

인지 기제 활용 문제 기반 학습의 수학 교육 효과 분석

이명근*, 강수연**

Effects of the Problem-based Learning Utilizing Cognitive Algorithms in Elementary Mathematics Education

MyungGeun Lee*, SuYeon Kang**

요약

이 연구는 문제기반학습의 수행과정에서 학습자들이 느끼는 어려움을 해소하고 인지활동을 돕기 위해 인지기제 활용 방안을 제안하고 그 효과성을 검증하고자 하였다. 이를 위해 먼저 인지기제 활용 문제기반학습을 설계하고, 초등학교 4학년 2학기 수학과에서 실험단원을 선정하여 인지기제 활용 문제기반학습의 각 단계에 따라 수업을 하고, 학업성취도와 수학적 태도의 관점에서 효과성을 분석하였다. 연구대상은 서울특별시 소재 'ㄱ'초등학교 4학년 학생들 중 사전 학업성취도와 수학적 태도 검사에서 동질집단으로 확인된 2개 학급 56명이었다. 연구결과 첫째, 인지기제 활용 문제기반학습은 실험집단과 통제집단의 학업성취도에 있어서 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 둘째, 수학적 태도 변화에 있어서도 두 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 특히 수학에 대한 자아개념, 수학에 대한 태도 영역에서 차이가 있었다.

▶ Keyword : 인지기제, 문제기반학습, 초등 수학교육

Abstract

The study analyzed effects of the problem-based learning utilizing cognitive algorithms in elementary mathematics education in terms of academic achievement and math attitude changes. In order to solve the research questions, a cognitive algorithm-based PBL model was derived based on N. Landa's algorithm-based instructional design theory. And the model was applied to a part of

• 제1저자 및 교신저자 : 이명근

• 투고일 : 2011. 09. 27, 심사일 : 2011. 10. 04, 게재확정일 : 2011. 10. 12.

* 연세대학교 교육학부(Department of Education, Yonsei University)

** 중랑초등학교(Jungrang Elementary School)

second semester math curriculum for 4th grade of an elementary school located in Seoul. The results showed that the PBL utilizing algorithms can be said to have effects on academic achievement. The PBL model is also considered to have positive effects in enhancing mathematical attitudes of the learners.

▶ Keyword : cognitive algorithms, problem-based learning, elementary mathematics education

I. 서 론

생활 주변에서 일어나는 문제를 수학적으로 해결하는 것은 수학을 학습하는 중요한 이유 중 하나이다. 학습자들은 실생활 문제의 해결을 통해 공식의 단순한 암기와 적용에서 벗어나 해결방안을 스스로 모색하고 고안하게 된다. 이러한 맥락에서 수학교육의 목표, 내용, 교수·학습 방법 및 평가에 걸쳐 문제해결이 중시되어 왔다. 최근에는 학습자의 능동적인 정보분별능력과 지식활용능력을 중시하면서 문제해결학습에서도 단편적인 문제의 해결보다는 학습자의 사고를 촉진시킬 수 있는 복잡적이고 비구조화된 문제의 해결이 강조된다 [15][18]. 특히 학습자 중심의 교육환경과 실생활 문제의 해결을 지향하는 문제기반학습(problem-based learning)이 수학교육의 대안으로 제시된다. 여기서는 문제해결방법을 스스로 탐색하면서 학습활동에 흥미를 가지고 적극적으로 참여하는 것이 중요하다. 이 문제기반학습의 효과성에 대해서는 그동안 국내외적으로 다각적인 차원에서 부단히 규명돼왔으며, 긍정적인 결과를 제시하는 연구들은 최근까지도 그 수를 헤아리기 어려울 정도다. 그럼에도 불구하고 특히 초등학생들을 대상으로 한 우리 연구들 가운데는 그 주 목적인 학업성취도나 문제해결력에 있어서 효과성을 전혀 보이지 못한 연구들도 있다[23][26]. 그 이유는 무엇보다도 연구대상자들이 초등학생이므로 문제기반학습의 단계별 활동을 정확히 수행하지 못한 데 기인한다. 심지어 문제기반학습의 핵심인 비구조화된 문제 상황을 문제로 정의하는 활동부터 상당한 어려움을 느끼기도 한다[19][27].

