

초등학교 수학 수업의 인지기제 활용 문제기반학습 효과분석

이명근[○], 강수연^{*}

[○]연세대학교 교육학과

^{*}서울 중랑초등학교

e-mail: mglwin@yonsei.ac.kr, ksy22c@hanmail.net

Effects of the Problem-based Learning Utilizing Algorithms in a Math Class of an Elementary School

MyungGeun Lee[○], Su-Yeun Kang^{*}

[○]Dept. of Education, Yonsei University

^{*}JungRang Elementary School, Seoul

● 요약 ●

이 연구는 인지기제를 활용한 문제기반학습이 학습자의 학업성취도와 수학적 태도에 미치는 효과를 분석하였다. 우선 초등학교 수학과 학습에서 학습자들의 인지과정을 안내할 수 있는 문제기반학습 설계를 위해 문제기반학습 모형에 란다(N. Landa)의 인지기제 교수학습설계이론을 적용하여 인지기제 활용 문제기반학습 모형을 도출하였다. 그리고 초등학교 수학과 4학년 2학기 4개 단원의 8차시를 추출하여 문제를 개발하고 서울시 소재 ‘스’ 초등학교 4학년 학생들 중 동질집단으로 확인된 2개 학급에 이 모형을 적용하였다. 연구 결과 인지기제 활용 문제기반학습을 적용한 실험집단과 적용하지 않은 통제집단 간 학업성취도 효과에 있어서 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 또한 수학적 태도와 관련해서는 하위영역 중 수학에 대한 자아개념과 수학에 대한 태도 영역에서는 유의한 차이가 있었으나 수학에 대한 학습습관 영역에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 특히 세부영역별로 자신감, 흥미, 우월감, 주의집중, 목적의식, 자율학습에 있어서 유의한 차이를 보였으며, 학습기술 적용과 성취동기에 대해서는 유의한 차이가 없었다.

키워드: 인지기제(algorithms), 문제기반학습(problem-based learning), 초등수학교육(elementary mathematics education)

1. 서론

문제해결(problem-solving)은 1980년대 이후 지금까지 수학교육의 기본적인 목적이 되어 왔다. 미국 수학 교사 협의회(National Council of Teachers of Mathematics: NCTM)는 ‘학교 수학을 위한 교육과정과 평가의 기준’에서 문제해결이 수학교육의 초점인 동시에 수학과 교육과정 수립의 기본 방향이 되어야 한다고 명시한 바 있다(강완백석윤, 2004). 우리나라 수학교육에서도 문제해결은 제4차 교육과정 이후부터 지속적으로 중요시되어 왔으며, 2007 개정 초등학교 수학과 교육과정 역시 생활 주변 현상과 문제를 합리적으로 해결하는 능력을 강조한다(교육과학기술부, 2008). 그러나 이러한 문제해결학습에는 문제해결을 유도하는 교사의 질문과 학습자가 활용하는 학습전략만 단편적으로 제시될 뿐 전체적인 교수학습 과정이 체계적으로 다뤄지지 않는다. 따라서 수학교육에 있어서 교수학습요소들을 다면적으로 고려한 문제해결학습이 이루어질 필요가 있다. 이러한 흐름을 반영하여, 학습자 중심의 교육환경과 실생활 문제의 해결을 지향하는 문제기반학습(problem-based learning)을 수학교육의 대안으로 고려할 수 있다.

문제기반학습의 효과성에 관한 연구결과, 인지적 차원에서 문제기반학습이 학습자의 학업성취도와 창의적 문제해결력에 긍정적 효과를 보인다는 결과가 밝혀진 바 있다(전성희, 2005; 조연순 외, 2005; 허남조, 2006; 이미선, 2007; 김문화권혁진, 2009; 김정선 외, 2009). 학습동기와 흥미증진 등의 정의적 차원에서도 문제기반학습의 효과성이 입증되어 왔다(김부운 외, 2005; 허남조, 2006; 윤미영, 2007, 김세린, 2010). 반면 문제기반학습의 효과성과 관련한 몇몇 연구들에서는 효과성이 밝혀지지 않았다(이수연, 2003; 박은혜, 2007)

이처럼 일부 연구들에서 문제기반학습의 효과성이 입증되지 못한 것은 연구대상자들이 초등학생이므로 문제기반학습의 단계별 활동을 정확히 수행하지 못한 데 기인한다고 볼 수 있다. 따라서 문제기반학습이 초등학생에게 긍정적 효과를 나타내기 위해서는 학습자의 학습과정을 안내할 수 있는 교수학습설계가 필요하다.

