

다중표상학습에서 학생들의 장독립성 · 장의존성에 따른 동화상의 효과: 연계 오류와 개념 이해를 중심으로

노태희 · 문세정 · 이종현 · 서현주¹ · 강훈식^{2*}
서울대학교 · ¹서울효문중학교 · ²춘천교육대학교

The Effects of Dynamic Visual by Students' Field Independence-Dependence on Learning with Multiple Representations: Focused on Connecting Errors and Conceptual Understanding

Noh, Taehee · Moon Sejeong · Lee, Jonghyun · Seo, Hyunju¹ · Kang, Hunsik^{2*}
Seoul National University · ¹Seoul Hyomun Middle School · ²Chuncheon National University of Education

Abstract: This study investigated the effects of dynamic visual on students' field independence-dependence on connecting errors and conceptual understanding in learning chemistry concepts with multiple representations. Seventh graders (N=123) at a co-ed middle school were assigned to a static visual (SV) group learning with text and static visual, and a dynamic visual (DV) group learning with text and dynamic visual. The students then learned 'Boyle's Law' and 'Charles's Law' for two class periods. Results revealed that the percentages of the DV group were lower than those of the SV group on connecting errors. However, the percentages of the students' connecting errors were still high regardless of their field independence-dependence. There was a little different tendency in the percentages of connecting errors between the two groups by students' field independence-dependence according to the types of connecting errors. The scores of the DV group were significantly higher than those of the SV group in a test on conceptual understanding. However, there was no significant interaction between the instruction and the students' field independence-dependence. Educational implications of these findings are discussed.

Key words: learning with multiple representations, dynamic visual, connecting error, field independence-dependence

I. 서론

여러 화학 개념을 이해하기 위해서는 물질의 입자성에 대한 이해가 필수적이다. 그러나 물질의 입자성은 매우 추상적이어서 직관적이고 감각적인 사고에 의존하는 경향이 있는 학생들이 이해하는데 어려움이 있다(유승아 등, 1999; Lin *et al.*, 2000; Singer *et al.*, 2003; Yezierski & Birk, 2006). 이에 최근 화학 개념 학습에서는 물질의 입자성에 대한 학생들의 이해를 돕기 위해 글, 그림, 동화상, 그래프, 실험 등의 다양한 외적 표상들을 함께 제공하는 다중표상학습이 많이 활용되고 있다(강훈식 등, 2007; Treagust *et al.*, 2003; Wu *et al.*, 2001).

이 중에서도 분자 애니메이션과 같은 동화상은 멀

티미디어 기술이 발달함에 따라 기존 수업에서 자주 활용되던 분자 그림이나 사진 등의 정화상을 대체하여 활용되는 경우가 증가하고 있다. 왜냐하면 정화상에 비해 동화상은 눈에 보이지 않는 분자의 연속적인 운동과 그 이동 경로를 자세히 표현할 수 있을 뿐만 아니라 하나의 외적 표상 변화를 다른 외적 표상의 변화와 연결하여 보여줄 수 있는 장점이 있기 때문이다(이수경, 1998; Ardac & Akaygun, 2005; van der Meij & de Jong, 2006). 그러나 동화상은 많은 양의 정보들을 순간적으로 제공하는 일시적이고 복잡한 속성도 지니고 있어 학생들이 외적 표상들을 연결하여 이해하는 과정에 인지적 부담을 줄 수 있고, 이로 인해 학습에 부정적인 영향을 미칠 수도 있다(Lewalter, 2003; Lowe, 2003).

*교신저자: 강훈식(kanghs@cnue.ac.kr)

**2008.10.22(접수) 2008.11.27(1심통과) 2009.01.29(2심통과) 2009.01.29(최종통과)

***이 논문은 2008년도 춘천교육대학교 교내 연구비 지원에 의하여 연구되었음(RA-2008001)

이에 지금까지 다중표상학습에서 정화상과 동화상의 효과를 비교한 연구들이 적지 않게 보고되고 있다. 이 연구들에서는 동화상의 효과를 주로 학업 성취도, 개념 이해, 개념 응용, 문제 해결 등의 인지적 영역과 학습 동기나 흥미, 태도 등의 정서적 영역 측면에 한정하여 조사했다. 그 결과도 목표 개념, 연구 대상, 종속 변인 등의 특성에 따라 다양하게 나타났다. 예를 들어, 동화상을 활용한 다중표상학습은 단순한 사실적 개념에 대한 학습에 비해 과정이나 절차가 중요한 개념에 대한 학습에서 더 효과적인 경향이 있었다(Hoffler & Leutner, 2007). 그러나 과정이나 절차가 중요한 개념에 대한 학습에서도 저학년 학생들을 대상으로 진행된 경우에는 효과가 없는 경우도 있었다(Kim *et al.*, 2007). 또한, 종속변인이 학습 내용을 적용하는 상황인 경우에도 효과적인 결과(이수경, 1998; Hays, 1996; Sanger *et al.*, 2000)와 효과적이지 않은 결과(차정호 등, 2004; Lewalter, 2003)가 혼재되어 있었다. 따라서 다중표상학습에서 동화상의 효과성 검증 및 그 효과성에 대한 이해를 높이고, 이를 통해 보다 효과적으로 동화상을 활용하는 방법을 모색하기 위해서는 보다 다양하고 폭넓은 접근을 통해 동화상의 효과를 조사할 필요가 있다.

