

# 다중 표상 학습에 적용한 그리기와 쓰기에서 시각적 정보의 형태에 따른 교수 효과

강훈식 · 이성미 · 노태희\*

서울대학교

## The Instructional Effect of Varying Visuals in Drawing and Writing Applied to Learning with Multiple Representations

Kang, Hun Sik · Lee, Sung Mi · Noh, Tae Hee\*

Seoul National University

**Abstract:** This study investigated the effects of varying visuals in drawing and writing as methods to assist students in connecting and integrating multiple external representations provided in learning the particulate nature of matter. Seventh graders (N=233) at a coed middle school were assigned to control, static drawing (SD), dynamic drawing (DD), static writing (SW), and dynamic writing (DW) groups. The students were taught about “Boyle’s Law” and “Charles’s Law” for two class periods. Two-way ANCOVA results revealed that the scores of a conception test for the two drawing (SD, DD) groups and the two writing (SW, DW) groups were significantly higher than those for the control group. Within the writing groups, students of lower spatial visualization ability in the DW group scored significantly higher than those in the SW group. However, no significant differences were found in the scores of the conception test for the two drawing (SD, DD) groups regardless of students’ visualization ability. Researchers also found that most students in both DD and DW groups had respectively positive perceptions of dynamic visuals in drawing or writing.

Key words: multiple representations, drawing, writing, static visual, dynamic visual, spatial visualization ability

### I. 서 론

화학은 물질에 관한 학문으로 여러 화학 개념을 이해하기 위해서는 물질의 입자적 성질에 대한 이해가 선행되어야 한다(Singer *et al.*, 2003). 그러나 감각 기관을 통해 확인할 수 없는 입자의 추상성 때문에 많은 학생들은 수업을 받은 이후에도 여전히 물질의 입자성을 이해하는데 어려움을 겪고 있으며, 이로 인해 여러 화학 개념들에 대해 다양한 오개념을 가지고 있다(유승아 등, 1999; Ardac & Akaygun, 2004). 이에 입자 수준에서의 화학 개념 이해를 촉진시키기 위해 글, 그림, 궤도, 애니메이션, 입자 모형 등과 같은 다양한 외적 표상들을 제공하는 교수법들이 제안되었다(Ardac & Akaygun, 2005; Noh & Scharmann, 1997).

다양한 외적 표상들은 각각 서로 다른 정보를 제공

할 뿐만 아니라 서로 다른 인지 과정을 유도하므로, 이들을 함께 제공하는 것(다중 표상 학습)은 특정 표상에 대한 잘못된 해석을 방지해 주고 추상적인 개념을 심층적으로 이해할 수 있게 해준다(Ainsworth, 1999). 이런 점을 고려하여 최근에는 물질의 입자성이 강조되는 화학 개념의 이해를 돕기 위한 방법으로 다중 표상 학습이 활용되고 있다(Ardac & Akaygun, 2004; Seufert, 2003). 그러나 학생들은 다양한 외적 표상들을 제공받으면 이 표상들을 연계하고 통합해야 하는 등의 여러 문제에 직면하게 되는데(Ainsworth *et al.*, 1998), 많은 학생들이 이런 문제를 성공적으로 해결하지 못하는 것으로 보고되고 있다(Ainsworth, 1999; Kozma & Russell, 1997). 그러므로 다중 표상 학습이 효과를 거두기 위해서는 학생들이 효과적으로 다양한 외적 표상들을 연계하고, 이를 자신의 사전 개

\*교신저자: 노태희(nohth@snu.ac.kr)

\*\*2005.09.20(접수) 2006.02.21(1심통과) 2006.04.11(2심통과) 2006.04.13(최종통과)

념과 통합하도록 도와줄 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다(Ainsworth, 1999; Ardac & Akaygun, 2004; Seufert, 2003).

학생들이 언어적 정보에 대한 자신의 정신 모형을 그림으로 그린 후 시각적 정보를 제공받는 활동(이하 '그리기'로 칭함)과 시각적 정보에 대한 자신의 정신 모형을 글로 쓴 후 언어적 정보를 제공받는 활동(이하 '쓰기'로 칭함)은 이를 위한 하나의 방안이 될 수 있다(강훈식 등, 2005). 그리기와 쓰기는 제공된 정보에 대한 학생 자신의 정신 모형을 다른 표상의 형태로 표현하게 함으로써 자신의 정신 모형에 대해 반성적으로 사고하게 한다. 따라서 학생들은 그리기와 쓰기를 통해 시각적 정보와 언어적 정보를 보다 효과적으로 통합시킬 수 있을 것이다.

