

수학에서 과학으로의 전이학습프로그램의 효과

성 창 근 (영천초등학교)

본 연구는 수학 교과에서 학습한 지식을 과학적 개념을 학습하는데 직접 적용해보는 전이학습프로그램의 효과를 확인하는데 있다. 구체적으로 수학 교과에서 학습한 비율 개념이 과학 교과의 속력 개념과 어떻게 관련이 있는지를 학생들 스스로 탐구해보는 전이학습프로그램을 개발·적용하고, 그것이 학생들의 비율 개념 이해와 수학적 태도에 어떤 영향을 미치는 지를 확인하는 것을 목적으로 한다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 전이 학습은 학생들의 비율 개념 이해를 향상시키는데 통계적으로 또한 실제적으로 효과가 있었다. 더욱이 '고정된 비' 수준에 머물러 있던 35명의 학생 중, 17명의 학생이 '내면화된 비' 수준으로 이동하였다. 둘째, 학생들의 수학학습 태도를 긍정적으로 변화시키는데 효과가 있었다. 따라서 전이 학습 프로그램은 학생들의 비율개념이해 수준을 높이고 긍정적인 수학학습 태도를 형성하는데 효과적인 학습 방법이다. 본 연구는 전이에 성공할 수 있는 인지적 조건을 찾는데 주안점을 두기보다는 전이를 직접 경험할 수 있는 학습 프로그램을 구안하고 그것의 효과를 검증했다는 점에서 그 의의를 찾을 수 있다.

I. 서론

전이 또는 학습의 전이는 한 상황에서 습득한 지식을 새로운 상황에 적용하고 사용할 수 있는 능력이다. 학교에서 학습한 지식을 다른 교과 또는 일상생활에 전이하는 능력은 수학 학습의 중요한 목적이다. 따라서 수학 학습에서 전이의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않을 것이다. 하지만 현재의 수학 학습이 학생들의 전이 능력을 촉진하고 있는가에 대해서는 대체로 회의적인 시각이 지배적이다(Doerr & English, 2003; Sriraman & Lesh, 2006).

수학교육에서 학습의 전이 연구는 일반적으로 바탕 영역에서 학습한 지식을 목표영역으로 어느 정도 전이할 수 있는지를 측정하고, 전이 능력을 향상시킬 수

있는 학습조건을 찾는 것이다.(예, 이종희·이진향·김부미, 2003; Bassok & Olseth, 1995; Bassok, 1997; English, 1997; Gick & Holyoak, 1983; Holyoak & Koh, 1987; Reed, 1999). 연구의 결과에 따르면 학생들의 전이 능력은 대체로 낮은 편이며, 바탕 문제를 2개 이상 제시하고 그것들을 서로 비교하게 하는 조건, 바탕 문제의 해결 원리를 그림이나 다이어그램으로 제시하는 조건, 이 두 방법을 결합하는 등의 바탕문제 학습 조건하에서 피험자들은 바탕문제에 관한 더 좋은 스키마를 형성하였으며, 결과적으로 전이에 성공할 수 있었다.

최근 수학교육분야에서 수행된 전이에 대한 연구는 학습한 지식을 어디로 전이할 것인가에 주의를 기울이고 있다. 기존 전이에 대한 연구는 대부분 학습맥락과 전이맥락이 모두 수학 교과에 한정된 교과-내(within-discipline) 전이었다면, 최근에는 수학에서 물리 또는 수학에서 과학으로의 전이 즉, 교과-간(between-discipline) 전이에 대한 관심이 높아지고 있다(예, 성장근, 2014; Lobato, 2006; Rebello et al, 2005). Barnett & Ceci(2002)는 교과-내 전이와 교과-간 전이를 각각 근거리 전이와 원거리 전이라 명명하였다. 수학에서 학습한 개념과 절차를 수학 교과를 벗어나 타 교과 및 일상생활에 적용하는 능력을 기르는 것이 수학교육의 중요한 목표라는 사실을 주지할 때 원거리 전이에 대한 연구는 매우 고무적이며 중요하다.

수학에서 타 교과 특히 과학으로의 전이에 대한 연구가 꾸준히 이루어지고 있다. 특히, Bassok & Holyoak(1989)의 연구는 많은 연구자들이 수학에서 타 교과 특히 과학으로의 전이에 대한 관심을 갖는 계기가 되었다. 그들은 고등학생과 대학생을 대상으로 대수(수열)에서 물리(등가속도)로 그리고 물리에서 대수로의 전이를 조사하였는데, 많은 학생들은 대수에서 물리로의 전이에 성공하였으나 소수의 학생만이 물리에서 대수로의 전이에 성공하였다. 최근 Rebello 등(2005)은 대학생들을 대상으로 think-aloud 면담 방법

* 접수일(2015년 3월 30일), 심사(수정)일(1차: 2015년 4월 19일, 2차: 2015년 4월 29일), 게재확정일(2015년 4월 30일)
* ZDM분류: D43
* MSC2000분류: 97C90
* 주제어: 학습의 전이, 전이학습, 비율, 수학학습태도

을 사용해 피험자들이 물리 맥락에서 미분과 삼각함수 지식을 어떻게 사용하는지를 평가하였다. 국내에서 성창근(2014)은 초등학생들을 대상으로 유추거리에 따른 전이(수학-수학, 수학-과학, 수학-일상생활)를 조사하였는데, 거리가 증가할수록 많은 학생들이 전이에 성공하지 못하였다.

수학에서 과학으로의 원거리 전이에 관한 대부분의 연구들은 전이를 연구하는 새로운 방향을 제시하였지만, 주 관심사는 여전히 전이능력을 측정된 후 전이에 성공한 학생들의 인지적 특징을 밝히는 것이었으며, 이는 결과로부터 원인을 추측하는 사후 해석적 연구라는 한계를 지니고 있다. 또한 연구 경향이 지나치게 이론적이어서, 그로 인한 연구 결과가 학교 현장에서 교사들이 학생들의 전이 능력을 향상시키기 위한 교수학적 행동으로 직결되지 못하고 있다(Labato, 2006). 현재까지 이루어진 수학에서 과학으로의 전이에 대한 연구는 여기까지이며, 이 지점이 본 연구의 출발점이다.

전이 연구는 연구자 입장에서 전이의 성공과 실패를 가능하게 하는 요인을 찾는 데 주력하였던 관행을 뛰어넘어 학생의 입장에서 그리고 학생들로 하여금 직접적이고 구체적으로 전이를 경험할 수 있는 학습 기회를 제공하는 방향으로 선회할 필요가 있다. 아울러 연구 방법에 있어서 실험 연구 방법을 사용하여 학습의 전이에 대한 이론적 측면과 실제적인 측면을 모두 논의함으로써 전이에 대한 연구 결과가 교사들의 교수학적 행동으로 직결될 필요가 있다. 이에 본 연구는 학습의 전이를 측정하기 보다는 수학에서 학습한 지식이 과학적 개념을 학습하는데 어떻게 관련이 있으며, 어떻게 사용될 수 있는지를 학생들 스스로 탐구해보는 학습에 초점을 맞추고, 이를 ‘전이 학습’이라고 명명하였다.

현재 우리나라 초등학교 중학년과 고학년에서 수학과 과학은 독립된 교과로 분리되어 있지만 어떤 수학 개념은 여러 가지 과학적 개념을 학습하는데 기초가 된다. 비율 개념이 대표적인 예이다. 비율 개념은 초등학교 5학년과 6학년 수학 교과에서 학습하며, 이는 과학 교육과정에도 포함되어 여러 가지 과학 지도 내용 특히 속력 개념을 학습하는데 핵심이 된다(교육과학기술부, 2012). 본 연구에서는 수학에서 학습한 비율 개념이 속력 개념과 어떻게 관련이 있으며 어떻게 사용될 수 있는지 학생스스로 탐구하는 학습 경험을 강조한

전이학습 프로그램을 개발하고 적용하였다. 이 프로그램을 통해 학생들은 학습한 비율 개념을 보다 깊이 있게 이해할 수 있으며, 수학적 개념이 수학 교과서 안에만 머물러 있지 않고 타 교과 특히 과학적 개념을 이해하는데 유용하게 사용될 수 있다는 사실을 인식함으로써 수학 학습에 대한 긍정적인 태도 형성하는데 효과가 있을 것으로 기대할 수 있다. 이에 본 연구는 과학 교과에서 속력을 학습할 때 수학 교과에서 학습한 비율 개념이 어떻게 사용될 수 있는지를 학생들이 스스로 탐구해보는 활동이 포함된 전이 학습 프로그램을 개발·적용하고, 그것이 학생들의 비율 개념 이해와 수학적 태도에 어떤 영향을 미치는지를 확인하는 것을 목적으로 한다.

