

정신모형 수업이 원운동 정신모형 변화에 미치는 효과*

신종호(申宗昊) · 신태섭(申泰燮)**

이승희(李昇姬) · 이경호(李敬浩) · 박지연(朴智燕)***

송상호(宋祥浩)****

논문 요약

본 연구는 정신모형이론에 기반한 원운동 개념향상 프로그램이 학생들의 과학적 개념 형성에 미치는 효과를 경험적으로 확인하고자 하였다. 정신모형수업은 기존의 전통적 수업과는 달리 학생의 존재론적 기본 전제와 인식론적 기본 전제를 변화시키기 위한 처치가 포함되었다는 점에서 차별점을 지닌다. 정신모형수업의 효과 검증을 위하여 고등학생 109명을 정신모형 수업 처치 여부에 따라 실험집단과 통제집단으로 구분한 후 두 집단간의 원운동 개념에 차이가 나타나는지를 살펴보았다. 또한 각 집단 내에서 과학적 정신모형 형성 수준에 따라 발생하는 학습자 특성의 차이를 확인하였다. 연구결과 정신모형수업을 처치받은 실험집단이 전통적인 수업을 받은 통제집단보다 원운동과 관련된 과학적 개념변화가 더 많이 일어난 것으로 나타났다. 또한 정신모형 수업집단의 경우 인지적 특성과 학업성취 특성 모두에서 과학적 개념변화가 많이 일어난 집단과 그렇지 않은 집단간에 차이가 나타나지 않은 반면, 전통적인 수업집단의 경우 과학적 개념변화가 많이 나타난 집단이 그렇지 않은 집단보다 높은 학습동기와 학업성취결과를 보이는 것으로 나타났다. 본 연구를 통해 정신모형 수업모형이 이론적으로 뿐만 아니라 경험적으로 과학적 개념변화에 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

■ 주요어 : 정신모형, 개념변화, 원운동, 정신모형수업

* 이 논문은 2003년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음 (KRF-2003-042-B00165).

** 서울대학교 사범대학 교육학과

*** 서울대학교 사범대학 물리교육과

**** 안동대학교 사범대학 교육공학과

I. 연구의 필요성 및 목적

1970년대 이후 인지심리학에서는 개념형성에 대한 활발한 연구들이 진행되어 왔다. 특히 학생의 개념형성 과정에 대한 이해는 학생의 올바른 개념변화를 촉진시키는 수업 개발에 시사점을 제공하기 때문에 아직도 많은 학자들의 관심사가 되고 있다. 개념변화와 관련된 다양한 이론들이 제시되었지만 개념변화과정이 학생이 기존에 가지고 있는 개념을 새로운 현상을 설명하는 데에 적합하도록 재구조화하는 과정이라고 인식하는 데에는 이견이 없는 것으로 보인다(Dole & Sinatra, 1998; Vosniadou, 1994; Nussbaum & Sinatra, 2003).

학생들의 개념변화과정에 대해서는 인지심리학뿐만 아니라 교과교육분야에서도 많은 연구들이 진행되고 있다. 특히 다른 교과들에 비하여 추상적인 개념을 학습해야하는 과학교과와 경우 학생들이 과학적이고 정확한 개념을 형성할 수 있도록 다양한 교수법들을 비교·분석하는 과정이 중요하다. 과학교육분야에서는 학생이 현재 가지고 있는 개념의 특성을 분석하고 개념형성에 영향을 미친 요인들을 확인하고 이들 요인들이 개념변화과정에 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 지속적인 연구를 수행해 오고 있다. 특히 과학교육의 경우 단순히 학생의 개념형성과정에 대한 이해에 그치는 것이 아니라 실제 수업에서 적용할 수 있는 개념변화 수업모형의 개발에도 많은 관심을 기울이고 있다.

하지만 기존의 개념변화이론들은 개념의 변화 과정에 개입되는 학습자의 인지적 요인들(예: 사고전략, 상위인지)에 대한 통합적 고려 없이 개념의 변화 그 자체에 국한되었으며, 개념변화에 대한 포괄적인 설명을 제시하지 못하고 부분적인 기술에만 그치는 문제점들을 가지고 있다(박지연, 이경호, 2004).

이러한 문제 제기에 대한 대안의 하나로 정신모형(mental model)이론이 등장하게 되었다. 정신모형이론에 따르면 학생들의 과학적 개념을 형성시키기 위하여 보다 근본적인 차원의 접근, 즉 학생의 인식론적 믿음, 존재론적 믿음 등에 대한 다각적 접근을 시도하는 것이 중요한 의미를 갖는다고 할 수 있다(Vosniadou, 1994). 하지만 정신모형 형성에 영향을 미치는 학생들의 인식론적 믿음, 존재론적 믿음 등의 요인들을 촉진시킬 수 있는 구체적인 교수법 또는 수업안에 대한 연구는 아직까지 부족한 현실이다. 특히 학생의 과학적 개념변화에 기여하기 위해서는 교수전략이 이론적 논의에서 머무르지 않고 실제 교실상황에서 적용될 수 있도록 구체적이고 체계적으로 연구될 필요가 있다고 볼 수 있다.

본 연구의 목적은 정신모형이론에 근거하여 개발한 원운동 개념향상 프로그램이 학생들의 과학적 개념 형성에 미치는 효과를 검증하는 것이다. 이를 위하여 정신모형 수업 처치 여부를 기준으로 실험집단과 통제집단으로 구분하여 두 집단간의 원운동 개념변화에 차이가 나

타나는지를 살펴보고자 하였다. 또한 실험집단 및 통제집단의 각각의 집단 내에서 과학적 정신모형 형성 수준에 따라 학습자 특성의 차이가 나타나는지도 살펴보고자 하였다. 본 연구에서 다른 내용들을 구체적 연구문제로 진술하면 다음과 같다.

- 연구문제 1. 정신모형 수업집단과 전통적 수업집단간에 원운동에 대한 과학적 정신모형 형성에 있어 차이가 존재하는가?
- 연구문제 2. 집단 내에서 과학적 정신모형을 형성한 학생과 그렇지 않은 학생간에 학습자 특성의 차이가 존재하는가?
- 2-1. 실험집단 내에서 과학적 정신모형을 형성한 학생과 그렇지 않은 학생간에 학습자 특성에 차이가 존재하는가?
- 2-2. 통제집단 내에서 과학적 정신모형을 형성한 학생과 그렇지 않은 학생간에 학습자 특성에 차이가 존재하는가?

II. 이론적 배경

1. 개념변화이론과 정신모형이론

학생들이 가지고 있는 개념은 주어진 상황에 따라 재구조화된다. 예컨대, 전지의 한쪽으로만 연결된 전구에도 불이 들어온다고 믿는 학생들도 전지 양쪽으로 연결된 상태에서는 불이 켜지던 전구가 한 쪽 전선이 끊어질 경우 불이 안 들어오는 것을 목격한 후에는 자신들이 기존에 가졌던 생각을 바꾸게 된다. 즉, 학생들은 자신이 처해 있는 상황에 따라 개념을 형성하는 맥락 의존적 반응을 보이게 되는 것이다(권재술, 이경호, 김연수, 2003). 개념변화이론은 이와 같은 학생들의 맥락 의존적 특성을 고려하여 학생들이 올바른 개념을 형성을 할 수 있도록 하는 데에 관심을 가진다.

초기의 개념변화이론은 학생들의 오개념(misconception)을 중심으로 연구가 이루어졌다. 오개념, 선개념, 기존개념 등 다양한 용어들로 기술되었지만 일반적으로 오개념이란 과학자가 가지고 있는 지식구조와 다른 선행지식을 의미한다(조희형 & 박승재, 1995; 박지연 & 이경호, 2004). 오개념은 특히 수업 이전에 학생들이 경험을 바탕으로 형성된 것이기 때문에 교사의 수업을 통해 쉽게 과학적 개념으로 변화되지 않는다는 특징이 있다. 하지만 오개념 연구들은 오개념의 형성과정, 과학적 개념과 차이가 나타나는 원인 등에 대한 만족할만한 설명을 제시하지 못하였다.

