

게임형 플레이팩트의 활용 수업이 학생의 수학 학업성취도 및 수학에 대한 태도에 미치는 효과 분석

박 만 구* · 문 진 희** · 류 점 희***

< 요약 >

본 연구의 목적은 게임형 플레이팩트 교구를 활용한 수학 수업이 학생들의 수학 학업성취도 및 수학에 대한 태도에 미치는 효과를 분석하는 데 있다. 본 연구를 위해 서울시 양천구 소재 초등학교 1학년의 학생 50명(비교반 25명, 실험반 25명)을 대상으로 10차시 수업을 하였다. 실험반은 게임형 플레이팩트 교구를 활용한 수업을 하고, 비교반은 전통적인 수학 수업을 수행한 후 사전 사후 수학 학업성취도 및 수학에 대한 태도에 대하여 공분산분석(ANCOVA)으로 효과를 분석하였다. 연구결과 게임형 플레이팩트 교구를 활용한 반의 수학 학업성취도가 $p<0.05$ 수준에서 유의미하게 높았으며($F=7.1073$, $df1=1$, $df2=46$, $p=0.0106$), 수학에 대한 태도에도 $p<0.001$ 수준에서 유의미하게 긍정적인 효과를 나타내었다($F=15.1761$, $df1=1$, $df2=47$, $p=0.0003$). 후속연구로 학교 현장에서 컴퓨터상에서 조작할 수 있는 가상현실 프로그램을 포함하여 다양한 매체를 통한 보다 정교한 교구를 활용한 수업에서 학생들의 수학 학습을 돕기 위한 지속적인 연구가 필요함을 제안하였다.

주제어: 게임형 교구, 수학 학업성취도, 수학에 대한 태도

1. 서론

학생들로 하여금 흥미를 가지고 효과적인 수학 학습을 할 수 있도록 돕는 일은 수학교육자나 교사들에게 중요한 과제이다. 그러나 우리나라 수학교육의 현실을 보면 이런 측면에서 그리 만족스럽지는 못하다고 할 수 있다. 그 동안 정규적으로 실시하고 있는 수학 학업성취도 및 태도 등에 대한 검사인 PISA(Programme for International Student Assessment: Organization for Economic Cooperation and Development[OECD], 2012)나 TIMSS(Trends in International Mathematics and Science Study: TIMSS

* 서울교육대학교 교수, mpark29@snue.ac.kr

** 매스티안 교구개발연구소 소장, jinheui.moon@t-ime.com

*** 플레이팩트 교육팀장, jeomhee.ryu@t-ime.com

and PIRLS International Study Center, 2014)에서 우리나라의 학생들은 학년 수준과는 무관하게 지속적으로 수학 학업성취도는 높았으나 수학에 대한 태도는 매우 낮은 것으로 나타났다(김경희, 김수진, 김미영, 김선희, 2009; 조지민 외, 2012; 최승현, 박상욱, 황혜정, 2014). 더욱이 학생들은 학년이 올라가면서 수학에 대한 불안감이 증가하여 수학에 대한 부정적인 태도가 증가하게 된다(Finlayson, 2014; 김연식, 허혜자, 1995; 남영만, 2010; 박경자, 이혜령, 2012).

수학교육의 전반적인 흐름에 많은 영향을 주어 온 전미수학교사협회(National Council of Teachers of Mathematics[NCTM], 2000; Common Core State Standards Initiative, 2010)나 최근 적용해 온 2009 수학과 교육과정(교육과학기술부, 2011, pp.35-36)에서도 수학 수업에서 구체적인 교구의 활용과 다양한 교수·학습 방법을 권장하고 있다. 우리나라 2009 개정 수학과 교육과정의 수학 교수·학습 과정에서 교육기자재의 활용에 대한 유의점으로 “교수·학습의 전 과정을 통하여 적절하고 다양한 교육 기자재를 활용하여 수학 학습의 효과를 높이도록”(p.35) 하고 있으며, “계산 능력 배양을 목표로 하지 않는 경우의 복잡한 계산 수행, 수학의 개념, 원리, 법칙의 이해, 문제 해결력 향상 등을 위하여 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구와 다양한 교구를 활용”(p.35) 하도록 요구하고 있다. 또한 평가에서도 “수학 학습의 평가에서는 평가하는 학습 내용과 방법에 따라 학생에게 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구와 다양한 교구를 이용할 수 있는 기회를 제공”(p.36)하여 다양한 방법에 의하여 평가를 하도록 하고 있다.

그런데 우리나라의 학생들은 학년의 고하를 막론하고 수학 공부하는 시간이 다른 선진국의 학생들에 비하여 많은 이유로 인하여 수학 성적 자체는 상대적으로 높지만, 수학에 대한 정의적인 측면인 태도가 부정적이고 수학에 대한 거부감 등이 높은 편이다. 그리고 학교나 사교육 기관에서 수학을 배우는 방법이나 평가의 방법은 연필과 종이를 사용한 반복의 방법이 주류를 이룬다(고상숙, 박만구, 한혜숙, 2013; 안병곤, 2002).

그동안 수학교육에서 다양한 측면에서의 교구와 관련한 국내외의 많은 연구들이 있어 왔으나 (Aburime, 2007; Akkan, 2012; Booth, 2014; Golafshani, 2013; Loong, 2014; Peterson & McNeil, 2013; Sarama & Clements, 2009a; 김성준, 2010; 이미애, 김수환; 2001; 박만구, 고상숙, 정인철, 김은영, 2010; 안병곤, 2002; 이주용, 최재호, 2013; 최은주, 최창우; 2008), 플레이팩트와 같이 교구를 게임형으로 하여 짝활동을 하도록 하는 연구들은 미흡한 실정이다. 본 연구의 목적은 초등학교 1학년 수학 수업에서 게임형 플레이팩트 교구를 활용한 수업을 한 학생들의 수학 학업성취도 및 수학에 대한 태도에 어떤 효과가 있는지를 알아보기 위한 것이다.

II. 이론적 배경

1. 수학교육에서 교구의 활용

수학은 손으로 만지거나 눈으로 보이는 것이 아닌 머릿속의 작용을 대상으로 하는 추상성이 강한 학문이다. 따라서 유아나 초등학교 수준의 아동들에게 수학을 학습하도록 할 때 대안적으로 제시할

수 있는 것이 구체적인 조작 도구이다. 교구란 일반적으로 교육적인 목적을 가지고 교수학습의 장면에서 손으로 만지고 움직이면서 사용하는 일련의 도구라고 할 수 있다(Kennedy, 1986, p.6). 어린 학생들의 학습에 있어서 손을 쓰는 활동은 여러 학자들이 강조하고 있는데 Froebel(1887)은 어린 학생들의 학습에 있어서 그리기에 대하여 강조하였다. 그리기는 말과 사물의 중간에 있는 것이고 말과 사물의 공통적인 성질을 가지고 있는 것으로, 인지 발달을 위한 수단으로써 중요하다고 주장하였다. 그런데 구체적 조작 도구의 활용은 이런 그리기 활동을 포함한 종합적인 활동을 자연스럽게 가능하도록 하는 것으로 특히 유아 및 초등학교 저학년 학생들의 수학 학습에 유용하다고 할 수 있다.