초등학생을 대상으로 문제기반학습의 효과성을 향상시키기 위한 실제적 방안은 다양하게 제시될 수 있으며, 학습자 내면의 사고과정을 촉진하는 것은 이러한 노력의 일환이 될 수 있다. 학습자들의 사고과정을 문제해결에 효과적인 방향으로 이끌기 위해서 인지

기제 개념을 활용할 수 있다. 인지기제는 사고과정의 내용과 순서가 시각적인 도식 형태로 표현되므로 사고의 흐름을 학습자 내면에 정립시켜 스스로의 문제해결이 가능하게 할 수 있다.

문제기반학습 과정에서 학습자들이 스스로 인지기제를 수렴하게 하기 위해 란다(N. Landa)의 인지기제 교수학습설계를 근거 이론으로 삼을 수 있다. 인지기제 교수학습설계에서는 학습 효과성을 도모하기 위해 전문가의 인지과정을 규명하고 이를 학습자의 교수학습과정에 반영하게 된다(Landa, 1974, 1983, 1997, 1998). 문제기반학습에서 제시되는 문제를 포함하여 일반적으로 수많은 문제는 인지기제의 특성을 내포하고 있으므로 이를 분석하여 인지기제 형태로 표현하는 것은 학습자들의 사고과정을 명확히 안내하는 한 방안이 될 수 있다.

II. 관련 연구

1. 관련연구

1.1 초등 수학교육과 문제기반학습

초등 수학교과에서는 문제해결을 통해 학습자가 새로운 지식이나 기능을 획득하고 사고능력을 기를 수 있도록 다양한 교수학습 방법의 개발과 적용을 요구한다(허난 외, 2009). 문제기반학습은 학습자들이 실제적 문제를 토대로 문제해결방법을 모색하게 하며, 이것은 곧 초등 수학교육의 지향점을 실천하는 방안이 될 수 있다.

문제기반학습의 여러 모형 가운데 학습자의 지식 탐구 활동을 고려하며 교수자와 학습자의 역할을 명시한 문제기반학습 모형으로 Poikela & Poikela(2006)의 모형을 제시할 수 있다.

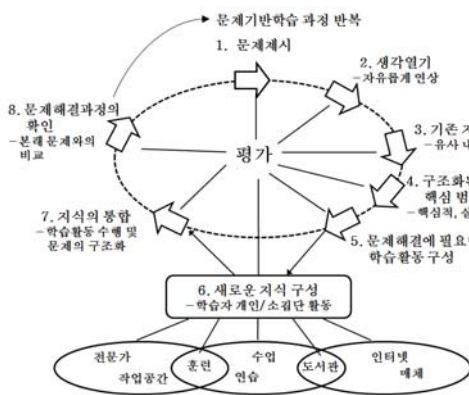


그림 1. Poikela & Poikela(2006)의 문제기반학습 모형
Fig. 1. problem-based learning model by Poikela & Poikela(2006)

Poikela & Poikela(2006)에 의해 제시된 문제기반학습 모형은 1단계 문제제시와 8단계 문제해결과정의 확인에 이르기까지 전 과정에서 교수자와 학습자의 활동이 체제적으로 고려된다. 또한 문제해결을 위한 학습자의 지식 구성 방안을 순차적으로 제시함

으로써 지식을 처리하고 구조화하는 활동을 어려워하는 초등학생들에게 유용하다.