개념변화이론은 이후 개념구조를 구성하는 인지단위 혹은 사고단위를 중심으로 연구가 진행되었다. diSessa(1993)는 학생들이 개념을 형성하는 단위로서 현상론적 초안(phenomenological primitive: p-prims)이라는 개념을 제시하였다. 현상론적 초안은 공통된 특정 상황에 대한 최소한으로 추상화된 인지요소를 의미한다. 그는 이처럼 가장 기본적인 지식 조각들인 현상론적 초안들을 보다 복잡하고 통합적인 지식 체계로 재구조화하는 과정을 개념변화과정이라고 보았다.

한편 Minstrell(1992)은 'facets'이라는 사고의 단위를 이용하여 개념형성을 설명하였다. 그에 따르면 facet은 특정 맥락 속에서 학생들이 사용하는 인지전략 혹은 지식의 조각으로서 맥락에 따라 개념의 옳고 그름이 달라진다. 이밖에 통합체(coordination class)와 존재론적 범주(ontological category) 등의 입장에서 개념변화에 관한 논의가 이루어져 왔다. 하지만 사고단위 중심적 이론들은 정의적 요인이 배제된 인지적 요인만을 다루고 있으며, 개념이 속한 범주마다 구분되어 설명해야 하는 등의 한계가 있다(박지연, 이경호, 2004).

이후 학생들의 개념변화를 설명하기 위해 정신모형이론이 등장하였다. 정신모형이론에 따르면 학생의 개념변화는 현상에 대한 개인의 정신모형에 변화가 생길 때 이루어진다. 정신모형의 정의에 대하여 학자들마다 다양한 견해를 보이지만 가장 대표적인 정의는 Johnson-Laird와 Vosniadou가 내린 정의라 할 수 있다. Johnson-Laird(1983)는 사고활동을 전개할 때 의미론적 표상과 이미지 표상을 동원하여 형성한 내적 표상체계를 정신모형이라 규정하였다. Vosniadou(1994)는 정신모형을 물리적 세계에서 발생하는 상황을 예측하기 위해서 정신적으로 조작할 수 있는 역동적이고 생산적인 표상체계로 설명하였다. 특히 본 연구의 이론적 배경이 된 Vosniadou의 정신모형이론에 따르면 학생의 개념구조는 크게 틀이론(framework theory)과 특정이론(specific theory)을 바탕으로 구성된다. 인식론적 기본전제와 존재론적 기본전제로 구성된 틀이론은 물질세계의 운동을 설명하는 데에 영향을 미친다. 반면 명제, 믿음, 정신모형 등으로 이루어진 특정이론은 물질세계의 특성과 행동양식을 설명하는 데에 영향을 미친다.

정신모형에 따르면 학생의 개념은 학생이 가지고 있던 기존의 지식 및 믿음을 바탕으로 형성되기 때문에 학생의 개념변화는 자신이 가지고 있는 경험적 신념의 한계를 인식하고 새로운 대안적 설명으로 바꾸어 설명해야 한다는 필요성을 깨달을 때에만 일어나게 된다. 이를 위해서는 학생의 존재론적 신념, 인식론적 믿음과 같은 틀이론과 특정이론의 개념구조 등을 변화시켜야 하는데, 교육현장에서는 아직까지 반영되지 않고 있는 것이 현실이다. 이에 본 연구에서는 정신모형이론에 근거한 과학개념형성 프로그램을 개발 및 적용하여 실제 효과가 나타나는지를 살펴보고자 하였다(Vosniadou, 1994).

2. 개념변화를 위한 수업모형

수업모형은 수업목표 달성을 위해 필요한 설계도 혹은 청사진의 역할을 담당한다. 1980년대 이후 체계적인 교수·학습방안에 관한 관심이 증대되면서 다양한 과학수업모형들이 개발되었다. 김한호(1995)는 과학수업모형을 교육과정상에 제시된 목표유형에 따라 개념목표를 의도한 수업모형, 탐구목표 신장을 의도한 수업모형, 탐구와 가치·태도목표를 지닌 수업모형 등으로 분류하였다. 개념변화를 목표로 하는 대표적인 수업모형으로는 인지갈등수업모형, 발생학습수업모형, 순환학습수업모형 등이 있다.

인지갈등수업모형(권재술, 1989)은 학습자 스스로 자신이 가지고 있는 비과학적인 선개념 혹은 오개념이 틀렸다는 사실을 인식하도록 하고, 과학적 사고과정을 통해 새로운 개념을 수용하여 자신의 인지구조를 재구조화하도록 하는 과정을 중시한다. 즉, 학습자는 자신이 알고 있는 선개념과 모순된 상황을 경험하면서 인지적 갈등을 느끼게 되며 이는 다시 자신의 선개념에 대한 지적 불만족을 유발하게 된다. 이러한 인지적 갈등을 해결하기 위해서 학습자는 인지적 행동을 일으키게 되며, 환경과의 상호작용을 통해 과학적 개념을 스스로 구성하게 되는 것이다.

발생학습수업모형(Osborne & Wittrock, 1985)은 학생들이 가지고 있는 직관적인 생각을 보다 과학적인 개념의 상태로 변화시키는 데에 중점을 둔다. 발생학습수업모형에 따르면 학습자는 선행 지식에 일치하도록 의미를 재구성하는 경향성이 존재하며, 이러한 경향성은 학습자의 기존 경험과 지식에 따라 달라지게 된다. 즉, 발생학습수업모형에서는 학습자의 기존 경험 및 지식, 감각기관을 통해 획득한 새로운 정보의 선택적 수용 및 주의집중, 외부 자극과 장기기억간의 관계 및 의미 형성, 구성된 의미 평가 등에 중점을 두고 있다.

순환학습수업모형(Lawson, 1995)에 따르면 개념학습을 통한 사고력 증진이 과학교육의 핵심이 된다. 즉, 학습자는 개념적 내용이 포함된 학습내용에 대한 체계적인 탐색 및 검증 활동을 통해 인지발달이 이루어지게 된다. 학습자는 환경과 직접적인 상호작용을 통해 능동적으로 지식을 구성하게 되며, 이 때 외적 정보와 내적 인지구조를 조절·동화시키려는 경향성을 가진다. 학습자의 대안적 신념(오개념)은 대안적 신념과 과학적 개념간의 불일치를 인식하고 인지적 갈등을 경험함으로써만 변화가 가능하며 이 과정에서 대안적 신념의 표출, 의견 교환, 논증 전개, 문제 해결의 근거 모색 등의 활동을 통해 사고 기술이 신장되게 된다.

기존의 개념변화를 위한 수업모형들 중 현장 적용을 통해 검증받은 수업모형은 아직까지도 그 수가 매우 제한되어 있다. 또 일부 수업모형의 경우 교사가 현장에서 실제 적용하는 데에 어려움을 겪을 정도로 수업모형에 대한 구체적인 설명이 부족한 현실이다. 본 연구에서는 학습자의 과학적 개념변화를 위한 정신모형 수업모형의 현장 적용 효과를 검증해봄으

로써 교육현장에서 실제적으로 도움을 줄 수 있는 수업모형을 개발하고자 하였다.

3. 학습자 특성과 정신모형 형성간의 관계

1) 동기

학생들이 보다 흥미를 가지고 공부할 수 있도록 하기 위해서 어떠한 노력을 기울여야 하는가 하는 문제는 모든 교과교육분야에서 공통적으로 관심을 가지는 주제 중 하나이다. 특히 교실상황에서 학습한 내용을 직접 적용할 수 있는 기회가 제한되어 있는 과학교육분야의 경우 학습자의 과학교과에 대한 학습동기를 유발시키는 일은 점점 더 중요한 문제가 되고 있다. 아무리 훌륭한 학습이론과 교수방법을 적용하고 최첨단 기자재를 교수활동에 도입하여도 학생들이 관심을 가지지 않고 학습동기가 없으면 이는 헛된 노력에 불과하기 때문이다. 따라서 학생들이 과학 학습에 흥미와 관심을 가질 수 있도록 학습동기를 유발하고 유지시키기 위한 교수 방법에 대한 연구와 개발의 필요성이 제기되고 있다(박수경, 김영환, 김상달, 1996; 김아영, 2004).