그러므로 문제기반학습이 소기의 효과를 나타내기 위해서는 학습과정을 안내할 수 있는 구체적인 교수학습설계가 필요하다. 특히 학습과정에서 어려움을 느끼는 학습자들의 경우 스스로 사고과정을 명확히 인식하고 수행하도록 인지기제를 수립하여 이를 통해 학습과정에서 실질적인 도움을 주는 것이 해결방안이다[12-13][29]. 여기서 란다(N. Landa)의 인지기제 교수학습설계는 문제기반학습에서 인지기제의 활용 방안을 명시하는 데 근거이론이 될 수 있다. 인지기제 교수학

습설계[6-7][10-11]에서는 학습의 효과성을 도모하기 위해 전문가의 인지과정을 규명하고 이를 학습자의 사고과정을 안내하는 방안으로 활용한다. 이러한 맥락에서 이 연구는 초등 학교 수학교육에서 인지기제를 활용한 문제기반학습의 구체적인 방안을 제시하고 그 효과성을 규명하고자 하였다. 이 연구 목적을 달성하기 위해 구체적으로 설정한 연구 문제는 두 가지였다. 첫째, 인지기제를 활용한 문제기반학습은 초등학생의 수학과 학업성취도 향상에 효과가 있는가? 둘째, 인지기제를 활용한 문제기반학습은 초등학생의 수학적 태도 변화에 효과가 있는가?

II. 이론적 배경

1. 문제기반학습과 교수학습 설계

문제기반 학습은 원래 기존의 강의식을 지양하고 실제 문제를 토대로 학습자 스스로의 문제의식을 고취하여 학습이 진행될 때 가장 효과적이라는 판단에 따라 1950년대 중반 의학 교육 분야에서 개발되어 다른 분야로 확산된 것이다[16]. 문제기반 학습에서는 기본적으로 미리 교수자에 의해 학습목표가 정해져 제공되지 않는다는 것이 특징이다. 다시 말하면, 학습내용 자체를 단편화하여 일방적으로 주어지는 강의식을 지양하고 기본적으로 조교를 동원한 인지 도제를 지향한다. 특히 학습 초기에 주어지는 실제 문제(authentic problems)가 관건인데, 이는 해당 영역의 중요한 개념 및 원리들에 대한 학습을 실질적으로 촉진할 수 있어야 하고, 무엇보다도 학습자로 하여금 자신의 절실한 문제로 여기도록 개발되고 제공되어야 한다.

문제기반학습의 기본요소는 흔히 '비구조화된 문제', '학습자 중심의 교육활동', '안내자 역할을 하는 교사'의 세 가지로 정리될 수 있다. 이 때 문제기반학습의 구체적 과정은 학습자의 능동적인 수업참여를 유도할 수 있는 소집단 학습환경 하에서 이루어진다. 따라서 이러한 문제기반학습의 기본요소를 바탕으로 하여 구체적인 문제기반학습 단계를 정립할 필요가 있다. 그러나 지금까지 문제기반학습의 구체적인 단계들을 명

시한 모형들(예, [1-4][13][17])은 매우 다양한 양상을 보인다. 문제개발부터 교수학습활동 및 평가에 이르기까지 전체적인 교수설계과정과 교수학습의 진행 절차를 모두 다룬 모형들이 있는 반면, 단지 전반적 단계만을 다룬 모형들도 존재한다.