성공적인 다중표상학습을 위해서는 학생들이 외적 표상들을 효과적으로 연계하고, 이를 자신의 내적 표상이나 사전 경험, 지식 등과 통합하는 과정이 매우 중요하다(Ainsworth, 2006). 그러나 학생들은 제한적인 기억 용량이나 외적 표상들의 비공유 속성과 같은 다중표상학습 자체가 지니는 제한점으로 인해 외적 표상들을 연계하고 통합하는 과정에서 많은 어려움을 겪는다고 보고되고 있다(강훈식 등, 2008a; 강훈식 등, 2008b; Kozma, 2003; Wu & Shah, 2004). 따라서 동화상을 활용한 다중표상학습의 효과를 의미 있게 조사하기 위해서는 외적 표상들을 연계하는 과정 측면에서 접근할 필요가 있다. 예를 들어, 학습한 개념을 적용하는 상황에서 글과 그림의 연계 과정 중에 발생하는 오류를 분석하는 방법으로 그 효과를 조사한다면, 그 학습을 통해 어떤 연계 오류가 유발되는지에 대한 정보를 제공할 수 있을 것이다. 또한, 어떤 연계 오류가 개념 이해를 방해하는지 등에 대한 정보와 학생들이 개념을 올바르게 이해하고 있는지에 대한 정보도 간접적으로 제공할 수 있을 것이다. 이 정보들은 이후에 다중표상학습에서 동화상을

효과적으로 활용하는 방법에 대한 시사점을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

한편, 학생들이 외적 표상들 간의 연계 및 통합 과정을 효과적으로 수행하기 위해서는 외적 표상들의 구성 요소에 대한 이해와 함께 외적 표상들의 공유 속성과 비공유 속성을 분별하여 연계할 수 있는 능력을 지니고 있어야한다(Ainsworth, 2006). 한 예로, 다양한 정보들 중에서 필요한 정보만을 선별해낼 수 있는 능력인 장독립성·장의존성은 다중표상학습과 관련이 있다고 보고되고 있다(이수경, 1998; Wu & Shah, 2004). 즉, 장의존적인 학생들은 장독립적인 학생들에 비해 다양한 정보들 중에서 필요한 정보만을 선별하여 재조직하는 능력이 부족하여, 외적 표상들을 이해하거나 그 의미를 다른 외적 표상으로 전이하거나 여러 외적 표상들을 관련지어 이해하는데 어려움을 겪는 것으로 보고되고 있다(Wu & Shah, 2004). 따라서 장독립성·장의존성은 동화상을 활용한 다중표상학습의 효과, 특히 외적 표상들 간의 연계 오류 측면에서의 효과와 관련이 있을 것으로 기대된다.

이에 이 연구에서는 다중표상을 활용한 화학 개념 학습에서 동화상의 효과를 외적 표상들 간의 연계 오류와 개념 이해 측면에서 조사했다. 또한, 그 효과가 장독립성·장의존성에 따라 달라지는지도 조사했다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상

서울시에 소재한 중학교의 1학년 학생들 중에서 1학기 중간고사 과학 성적이 유사($MS=86.31$, $F=.155$, $p=.926$)한 4학년 123명을 선정한 후, 각각 거시적 화학 현상을 분자 수준에서의 언어적 정보와 함께 정화상 또는 동화상으로 구성된 CAI 프로그램을 통해 학습하는 정화상(SV: static visual) 집단과 동화상(DV: dynamic visual) 집단으로 배치했다. 두 집단의 장독립성·장의존성 검사 점수의 중앙값을 기준으로 학생들을 상대적으로 장독립적인 학생과 장의존적인 학생으로 구분했으며, 이에 따른 집단별 사례 수는 Table 1과 같다.

Table 1
Subjects in the two groups by students' field independence-dependence

	SV group	DV group
Field independent	30	33
Field dependent	29	31
Total	59	64

2. 연구 절차

사전 검사로 모든 학생들에게 장독립성·장의존성 검사를 실시했다. 교사와 학생들이 CAI 프로그램을 통해 학습하는 새로운 수업 환경에 익숙해지도록 하기 위해 교사와 학생들에게 전반적인 수업 과정에 대한 오리엔테이션을 실시했다. 또한, 본 수업 이전 단원인 '기체의 압력' 단원을 대상으로 1차시 동안 언어적 정보와 정화상으로 구성된 CAI 프로그램을 활용하여 연습 수업을 실시했다. 본 수업은 중학교 1학년 과학 '분자의 운동' 단원의 '보일의 법칙'과 '샤를의 법칙'을 대상으로 진행했다. 이때, 1~2차시 정도의 짧은 시간으로 과학 개념에 대해 동화상을 활용한 다중표상학습의 효과를 조사한 경우가 많고(이수경, 1998; Mayer, 2003; Sanger *et al.*, 2001; Sanger *et al.*, 2000), 실제 학교 수업에서도 추가 실험을 제외하면 각 개념을 1차시동안 가르치고 있으므로 이 연구에서도 각 개념에 대해 1차시씩, 총 2차시 동안 진행했다. 정화상 집단과 동화상 집단의 학생들은 각 집단에 제공된 CAI 프로그램을 개별적으로 학습하면서 활동지를 작성했고, 교사는 순회하면서 학생들의 학습 상황을 점검했다. 연구자 중 2인은 모든 수업을 참관하여 수업 처치가 의도대로 진행되었음을 확인했다. 사후 검사로, 모든 학생들에게 연계 과정 검사와 개념 이해도 검사를 실시했다.

3. CAI 프로그램

CAI 프로그램은 다중표상학습 및 동화상의 효과와 관련된 선행연구(차정호 등, 2004; Ardac & Akaygun, 2005; Mayer, 2003)와 교과서 내용 분석, 중학교 교사와의 논의를 통해 개발했다. 개발된 프로그램은 애니메이션은 물론 동영상 등의 멀티미디어

학습 자료를 다양한 방법으로 시각화할 수 있는 저작 도구인 Macromedia Flash professional 8을 사용하여 구현했으며, 과학 교육 전문가 3인과 연구 참여 교사를 포함한 현직 중학교 과학 교사 3인의 검토를 받아 최종 완성했다.

