

다중 표상 학습에 적용한 그리기에서 학생들의 정신 모형을 그리는 시기 및 장의존성·장독립성에 따른 효과

강훈식·곽진하·노태희*

서울대학교

The Influence of Time to Draw Students' Mental Models and Students' Field Dependence-Independence in Drawing in Relation to Learning with Multiple Representations

Kang, Hun Sik · Kwack, Jin Ha · Noh, Tae Hee*

Seoul National University

Abstract: This study investigated the influence of time to draw students' mental models and students' field dependence-independence on learning the particulate nature of matter with multiple representations. Seventh graders (N=295) at two middle schools were assigned to control, after-drawing, and before-drawing groups. The students learned "Boyle's Law" and "Charles's Law" for two class periods. Results revealed that the scores of a test on conceptual understanding for the two drawing groups were significantly higher than those for the control group. However, there was no significant interaction between the instruction and students' field dependence-independence in the scores of the test on conceptual understanding. In 'novelty' on a situational interest test, field independent students in the two drawing groups scored significantly higher than those in the control group. The scores for field independent students in each group were similar, while field dependent students in the before-drawing group scored lower than those in the control and after-drawing groups in 'attention demand' on the situational interest test. It was found that most students positively perceived after-drawing or before-drawing, but field independent students in the before-drawing group were more apprehensive about the activities than those in the after-drawing group.

Key words: multiple representations, drawing, mental model, field dependence-independence, particulate nature of matter

I. 서 론

학생들이 화학 개념을 입자 수준에서 잘 이해하도록 하기 위해 글, 그림, 애니메이션, 분자 모형 등과 같은 다양한 외적 표상들이 사용되고 있다. 많은 연구자들은 이 외적 표상들이 각각 다른 정보를 제공하고 이에 따라 요구되는 인지 과정도 달라지므로, 이들을 함께 제공하는 것(다중 표상 학습)은 추상적인 개념을 심층적으로 이해할 수 있게 하는 등의 여러 가지 장점이 있다고 주장하였다(Ainsworth, 1999). 이런 점에서 물질의 입자성 학습에서도 다중 표상 학습이 많이

활용되고 있다(Ardac & Akaygun, 2004; Singer *et al.*, 2003; Wu *et al.*, 2001). 다중 표상 학습에서 학생들이 주어진 과제를 잘 해결하기 위해서는 과제에 적합한 표상들을 선택하고 이들을 성공적으로 연계시킬 수 있어야 한다(Ainsworth *et al.*, 1998). 그러나 선행 연구들에 의하면 많은 학생들이 다양한 외적 표상들 간의 연계를 어려워하며, 이로 인해 다중 표상 학습이 성공적이지 않은 경우가 많다고 보고되고 있다(de Jong *et al.*, 1998; Wu & Shah, 2004). 따라서 효과적인 다중 표상 학습을 위해서는 학생들이 성공적으로 다양한 외적 표상들을 연계하고, 이를 자신의 사전 개념과 통합할 수 있도록 도와주는 방안을

*교신저자: 노태희(nohth@snu.ac.kr)
**2005.7.4(접수) 2005.12.6(1심통과) 2006.2.21(2심통과) 2006.2.27(최종통과)
***이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2004-041-B00488)

마련해야 할 것이다(Seufert, 2003; Wu & Shah, 2004).

언어적 정보를 스스로 학습한 후 이에 대한 학생 자신의 정신 모형(mental model)¹⁾을 그리는 활동(이하 ‘후(後)그리기’라 칭함)은 언어적 정보와 시각적 정보를 효과적으로 연계·통합시키는 방안이 될 수 있다(강훈식 등, 2005). 후그리기를 통해 언어적 정보를 시각적으로 표현하는 것은 정보에 대한 다중 표상을 유도하는 정교화 과정이 일어나게 한다. 또한, 이 활동은 학생들이 새로운 개념을 독특하고 유의미한 방식으로 표상하고 부호화하도록 도와준다(Edens & Potter, 2001). 즉, 후그리기는 학생들이 제공된 언어적 정보에서 필요한 정보를 선택하여 언어적 표상과 시각적 표상으로 조직화하고 이를 자신의 사전 개념과 통합하는 인지 과정을 보완해준다(Van Meter, 2001). 그러므로 학생들은 후그리기를 통해 물질의 입자성 학습에서 제공되는 언어적/시각적 정보들을 효과적으로 연계·통합하여 목표 개념을 보다 잘 이해할 수 있을 것이다.