II. 문헌분석

1. 원거리 전이

일반적으로 전이에 대한 연구는 “X는 A에서 B로 전이되는가?”의 질문을 탐구하였으며, X는 특정한 개념 또는 원리이며, A와 B는 각각 학습맥락(바탕)과 전이맥락(목표)이다. Barnett & Ceci(2002)는 어디에서 어디로 전이할 것인지에 대해 ‘유추 거리’의 관점에서 전이 연구를 분류하였다. 그들은 학습문제(바탕)와 전이문제(목표)의 맥락을 여러 가지 차원으로 분류하고, 각 차원을 거리에 따라 근거리에서부터 원거리까지로 분류하였다. 이들이 제시한 전이 분류 체계에 따르면 수학에서 과학으로의 지식의 전이는 원거리 전이에 해당한다고 볼 수 있다.

그들은 학습맥락과 전이맥락을 고정된 것으로 양분하는 대신 거리라는 연속체로 간주함으로써 전이의 지평을 넓혔다고 평가할 수 있다. 다시 말해 특정한 수학 지식이 교과 내뿐만 아니라 교과 간, 더 나아가 일상 생활 상황으로 전이되는지를 조사할 수 있는 방법론적 근거를 마련해 주었다(성창근, 2014).

2. 비율 개념 이해 수준

초등학교 중학년 학생들은 전체에 대한 부분의 크기를 표현할 때 분수를 사용한다는 것을 이미 학습하였다. 따라서 상대적인 크기를 비교하는데 사용되는 비율은 분수와 관련이 있다. 수학적으로 비율과 분수

개념은 같은 맥락에서 발전하였다. 분수는 유리수의 한 표현 방법으로서, 유리수는 영어로 rational number 라고 하는데, 이때 ratio는 ‘비’를 의미하고, 여기서 파생된 rate는 ‘비율’을 의미한다. (교육과학기술부, 2011)

비율은 비를 하나의 수치로 나타낼 때 쓰이는 개념이다. 2:5라고 하면 2와 5 두 개의 수치를 사용하지만 0.4라고 하면 하나의 수치만 사용할 수 있다. 비율은 한자로 ‘견주어 헤아리다’ 또는 견주어 셈하다’라는 뜻의 比率의 음역이고, 영어로는 ‘하나의 다른 하나에 대한 관련성이 계산된 수의 값’이라는 뜻인 rate라는 용어를 사용한다.

2007 개정 수학과 교육과정에 따르면 초등학교에서 비율 개념은 ‘5-2-7. 비와 비율’ 단원에서 처음으로 취급한다. 이 단원에서는 비의 뜻을 알고, 두 수의 비를 기호를 사용하여 나타내고 비교하는 양, 기준량, 비의 관계에 대하여 이해하도록 기록한다. 또 비율을 나타내는 분수, 소수, 백분율, 할푼리를 이해하고 그들의 관계를 파악하며, 기준량과 비교하는 양의 관계에서 비율을 구하고, 실생활에 쓰이는 여러 가지 비율 문제를 해결할 수 있도록 지도한다.

몇몇 연구자들은 우리나라 수학 교과서에서 비와 비율을 도입하여 지도하는 방식이 갖는 문제점을 지적하였다. 예를 들어 정은실(2003)은 비를 도입하는 상황이 비의 본질인 승법적인 비교보다는 비의 외형적 표현에 초점을 두고 있으며, 또한 비의 도입에 있어서 학생들로 하여금 덧셈적 사고에서 곱셈적 사고로의 이행을 돕기 보다는 단순히 기계적인 알고리즘을 강조하고 있다고 지적하였다. 정영옥(2005)은 우리나라의 비와 비율 지도의 가장 큰 문제점은 비 개념을 성급하게 형식화한다는 점이라고 지적하고, 직관적 접근을 거치 점진적으로 수량화, 형식화하여 도입할 필요가 있다고 주장하였다. 이상의 연구자들이 지적한 바와 같이 우리나라 교과서에서 비와 비율을 도입하고 지도하는 방식은 비의 본질 보다는 외형적인 측면과 알고리즘을 강조함으로써 학생들은 비와 비율을 이해하는데 어려움을 겪고 있다(박희옥·박만규, 2012).

Thomson(1994)은 비 개념의 이해는 3가지 수준을 거쳐 발달한다고 보았다. 즉, 곱셈적인 양의 비교로서의 비, 내면화된 비, 내재화된 비. 이 중 두 번째 수준인 내면화된 비에 주목할 필요가 있다. 내면화된 비란 외적인 상황과 관련된 두 양의 값이 계속 변해도 불변

의 관계가 있다는 사실을 인식하는 수준이다. 이러한 내면화된 비의 수준은 Freudenthal(1983)이 강조했던 비의 본질과 일맥상통한다. 그에 따르면 비의 본질은 비의 구조에 대한 안목을 길러 비의 불변성을 인식하는 것이라고 설명하였다. 이는 비와 비율 학습은 학생들이 내면화된 비의 수준을 성취하는데 주안점을 두어야 한다는 것을 의미한다.

Freudenthal(1983)은 또한 상황에 내재하는 두 양의 불변성을 인식할 수 있는 예로 등속 운동을 들었다. 등속 운동 상황에서 시간과 거리는 동시에 변하더라도 속력이라는 불변의 관계가 존재하므로, 학생들은 비의 불변성을 깨닫게 된다는 것이다. 정은실(2003)과 정영옥(2005)이 지적하였듯이 현재 우리나라의 비와 비율 개념 지도는 비의 외형적인 의미만을 기계적으로 학습하는 수준에 머무르고 있다. Freudenthal(1983)과 Thomson(1994)이 지적하였듯이 비와 비율 학습은 학생들이 비의 불변성을 인식함으로써 비의 내면화 수준에 이르도록 하는 것이므로, 이러한 수준 상승을 조력할 수 있는 학습이 고안될 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 학습한 비율 개념을 과학 교과의 속력 개념을 학습하는데 사용할 수 있는 기회를 제공함으로써 내면화된 비 수준으로 이행을 돕고자 한다.

3. 비율과 속력

과학적 관점에서 물체의 속력과 속도는 구별된다. 물체가 운동을 할 때 단위시간에 통과한 경로의 길이만 생각하고 방향을 생각하지 않을 때 속력(speed)이라 하고, 속력의 크기와 방향을 함께 생각하는 양을 속도(velocity)라 한다. 속력은 이동한 거리와 걸린 시간을 동시에 고려해야 하는 복합적인 개념이므로 초등학생들의 속력에 대한 개념을 정확히 파악하는 과정이 중요하다. 속력은 거리를 시간으로 나누므로, 초당 미터 또는 시간당 킬로미터와 같이 단위 시간의 거리를 나타내는 단위를 사용한다(교육과학기술부, 2012).

수학적 관점에서 속력과 속도의 구별보다 속력이라는 양이 생성되는 방식에 관심이 높다. 속력은 길이와 시간이라는 두 외연량의 나눗셈에 의해 새롭게 생성되는 내포량이다. 속력은 내포량의 대표적인 예이며, 이외에도 밀도, 농도 등도 이에 해당된다. 속력을 예로 들면, 두 양인 거리와 시간으로부터 그 몫으로서 새로운 양인 속력을 얻을 때 속력은 거리가 시간에 ‘견주

어 해야려진' 비율인 것이다(장혜원, 2002). 결국 속력은 비율의 특수한 유형이라고 볼 수 있다. 비율의 관점에서 속력은 다음과 같이 정의할 수 있다.