급진적 구성주의자로 불리는 Vico(1744)는 신은 이 세상 모든 만물을 친히 창조하셨기 때문에 이 세상에 대하여 '안다'라고 말함으로써, 이해하는 데 있어 직접 만들어 보거나 조작해 보는 것의 중요성을 강조했다. 즉, 자신이 만들 수 있는 것은 이해할 수 있다는 것이다. 그의 말대로라면 수학에서도 학습자들로 하여금 '만들어 보게 하는 것(Construction)'이 중요하다. 문제는 교구들이 얼마나 수학 본연의 아이디어를 연계하여 수학적 구성활동이 머릿속에서 일어나도록 하느냐이다.

수학 학습에서 유아나 초등학교 학생들에게 구체적인 교구의 중요성을 강조한 것은 Piaget의 이론이라고 할 수 있다. Piaget(1950)에 따르면 초등학교 학생들은 대부분 구체적 조작의 시기에 해당하는데 이 시기의 학생들은 추상적인 개념을 직접 이해하기 어려우므로 구체적인 조작 도구가 필요하다는 것이다. 따라서 초등학교 단계에서 구체적 조작 도구를 활용하여 수학을 학습하도록 하는 것이 중요하다. 수학교육에서 활동적 교구의 사용은 많은 학자들이 강조해 왔다(예를 들면, Dienes, 1971; Bruner, 1966; Kamii, 1984; Montessori, 1965). 정교하게 제작된 교구들은 유아들의 사고 발달 단계에서 적절하게 뇌에 자극을 줌으로써 수학적 사고의 발달을 촉진할 수 있다. 구체적 조작 도구인 교구 활동을 정교하게 구성할 때, 구체적인 활동을 하면서 자연스럽게 추상적인 지식으로의 전이가 이루어지게 된다(Montessori, 1965). 더욱이 수학에서 창의성의 신장을 위해서는 놀이 속에서 적절한 소품을 사용한 스토리텔링 방식도 어린 학생들에게 자신이 저자가 되도록 하여 즉흥적인 이야기 속에서 자연스럽게 수학 학습을 할 수 있도록 한다(Kamii & Lewis, 1990; McGrath, 2014).

최근의 수학교육에서 뇌 과학과 관련된 연구를 하고 있는 Norton과 Deater-Deckard(2014)는 손과 신체의 움직임은 어린 학생들이 좋아하는 행동일 뿐만 아니라, 뇌의 전두엽 세포를 자극하게 됨으로써 지적 능력을 발달시키는 데 결정적인 역할을 하게 된다고 주장하였다. 수학교육의 흐름에 큰 영향을 주어진 NCTM(2000)이나 비교적 최근의 수학과 교육과정의 방향을 제시하고 있는 NCTM Initiative(2010)도 유아나 초등 수학교육에서 추상적인 수학 이전에 구체적인 교구의 사용을 권장하고 있다. 그리고 우리나라 수학과 교육과정에서도 구체적인 교구의 사용을 교수학습이나 평가에서 강조하고 있다.

좋은 교구의 선정 기준으로 Zbiek, Heid, Blume와 Dick(2007)은 다음과 같은 3가지 기준을 제안하였다(p.1176). 즉, 수학적 충실성인 교구가 가지는 저변에 깔려있는 수학적 속성에 충실한 정도, 인지적 충실성인 교구가 사용자의 인지적 행위를 얼마나 잘 반영하고 있는지와 실제의 장면에서 교구를 사용하는 동안 적절한 선택을 하도록 하는지의 정도, 그리고 교육학적 충실성인 교구가 교사의 교수 실행과 연계하여 수학적 학습의 본질과 대응하는 방식으로 학생들이 수학적으로 행동하도록 하는지를 교사나 학생들이 믿는 정도로 보았다.

이들의 관점에서 보면, 좋은 교구는 그 교구가 퀴즈네어 막대처럼 잠재적으로 수학적 속성을

가지고 있어야 하고, 사용자의 인지적 행위를 잘 반영해야 하며, 교사가 지도하려는 수학 학습의 본질과 대응하여 학습자가 행동하도록 하는 것이어야 한다. 나아가 교구는 학생들의 수학적 오류를 발견하도록 돕고 잘못된 오개념을 교정해 갈 수 있도록 해야 한다. 이런 관점에서 볼 때, 게임형 플레이팩토 교구는 위의 좋은 교구의 요구 사항을 잘 반영하고 있다고 볼 수 있다.

그러나 우리나라 수학교실에서의 교구 사용 실태는 환경적인 요인이나 교사의 인식 부족 등으로 그리 만족스럽지 못한 실정이다. 이는 예산의 문제도 있으나 교구가 주어진 경우에도 교사들의 교구 사용에 대한 이해 부족으로 제대로 잘 활용하지 못하는 경우가 많이 있다. 따라서 특별히 게임을 기반으로 한 교구인 플레이팩토와 같은 조작 도구가 학교 현장에서 어떤 효과가 있는지에 대하여 다양한 측면에서 분석하고 활용 가능성에 대하여 연구할 필요가 있다.

2. 게임형 플레이팩토 교구의 특징

본 연구에서 사용한 게임형 플레이팩토(PlayFACTO) 교구의 특징은 짝 또는 소집단에서의 선의의 경쟁적 게임을 기반으로 학생들이 흥미를 가지고 서로 의사소통하도록 하며 자연스런 게임 상황 속에서 추상적인 수학 개념을 이해하고 기본 수학 기능을 익히도록 한다는 것이다. 원래 이 교구는 총 2400여개의 다양한 체험용 교구와 200여개의 프로그램으로 구성되어 있으나, 그 중 본 연구에서는 1학년 학생들의 수학 학습에서 사용한 넘버배틀 (Number Battle), 헨드보드(Hund. Board), 그리고 아리스매치(Arith. Match)를 중심으로 다른 교구들과 차별되는 그 특징을 보면 다음과 같다.

1) 게임형으로 흥미를 가지고 집중하도록 하며 자발적인 학습이 가능하도록 한다.

2009 개정 교육과정에 의한 초등학교 새 교과서의 특징 중의 하나는 쉽게 이해하고 재미있게 학습할 수 있는 교과서라는 것이다. 게임형 플레이팩토 교구는 교과서의 이런 특징과 잘 어울리는 교구이다. 플레이팩토는 게임형 활동방법을 도입하여 재미와 흥미를 주고 학습의 집중도를 높이도록 구성되어 있다. 교구를 자유롭게 탐색하는 활동, 게임을 하면서 수학개념을 반복하여 익히는 활동, 게임규칙을 스스로 설명하는 활동, 새로운 게임의 규칙을 만들어 적용해 보는 활동을 통해 수학개념을 즐겁게 익히고, 전략적 사고와 새로운 예측상황에 대처하는 문제해결력을 기를 수 있도록 하고 있다. 플레이팩토는 교구를 직접 조작하고 만지고 감각적으로 경험하는 기회를 지속적으로 제공하여, 주체적으로 문제를 제시하고 스스로 해결전략을 세워 문제를 해결하는 능력을 키우도록 하고 있다. 즉 다양한 활동을 통해 스스로 탐구하고 다각적으로 개념을 이해하여 수학적 원리와 개념을 체득하고, 이를 바탕으로 논리적이고 창의적인 사고력을 기를 수 있다.