학생의 잘못된 오개념을 과학적인 개념으로 변화 시키는 것을 주된 목표로 하는 과학교과에서 학습동기를 촉진시키기 위한 수업 설계에 많이 사용되는 이론 중 하나가 Keller의 ARCS이론이다. Keller(1987)는 주의력(attention), 관련성(relevance), 자신감(confidence), 만족감(satisfaction)의 4가지 요인들이 학습자의 동기를 결정하는 것으로 보았다. 즉, 학습동기를 증진시키기 위해서는 학습자가 수업에 주의력을 집중하고, 학습할 내용과 현실과의 관련성을 파악하고, 새로운 내용을 학습할 수 있다는 자신감을 고양하고, 학습을 통해 만족감을 얻을 수 있도록 해주어야 한다.

백성혜 외(1999)는 학습동기에 따른 학습자의 개념변화 효과 검증 연구를 통해 수업 전 높은 학습동기를 보였던 학생들의 경우 개념변화 수업 처치 후 전통적인 수업을 받은 학생들보다 더 정확한 과학적 개념을 형성한다는 사실을 확인하였다. 그러나 수업 전 낮은 학습동기를 나타낸 집단의 경우, 개념변화 수업을 받은 집단과 전통적인 수업을 받은 집단간에 개념 이해도에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 학습동기수준에 따라 개념변화 수업의 효과가 다르게 나타남을 의미한다.

선행연구 결과에 따르면 학습동기는 학습자의 개념변화와 매우 관련이 높은 것을 알 수 있다. 정신모형이론 또한 개념변화이론 중 하나임을 생각해볼 때 학습자의 동기가 정신모형 수업을 통해 개념형성과정에서 중요한 역할을 담당할 것이라는 가설을 가능하게 한다.

2) 상위인지

상위인지란 인지과정에서 자신이 무엇을 얼마나 알고 있으며, 과제 해결을 위한 적절한 인지전략은 무엇이며, 과제해결과정을 스스로 점검·평가·조절하는 인지과정에 대한 전반적인 지식과 기능을 의미한다(Flavell, 1976; Brown, 1980). 상위인지능력이 정신모형이론에 근거한 개념변화 수업과 밀접한 관련이 있는 이유는 상위인지활동을 통해 학습자가 보다 적극적으로 자신의 인지과정을 점검·평가·조절함으로써 개념변화에 영향을 미치기 때문이다.

이달석(1991)은 중학생들을 대상으로 한 연구를 통해 과학교과 상위인지와 과학교과 학업성취도 간에 .50의 상관을 나타내며, 특히 전환능력과 중점과악능력이 학업성취와 상관이 높다는 사실을 보여주었다. 또한 상위인지 상위 10% 집단과 IQ 상위 10% 집단을 비교하였을 경우 IQ가 10점 이상 차이가 남에도 불구하고 두 집단간에 학업성취도에서는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 상위인지가 지능과 구별되며, 독립적으로 학생들의 학업성취도에 영향을 미치는 변인임을 보여주는 결과라 할 수 있다.

박종원(1992)은 구성주의에 기반한 상위인지를 통한 개념 변화 모형을 제안하였다. 인지적 갈등에서 상위인지의 역할을 강조한 그의 과학학습모형에 따르면 개념변화과정에 필요한 요소를 4가지로 규정하고 있다. 즉, 자신의 인지상태에 대한 인식, 갈등상황에 대한 인식, 과학적 개념을 이해하는 방법의 선택·사용·점검, 변화된 인지상태에 대한 인식단계를 거침으로써 개념변화가 완성된다고 보았다.

심재학(1995)은 개념의 올바른 이해와 오개념의 과학적 개념으로의 변화를 목적으로 하는 상위인지전략 수업모형을 제안하였다. 상위인지전략 수업모형은 학습자가 학습 과정 내내 자신의 학습과정을 점검함으로써 자신의 인지활동을 평가하고 조절하도록 하는 수업모형이다. 상위인지전략 수업모형은 상황의 인식 단계, 개념의 재구성 단계, 개념의 평가 및 정착의 단계로 구성되었다.

한편 신미경 외(2000)는 박종원(1992)과 심재학(1995)의 상위인지 개념변화 수업모형을 초등학교 6학년 수준에 맞게 수정하여 적용하였을 때 학생들의 과학적 개념변화가 어떻게 변화하는지를 살펴보았다. 연구결과 상위인지 개념변화 수업모형은 전통적인 수업모형에 비해 학생들의 올바른 과학적 개념 형성 및 지속에 효과가 있는 것으로 나타났다.

선행연구 결과에 따르면 상위인지능력은 학습자의 개념변화와 매우 관련이 높은 것을 알 수 있다. 정신모형이론 또한 개념변화이론 중 하나임을 생각해 볼 때 상위인지활동이 정신모형 수업을 통해 개념형성과정에서 중요한 역할을 담당할 것이라는 가설을 가능하게 한다.

3) 자기조절능력

동기를 구분하는 가장 대표적인 방법은 학습을 유발시키는 원인이 학생 내부에 기인하는 것인지 또는 외부의 자극에 기인한 것인지에 따라 분류하는 것이다. 이 때 내재적 동기란 과제 자체가 주는 재미와 흥미 때문에 행동하는 것을 의미하며, 외재적 동기란 외부의 자극 때문에 행동을 하는 것을 의미한다(김아영, 2003). 자기결정성이론에 따르면 내재적 동기와 외재적 동기는 각기 다른 유형의 동기가 아니라 자율성, 즉 자기조절능력의 정도 차이로 구분되는 개념이다. 이 때 자기결정성이란 자신이 공부하는 이유가 스스로의 선택에 기인하는 정도, 즉 자기조절능력의 정도를 의미하는 것으로 볼 수 있다(Ryan & Deci, 2000; 한순미, 2004). 즉, 내재적 동기를 가진 사람은 높은 자율성을 가짐으로써 자기결정적인 반면, 외재적 동기의 사람들은 덜 자율적이며 더 통제적인 특성을 띠게 된다. 이처럼 자기결정성 이론은 외재적 동기의 유형 또한 외적 동기가 내재화된 정도를 가지고 구분한다.

자기결정성 이론에서는 자기조절능력에 따라 3가지로 세분화된 외재적 동기와 내재적 동기로 구분한다. 첫째, 외적 동기(extrinsic regulation)란 외재적 동기 중에서 자기결정성이 없는 단계로서 타인의 압력에 의해서 억지로 하거나 보상이나 마감시간과 같은 전형적인 외적 제약에 의하여 행동하는 것을 의미한다. 교사의 체벌이 두려워서 마지못해 행동하는 경우가 이에 해당한다. 둘째, 부과된 동기(introject regulation)란 행동에 대한 원인을 이제 막 내면화시키기 시작하는 단계로 죄의식, 수치감 등과 같은 자기 자신의 의지가 개입되는 상태이다. 예를 들면 시험 전날 공부를 하지 않으면 스스로 죄의식을 느끼기 때문에 공부를 하는 경우가 이에 해당한다. 셋째, 확인된 원인(identified regulation)은 개인이 행동의 목표를 자신의 것으로 완전히 내면화시키지는 않아도 그 가치를 인정하여 수용한 상태를 의미한다. 예컨대 영어 단어를 많이 아는 것이 가치 있는 일이라고 생각하기 때문에 열심히 단어 공부를 하는 경우가 이에 해당한다. 마지막으로 내재적 동기(intrinsic regulation)란 활동 그 자체가 주는 즐거움과 흥미 때문에 그 활동을 하는 것을 의미한다. 공부 그 자체가 재미있어서 열심히 공부에만 몰두하는 학생들의 경우가 내재적 동기에 해당한다(Ryan & Connell, 1989; 김아영, 2002; 한순미, 2004).

자기조절능력과 개념변화 수업간의 관계를 연구한 선행연구는 아직까지 미비한 상태이다. 하지만 자기조절능력이 학생의 학업성취, 자아개념, 학습태도, 만족도 등과 밀접한 관련이 있다는 선행연구 결과들을 종합해보면 학습동기, 상위인지와 같이 관련성이 있을 것으로 기대할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 자기조절능력이 정신모형 수업을 통해 개념형성과정에서 미치는 영향을 살펴보고자 하였다.