비율과 속력은 교수학적, 수학적으로 관련성이 깊다. 이러한 관련성을 보다 구체적으로 알아보기 위해 물체의 속력을 학습하는데 어떤 수학적 개념과 기능이 필

이다. 학생들은 2007 개정 수학과 교육과정에 따른 교과서로 비와 비율 관련 내용을 학습하였으며, 과학도 마찬가지였다. 두 교과서의 교육과정에 따르면 수학교과와 비와 비율 단원의 학습이 과학 교과서의 물체의 속력 단원의 학습보다 시기적으로 늦게 지도하게 되어있다. 연구 수행을 위해 비와 비율을 먼저 학습한 후, 물체

[표 1] '물체의 속력' 단원을 학습하는 데 필요한 수학 학습 요소
[Table 1] Mathematics learning component to learn 'velocity' in Science

| 차시 | 학습 주제 | 수학 학습 요소 | |
|----|---------------------------------|------------|--|
| | | 개념 | 절차 |
| 1 | 고무동력 수레 경주하기 | | |
| 2 | 운동의 의미와 표현 | - 두 수의 비교 | - 소수 읽기 |
| 3 | 일정한 거리를 이동한 물체의 빠르기는 어떻게 나타낼까요? | - 비와 비율 | - 거리 측정 - 동분모 분수의 크기 비교 |
| 4 | 일정한 시간에 이동한 물체의 빠르기는 어떻게 비교할까요? | - 비와 비율 | - 거리 단위 및 측정(km, m, cm) - 동분모 분수의 크기 비교 |
| 5 | 물체의 빠르기를 속력으로 나타내어볼까요? | - 비율(비의 값) | - 이분모 분수의 크기 비교 - 약분과 통분 |
| 6 | 단위가 다른 물체의 속력은 어떻게 비교할까요? | | - 분수, 소수의 크기 비교 - 분수의 곱셈 |
| 7 | 물체의 빠르기를 그래프로 나타내어 비교해볼까요? | - 비율(비의 값) | - 꺾은선 그래프 그리기 및 해석 |

요한지를 분석하였다([표 1] 참고). 교육과정을 분석한 결과 '분수와 소수', '시간단위변환', '길이단위변환', '비와 비율', '동치분수', '약분과 통분', '비와 비례식', '정비례', '1차 함수', '기울기' 등 다양한 수학 학습 요소가 필요하다.

물체의 속력을 학습하기 위한 수학 요소는 '비와 비율', '수와 연산', '측정' 등 수학의 영역과 관련이 있다. 따라서 물체의 속력 단원을 실제로 지도할 때 다양한 수학적 요소 특히 비율 개념과의 관련성을 지속적으로 경험할 수 있는 기회를 제공할 필요가 있다.

III. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

K광역시에 소재하는 S초등학교 5학년 2개 학급을 실험집단으로 선정하였다. 이 학교는 전형적인 공립초등학교로 사회·경제적 수준은 중·상 수준이며, 학부모들의 수학 학습에 대한 관심과 열의가 비교적 높은 편

의 속력을 학습할 수 있도록 지도 시기를 조정하였다.

2. 연구의 설계

단일 집단 사전-사후 설계를 적용하였다. 실험 처치 전-후에 사용되는 비율개념이해검사와 수학학습태도검사는 동형이다. 구체적인 설계모형은 [표 2]와 같다.

[표 2] 실험 설계
[Table 2] Experimental design

| 집단 | 사전검사 | 실험처치 | 사후검사 |
|------|---------------|------|---------------|
| 실험집단 | 비율개념이해 수학학습태도 | 전이학습 | 비율개념이해 수학학습태도 |

3. 검사도구

가. 비율개념이해검사

Thomson(1994)에 따르면 비율 개념은 '비' 수준, '내면화된 비' 수준, '내재화된 비' 수준으로 점진적으로 발달한다고 주장하였다. 이 중 '내재화된 비'는 비례

[표 3] 비율개념이해 평가 내용

[Table 3] Test component on rates concept understanding

| 비율 개념 이해 수준 | | 비율개념이해 검사 내용 |
|-------------|--------|--------------------------|
| 1수준 | 사실적 비 | 주어진 비를 바르게 읽기 |
| | | 상황 속에서 기준량과 비교하는 양 구별하기 |
| 2수준 | 고정된 비 | 고정된 두 양에서 곱셈적 관계 인식하기 |
| 3수준 | 내면화된 비 | 공변하는 두 양에서 불변의 곱셈적 관계 인식 |

관계를 형식화, 기호화할 수 있는 능력을 요구하는 수준이므로 본 연구 대상인 5학년 학생들에게 적합하지 않아 검사지 구성에서 배제하였다. ‘고정된 비’ 수준은 고정된 두 양 사이의 곱셈적 관계를 인식하는 것을, ‘내면화된 비’ 수준은 변화하는 두 양에서 불변의 곱셈적 관계를 인식하는 것으로 규정하였다. 본 연구에서는 학생들의 비율개념이해 수준을 보다 세분화하기 위해 ‘고정된 비’ 수준 이전에 비의 외형적 표현에 대한 이해 수준을 추가하였다. 왜냐하면 우리나라 교과서의 비 개념 지도는 주로 비의 기호를 읽고, 쓰고, 문장으로 번역하는 활동에 초점을 두고 있기 때문이다. 그리고 이와 같은 수준을 ‘사실적 비’ 수준으로 명명하였다. 결과적으로 본 연구의 비율개념이해검사는 ‘사실적 비’ 수준, ‘고정된 비’ 수준, ‘내면화된 비’ 수준으로 구분하고, 각 수준에 부합하는 검사 문항을 개발하였다([표 3] 참고).

나. 수학학습태도검사

수학 학습 태도 검사는 1992년 한국교육개발원에서 제작하여 보급한 검사지를 사용하였다. 이 검사지는 원래 자신감, 융통성, 의지력, 호기심, 반성, 가치의 6가지 요인으로 구성되었으나, 자신감과 의지력 요인은 실험처치와의 인과성이 미약할 것으로 판단되어 배제하였다. 최종적으로 4개 영역 총 16문항으로 구성하였다.

채점방법은 전혀 아니다(1점), 대체로 아니다(2점), 보통이다(3점), 대체로 그렇다(4점), 매우 그렇다(5점)로 표시하였다. 따라서 본 검사지에서 점수가 높을수록 문항에 대한 긍정적인 반응을 나타냈다고 볼 수 있다. 본 검사지의 문항번호와 내용은 [표 4]와 같다.

[표 4] 수학학습태도검사 내용

[Table 4] Summary on mathematical learning attitude

| 하위 요인 | 문항 수 | 문항 번호 | 비고 |
|-------|------|-------|------|
| 융통성 | 4 | 1~4 | 긍정문항 |
| 호기심 | 4 | 5~8 | 긍정문항 |
| 반성 | 4 | 9~12 | 긍정문항 |
| 가치 | 4 | 13~16 | 긍정문항 |
| 전체 | 16 | | |

4. 연구 절차

가. 예비 연구

본 연구에 사용할 검사 도구의 검사 시간, 문항 수 및 난이도 등을 점검하기 위해 예비 검사를 실시하였다. 예비 검사는 2014년 10월 26일 ~ 10월 27일에 본 연구의 실험집단과 유사한 H 초등학교 5학년 4개 반을 대상으로 실시하였다. 모든 검사는 각 교실에서 담임교사에 의해 일상적인 분위기에서 실시되었다.

나. 교사 훈련

본 연구의 실험 처치는 과학 교과 전담 K교사에 의해 이루어졌다. 이는 실험자 효과의 위험을 방지함으로써 연구의 타당도를 높이기 위해서였다. K 교사는 경력이 7년차에 접어들었으며, 과학 학습에 매우 관심이 높은 편이다. K 교사는 과학 수업에서 많은 학생들이 속력 개념을 이해하는데 어려워한다는 점을 경험적으로 인식하고 있었으며, 본 연구가 학생들이 겪는 어려움을 해결할 수 있을 것이라고 기대하였다. 본 연구를 수행하기 위한 교사 훈련은 총 5회에 걸쳐 이루어졌다. 교사 훈련은 비율 개념과 속력 개념 사이의 관련성, 수업 모형 개발과 진행 방법, 연구 일정 협의, 각 차시별 교사역할, 학습지 및 준비를 활용 등의 내용으로 실시하였다. 교사훈련에 소요된 시간은 매회 30-40분 정도였다.