다중 표상 학습에서 학생들에게 제공되는 시각적 정보의 형태는 크게 정화상과 동화상으로 나눌 수 있다. 공간 정보를 주로 표현하는 정화상과 달리 동화상은 물체의 운동과 운동하는 물체가 그리는 궤적도 함께 보여주므로 정화상보다 정보를 좀 더 구체적이고 정확하게 묘사할 수 있다. 이중 부호화 이론(dual coding theory; Paivio, 1986)에 의하면 한 가지 정보가 시각적 체계와 언어적 체계에 의해 동시에 처리되는 정도는 정보의 형태에 따라 달라지며, 정보가 구체적이고 상상하기 쉬운 경우 학생들이 두 체계를 이용하여 받아들인 정보를 장기 기억 내에 쉽게 부호화시킨다고 한다. 따라서 동화상은 정화상에 비해 이중 부호화될 가능성이 상대적으로 높으며(이수경, 1998), 이로 인해 동화상은 개념의 이해, 특히 움직임과 관련된 개념의 이해에 효과적인 것으로 보고되고 있다(이수경, 1998; Ardac & Akaygun, 2005). 이에 반해, 인지적 부담 이론(cognitive load theory)에 근거하여 동화상이 학습에 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 주장도 제기되고 있다(van Merriënboer et al., 2002). 즉, 동화상의 일시적이고(transitory) 복잡한 속성이 학생들이 정화상보다 동화상으로부터 정보를 뽑아내고 자신의 인지 구조에 통합하는데 인지적 부담을 주거나 정보를 의미 있게 처리하는 과정에 참여하는 정도를 감소시킬 가능성이 있다(Lewalter, 2003; Lowe, 2003). 이처럼 시각적 정보의 형태(정화상/동화상)에 따른 교수 효과에 대해서는 일관되지 않은 주장이 제기되고 있다. 이런 점들을 고려해 볼 때, 시각적 정보를 제공하는 그리기와 쓰기에서도 시각적 정보의 형태에 따라 그 교수 효과가 다를 것으로 기대된다. 그러나 지금까지 이에 대해 조사한 연구는 진행된 바 없다.

한편, Wu와 Shah(2004)는 시각적 정보를 제공하는 학습에서는 학생들이 올바른 정신 모형을 형성하

는데 공간 시각화 능력이 요구되므로 이 능력에 따라 학습 효과가 달라진다고 하였다. 한 예로, 언어적 정보와 시각적 정보를 동시에 제공함으로써 학생들이 그 정보를 이해하는데 도움을 받을 수는 있지만, 공간 시각화 능력이 높은 학생들에 비해 공간 시각화 능력이 낮은 학생들은 여전히 언어적 정보와 시각적 정보를 연결하는데 보다 많은 인지적 노력을 들이는 것으로 나타났다(Mayer, 2001). 따라서 시각적 정보를 제공하는 그리기와 쓰기에서도 학생들의 공간 시각화 능력에 따라 그 교수 효과가 다를 수 있다.

이에 이 연구에서는 물질의 입자성 이해를 돕기 위해 실시되는 다중 표상 학습에 그리기와 쓰기를 도입하는 전략에서 시각적 정보를 정화상 또는 동화상으로 제공하는 경우의 교수 효과를 조사·비교하였다. 또한, 수업 처치와 학생들의 공간 시각화 능력과의 상호작용 효과를 조사하여 새로운 교수 방법의 효과가 학생들의 공간 시각화 능력에 따라 달라지는지도 알아보았다.

## II. 연구 내용 및 방법

### 1. 연구 대상

수도권에 소재한 남녀공학 중학교의 1학년 학생들 중에서 1학기 중간고사 과학 성적이 유사( $MS=35.21$ ,  $F=.064$ ,  $p=.992$ )한 5학년 233명을 선정한 후, 각각 통제 집단, 정적 그리기 집단(SD: Static Drawing group), 동적 그리기 집단(DD: Dynamic Drawing group), 정적 쓰기 집단(SW: Static Writing group), 동적 쓰기 집단(DW: Dynamic Writing group)으로 배치하였다. 여러 선행 연구에서 공간 시각화 능력을 측정하기 위해 사용했던 공간 시각화 능력 검사(Wu & Shah, 2004) 점수의 중앙값(median)에 기초하여 학생들을 상위와 하위로 구분하였다. 이때, 중앙값에 해당하는 학생들은 모두 하위로 분류하였으며, 공간 시각화 능력에 따른 집단별 사례 수는 Table 1과 같다.

**Table 1**  
Subjects of the five groups by spatial visualization ability

	Control group	SD group	DD group	SW group	DW group
High	19	14	22	25	18
Low	28	32	25	22	28
Total	47	46	47	47	46

SD group: Static Drawing group, DD group: Dynamic Drawing group, SW group: Static Writing group, DW group: Dynamic Writing group

## 2. 연구 절차

선행 연구(강훈식 등, 2005)를 토대로 교수 방법을 고안하고, 교과서 내용 분석과 중학교 과학 교사와의 면담을 통해 구체적인 교수-학습 자료를 개발하였다. 이때, 동화상은 입자의 움직임과 궤적을 자세히 보여 주기 위해 Flash MX 프로그램을 이용하여 개발하였으며, 정화상의 내용 및 요소를 모두 포함시켰다. 개발된 동화상은 5차례에 걸친 과학 교육 전문가 및 중학교 과학 교사의 평가를 통해 수정·보완하였다.

사전 검사로 공간 시각화 능력 검사를 실시한 후, 중학교 1학년 '5. 분자의 운동' 단원의 '보일의 법칙'과 '샤를의 법칙'에 대하여 각각 1차시, 총 2차시 동안 본 차시 수업을 진행하였다. 교사에게는 수업 시작 전에 학생들에게 수업 과정 및 방법에 대해 간단히 설명한 후, 활동지를 배부하게 하였다. 그리고 수업 처치가 계획대로 진행되는지 확인하기 위해 연구자 중 1인이 집단별로 첫 번째 수업을 참관하였다. 사후 검사로 개념 이해도 검사를 실시하였고, 동화상을 사용하는 처치 집단(DD 집단, DW 집단)에는 수업에 대한 인식 검사를 추가로 실시하였다.