Ⅲ. 연구방법

1. 연구참여자

본 연구는 경기도에 위치한 K 고등학교 2학년 학생들을 연구대상으로 하였다. 일주일 동안 진행된 실험 및 검사에서 한 가지라도 참여하지 않은 경우 최종분석시 제외하였으며, 이에 따라 본 연구에 참여한 대상자는 총 109명이었다. 연구에 참여한 네 개 학급 중 두 개 학급을 정신모형 수업을 처치한 실험집단, 나머지 두 개 학급을 전통적인 방식의 수업을 받은 통제집단으로 무선적으로 선정하였다. 두 집단이 학습동기, 상위인지, 자기조절능력에서 차이가 있는지를 확인하기 위해서 실시한 사전검사 결과 과학학습동기와 상위인지에 있어서 두 집단은 동질 집단임이 확인되었다. 반면 자기조절능력의 경우 통제집단이 실험집단보다 더 높은 것으로 나타났다. 이는 통제집단이 실험집단보다 자율적으로 학습하는 특성을 지니는 것으로 해석할 수 있다(<표 Ⅲ-1> 참조).

<표 Ⅲ-1> 실험/통제집단 인지적 특성 사전검사 결과

	집단	평균	표준편차	t	df	p
과학학습동기	실험집단	3.28	.37	1.56	107	.12
	통제집단	3.16	.41			
자기조절능력	실험집단	-66.18	9.94	-3.13	107	.00**
	통제집단	-59.42	12.21			
상위인지	실험집단	3.34	.47	1.72	107	.09
	통제집단	3.17	.55			

- 실험집단: 50명, 통제집단: 59명

* $p < .05$, ** $p < .01$

2. 연구절차

본 연구는 크게 사전검사, 실험처치, 사후검사의 세 단계로 진행되었다. 사전검사에서는 학생들이 원운동 관련 수업을 받기 이전의 학습자 특성을 검사하였다. 사전검사에서는 원운동 정신모형 검사, 과학 학습동기 검사, 자기조절능력 검사, 상위인지 검사 등이 포함되었다.

실험처치 단계에서 실험집단 및 통제집단은 고등학교 물리 교육과정의 '원운동 개념' 단원의 내용을 2004년 7월중 3차시에 걸쳐 학습하였다. 1차시 수업에서는 힘의 정의와 종류, 2차시 수업에서는 원운동 관련 실험, 3차시 수업에서는 원운동 개념 적용 수업을 실시하였다. 차시별 수업내용을 간략히 정리하면 <표 Ⅲ-2>와 같다.

<표 III-2 > 차시별 수업내용

수업차시	수업내용
1차시 수업	<ul style="list-style-type: none"> - 힘과 운동에 대한 사진자료를 제공한 후 힘이 통제된 상호작용 범주에 속한다는 과학적인 존재론적 신념을 갖도록 함 - 과학사 내용을 이용하여 과학적 지식은 고정된 것이 아니라 상대적이며 변화발 전해가는 것임을 강조 - 과학적 지식은 연구자 스스로 독립적인 사고과정을 통해 얻는 것임을 강조함으 로써 건전한 인식론적 신념을 형성하도록 함 - 학생들에게 본인의 생각을 표현해보도록 하는 기회를 제공함으로써 흥미, 자신 감, 메타인지 활동을 촉진
2차시 수업	<ul style="list-style-type: none"> - 1차시 내용인 힘에 관한 수업내용을 등속 원운동 실험 상황에 적용하도록 구성 - 교사의 시범 실험을 보고 원운동 상황에 대한 정신모형을 형성하도록 유도한 후, 실제 학생들이 실험에 참여하도록 유도 - 실험 후 정신모형 형성을 유도한 후, 초기 정신모형과 실험 후 정신모형의 비교 및 다른 학생의 정신모형과 비교 - 가장 모범적인 정신모형을 제공하여 학생들 자신의 정신모형과 비교
3차시 수업	<ul style="list-style-type: none"> - 학생들이 학습한 원운동에 대하여 다른 문제 상황에 직접 적용해 볼 수 있는 기 회를 제공함으로써 문제 상황에 가장 적절한 정신모형을 떠올리고 선택하는 과 정으로 구성

교사변인의 영향력을 최소화하기 위하여 두 집단 모두 동일한 교사가 수업을 진행하였다. 실험집단에 실시한 정신모형 수업안은 정신모형이론에 근거하여 개발하였으며 준비, 도입, 전개, 결론의 단계로 구성되었다. 준비단계에서는 학생들이 가지고 있는 선개념, 메타인지, 믿음, 동기 수준 등을 확인하였으며, 도입단계에서는 학생들의 동기를 유발할 수 있도록 적절한 맥락을 제공하였다. 전개단계에서는 학생들이 가지고 있는 정신모형의 한계를 느끼게 한 후 과학적 설명을 제시하였다. 마지막 결론단계에서는 학생들이 과학적 정신모형을 적용할 수 있는 다른 상황의 문제를 제공하는 수업전략을 사용하였다. 반면, '원운동 개념'에 관련된 전통적인 방식의 수업지도안은 기존의 교사가 사용하던 수업안을 중심으로 종합하여 구성하였다.

실험처치효과를 검증하기 위해 실시한 사후검사 단계에서는 사전검사에서 실시한 원운동 개념 검사와 수업만족도 검사를 실시하였다. 사후 원운동 개념 검사의 점수와 사전 원운동 개념 검사의 점수 차이를 향상점수로 전환하여 분석에 사용하였다. 이후 지연 사후검사로써 과학탐구기능 검사를 실시하였다.

비과학적인 원운동 정신모형을 과학적인 정신모형으로 변화시키기 위해 수업에서 고려된 요인으로 인식론적 신념, 존재론적 신념, 동기, 상위인지 능력이다. 본 연구에서 각각의 요인이 과학적 정신모형 형성에 효과적인지를 알아보는 어려우나 이들 요소들의 상호작용 결과로서 수업의 효과성을 알아보기 위해 교사주도의 강의식 수업이 이루어진 통제집단을 설정하였다.

정신모형 수업의 경우, 상위인지 능력을 향상시키기 위해 원운동, 실험상황, 문제 상황 등에 대한 정신모형을 떠올리고 이에 관하여 설명하는 활동, 학생 자신이 형성한 정신모형의 한계점을 지각하도록 그룹 활동을 전개하였다. 또한 인식론적 신념을 향상시키기 위해서 과학사에서 힘 개념의 변화과정을 살펴보면서 학생들로 하여금 물리 내용이 절대 불변의 진리가 아니라 연구결과에 따라서 항상 변화 가능함을 인식하도록 하였으며, 건전한 존재론적 신념을 가지도록 하기 위해서 힘이 통제된 상호작용임을 설명해주는 활동 등으로 구성되었다. 마지막으로 동기유발 요인으로 흥미와 자신감을 주는 교수전략이 선택되었다. 이를 위하여 원운동과 관련한 일상생활에서의 예를 제공함으로써 흥미를 유발시켰고, 학생들이 표현한 정신모형과 이에 대한 설명을 했을 때, 아무리 과학적이지 못한 반응일지라도 대답 속에서 옳은 부분에 대해선 칭찬해 줌으로써 자신감을 갖도록 하였다.

실험집단인 정신모형 수업과 마찬가지로 통제 집단의 수업에서도 동일한 교사가 수업을 진행하였으며 힘 개념의 과학사적 발달과정, 힘의 정의, 등속 원운동 실험 등과 같이 수업에서 다루는 기본적인 수업내용들은 동일하게 구성되었다. 또한 두 수업집단 모두에서 일상생활에서의 힘 개념을 예시해 주는 유인물 등을 사용한 흥미유발 활동이 동일하게 이루어졌다.

하지만 통제집단의 수업에서는 칠판 필기에 의존한 교사의 강의 중심의 수업이 이루어졌다. 학생들이 학습내용에 대해 본인의 정신모형을 확인 및 점검하는 기회를 수업 시간 내에 따로 제공하기 보다는 교사가 곧바로 문제 혹은 실험에 대한 답과 설명을 제공하였으며, 과학사 내용의 소개 또한 학생들이 필기하도록 한 후 이를 읽는 전통적인 수업방식으로 진행하였다. 이밖에 학생의 자발적인 발표에 대하여 교사가 칭찬과 같이 학생의 학습동기를 증진시킬 수 있는 의도적인 보상을 따로 제공하지는 않았다.