그러나 문제기반학습에서 무엇보다 중요한 것은 문제해결을 위한 학습자의 지식 탐구 활동을 고려하며 교수자와 학습자의 역할을 명시한 모형이다. 문제기반학습은 기본적으로 교수학습과정의 설계와 교수자의 운영능력에 따라 완전히 상이하게 전개될 수 있기 때문이다. 가령, 학습자 중심의 문제기반학습 모형을 잘 설계했다 하더라도 학습자들이 해결 방향을 바르게 설정하지 못한다면 결국 문제해결에 이르지 못하게 된다. 최근에는 비교적 이러한 조건을 충족하며 보다 진화된 문제기반학습 모형이 제안된 바 있다. 실례로, Poikela & Poikela(2006) 모형은 학습자의 지식 구성을 이끌기 위한 문제해결 준비활동과 문제를 해결하고 지식이 통합되는 문제해결활동의 두 가지로 문제기반학습 과정을 구분하였다. 학습자의 실제적 사고과정을 반영하여 문제해결 준비활동 이후에는 학습자 스스로 정보를 찾고 지식을 터득하는 과정을 거치게 되며 이어서 문제해결활동이 이루어진다. 즉 문제해결 준비활동과 문제해결활동은 새로운 지식의 구성 단계를 매개로 연결되어 있으며 전체 8단계의 세부과정이 순환적, 유기적으로 구성되어 있다. 그러나 이러한 모형도 학습자의 구체적인 인지수행과정 및 교수자의 활동에 대한 언급이 결여되어 있어 교수학습 설계 차원에서 보강될 여지가 있다.

2. 인지기제와 인지기제 활용 문제기반학습

문제기반학습의 과정에서 학습자의 학습과정을 실질적으로 돕기 위한 방안은 기본적으로 학습자들의 사고과정을 고려하는 것이 실제적 대안이 될 수 있다. 즉 학습자의 사고흐름을 분석하는 과정과 문제를 해결하는 과정은 공통적인 특성을 공유하며, 기본원리는 인지기제(cognitive algorithm)라고 할 수 있다[9]. 인지기제는 학습내용에 대한 논리적인 가정과 그에 따른 세부 지시내용들로 이루어진다. 가령, 논리적 조건의 해당 여부를 묻는 질문과 ‘예’, ‘아니오’로 이루어진 응답은 학습자들에게 새로운 학습활동을 부여하게 된다. 또한 인지기제는 상·하위범주로 위계화된 주요 학습내용이나 문제해결 순서가 논리적으로 표현되며, 이로써 학습자들의 문제해결수행에 필요한 정확하고 일반적인 지침을 제공할 수 있다[6]. 학습자의 사고과정은 지시내용을 말로 설명하거나, 화살표와 숫자로 이루어진 논리도표, 수학적 기호로 구성된 기호언어 등 여러 형태로 표현될 수 있지만, 흐름도 형식(block diagram)으로 표현될 때 인지기제 과정이 가장 명확하게 드러

날 수 있다. 따라서 인지기제를 구성하는 활동은 학습자로 하여금 핵심내용을 쉽게 이해하도록 유도하고 복잡한 사고과정을 수렴하여 문제를 해결하는 데 도움을 줄 수 있다. 예컨대, 인지기제를 활용하여 문제와 관련된 수학적 개념을 정리하고 해결방안을 모색하는 활동은 통해 학습자들이 학습을 효과적으로 진행하도록 유도한다. 이 문제기반학습 과정에서 인지기제를 활용하여 문제를 해결하는 학습방안을 ‘인지기제 활용 문제기반학습’이라 할 수 있다.

인지기제 활용문제기반학습은 기본적으로 학습자 내면의 인지기제를 통해 이루어지는 지적활동이면서 또한 학습자 외부의 물리적 환경과 상호작용하는 특징을 띤다. 즉 학습자의 내적 측면을 고려하여 인지기제를 활용한 교수학습을 구성할 뿐만 아니라, 학습자 외적인 측면에서 수행유도기제를 체계적으로 계획하는 것은 문제기반학습의 효과성을 도모하는 데 특히 유용하다[5][14]. 여기서 수행유도기제(affordance)는 기술적, 사회적, 교육적 맥락에서 규명되며, 곧 학습매체의 활용, 학습자 간 상호작용과 연관성, 학습자의 내적 특성의 차원에서 구현된다. 즉 문제기반학습이 진행됨에 따라 학습 과정에 잠재적으로 수행유도기제가 작용하게 되며, 문제기반 학습 단계에 맞는 학습자 내부의 인지기제 활용 과정이 함께 수행되어 인지기제가 활성화되는 구조로 학습이 이루어진다. 이 연구에서 제안하는 이러한 인지기제 활용 문제기반학습의 모형을 제시하면 <그림 1>과 같다.