## 3. 수업 과정

각 집단의 수업 과정은 Fig. 1과 같다. 통제 집단과 처치 집단 모두 매 차시 교사가 동일한 시범 실험을 보여준 후 학생들에게 활동지를 작성하게 하였다. 통제 집단의 활동지는 학생들이 교사의 시범 실험을 통해 관찰한 현상을 입자 수준으로 표현한 글(언어적 정보)과 그림(정화상)을 보면서 스스로 학습한 후, 내용과 관련된 간단한 객관식 질문에 답하도록 구성하였다. SD 집단의 활동지는 관찰한 현상을 입자 수준으로 설명한 글을 읽으면서 스스로 학습하게 한 후, 자신이 이해한 것을 입자 수준의 그림으로 그리도록 구성하였다. SW 집단의 활동지는 관찰한 현상을 입자 수준으로 표현한 그림을 보면서 스스로 학습하게 한 후, 자신이 이해한 것을 입자 수준의 글로 쓰도록 하였다. 활동이 끝나면 교사는 학생들에게 각 활동에 대한 정답, 즉 통제 집단에는 객관식 질문에 대한 답을, SD 집단에는 그림을, SW 집단에는 글을 TP로 제시하여 자신이 작성한 것과 비교하도록 하였다. 이어서 교사는 각 집단의 학생 활동과 유사한 방식, 예를 들어 그리기 집단의 경우 교사가 언어적 정보를 읽고 입자 수준의 그림을 그리면서 정답 그림을 설명하는 방식으로 정답을 설명한 후, 학생들에게 적용 문제를 제시하여 각 집단에 해당하는 활동으로 한 번 더 해결하도록 하였다. 동화상이 제시되는 그리기 집

단(DD 집단)과 쓰기 집단(DW 집단)의 전반적인 수업 과정은 시각적 정보를 동화상으로 제공한다는 것을 제외하고는 각각 SD 집단, SW 집단과 동일하다. 모든 활동이 끝나고 난 후에는 이 연구의 결과가 학습 활동에 의한 차이인지, 학생들의 노력 정도에 의한 차이인지의 여부를 알아보기 위해 학생들에게 수업 활동에 들인 노력의 정도를 묻는 질문에 답하도록 하였다.

각 집단에 제시된 활동지의 어휘와 난이도, 수업 진행 방법 및 시간의 적절성은 연구 대상이 아닌 다른 학교 학생들을 대상으로 실시한 2차례의 예비 연구를 통해 수정·보완하였으며, 과학 교육 전문가 3인과 현직 교사 3인으로부터 검토를 받았다.

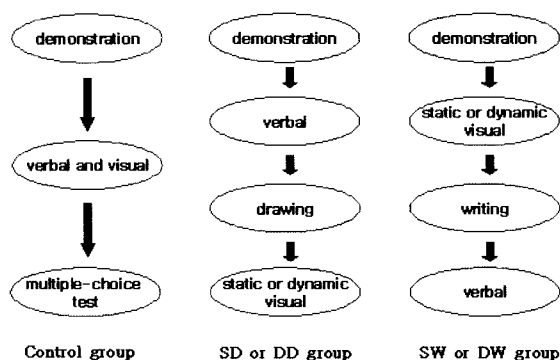


Fig. 1 Learning processes for five groups

## 4. 검사 도구

다양한 외적 표상들 간의 연계 및 통합 정도를 측정하기 위한 개념 이해도 검사는 목표 개념을 입자 수준에서 이해한 정도를 측정하기 위한 문항들(총 3 문항)로 구성된 선행 연구(강훈식 등, 2005)의 검사지를 사용하였다. 모든 문항은 본 차시 수업에서 배운 내용을 다른 상황에 적용하는 문제 유형이며, 거시적인 화학 현상을 제시한 후 이를 입자 수준의 그림으로 표현하고 글로 설명하도록 하는 주관식 서술형으로 구성되어 있다. 개념 이해도 검사 직전에는 수업 처치의 경험이 사후 검사에 미치는 영향을 최소화하기 위해, 교사가 모든 집단 학생들에게 입자 수준의 그림으로 표현하는 방법을 예시를 통해 자세히 설명해주었으며, 채점할 때에도 표현 방법의 미숙에 의한 영향을 고려하였다. 이 연구에서의 내적 신뢰도는 .66이었다.

공간 시각화 능력 검사는 공간에서의 재구성 능력을 측정하는 공간 시각화 능력 검사(The Purdue Visualization of Rotations Test; Guay et al., 1978)

Table 2

Means, standard deviations, and adjusted means of the scores of the conception test for the control and drawing groups

	Control group (n=47)		SD group (n=46)		DD group (n=47)	
	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M
High	7.90(3.14)	7.04	8.79(1.93)	8.60	8.09(2.88)	7.57
Low	4.96(2.74)	5.65	7.75(2.42)	8.05	6.80(2.78)	7.38
Total	6.15(3.22)	6.21	8.06(2.31)	8.22	7.40(2.87)	7.47

를 사용하였다. 이 검사는 객관식 20문항으로 구성되어 있으며, 이 연구에서의 내적 신뢰도(Cronbach's  $\alpha$ )는 .74였다.