최종 CAI 프로그램은 '도입', '관찰하기', '공부하기', '해결해보기', '정리하기', '형성평가'의 6단계로 구성했다. '도입' 단계에서는 학생들의 흥미를 유발하기 위해 실생활과 관련된 상황을 제시했고, '관찰하기' 단계에서는 거시적 화학 현상을 실험 동영상상을 통해 보여주었다. '공부하기' 단계에서는 관찰한 과학 현상을 분자 수준으로 표현한 글과 시각적 정보를 제공하여 학생 스스로 학습할 수 있도록 했다. 이때, 동화상 집단에는 분자의 불규칙하고 연속적인 직선운동과 그 이동 경로를 자세하고 연속적으로 보여주는 동화상을 제공한 반면, 정화상 집단에는 동화상과 동일한 내용을 포함한 정지된 분자 그림을 제공했다. '해결해보기' 단계에서는 글과 시각적 정보의 내용에 대한 학생들의 이해 정도를 확인하기 위해, 학생들에게 서술형 문제들에 대한 답을 활동지에 적게 한 후 프로그램을 통해 정답을 제시했고, '정리하기' 단계에서는 학습 내용을 정리해주었다. 마지막으로 '형성평가' 단계에서는 목표 개념에 대한 평가 문제를 제시하여 학생 스스로 자신의 학습 결과를 점검할 수 있도록 했다. Fig. 1에 정화상 집단에서 사용한 CAI 프로그램의 각 단계의 일부 장면을 제시했다.

4. 검사 도구

장독립성·장의존성 검사로는 도형찾기퍼즐(Find A Shape Puzzle; Linn & Kyllonen, 1981)을 사용했다. 이 검사는 다양한 정보들에서 필요한 정보만을 뽑아내는 능력을 측정하기 위한 검사로, 주어진 간단한 도형을 복잡한 그림 속에서 찾아내는 문항들로 구성되어 있으며, 총 20문항이다. 이 연구에서의 내적 신뢰도(Cronbach's α)는 .80이었다.

외적 표상들을 연계하는 과정에서의 오류를 조사하기 위한 연계 과정 검사는 본 차시 수업에서 배운 내용을 다른 상황에 적용하는 문제 유형으로 개발했으며, 검사 유형은 선행연구(강훈식 등, 2008b)의 연계 과정 검사를 참고했다. 즉, 거시적 화학 현상을 분자 수준의 글과 그림으로 설명하는 내용을 학습한 후, 제



Fig. 1 Examples of each stage of CAI program for SV group

시된 보기 중에서 서로 대응되는 글과 그림 요소를 선택하고, 그렇게 답한 이유를 설명하도록 구성했다. 글과 그림의 내용 및 표현 방법은 현재 교과서에서 사용되고 있는 것을 가능한 그대로 사용했으며, 보일의 법칙과 샤를의 법칙에 대해 각각 1문항씩, 총 2문항으로 구성했다. 또한, 검사 방법에 대한 학생들의 이해를 돕기 위해 예시를 제시했으며, 교사가 이를 학생들에게 설명해주었다. 개발한 검사는 과학 교육 전문가 2인과 중학교 과학 교사 3인으로부터 타당도를 검증받은 후, 예비 검사를 통해 수정·보완했다. 부록에 연계 과정 검사의 일부를 제시했다.

거시적 화학 현상을 분자 수준에서 이해한 정도를 측정하기 위한 개념 이해도 검사는 선행연구(강훈식, 노태희, 2006)의 개념 이해도 검사를 사용했다. 이 검사는 본 차시 수업의 내용이 적용된 상황들에 대해, 화학 현상에 대한 예측을 거시적 수준에서 표현하고 이를 분자 수준의 그림으로 그린 후 글로 설명하도록 하는 주관식 서술형 문항으로 구성되어 있으며, 총 3문항이다. 분자 수준의 그림을 그리는 방법에 익숙하지 않은 것이 연구 결과에 미치는 영향을 최소화하기 위해, 검사 도입부에 분자 수준의 그림을 그리는 방법에 대한 예시를 제시하고, 이에 대해 교사가 학생들에게 자세히 설명해 주었다. 이 연구에서의 내적 신뢰도 (Cronbach's α)는 .71이었다.

5. 결과 분석

연계 과정 검사에서 나타난 학생들의 연계 오류는 선행연구(강훈식 등, 2008b)에서 제시한 5가지 연계 오류 유형인 ‘불충분한 연결(Insufficient connection)’, ‘부적절한 연결(misconnection)’, ‘무분별한 연결(rash connection)’, ‘불가능한 연결(impossible connection)’, ‘연결 불이행(failing to connect)’으로 분류했다. 즉, 글과 그림의 공유 요소들 중 대응되는 요소들을 올바르게 연계했지만 그 요소 간의 관계에 대한 설명이 잘못되거나 불충분한 경우는 ‘불충분한 연결’, 글과 그림의 공유 요소들 중 대응되지 않는 요소들을 연계한 경우는 ‘부적절한 연결’, 글과 그림의 공유 요소와 비공유 요소를 연계한 경우는 ‘무분별한 연결’, 글과 그림의 비공유 요소들을 연계한 경우는 ‘불가능한 연결’, 연계해야 할 글과 그림의 공유 요소를 연계하지 않은 경우는 ‘연결 불이행’으로 분류했다. 개념 이해도 검사는 각 문항마다 4~5개의 목표 개념을 설정한 후, 학생들의 응답을 달성한 목표 개념과 오개념 개수에 따라 채점했다. 즉, 4점 만점 문항(1문항)의 경우 완전한 이해는 4점, 부분적인 이해는 1~3점, 무응답 및 비과학적 이해는 0점으로, 5점 만점 문항(2문항)의 경우 완전한 이해는 5점, 부분적인 이해는 1~4점, 무응답 및 비과학적 이해는 0점으로 채점했다(강훈식, 노태희, 2006). 채점

과 분류의 신뢰도를 높이기 위해, 무작위로 선정한 검사지에 대한 2인의 분석자간 일치도가 .95 이상이 된 후, 1명의 분석자가 모든 검사지를 채점·분류하고 나머지 분석자가 이를 검토했다. 또한, 판단하기 어려운 부분에 대해서는 분석자간 논의를 통해 합의를 도출했다.