3. 검사도구

본 연구에서 실시한 사전검사에는 원운동 정신모형 검사, 과학 학습동기 검사, 자기조절능력 검사, 상위인지 검사 등이 포함되었다. 사후검사에서는 사전검사시 실시한 원운동 정신모형 검사가 포함되었으며, 수업만족도 검사와 과학 탐구기능 검사를 실시하였다. 이중 학습동기 검사, 자기조절능력 검사, 상위인지 검사, 원운동 정신모형 검사들은 실험에 참여하지 않는 학생들을 대상으로 예비검사를 실시하여 신뢰도와 타당도를 검증하였다.

1) 원운동 정신모형 검사

본 연구에서 사용된 원운동 정신모형 검사는 원운동 개념과 관련된 정신모형과 이를 형성

하는 데 영향을 미치는 인식론적 믿음과 존재론적 믿음을 확인할 수 있도록 고안된 것으로 총 4문항으로 구성되었다. 원운동 정신모형 검사는 물리 교과 전문가에 의해 타당도를 검증 받았으며 예비검사를 실시한 후 수정 및 보완하여 사용하였다. 각 문항에 대한 설명은 <표 III-3>에 제시하였다.

<표 III-3> 원운동 정신모형 검사 문항 구성

문항	문항 내용
1번 문항	원판 밖의 정지한 관찰자가 일정한 속력으로 돌고 있는 원형 회전 테이블 위에서 이와 함께 일정한 속력으로 회전하고 있는 동전에 작용하는 힘을 화살표로 표시
2번 문항	1번 문항에서 언급한 힘들의 명칭 및 의미, 원운동 문제 상황에서 작용한다고 생각하게 된 근본적인 이유와 인식론적 믿음 확인
3번 문항	학생이 떠올린 힘들의 존재론적 믿음을 확인하기 위하여 존재론적 속성에 따른 개념의 분류 기준 이용
4번 문항	문제 상황에서 떠올린 관련 물리 개념을 확인하고 이들 관계를 확인하기 위한 마인드맵 그리기

2) 과학 학습동기 검사

학습자의 학습동기를 측정하기 위해 Ryan(2002)이 개발한 Intrinsic Motivation Inventory 검사를 과학교과에 적합하게 수정 및 번안하여 사용하였다. 총 30개의 자기보고식 5점 척도 문항들로 구성된 과학 학습동기검사는 흥미/재미, 지각된 효능감, 노력/중요성의 3 가지 하위영역으로 이루어졌다. 과학 학습동기 검사의 신뢰도(Cronbach's α)는 .92로 나타났다.

<표 III-4> 과학 학습동기 검사 하위영역 및 문항 예시

하위영역	문항수	예시문항
흥미/재미	10문항	나는 과학 공부가 재미있다
노력/중요성	10문항	나는 과학 공부에 많은 노력을 기울인다
가치/유용성	10문항	나는 과학 공부가 유용한 일이라고 생각한다

3) 자기조절능력 검사

학습자의 자기조절능력을 측정하기 위해 Ryan(1989)이 개발한 Academic Self-Regulation Questionnaire 검사를 과학교과에 적합하게 수정 및 번안하여 사용하였다. 총 30개의 자기보고식 5점 척도 문항들로 구성된 자기조절능력검사는 외적 조절, 부과된 조절, 확인된 조절의 3가지 하위영역으로 이루어졌다(<표 III-5> 참조). 자기조절능력 검사의 결과는 자기조절능력

척도로 변환하여 분석하였다. 자기조절능력 척도는 수치가 클수록 학습자가 보다 더 자율적으로 학습활동을 전개하는 것으로 해석할 수 있다. 자기조절능력 검사의 신뢰도(Cronbach's α)는 .86으로 나타났다.

<표 III-5> 자기조절능력 검사 하위영역 및 문항예시

하위영역	문항수	예시문항
외적 조절	10문항	질문: 나는 왜 학교에서 열심히 공부하고자 하는가? 문항: 공부를 잘하면 상을 받을 수 있기 때문에
부과된 조절	10문항	질문: 나는 왜 수업시간에 열심히 참여하는가? 문항: 만약 내가 공부를 제대로 하지 않으면 내 스스로 창피하기 때문에
확인된 조절	10문항	질문: 나는 왜 과제를 수행하는가? 문항: 과제하는 것이 중요하기 때문에

4) 상위인지 검사

학습자의 상위인지 수준을 측정하기 위해 Mokhtari와 Reichard(2002)가 개발한 Metacognitive Awareness of Reading Strategies Inventory 검사를 과학교과에 적합하게 수정 및 변안하여 사용하였다. 총 30개의 자기보고식 5점 척도 문항들로 구성된 상위인지 검사는 학습자의 상위인지전략을 확인하는 단일 척도로 구성되었다. 상위인지 검사의 신뢰도(Cronbach's α)는 .91로 나타났다.

5) 학업성취도 자료

학생의 학업성취도 수준을 판단할 수 있는 자료들로 물리교과 1학기 성적, 경기학력평가, 전국학력평가, 수능모의고사, 과학탐구능력 검사 성적 등을 이용하였다.

4. 자료분석

1) 연구문제 1

정신모형수업을 처치한 실험집단과 전통적 방식의 수업을 받은 통제집단간에 과학적 정신모형 형성에 있어 집단차가 존재하는지를 살펴보기 위해서 정신모형 수업 처치 여부를 독립변인으로, 사후 원운동 개념 검사 점수를 종속변인으로, 사전 원운동 개념 검사 점수를 공변

량으로 처리하여 공변량 분석을 실시하였다.

원운동 개념 검사 점수는 원운동 마인드 맵 점수, 과학적 개념 수, 비과학적 개념 수로 구분하였다. 원운동 마인드 맵 점수는 학생들이 문제 상황에 떠올린 관련 물리 개념 간의 관계의 밀접성 및 정확성에 따라 교과전문가가 채점하였다. 과학적 개념 수는 학생이 원운동 개념 검사에서 과학적으로 정확하게 응답한 빈도이며, 비과학적 개념 수는 학생이 원운동 개념 검사에서 나타낸 비과학적 개념 수를 의미한다.

2) 연구문제 2

정신모형은 문제 상황과 관련된 기존 지식과 믿음이 외부에서 주어진 정보와의 상호작용을 통해 형성된 내적 표상이다. 따라서 과학적 정신모형이 형성되기 위해서는 장기기억 속에 문제해결에 핵심적인 과학적 개념이 필수적으로 존재해야 하며, 이것이 문제 상황에서 활성화되어 적절히 조직되어야 한다(Bower & Morrow, 1990; Chi & Roscoe, 2002; Halloun, 1996). 만약 주어진 문제에 대해 옳지 못한 개념, 명제, 혹은 지식이 활성화되어 이를 토대로 정신모형이 형성되었다면 이러한 정신모형도 과학적이지 않다고 해야 할 것이다(Chi & Roscoe, 2002). Vosniadou와 Brewer(1992) 연구에 의하면, 지구가 평평하다는 개념을 가진 학생의 경우, 지구가 둥글다는 과학적 개념에 관한 수업 후에 둥근 지구이나 지구 윗부분이 팬케이크처럼 평평한 정신모형을 형성하였다. 즉, 과학적 개념을 가지고 있다하더라도 비과학적인 개념을 동시에 가질 수 있다는 것이다.

본 연구에서는 정신모형 학생들의 변화된 과학개념 지표를 과학적 개념과 비과학적 개념의 두 가지를 고려하여 산출하였다. 지표 산출을 위해 사용된 하위 항목인 과학적 개념이란 과학자들이 가지고 있는 정확한 개념을 의미하며, 비과학적 개념은 학생의 옳바르지 않은 일상적 개념을 의미한다. 본 연구에서는 수업을 통해 변화된 학생의 과학적 개념 수와 비과학적 개념 수의 차이를 반영하여 산출된 과학적 개념 향상 점수를 종속변인으로 사용하였다. 본 연구에서 사용한 과학적 개념 향상점수는 다음과 같이 계산하여 얻어진 것이다(<표 III-6> 참조).