다. 사전 검사

사전 검사는 비율개념이해검사와 수학학습태도검사로 이루어졌다. 검사 실시 전에 실험 반의 담임교사에게 미리 검사 일정과 유의 사항에 대해 안내하였다. 각 검사는 최대한 일상적인 분위기에서 실시될 수 있도록 하였다. 개념이해검사는 실험 처치가 실시되기 전인 2014년 9월 16일(화) 오전에 실시되었으며, 검사

시간은 30분이었다. 또한 과학적 태도 검사는 2014년 9월 17일(수) 오전에 실시하였으며 검사 시간은 20분이었다.

라. 실험 처치 내용 및 일정

실험처치는 실험 집단으로 선정된 5학년 2개 반을 대상으로 실시하였다. 각 교실 기본 시간표와 수학 시간 및 과학 시간을 활용하여 실험 수업을 진행하였다. 수학교과와 '비와 비율'에 대한 학습은 학기말(7단원)에 위치해 있어 시기적으로 수학교과와 '물체의 속력' 이후에 학습하게 된다. 따라서 불가피하게 수업 시기를 조정하였다. 다시 말해 본 연구는 과학 수업에서 물체의 속력을 학습하는데 있어 기존에 학습한 여러 가지 수학적 요소 특히 비와 비율 개념과 필요한 기능을 적용하는 전이 수업을 전개해야하므로, 수학 교과의 '비와 비율' 학습의 시기를 '물체의 속력' 단원을 학습하기 전으로 조정하였다.

단일 집단 사전-사후 설계의 잠재적 위협 요소 중 한 가지는 '역사와 성숙(history and maturation)'이다. 연구 기간이 길수록 이러한 위협 요소가 개입될 여지가 생김, 결과적으로 연구의 타당도에 치명적일 수 있다. 따라서 연구의 타당도를 확보하기 위해서는 연구 기간을 짧게 할 필요가 있다(Gay, 1996). 본 연구는 역사와 성숙의 위협을 최소화하기 위해 사전검사, 처치, 사후검사 기간을 1개월로 한정하였다.

[표 5] 실험처치 일정 및 내용

[Table 5] Experiment treatment schedule and contents

| 처치 일정 | 내용 |
|---------|-------------------------|
| 11월 5일 | 일정한 거리를 이동한 물체의 빠르기 비교 |
| 11월 7일 | 일정한 시간에 이동한 물체의 빠르기 비교 |
| 11월 11일 | 물체의 빠르기를 속력으로 나타내어 비교하기 |
| 11월 14일 | 단위가 다른 물체의 속력 비교 |
| 11월 19일 | 물체의 빠르기를 그래프로 나타내어 비교 |

실험집단에 처치한 전이학습은 약 1개월의 연구기간 동안 1주에 2차시 정도 분량으로 총 5차시의 학습을 실시하였다([표 5] 참고). 실험 처치의 초점은 수학 시간에 학습한 '비와 비율' 개념을 과학적 개념인 속력을 학습하는데 직접적이고 구체적으로 적용할 기회를 제공하는 것이다. 모둠별 활동과 토의·토론 시간을 통

해 탐구 활동이 활발하게 이루어지도록 하였다.

마. 사후 검사

사후 검사는 처치가 끝난 직후에 실시되었다. 특히 비율개념이해검사와 수학학습태도검사 모두 사전, 사후 동형이고 연구 기간이 비교적 짧기 때문에 '검사 및 검사 도구(testing and instrument)'의 위협요소가 잠재하고 있다(Gay, 1996). 따라서 연구의 타당성을 확보하기 위해 사후 검사에서 사전 검사의 영향을 최소화할 필요가 있다. 이를 위해 특히 비율개념이해검사는 사전, 사후 동형 검사지로서 갖추어야 할 조건은 유지한 채, 문항의 순서, 사전 검사에 사용된 상황, 등장인물을 바꾸어 제시하였다. 수학학습태도검사 역시 문항의 순서를 달리하여 제시하였다. 비율개념이해검사는 2014년 10월 27일(월) 오전에 실시되었으며 검사 시간은 30분이었다. 수학적 태도 검사는 2014년 10월 28일(화) 오전에 실시되었으며 검사시간은 20분이었다.

5. 자료 분석

본 연구의 목적은 수학 교과에서 학습한 비율 개념을 과학 교과의 속력개념을 학습하는데 직접적이고 구체적으로 적용하는 기회를 제공할 수 있는 학습 프로그램을 개발하고, 실험수업을 전개하여 그것의 효과를 검증하는 것이다. 이를 위해 비율개념이해와 수학학습태도의 사전검사와 사후검사를 실시한 후, 두 검사의 사전, 사후 평균 점수에서 차이를 보이는지 분석하였다. 이를 위해 SPSS 14.0 통계 프로그램을 사용해 t 검정 하였으며 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

IV. 전이학습 프로그램 개발 및 적용

1. 전이 학습 프로그램 모형 개발

수학에서 과학으로의 전이 학습을 전개하기 도입, 전개, 정리의 단계에 맞추어 수업 모형을 개발하였다([표 6] 참고). 각 단계의 특징과 세부사항은 본 연구에서 개발한 전이 학습 프로그램을 개발하는데 중요한 준거이다.

도입 단계에서 교사는 학생들의 호기심과 흥미를 자극하는 과학적 상황을 제시하고, 학생들은 상황을 해석하고 이해하는 활동을 하게 된다. 수학적 개념 또

는 아이디어가 풍부하게 담겨있는 과학적 상황들을 학생들에게 제시함으로써 흥미를 가질 수 있으며 암묵적으로 수학 개념의 적용 가능성을 인식하도록 한다.

[표 6] 전이학습프로그램 모형

[Table 6] Transfer learning program model

| 단계 | 학습 활동 | |
|---------------|-----------------|---|
| | 교사 | 학생 |
| 과학적 상황 | 문제 파악 | 과학적 상황 이해 및 학습 문제 파악 |
| 문제해결 방법 탐색 | 과학적 탐구활동 | 주어진 상황을 개별, 소집단으로 탐색 개별 활동 결과를 소집단에서 토의 |
| | 과학적 문제 해결 | 주어진 상황에 알맞은 과학적 결론 도출 전체 논의를 통해 과학 문제 해결 |
| 수학-과학의 관련성 탐색 | 수학-과학의 관련성 탐색 | 과학적 상황에 포함된 수학적 요소 탐색 |
| 적용 및 반성 | 수학-과학의 관련성 문제해결 | 비율 개념으로 과학적 문제 상황 해결 수학-과학 관련성 반성 |

전개의 첫 번째 단계는 과학적 접근에 의해 문제해결 방법을 찾고 문제를 해결하는 과정이다. 학생들은 개별 또는 소집단별로 주어진 상황에 적절한 과학적 결론에 도달하고 전체 논의를 통해 그것을 공유하게 된다. 전개의 두 번째 단계는 수업 모형의 핵심적인 단계로 전 단계에서 도출한 과학적 결과를 수학적 요소와 관련짓는 작업을 수행하는 단계이다. 학생들은 과학적 상황에 포함된 수학적 요소 탐색하고, 수학적 요소를 사용하여 과학적 문제 상황 해결하게 된다.

정리단계에서는 수학적 요소가 포함된 과학적 상황을 추가로 제시하고 해결함으로써 과학과 수학의 연결을 심화하고, 수업을 통해 알게 된 점을 발표하는 활동으로 이루어진다.

2. 실험 처치

전이 학습 모형에 기초해 '5-2. 물체의 속력' 단원을 지도하기 위한 프로그램(수업안)을 개발하였다. 전체 10차시 중 속력 개념을 이해하는데 '비율'개념이 직접적으로 적용되는 3/10~7/10, 5차시 분량의 프로그램을 개발하였다.