연계 과정 검사는 학생들의 장독립성·장의존성에 따른 연계 오류별 빈도 및 백분율(%)로 분석했다. 이때, 한 학생이 같은 문항에서 같은 유형의 연계 오류를 2개 이상 보인 경우에는 빈도를 1로 처리했다. 개념 이해도 검사에 대해서는 수업 처치를 독립 변인, 장독립성·장의존성을 구획 변인, 개념 이해도 검사 점수와 유의미한 상관이 있는 1학기 중간고사 과학 성적($r = .51, p < .01$)을 공변인으로 하는 이원 공변량 분석을 실시했다. 공변량 분석을 위한 가정은 모두 만족했으며, 통계 분석에는 SPSS 12.0 통계 프로그램을 사용했다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 연계 오류에 미치는 효과

학생들의 장독립성·장의존성에 따른 연계 오류별 빈도 및 백분율(%)을 Table 2에 제시했다. 연계 오류 유형에 따라 다소 차이가 있긴 하지만, 전반적으로 정

화상보다 동화상을 글과 함께 제시한 경우에 학생들의 연계 오류가 적게 나타났다. 이는 정화상보다 동화상을 글과 함께 제시하는 것이 학생들의 연계 오류를 감소시키는데 효과적인 가능성을 시사한다. 그러나 학생들의 장독립성·장의존성에 관계없이 여전히 두 집단에서 연계 오류의 발생 비율이 높은 것으로 보아, 장독립적인 학생들과 장의존적인 학생들 모두 시각적 정보 유형에 관계없이 분자 수준에서의 외적 표상들을 성공적으로 연계하는데 어려움을 겪고 있음을 알 수 있다.

연계 오류 유형별로 살펴보면, ‘불충분한 연결’은 장독립적인 학생과 장의존적인 학생의 경우 모두 정화상 집단보다 동화상 집단에서 적게 나타났으며(장독립: SV 73.3%, DV 56.1%; 장의존: SV 70.7%, DV 59.7%), 그 예시를 아래에 제시했다. 즉, 아래 예시는 보일의 법칙 문항에서 글의 공유 요소인 ‘풍선을 누르는 기체 압력’과 이 요소와 대응되는 그림의 공유 요소인 ‘풍선 밖의 화살표’를 올바르게 연계했으나 그 관계에 대한 설명이 잘못된 경우이다. 이 연계 오류는 그림에 포함된 기호의 변화 유무와 방향에 대해 잘못 파악하여 나타난 오류이다(강훈식 등, 2008b). 따라서 이런 결과는 물체의 연속적인 운동과 그 이동 경로를 자세히 묘사할 수 있는 동화상(Lowe, 2004)이 정화상을 통해 파악하기 어려웠던 운동속도, 충돌횟수, 외부 및 내부 압력, 부피 등 여러 요소들의 변화 유무

Table 2
Frequencies and percentages of connecting errors by students' field independence-dependence¹

	SV group			DV group		
	field independent (n=60)	field dependent (n=58)	total (n=118)	field independent (n=66)	field dependent (n=62)	total (n=128)
Insufficient connection	44(73.3)	41(70.7)	85(72.0)	37(56.1)	37(59.7)	74(57.8)
Misconnection	38(63.3)	40(69.0)	78(66.1)	39(59.1)	34(54.8)	73(57.0)
Rash connection	27(45.0)	35(60.3)	62(52.5)	29(43.9)	26(41.9)	55(43.0)
Impossible connection	6(10.0)	7(12.1)	13(11.0)	4(6.1)	3(4.8)	7(5.5)
Failing to connect	42(70.0)	40(69.0)	82(69.5)	38(57.6)	45(72.6)	83(64.8)

¹ The number of field independent and field dependent students in each group is above the number of subjects in each group because they responded to two problems. The number of total errors is also above the number of subjects in each group because some participants showed above two types of connecting errors.

와 방향에 대한 정보를 보다 구체적으로 제공해주었기 때문에 나타난 것으로 보인다.

[‘불충분한 연결’의 예-보일의 법칙 문항에서]

글에서 풍선을 누르는 기체 압력(대기압)이 크다는 것을 그림에서는 풍선 밖의 화살표의 크기가 같은 것으로 표현하고 있다.

‘부적절한 연결’은 글과 그림의 대응되지 않는 공유 요소들을 연계하는 오류로, 샤를의 법칙 문항에서 글의 공유 요소인 ‘탁구공 안의 기체 압력’과 그림의 공유 요소인 ‘탁구공의 크기’가 대응되지 않음에도 이를 연계하는 경우가 그 예이다. ‘무분별한 연결’은 보일의 법칙 문항에서 글의 비공유 요소인 ‘온도’와 그림의 공유 요소인 ‘원 그림자의 길이’를 연계하는 경우와 같이 글과 그림의 공유 요소와 비공유 요소를 연계하는 오류이다.

[‘부적절한 연결’의 예-샤를의 법칙 문항에서]

글에서 탁구공 안의 기체 압력이 커지는 것을 그림에서는 탁구공의 크기가 커지는 것으로 표현하고 있다.

[‘무분별한 연결’의 예-보일의 법칙 문항에서]

글에서 온도가 변하는 것을 그림에서는 원 그림자의 길이가 변하는 것으로 표현하고 있다.

이 연계 오류들이 나타난 비율은 학생들의 장독립성·장의존성에 따라 다소 달랐다. 즉, 장독립적인 학생들의 경우 정화상 집단(부적절한 연결 63.3%, 무분별한 연결 45.0%)과 동화상 집단(부적절한 연결 59.1%, 무분별한 연결 43.9%)에서 나타난 비율이 유사했으나, 장의존적인 학생들의 경우에는 정화상 집단(부적절한 연결 69.0%, 무분별한 연결 60.3%)보다 동화상 집단(부적절한 연결 54.8%, 무분별한 연결 41.9%)에서 적게 나타났으며, 특히 무분별한 연결에서 비율 차이가 더 컸다. 즉, 정화상보다 동화상을 글과 함께 제공하는 것은 장독립적인 학생들보다 장의존적인 학생들의 부적절한 연결과 무분별한 연결 오류를 줄이는데 더 효과적이었음을 알 수 있다.