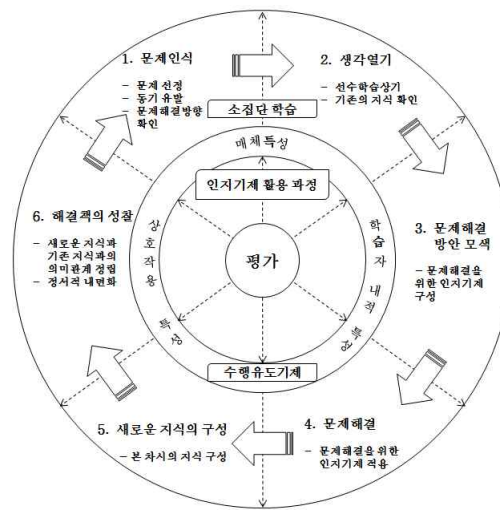


그림 1. 인지기제 활용 문제기반학습 모형
Fig. 1. The cognitive algorithm-based PBL model

III. 연구 방법

1. 연구 설계

초등수학 수업에서 인지기제 활용 문제기반학습이 학업성취도와 수학적 태도에 미치는 효과를 알아보기 위해 다음과 같이 연구 설계를 하였다.

O ₁	O ₂	X	O ₃	O ₄
O ₁	O ₂	~X	O ₃	O ₄

주) O₁, O₂ : 사전검사(학업성취도 검사, 수학적 태도 검사)
 X : 인지기제 활용 문제기반학습 집단
 ~X : 일반적 수업 집단
 O₃, O₄ : 사후검사(학업성취도 검사, 수학적 태도 검사)

여기서 실험집단과 통제집단의 무작위화(randomization)는 현실적으로 어려우므로 학업성취도 및 수학적 태도에 대한 사전검사를 하여 집단 간 동질성을 확보하고자 하였다. 물론 이러한 설계가 여전히 외생변수를 통제하는데 한계가 있지만, 검사효과를 방지하기 위해 사전검사와 동형의 사후검사를 실시함으로써 차이를 비교분석하여 가능한 한 내적 타당도를 확보하고자 하였다.

2. 연구 대상

이 연구는 서울특별시 소재한 '자' 초등학교 4학년 학생들 중에서 사전 검사에 의해 동질 집단으로 확인된 2개 학급 56명을 대상으로 하였다. 연구에 참여한 학생들은 모두 학교 인근의 도로로 이동 가능한 거리 내에 거주하고 있어서 학습 환경 및 경제적 생활수준이 비슷한 학생들로 규명되었다.

3. 연구 절차

초등학교 수학과 학습에 인지기제 활용 문제기반학습을 적용하기 위해 우선 모형 개발 단계에서 교육공학 전공 교수 3인, 교육공학 전공 석·박사 과정 대학원생 2인, 현직 초등학교 교사 2인과 함께 수시 협의를 통해 수정, 보완하는 과정을 거쳤다. 문제개발 단계에서는 현재 교육과정을 기반으로 수업 시간에 도입할 문제를 개발하였다. 물론 이 과정에서 연구자는 동료 교사 2인 및 교육공학 전공교수 2인에게 타당도를 검증받으며 지속적으로 수정, 보완하였다. 그리고 실험준비 단계에서 교수자는 소집단을 구성하고 실제 수업자료를 준비하

여 학습자로 하여금 인지기제 활용 문제기반학습에 익숙해지도록 연습하는 과정을 거치게 했다. 실험 단계에서는 실험, 통제 두 집단에 매주 4시간씩 약 4주에 걸쳐 총 8차시의 인지기제 활용 문제기반학습을 하도록 하였다.

4. 인지기제 활용 문제기반학습 수업 절차

이 연구에서는 초등 수학과 내용체계 중 학습내용이 명확하고, 실생활의 환경을 토대로 비구조화된 문제를 만들기기 용이한 '도형', '측정', '확률과 통계' 영역의 4개 단원을 실험단원으로 선정하였다. 문제개발은 문제개발준비, 문제작성, 검토 및 완성의 3단계로 진행되었다. 1차 문제개발 후 수학과 문제기반학습 문제 분석 기준표[31]를 기준으로 개발된 문제의 적합성을 평가하는 과정을 거쳐 문제를 수정하였다.