<표 III-6> 과학적 개념 향상점수

$$\text{과학적 개념 향상점수} = (\text{사후 과학적 개념 수} - \text{사전 과학적 개념 수}) - (\text{사후 비과학적 개념 수} - \text{사전 비과학적 개념 수})$$

정신모형 수업처치를 받은 집단(실험집단)과 그렇지 않은 집단(통제집단) 내에서 과학적 정신모형을 형성한 학생들과 그렇지 않은 학생들간에 나타나는 학습자 특성의 차이를 확인

하기 위해서 본 연구에서는 과학적 개념 향상 점수를 기준으로 상위집단과 하위집단으로 구분하였다(<표 III-7> 참조). 과학적 개념 향상 점수가 3점 이상인 집단을 상위집단으로, 1점 이하인 집단을 하위집단으로 구분하였다.

<표 III-7> 과학적 개념 향상 점수를 이용한 상위/하위 집단 구분

	실험집단(총50명)	통제집단(총59명)
상위집단	21명	10명
하위집단	17명	39명

IV. 연구 결과

본 연구에서는 먼저 정신모형 수업을 처치받은 집단과 전통적인 방식의 수업집단간의 정신모형 변화의 차이를 살펴보았다. 이후 각 집단 내에서 정신모형 변화집단과 그렇지 않은 집단간의 차이를 살펴보았다. 이들 연구문제를 중심으로 본 연구를 통해 확인된 결과를 제시하면 다음과 같다.

연구문제 1. 정신모형 수업집단과 전통적 수업집단간에 원운동에 대한 과학적 정신모형 형성에 있어 차이가 존재하는가?

사전검사의 영향력을 통제한 교정 평균을 살펴보면 원운동 마인드 맵 점수의 경우 실험집단(24.06)이 통제집단(19.73)보다 높으며, 과학적 개념 수의 경우에서도 실험집단(2.11)이 통제집단(1.66)보다 많은 것으로 나타났다. 반면 비과학적 개념 수의 경우 실험집단(.85)이 통제집단(1.59)보다 적은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 학생들의 과학적 개념 형성에 정신모형 수업이 전통적 수업보다 효과적임을 보여준다고 할 수 있다.

<표 IV-1> 정신모형 수업 실시에 따른 원운동 개념 사전 및 사후 검사 점수

구분	실험집단			통제집단		
	사전검사 M(SD)	사후검사 M(SD)	교정 평균	사전검사 M(SD)	사후검사 M(SD)	교정 평균
원운동 마인드 맵	21.32 (4.66)	24.08 (3.06)	24.06	21.05 (3.55)	19.71 (3.86)	19.73
과학적 개념 수	1.12 (.77)	2.04 (.81)	2.11	1.32 (.75)	1.71 (1.04)	1.66
비과학적 개념 수	2.04 (.88)	.84 (.91)	.85	2.07 (1.16)	1.59 (1.02)	1.59

<표 IV-2> 정신모형 수업 실시에 따른 원운동 개념 공변량 분석

구분	변량원	자승화	자유도	평균자승	F	p
원운동 마인드 맵	공변량	26.64	1	26.64	2.18	
	실험여부	508.12	1	508.12	41.59	.00**
	오차	1295.15	106	12.22		
	합계	53239.00	109			
과학적 개념 수	공변량	22.30	1	22.30	32.97	
	실험여부	5.37	1	5.37	7.93	.00**
	오차	71.72	106	.68		
	합계	475.00	108			
비과학적 개념 수	공변량	19.88	1	19.88	25.99	
	실험여부	14.89	1	14.89	19.46	.00**
	오차	81.08	106	.77		
	합계	286.00	108			

* $p < .05$, ** $p < .01$

정신모형 수업 실시 여부에 따라 학생들의 원운동에 대한 과학적 정신모형 형성에 유의미한 차이가 있는지를 살펴보기 위해 과학적 정신모형 사전검사 점수를 공변량으로 하는 공변량 분석을 실시하였다. 그 결과, 원운동 개념도($F=41.59$, $p < .01$), 과학적 개념 수($F=7.93$, $p < .01$), 비과학적 개념 수($F=19.46$, $p < .01$)에서 유의미한 정신모형 수업 실시 효과가 나타났다.

연구문제 2. 집단 내에서 과학적 정신모형을 형성한 학생과 그렇지 않은 학생간에 학습자 특성의 차이가 존재하는가?

2-1. 실험집단 내에서 과학적 정신모형을 형성한 학생과 그렇지 않은 학생간에 학습자 특성에 차이가 존재하는가?

실험집단 내에서 과학적 개념 향상점수를 기준으로 구분한 정신모형 변화 상위집단과 하위집단의 인지적 특성 차이를 살펴본 결과, 정신모형의 변화가 큰 집단인 상위집단과 정신

<표 IV-3> 실험집단 내 상위/하위 집단간 인지적 특성 차이

	집단	평균	표준편차	t	df	p
과학학습동기	상위집단	3.28	.45	.60	36	.56
	하위집단	3.20	.36			
자기조절능력	상위집단	-64.52	9.15	.20	36	.84
	하위집단	-65.18	10.75			
상위인지	상위집단	3.29	.51	-.62	36	.54
	하위집단	3.39	.49			

<표 IV-4> 실험집단 내 상위/하위 집단간 학업성취 차이

	집단	평균	표준편차	t	df	p
경기학력평가 (물리)	상위집단	47.52	8.55	-.00	36	.99
	하위집단	47.53	5.89			
전국학력평가 (물리)	상위집단	47.38	8.11	-.81	36	.42
	하위집단	49.47	7.68			
1학기 성적 (물리)	상위집단	76.06	18.26	-1.18	29.91	.25
	하위집단	81.37	8.73			
과학탐구검사	상위집단	29.42	5.05	-.20	34	.85
	하위집단	29.82	7.14			

모형의 변화가 작은 하위집단간에 통계적으로 유의미한 차이가 나타나는 인지적 특성은 없었다. 즉, 정신모형 수업을 받은 실험집단 내에서 과학적 개념이 많이 향상된 집단과 그렇지 않은 집단간에는 학습동기, 자기조절능력, 상위인지에서 차이가 없는 것으로 나타났다.

실험집단 내에서 과학적 개념 향상점수를 기준으로 구분한 정신모형 변화 상위집단과 하위집단의 학업성취 차이를 살펴본 결과, 정신모형의 변화가 큰 집단인 상위집단과 정신모형의 변화가 작은 하위집단간에 통계적으로 유의한 차이가 나타나는 학업성취 특성은 없었다. 즉, 정신모형 수업을 받은 실험집단 내에서 과학적 개념이 많이 향상된 집단과 그렇지 않은 집단 간에는 표준화된 학력평가(경기지역, 전국), 1학기 성적, 과학탐구검사 성적에 있어서 차이가 없는 것으로 나타났다.

2-2. 통제집단 내에서 과학적 정신모형을 형성한 학생과 그렇지 않은 학생간에 학습자 특성에 차이가 존재하는가?

통제집단 내에서 과학적 개념 향상점수를 기준으로 구분한 정신모형 변화 상위집단과 하위집단의 인지적 특성 차이를 살펴본 결과, 과학적 개념 향상의 폭이 큰 집단인 상위집단(3.34)이 과학적 개념 향상의 폭이 작은 하위집단(3.11)보다 더 높은 과학학습동기를 보였다.