이 두 연계 오류 유형은 분자 그림에 포함된 기호, 특히 분자의 운동성과 관련된 기호들의 의미를 제대로

이해하지 못해 나타난 다양한 원인들, 예를 들어 분자 그림에서 분자 보존 또는 분자의 동적인 성질을 잘못 이해하거나, 분자 그림에 포함된 요소들 간의 관계를 잘못 파악하거나, 거시적 수준과 미시적 수준의 외적 표상을 잘못 전이했기 때문에 유발되는 경향이 있다. 특히, 무분별한 연결은 공유 요소들조차 구분하지 못하는 오류로 부적절한 연결에 비해 연계 과정에서 더 많은 도움과 지도가 필요한 오류이다(강훈식 등, 2008a; 강훈식 등, 2008b). 따라서 시간 변화에 따른 분자 보존과 운동의 변화를 잘 묘사해주는 동화상은 장독립적인 학생들에 비해 다양한 정보 중에서 필요한 정보만을 식별해 내는 능력이 부족하여 관련 요소들을 잘 연계하지 못하는 장의존적인 학생들의 부적절한 연결 및 무분별한 연결 오류를 감소시키는 데 더 효과적이었다고 해석된다.

샤를의 법칙 문항에서 글의 비공유 요소인 ‘탁구공에 가하는 압력’과 그림의 비공유 요소인 ‘원의 모양’을 연계하는 경우와 같이 글과 그림의 비공유 요소들을 연계하는 ‘불가능한 연결’은 선행연구(강훈식 등, 2008b)에서와 유사하게 학생들의 장독립성·장의존성에 관계없이 두 집단에서 모두 적게 나타났다(장독립: SV 10.0%, DV 6.1%; 장의존: SV 12.1%, DV 4.8%). 즉, 시각적 정보 유형에 관계없이 글과 그림에서 목표 개념과 직접적으로 관련이 없는 비공유 요소들을 선택하여 연계하는 학생들은 매우 적었음을 알 수 있다. 이는 장독립성·장의존성에 관계없이 학생들이 글과 그림 중 적어도 하나의 정보 유형에 대해서는 목표 개념과 직접적으로 관련이 있는 정보와 관련이 없는 정보를 구별할 수 있는 능력을 지니고 있음을 의미한다고 할 수 있다.

[‘불가능한 연결’의 예-샤를의 법칙 문항에서]

글에서 탁구공에 가하는 압력(대기압)이 세지는 것을 그림에서는 원의 모양이 바뀌는 것으로 표현하고 있다.

연계해야 할 글과 그림의 요소를 연계하지 않는 ‘연결 불이행’이 나타난 비율은 장의존 학생들의 경우 집단 간에 별 차이가 없었으나(SV 69.0%, DV 72.6%), 장독립 학생들의 경우에는 정화상 집단(70.0%)보다 동화상 집단(57.6%)에서 더 적게 나타났다. 즉 정화상보다 동화상을 글과 함께 제공하는 것이 장의존적

인 학생들보다 장독립적인 학생들의 연계 불이행 오류를 감소시키는데 효과적임을 알 수 있다. 동화상은 여러 장점이 있는 반면, 많은 양의 정보들을 순간적으로 제공하는 일시적이고 복잡한 속성 또한 포함하고 있다. 이로 인해, 경우에 따라서는 동화상으로부터 학습에 필요한 정보를 뽑아내어 자신의 인지 구조에 통합하는데 인지적 부담을 주거나 정보를 의미 있게 처리하는 과정에 참여하는 정도를 감소시키는 등 부정적인 학습 결과를 초래하기도 한다(Lewalter, 2003; Lowe, 2003). 따라서 동화상은 장의존적인 학생들에 비해 상대적으로 다양한 정보 중에서 필요한 정보를 잘 뽑아내는 장독립적인 학생들의 연계 불이행 오류를 감소시키는데 효과적이었을 수 있다.

2. 개념 이해도에 미치는 효과

개념 이해도 검사 점수(14점 만점)의 평균과 표준편차, 교정평균을 Table 3에 제시했다. 동화상 집단의 교정평균(8.80)이 정화상 집단의 교정평균(7.64)보다 높았으며, 그 차이가 통계적으로 유의미했다($MS=42.10$, $F=5.47$, $p=.021$). 그러나 수업 처치와 장독립성·장의존성 사이의 상호작용 효과는 없었다($MS=2.76$, $F=.36$, $p=.550$). 즉, 장독립성·장의존성에 관계없이 정화상보다 동화상을 글과 함께 제공하는 것이 물질의 입자성이 강조되는 화학 개념 이해에 더 효과적이었다.

비록 동화상의 효과에 대해서는 목표 개념이나 종속변인의 특성에 따라 다소 다른 결과들이 보고되고 있지만, 화학 개념을 대상으로 동화상의 효과를 조사한 선행연구들에서는 동화상이 개념 이해 측면에서 효과적이라고 보고하는 사례가 많다(박재원, 백성혜,

2004; 박중욱, 김수현, 2001; 백성혜, 유정미, 2006; 차정호 등, 2004; Ardac & Akaygun, 2005; Hoffler & Leutner, 2007; Sanger *et al.*, 2000; Williamson & Abraham, 1995; Yeziarski & Birk, 2006). 즉, 정화상에 비해 동화상이 분자의 운동과 관련된 정보를 구체적으로 제공하여 학생들이 분자 운동에 대한 동적 심상을 형성하는데 도움을 줌으로써 화학 개념에 대한 이해를 향상시킨다는 것이다. 이런 점에서 볼 때, 적어도 화학 개념 이해 측면에서는 정화상보다 동화상을 글과 함께 제공하는 것이 더 효과적이라는 결론을 내릴 수 있을 것이다.