멀티미디어를 활용하는 다중 표상 학습에 대한 인지 이론(cognitive theory of multimedia learning; Mayer, 2003)에 의하면, 학생들의 사전 개념은 다중 표상을 활용하는 물질의 입자성 학습에서 중요한 요소로 작용할 수 있다. 즉, 언어적 정보와 시각적 정보를 활용하는 수업에서 유의미한 학습이 일어나기 위해서는 이들 정보로부터 조직화된 언어적 표상과 시각적 표상이 장기 기억 내의 사전 개념과 통합되어야 한다. 따라서 학생들이 자신의 사전 개념을 잘 파악하지 못한다면 과학적인 정신 모형을 세우는 데 어려움을 겪게 될 것이다(Edens & Potter, 2003; Posner *et al.*, 1982). 이런 맥락에서 Gobert와 Clement(1999)는 언어적 정보를 제공받기 전에 관찰한 현상에 대한 학생 자신의 정신 모형을 그림이나 다이어그램으로 그리는 활동(이하 ‘전(前)그리기’라 칭함)이 후그리기보다 학생들에게 학습할 내용에 대해 더 잘 추론하게 하여 보다 올바른 정신 모형을 형성하게 할 것이라고 제안하였다. 즉, 그리기 과정은 학생들의 사전 개념을 잘 드러내므로(Edens & Potter, 2003), 학생들은 수업 초기에 관찰한 현상에 대한 자신의 정신 모형을 시각적으로 표현하는 활동을 함으로써 학습 과정에 보다 의미 있게 참여할 수 있다(Glynn, 1997). 따라서 학생들은 후그리기보다 전그리기를 통해 좀 더 효과적으로 언어적/시각적 정보들을 연계·통합할 수 있을

것이다.

그러나 실제로 후그리기와 전그리기 중 어느 것이 더 효과적인지 비교한 연구는 진행된 바 없으며, 특히 언어적 정보를 제공하기 전에 그리기 활동을 하는 수업의 효과를 알아본 실험 연구는 거의 없다. 또한, 지금까지 그리기와 관련하여 진행된 연구들은 주로 그리기의 효과를 인지적 측면에서 조사하였으며, 정의적·동기적 측면에서 조사한 연구는 상대적으로 부족하였다(노태희 등, 2003). 특정 개념이나 현상에 대한 자신의 생각을 그림으로 표현하는 활동은 본질적으로 학생들의 흥미를 유발할 수 있으므로(Glynn, 1997; Stein *et al.*, 2001), 상황 흥미 측면에서 그리기의 효과를 조사하는 연구를 진행할 필요가 있다.

한편, 학생들의 장의존성·장독립성(field dependence-independence)은 시각적 정보를 처리하는 과정과 직접적인 관련이 있다고 보고된다(이수경, 1998; Wu & Shah, 2004). 일반적으로 장독립적인 학생들은 주어진 정보에서 학습 과제에 적합한 정보를 뽑아내어 재조직하고 재구성하는 경향이 있지만, 장의존적인 학생들은 이를 어려워하는 경향이 있다(Dwyer & Moore, 1995). 후그리기나 전그리기 과정에서 학생들은 제공된 정보에서 필요한 요소들을 뽑아내고 재구성하여 시각적으로 표현해야 하고, 이를 언어적/시각적 정보와 관련지어야 한다. 따라서 학생들의 장의존성·장독립성에 따라 후그리기나 전그리기의 교수 효과가 달라질 것으로 예상된다.

이에 본 연구에서는 물질의 입자성에 대한 다중 표상 학습에 그리기를 적용하는 전략에서 학생들의 정신 모형을 그리는 시기에 따른 교수 효과를 조사하였다. 또한 학생들의 장의존성·장독립성이 그 교수 효과에 미치는 영향도 조사하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상

이 연구는 수도권에 소재한 2개의 중학교 1학년 295명을 대상으로 2학기 중간고사 이후에 실시하였다. 학교별로 2학기 중간고사 과학 성적이 유사한 학급들을 선정하여, 거시적인 현상을 시범 실험을 통해 관찰하게 한 후, 언어적 정보와 시각적 정보를 동시에 제공하여 학습하게 하는 통제 집단(control group), 제공된 언어적 정보에 대한 학생 자신의 정신 모형을

1) 학습자가 감각 기관을 통해 인식된 언어적·시각적 정보, 즉 외적 표상들을 작동 기억(working memory) 내에서 처리하는 과정에서 즉각적으로 형성된 역동적인 정신적 또는 내적 표상(mental or internal representation)을 정신 모형이라 하며, 정신 모형은 장기 기억(long term memory) 내의 사전 지식이나 신념과 상호작용한다(Lee *et al.*, 2005; Mayer, 2003).

입자 수준의 그림으로 그리게 한 후 시각적 정보를 제공하는 후그리기 집단(after-drawing group), 관찰한 현상에 대한 학생 자신의 정신 모형을 입자 수준의 그림으로 그리게 한 후, 언어적 정보와 시각적 정보를 동시에 제공하는 전그리기 집단(before-drawing group)으로 배치하였다. 장의존성·장독립성 검사 점수의 중앙값(median)을 기준으로 학생들을 장독립적인 학생과 장의존적인 학생으로 구분하였으며, 이에 따른 집단별 사례수는 Table 1과 같다. 장독립적인 학생들과 장의존적인 학생들의 분포가 집단별로 다소 차이가 있으므로, 결과 해석에 주의를 요한다.