2) 선의의 경쟁의식을 북돋우면서 자연스런 의사소통과 문제해결력을 기르도록 한다.

플레이팩토에서 제시하는 게임 활동의 규칙은 간단하지만 명확한 수학적 목표를 가지고 있다. 학생들은 게임이 진행되는 동안 적절한 경쟁을 통해 자신만의 전략을 구사하고, 이전의 경험을 반성하고 새로운 전략을 세워나가는 과정을 통해 스스로 문제를 해결하는 힘을 기를 수 있도록 한다. 플레이팩토는 수학일기 쓰기를 통해 자신의 생각을 정리하고 표현해 보면서 보다 명확한 수학적 이해가

가능하도록 한다. 수학에 대해서 사고하고 추론하며 자신의 생각을 분명하고 설득력 있게 표현하는 방법을 배우고, 구체적이고 정확한 수학적 표현으로 내용을 논리적으로 정리하면서 수학적 의사소통 능력을 향상시킬 수 있다. 특히 본 연구에서 사용한 수와 연산 영역 교구인 넘버배틀(Number Battle), 헨드보드(Hund. Board), 그리고 아리스매치(Arith. Match) 특징을 간략히 보면 다음과 같다.

넘버배틀 (Number Battle)

넘버배틀(Number Battle)	구성
	넘버배틀 보드, 「Make Numbers」 활동판, 「Winning Digit」, 「Create Expression」 활동판, 숫자칩 40개, 빈 칩, 연산 기호칩, 미션카드 80장

넘버배틀은 숫자칩을 놓는 위치에 따라 수의 크기가 달라지는 위치적 기수법의 개념을 이해하고, 수의 어림과 수의 크기 비교 등 수 감각을 익힐 수 있도록 하고 있다. 특히, 올바른 식을 완성하는 문제를 해결해 나가는 활동을 통해 연산의 개념을 익히고 덧셈과 뺄셈, 곱셈과 나눗셈의 관계를 이해할 수 있다. 이 활동의 특징은 0~9까지의 숫자칩을 사용하여 수의 크기를 비교하거나 목표한 수를 만들어 보는 활동을 전개하도록 한다. 뒤집어진 숫자칩을 선택하는 과정의 우연성은 매번 예측할 수 없는 새로운 상황을 만들어 아동들이 흥미를 갖고 스스로 활동을 반복하는 데 도움을 주고, 뒤집은 칩을 유리한 위치에 놓는 전략적인 사고 과정을 통해 자연스럽게 수학적 개념을 이해하도록 한다.

수와 기호를 사용하여 다양한 연산식을 만들어 보는 활동이 이 교구의 주 활동 중 하나이다. 이 활동에서 아동들이 숫자칩과 기호칩을 자유롭게 사용하여 문제를 만드는 과정은 학습자가 스스로 다양한 문제를 만들고 자신이 만든 문제를 해결하는 과정에서 흥미를 더하도록 하였다. 지면으로 문제를 풀 때 지우고 반복하는 시행착오의 과정에서 단순반복의 지겨움을 느끼는 아동들도 교구를 이용하여 스스로 문제를 만들고 해결하는 과정을 통해 성취감을 느끼고 빠른 수정과 다양한 적용을 통해 좀 더 흥미롭게 문제를 해결할 수 있도록 한다. 또한 다양한 게임을 통해 아동들은 스스로 전략을 세우고 집중하여 문제를 해결하는 과정에서 자연스럽게 수학적 원리를 깨닫도록 하고 있다.

플레이팩트는 교구를 활용할 때 기본적인 탐구활동 외에 보드게임 형태의 '렛츠플레이' 활동을 도입한다. 게임을 통한 활동은 아동들이 지루함을 느끼지 않고 재미있게 수학적 개념을 반복해서 경험할 수 있도록 해 준다. 예를 들면, '렛츠플레이'와 같은 게임 규칙은 간단하지만 정확한 수학 목표를 달성하고 전략을 구사할 수 있도록 만들어져 있다. 학습자들은 게임을 하는 동안 적절한 경쟁을 통해 승리전략을 구사하면서 좀 더 재미있게 목표를 달성할 수 있는 즐거움을 더해 준다. 교구를 다양하게 조작하는 방법들은 향후 새로운 응용활동을 아동들이 스스로 만드는 데 도움이 되도록 한다. 이 교구를 활용한 대표적인 활동으로는 1 큰 수·1 작은 수, 상대방의 수를 알아맞히는 블라인드 넘버, 주어진 칩을 사용하여 식 복원하기, 두 자리 수의 합이나 차를 상대방보다 더 크거나 작게 만드는 가장 크게, 가장 작게 등이 있다.

예를 들어, 10 만들기 게임은 뒤집어서 섞어 놓은 숫자칩 중에서 하나씩 칩을 선택하여 하나의 직선 위에 놓인 두 수 또는 세 수의 합이 10이 되게 만들면 해당하는 칩을 모두 가져가는 게임이다.

이 게임은 우연성의 기회로 선택한 숫자칩을 어느 위치에 놓느냐에 따라 합이 10이 되는 직선을 만들 수도 있고 때로는 더 많은 칩을 가져갈 수도 있다. 게임에 이기기 위해서는 합이 10인 경우뿐만 아니라, 더 많은 칩을 가져갈 수 있는 위치도 전략적으로 찾아야 한다.

헌드보드(Hund. Board)

헌드보드(Hund. Board)	구성
	<p>헌드보드 보드, 50판, 숫자칩 (1~100), 「Hopping numbers」 활동판, 점 주사위, 숫자 주사위, 미션카드, 투명컬러칩, 게임말, 넘버차트, 마방진 활동시트지</p>

헌드보드는 1에서 100까지의 수 계열을 알고, 수의 순서를 익히는 것을 주요 목적으로 한 교구이다. 이 교구의 활용을 통하여 아동들은 규칙을 파악하고 해결해 가는 과정을 통해 수에 대한 감각을 기를 수 있다. 이 교구의 특징은 1~100까지 수로 구성된 수 배열판을 채우는 활동을 통해 수의 계열성을 익히는 것이다. 이때 1~25 분홍색·하늘색, 26~50 보라색·파랑색, 51~100 갈색으로 색의 구분을 두어 각 수준별로 난이도를 쉽게 조절할 수 있도록 구성되어 있다. 배열판 또한 수가 표시된 부분과 표시되지 않은 부분이 있어 난이도에 따라 수를 보고 찾는 활동이나 수배열을 생각하여 수의 위치를 정확히 찾아 넣는 활동을 전개할 수 있다. 그리고 「Hopping numbers」 활동판과 다양한 주사위, 미션카드로는 뛰어 세기의 원리를 익힐 수 있다. 두 개의 주사위에 나온 수로 활동판에서 몇 씩 몇을 뛰어 세며 말을 이동하고 미션카드를 반복적으로 수행하면서 자연스럽게 뛰어 세기와 지정된 위치로 이동, 거꾸로 뛰어 세기를 경험할 수 있도록 구성되어 있다.