<표 IV-5> 통제집단 내 상위/하위 집단간 인지적 특성 차이

	집단	평균	표준편차	t	df	p
과학학습동기	상위집단	3.34	.19	2.44	36.07	.02*
	하위집단	3.11	.46			
자기조절능력	상위집단	-58.70	10.34	.31	47	.76
	하위집단	-60.10	13.38			
상위인지	상위집단	3.34	.38	1.16	47	.25
	하위집단	3.10	.60			

* $p < .05$, ** $p < .01$

<표 IV-6> 통제집단 내 상위/하위 집단간 학업성취 차이

	집단	평균	표준편차	t	df	p
경기학력평가 (물리)	상위집단	53.30	7.10	2.83	47	.01*
	하위집단	45.46	7.99			
전국학력평가 (물리)	상위집단	51.50	6.80	2.12	47	.04*
	하위집단	45.67	7.96			
1학기 성적 (물리)	상위집단	87.63	8.88	2.14	47	.04*
	하위집단	78.42	12.81			
과학탐구검사	상위집단	29.70	4.90	2.14	47	.04*
	하위집단	24.90	6.64			

* $p < .05$, ** $p < .01$

나머지 인지적 특성들에서는 두 집단간의 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

통제집단 내에서 과학적 개념 향상점수를 기준으로 구분한 정신모형 변화 상위집단과 하위집단의 학업성취 차이를 살펴본 결과, 정신모형의 변화가 큰 집단인 상위집단이 정신모형의 변화가 작은 하위집단보다 모든 학업성취 검사 결과에서 통계적으로 유의하게 높은 것으로 나타났다.

V. 논의 및 시사점

본 연구에서는 정신모형 수업모형이 학생들의 과학적 개념 변화에 효과가 있는지를 살펴봄으로써 정신모형 수업 효과를 검증하였다. 이러한 검증과정을 통해 기존의 개념변화이론들과 달리 학생의 존재론적 신념, 인식론적 신념, 틀 이론과 특정 이론의 개념구조의 변화를 추구하는 정신모형이론의 현장 적용 가능성을 살펴보고자 하였다. 이를 위하여 두 가지 연구문제를 설정하였으며 각각의 연구결과는 다음과 같다.

연구문제 1에서는 정신모형수업의 처치효과를 살펴보았다. 연구결과, 정신모형 수업을 처치받은 실험집단이 전통적인 수업을 받은 통제집단보다 원운동과 관련된 과학적 개념변화가 더 많이 일어난 것으로 나타났다. 즉, 정신모형이론에 근거한 수업을 받은 학생들이 전통적인 수업을 받은 학생들보다 원운동과 관련된 마인드맵 검사, 과학적 개념 수 및 비과학적 개념 수 등에서 높은 수행을 보이는 것으로 나타났다. 이는 정신모형 수업모형이 기존의 전통적인 수업 방식에 비해 원운동에 대한 올바른 과학적 개념의 형성 및 변화에 효과가 있음을 의미한다.

연구문제 2에서는 실험집단 및 통제집단의 각각의 집단 내에서 개념변화 수준에 따른 상

위집단과 하위집단간의 학습자 특성(인지적 특성, 학업성취)을 살펴보았다. 이를 위하여 과학적 개념 향상 점수를 기준으로 상위/하위 집단을 구분하였다. 먼저 인지적 특성을 중심으로 살펴보면 실험집단 내에서는 상위집단과 하위집단에 차이가 나타나는 인지적 특성은 없었다. 하지만 통제집단 내에서는 상위집단이 하위집단보다 과학학습동기가 높은 것으로 나타났다.

한편 학업성취결과들을 중심으로 살펴보면 실험집단 내에서는 상위집단과 하위집단에 차이가 나타나는 학업성취결과는 없었다. 반면 통제집단 내에서는 상위집단이 하위집단보다 모든 학업성취결과에서 더 높은 수행을 보였다. 즉, 정신모형 수업처치를 받은 집단의 경우, 학업성취도의 수준과 관련 없이 개념변화가 이루어진 반면, 전통적인 수업을 받은 통제집단의 경우 학업성취와 개념변화의 폭과 관련이 있는 것으로 나타났다.

본 연구를 통해 기존의 개념변화 수업모형들과 달리 학생들의 인식론적 신념, 존재론적 신념 등을 변화시키는 데에 초점을 둔 정신모형 수업모형이 학생들의 개념을 과학적 개념으로 변화시키는 데에 효과가 있음이 확인되었다. 또한 정신모형 수업집단의 경우 인지적 특성과 학업성취 특성 모두에서 과학적 개념변화가 많이 일어난 집단(21명)과 그렇지 않은 집단(17명)간에 차이가 나타나지 않은 반면, 전통적인 수업집단의 경우 과학적 개념변화가 많이 나타난 집단(10명)이 그렇지 않은 집단(39명)보다 높은 학습동기와 학업성취결과를 보이는 것으로 나타났다. 이는 정신모형 수업집단의 경우 개인의 인지적 특성이나 사전 성취수준이 학생들의 과학적 개념변화에 미치는 영향이 상대적으로 적은 것을 의미하며, 반면에 전통적인 수업집단의 경우 개인의 인지적 특성, 특히 학습동기수준과 사전 성취수준이 학생들의 과학적 개념변화에 미치는 영향이 상대적으로 크다고 할 수 있다.

과학적 개념변화를 가져오기 위해서는 학습자가 현재 가지고 있는 오개념의 원인을 정확히 파악하는 것이 가장 중요하다. 정신모형 수업모형은 기존의 수업모형들과는 달리 오개념의 원인을 인식론적 믿음, 존재론적 믿음 등과 같이 보다 근원적인 차원에서 모색한다는 점에서 차별성을 지닌다.

본 연구에서 적용된 정신모형 수업모형은 기존의 개념변화 수업모형들과는 달리 학생의 인식론적 신념, 존재론적 신념을 변화시켰다는 점에서 차별성을 띤다. 정신모형 수업에 반영된 구체적인 내용들을 살펴보면, 인식론적 신념을 변화시키기 위해 과학사적 개괄을 통해 힘의 개념 변화과정을 소개하였으며, 존재론적 신념을 변화시키기 위해 힘이 통제된 상호작용임을 보여주는 활동 등이 포함되었다. 또한 상위인지활동과 학습동기를 향상시키기 위한 전략들이 강조되어 포함되었다는 것이 본 연구에서 효과성을 살펴본 정신모형 수업의 특징이라고 할 수 있다.

본 연구를 통해 정신모형 수업모형이 이론적으로 뿐만 아니라 경험적으로 과학적 개념변화에 효과가 있는 것으로 나타났다. 하지만 본 연구에서 살펴본 정신모형 수업모형은 고등

학교 원운동 개념 단원을 중심으로 개발되었기 때문에 앞으로 원운동 개념뿐만 아니라 다양한 개념을 대상으로 한 정신모형 수업모형이 개발되고 연구되어야 할 것이다. 또한 본 연구의 경우 단기간에 걸쳐 이루어졌기 때문에 보다 명확한 정신모형 수업 효과를 살펴보기 위해서는 사사후 검사를 실시하는 등의 노력이 필요하다. 본 연구에서는 정신모형 수업집단의 경우 개념변화 수준과 동기, 상위인지 등의 인지적 특성과 관련이 없는 것으로 나타났다. 이는 선행연구들과 다른 결과라 할 수 있으며, 이와 관련하여 동기와 상위인지 등의 인지적 특성들과 정신모형과의 관계에 대한 추가적인 후속 연구가 필요할 것으로 생각된다. 마지막으로, 본 연구에서는 과학적 개념 향상점수를 이용하여 두 집단간의 정신모형의 차이를 간접적으로 비교하였다. 향상점수를 이용한 양적 연구 이외에 발성적 사고법과 회상적 면담법 등과 같은 질적 연구를 통해 학생들의 정신모형을 보다 심층적으로 분석할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 고한중, 강석진, 문소현, 한재영, 노태희(2004). 초등학교 과학 수업에서 대본을 사용한 협동 학습의 효과. 한국과학교육학회지, 24(3), 459-467.
- 권난주, 권재술(1998). 인지갈등을 통한 개념수업 절차 모형의 적용. 한국과학교육학회지, 18(3), 261-271.
- 권재술(1989). 과학 개념의 한 인지적 모형. 물리교육, 7, 1-9.
- 권재술(1991). 과학 개념형성의 한 인지적 모형. 청람과학교육연구논총, 3-11.
- 권재술, 이경호, 김연수(2003). 인지갈등과 개념변화의 필요조건과 충분조건. 한국과학교육학회지, 23(5), 574-591.
- 권혁순(1991). 과학수업에 의한 학생들의 개념변화 연구-중학교 2학년의 연소 개념을 대상으로-. 석사학위 논문. 서울대학교.
- 김아영(2002). 자기결정성 이론에 따른 학습동기 유형 분류체계의 타당성. 교육심리연구, 16(4), 169-187.
- 김아영(2003). 교실에서의 동기. 교육심리연구, 17(1), 5-36.
- 김아영(2004). 자기효능감과 학습동기. 교육방법연구, 16(1), 1-38.
- 김한호(1995). 과학수업모형의 이론적 분석과 현장 적용 연구. 박사학위 논문. 한국교원대학교.
- 박수경, 김영환, 김상달(1996). 동기유발을 위한 ARCS 이론을 적용한 수업이 지구과학 학업 성취도와 태도에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 16(4), 420-440.
- 박종분, 이미숙, 이길재(2003). 자연선택개념의 이해를 위한 활동중심수업의 효과. 한국과학교육학회지, 23(5), 505-516.
- 박종원(1992). 상대론 기초개념 변화에 있어서 초인지 역할. 박사학위 논문. 서울대학교.
- 박지연, 이경호(2004). 과학개념변화 연구에서 학생의 개념에 대한 이해: 오개념에서 정신모형까지. 한국과학교육학회지, 24(3), 621-637.
- 백성혜, 김혜경, 채우기, 권균(1999). 학습 동기에 따른 학습자의 개념 변화 효과. 한국과학교육학회지, 19(1), 91-99.
- 신미경, 고영신, 최영재(2000). 초인지 수업모형이 초등학생들의 분자개념 변화에 미치는 효과. 한국초등과학교육학회지, 18(2), 61-73.
- 심재학(1995). 초인지 전략 수업모형의 탐색 및 효과 분석: 고등학교 물리교과의 역학 개념 학습을 중심으로. 고려대학교 박사논문.