이어서 문제들을 토대로 인지기제를 수립하는데 있어서는 무엇보다도 적합한 인지기제를 구성하기 위해 교수설계자와 교사들이 고려해야할 기준[8]에 따랐다. 예컨대, 학습자의 인지기제 안내를 위해 수립할 '5. 평면도형의 둘레와 넓이' 1차시의 인지기제는 다음 <그림 2>와 같다.

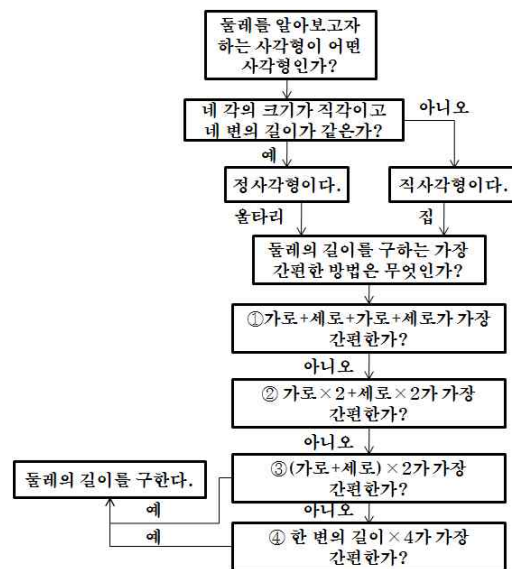


그림 2 '5. 평면도형의 둘레와 넓이' 1차시의 인지기제
 Fig. 2. The cognitive algorithm for Lesson 1 (circumference & width of plane figures)

또한 학습과정에서 수행유도기제를 통해 학습자들의 활동 참여도가 향상될 수 있도록 수업을 구성하였다. 이상과 같은 인지기제 활용 문제기반학습의 구체적 진행 과정과 수행유도기제의 작용을 정리하면 다음 <그림 3>과 같다.

인지기제 활용 문제기반학습 단계		교수학습활동	수행유도기제	
1	문제기반 학습	문제조망 • 문제 읽고 해야 할 내용 파악하기 - 민유가 이사 간 집의 모양 확인하기 - 집 둘레와 울타리의 길이 구하기	발표자료 제작 프로그램을 이용하여 만든 학습자료	매체특성
	인지기제 활용과정	문제인식		
2	문제기반 학습	생각열기 • 구조도를 보고 전체적인 집의 모양이 어떤 도형에 가까운지 알아보기 • 울타리의 모양이 어떤 도형인지 알아보기 • 직사각형의 특징 말해보기 • 정사각형의 특징 알아보기	집 구조도, 자, 각도기 등의 학습자료	매체특성
	인지기제 활용과정	기존 지식과의 연관성 확인		
3	문제기반 학습	문제해결 방안모색 • 집 둘레의 길이를 구하는 방법 생각해보기 - 가로+세로+가로+세로의 방법으로 구할 수 있음을 확인하기 - 더 간편한 방법이 없는지 확인하고 발표하기	시작 부분만 제시된 인지기제	학습자 내적특성
	인지기제 활용과정	인지기제 수립		
4	문제기반 학습	문제해결 • 적절한 울타리의 길이 정하기 - 가로+세로+가로+세로의 방법으로 구할 수 있음을 확인하기 - 한 변의 길이를 구하는 방법을 알기	소집단 활동에 대한 상호평가	상호작용 특성
	인지기제 활용과정	인지기제 활용		
5	문제기반 학습	새로운 지식 구성 • 직사각형의 둘레의 길이는 (가로+세로)×2의 방법으로 구할 수 있음을 알기 • 정사각형의 둘레의 길이는 한변의 길이×4의 방법으로 구할 수 있음을 확인하기		
	인지기제 활용과정	인지기제 견고화		
6	문제기반 학습	해결책 성찰 • 소집단별 집 둘레의 길이를 구하는 방법과 결과를 발표하기 • 소집단별로 울타리의 크기를 얼마나 정하고 어떻게 구했는지 결과를 비교하기	소집단 활동에 대한 보상 부여	상호작용 특성
	인지기제 활용과정	인지기제 검토		

그림 3. 인지기제 활용 문제기반학습의 진행 절차
Fig. 3. Procedures of the cognitive algorithm-based PBL

IV. 연구 결과

인지기제 활용 문제기반학습의 효과를 학업성취도와 수학적 태도의 관점에서 분석한 결과는 다음과 같았다.