수업에 대한 인식 검사는 그리기 또는 쓰기 활동과 이 활동에서 동화상을 제공하는 것이 학습하는데 도움이 된 점과 활동에서 어렵거나 고쳐야 할 점에 대해 서술하도록 하는 문항으로 구성하였다. 수업 활동에 들인 노력 정도는 ‘여러분은 이번 시간에 주어진 활동을 제대로 수행하기 위해 얼마나 많은 노력을 들였습니까?’라는 질문(9단계의 리커트 척도)에 대한 응답으로 측정하였다(Kester et al., 2004). 이때, 학생들이 다른 기준을 적용하여 답변할 가능성이 있어 이에 대한 분석 결과의 의미 부여를 최소화하였으므로, 해석에 주의를 요한다.

5. 분석 방법

개념 이해도 검사는 각 문항마다 4개의 목표 개념을 설정하고 목표 개념과 오개념 개수에 따라 완전한 이해는 4점, 부분적인 이해는 1~3점, 무응답 및 비과학적 이해는 0점으로 분류하여 분석하였다(강훈식 등, 2005). 분석의 신뢰도를 높이기 위해 2인의 분석자가 무작위로 선정한 답안지를 각각 채점하고 비교하는 과정을 반복하여 분석시간 일치도가 .95 이상이 된 후, 연구자 중 1인이 모든 답안지를 채점하였다.

시각적 정보의 형태에 따른 교수 효과를 분석적으로 알아보기 위해 통제 집단/SD 집단/DD 집단, 통제 집단/SW 집단/DW 집단, 통제 집단/DD 집단/DW 집단으로 나누어 결과를 분석하였다. 통계 분석으로는 수업 처치를 독립 변인, 공간 시각화 능력을 구획 변인, 개념 이해도 검사 점수와 유의미한 상관관이 있는 중간고사 과학 성적( $r=.54, p<.01$ )을 공변인으로 하는 일원 공변량 분석을 실시하였다. 수업 처치의 주효과가 있는 경우에는 사후 검증으로 LSD 검증을 실시하였으며, 상호작용 효과가 있는 경우에는 단순 효과 검증을 위해 공간 시각화 능력별로 일원 공변량 분석을 실시하였다. 수업 활동에 들인 노력 정도에 대해서는 수업 처치를 독립 변인으로 하는 일원 변량 분석을

실시하였다. 모든 통계 분석에는 SPSS 통계 프로그램을 사용하였으며, 공변량 분석의 사후 검증에는 SAS 통계 프로그램을 추가로 사용하였다. (공)변량 분석을 위한 가정은 모두 만족하였다. 수업에 대한 인식 검사는 공간 시각화 능력에 따른 응답 빈도(%)로 분석하였다.

III. 결과 및 논의

1. 개념 이해도 검사 결과

(1) 그리기 집단에서의 개념 이해도 비교

통제 집단, SD 집단, DD 집단의 개념 이해도 검사 점수(12점 만점)의 평균과 표준 편차, 교정 평균은 Table 2와 같다. 일원 공변량 분석 결과(Table 3), 수업 처치의 주효과가 있었으며, 사후 검증 결과 SD 집단과 DD 집단의 교정 평균(SD 8.22, DD 7.47)이 통제 집단의 교정 평균(6.21)보다 통계적으로 유의미한 차이로 높았다( $p<.05$ ). 그러나 SD 집단과 DD 집단의 교정 평균 사이에는 유의미한 차이가 없었다( $p>.05$ ). 수업 처치와 공간 시각화 능력 사이의 상호작용 효과도 없었다( $p>.05$ ). 수업 활동에 들인 노력 정도(9점 만점)에서 집단간에 유의미한 차이가 없었던 점에 비추어 볼 때(통계 5.57, SD 5.14, DD 5.69;  $MS=3.47, F=.82, p=.441$ ), 이런 결과는 노력 정도의 차이가 아닌 학습 활동 자체의 차이에 의해 유발된 것이라고 생각할 수 있다.

Table 3

ANCOVA results on the scores of the conception test for the control and drawing groups

Source of variance	SS	df	MS	F	p
Treatment	83.29	2	41.64	7.61	.001
Treatment×Level	8.41	2	4.20	.77	.466

공간 시각화 능력에 관계없이 두 그리기 집단 학생들의 개념 이해도 검사 점수가 통제 집단보다 유의미하게 높게 나온 결과는 그리기가 학생들이 언어적 정

**Table 4**

*Means, standard deviations, and adjusted means of the scores of the conception test for the control and writing groups*

	Control group (n=47)		SW group (n=47)		DW group (n=46)	
	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M
High	7.90(3.14)	7.04	7.76(2.45)	7.63	8.67(1.78)	7.59
Low	4.96(2.74)	5.78	7.00(2.43)	7.40	7.96(1.88)	8.80
Total	6.15(3.22)	6.29	7.40(2.45)	7.52	8.24(1.85)	8.33

보와 시각적 정보를 보다 효과적으로 연계하고 통합하도록 도와줬다는 것을 의미한다. 이는 그리기가 학생들에게 언어적 정보에 대한 자신의 정신 모형을 보다 명확히 알게 해주는 것과 같은 반성적 사고를 유도했기 때문이라고 해석할 수 있다(Edens & Potter, 2003; van Meter & Garner, 2005).