그리고 수배열판에서 임의로 지정한 위치에 놓인 기차의 위치를 알아맞히는 활동은 가로, 세로, 대각선으로 구성된 1 또는 10 큰 수, 1 또는 10 작은 수 등의 기초적인 수의 계열을 이해하는 데 도움이 되며, 기차가 놓여 있을 칸과 그렇지 않은 칸을 찾아가는 과정에서 추론능력도 향상된다. 또한 일정한 규칙을 정하여 수를 배열하고 상대의 수 배열을 찾는 25판 대결은 스스로 다양한 수의 규칙을 정하고 추론을 통하여 상대방의 규칙을 찾을 수 있도록 제시된 활동이다. 이외에도 이 교구를 활용한 대표적인 활동으로는 1에서 20까지의 수의 순서를 알고, 차례대로 놓아 없어진 수를 찾는 숫자 도둑잡기, 수를 이해하고 주어진 수만큼 물건을 셀 수 있는 숫자탑 쌓기, 뛰어 세기의 원리를 알고 익히기, 기차의 위치를 찾는 활동을 통해 기초적인 수 배열을 이해할 수 있는 기차 폭발 게임, 연속하는 수를 이용하여 여러 가지 종류의 덧셈을 할 수 있는 마방진 게임 등이 있다.

아리스매치(Arith. Match)

아리스매치(Arith. Match)	구성
	<p>아리스매치 보드, 미니계산판, 흰색숫자칩, 덧셈숫자칩, 곱셈숫자칩, 연산기호칩(+, -, ×, ÷, =), 넘버카드, 주사위, 게임말</p>

아리스매치는 재미있는 게임을 통해 연산학습에 즐거움과 흥미를 느낄 수 있도록 하고자발적인 연산의 반복학습을 가능하게 함으로써 계산력과 암산력을 길러 준다. 이 교구를 활용한 활동의 특징은 1~9까지의 두 수의 덧셈과 곱셈을 다양한 방법으로 제시해 준다는 것이다. 주요 활동인 덧셈대전, 덧셈 빙고, 덧셈스피드 활동 등을 통해 다양한 덧셈을 경험하게 되고, 덧셈구구판에서 수의 규칙을 찾아볼 수 있도록 한다. 그리고 숫자카드를 이용하여 이웃한 두 수의 덧셈과 뺄셈활동으로 기본 연산에 흥미를 높여 준다. 그리고 보다 높은 수준의 활동으로 곱셈구구판으로 1~9까지의 곱셈 구구를 다양한 방법으로 익힐 수 있는 활동이 제시되어 있다. 곱셈구구판을 채우는 활동은 아동들로 하여금 기본적인 구구단을 익히고, 미니계산판을 활용해 한 자리 수의 곱셈을 재미있고 자연스럽게 학습할 수 있도록 도와준다. 이 교구의 특징은 주어진 문제에 딱 맞는 해답용 숫자칩을 제공하여 문제를 해결하는 과정에서 스스로 오류를 찾아내고 자기정정이 가능하도록 설계되어 있다는 것이다.

그리고 가로줄과 세로줄에 놓인 수를 보고 각 줄에 알맞은 칩의 위치를 찾는 덧셈 노노그램과 가로, 세로로 교차하는 위치의 두 수의 곱을 이용한 곱셈 노노그램을 통해 논리퍼즐 문제를 해결할 수 있도록 하고 있다. 또한 세 개의 주사위를 던져 나온 수로 사칙연산을 이용해 목표수를 만들어 내는 활동은 수와 연산 기호를 자유롭게 구성하고, 빠르고 정확한 혼합계산력을 기를 수 있도록 도와준다.

아리스매치의 활동의 예는 정해진 시간 안에 두 수의 덧셈을 빠르게 하는 덧셈 기록 게임, 수의 합과 차를 이용한 역 피라미드 만들기, 두 수의 덧셈을 이용하여 목표한 수를 만드는 3-Dice 덧셈 빙고, 나열된 숫자들을 이용하여 논리퍼즐을 해결하는 노노그램, 곱셈을 빠르게 할 수 있는 곱셈 스피드44, 사칙연산을 응용한 스퀘어 연산 퍼즐과 Cross식 완성하기 등이 있다.

본 연구에서 사용한 플레이팩트 교구의 특징은 1학년 학생들로 하여금 교구를 사용하는 놀이의 과정에서 자연스럽게 경쟁을 통하여 빠른 연산을 하도록 촉진하고, 수의 규칙성을 발견하고 이해하여 문제를 해결하도록 한다는 것이다.

3. 선행연구

수학교육에서 교구를 활용한 연구들은 여러 나라에서 여러 학교 수준과 다양한 분야에서 진행되어 왔다. Hildebrandt(1998)는 학생들이 게임에 매료되는 것을 수학 학습과 연계할 수 있음을 주장하였으며, Kamii와 Rummelsburg(2008)는 어린 학생들의 수학 학습에서 특별히 게임 상황이 중요함을 강조하였다. 게임 상황 속에서 수학 학습을 하는 것은 학생들로 하여금 자연스럽게 학습 상황에 참여하도록 하는 역할을 한다. 더 나아가 Kamii(1984)와 Kato, Honda와 Kamii(2008) 등에 따르면 게임 상황은 논리-수학적인 사고의 구성 활동을 촉진시키고 지식의 구성 활동에 대한 주인의식을 가지도록 하며 지속적으로 이 활동에 참여하도록 한다. 이런 게임 상황 속에서 학생들로 하여금 자기 자신의 생각을 하도록 요구하는 상황으로 자연스럽게 빠지게 한다는 것이다.

외국의 여러 다른 나라들에서도 교구를 활용한 연구들을 하였는데, 심리학자인 Björklund(2014)는 1~2살 정도의 어린 아동들을 대상으로 수학적 개념을 어떻게 학습하는지에 대하여 연구를 하였다. 그는 교사가 교구를 어떤 교육적인 목적을 가지고 제시하느냐에 따라서 어린 아동들의 주의력이 매우 다르게 나타나고 받아들이는 의미도 다르다고 주장하였다.

Golafshani(2013)는 21주 동안 중학교 학생들에게 교구를 활용한 수학 수업을 하면서 교사들이 교구의 사용에 대하여 가지는 인식을 조사하였는데 특별히 수학을 학습하는데 어려움을 가지는 학생들에게 성취도 향상에 효과가 있었고, 가장 큰 효과는 학생들로 하여금 자발적으로 학습할 수 있는 환경을 조성해 준다는 데 있는 것으로 보았다. Aburime(2007)은 나이지리아 고등학교 학생들을 대상으로 기하 조작 도구를 활용하여 수학을 학습하도록 한 후 수학성취도를 알아보았는데 기하 조작 도구를 사용한 학생들의 성취도가 확실히 높게 나타났다고 주장하였다. Akkan(2012)은 터키의 40명의 예비교사와 현직교사들의 구체적 조작물과 컴퓨터를 활용한 가상현실의 프로그램에 대한 신념을 분석하였는데 예비교사들은 현직교사들보다 장차 자신의 수학 수업에서 이 두 가지 종류의 교구를 활용하는 것에 대하여 보다 긍정적인 태도를 가지고 있었다.