1.2 문제기반학습의 교육적 효과

면대면 학습과 웹기반 학습환경에서 문제기반학습이 수학과 학업성취도, 수학적 태도에 미치는 효과와 관련한 많은 연구들에서 유의미한 결과값이 도출되었다(임해미, 2001; 장진철, 2004; 이양희, 2005; 손정옥, 2008; 김문화권혁진, 2009). 그러나 이러한 연구들은 학습대상이 고등학생인 경우가 많았으며, 초등학생을 대상으로 면대면 학습환경에서 수행된 연구(장진철, 2004)의 경우 문제기반학습 모형에 따른 놀이학습을 독립변인으로 삼고 있어 연구의 초점이 문제기반학습에 정확히 맞춰져 있다고 보기 힘들다.

이밖에 중학생을 대상으로 구성주의 관점의 교수학습이 수학과 학업성취도와 태도에 미치는 효과를 검증한 연구(백기주, 2006)가 있지만, 이 역시 구성주의적관점의 교수학습이라는 포괄적 범주에서 논의가 진행되었다. 이처럼 초등학생을 대상으로 수학과 학습에서 문제기반학습의 학업성취도와 수학적 태도에 대해 검증한 기존 연구들은 미약한 실정이다. 따라서 수학교과에서 초등학생을 대상으로 문제기반학습을 수행하고, 학업성취도와 수학적 태도에 있어서 그 효과를 살펴볼 필요가 있다.

1.3 인지기제와 인지기제 활용 문제기반학습

문제기반학습을 초등학생에게 적용하는 데 있어서는 학습자들이 문제해결에 이를 수 있도록 학습과정을 보다 명확하게 밝혀줄 필요가 있다. 학습자의 사고흐름을 분석하는 과정과 문제를 해결하는 과정은 모든 문제에 존재하며, 기본원리가 수학적으로 유사한 인지기제 과정이다(Landa, 1993). 인지기제는 흐름도(block diagram) 형식으로 표현되며 학습내용에 대한 논리적인 가정과 그에 따른 세부 지시내용들로 이루어져 있다. 인지기제 교수학습설계이론(Landa, 1974, 1983)에서는 인지기제로 표현되는 학습자 내면의 인지과정에 초점을 두었으며, 사고과정이 명확히 나타난 인지기제를 제시함으로써 학습이 효율적으로 이루어지도록 하였다.

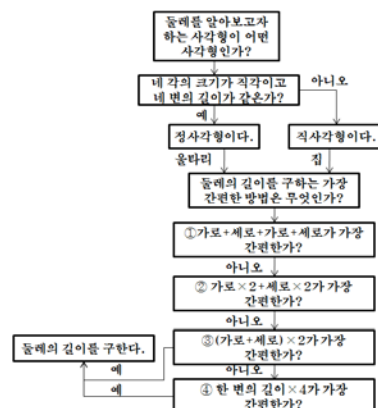


그림 2. '5. 평면도형의 둘레와 넓이' 1차시 인지기제
Fig. 2. An algorithm of lesson 5 'circumference and width of plane figure' first period

수학교육에 문제기반학습을 적용할 경우 학습자들이 인지기제를 활용하여 문제와 관련된 수학적 개념을 정리하고 해결방안을 모색하도록 유도할 필요가 있다. 이러한 맥락에서 문제기반학습의 과정 중에 인지기제를 활용하여 문제를 해결하는 학습방안을 인지기제 활용 문제기반학습이라 할 수 있다.

현장모형으로서의 실효성을 높이기 위해 기존의 문제기반학습모형(Poikela & Poikela, 2006)의 8단계를 6단계로 수정하고 학습자 외부의 활동으로서 학습상황이 지닌 수행유도기제(affordance)를 고려하였다. 수행유도기제는 자연환경 자체에 내재되어 있으며, 사람들로 하여금 특정 행동을 하도록 이끄는 특성(Gibson, 1979: 숭해탁박형주, 2009에서 재인용)으로서 인지기제 활용 문제기반학습의 수행 과정에 이를 감안하였다.