가. 1차시

1) 학습 주제: 일정한 거리를 이동한 물체의 빠르기 비교

2) 수학·과학의 관련성

학생들은 50m를 달리는데 걸린 시간을 측정한 후 '일정한 거리를 이동하는데 시간이 짧게 걸릴수록 빠르기가 빠르다'라고 정성적인 결론을 내린다. 이러한 과학적 탐구 결과를 수량화하는데 필요한 수학적 요소는 비와 비율이다. 모듬원의 빠르기를 시간을 기준으로 하고, 거리를 비교하는 양으로 하여 나타낸 후 비율을 직접 구해 빠르기를 비교하게 된다.

3) 교수 학습 과정

| 교수·학습 활동 |
|---|
| ◎ 학습 동기 유발 및 문제 인식 • 여러 명의 학생들이 50m 달리기를 할 때, 빠르기를 비교하는 방법 찾기 • 만약 한 명씩 50m 달리기를 한다면, 빠르기를 비교하는 방법 찾기 |
| ◎ 과학적 상황(공부할 문제) 제시 및 확인 - 미미는 30m를 달리는데 걸리는 시간이 5초, 하하는 6초일 때, 누가 더 빠릅니까? |
| ◎ 문제 해결 방법 찾기 • 모듬별로 50m 달리기 기록지(실·관 47쪽)를 보고, 누가 더 빠른지 알아보기 • 모듬에서 가장 빠른 사람을 찾고 이유 설명하기 - 일정한 거리를 이동하는데 시간이 짧게 걸린 사람이 가장 빠르다. - 육상 100m에서 가장 짧은 시간에 결승선을 통과한 사람이 빠르기가 가장 빠르다. |
| ◎ 비율과의 관련성 탐구 • 미미는 30m를 5초, 하하는 6초에 달릴 때, 누가 더 빠른지 알아보기. - 미미가 더 빠르다. 왜냐하면 시간이 짧게 걸렸기 때문이다. • 두 사람의 빠르기를 비로 나타내고 비율(비의 값) 구하기 • 비율(비의 값)을 통해 빠르기 비교하기 (1) 미미, 이동한 거리: 시간 = 30/5=6 (2) 하하, 이동한 거리 : 시간 = 30/6=6 |
| ◎ 각 모듬원의 빠르기를 비율을 사용해 비교해 보기 • 모듬별 활동 결과 발표하기 |
| ◎ 일정한 거리를 이동한 물체의 빠르기를 비교할 때 비율이 적용될 수 있는 예 찾기 • 마라톤, 수영, 등 ◎ 알게된 점 발표하기 |

나. 2차시

1) 학습 주제: 일정한 시간에 이동한 물체의 빠르기 비교

2) 수학·과학의 관련성

일정한 시간에 이동한 거리로 물체의 빠르기를 비교하는 방법을 학습하는 데 목적이 있다. 과학적 탐구를 통해 '일정한 시간에 물체가 이동한 거리가 멀수록 빠르기가 빠르다'라고 발견한다. 이러한 정성적인 탐구 결과를 수량화하는데 필요한 수학적 요소는 비와 비율이다. 모듈원의 빠르기를 시간을 기준량으로 하고, 거리를 비교하는 양으로 하여 나타낸 후 비율을 직접 구해 빠르기를 비교하게 된다.

3) 교수·학습 과정

| 교수·학습 활동 |
|--|
| ◎ 학습 동기 유발 및 문제 인식 ● 지금까지 배운 물체의 빠르기를 비교하는 방법 발표 ◎ 과학적 상황(공부할 문제) 제시 및 확인 A회사의 자동차는 2시간에 200km를, B회사의 자동차는 3시간에 270km 갈 때, 더 빠른 자동차는 어느 것입니까? |
| ◎ 문제 해결 방법 찾기 ● 모듈별로 간이 육상 경기 종목 3가지를 정하고, 걸린 시간을 측정해 봅시다(실·관 49쪽) ● 모듈에서 가장 빠른 종목을 찾고, 이유 설명하기 |
| ◎ 비율과의 관련성 탐구 ● A회사의 자동차는 2시간에 200km를, B회사의 자동차는 3시간에 270km 갈 수 있다. 더 빠른 자동차는 어느 것입니까? - A회사의 자동차가 더 빠르다. 왜냐하면 A회사의 자동차는 1시간에 100km를, B회사의 자동차는 1시간에 90km를 달렸기 때문이다. ● 시간을 기준량, 거리를 비교하는 양으로 하여 두 자동차의 빠르기를 비로 나타내고 비율(비의값) 구하기 A회사의 자동차, 이동한 거리:시간=200km:2시간, 속도(비율)=200km/2시간 = 100km/시간 B회사의 자동차, 이동한 거리:시간=270km:3시간, 속도(비율)=270km/3시간 = 90km/시간 ● 비율(비의 값)을 통해 빠르기 비교하기 ● 단위 사용 방법과 읽기 쓰기 지도 |
| ◎ 각 모듈원에서 간이육상종목 중 가장 빠른 종목을 속도(비율)을 적용해 구하기 ● 모듈별 활동 결과 발표하기 |
| ◎ 속력과 비율의 관련성 심화 ● 수학교과서 108쪽, 109쪽 살펴보고, 속력과 비율 개념간의 관련성 심화하기 ◎ 알게 된 점 발표하기 |

다. 3차시

1) 학습 주제: 물체의 빠르기를 속력으로 나타내어 비교하기

2) 수학·과학의 관련성

학생들이 속력의 개념을 학습하는데 목적이 있다. 물체의 빠르기를 비교하기 위한 방법으로 속도 개념을 도입하고 속력의 단위를 예와 함께 제시하여 학생들이

속력 개념을 형성하도록 하고 있다.

속력은 확률, 농도, 밀도 등과 함께 비율이 적용되는 과학적이고 일상적인 사례로써, 속도 또한 비율의 특정한 유형중의 하나라는 점을 깨닫게 함으로써 속력을 개념화할 필요가 있다. 속력은 어떤 물체의 이동거리와 걸린 시간의 비율을 의미하므로 물체의 이동거리와 걸린 시간을 비교하기 위해 비로 나타내면 이동거리:걸린 시간이 된다. 여기에서 이동거리는 비교하는 양, 이동시간은 기준량이므로, 이동시간에 대한 이동거리의 크기 '이동거리/걸린시간'을 속도(비율)이라고 할 수 있다.

3) 교수 학습 과정

| 교수·학습 활동 |
|---|
| ◎ 학습 동기 유발 및 문제 인식 ● 일정한 거리를 이동한 물체의 빠르기를 어떻게 비교했는지 발표 ◎ 과학적 상황(공부할 문제) 제시 및 확인 한 시간에 70km를 갈 수 있는 지하철과 한 시간에 60km를 갈 수 있는 버스 중 더 빠른 것은 어느 것입니까? |
| ◎ 문제 해결 방법 찾기 ● 모듈별로 10초 동안에 이동한 고무동력수레의 거리를 측정하고 실·관 47쪽)에 기록하고 빠르기 비교하기 ● 모듈에서 가장 빠른 고무동력수레를 찾고, 이유 설명하기 - 일정한 시간에 먼 거리를 이동한 물체가 가까운 물체를 이동한 물체보다 빠르다. - 동화책을 10분에 10장 읽는 사람이 5장 읽는 사람보다 읽는 빠르기가 더 빠르다 |
| ◎ 비율과의 관련성 탐구 ● 한 시간에 70km를 갈 수 있는 지하철과 한 시간에 60km를 갈 수 있는 버스의 빠르기 비교하기 - 지하철이 더 빠르다. 왜냐하면 더 먼 거리를 이동했기 때문이다. ● 시간을 기준량, 거리를 비교하는 양으로 하여 두 교통수단의 빠르기를 비로 나타내고 비율(비의 값) 구하기 (1) 지하철, 이동한 거리:시간 = 70/1 (2) 버스, 이동한 거리:시간 = 60/1 ● 비율(비의 값)을 통해 빠르기 비교하기 |
| ◎ 각 모듈원에서 비율을 이용해 가장 빠른 고무동력수레 찾기 ● 모듈별 활동 결과 발표하기 |
| ◎ 일정한 시간에 이동한 물체의 빠르기를 비교할 때 비율이 적용될 수 있는 예 찾기 ● 실험관찰 48쪽에 제시된 생각해볼까요? 문제를 비율 개념을 이용해 해결하기 ◎ 알게된 점 발표하기 |

라. 4차시

1) 학습 주제: 단위가 다른 물체의 속도 비교

2) 수학·과학의 관련성

단위가 다른 물체의 속력을 비교하기 위해서는 다양한 수학적 기능의 숙달과 개념에 대한 이해가 필수

적이다. 예를 들어, 10m/s는 몇 km/h로 나타낼 때 필요한 수학적 요소는 비율 개념과 더불어 시간단위변환, 동치분수의 성질, 길이단위변환이다. 역으로 180km/h는 몇 m/s로 나타낼 때 필요한 수학적 요소는 비율개념과 더불어 시간단위변환, 길이단위변환, 최대공약수, 약분이다.