한편, SD 집단과 DD 집단의 개념 이해도 검사 점수 차이가 유의미하지 않았던 것으로 보아, 그리기에서는 시각적 정보의 형태에 따른 교수 효과의 차이가 없었다는 것을 알 수 있다. 이는 DD 집단 학생들이 자신이 그린 그림과 제공된 동화상에서 관련된 정보를 뽑아내고 관련짓는 과정에서 어려움을 겪어 동화상이 효과적으로 작용하지 못한 것으로 보인다(Lowe, 2003). 또한, 학생들이 언어적 정보에 대한 정신 모형을 시각적 정보의 형태인 그림으로 그리는 과정만으로도 작동 기억 내에 형성된 언어적 표상과 시각적 표상 간의 연계와 통합이 촉진될 수 있기 때문에(강훈식 등, 2005; van Meter & Garner, 2005), 이후에 제공되는 시각적 정보의 영향은 상대적으로 적었을 가능성도 있다.

**(2) 쓰기 집단에서의 개념 이해도 비교**

통제 집단, SW 집단, DW 집단의 개념 이해도 검사 점수(12점 만점)의 평균과 표준 편차, 교정 평균을 Table 4, 이원 공변량 분석 결과를 Table 5에 제시하였다. 분석 결과, 유의수준 .05에서 수업 처치의 주효과와 수업 처치와 공간 시각화 능력 사이의 상호작용 효과가 유의미하였다. 단순 효과 검증 결과, 공간 시각화 능력 상위 학생들의 경우에는 두 쓰기 집단의 점수가 통제 집단의 점수보다 높았으나 그 차이가 통계적으로 유의미하지 않았다( $MS=2.03, F=.38, p=.688$ ). 그러나 하위 학생들의 경우에는 집단간 유의미한 점수 차이가 있었다( $MS=63.58, F=18.71, p=.000$ ). 사후 검증 결과, DW 집단의 하위 학생들의 교정 평균(8.80)이 SW 집단과 통제 집단의 하위 학생들의 교정 평균(SW 7.40, 통제 5.78)보다 높았으며, 그 차이가 통계적으로 유의미하였다( $p<.05$ ). 또한, SW 집단

의 하위 학생들의 교정 평균(7.40)과 통제 집단의 하위 학생들의 교정 평균(5.78)의 차이도 통계적으로 유의미하였다( $p<.05$ ). 수업 활동에 들인 노력 정도(9점 만점)에서는 집단간에 유의미한 차이가 없었다(통제 5.57, SW 4.78, DW 5.02;  $MS=8.05, F=1.38, p=.255$ ).

**Table 5**

*ANCOVA results on the scores of the conception test for the control and writing groups*

Source of variance	SS	df	MS	F	p
Treatment	72.32	2	36.16	8.52	.000
Treatment×Level	33.80	2	16.90	3.98	.021

이런 결과는 학생들이 쓰기를 통해 시각적 정보를 언어적 활동으로 구체화하고 세분화함으로써 시각적 정보와 언어적 정보의 의미를 보다 명확히 파악하게 되고, 이로 인해 언어적 정보와 시각적 정보를 효과적으로 연계·통합시켰다고 볼 수 있다(Ardac & Akaygun, 2004; Carter *et al.*, 1998). 특히, 시각적 정보에 대한 정신 모형을 글로 표현하는 쓰기에서 시각적 정보를 정화상보다 동화상으로 제공하는 것은 공간 시각화 능력이 높은 학생들보다 낮은 학생들에게 더 효과적인 것으로 나타났다. 이는 동화상이 공간 시각화 능력이 부족한 학생들에게 입자의 움직임과 궤적에 대한 정보를 좀 더 구체적이고 정확하게 제공해 주어 학생들이 동화상을 활용하는 쓰기를 통해 보다 정확한 정신 모형을 형성했기 때문인 것으로 보인다(이수경, 1998; Ardac & Akaygun, 2005; Wu & Shah, 2004).

**(3) 동화상을 사용한 집단에서의 개념 이해도 비교**

통제 집단, DD 집단, DW 집단의 개념 이해도 검사 점수(12점 만점)의 평균과 표준 편차, 교정 평균은 Table 6과 같다. 이원 공변량 분석 결과(Table 7), 수업 처치의 주효과와 수업 처치와 공간 시각화 능력 사이의 상호작용 효과가 유의미하였다. 단순 효과 검증 결과, 상위 학생들의 경우에는 유의수준 .05에서

Table 6

Means, standard deviations, and adjusted means of the scores of the conception test for the control group and groups using dynamic visuals

	Control group (n=47)		DD group (n=47)		DW group (n=46)	
	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M
High	7.90(3.14)	7.12	8.09(2.88)	7.65	8.67(1.78)	7.69
Low	4.96(2.74)	5.73	6.80(2.78)	7.45	7.96(1.88)	8.74
Total	6.15(3.22)	6.29	7.40(2.87)	7.54	8.24(1.85)	8.33