1. 인지기제 활용 문제기반학습의 학업성취도 효과

인지기제 활용 문제기반학습을 실시한 실험집단과 기존 방식의 교수학습을 실시한 통제집단의 학업성취도 차이를 알아보기 위해 독립표본 t검정을 하였다. 분석한 결과는 다음 <표 1>과 같았다.

표 1. 집단 간 학업성취도 차이 분석

Table 1. Analysis of academic achievement differences between the groups

집단	사례 수	평균	표준편차	t	유의확률
실험	28	77.14	15.158	2.159*	.035
통제	28	67.29	18.819		

여기서 보는 바와 같이 실험집단의 학업성취도 평균은 실험 전 동질집단으로 규명된 통제집단보다 높았으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다($t=2.159, p=.035$). 즉 인지기제 활용 문제기반학습을 적용한 집단은 그렇지 않은 집단에 비해서 학업성취도가 더 향상되었다고 할 수 있다.

2. 인지기제 활용 문제기반학습의 수학적 태도 변화

인지기제 활용 문제기반학습을 실시한 실험집단과 기존 방식의 교수학습을 실시한 통제집단의 수학적 태도 변화를 알아 보았다. 이를 위해 사전, 사후 검사점수의 차이에 대해 독립표본 t검정을 하였다. 그 결과는 다음 <표 2>와 같았다.

표 2. 집단 간 수학적 태도 변화 차이

Table 2. Analysis of mathematical attitude change differences between the groups

범주	사례 수	평균	표준편차	t	유의확률
실험집단	28	13.36	34.81	2.068*	.043
통제집단	28	-6.68	37.65		

여기서 보는 바와 같이, 실험집단의 수학적 태도의 변화정도 통제집단보다 훨씬 높았으며 통계적으로도 유의한 차이를 보였다($t=2.068, p=.043$). 다시 말해 인지기제 활용 문제기반학습을 통해 학습한 집단이 그렇지 않은 집단에 비해 수학적 태도 점수의 변화 폭이 크다는 것을 알 수 있다.

수학적 태도 변화의 차이가 특히 어느 영역에서 기인하는가를 알아보기 위해 수학적 태도의 하위영역에 대한 다변량분산분석(MANOVA)을 하였다. 먼저 하위영역에 따른 수학적 태도의 평균과 표준편차는 다음 <표 3>과 같았다.

표 3. 수학적 태도 기초 통계량

Table 3. Means & standard deviations on mathematical attitude of the groups

범주	사례 수	수학적 자아개념		수학에 대한 태도		수학에 대한 학습습관		합계	
		평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차
실험집단	28	35.96	5.91	56.86	10.20	54.86	8.50	145.89	22.14
통제집단	28	30.68	8.45	49.50	10.61	48.39	10.26	129.82	26.94
계	56	33.32	7.70	53.18	10.96	51.63	9.63	140.05	25.74

하위영역별 수학적 태도에 있어서 집단 간 다변량분산분석을 한 결과는 다음 <표 4>와 같았다.

표 4. 수학적 태도 하위영역별 차이 검증
Table 4. Analysis of sub-categories of mathematical attitude differences between the groups

종속변인	제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
수학에 대한 자아개념	391,143	1	391,143	7,352**	.009
수학에 대한 태도	757,786	1	757,786	6,992*	.011
수학에 대한 학습습관	301,786	1	301,786	3,400	.071

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

여기서 알 수 있는 바와 같이 수학적 태도의 하위영역별로 살펴보았을 때 실험집단은 수학에 대한 자아개념(F=7.352, p=.009), 수학에 대한 태도(F=6.992, p=.011) 영역에서 통계적으로 유의미한 차이를 나타냈다. 그러나 수학에 대한 학습습관 영역(F=3.400, p=.071)에 대해서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

V. 결론 및 논의

이상의 연구결과들을 토대로 결론을 내리면 다음과 같다.