3) 교수·학습 과정

| 교수·학습 활동 |
|---|
| ◎ 학습 동기 유발 및 문제 인식 <ul style="list-style-type: none"> • 여러 명의 학생들이 50m 달리기를 할 때, 빠르기를 비교하는 방법 찾기 • 만약 한 명씩 50m 달리기를 한다면, 빠르기를 비교하는 방법 찾기 ◎ 과학적 상황(공부할 문제) 제시 및 확인 <ul style="list-style-type: none"> - 미미는 30m를 달리는데 걸리는 시간이 5초, 하하는 6초일 때, 누가 더 빠릅니까? |
| ◎ 문제 해결 방법 찾기 <ul style="list-style-type: none"> • 모듈별로 50m 달리기 기록지(실·관 47쪽)를 보고, 누가 더 빠르는지 알아보기 • 모듈에서 가장 빠른 사람을 찾고 이유 설명하기 - 일정한 거리를 이동하는데 시간이 짧게 걸린 사람이 가장 빠르다. - 육상 100m에서 가장 짧은 시간에 결승선을 통과한 사람이 빠르기가 가장 빠르다. |
| ◎ 비율과의 관련성 탐구 <ul style="list-style-type: none"> • 미미는 30m를 5초, 하하는 6초에 달릴 때, 누가 더 빠르는지 알아보기. - 미미가 더 빠르다. 왜냐하면 시간이 짧게 걸렸기 때문이다. • 두 사람의 빠르기를 비로 나타내고 비율(비의 값) 구하기 (1) 미미, 이동한 거리: 시간 = 30/5=6 (2) 하하, 이동한 거리 : 시간 = 30/6=6 • 비율(비의 값)을 통해 빠르기 비교하기 |
| ◎ 각 모듈원의 빠르기를 비율을 사용해 비교해 보기 <ul style="list-style-type: none"> • 모듈별 활동 결과 발표하기 |
| ◎ 일정한 거리를 이동한 물체의 빠르기를 비교할 때 비율이 적용될 수 있는 예 찾기 <ul style="list-style-type: none"> • 마라톤, 수영, 등 |
| ◎ 알게된 점 발표하기 |

V. 결과 분석

수학에서 과학으로의 전이학습의 효과를 확인하기 위해 t 검증을 실시하였다. 구체적인 결과는 다음과 같다.

1. 전이학습이 비율개념이해에 미치는 영향

두 가지 차원의 분석이 이루어졌다. 우선 사전검사와 사후검사의 전체 평균에서 차이가 있는지를 분석하였다. 이를 통해 처치 후 치러진 사후검사 점수가 처

치된 사전검사 점수에 비해 전체 평균이 어떻게 변화하였는지 알 수 있으며, 결과적으로 실험 처치의 효과를 검증할 수 있었다. 통계적 검증과 더불어 실험처치 후 학생들의 비율개념이해 수준이 어떻게 변화하였는지 분석하였다.

가. 비율개념이해 사전·사후 평균 차이 분석

수학에서 과학으로의 전이학습프로그램이 비율개념이해에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보기 위해 t 검증 실시하였다. 사전검사와 사후검사의 기술통계는 다음 [표 7]와 같다.

[표 7] 비율개념이해에 검사에 대한 기술 통계(n=46)
[Table 7] Descriptive statistics on rates concept understanding(n=46)

| 집단 | N | 평균 | 표준편차 | 표준오차 |
|------|----|---------|---------|--------|
| 사전검사 | 46 | 15.1522 | 4.11484 | .60670 |
| 사후검사 | 46 | 18.5870 | 5.13193 | .75666 |

실험집단이 ‘비율개념이해’에 관한 사전·사후검사에서 차이를 보이는지 알아보기 위해 t 검정을 실시하였다.

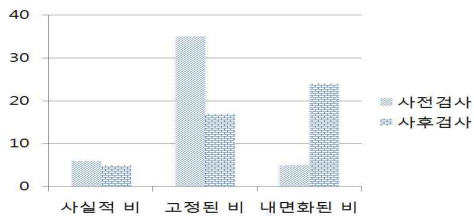
[표 8] 비율개념이해에 관한 t 검정
[Table 8] t-test on rates concept understanding

| 평균의 동질성에 대한 t-검정 | | | | |
|------------------|-----|---------|---------|----------|
| t | 자유도 | 유의확률(p) | 평균차 | 차이의 표준오차 |
| 3.542 | 90 | .001 | 3.43478 | .96986 |

t-검정 결과, t 통계값은 3.542, 유의 확률 $p = .001$ 로 유의수준 .05에서 ‘비율개념이해’ 사전·사후검사의 평균 점수는 유의미한 차이가 있는 것으로 분석되었다. 따라서 수학에서 과학으로의 전이학습 프로그램은 학생들의 비율개념이해를 신장시키는데 유의미한 효과를 이끌어냈다고 해석할 수 있다. 이러한 통계적 차이가 실제로 유의미한 차이인지를 알아보기 위해 Cohen의 효과 크기(effect size)를 알아보았는데, effect size(d)=0.58이었다. 이는 전이 학습이 학생들이 ‘비율개념’을 이해하는데 실제적으로도 유의미한 효과가 있었다는 것을 의미한다. 따라서 수학에서 과학으로의 전이학습은 학생들이 비율개념을 이해하는데 효과적인 학습 방법임이라고 해석할 수 있다.

나. 비율개념이해수준의 변화 분석

실험처치 전과 후의 비율개념 이해 수준에서 어떤 변화가 있는지를 분석하였다. 전체 평균 차이 분석 결과를 통해 비율개념이해의 평균이 실험처치 후 전반적으로 상승했다는 것을 알 수 있었다. 이에 더해 비율개념이해 수준의 변화의 모습을 구체적으로 살펴볼 필요가 있다. 비율개념이해검사에서 0~9점은 '사실적 비', 10~19점은 '고정된 비', 20~26은 '내면화된 비' 수준으로 구간을 설정하고, 각 구간에 해당하는 학생 수를 비교하였다([그림1] 참고).



[그림 1] 비율개념이해수준의 변화

[Fig. 1] Change on level of rate understanding

사전검사에서 사실적 비, 고정된 비, 내면화된 비 수준에 속한 학생 수는 각각 6, 35, 5명이었으나, 사후검사에서는 각각 5, 17, 24이었다. 이러한 결과를 통해 실험처치 전 '고정된 비' 수준에 머물러있던 35명의 학생들 중 절반의 학생들이 '내면화된 비' 수준으로 이동하였음을 알 수 있다. 학생 한명 한명씩 대응시켜 추적한 결과 '고정된 비' 수준에 속한 35명 중 17명이 '내면화된 비' 수준으로 이동하였음을 확인할 수 있었다. 또한 '사실적 비' 수준에 있던 6명의 학생 중 1명만이 상위 수준인 '고정된 비' 수준으로 이동하였을 뿐 나머지 학생들은 여전히 '사실적 비' 수준에 머물러 있었다. 이러한 결과를 통해 전이학습프로그램은 '고정된 비' 수준인 학생들이 '내면화된 비' 수준으로 이동하는데 효과가 있는 반면 '사실적 비' 수준의 학생들에게는 비율개념이해를 신장시키는데 영향을 주지 못한 것으로 판단할 수 있다.