한편, 이수경(1998)의 연구에서 동화상이 장의존적인 학생들에게만 효과적이었던 것과 달리, 이 연구에서는 장의존적인 학생들뿐만 아니라 장독립적인 학생들에게도 효과적이었다. 이는 연구 개념과 대상, 종속변인의 특성 차이에 기인한 것으로 보인다. 이수경(1998)의 연구에서는 대학생과 자전거 타이어 펌프의 작동 원리를 대상으로 학습 내용과 유사한 상황에 대한 문제 해결 측면에서 효과를 조사했으나, 이 연구에서는 중학생과 기체 법칙을 대상으로 학습 내용의 적용 상황에 대한 분자 수준에서의 개념 이해 측면에서 효과를 조사했다. 자전거 타이어 펌프 원리는 거시적이면서 과정적인 측면이 강조되는 개념인 반면, 기체 법칙은 분자와 같은 물질의 입자성이 강조되는 매우 추상적인 개념이어서 대학생들뿐 아니라 교사도 어려워하는 개념이다(박진희 등, 2003; Azizoglu *et al.*, 2006; Kikas, 2004). 이로 인해 대학생들에 비해 상대적으로 사고력이 부족하고 감각적인 정보에 의존하는 경향이 강한 중학생의 경우 장의존적인 학생들뿐 아니라 장독립적인 학생들도 글과 분자 그림을 연계하는 과정에서 많은 오류를 범하고 있고(강훈식 등,

Table 3

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

	SV group (n=59)		DV group (n=64)	
	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M
Field independent	8.63(3.23)	8.29	9.91(2.43)	9.13
Field dependent	6.55(3.29)	6.92	7.68(3.09)	8.40
Total	7.61(3.40)	7.64	8.83(2.97)	8.80

A full mark in this test is 14.

2008a; 강훈식 등, 2008b), 화학 개념 이해에 어려움을 겪고 있다(유승아 등, 1999; Abraham *et al.*, 1992; Lee *et al.*, 1993). 따라서 분자의 운동에 대한 구체적인 정보를 제공할 수 있는 동화상의 장점이 장독립적인 학생과 장의존적인 학생 모두에게 작용하여 학생들이 분자 수준에서의 글과 그림을 연계하는 과정에서 범하는 오류를 줄여줌으로써 화학 개념 이해가 향상된 것으로 해석할 수 있다.

VI. 결론 및 제언

이 연구에서는 다중표상을 활용한 화학 개념 학습에서 학생들의 장독립성·장의존성에 따른 동화상의 효과를 외적 표상들 간의 연계 오류와 개념 이해 측면에서 조사했다. 연구 결과, 정화상보다 동화상을 글과 함께 제시한 경우에 전반적으로 학생들의 연계 오류가 감소하는 경향이 있었다. 그러나 학생들의 장독립성·장의존성에 따른 감소 경향은 연계 오류 유형별로 다소 달랐다. 즉, 장독립적인 학생들의 경우에는 불충분한 연결 및 연결 불이행 등의 연계 오류에서 감소하는 경향이 있었던 반면, 장의존적인 학생들의 경우에는 연결 불이행을 제외한 나머지 모든 연계 오류에서 감소하는 경향이 있었다. 한편, 장독립적인 학생과 장의존적인 학생의 화학 개념에 대한 이해를 향상시키는 데에는 모두 효과적이었다.

지금까지 다중표상학습에서 동화상의 효과를 조사한 연구들이 적지 않게 진행되었으나, 그 결과는 목표 개념, 연구 대상, 종속변인 등의 특성에 따라 다소 다르게 보고되고 있다. 또한, 동화상의 효과를 주로 인지적, 정의적 영역의 학습 결과 측면에서 조사했을 뿐, 학습 과정이나 외적 표상들 간의 연계 오류 관점에서 조사한 연구는 부족했다. 이로 인해 아직까지 다중표상학습에서 동화상의 효과를 일반화하기에는 한계가 있다. 그러나 많은 선행연구(박재원, 백성혜, 2004; 박종욱, 김수현, 2001, 백성혜, 유정미, 2006; 차정호 등, 2004; Ardac & Akaygun, 2005; Höffler & Leutner, 2007; Sanger *et al.*, 2000; Williamson & Abraham, 1995; Yezierski & Birk, 2006)의 결과와 이 연구의 결과를 통해 볼 때, 적어도 동화상은 물질의 입자성이 강조되는 화학 개념 이해 향상에는 효과적이라는 결론을 내릴 수 있었다. 또한, 이 연구는 동화상의 효과를 외적 표상들 간의 연계 오

류 관점에서 조사하는 초기 연구여서 아직 일반화하기는 어렵지만 동화상이 외적 표상들 간의 연계 오류를 감소시킬 수 있다는 가능성을 확인할 수는 있었다.

이런 점에서 볼 때, 이 연구의 결과는 다중표상을 활용한 화학 수업에서 동화상을 효과적으로 활용하는 방법에 대한 구체적인 지침을 제시해 줄 수 있다. 예를 들어, 동화상을 활용한 보일의 법칙 및 샤를의 법칙 개념 수업에서 유발되는 학생들의 연계 오류를 감소시키기 위해, 학생들의 특성 및 이에 따른 동화상의 효과, 동화상 사용 시 유발되는 연계 오류의 예시 등을 교재나 멀티미디어 교수-학습 자료에 제시할 수 있을 것이다. 또한, 교사는 수업에서 동화상을 활용할 때 장독립성·장의존성과 같은 학생들의 특성을 미리 파악하여 이에 적합한 방식으로 외적 표상들을 활용하고 수업을 진행함으로써 학생들의 연계 오류를 예방하고 학습을 촉진할 수 있을 것이다.

이 연구의 결과는 과학 교육 연구 분야에도 시사점을 줄 수 있다. 예를 들어, 다중표상학습에서 동화상의 효과를 기존에 주로 이루어졌던 인지적, 정의적 측면과 함께 외적 표상들 간의 연계 오류 관점에서 조사할 수 있을 것이다. 실제로 연계 오류 측면에서의 동화상 효과에 대한 연구는 아직 초기 단계여서 그 효과에 대해 일반화된 결론을 내리기는 어려우므로, 다양한 개념과 학년을 대상으로 반복 연구가 필요하다. 학습 시간이 다중표상학습의 효과에 영향을 미칠 가능성이 있다는 점에 비추어 볼 때(van Merriënboer & Sweller, 2005), 2차시라는 비교적 짧은 수업 처치 기간 동안 이루어진 이 연구의 결과를 일반화시키기 위해서는 다양한 처치 기간에서의 반복 연구를 진행할 필요도 있다. 또한, 이 연구는 학습 결과 측면에서 연계 오류 관점을 도입한 것이므로, 이후에는 학생들이 글과 동화상을 실제로 연계하는 과정에서 유발되는 오류를 조사하는 연구를 진행할 필요가 있다. 장독립성·장의존성에 관계없이 학생들의 연계 오류의 발생 비율은 여전히 높게 나타났으므로, 동화상 사용 시 발생하는 연계 오류를 줄일 수 있는 방법에 대한 지속적인 연구도 진행되어야 할 것이다. 이런 연구들의 결과를 대학 강의나 교사 연수, 과학 교육 관련 학회 등을 통해 예비 및 현직 교사나 교재 개발자에게 적극적으로 홍보하고, 동화상의 효과적인 활용 방법에 대한 지침을 마련하여 학교 현장에 안내하기 위한 노력도 필요하다.