첫째, 초등학교 수학 교육 과정에서 인지기제 활용 문제기반학습을 도입하는 것은 학습자의 학업성취도 향상에 효과적일 수 있다. 이는 문제기반학습 과정에서 인지기제 활용을 통해 학습자들이 효과적인 지식구성을 하게 함으로써 심화학습을 하고 문제해결 능력을 촉진하기 때문이라고 판단된다. 이러한 판단은 문제기반학습이 학습자의 학업성취도에 긍정적인 영향을 미친다는 최근 우리 나라의 다른 연구들과도 같은 맥락이다[20][22][25][30].

둘째, 인지기제 활용 문제기반학습은 학습자의 수학적 태도 변화에 있어서 긍정적인 효과가 있다고 판단된다. 이는 문제기반학습이 학습자의 정의적 태도에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다는 연구들[21][23][28][30]과도 같은 맥락이다. 특히 수학적 태도의 하위영역 중 수학에 대한 자아개념에서의 효과는 학습과정에서 소집단 학습자들 간 협력하여 문제를 해결함으로써 학습능력이 낮은 학습자들도 자신감을 느낄 수 있었기 때문으로 판단된다. 또한 인지기제 수립을 통해 학습자들이 자신의 사고과정을 보완하고 확신을 갖게 됨으로써 수학교과에 대한 자신감이 크게 향상된 것에도 기인한다고 본다.

이 연구는 문제기반학습의 비판점을 수용하여 대안적 형태로서 인지기제 활용 문제기반학습을 고안하고 이의 효과성을

검증해 보았다. 앞으로는 학습자의 인지과정을 보다 활성화할 수 있도록 인지기제 활용 문제기반학습의 단계별 활동에 대한 연구가 이루어질 필요가 있다. 가령, 학습자가 문제해결의 실마리를 찾는데 도움을 줄 수 있는 문제기반학습 뿐만 아니라 소집단 활동을 활발하게 할 수 있는 연구 등 교수학습의 효과성을 향상시키기 위한 다각적인 검토를 해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Barrows, H. S., & Myers, A. C., "Problem-based learning in secondary schools." Unpublished monograph. Springfield, IL: Problem-based learning institute, Lanphier High School and Southern Illinois University Medical School, 1993.
- [2] Delisle, R., "How to use problem-based learning in the classroom", Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum, 1997.
- [3] IMSA, PBL teaching and learning template. Retrieved Apr,1,2011,from <http://pbln.imsa.edu/model/template/>.
- [4] Karen, "Issues in modified Problem Based Learning: A study in pre-service teacher education," A paper presented at the Annual Meeting of the American Education Research Association. Chicago, IL., 2003.
- [5] Kirschner, P., Strijbos, J. W., Kreijns, K., & Jelle Beers, P., "Designing electronic collaborative learning environments," ETR&D, Vol. 52, No. 3, pp.47-66, 2004.
- [6] Landa, N., "Algorithmization in learning and instruction," Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications, 1974.
- [7] Landa, N., "The algo-heuristic theory of instruction," In C. M. Reigeluth (Ed.), Instructional-design theories and models: An overview of their current status. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.
- [8] Landa, N., "A fragment of a lesson based on the algo-heuristic theory of instruction," In Ch. M.