Table 1
Numbers and percentages of subjects in the three groups by field dependence-independence

	Control	After -Drawing	Before -Drawing
Field independent	45(44.6)	57(60.0)	32(32.3)
Field dependent	56(55.4)	38(40.0)	67(67.7)
Total	101(34.2)	95(32.2)	99(33.6)

2. 연구 절차

학생들에게 사전 검사로 장의존성·장독립성 검사를 실시하였고, 교사에게는 연구에 대한 오리엔테이션을 실시하였다. 교사는 중학교 1학년 ‘분자의 운동’ 단원의 ‘보일의 법칙’과 ‘샤를의 법칙’에 대하여 각각 1차시, 총 2차시 동안 본 차시 수업을 진행하였다. 이때, 연구자 중 1인이 수업 처치가 계획대로 진행되는지 확인하기 위해 집단별로 수업을 1~2회 참관하였다. 수업 처치가 끝난 후, 모든 집단 학생들에게 개념 이해도 검사와 상황 흥미 검사를 실시하였고, 두 그리기 집단 학생들에게는 수업에 대한 인식 검사를 추가로 실시하였다.

3. 수업 과정

교사는 수업 시작 전에 학생들에게 수업 과정 및 방법에 대해 간단히 설명한 후 활동지를 배부하였다. 통제 집단과 처치 집단 학생들은 매 차시 교사의 시범 실험을 관찰한 후, 활동지를 작성하였다. 이때, 후그리기 집단의 활동지는 관찰한 현상(거시적 수준)을 입자 수준으로 표현한 글(언어적 정보)을 읽으면서 스스로 학습한 후, 자신이 이해한 것을 입자 수준의 그림으로 그리도록 구성되었다. 전그리기 집단의 활동지는 학생들이 관찰한 현상을 입자 수준의 그림으로 그리도록 구성되었다. 반면, 통제 집단의 활동지는 입자 수준의

그림을 그리는 활동 대신 학생들이 교사의 시범 실험을 통해 관찰한 현상을 입자 수준으로 표현한 글과 그림(시각적 정보)을 보면서 스스로 학습한 후, 학습 내용에 대한 간단한 객관식 질문에 답하도록 구성되었다. 활동이 끝나면 교사는 학생들에게 각 활동에 대한 정답, 즉 후그리기 집단에는 통제 집단의 활동지에 제시된 그림을, 전그리기 집단에는 통제 집단의 활동지에 제시된 글과 그림을, 통제 집단에는 객관식 질문에 대한 답을 제시하여 자신이 작성한 것과 비교하도록 하였다. 이어서 교사는 학생들의 활동과 유사한 방식으로 정답을 설명하였고, 학생들에게 적용 문제를 제시하여 각 집단에 해당하는 활동으로 한 번 더 해결하도록 하였다.

4. 검사 도구

다양한 외적 표상들 간의 연계 및 통합 정도를 측정하기 위한 개념 이해도 검사지는 선행 연구(강훈식 등, 2005)의 개념 이해도 검사지를 사용하였다. 이 검사지는 목표 개념을 입자 수준에서 이해한 정도를 측정하는 문항들(3문항)로 구성되어 있다. 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 서술형이다. 수업 처치의 경험이 사후 검사에 미치는 영향을 최소화하기 위해, 개념 이해도 검사 직전에 교사가 모든 집단의 학생들에게 입자 수준의 그림을 그리는 방법을 예시를 통해 자세히 설명해주었다. 이 연구에서 구한 검사지의 내적 신뢰도(Cronbach's α)는 0.68이었다.

장의존성·장독립성 검사지로는 다양한 정보들 속에서 필요한 정보만을 뽑아내는 능력을 측정하는 도형찾기퍼즐(FASP: Find A Shape Puzzle; Linn & Kyllonen, 1981)을 사용하였다. 이 검사지는 주어진 간단한 도형을 복잡한 그림 속에서 찾아내는 검사이며, 총 20문항이다. 이 연구에서의 내적 신뢰도(Cronbach's α)는 0.81이었다.

학생들이 특정한 학습 과제나 활동에 대해 느끼는 상황 흥미(situational interest)를 측정하기 위해 Chen *et al.*(2001)이 개발한 상황 흥미 검사지(Situational Interest Scale)를 번역하여 사용하였다. 이 검사지는 활동에 대해 궁금한 정도를 측정하는 탐구 의도(exploration intention), 활동에 대한 흥미나 즐거움 정도를 측정하는 순간적 즐거움(instant enjoyment), 활동의 경험 여부나 새로움의 정도를 측정하는 새로움(novelty), 활동에 주의를 집중한 정도를 측정하는 주의집중 요구

(attention demand), 활동에 대해 느낀 어려움의 정도를 측정하는 도전(challenge)의 5개 하위 영역과 전체 흥미(total interest)를 측정하는 문항들로 이루어져 있다. 모든 하위 영역 및 전체 흥미 문항은 각각 4분항씩 총 24문항이며 5단계 리커트 척도로 구성되어 있다. 번역한 검사지는 과학 교육 전문가 3인과 중학교 과학 교사 2인의 검토 및 연구 대상이 아닌 학생들을 대상으로 실시한 예비 연구를 통해 수정·보완하였다. 이 연구에서의 내적 신뢰도(Cronbach's α)는 탐구 의도, 순간적 즐거움, 새로움, 주의집중 요구, 도전, 전체 흥미에 대해 각각 0.81, 0.87, 0.80, 0.79, 0.73, 0.89였다.