집단간에 유의미한 점수 차이가 없었으나, 하위 학생들의 경우에는 집단간에 유의미한 점수 차이가 있었다( $MS=63.86$ ,  $F=16.62$ ,  $p=.000$ ). 사후 검증 결과, DW 집단의 하위 학생들의 교정 평균(8.74)이 DD 집단과 통제 집단의 하위 학생들의 교정 평균(DD 7.45, 통제 5.73)보다 높았으며, 그 차이가 통계적으로 유의미하였다( $p<.05$ ). 또한, DD 집단의 하위 학생들의 교정 평균(7.45)과 통제 집단 하위 학생들의 교정 평균(5.73)의 차이도 유의미하였다( $p<.05$ ). 수업 활동에 들인 노력 정도(9점 만점)에서는 집단간에 유의미한 차이가 없었다(통제 5.57, DD 5.69, DW 5.02;  $MS=6.17$ ,  $F=1.40$ ,  $p=.250$ ).

Table 7

ANCOVA results on the scores of the conception test for the control group and groups using dynamic visuals

Source of variance	SS	df	MS	F	p
Treatment	73.28	2	36.64	7.18	.001
Treatment×Level	33.08	2	16.54	3.24	.042

이런 결과는 공간 시각화 능력이 부족한 학생들에게는 동화상의 제공이 그리기보다 쓰기에 더 효과적임을 의미한다. 이는 쓰기에서 추상성을 줄여주는 동화상의 장점이 부각되어 이 학생들에게 보다 많은 도움을 주었기 때문이라고 생각할 수 있다. 즉, 공간 시각화 능력이 부족한 학생들이 동화상을 통해 입자의 움직임과 궤적을 반복적으로 봄으로써 동화상에 대한 자신의 정신 모형을 보다 쉽게 글로 표현하게 되고, 결과적으로 시각적 정보와 언어적 정보를 보다 효과적으로 연계·통합시켰다고 할 수 있다. 반면, 그리기에서는 자신이 그린 그림과 동화상을 비교해야 하는 부가적인 인지 과정이 요구되는데, 이 과정이 공간 시각화 능력이 부족한 학생들에게는 더 큰 인지적 부담으로 작용한 것으로 보인다. 또한, 쓰기는 시각적 정보에 대한 학생 자신의 정신 모형을 글로 쓰는 활동

이 추가 되는 활동이고 그리기는 언어적 정보에 대한 학생 자신의 정신 모형을 그림으로 그리는 활동이 추가 되는 활동이므로, 쓰기보다 그리기가 시각적 정보의 영향을 더 적게 받기 때문이라고 해석할 수도 있을 것이다.

## 2. 수업에 대한 인식 검사 결과

동화상을 제공하는 그리기와 쓰기에 대한 인식 검사 결과를 Table 8에 정리하였다. DD 집단에서는 많은 학생들이 ‘개념 이해가 잘 되었다(상위 27.3%, 하위 52.0%)’, ‘입자의 움직임과 이동 경로를 볼 수 있어서 좋았다(상위 54.5%, 하위 24.0%)’고 응답하였으며, ‘학습한 내용을 더 잘 기억할 수 있었다’는 응답(상위 4.5%)도 있었다. 또한 ‘흥미로워서 더 잘 집중할 수 있었다’고 응답한 학생들(상위 27.3%, 하위 20.0%)도 적지 않았다. 즉, 비록 동화상을 사용한 그리기 집단과 동화상을 사용하지 않는 그리기 집단의 개념 이해도 검사 점수 차이가 유의미하지는 않았지만, 학생들은 그리기에서 동화상을 사용하는 것을 긍정적으로 인식하였다.

DW 집단에서도 많은 학생들이 ‘개념 이해가 잘 되었다(상위 72.2%, 하위 35.7%)’, ‘입자의 움직임과 이동 경로를 볼 수 있어서 좋았다(상위 50.0%, 하위 42.9%)’ 등과 같이 동화상을 제공한 쓰기가 화학 개념 이해의 향상에 도움이 되었다고 응답하였다. 또한 ‘흥미로워서 더 잘 집중할 수 있었다’고 응답한 학생들(상위 11.1%, 하위 7.1%)도 있었다.

단점이나 개선해야 할 점에서는 DD 집단과 DW 집단의 대부분의 학생들이 특별히 어렵거나 고칠 점이 없다고 응답하였으나, 일부 학생들은 ‘동화상이 너무 복잡해서 이해하기 어려웠다(DD 상위 4.5%, 하위 8.0%; DW 상위 5.6%, 하위 3.6%)’, ‘동화상이 너무 빨리 지나가서 자세히 볼 수 없었다(DD 상위 4.5%)’, ‘동화상이 주의를 분산시켰다(DD 상위 4.5%)’, ‘내가 그린 그림과 동화상을 관련짓는 것이 어려웠다(DD 상위 4.5%)’고 응답하기도 하였다.