2. 전이학습이 수학학습태도에 미치는 영향 분석

수학에서 과학으로의 전이학습이 학생들의 수학 학습 태도에 어떤 영향을 미치는지 확인하기 위해 사전·사후 검사 점수를 측도로 하여 t 검정을 실시하였다.

[표 9] 수학학습태도에 대한 기술 통계(n=46)

[Table 9] Descriptive statistics on learning attitude(n=46)

| 집단 | N | 평균 | 표준편차 | 표준오차 |
|------|----|---------|---------|---------|
| 사전검사 | 46 | 66.9130 | 7.19823 | 1.06132 |
| 사후검사 | 46 | 70.5870 | 5.20502 | .76744 |

실험집단이 실험처치 전과 후 수학적 태도에서 차이를 보이는지 알아보기 위해서 t 검정을 실시하였다.

[표 10] 수학학습태도에 관한 t 검정(n=46)

[Table 10] t-test on learning attitude(n=46)

| 평균의 동질성에 대한 t-검정 | | | | |
|------------------|-----|---------|---------|----------|
| t | 자유도 | 유의확률(p) | 평균차 | 차이의 표준오차 |
| 2.805 | 90 | .006 | 3.67391 | 1.30972 |

t검정 결과, t 통계값은 2.805, 유의 확률 $p = .006$ 로 유의수준 .05에서 수학학습태도 있어 두 집단 사이에는 유의미한 차이가 있는 것으로 분석되었다. 따라서 수학에서 과학으로의 전이학습 프로그램은 학생들로 하여금 수학 학습에 대해 긍정적인 태도를 갖도록 하는데 효과가 있다고 해석할 수 있다. 이러한 통계적 차이가 실제로 유의미한 차이인지를 알아보기 위해 Cohen의 효과 크기(effect size)를 알아보았는데, effect size(d)=0.61이었다. 이는 수학에서 과학으로의 전이학습이 학생들로 하여금 긍정적인 수학적 태도를 갖도록 하는데 실제적인 효과를 이끌어냈다는 것을 의미한다. 즉 수학에서 과학으로 전이학습은 학생들이 긍정적인 수학적 태도를 갖도록 하는데 효과적인 학습 방법이라고 해석할 수 있다.

VI. 결론 및 제언

본 연구의 목적은 수학 교과에서 학습한 비율 개념을 과학 교과의 속력개념을 학습하는데 직접 적용해 볼 수 있는 학습 프로그램을 개발하고, 실험수업을 전개하여 효과를 검증하는 것이다. 전이학습프로그램이 유일한 원인은 아니겠지만 학생들의 비율개념이해 수준을 향상시키는데, 또한 긍정적인 수학학습태도를 형

성하는데 효과가 있다는 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 연구 결과를 토대로 수학 학습과 전이 연구와 관련해 다음과 같은 결론과 시사점을 얻을 수 있다.

첫째, 실험처치 전 46명의 참여자 중 41명은 ‘사실적 비’ 또는 ‘고정된 비’ 수준에 머물러 있었으며, 실험처치 후 ‘고정된 비’ 수준이었던 상당수가 ‘내면화된 비’ 수준으로 이동하였다. 이러한 결과는 실험처치가 학생들의 비율개념이해를 신장시키는데 효과가 있었다는 사실과 더불어, 현재 학교 수학에서 이루어지고 있는 ‘비와 비율’ 학습의 문제점을 보여주고 있다. 이는 정은실(2003)과 정영옥(2005)이 지적하였듯이, 비를 도입하는 상황이 비의 본질인 승법적인 비교보다는 비의 외형적 표현에 초점을 두고 있으며, 곱셈적 추론 보다는 기계적인 알고리즘과 형식화를 강조하고 있기 때문이다. 따라서 비와 비율의 교수학습은 학생들이 비의 본질 즉 ‘두 양이 서로 관계하며 변화하는 상황에서 불변의 관계를 인식’할 수 있는 하는 방향으로 나아가야 할 것이다.

둘째, 7차 교육과정 이래로 학생들의 수학적 태도와 성향에 대한 관심이 높아지고, 그것의 긍정적인 변화를 위해 다각도의 노력을 기울이고 있으나 가시적인 성과는 거두지 못하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 학생들로 하여금 수학이 문제풀이나 공식을 암기하는 것이 아니라 타 교과 특히 과학 개념과 과학적 문제를 해결하기 위한 필수적인 도구라는 점을 직접적으로 경험케 함으로써 수학학습태도를 긍정적으로 변화시키는데 일조하였다. 따라서 수학 수업은 학생들에게 수학의 유용성을 경험할 수 있는 기회를 지속적으로 제공할 필요가 있다.

셋째, 초등학교에서 수학과 과학 사이의 관련성을 분석하고 더 나아가 주제 중심의 통합 수업 방안을 마련할 필요가 있다. 본 연구에서는 수학 교과의 비율 개념과 과학 교과의 속력 개념의 관련성을 토대로 학습프로그램을 구안하였다. 비율 개념은 속력 외에도 많은 과학적 현상과 문제를 해결하는데 중추적인 개념이다(교육과학기술부, 2011). 예를 들어 농도, 지렛대에서 거리와 무게 사이의 관계, 속력(물체의 빠르기), 태양의 고도와 그림자의 길이, 행성과 행성 사이의 상대적인 거리 비교, 여러 행성들 사이의 상대적인 크기(반지름) 비교 등. 따라서 초등 수학과 과학 사이에 관련된 내용을 세밀하게 분석하고, 통합하여 지도할 필요

가 있다. 이와 관련하여 2007 개정 수학과 교육과정에서는 ‘비와 비율’ 관련 내용을 5학년 2학기에 다루었지만 2009 개정 수학과 교육과정에서는 6학년 1학기에 취급하고 있다. 초등 과학에서 속력 개념을 비롯하여 비율 개념이 적용될 수 있는 내용이 5학년에 집중되어 있다는 점을 고려할 때 ‘비와 비율’의 지도시기를 결정할 때 보다 신중을 기할 필요가 있다.

넷째, 학습의 전이는 수학 학습의 중요한 목표이며 또한 수학 학습의 질을 평가하는데 핵심이 되는 기준이다. 하지만 서론에 밝혔듯이 학교 수학이 학생들의 전이를 촉진시키기 위해 노력하고 있는지에 대해 회의적인 시각이 지배적이다. 더욱이 수학교육 연구 커뮤니티에서 학습의 전이의 중요성을 공감하고 있지만, 전이에 대한 연구는 크게 주목받지 못하고 있는 실정이다. 따라서 학습의 전이에 연구 역량을 보다 집중할 필요가 있다. 본 연구는 기존의 전이 연구와 몇 가지 차별성을 갖는다. 먼저 기존 전이에 대한 연구는 인지적 측면을 강조함으로써 이론적인 측면에 치우친 반면, 본 연구는 전이학습프로그램을 구안하고 그것의 효과를 검증하는 실험연구방법을 사용하였다. 실험연구는 전이의 이론적 측면과 실제적 측면 모두에 기여할 수 있기 때문에 연구의 과정과 결과가 수학 학습에 직결될 수 있는 개연성이 매우 높다. 따라서 학습의 전이 연구에서 실험연구방법을 적극 활용함으로써 연구 결과가 현장의 전이 교육을 개선하는데 직결될 수 있을 것이다.