수업에 대한 인식 검사지는 후그리기 또는 전그리기가 학습하는 데 도움이 된 점과 각 활동에서 어렵거나 고쳐야 할 점에 대해 서술하도록 하는 문항들로 구성하였다.

5. 분석 방법

개념 이해도 검사는 각 문항마다 4개의 목표 개념을 설정한 후 달성한 목표 개념과 오개념 개수에 따라 4점 만점으로 채점하였다. 채점 기준은 완전한 이해는 4점, 부분적인 이해는 1~3점, 무응답 및 비과학적 이해는 0점으로 분류하였다(강훈식 등, 2005). 무작위로 선정한 답안지를 3인의 분석자가 각각 채점하고 비교하는 과정을 반복하여 분석자간 일치도가 0.95 이상이 된 후, 분석자 중 1인이 모든 답안지를 채점하였다. 그리고 판단하기 어려운 부분에 대해서는 분석자간 논의를 통해 채점함으로써 채점의 신뢰도를 높이고자 하였다.

통계 분석으로 개념 이해도의 경우에는 수업 처치를 독립 변인, 장의존성·장독립성을 구획 변인, 개념 이해도 검사 점수와 유의미한 상관이 있는 표준화된 2학기 중간고사 과학 성적($r=0.61, p<0.01$)을 공변인으로 하는 이원 공변량 분석을 실시하였다. 이때, 각 학교의 2학기 중간고사 과학 성적은 평균을 50, 표준편차를 10으로 하는 T점수로 표준화(백순근, 2004)하여 사용하였다. 상황 흥미에 대해서는 특정 상황에 대한 흥미 정도를 측정하는 상황 흥미 검사의 특성상

공변인이 의미 없으므로 이원 변량 분석(two-way ANOVA)을 실시하였다. 상호작용 효과가 있는 경우에는 단순 효과 검증을 위해 장의존성·장독립성별로 각각 일원 (공)변량 분석을 실시하였다. 수업 처치의 주 효과가 있는 경우에는 LSD(Least Significant Difference) 검증으로 사후 검증을 하였다. (공)변량 분석을 위한 가정은 모두 만족하였으며, 모든 통계 분석에는 SPSS 및 SAS 통계 프로그램을 사용하였다. 수업에 대한 인식 검사는 장의존성·장독립성에 따른 응답 빈도 및 백분율(%)로 분석하였다.

III. 결과 및 논의

1. 개념 이해도에 미치는 효과

개념 이해도 검사 점수(12점 만점)의 평균과 표준편차, 교정 평균을 Table 2에 제시하였다. 이원 공변량 분석 결과, 유의 수준 0.05에서 수업 처치의 주효과($MS=28.92, F=6.75, p=0.001$)가 있었다. 사후 검증 결과, 후그리기 집단의 교정 평균(7.44)과 전그리기 집단의 교정 평균(7.14)이 통제 집단의 교정 평균(6.40)보다 높았으며, 그 차이가 통계적으로 유의미하였다($p<0.05$). 그러나 후그리기 집단과 전그리기 집단의 점수 사이에는 유의미한 차이가 없었다($p>0.05$). 수업 처치와 장의존성·장독립성 사이의 상호작용 효과도 없었다($MS=2.70, F=0.63, p=0.534$). 이는 장의존성·장독립성 및 학생들의 정신 모형을 그리는 시기에 관계없이 다중 표상 학습에 적용한 그리기가 언어적/시각적 정보를 동시에 제공받아 학습하는 활동보다 물질의 입자성 이해에 효과적임을 의미한다. 그러나 모든 집단의 개념 이해도 점수는 그다지 높지 않은 경향이 있었다. 이는 화학 개념이 미시적 수준을 포함한 다양한 수준에서의 이해를 요구할 뿐만 아니라 입자의 추상성 때문에 학생들이 물질의 입자성을 강조하는 수업을 오랜 시간 동안 받은 후에도 이를 이해하는데 어려움을 겪는다고 보고한 선행 연구(Ardac & Akaygun, 2004; Wu & Shah, 2004)의 결과와 관련이 있다고 생각된다.

Table 2

Means, standard deviations, and adjusted means of the scores of the test on conceptual understanding¹

	Control (n=101)		After-Drawing (n=95)		Before-Drawing (n=99)	
	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M
Field independent	7.20(2.46)	6.68	8.16(2.48)	7.77	8.25(2.53)	7.89
Field dependent	5.43(2.90)	6.22	6.82(2.15)	7.14	6.61(2.50)	6.76
Total	6.22(2.84)	6.42	7.62(2.44)	7.52	7.14(2.62)	7.13

¹The score of a full mark is 12.