**Table 8**  
*Students' perceptions of the writing or drawing using dynamic visuals by spatial visualization ability*

Response		Number <sup>1</sup> (%)		
		High	Low	Total
Drawing	Positive			
	I could easily understand the concepts.	6(27.3)	13(52.0)	19(40.4)
	I could easily understand molecular motion velocity and collision frequency.	12(54.5)	6(24.0)	18(38.3)
	I could memorize the learning content better.	1 (4.5)	-	1 (2.1)
	I could concentrate on the activity because dynamic visuals were interesting.	6(27.3)	5(20.0)	11(23.4)
	It appeared that dynamic visuals were simpler than text.	-	2 (8.0)	2 (4.3)
	Negative			
	Dynamic visuals were too complex to understand.	1 (4.5)	2 (8.0)	3 (6.4)
	I could not connect dynamic visuals with my drawing well.	1 (4.5)	-	1 (2.1)
	Watching simple dynamic visuals was boring.	1 (4.5)	-	1 (2.1)
Sometimes I payed attention to other aspects of dynamic visuals.	1 (4.5)	-	1 (2.1)	
I could not watch dynamic visuals in detail because of their transitory properties.	1 (4.5)	-	1 (2.1)	
Writing	Positive			
	I could easily understand the concepts.	13(72.2)	10(35.7)	23(50.0)
	I could easily understand molecular motion velocity and collision frequency.	9(50.0)	12(42.9)	21(45.7)
	I could memorize the learning content better.	-	2 (7.1)	2 (4.3)
	I could concentrate on the activity because dynamic visuals were interesting.	2(11.1)	2 (7.1)	4 (8.7)
	It appeared that dynamic visuals were simpler than text.	-	2 (7.1)	2 (4.3)
Negative				
Dynamic visuals were too complex to understand.	1 (5.6)	1 (3.6)	2 (4.3)	

<sup>1</sup>The number of answer is above or below the number of subjects in each group because some participants responded two or no response.

#### IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 물질의 입자성에 대한 화학 개념 학습에 제공되는 다양한 외적 표상들 간의 연계와 통합을 촉진시키는 방안으로 고안된 그리기와 쓰기에서, 제공되는 시각적 정보의 형태(정화상/동화상)에 따른 교수 효과를 조사·비교하였다. 또한, 학생들의 공간 시각화 능력에 따라 그 교수 효과가 달라지는지도 조사하였다.

연구 결과, 언어적 정보에 대한 학생 자신의 정신 모형을 그림으로 그린 후 시각적 정보(정화상/동화상)와 비교하는 그리기와 시각적 정보(정화상/동화상)에 대한 학생 자신의 정신 모형을 글로 쓴 후 언어적 정

보와 비교하는 쓰기가 동시에 제공된 언어적/시각적 정보를 학습하는 활동보다 물질의 입자성이 강조되는 화학 개념의 이해에 효과적인 것으로 나타났다. 이런 결과는 그리기와 쓰기가 언어적 정보와 시각적 정보(정화상/동화상)를 연계시키고, 이를 자신의 사전 개념과 통합시키는데 효과적인 활동임을 의미한다고 할 수 있다.

시각적 정보의 형태에 따른 교수 효과를 비교한 결과에서는 그리기와 쓰기에서 그 양상이 다르게 나타났다. 쓰기에서는 공간 시각화 능력이 부족한 학생들에게 정화상보다 동화상을 제공하는 것이 화학 개념의 이해에 효과적인 것으로 나타났다. 이는 입자의 움직임과 이동 경로와 같은 상세한 정보들을 제공해주

는 동화상의 특성이 공간에서의 재구성 능력이 부족한 학생들이 시각적 정보에 대한 자신의 정신 모형을 글로 표현하는데 도움을 준 것으로 보인다. 반면, 그리기에서는 공간 시각화 능력이나 시각적 정보의 형태에 따라 교수 효과가 차이나지 않았다. 이는 그리기에서는 쓰기에서와는 달리 학생들이 자신이 그린 그림과 동화상을 통합하는 인지 과정이 부가적으로 요구되는데, 이 과정에서 생기는 인지적 부담(Lowe, 2003) 뿐만 아니라 이 과정보다 언어적 정보에 대한 학생 자신의 정신 모형을 그림으로 그리는 과정이 언어적 정보와 시각적 정보를 연계, 통합하는데 더 중요할 수 있기 때문에(강훈식 등, 2005; van Meter & Garner, 2005), 동화상의 장점이 효과적으로 작용하지 못한 것으로 보인다. 그러나 구체적으로 어떤 요소가 작용하여 이런 결과가 나타났는지는 알 수 없으므로, 이에 대해 자세히 조사·분석하여 그 개선점을 마련할 필요가 있다.

한편, 수업에 대한 인식 검사에서는 공간 시각화 능력과 관계없이 대부분의 학생들이 동화상을 제공한 그리기와 쓰기에 대해 인지적, 정의적인 측면에서 긍정적으로 인식하고 있었다. 이런 점에 비추어 볼 때, 이 연구의 결과는 다중 표상 학습에 적용되는 그리기와 쓰기에서 언어적 정보와 시각적 정보(정화상/동화상)를 효과적으로 활용하는 방법에 대한 구체적인 지침을 제공해 줄 것으로 기대된다. 예를 들어, 최근 강조되고 있는 컴퓨터 보조 수업, e-Learning, ICT 활용 수업과 같은 교수 전략의 교수-학습 자료 개발 시 정화상/동화상이나 그리기/쓰기를 활용할 수 있다. 또한, 제7차 과학 교과서에 제시된 정보들의 효과적인 활용 방안 및 향후 교과서 개발 방향에도 중요한 시사점을 제공해 줄 수 있을 것이다.