국문 요약

이 연구에서는 다중표상을 활용한 화학 개념 학습에서 학생들의 장독립성·장의존성에 따른 동화상의 효과를 연계 오류와 개념 이해 측면에서 조사했다. 남녀공학 중학교 1학년 학생 123명을 글과 정화상을 통해 학습하는 정화상 집단과 글과 동화상을 통해 학습하는 동화상 집단으로 배치한 후, '보일의 법칙'과 '샤를의 법칙'에 대해 2차시 동안 수업을 진행했다. 연구 결과, 정화상 집단보다 동화상 집단의 연계 오류 비율이 낮았으나, 장독립성·장의존성에 관계없이 학생들의 연계 오류의 발생 비율은 여전히 높았다. 또한, 학생들의 장독립성·장의존성에 따른 두 집단의 연계 오류 발생 비율의 차이는 연계 오류 유형에 따라 다소 다른 경향이 있었다. 개념 이해도 검사에서는 정화상 집단보다 동화상 집단의 점수가 높았으며, 그 차이가 통계적으로 유의미했다. 그러나 수업 처치와 학생들의 장독립성·장의존성 사이의 상호작용 효과는 없었다. 이에 대한 교육적 함의를 논의했다.

참고 문헌

- 강훈식, 김유정, 노태희 (2007). 제7차 중학교 1학년 과학 교과서의 물질 단원에서 외적 표상들의 활용 실태 분석. *한국과학교육학회지*, 27(3), 190-200.
- 강훈식, 노태희 (2006). 외적 표상들 간의 연계와 통합을 촉진하는 방안으로서의 그리기에 미치는 상향 흥미, 주의집중, 인지적 노력의 영향. *한국과학교육학회지*, 26(4), 510-517.
- 강훈식, 신석진, 노태희 (2008a). 다중 표상을 활용한 보일과 샤를의 법칙 개념 학습에서 유발되는 학생들의 연계 오류의 원인 탐색. *대한화학학회지*, 52(5), 550-560.
- 강훈식, 이종현, 노태희 (2008b). 다중 표상을 활용한 화학 개념 학습에서 학생들의 장독립성-장의존성에 따른 연계 오류 분석. *한국과학교육학회지*, 28(5), 471-481.
- 박재원, 백성혜 (2004). 초등학교 과학 수업에 적용한 입자 모델의 컴퓨터 애니메이션 교수자료의 학습 효과. *초등과학교육*, 23(2), 116-122.
- 박종욱, 김수현 (2001). 초등학교 자연과 분자 단원 학습에서 입자성을 강조한 동적 자료와 정적 자료의 교수 효과 비교. *과학과 수학교육논문집*, 22, 39-55.
- 박진희, 백성혜, 김동욱 (2003). 전기분해 관련 개념에 대한 고등학생, 예비 교사, 화학 교사들의 어려움에 대한 분석. *한국과학교육학회지*, 23(6), 660-670.
- 백성혜, 유정미 (2006). 입자 개념을 강조한 컴퓨터 보조 수업 자료가 중학생들의 물의 상태변화 관련 개념 향상에 미치는 영향. *교원교육*, 22(1), 68-95.
- 유승아, 구인선, 김봉근, 강대호 (1999). 기체의 성질에 대한 중, 고등학생들의 오개념에 관한 연구. *대한화학학회지*, 43(5), 564-577.
- 이수경 (1998). 애니메이션과 인지양식이 과학적 이해와 파지에 미치는 영향. *교육공학연구*, 14(2), 69-102.
- 차정호, 김경순, 노태희 (2004). 시각적 학습양식 선호도에 따른 정화상 CAI와 애니메이션 CAI의 효과 비교. *한국컴퓨터교육학회논문지*, 7(5), 1-8.
- Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W., & Marek, E. A. (1992). Understandings and misunderstandings of eighth graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 105-120.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183-198.
- 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.
- Azizoglu, N., Alkan, M., & Geban, O. (2006). Undergraduate pre-service teachers' understandings and misconceptions of phase equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 83(6), 947-953.
- Hays, T. A. (1996). Spatial abilities and the effects of computer animation on short-term and long-term comprehension. *Journal of Educational Computing Research*, 14(2), 139-

155.

Höffler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 17(6), 722-738.

Kikas, E. (2004). Teachers' conceptions and misconceptions concerning three natural phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 432-448.

Kim, S., Yoon, M., Whang, S.-M., Tversky, B., & Morrison, J. B. (2007). The effect of animation on comprehension and interest. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(3), 260-270.

Kozma, R. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction*, 13(2), 205-226.

Lee, O., Eichinger, D. C., Anderson, C. W., Berkheimer, G. D., & Blakeslee, T. D. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Chemical Education*, 30(3), 249-270.

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

Lin, H.-S., Cheng, H.-J., & Lawrenz, F. (2000). The assessment of students and teachers' understanding of gas laws. *Journal of Chemical Education*, 77(2), 235-238.

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

Lowe, R. (2003). Animation and learning: Selective processing of information in dynamic graphics. *Learning and Instruction*, 13(2), 157-176.

Lowe, R. (2004). Interrogation of a dynamic visualization during learning. *Learning and Instruction*, 14(3), 257-274.

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.