학생들이 언어적 정보에 대한 자신의 정신 모형을 시각적으로 표현하는 정교화 과정은 정보에 대한 다중 표상을 유도하여 언어적/시각적 정보들 및 자신의 사전 개념을 효과적으로 관련짓게 한다(Edens & Potter, 2003). 따라서 학생들은 후그리기를 통해 물질의 입자성에 대한 여러 가지 정보들을 자신의 인지 구조 속으로 보다 잘 통합했다고 해석할 수 있다.

전그리기 또한 언어적 정보와 시각적 정보를 연계·통합하는데 효과적인 것으로 나타났다. 다중 표상 학습에 대한 인지 이론(Mayer, 2003)에 의하면, 감각 기관을 통해 받아들여진 언어적 정보 또는 시각적 정보는 작동 기억 내의 언어적 체계와 시각적 체계에 의해 이중 부호화 된다. 따라서 언어적/시각적 정보를 제공받기 전에 관찰한 현상에 대한 자신의 정신 모형을 시각적으로 표현하는 활동은 학생들에게 학습할 내용에 대해 미리 언어적/시각적으로 추론하게 한다. 즉, 전그리기는 학습할 내용에 대한 이중 부호화를 촉진

시킬 수 있으므로, 학생들은 이 활동을 통해 이후에 제공된 정보들을 효과적으로 연계·통합했다고 볼 수 있다.

그러나 후그리기 집단과 전그리기 집단 간에는 유의미한 점수 차이가 없었는데, 이런 결과는 전그리기가 기대만큼 효과적이지 않았음을 의미한다. 이는 관찰한 현상이나 이와 관련된 사전 개념에서 언어적/시각적 정보와 관련된 특징을 적절히 뽑아내지 못하는 것(Schwartz, 1993)과 같이 학생들이 전그리기 과정에서 겪는 어려움이 이 활동의 효과를 감소시켰기 때문인 것으로 해석할 수 있다.

2. 상황 흥미에 미치는 효과

상황 흥미 검사 점수(5점 만점)의 평균과 표준 편차는 Table 3과 같다. 전체 흥미 및 상황 흥미의 모든 하위 영역에서 수업 처치의 주효과가 없었으며(전체 흥미 MS=1.73, F=1.48, p=0.230; 탐구 의도 MS=0.46,

Table 3

Means and standard deviations of the situational interest test scores¹

	Control (n=101)		After-Drawing (n=95)		Before-Drawing (n=99)	
	M	SD	M	SD	M	SD
Exploration intention						
Field independent	3.38	1.00	3.49	0.92	3.59	1.10
Field dependent	3.46	1.10	3.19	0.85	3.37	1.02
Total	3.42	1.05	3.37	0.90	3.44	1.05
Instant enjoyment						
Field independent	3.36	1.11	3.26	1.12	3.37	1.19
Field dependent	3.44	1.10	3.11	0.99	3.07	0.98
Total	3.40	1.10	3.20	1.07	3.16	1.05
Novelty						
Field independent	3.26	0.90	3.72	0.96	3.72	0.93
Field dependent	3.65	1.00	3.59	0.93	3.42	0.95
Total	3.47	0.97	3.67	0.94	3.52	0.95
Attention demand						
Field independent	2.97	0.93	3.10	1.08	3.38	0.99
Field dependent	3.25	0.99	3.03	0.93	2.87	0.87
Total	3.13	0.97	3.07	1.02	3.03	0.94
Challenge						
Field independent	2.65	0.88	2.83	0.90	3.08	1.08
Field dependent	3.12	1.04	2.84	0.87	3.13	0.88
Total	2.91	0.99	2.83	0.88	3.11	0.94
Total interest						
Field independent	3.53	1.00	3.41	1.12	3.43	1.28
Field dependent	3.54	1.05	3.20	1.06	3.17	1.04
Total	3.54	1.02	3.32	1.10	3.26	1.12

¹The score of a full mark is 5.

F=0.45, $p=0.636$; 순간적 즐거움 MS=1.28, F=1.11, $p=0.331$; 새로움 MS=1.00, F=1.11, $p=0.330$; 주의집중 요구 MS=0.08, F=0.08, $p=0.921$; 도전 MS=1.83, F=2.08, $p=0.126$), 전체 흥미와 탐구 의도, 순간적 즐거움, 도전 영역에서의 상호작용 효과도 없었다(전체 흥미 MS=0.46, F=0.39, $p=0.678$; 탐구 의도 MS=0.97, F=0.96, $p=0.382$; 순간적 즐거움 MS=0.90, F=0.78, $p=0.461$; 도전 MS=1.51, F=1.72, $p=0.180$). 즉, 수업 처치에 관계없이 학생들은 각 집단의 활동에 비슷한 정도로 흥미를 느꼈으며, 특히 창의성·장독립성에 관계없이 각 집단 학생들이 느끼는 전체 흥미 및 탐구 의도, 순간적 즐거움, 도전의 정도가 비슷하였다. 그러나 대부분의 영역에서 각 집단의 점수가 3점 이상인 것으로 보아 수업 처치와 창의성·장독립성에 관계없이 학생들이 각 집단의 활동에 대해 비교적 흥미를 느낀 것으로 생각된다.