- 이달석(1991). 메타인지가 학업성취도에 미치는 효과. *교육학연구*, 29(2), 39-55.
- 조희형, 박승재(1995). 과학 학습지도: 계획과 방법. 서울: 교육과학사.
- 한순미(2004). 학습동기 변인들과 인지전략 및 학업성취간의 관계. *교육심리연구*, 18(1), 329-350.
- Anderson, E. M. & Young, A. T.(1994). Motivation and strategy use in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(8), 881-831.
- Bower, G. H. & Morrow, D. G.(1990). Mental models in narrative comprehension. *Science*, 247, 44-48.
- Brown, A. L.(1980). Metacognitive development and reading. In R. J. Shapiro, B. C. Bruce & W. F. Brewer(Eds.). *Theoretical issues in reading comprehension: Perspective from cognitive psychology, linguistics, artificial intelligence and education*. Hillsdale, NJ: Erlbaum Press.
- Chi, M. T. M. & Roscoe, R. D.(2002). The processes and challenges of conceptual change. In M. Limon & L. Mason (Eds.) *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10, 105-225.
- Dole, J. A. & Sinatra, G. M. (1998). Reconceptualizing change in the cognitive construction of knowledge. *Educational Psychology*, 22, 109-128.
- Flavell, J. H. (1976). Metaconitive aspects of problem solving. In L. B. Resnick (Ed.). *The nature of intelligence*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gentner, D. & Stevens, A. L. (Eds.). (1983). *Mental Models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Halloun, I.(1996). Schematic modeling for meaningful learning of physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(9), 1019-1041.
- Hashweh, M. Z. (1986). Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8(3), 229-249.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Keller, J. M. (1987). Development and use of the ARCS model of instructional design. *Journal of Instructional Development*, 10(3), 2-10.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. CA: Wadsworth

Publishing Company.

- Linnenbrink, E. A. & Pintrich, P. R. (2002). Motivation as an enabler for academic success. *School Psychology Review*, 31(3), 313-327.
- Mestre, J. P. (2001). Implications of research on learning for the education of prospective science and physics teachers. *Physics Education*, 36(1), 44-51.
- Minstrell, J. (1992). Facets of students' knowledge and relevant instruction. In R. Duit, F. Goldberg, and H. Niedderer(Eds.). *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*. Kiel, Germany: Institute for Science Education at the University of Kiel, 110-128.
- Mokhtari, K., & Reichard, C. A. (2002). Assessing Students' Metacognitive Awareness of Reading Strategies. *Journal of Educational Psychology*, 94, 249-259.
- Nussbaum, E. M. & Sinatra, G. M. (2003). Argument and conceptual engagement. *Contemporary Educational Psychology*, 28, 384-395.
- Osborne, R. J. & Wittrock, M. C. (1985). The generative learning model and its implications for science education. *Studies in Science Education*, 12, 59-87.
- Parkhouse, P. (1994). Emphasizing theory in science education. *Physics Education*, 29, 204-208.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167-199.
- Ryan, R. M. & Connell, J. P. (1987-9). Perceived locus of causality and internalization: Examining reasons for acting in two domains. *Journal of Personality and Social Psychology*, 57, 749-761.
- Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55, 68-78.
- Ryan, R. M. (2002). The Self-Regulation Questionnaire (SRQ-A). <http://www.psych.rochester.edu/SDT/measures/selfreg-acad.html>.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.

Vosniadou, S., & Brewer, W. F.(1992). Mental models of the Earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.

* 논문접수 2005년 11월 23일 / 1차 심사 2005년 12월 13일 / 2차 심사 2005년 12월 29일

* 신중호: 서울대학교 교육학과 및 동대학원을 졸업하고 미네소타 대학교 교육심리학과에서 박사학위를 취득하였다. 현재 서울대학교 교육학과 교수로 재직중이며, 주요 저역서로 「교육심리학」, 「학습장애아동의 이해와 교육」 등이 있다.

* e-mail: jshin21@snu.ac.kr(교신저자)

* 신태섭 : 서울대학교 교육학과를 졸업하고 동대학원에서 교육심리전공으로 석사학위를 취득하였다. 현재 미네소타 대학교 교육심리학과 박사과정에 재학중이다.

* 이승희: 서울대학교 물리학과를 졸업하였다. 현재 서울대학교 물리교육전공 석사과정에 재학중이다.

* 이경호: 한국교원대학교 물리교육과 및 동대학원을 졸업하고 동대학원에서 박사학위를 취득하였다. 현재 서울대학교 물리교육학과 교수로 재직중이며, 주요 논문으로 「과학개념변화 연구에서 학생의 개념에 대한 이해(2004)」 등이 있다.

* 박지연: 한국교원대학교 물리교육과를 졸업하였다. 현재 서울대학교 물리교육과 석·박사 통합과정에 재학중이다.

* 송상호: 국민대학교 교육학과를 졸업하고 서울대학교에서 교육방법전공으로 석사학위를 취득한 후 플로리다주립대학교에서 박사학위를 취득하였다. 현재 안동대학교 교육공학과 교수로 재직중이며, 주요 저서로는 「매력적인 수업 설계」 등이 있다.

Abstract

Effect of Mental Model Based Instruction on Student's Conceptual Changes in Circular Motion

Jongho Shin · Tae Seob Shin*

Seunghee Lee · Gyuongho Lee · Jiyeon Park**

Sang-ho Song***

The purpose of this research was to verify the effect of Mental Model based instruction on the student's conceptual changes in circular motion. The Mental Model based instruction was specifically designed to change the student's ontological presupposition and epistemological presupposition. One hundred and nine high school students were randomly assigned to either the treatment group or control group. In the treatment group, the Mental Model based instruction was given. For the control group, traditional lecture type instruction was given. The concepts of circular motion in physics were covered in both instructions. Pretests and Posttests on the concept of circular motion were administered to both groups. In addition, data on the students' cognitive abilities and achievement were collected. The results showed that the students in Mental Model based instruction had more scientific conceptual changes than the ones in the traditional instruction. For the Mental Model based instruction group, the students with most scientific conceptual changes did not differ from the ones without any scientific conceptual changes in terms of their cognitive abilities and achievement. However, for the traditional instruction groups, the students with most scientific conceptual changes showed higher motivation and achievement than the ones without any scientific conceptual changes. The implication of the results were discussed in terms of the application of Mental Model theory in practice.

Key words: mental model, conceptual changes, circular motion, mental model based instruction

* Department of Education, Seoul National University

** Department of Physics Education, Seoul National University

*** Department of Educational Technology, Andong National University