학습의 전이 연구의 논제는 주로 바탕영역에서 학습한 지식을 목표영역으로 적용할 수 있는지에 관한 것이다. 대부분의 선행 연구들은 주로 바탕영역을 어떻게 학습하면 전이에 성공할 것인지, 그리고 학습의 전이를 위해 학생들은 어떤 인지적 능력을 갖추고 있어야 하는지에 초점을 맞추었다. 이러한 연구의 결과가 우리에게 말해주는 것은 전이에 성공하기 위해서 추상적 스키마를 형성을 도울 수 있는 수업을 전개해야 하며 학생들은 여러 가지 인지적 능력을 갖추고 있어야 한다는 것이다. 이를 위해 회귀분석과 요인분석과 같은 상관관계 중심의 연구 방법을 적용하였다. 하지만 이러한 연구의 맹점은 결과를 보고 원인을 추측하는 사후 해석이라는 점이다. 이에 본 연구에서는 바탕영역의 학습에 초점을 두기 보다는 목표영역의 학습에 초점을 두고 학생들로 하여금 전이를 직접 경험할

수 있는 기회를 제공하였다. 그 결과 바탕영역에서 학습한 비유개념이해의 수준이 향상되었으며, 수학학습 태도 역시 긍정적으로 변화하였다. 본 연구는 전이 연구에 있어서 방법론적으로 새로운 방법을 시도했다는 점에서 미천하나마 그 의의를 찾을 수 있다.

이어서 본 연구의 제한점을 밝히고 후속 연구를 위한 제언을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 우리나라 전국의 초등학교 5학년 학생들을 모집단으로 설정하지 않고 K시 5학년 학생들을 모집단으로 하였기 때문에 본 연구의 결과를 우리나라 전체 초등학교 5학년 학생으로 일반화하기 어렵다. 후속 연구는 전국적인 표본을 대상으로 본 연구와 동일한 결과가 나타나는지 검토할 필요가 있다.

둘째, 본 연구에서는 단일집단 사전-사후 설계를 적용하였다. 이 설계는 통제집단이 없는 설계 방법으로 성숙, 역사, 검사와 검사 도구 등 여러 가지 위협요소들을 통제하는 데 어려움이 따른다. 본 연구에서는 연구기간 최소화, 동형인 검사 도구를 이질화 하는 등의 방법을 통해 위협요소를 통제하기 위해 노력하였다. 하지만 이러한 노력에도 불구하고 위협요소를 완전한 통제했다고 볼 수 없으므로 연구의 타당성과 결과 해석에 신중을 기할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- 교육과학기술부 (2011). 초등학교 수학 5-2 교사용 지도서. 서울: 두산동아(주)
- Ministry of Education, Science and Technology (2011). *Mathematics teachers' guide 5-2*. Seoul: Dong-A Publishing Co.
- 교육과학기술부 (2012). 초등학교 과학 5-2 교사용 지도서. 서울:(주)금성출판사.
- Ministry of Education, Science and Technology (2012). *Science teachers' guide 5-2*. Seoul: KumSung Publishing Co.
- 박희옥 · 박만구 (2012). 비와 비율 학습에서 나타나는 초등학교 학생들의 인식론적 장애 분석. 한국수학 교육학회지 시리즈 C <초등수학교육>, **15(2)**, 159-170.
- Park, H. O., & Park, M. G. (2012). An analysis on the epistemological obstacles of elementary students in the learning of ratio and rate. *Education of Primary School Mathematics*, **15(2)**, 159-170.
- 이종희 · 이진향 · 김부미 (2003). 중학생들의 유추에 의한 수학적 문제 해결 과정: 사상의 명료화를 중심으로. 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, **16**, 245-267.
- Lee, J. H., Lee, J. H., & Kim, B. M. (2003). Middle school students' mathematical problem solving process through analogy. *Communications of Mathematical Education*, **16**, 245-267.
- 성창근 (2014). 학습 전이에 있어서 유추 거리와 지식의 영향. 한국수학교육학회지 시리즈 C <초등수학교육>, **17(1)**, 1-16.
- Sung, C. K. (2014). Influence of analogy distance and mathematical knowledge in transfer of learning. *Education of Primary School Mathematics*, **17(1)**, 1-16
- 장혜원 (2002). 초등학교 수학에서 비의 값과 비율 개념의 구별에 관한 논의. 학교수학, **4(4)**, 633-642.
- Chang, H. W. (2002). A Discussion on the distinction between 'The value of ration' and 'The rate' in elementary school mathematics. *School Mathematics*, **4(4)**, 633-642.
- 정영옥 (2005). 초등학교에서 비와 비례식 지도에 대한 고찰-한국, 미국, 일본, 중국을 중심으로. 과학 교육논총, **18**, 13-28.
- Chong, Y. O. (2005). On the reflection of teaching ratio and proportionality in the primary school. *Science Education Publications*, **18**, 13-28.
- 정은실 (2003). 비 개념에 대한 역사적, 수학적, 심리적 분석. 학교수학, **13(3)**, 247-265.
- Chung, E. S. (2003). A Historical, mathematical, psychological analysis on ratio concept. *School Mathematics*, **5(4)**, 421-440.
- Barnett, S. M., & Ceci, S. J. (2002). When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Psychological Bulletin*, **128(4)**, 612-637.
- Bassok, M. (1997). Two types of reliance on correlation between content and structure in reasoning about word problem. In L. D. English(Ed.), *Mathematical reasoning: Analogies, metaphors, and images* (pp. 221-246). Mahwah,

- NY: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Bassok, M., & Holyoak, K. J. (1989). Inter-domain transfer between isomorphic topic in algebra and physics. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, **15**(1), 153-166.
- Bassok, M., & Olseth, K. L. (1995). Object-based representations: Transfer between cases of continuous and discrete models of change. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **21**(6), 354-367.
- Doerr, H., & English, L. (2003). A Modelling perspective on students' mathematical reasoning about data. *Journal of Research in Mathematics Education*, **34**(2), 110-136.
- English, L. D. (1997). Children's reasoning process in classifying and solving computational word problem. In L. D. English(Ed.), *Mathematical reasoning: Analogies, metaphors, and images* (pp. 191-220). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Fruedenthal, H. (1983). *Didactical phenomenology of mathematical structure*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.
- Gay, L. R. (1996). *Educational Research: Competencies for analysis and application*. Englewood Cliffs, New Jersey: A Simon & Schuster Company.
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, **15**, 1-38
- Holyoak, K. J., & Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory & Cognition*, **15**(4), 332-340.
- Lesh, R., & Sriramma, B. (2005). Mathematics Education as a design science. *International Reviews on Mathematical Education*, **37**(6), 490-505.
- Lobato, J. (2006). Alternative perspective on the transfer of learning: History, issue, and challenge for future research. *The Journal of Learning Science*, **15**(4), 431-449.
- Rebello, N. S., Zollman, D. A., Allbaugh, A. R., Engelhardt, P. V., Gray, K. E., Hrepic, Z., et al. (2005). Dynamic transfer: A perspective from physics education research. In J. P. Mestre (Ed.), *Transfer of learning from modern multidisciplinary perspective*. Greenwich, CT:Information Age Publication Inc.
- Reed, S. K. (1999). *Word problems: Research and curriculum reform*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Thomson, P. (1994). The development of the concept of speed and its' relation to concept of rate. In G. Herel & J. Confrey(Eds.), *The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics*(pp. 178-234). Albany, NY: SUNY Press.

Influence of transfer learning program from mathematics to science

Sung, Chang-Geun

Yeongcheon Elementary School, Gwangju 506-056, Korea.

E-mail : doway7668@hanmail.net

This study aims to test effect of transfer learning program rather than students' transfer ability. For these purpose, firstly this study design transfer learning program to apply from 'rate concept' in learning math class to 'velocity concept' in science class. Subsequently, this study is to analyze whether this program affect on 'the rate concept understanding' and 'the mathematics learning attitude'. Followings are the findings from this study. First, transfer learning program affect on improving students' rate concept understanding. Moreover, 17 among 35 students' who stay in 'ratio level' move to 'internalized ratio level'. Second, besides transfer learning program is not only cause to change students' learning attitude, this program impact on changing their learning attitude positively. The study has an important implications in that it designed new learning program that students experience transfer and test its effect.

* ZDM Classification : D43

* 2000 Mathematics Subject Classification : 97C90

* Key Words : transfer of learning, transfer learning, rates, mathematics learning attitudes