한편, 새로움과 주의집중 요구 영역에서는 유의수준 0.05에서 수업 처치와 창의성·장독립성 사이에 상호작용 효과가 유의미하였다(새로움 MS=3.09, F=3.44, $p=0.033$; 주의집중 요구 MS=3.63, F=3.88, $p=0.022$). 새로움 영역에 대한 단순 효과 검증 결과, 장독립적인 학생들의 집단간 점수 차이가 유의미하였다(MS=3.25, F=3.75, $p=0.026$). 사후 검증 결과, 두 그리기 집단의 장독립적인 학생들의 평균(후그리기 3.72, 전그리기 3.72)과 통제 집단의 장독립적인 학생들의 평균(3.26)의 차이가 통계적으로 유의미하였다($p<0.05$). 그러나 창의성적인 학생들의 경우에는 집단간 점수 차이가 유의미하지 않았다($p>0.05$). 즉, 이 연구에 참여한 장독립적인 학생들은 관찰한 현상이나 언어적 정보에 대한 자신의 정신 모형을 시각적으로 표현하여 언어적/시각적 정보를 연계하는 활동이 언어적/시각적 정보를 동시에 제공받아 학습하는 활동보다 더 새롭다고 느낀 반면, 각 집단의 창의성적인 학생들은 각각의 활동에 대해 새로움을 느낀 정도가 비슷하였다.

주의집중 요구 영역에 대한 단순 효과 검증 결과, 장독립적인 학생들의 집단간 점수 차이는 유의미하지 않았으나(MS=1.54, F=1.50, $p=0.227$), 창의성적인 학생들의 경우에는 통제 집단(3.25)과 후그리기 집단(3.03)의 점수가 전그리기 집단(2.87)의 점수보다 통계적으로 높은 경향성이 있었다(MS=2.31, F=2.67, $p=0.072$). 즉, 장독립적인 학생들은 수업 처치와 상관없이 각 집단의 활동에 주의를 집중하는 정도가 비슷하였으나, 창의성적인 학생들은 통제 집단이나 후그리기 집단의 활동보다 전그리기 집단의 활동에 주의를 집중하는 것을 좀 더 어려워했음을 알 수 있다. 이는 거

시적 현상과 같은 복합적인 정보를 제공받았을 때, 장독립적인 학생들과 달리 창의성적인 학생들은 불필요한 정보에 의해 산만해지거나 어떤 정보에 주목해야 할지 몰라 혼란스러워 하기 때문인 것으로 보인다. 그러나 이런 결론을 내리기에는 그 차이가 크지 않았으므로, 반복적인 연구를 통해 전그리기가 학생들의 주의집중에 미치는 영향을 조사할 필요가 있다. 한편, 전그리기가 통제 집단의 활동보다 학생들의 개념 이해에 효과적이었으므로, 전그리기에 주의를 잘 집중하지 못한 것이 학생들의 개념 이해에는 큰 영향을 미치지 않았다고 할 수 있다.

3. 수업에 대한 인식 검사 결과

창의성·장독립성에 따른 수업에 대한 인식 검사 결과를 Table 4에 정리하였다. 창의성·장독립성 및 수업 처치와 관계없이 두 그리기 집단의 많은 학생들이 각 집단의 활동을 통해 ‘개념 이해가 잘 되었다(후그리기: 장독립 49.1%, 창의성 42.1%; 전그리기: 장독립 59.4%, 창의성 40.3%)’, ‘분자의 운동을 더 쉽게 이해할 수 있었다(후그리기: 장독립 10.5%, 창의성 13.2%; 전그리기: 장독립 3.1%, 창의성 14.9%)’고 응답하였다. 이는 두 그리기 집단의 활동이 통제 집단의 활동보다 학생들의 개념 이해에 효과적이었던 이 연구의 결과와 관련이 있다. 즉, 이런 결과는 후그리기와 전그리기가 언어적/시각적 정보 간의 연계 및 사전 개념과의 통합을 쉽게 해준다는 이 연구의 주장을 뒷받침해준다고 할 수 있다. 정의적 측면에서도 각 집단의 활동이 ‘재미있었다(후그리기: 장독립 8.8%, 창의성 2.6%; 전그리기: 장독립 9.4%, 창의성 3.0%)’를 포함한 긍정적인 응답이 일부 있었다.

각 활동의 단점에 대해서는 두 그리기 집단의 학생들 대부분이 특별히 어렵거나 고칠 점이 없다고 응답하였다. 그러나 일부 학생들은 ‘학습 내용을 이해하기 어려웠다(후그리기: 장독립 10.5%, 창의성 7.9%; 전그리기: 장독립 9.4%, 창의성 17.9%)’를 포함한 몇 가지 단점을 지적하였다. 보일·샤를의 법칙에서는 입자의 운동이 강조되는 반면, 학생들에게 제공되는 시각적 정보는 정지된 입자 그림이었으므로, 학생들이 이 그림을 통해 입자의 움직임을 명확하게 이해하는데에는 한계가 있을 것이라 생각된다.

