한 공-막대 모형을 이용한

수업을 실시한 실험 집단이 전통적인 수업을 실시한 통제 집단에 비해 물질에 관한 개념을 형성하는데 유의미한 효과가 있었다. 또한, 10개월이 지난 후의 파지 효과 검사에서 구체적 조작기의 중학생들에게서 파지 효과가 높았다. 또한, 인지 수준과 검사 문항의 이해력 요

구 정도에 따라 파지 효과에 미치는 영향이 달랐는데, 형식적 조작기의 중학생들은 높은 이해력을 요구하는 문항에서, 구체적 조작기의 중학생들은 일반적인 이해력을 요구하는 문항들에서 파지 효과를 나타내었다. 그리고 공-막대 모형을 이용한 수업이 과학에 대한 태도와 과학 교과에 대한 태도에서 모두 긍정적인 효과가 있었다.

중학생들의 인지 발달 단계가 구체적 조작기와 과도기의 수준이 대부분이므로, 공-막대 모형을 이용한 수업은 교과서에 제시된 그림이나 사진 및 동영상을 이용하는 수업에 비하여, 여러 가지 물질의 형태를 직접 만져 볼 수가 있다는 점에서 중학생들의 인지 수준을 고려한 교수-학습 방법이라 할 수 있다. 그리고 이러한 수업은 과학 수업에 대한 흥미를 높여 주고, 거시 세계와 미시 세계를 연결시켜 줌으로써 중학생들이 물질에 관한 올바른 과학 개념을 형성하게 할 수 있도록 하며, 형성된 과학 개념을 오래 동안 기억 할 수 있도록 하기 때문에 파지 효과가 높다. 또한, 과학 교과에 대한 태도와 과학에 대한 태도에 긍정적인 효과를 갖도록 한다. 그러므로 공-막대 모형을 직접 조립하고 설명하게 하는 교수-학습 방법이 물질에 관한 올바른 과학 개념 형성을 위하여 교육 현장에서 많이 활용되기를 바란다.

인용 문헌

1. Roundy, W. H. *J. Chem. Educ.* **1989**, *66*, 729.
2. Paik, S.-H.; Ryu, O.-H.; Kim, D.-U.; Park, K.-T. *J. Kor. Chem. Soc.* **2001**, *45*, 357.
3. Lee, O.; Eichinger, D. C.; Anderson, C. W.; Berkheimer, G. D.; Blakeslee, T. D. *J. Res. Sci. Teach.* **1993**, *30*, 249.
4. Maskill, R.; Cachapuz, A. F. C.; Koulaidis, V. *Int. J. Sci. Educ.* **1997**, *19*, 631.
5. Lee, K.-Y.; Moon, J.-D.; Moon, S.-B. *Chem. Educ. of Kor. Chem. Soc.* **1997**, *24*, 357.
6. Hur, M. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **1993**, *113*, 334.
7. Song, J.-W.; Park, S.-J.; Jang, K.-A. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **1992**, *12*, 109.
8. Kang, D.-H.; Paik, S.-H.; Park, K.-T. *J. Kor. Chem. Soc.* **1998**, *25*, 207.
9. Kang, S.-H.; Park, J.-Y.; Jeong, J.-Y. *J. Kor. Chem. Soc.* **1999**, *43*, 578.
10. Kim, H.-J.; Kim, Y.-G.; Park, H.-J. *J. Kor. Chem. Soc.* **1999**, *43*, 552.
11. Woo, G.-H.; Hong, J.-B.; An, T.-I.; Kwon, B.-D.; Jin, H.-W.; Sohn, Y.-J.; Lee, P.-Y.; Jeon, S.-Y. *Middle School Science 2*; Cheonjae Education Publishing: Seoul, Korea, 1997; pp. 38-51.
12. Kang, Y.-H.; Cho, W.-G.; Kwon, S.-I.; Na, I.-S.; So, H.-G.; Lee, M.-H.; Yoon, K.-S.; Ha, H.-M.; Seo, P.-W.; Kim, J.-K.; Lee, Y.-M.; Mok, C.-S. *Middle School Science 2*; Dusan Donga Publishing: Seoul, Korea, 1997; pp. 37-54.
13. Kwon, J.-S.; Kim, B.-K.; Choi, B.-S.; Hyun, J.-O.; Lee, K.-J.; Lim, K.-I.; Jeong, J.-W.; Lee, Y.-W.; Hong, S.-I. *Middle School Science 2*; Hansam Publishing: Seoul, Korea, 1997; pp. 47-66.
14. Kim, S.-J.; Jeong, W.-H.; Han, B.-S.; Woo, J.-O.; Lee, J.-M.; Lim, K.-B.; Jeong, G.-H.; Min, K.-D.; Koo, C.-H.; Lee, K.-S.; Choi, D.-H.; Kim, B.-K.; Lee, S.-J.; Park, B.-I. *Middle School Science 2*; Kumsung Publishing: Seoul, Korea, 1997; pp. 43-55.
15. Kim, J.-G.; Lee, K.-M.; Hur, D.; Kim, T.-J.; Jeong, M.-H.; Lee, K.-S.; Kim, B.-K.; An, T.-G.; Kim, Y.-K.; Kim, S.-W.; Jeok, I.-H.; Park, B.-H. *Middle School Science 2*; Jihaksu Publishing: Seoul, Korea, 1997; pp. 41-52.
16. Song, I.-M.; Lee, C.-W.; Oh, J.-J.; Choi, S.-N.; Park, Y.-C.; Moon, H.-T.; Woo, Y.-K.; Kwak, J.-H. *Middle School Science 2*; Kyohaksa Publishing: Seoul, Korea, 1997; pp. 41-52.
17. Lee, H.-W., Transl. *The Process of Education*; Baeyoung Publishing: Seoul, Korea, 1989.
18. Kidahl, N. K.; Berka, L. H.; Bonder, G. M. *J. Chem. Educ.* **1986**, *63*, 62.
19. Birk, J. P.; Foster, J. *J. Chem. Educ.* **1989**, *66*, 1015.
20. Pinto, G. *J. Chem. Educ.* **1998**, *75*, 725.
21. Choi, Y.-J.; Lee, W.-S.; Choi, B. *S. J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **1985**, *5*, 1.
22. Kwon, J.-S.; Kim, B.-K., Eds. *The Test of the Science-related Attitude*; Korea National University of Education: Korea, 1994.
23. Choi, B.-S.; Hur, M. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **1987**, *7*, 19.
24. Gabel, D. L. *J. Chem. Educ.* **1993**, *70*, 193.
25. Paik, S.-H.; Kim, J.-G. *J. Kor. Chem. Soc.* **2002**, *46*, 456.