- Reigeluth (Ed.), *Instructional theories in action: lessons illustrating selected theories and models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1987.
- [9] Landa, N., "Landamatics ten years late," *Educational Technology*, Vol. 33, No. 6, pp.7-18, 1993.
- [10] Landa, N., "The algo-heuristic theory and methodology of learning, performance, and instruction as a paradigm," In Drills, C. R., & Romiszowski, A. J. (Ed.), *Instructional development paradigms*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications, 1997.
- [11] Landa, N., "Landamatics instructional design theory and methodology for teaching general methods of thinking," NY: Landamatics International, 1998.
- [12] Pederson, S, Arslanyilmaz, A., & Williams, D., "Teachers' assessment-related local adaptations of a problem-based learning module." *ETR&D*, Vol. 57, No. 2, pp.229-249, 2009.
- [13] Poikela, E., & Poikela, S., "Problem-based curricula- theory, development and design." In Poikela, E., & Nummenmaa, A. R. (Ed.), *Understanding problem-based learning*. Tampere, Finland: University of Tampere, 2006.
- [14] Reed, E. S., "Cognition as the cooperative appropriation of affordances. *Ecological Psychology*," Vol. 3, No. 2, pp.135-158, 1991.
- [15] Rikers, R., & Bruin, A., "Introduction to the special issue on innovations in problem-based learning." *Advances in Health Sciences Education*, Vol. 11, pp.315-319, 2006.
- [16] Savery, J. R., & Duffy, T. M., "Problem based learning: An instructional model and its constructivist framework." In Brent G. Wilson (Ed.), *Constructivist learning environments: case studies in instructional design*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology, 1996.
- [17] Torp, L., & Sage, S., "Possibilities: Problem-based learning for K-16 education," Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development(ASCD), 2002.
- [18] Ministry of Education, Science and Technology, "The 2007 Elementary School Educational Curriculum Revision," Seoul: Korea Textbooks, 2008.
- [19] khkim & yscho, "A Study of the Characteristics of Learning Activities during Each Stage of Problem-Based Learning," *The Journal of Elementary Education*, Vol. 21, No. 1, pp.269-296, 2008.
- [20] mhkim & hjkwon, "The Effect of Problem Based Learning on Academic Achievement and Mathematical Attitudes of the Middle and High Class Students," *Journal of the Korean School Mathematics Society*, Vol. 12, No. 2, pp.172-193, 2009.
- [21] bykim, dyjung, & wkyung, "A Study of Mathematical Attitudes through Problem-Based Learning," *Communications of mathematical education*, Vol. 19, No. 1, pp.253-269, 2005.
- [22] jskim, hkkang, & hjlim, "The Effect of Problem-Based Learning on Creative Problem Solving Skills and Achievement in Elementary Science," *Elementary science education*, Vol. 28, No. 4, pp.382-389, 2009.
- [23] ehpark, "The Effect of Means Providing Problems on Academic Achievement and Learning Interest in Problem Based Learning," Unpublished Thesis from Korea University, 2007.
- [24] jspang, "The role of tools in mathematical learning: Coordinating mathematical and ecological affordances," *The journal of educational research in mathematics*, Vol. 12, No. 3, pp.331-351, 2002.
- [25] mlch, "The Effect of Constructivist Problem-Based Learning on Learning Achievement and Affective Features," Unpublished Dissertation from Korea University, 1999.
- [26] sylee, "Effects of Problem-Based Learning on Attitude and Problem Solving Ability for the Environmental Education in Elementary School," Unpublished Thesis from Seokang University, 2003.
- [27] jdlee, "A PBL(Problem-Based Learning) case study on elementary mathematic class: The learner as a

knowledge constructor and diverse mathematical ideas,” Unpublished Thesis from Kyunghee University, 2000.

[28] hilee, “Effects of problem solving ability and achievement in learning on supplement by problem-based instruction,” Unpublished Thesis from Gongju National Univeristy of Education, 2004.

[29] jachang, “Theoretical Study of Teacher’s Roles for implementing PBL,” Journal of Education Development, Vol. 21, No. 1, pp.101-124, 2005.

[30] jsjeong, “The Effects of PBL on the Academic Achievement and Attitude in Science of the Elementary School,” Unpublished Thesis from Gongju National Univeristy of Education, 2004.

[31] nheo, “Study to Develop Criteria to Judge Mathematical Problems and a Learning Model in Mathematics Problem-Based Learning,” Unpublished Dissertation from Sungkyunkwan University, 2009.

저 자 소 개



이 명 근
1983 : 연세대학교 문학사
1985 : 연세대학교 석사
1991 : The Pennsylvania State Univ. Ph.D.
1994~현재 : 연세대학교 교육학부 교수
관심분야 : 교수학습설계, 기업교육공학
Email : mglwin@yonsei.ac.kr



강 수 연
2007 : 서울교육대학교 초등교육학사
2011 : 연세대학교 교육공학 석사
2007~현재 : 서울중랑초등학교 교사
관심분야 : 학교교육공학, 사회적 학습
Email : ksy22c@hanmail.net