단점에 대한 응답에서 주목해야 할 점은 두 그리기 활동에 대한 장독립적인 학생들의 부정적인 응답 비율은 별 차이가 없었으나, 창의성적인 학생들의 경우 후그리기 집단보다 전그리기 집단에서 부정적인 응답 비율이 더 높았다는 것이다. 장독립적인 학생들과 달리

Table 4
Students' perceptions of after-drawing or before-drawing by field dependence-independence

Response	Number ¹ (%)		
	Field independent	Field dependent	Total
After-Drawing			
Positive			
I could easily understand the concepts.	28 (49.1)	16 (42.1)	44 (46.3)
I could easily understand molecular motion.	6 (10.5)	5 (13.2)	11 (11.6)
I could memorize the learning content better.	2 (3.5)	-	2 (2.1)
I was interested in after-drawing.	5 (8.8)	1 (2.6)	6 (6.3)
I could concentrate on after-drawing.	1 (1.8)	-	1 (1.1)
Negative			
The learning content was too hard to understand.	6 (10.5)	3 (7.9)	9 (9.5)
I had not enough time to understand the learning content because of too many activities and their rapid processes.	5 (8.8)	1 (2.6)	6 (6.3)
After-drawing was boring.	2 (3.5)	1 (2.6)	3 (3.2)
After-drawing was too complex.	1 (1.8)	-	1 (1.1)
Before-Drawing			
Positive			
I could easily understand the concepts.	19 (59.4)	27 (40.3)	46 (46.5)
I could easily understand molecular motion.	1 (3.1)	10 (14.9)	11 (11.1)
I could memorize the learning content better.	3 (9.4)	3 (4.5)	6 (6.1)
I was interested in before-drawing.	3 (9.4)	2 (3.0)	5 (5.1)
I could concentrate on before-drawing.	2 (6.3)	1 (1.5)	3 (3.0)
Negative			
The learning content was too hard to understand.	3 (9.4)	12 (17.9)	15 (15.2)
I had not enough time to understand the learning content because of too many activities and their rapid processes.	1 (3.1)	3 (4.5)	4 (4.0)
Before-drawing was boring.	1 (3.1)	1 (1.5)	2 (2.0)
Before-drawing was too complex.	2 (6.3)	1 (1.5)	3 (3.0)

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

장의존적인 학생들은 관찰한 현상을 자신의 사전 개념과 관련지어 자신의 그림으로 표현하는 활동뿐만 아니라 자신의 그림과 나중에 제공된 언어적/시각적 정보를 연계하는 활동에 어려움을 느꼈다고 생각할 수 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 다중 표상 학습에서 제공되는 언어적/시각적 정보의 연계·통합을 촉진하기 위해 그리기를 적용하는 전략에서 학생들의 정신 모형을 그리는 시기에 따른 교수 효과를 조사하였다. 또한 학생들의 장의존성·장독립성에 따라 그 교수 효과가 다른지도 조사하였다.

연구 결과, 장의존성·장독립성에 관계없이 언어적 정보에 대한 학생 자신의 정신 모형을 그린 후 시각적 정보와 비교하는 활동과 관찰한 현상에 대한 학생

자신의 정신 모형을 그린 후 언어적/시각적 정보와 비교하는 활동 모두 언어적/시각적 정보를 동시에 제공받아 학습하는 활동보다 물질의 입자성이 강조되는 화학 개념 이해에 효과적인 것으로 나타났다. 수업에 대한 인식 검사의 결과에서도 장의존성·장독립성에 관계없이 두 그리기 집단의 많은 학생들이 각 활동을 통해 개념 이해가 잘 되었다고 응답하였다. 그러나 후그리기와 전그리기의 효과에서는 차이가 없었는데, 이는 후그리기와 전그리기 모두 학생들이 효과적으로 언어적 정보와 시각적 정보를 연계하고, 이를 자신의 사전 개념과 통합하도록 도와준다는 것을 의미한다.

상황 흥미와 수업에 대한 인식 검사 결과, 후그리기 집단의 장의존적인 학생들에 비해 전그리기 집단의 장의존적인 학생들이 그리기 활동에 어려움을 더 많이 느끼고 주의집중도 약간 떨어지는 것으로 나타났다. 즉, 후그리기가 전그리기보다 장의존적인 학생

들의 정의적 측면에 좀 더 긍정적인 영향을 미친다고 볼 수 있다.

이런 점에 비추어 볼 때, 이 연구의 결과는 학생들이 다중 표상 학습을 성공적으로 수행하는 방안에 대한 시사점을 제공해 줄 수 있다. 예를 들어, 향후 교수-학습 자료를 개발하거나 언어적/시각적 정보를 효과적으로 연계·통합시키기 위해 후그리기나 전그리기를 활용할 수 있을 것이다. 또한 그리기, 특히 전그리기보다 후그리기를 통해 학생들이 학습에 좀 더 적극적으로 참여할 수 있는 환경을 조성해 줄 수 있을 것이다.