그리고 최근에는 컴퓨터를 활용한 가상현실을 활용한 교구들에 대한 연구가 활발하게 진행이 되고 있다. Sarama와 Clements(2009b)는 수학교육에서 컴퓨터를 사용한 조작 도구를 사용한 연구를 하였는데, 우리가 일반적으로 생각하는 '구체적 조작 도구'의 개념을 재고해 볼 필요가 있음을 지적하였다. 이들은 컴퓨터를 사용한 조작 도구의 사용에 대하여 여러 유사 연구들을 분석 검토하여 교육적으로 효과적인 측면을 제안하였다. 그리고 Moyer-packenham, Baker, Westenskow, Anderson, Shumway, Rodzon과 Jordan(2012)은 17명의 3학년과 4학년 학생들을 대상으로 물리적인 교구와 가상현실적인 교구를 사용한 학생으로 나누어 실험을 하였다. 연구 결과 성취도에 있어서는 차이가 없었는데 분수학습에 대한 성취도 및 학습하는데 소요되는 시간 등에 차이가 있다고 주장하였다. Loong(2014)은 최근에 구체물과 컴퓨터의 가상 현실적인 교구를 사용하여 학생들이 어려워하는 자리값, 다시뭉기 개념, 분수의 곱과 나눗셈, 도형의 넓이와 둘레의 개념을 보다 의미있게 이해할 수 있도록 도울 수 있다고 하였다. 특히, 그는 교구를 사용하면서 학생들은 자연스럽게 수학적 개념을 이해하는 순간인 '아하!'의 경험을 가져오도록 촉진할 수 있다고 주장하였다. 중요한 것은 학습자의 관점에서 조작으로 인식하는 것과 수학적으로 의미 있는 것으로 받아들여야 한다는 것이 중요한데 이에 대한 보다 세밀한 연구가 필요하다.

국내의 관련 연구들을 보면 박현진(2008)은 프뢰벨과 몬테소리 교구의 유아 수학교육적 의미를 탐구하였는데 이들이 개발한 교구는 수학적 감각을 체험하고 익히게 하는 역할을 한다고 보았다. 그녀는 이 두 학자들의 개발 정신을 분석한 결과 유아들에게 구체적인 교구는 이런 구체물을 사용한 활동을 하는 가운데 추상적인 수학적 사고와 자연스럽게 연계하도록 하면서, 유아들이 스스로 오류를 발견하여 문제를 해결해 갈 수 있도록 한다고 주장하였다. 남승인, 권민성(2007)은 초등학교 3학년 학생들을 대상으로 교구활용을 강화한 수학 수업에서 수학 학업성취도와 수학적 성향과 태도를 비교해 보았을 때 중상위 수준의 학생보다 하위 수준의 학생들에게 더 긍정적인 효과가 있음을 밝혔다. 김성준(2010)은 호주에서 개발된 Maths With Attitude라는 교구를 5-6학년 학생들에게 적용이 가능한 교구로 활용할 수 있는 여러 가지 가능성을 제안하면서 현장에서 수업을 통하여 지속적인 연구를 해 나갈 필요가 있다고 주장하였다. 박만구, 고상숙, 정인철, 김은영(2010)은 초등학교 일반 학급의 학생을 대상으로 4D 프레임을 활용한 수업이 학생들의 공간지각 능력과 공간관계의 인식에 효과를 주었음을 밝혔고, 이주용, 최재호(2013)는 대구지역 영재학급 소속 6학년 학생들에게 4D 프레임 교구를 수학영재 교육프로그램에 적용하여 공간감각의 향상과 창의성의 요소인 유창성, 융통성, 독창성 향상에도 효과가 있음을 보였다.

그리고 조작 도구를 활용한 게임 학습에서 수학능력에 미치는 영향이 긍정적임을 보여 주었다(박경자, 이해령, 2010). 조작 도구를 활용한 게임학습은 학생들의 문제해결 능력, 추론 능력 및 의사소통능력에 긍정적인 영향을 줄 뿐만 아니라 수학에 대한 흥미에 긍정적인 영향을 줄 수 있음을 알 수 있다. 고상숙, 박만구, 한혜숙(2013)은 2009 개정 수학과 교육과정에서 강조한 수학적 과정의 평가를 교구 및 공학도구를 활용하여 어떻게 할 수 있는지에 대한 가능성을 알아보기 위하여 서울 및 경기 지역의 초·중등학교 수학교사 332명을 대상으로 설문조사를 실시하여 교사들의 인식을 분석하였다. 교구나 공학도구를 활용한 수학적 과정중심 평가 방법은 학생들의 수학적 상태를 파악하고 수학적 과정을 포함한 평가를 할 수 있다는 점에서 학교 현장에서 교사들이 활용할 수 있는 대안적인 평가 방법이라고 주장하였다.

본 연구에서는 초등학교 1학년 학생들은 초등학교의 과정에서 논리적인 수학 학습을 시작하는 단계로서 수학에 대한 성취감을 최대한 경험하면서 수학에 대한 긍정적인 태도를 가지도록 이끌어 주어야 하는 시기라고 보고, 이들이 수와 연산의 영역에서 게임형 플레이팩토 교구를 사용한 수업에서 어떻게 반응하는지를 보기 위한 것이다.

III. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 참여자들은 서울특별시 양천구에 소재하는 J초등학교 1학년 학생들로 학부모들은 사회경제적으로 보통 수준이다. 6개 학급 중 수학 학업성취도에 대한 사전 검사 결과가 비슷한 학년별 동질 집단 2학급을 대상으로 하였다. 한 학급은 게임형 플레이팩토를 적용한 연구 집단으로, 다른 학급은 전통적인 교수·학습 방법을 적용한 비교 집단으로 선정하여 수학 수업을 진행하였다. 실험반 교사는 교육경력 13년차의 STEAM 교육 등에 관심이 있는 열의가 있는 여교사였고, 비교반 교사는 전통적인 수학 수업을 선호하는 교육경력 11년차의 여교사였다.

<표 1> 연구 대상

학교명	대 상	
	비교반	실험반
서울Y초등학교	1학년 A반 25명(남:13명, 여:12명)	1학년 B반 25명(남:14명, 여:11명)

2. 연구 설계 및 절차

본 연구의 효과를 검증하기 위한 연구 설계는 <표 2>과 같다.

<표 2> 연구 설계

집 단	사전 검사	치 치	사후 검사
G1	O1, O3	X ₁	O2, O3
G2	O1, O3	X ₂	O2, O3
G1(G2) : 비교반(실험반)	O3 : 수학적 태도 검사	O1(O2) : 사전(사후)수학 학업성취도 검사	
X ₁ : 전통적인 교수·학습 적용		X ₂ : 게임형 플레이팩토 교구를 적용한 교수·학습	

수업은 1학년 2학기의 5단원 덧셈과 뺄셈(2)의 내용 중 10차시의 수업을 실시하였다. 실험반의 경우 플레이팩토 교구인 넘버배틀(Number Battle), 핸드보드(Hund. Board), 그리고 아리스매치(Arith. Match) 교구를 활용하였다. 수업 전 사전 수학 학업성취도 및 수학에 대한 태도 검사를 실시하고, 수업을 마친 후 사후 수학 학업성취도 및 태도 검사를 실시하였다.