## 국문 요약

이 연구에서는 물질의 입자성에 대한 개념 학습에 제공되는 다양한 외적 표상들 간의 연계와 통합을 촉진시키는 방안으로 고안된 그리기와 쓰기에서, 학생들에게 제공되는 시각적 정보의 형태(정화상/동화상)에 따른 교수 효과를 조사하였다. 남녀공학 중학교 1학년 233명을 통제 집단, 정적 그리기(SD) 집단, 동적 그리기(DD) 집단, 정적 쓰기(SW) 집단, 동적 쓰기(DW) 집단으로 배치한 후, '보일의 법칙'과 '샤를의 법칙'에 대하여 2차시 동안 수업을 실시하였다. 개념 이해도 검사 점수에 대한 이원 공변량 분석 결과, 그리기(SD, DD) 집단과 쓰기(SW, DW) 집단의 점수가

통제 집단의 점수보다 통계적으로 유의미한 차이로 높았다. 시각적 정보의 형태(정화상/동화상)에 따른 교수 효과를 비교한 결과, 쓰기에서는 정화상보다 동화상을 제공하였을 때 공간 시각화 능력이 낮은 학생들의 개념 이해도 검사 점수가 더 높았으며, 그 차이가 통계적으로 유의미하였다. 반면, 그리기에서는 공간 시각화 능력에 관계없이 시각적 정보의 형태에 따른 개념 이해도 검사 점수 차이가 유의미하지 않았다. 수업에 대한 인식 검사 결과에서는 동화상을 사용하는 집단(DD, DW) 학생들의 대부분이 그리기나 쓰기에서 동화상을 제공하는 것에 대해 긍정적으로 인식하는 것으로 나타났다.

## 참고 문헌

- 강훈식, 김보경, 노태희 (2005). 물질의 입자적 성질에 대한 다중 표상 학습에서 외적 표상들 간의 연계와 통합을 촉진시키는 방안으로서의 그리기와 쓰기. *한국교육학회지*, 25(4), 533-540.
- 유승아, 구인선, 김봉근, 강대호 (1999). 기체의 성질에 대한 중, 고등학생들의 오개념에 관한 연구. *대한화학회지*, 43(5), 564-577.
- 이수경 (1998). 애니메이션과 인지양식이 과학적 이해와 파지에 미치는 영향. *교육공학연구*, 14(2), 69-102.
- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33(2-3), 131-152.
- Ainsworth, S. E., Bibby, P. A., & Wood, D. J. (1998). Analysing the costs and benefits of multi-representational learning environments. In M. W. van Someren, P., Reimann, H. P. A. Boshuizen., & T. de Jong (Eds.). *Learning with Multiple Representations* (pp. 120-134). Oxford: Elsevier.
- Ardac, D., & Akaygun, S. (2004). Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 317-337.
- Ardac, D., & Akaygun, S. (2005). Using static and dynamic visuals to represent chemical change at molecular level. *International Journal of Science Education*, 27(11), 1269-1298.
- Carter, P. A., Halland, S. M., Mladic, S. I., Sarbiewski, G. M., & Sebastian, D. M. (1998). Improving student writing skills using wordless picture books. Action Research Project, Saint Xavier University and IRI/Skylight (ERIC Document Reproduction Service No. ED 423525).
- Edens, K. M., & Potter, E. F. (2003). Using descriptive drawings as a conceptual change strategy in elementary science. *School Science and Mathematics*, 103(3), 135-144.
- Guay, R., McDaniel, E., & Angelo, S. (1978). Analytical



factor confounding spatial ability measurement. Paper presented at the meeting of the American Psychological Association, Toronto, Ontario, Canada.

Kester, L., Kirschner, P. A., & van Merriënboer, J. J. G. (2004). Information presentation and troubleshooting in electrical circuits. *International Journal of Science Education*, 26(2), 239-256.

Kozma, R. B., & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research on Science Teaching*, 34(9), 949-968.

Lewalter, D. (2003). Cognitive strategies for learning from static and dynamic visuals. *Learning and Instruction*, 13(2), 177-189.

Lowe, R. K. (2003). Animation and learning: Selective processing of information in dynamic graphics. *Learning and Instruction*, 13(2), 247-262.

Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.

Noh, T., & Scharmann, L. C. (1997). Instructional influence of a molecular-level pictorial presentation of matter

on students' conceptions and problem-solving ability. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 199-217.

Paivio, A. (1986). *Mental representation: A dual coding approach*. New York: Oxford University Press.

Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13(2), 227-237.

Singer, J. E., Wu, H-K., & Tal, R. (2003). Students' understanding of the particulate nature of matter. *School Science and Mathematics*, 103(1), 28-44.

van Merriënboer, J. J. G., Schuurman, J. G., De Croock, M. B. M., & Paas, F. G. W. C. (2002). Redirecting learners' attention during training: Effects on cognitive load, transfer test performance and training efficiency. *Learning and Instruction*, 12(1), 11-37.

van Meter, P., & Garner, J. (2005). The promise and practice of learner-generated drawing: Literature review and synthesis. *Educational Psychology Review*, 17(4), 285-325.

Wu, H-K., & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), 465-492.