한편, 수업에 대한 인식 검사에서 장의존성·장독립성에 관계없이 두 그리기 집단의 적지 않은 학생들이 학습 내용을 이해하는 것이 어렵다고 응답하였다. 이는 시각적 정보가 정화상 형태로 제공되어 학생들이 입자의 운동을 명확하게 이해하기 힘들었기 때문인 것으로 생각된다. 정화상에 비해 동화상은 물체의 운동 및 그 이동 경로를 보여주므로, 입자의 운동에 대한 정보를 보다 구체적으로 제공해 줄 수 있다(이수경, 1998). 따라서 추후 연구에서는 물질의 입자성에 대한 다중 표상 학습에 그리기를 적용하는 전략에서 정화상 대신 동화상을 제공하는 방법의 효과를 조사해 볼 필요가 있다.

국문 요약

이 연구에서는 물질의 입자성에 대한 다중 표상 학습에 그리기를 적용하는 전략에서 학생들의 정신 모형을 그리는 시기에 따른 교수 효과를 조사하였다. 또한 학생들의 장의존성·장독립성이 그 교수 효과에 미치는 영향도 조사하였다. 2개의 중학교 1학년 295명을 통제 집단, 후그리기 집단, 전그리기 집단으로 배치한 후, '보일의 법칙'과 '샤를의 법칙'에 대하여 2차시 동안 수업을 진행하였다. 연구 결과, 개념 이해도 검사에서 후그리기 집단과 전그리기 집단의 점수가 통제 집단보다 높았으며, 그 차이가 통계적으로 유의미하였다. 그러나 수업 처치와 장의존성·장독립성 사이의 상호작용 효과는 없었다. 상황 흥미 검사에서는 새로움 영역의 경우, 두 그리기 집단의 장독립적인 학생들의 점수가 통제 집단의 장독립적인 학생들의 점수보다 높았으며, 그 차이가 통계적으로 유의미하였다. 주의집중 요구 영역에서는 장독립적인 학생들의 경우 집단간 점수 차이가 유의미하지 않았으나, 장의존적인 학생들의 경우에는 전그리기 집단의 점수가 통제 집단과 후그리기 집단의 점수에 비해 낮은 경향이 있었다. 수업에 대한 인식 검사 결과에서는 대부분

의 학생들이 후그리기와 전그리기에 대해 긍정적으로 인식하는 것으로 나타났다. 그러나 전그리기 집단의 장의존적인 학생들이 후그리기 집단의 장의존적인 학생들보다 부정적인 응답을 더 많이 하였다.

참고 문헌

- 강훈식, 김보경, 노태희 (2005). 물질의 입자적 성질에 대한 다중 표상 학습에서 외적 표상들 간의 연계와 통합을 촉진시키는 방안으로서의 그리기와 쓰기. *한국과학교육학회지*, 25(4), 533-540.
- 노태희, 유지연, 한재영 (2003). 분자 수준에서의 그림 그리기를 활용한 수업 모형의 효과. *한국과학교육학회지*, 23(6), 609-616.
- 백순근 (2004). 학위논문 작성을 위한 교육연구 및 통계분석. 서울: 교육과학사.
- 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.
- Chen, A., Darst, P. W., & Pangrazi, R. P. (2001). An examination of situational interest and its sources. *British Journal of Educational Psychology*, 71(3), 383-400.
- De Jong, T., Ainsworth, S., Dobson, M., van der Hulst, A., Levonen, J., Reimann, P., Sime, J-A., van Someren, M. W., Spada, H., & Swaak, J. (1998). Acquiring knowledge in science and mathematics: The use of multiple representations in technology-base learning environments. In M. W. van Someren, P. Reimann, H. P. A. Boshuizen, & T. de Jong (Eds.), *Learning with Multiple Representations* (pp. 9-40). Oxford: Elsevier.
- Dwyer, F. M., & Moore, D. M. (1995). Effect of color coding and test type (visual/verbal) on students identified as possessing different field dependence levels. Selected Readings from the Annual Conference of the International Visual Literacy Association, Tempe, AZ (ERIC Document Reproduction Service No. ED 380078).
- Edens, K. M., & Potter, E. F. (2001). Promoting conceptual understanding through pictorial representation.

Studies in Art Education, 42(3), 214-233.

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.

Glynn, S. (1997). Drawing mental models. *The Science Teacher*, 64(1), 30-32.

Gobert, J. D., & Clement, J. J. (1999). Effects of student-generated diagrams versus student-generated summaries on conceptual understanding of causal and dynamic knowledge in plate tectonics. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 39-53.

Linn, M. C., & Kyllonen, P. (1981). The field dependence-independence construct: Some, one, or none. *Journal of Educational Psychology*, 73(2), 261-273.

Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: Using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13(2), 125-139.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.

Schwartz, D. L. (1993). The construction and analogical transfer of symbolic visualizations. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1309-1325.

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.

Stein, M., McNair, S., & Butcher, J. (2001). Drawing on student understanding: Using illustrations to invoke deeper thinking about animals. *Science and Children*, 38(4), 18-22.

Van Meter, P. (2001). Drawing construction as a strategy for learning from text. *Journal of Educational Psychology*, 93(1), 129-140.

Wu, H.-K., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842.

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