3. 검사 도구 및 분석

본 연구 문제를 해결하기 위해 연구 집단, 비교 집단에 대한 사전·사후 수학 학업성취도 검사와 연구 집단 사전·사후 수학적 태도 검사를 실시하였다. 수학 학업성취도와 수학적 태도 검사 모두 검사 도구의 신뢰성과 타당성 검사에서 Cronbach α 의 점수가 최소 0.6 이상이 되었다. 수학 학업성취도 검사는 모두 20문항으로 구성하여, 100점 만점으로 한 문항당 5점씩 배점하였고 실험반과 비교반에 대한 사전 사후 성취도를 검사하여 차이를 알아보았다. 수학에 대한 태도 검사는 한국교육개발원(1992)에서 제작한 검사 도구를 사용하여 사전과 사후에 검사하여 차이를 알아보았다. 통계의 분석은 통계 프로그램인 I-Statistics를 활용하여 게임형 플레이팩토를 활용한 수업이 실험반의 학업성취도와 수학에 대한 태도에 어떤 효과가 있는지 알아보기 위하여 사전 사후 검사결과에 대한 공분산분석(ANCOVA)을 하였다.

4. 수업 진행 내용

본 연구를 위하여 2014년 12월 초부터 말까지 비교반의 경우는 교과서를 사용하여 일반적인 수업을 진행하였고, 실험반에서는 다음과 같은 교구를 활용하여 수학 수업을 진행하였다.

<표 3> 수업 진행 내용

시기	내용 및 처치	사용 교구
12.8.(월) 2교시-3교시	사전 태도 및 사전 성취도 검사	교구의 소개
12.15.(월) 1교시	10이 되도록 두 수 모으기 146-147쪽(87-88쪽)	NUMBER BATTLE => MAKE NUMBERS활동판, 숫자칩, 바둑알
12.16.(화) 2교시	10이 되는 더하기 148-149쪽(89-92쪽)	NUMBER BATTLE => 미션카드 80장, 숫자칩, 연산칩, 넘버배틀 보드
12.18.(목) 3교시	세 수의 덧셈하기(1) 152-153쪽	ARITH. MATCH => 아리스매치 보드, 게임말(빨,노), 주사위
12.19.(금) 1교시	세 수의 덧셈하기(2)	ARITH. MATCH

	154-155쪽	=> 덧셈숫자칩, 흰색숫자칩, 모래시계, 미니판
12.22.(월) 4교시	세 수의 덧셈하기(3) 156-157(97-98)쪽	ARITH. MATCH => 주사위 3개, 덧셈 숫자칩
12.23.(화) 2교시	사후 태도 검사	교구사용에 대한 유의점 논의
12.24.(수) 1교시	덧셈하기(1) 158-159(99-100)쪽	ARITH. MATCH => 아리스메치보드, 모래시계, 말(빨,노)
12.24.(수) 2교시	사후 태도 및 사후 성취도 검사	수학 일기 정리

IV. 분석 및 연구 결과

게임형 플레이팩토 교구를 적용한 후 학생들의 수학 학업성취도와 수학에 대한 태도에 어떤 효과가 있는지 분석한 결과를 보면 다음과 같다.

1. 수학 학업성취도

수학 학업성취도에 대하여 사전 성취도, 사후 성취도, 조정된 사후 성취도의 평균과 표준편차 <표 4>와 사후 수학 학업성취도에 대한 공분산분석 <표 5>의 결과에서 보는 것과 같이 비교반과 실험반의 수학 학업성취도에 있어서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 사전성취도 평가에서는 기본적인 선수 개념을 측정된 것으로 난도가 낮아 비교반과 실험반의 전체 평균이 높았으나, 사후 성취도 평가에서는 난도가 높아 절대 평균은 다소 낮아 졌으나 비교반에 비하여 실험반의 상대적 평균은 차이가 커졌다.

<표 4> 수학 학업성취도 사전, 사후, 조정된 사후 성취도의 평균 및 표준편차

집단	사례수	사전성취도(공분산)	사후성취도	사후성취도(조정)
		평균(표준편차)	평균(표준편차)	평균(표준편차)
비교반	25	92.800(10.416)	72.960(24.530)	72.684(4.052)
실험반	24	92.083(12.847)	87.833(19.110)	88.121(4.135)

* 사후 수학 학업성취도 검사에서 실험반의 학생이 1명 결석하였음.

<표 5> 사후 수학 학업성취도에 대한 공분산분석

분산원	제곱합	자유도	제곱평균	F	p
사전성취도(공분산)	3970.889	1	3970.889	9.680**	0.003
집단	2915.427	1	2915.427	7.107*	0.011
잔차	18869.405	46	410.204		
합계	25549.061	48			

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

결과를 통계적으로 보면, $p < 0.05$ 수준에서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=7.1073$, $df1=1$, $df2=46$, $p=0.0106$). 따라서 게임형 플레이팩토 수업을 한 반의 수학 학업성취도가 비교반에 비하여 향상되었다.

2. 수학에 대한 태도

수학에 대한 태도에 대하여 사전 태도, 사후 태도, 조정된 사후 태도의 평균과 표준편차 <표 6>과 사후 수학에 대한 태도에 대한 공분산분석 <표 7>의 결과에서 보는 것과 같이 비교반과 실험반의 수학에 대한 태도에 있어서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다.

<표 6> 사전, 사후, 조정된 사후 수학에 대한 태도의 평균 및 표준편차

집단	사례수	사전태도(공분산)	사후태도	사후태도(조정)
		평균(표준편차)	평균(표준편차)	평균(표준편차)
비교반	25	78.480(8.160)	74.600(12.010)	75.429(2.070)
실험반	25	81.080(10.012)	87.720(11.451)	86.891(2.070)

<표 7> 사후 수학에 대한 태도에 대한 공분산분석

분산원	제곱합	자유도	제곱평균	F	p
사전태도(공분산)	1628.251	1	1628.251	15.365***	0.000
집단	1608.280	1	1608.280	15.176***	0.000
잔차	4980.789	47	105.974		
합계	8760.720	49			

*** $p < 0.001$

결과를 통계적으로 보면, 사전태도의 영향을 제거한 후 조정된 사후태도는 두 집단에서 $p < 0.001$ 수준에서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=15.1761$, $df1=1$, $df2=47$, $p=0.0003$). 따라서 게임형 플레이팩토 수업을 한 반의 수학에 대한 태도가 비교반에 비하여 향상되었다.

V. 결론 및 제언

일반적으로 교사가 학생들에게 수학을 많이 '가르쳐야' 학생들이 수학을 더 잘 배울 수 있다고 생각하지만, 학생들은 스스로 수학적으로 의미를 만들어 가는 가운데 보다 잘 학습할 수 있다. 이런 자발적인 활동을 효과적으로 도울 수 있는 것이 교육적으로 의미 있는 교구를 활용하는 것이다. 본 연구에서는 게임형 플레이팩토 교구를 활용한 수학 수업이 학생들의 수학 성취도 및 수학에 대하여 가지는 태도에 어떤 영향을 주는지 분석하였다. 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 게임형 플레이팩토 교구를 활용한 수학 수업에서 학생들의 수학 학업성취도가 향상되었다. 이는 다른 연구들에서도 동일한 효과를 나타내고 있는 것으로 교구와 컴퓨터 환경에서의 활동은 수학 부진아들뿐만 아니라(박만구, 김은혜, 황성환, 이동희 2013), 수학 교수·학습에서 교구사용은 영재 학생들에게도 수학 학업성취도 향상에 도움이 되는 것으로 나타났다(이주용, 최재호, 2013).