Sanger, M. J., Brecheisen, D. M., & Hynek, B. M. (2001). Can computer animations affect college biology students' conceptions about diffusion & osmosis? *American Biology Teacher*, 63(2), 104-109.

Sanger, M. J., Phelps, A. J., & Fienhold, J. (2000). Using a computer animation to improve students' conceptual understanding of a can-crushing demonstration. *Journal of Chemical Education*, 77(11), 1517-1520.

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.

Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353-1368.

Van der Meij, J., & de Jong, T. (2006). Supporting students' learning with multiple representations in a dynamic simulation-based learning environment. *Learning and Instruction*, 16(3), 199-212.

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.

Williamson, V. M., & Abraham, M. R. (1995). The effects of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 521-534.

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.

Yeziarski, E. J., & Birk, J. P. (2006). Misconceptions about the particulate nature of matter. Using animations to close the gender gap. *Journal of Chemical Education*, 83(6), 954-960.

〈부록〉 연계 과정 검사의 일부

글과 그림 연결 검사지

이 검사는 여러분이 지난 시간에 학습한 내용(보일, 사물의 법칙)에 대해 얼마나 이해하고 있는지를 글과 그림의 연결 활동을 통해 알아보기 위한 것입니다. 아래에 있는 글과 그림의 연결 활동 예시를 참고하여 문제를 풀어봅시다.

()반 ()번 이름 () (남, 여)

〈글과 그림 연결 활동 예시〉

...생략...

▶ 문제 1

손에 잡고 있던 풍선은 놓치면 풍선이 하얗도 올라갈수록 커지다가 터진다. 왜 그럴까?
(단, 풍선 안의 기체는 빠져 나가지 않고, 온도는 일정하다고 가정함)

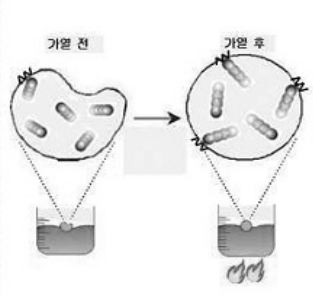
풍선 안에 있는 기체 분자들은 모든 방향으로 균일하여 충돌을 하므로 풍선의 안쪽 벽에도 균일하여 충돌하여 그 벽에 압력을 가하게 된다. 이 압력 때문에 풍선이 전체적으로 팽창해진다. 그렇다면 풍선이 하얗도 올라갈수록 커지는 이유는 무엇일까?
풍선이 하얗도 올라갈수록 풍선 밖에 묻혀 있는 기체 분자 수가 적어지므로 풍선 밖에서 풍선을 누르는 기체의 압력(대기압)이 적어진다. 이 때 풍선 안에 있는 기체 분자들의 기구, 크기와 충돌 빈도는 일정하므로 풍선 안의 기체 압력은 일정하다. 따라서 풍선이 하얗도 올라갈수록 풍선 안의 기체 압력이 대기압보다 상대적으로 더 커지므로 풍선의 부피가 커지게 된다. 그리고 풍선이 압력을 이기지 못할 때 풍선은 결국 터지게 된다.



▶ 문제 2

찌그러진 학구공을 뜨거운 물에 넣으면 팽창해진다. 왜 그럴까?
아래의 글과 그림을 보고 온도가 변할 때, 기체의 부피가 어떻게 되는지 생각해 보자.

찌그러진 학구공을 가열하면 학구공 안에 있는 기체 분자의 운동 속도가 빨라진다. 따라서 기체 분자가 학구공 안쪽 벽과 충돌하는 횟수가 증가하여 학구공 안의 기체 압력이 커지게 된다. 이 때 학구공 밖에서 학구공에 가해지는 압력(대기압)은 일정하기 때문에 학구공 안의 기체 압력이 대기압과 같아질 때까지 학구공의 크기가 커지게 된다. 즉, 같은 압력에서 학구공 안의 온도가 올라가면 학구공 안에 있는 기체의 부피는 커진다. 이 때, 기체 분자의 개수와 크기는 변하지 않는다.



<보기>

글 요소	그림 요소
㉠ 온도	A 원의 방향
㉡ 기체 분자가 풍선 안쪽 벽과 충돌	B 원 그림자의 길이
㉢ 풍선을 누르는 기체 압력(대기압)	C 풍선 벽의 W 표시
㉣ 기체 분자의 개수	D 풍선 밖의 파살표의 크기
㉤ 기체 분자의 크기	E 풍선의 크기
㉥ 기체 분자의 충돌 속도	F 원의 크기
㉦ 풍선 안의 기체 압력	G 원의 개수
㉧ 풍선의 부피	H 원의 색깔
	I 원의 분포

<보기>

글 요소	그림 요소
㉠ 기체 분자의 운동 속도	A 색깔
㉡ 기체 분자가 학구공 안쪽 벽과 충돌	B 학구공의 크기
㉢ 학구공 안의 기체 압력	C 학구공 벽의 W 표시
㉣ 학구공에 가해지는 압력(대기압)	D 원 그림자의 길이
㉤ 온도	E 원의 개수
㉥ 기체의 부피	F 원의 색깔
㉦ 기체 분자의 개수	G 원의 크기
㉧ 기체 분자의 크기	H 원의 모양
	I 원의 분포

(구) - (그림)	자세한 설명을 적어 봅시다.
(예시) (○) - (F)	글에서 풍선의 부피가 커지는 것을 그림에서는 원의 크기가 커지는 것으로 표현하고 있다.
() - ()	글에서 ()것을 그림에서는()것으로 표현하고 있다.
() - ()	글에서 ()것을 그림에서는()것으로 표현하고 있다.
() - ()	글에서 ()것을

(구) - (그림)	자세한 설명을 적어 봅시다.
(예시) (○) - (F)	글에서 풍선의 부피가 커지는 것을 그림에서는 원의 크기가 커지는 것으로 표현하고 있다.
() - ()	글에서 ()것을 그림에서는()것으로 표현하고 있다.
() - ()	글에서 ()것을 그림에서는()것으로 표현하고 있다.
() - ()	글에서 ()것을