둘째, 게임형 플레이팩토 교구를 활용한 수학 수업에서 학생들의 수학에 대한 태도가 긍정적으로 변화하였다. 수학 수업에서 게임형 교구 사용의 가장 큰 이점 중의 하나는 게임형 교구를 활용하면서

수학에 대한 거부감이나 불안감을 덜 가지게 하며, 흥미를 가지고 수학을 학습할 수 있다는 것이다. 그리고 이 교구를 활용한 수학 수업에서 지도 교사가 관찰한 반에서는 Alexander와 James(2005, p.16)나 Sarama와 Clements(2009a, p.326)의 주장처럼 학생들이 자연스럽게 수학 게임을 하면서 동료 간에 상호작용을 촉진하였다. 게임 안에서 선의의 경쟁을 하면서 해당 게임에 몰입하는 모습을 보여 주었고 일반적인 수학 수업에서와 같은 수학에 대한 불안이나 부정적인 태도는 찾아 볼 수 없었다.

본 연구를 통해 얻은 결론을 바탕으로 후속 연구를 위해 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, 게임형 조작교구를 사용한 학습 활동에서 학생들의 머릿속에서 어떤 작용이 일어나는지 뇌의 작용에 대한 연구도 병행할 필요가 있다. 구체적인 조작 도구를 사용하여 손으로 조작활동을 하는 것도 중요하지만 보다 중요한 것은 머릿속에서 수학적 사고를 보다 활발히 할 수 있도록 돕는 것이다. 단순히 수학 시간에 구체적 조작 도구를 제공하고 학생들이 알아서 어떤 것이든 해 보도록 한다고 하여 수학적으로 풍부한 활동을 한다고 볼 수는 없다. Bjorklund(2014)의 주장처럼 교구를 활용한 수학 학습에 있어서도 교사가 학생들이 어떤 학습을 하는가에 대하여 결정적인 역할을 하게 되므로 교구를 활용한 수학 학습에서는 교사의 발문과 학생과의 상호작용의 측면도 함께 연구할 필요가 있다.

둘째, 수학 학습에서 게임형 교구 사용을 위한 학교 현장의 여건 조성보다 효율적인 프로그램의 개발과 현장 적용을 통한 지속적인 연구가 필요하다. 수학과에서도 과학과와 같이 필수 교구를 갖추고 체험형 수학교실을 운영하도록 규정을 제정할 필요가 있으며, 수학교과서에도 보다 적극적으로 도입할 필요가 있다. 그리고 같은 교구를 사용하더라도 어떻게 환경을 조성하느냐에 따라서 매우 다른 반응을 할 수 있으므로 매우 세밀한 환경의 조성이 필요하다. Sarama와 Clements(2009a)의 주장처럼 단순히 학생들에게 교구를 제시하는 것이 중요한 것이 아니라 학생들이 이 교구의 사용을 어떻게 인식하는가가 중요하므로 다양한 교구를 수학 교실 상황에서 사용하면서 학생들이 수학 학습을 하는데 보다 효과적인 방안을 고민할 필요가 있다. 그리고 Kamii와 Lewis(1990)의 주장처럼, 학생들이 자유롭게 이런 교구를 사용하여 흥미를 가지고 게임을 하듯이 수학 학습을 하면서 수학에 대한 이해를 기반으로 한 자기 주도적으로 학습할 수 있도록 도움 필요가 있다. 게임형 도구를 사용하면서 스토리텔링을 기반으로 하여 동료 간에 어떤 상호 작용을 하면서 수학적 사고와 창의적인 아이디어를 극대화할 수 있도록 할 것인지에 대하여 보다 현장 친화적이고 장기적인 연구를 지속할 필요가 있다.

셋째, 학생들을 위한 보다 흥미 있고 효율적인 수학교육을 위하여 구체적 조작물을 활용한 수학 게임 학습 활동뿐만 아니라 Booth(2014)의 시도처럼 가상현실 등을 활용한 온라인과 오프라인을 통합한 새로운 시도들을 할 필요가 있다. 학습의 방향은 교사가 아니라 학습자이어야 한다는 가장 기본적인 사실을 직시하면서 학습자를 보다 존중하는 방향으로 현장에 기반을 둔 지속적인 연구가 필요하다.

마지막으로, 교사를 대상으로 한 수학 교수학습에서 교구를 활용한 '학생의 수학'(Steffe & Kieren, 1994)을 알아가는 방법에 대한 실질적인 연구가 필요하다. 교사로서 하여금 플레이팩토와 같은 교구를 사용하면서 수학적 활동과는 어떻게 연계될 수 있는지 어떻게 관찰해 가야 하는지 등에 대한 아이디어를 제공할 필요가 있다. 조작 도구의 활동은 교사로서 하여금 '학생의 수학'을 보다 잘 관찰할 수 있는 기회를 제공할 수 있다. 그리고 수학 학습의 평가에서도 결과만이 아닌 고상숙 등(2013)이 시도한 교구를 활용한 학생들의 수학적 과정 평가가 어떻게 가능한지에 대해서 다양하고 실제적인 자료를 제시해 줄 필요가 있다.

참고문헌

- 교육과학기술부 (2011). **수학과 교육과정**. 교육과학기술부.
- 김경희, 김수진, 김미영, 김선희 (2009). **PISA와 TIMSS 상위국과 우리나라의 교육과정 및 성취 특성 비교 분석**. 한국교육과정평가원 연구보고서 PRE 2009-7-2.
- 고상숙, 박만구, 한혜숙 (2013). 교구 및 공학도구를 활용한 수학적 과정중심 평가에 관한 교사들의 인식. **한국학교수학회논문집**, 16(4), 675-694.
- 김성준 (2010). 'Maths With Attitude' 교구 프로그램 활용에 관한 소고. **한국초등수학교육학회지**, 14(1), 153-176.
- 김연식, 허혜자 (1995). 수학불안 요인에 관한 연구. **대한수학교육학회 논문집**, 5(2), 111-128.
- 남승인, 권민성 (2007). 수학 이해력 증진을 위한 교구활용 방안에 관한 연구. **초등수학교육**, 10(2), 125-139.
- 남영만 (2010). 기하 교구의 활용이 공간 지각 능력에 미치는 영향. **한국학교수학회논문집**, 13(2), 303-322.
- 박경자, 이혜령 (2010). 수학 학습 불안에 영향을 주는 스트레스에 관한 연구. *East Asian Mathematical Journal*, 28(2), 251-266.
- 박만구, 김은혜, 황성환, 이동희 (2013). 기초셈하기 G-러닝 콘텐츠의 효과성 분석. **한국초등수학교육학회지**, 17(2), 225-243.
- 박만구, 고상숙, 정인철, 김은영 (2010). 기하 교구의 활용이 공간 지각 능력에 미치는 영향. **한국학교수학회논문집**, 13(2), 303-322.
- 박현진 (2008). **프뢰벨과 몬테소리 교구의 유아 수학교육적 함의**. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 안병곤 (2002). 초등수학에서 학습교구의 활용 방안. **수학교육 논문집**, 13, 55-72.
- 이미애, 김수환 (2008). 초등학교 수학 수업에서의 구체물 활용과 수학적 의사소통에 관한 연구 -2학년 아동을 중심으로-. **한국초등수학교육학회지**, 5(1), 99-120.
- 이주용, 최재호 (2013). 4D 프레임 활용 학습이 수학영재학생의 공간감각 및 수학적 창의성에 미치는 영향. **초등수학교육**, 16(1), 1-20.
- 조지민 외 (2012). **국제 학업성취도 평가 결과에 기반한 교육정책 개선 방안**. 한국교육과정평가원 연구보고 CRE 2012-1.
- 최승현, 박상욱, 황혜정 (2014). PISA와 TIMSS 결과에 나타난 우리나라 학생의 정의적 성취 실태 분석 -수학 교과를 중심으로-. **한국학교수학회논문집**, 17(1), 23-43.
- 최은주, 최창우 (2008). 초등수학 수업에서 교구의 활용에 대한 사례연구. **한국초등수학교육학회지**, 13(1), 31-49.
- Akkan, Y. (2012). Virtual or physical: In-service and pre-service teachers's beliefs and preferences on manipulatives. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 13(4), 167-192.
- Aburime, F. E. (2007). How manipulatives affect the mathematics achievement of students in Nigerian schools. *Educational Research Quarterly*, 31(1), 3-15.
- Alexander, J. & James, J. (2005, January). Maths games: A waste of time or a great learning experience? *The Adviser Magazine (Christchurch College of Education)*, 15-19.
- Björklund, C. (2014). Less is more: Mathematical manipulatives in early childhood education. *Early*

- Child Development and Care*, 184(3), 469-485.
- Booth, P. (2014). Board, game, and media: Interactive board games as multimedia convergence. *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies*, February 2, 1-14.
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Cambridge, MA: Belkapp Press.
- Common Core State Standards Initiative (2010). *Preparing America's students for success*. Retrieved on December 20, 2014 at <http://www.corestandards.org/>
- Dienes, Z. P. (1971). *Building up mathematics* (4th ed.). London: Hutchinson.
- Finlayson, M. (2014). Addressing math anxiety in the classroom. *Improving Schools*, 17(1), 99-115.
- Froebel, F. (1887). *The education of man*. 서석남 역 (2003). **프뢰벨 인간 교육**. 서울: SFM연구소출판부.
- Golafshani, N. (2013). Teachers' beliefs and teaching mathematics with manipulatives. *Canadian Journal of Education*, 36(3), 137-159.
- Hildebrandt, C. (1998). Mathematical understanding through invented games. *Teaching Children Mathematics*, 5(3), 191-195.
- Kamii, C. (1984). The aim of education envisioned by Piaget. *The Phi Delta Kappan*, 65(6), 410-415.
- Kamii, C., & Lewis, B. A. (1990). Constructivism and first-grade arithmetic. *The Arithmetic Teacher*, 38(1), 36-37.
- Kamii, C. & Rummelsburg, J. (2008). Arithmetic for first graders lacking number concepts. *Teaching Children Mathematics*, 14(7), 389-394.
- Kato, Y., Honda, M. & Kamii, C. (2008). Kindergarteners play lining up the 5s: Game to encourage logico-mathematical thinking. *Beyond the Journal: Young Children on the Web*. 1-6.
- Kennedy, L. M. (1986). A rationale. *Arithmetic Teacher*, 33, 6-32.
- Loong, E. Y. K. (2014). Fostering mathematical understanding through physical and virtual manipulatives. *AMT*, 70(4), 3-10.
- McGrath, C. (2014). *Teaching mathematics through story: A creative approach for the early years*. Abingdon: Routledge.
- Montessori, M. M. Jr. (1976). *Education for human development: Understanding Montessori*. New York: Schocken Books.
- Moyer-packenham, P., Baker, J., Westenskow, A., Anderson, K., Shumway, J., Rodzon, K., & Jordan, K. (2012). A study comparing virtual manipulatives with other instructional treatments in third-and fourth-grade classrooms. *Education Research*, 2(2), 25-39.
- Norton, A. & Deater-Deckard, K. (2014). Mathematics in mind, brain, and education: A neo-Piagetian approach. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(3), 647-667.
- Organization for Economic Co-operation and Development[OECD] (2012). *PISA 2012 results in focus: What 15-year-olds know and what they can do with what they know*. OECE PISA 2012 report. Retrieved on September 5, 2014 at <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results.htm>.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA : National Council of Teachers of Mathematics.
- Peterson, L. A., & McNeil, N. M. (2013). Effects of perceptually rich manipulatives on preschoolers'

- counting performance: Established knowledge counts. *Child Development*, 84(3), 1020-1033.
- Piaget, J. (1950). *The psychology of intelligence*. London: Routledge and Kegan Paul. (Original French edition 1947.)
- Sarama, J. & Clements, D. H. (2009a). Building blocks and cognitive building blocks: Playing to know the world mathematically. *American Journal of Play*, Winter 2009, 313- 337.
- Sarama, J., & Clements, D. H. (2009b). "Concrete" computer manipulatives in mathematics education. *Child Development Perspectives*, 3(3), 145-150.
- Steffe, L. P., & Kieren, T. (1994). Radical constructivism and mathematics education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25, 711-733.
- TIMSS and PIRLS International Study Center. (2014). *TIMSS 2011 International Results in Mathematics*. Retrieved on September 5, 2014 at <http://timssandpirls.bc.edu/timss2011/international-results-mathematics.html>.
- Vico, G. (1744) *Principi di Scienza nuova d'intorno alla comuni natura delle nazioni*. Naples: Stamperia Muziana. Trans. Bergin, T. and Fisch, M. (1968), *The new science of Giambattista Vico*. Ithaca: Cornell University Press.
- Zbiek, R. M., Heid, M. K., Blume, G. W., & Dick, T. P. (2007). Research on technology in mathematics education, A perspective of constructs. In F. K. Lester (Ed.). *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp.1169-1207). Charlotte, NC: Information Age.

The Effects of Using the Game-based PlayFACTO on Mathematics Achievements and Attitude toward Mathematics

Park, Mangoo (Professor, Seoul National University of Education)

Moon, Jinheui (Director, Research Center of Mathian)

Ryu, Jeomhee (Director, Education Team of PlayFACTO)

The purpose of this study was to investigate the effects of using game-based mathematical manipulatives PlayFACTO on the mathematics achievements and attitude toward mathematics. The participants of this study was 50 students(experimental group 25 students, control group 25 students) at an elementary school in Yangchun-gu, Seoul. During 10 class hours, the class of the experimental group used game-based the PlayFACTO manipulatives and the class of the control group did not use the PlayFACTO manipulatives during teaching and learning mathematics. We analyzed the pre- and post tests to check the effectiveness of using the manipulatives using I-Statistics computer program. The results showed that the mathematical achievements and attitude toward mathematics of the experimental group were higher than those of control group by ($F=7.1073$, $df1=1$, $df2=46$, $p=0.0106$) $p<0.05$ and ($F=15.1761$, $df1=1$, $df2=47$, $p=0.0003$) with the degree of $p<0.00$, respectively. We suggest that a various research on using concrete manipulatives including computer virtual manipulatives should be continued.

* **Key words** : game-based manipulatives, mathematics achievement, attitude toward mathematics

논문접수 : 2015. 02. 16

논문심사 : 2015. 03. 11

게재승인 : 2015. 03. 17