인지기제 활용 문제기반학습 1단계인 문제인식 단계에서는 소집단 구성원들이 함께 해결해야 할 문제를 파악하고 학습자 내면에서 문제를 전체적으로 조망하는 인지기제 활용 과정이 이루어진다. 2단계에서는 생각열기 활동이 이루어지며 학습자는 기존에 알고 있는 지식을 상기하게 된다. 3단계는 문제해결방안 모색 단계로 학습자들은 문제해결을 위한 인지기제를 수립한다. 4단계에서는 이전 단계에서 세웠던 인지기제를 토대로 실제 문제해결이 이루어진다. 5단계에서 학습자는 스스로 세운 인지기제를 토대로 새로운 지식을 정립한다. 마지막 6단계에서는 해결책의 성찰이 이루어지며 여러 학습자들이 서로 간에 다양한 인지기제를 공유하게 된다.

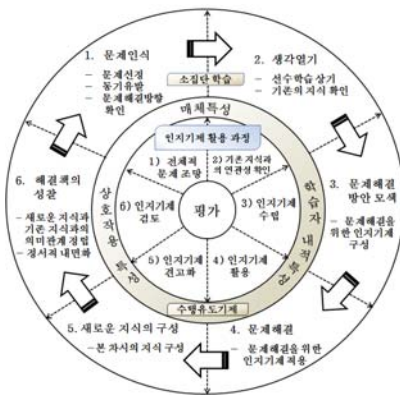


그림 3. 인지기제 활용 문제기반학습
Fig. 3. problem-based learning utilizing algorithms

III. 본론

인지기제 활용 문제기반학습이 초등학생의 학업성취도와 수학적 태도에 주는 효과에 관해 알아보기 위해 서울특별시 소재한 'x' 초등학교 4학년 2개 학급 56명을 비교집단(1개 학급 28명)과 실험집단(1개 학급 28명)으로 나누어 실험을 실시하였다.

본 연구에서는 학습자의 학업성취도를 측정하기 위한 평가도구로 서울특별시교육연구정보원 교수학습지원센터에서 개발한 e-평가 문제은행 사이트를 활용하여 연구자가 평가지를 제작하였다. 4학년 2학기 4개 단원을 평가범위로 정하였다. 학습자의 수학적 태

도를 측정하기 위한 검사도구로 수학에 대한 자아개념, 수학에 대한 태도, 수학에 대한 학습습관으로 수학적 태도를 세분화한 검사도구(한국교육개발원, 1992)를 사용하였다. 본 검사도구의 신뢰도(Cronbach α)는 .94로 높은 것으로 나타났다.

학습자들은 인지기제 활용 문제기반학습의 단계에 따라 인지기제를 수립하고 이를 활용하여 문제를 해결하였다. 이러한 인지기제 활용 문제기반학습을 실시한 실험집단과 기존 방식의 교수학습을 실시한 통제집단의 학업성취도와 수학적 태도 차이를 알아보기 위해 독립표본 t검정을 하였다. '5. 평면도형의 둘레와 넓이' 1차시 수업에서 인지기제 활용 문제기반학습의 진행 과정과 그에 따른 수행유도기제의 작용을 명시한 예시는 다음과 같다.

인지기제 활용 문제기반학습 단계	교수학습활동	수행유도기제
1. 문제기반학습 인지기제 활용과정 문제인식	문제 조망 - 문제 읽고 해결해야 할 내용 파악하기 - 친구가 이상한 점의 모양 확인하기 - 길 둘레와 윗타리의 길이 구하기	필요자료 파악 - 목표지점을 이동하여 만든 학습자료
2. 문제기반학습 인지기제 활용과정 생각열기	생각열기 - 구조도를 보고 전체적인 길의 모양이 어떤 도형에 가까운지 알아보기 - 윗타리의 모양이 어떤 도형인지 알아보기 - 직사각형의 특징 살펴보기 - 정사각형의 특징 알아보기	구조도, 자, 가위 등 학습자료
3. 문제기반학습 인지기제 활용과정 문제해결 방안 모색	문제해결 방안 모색 인지기제 수립 - 길 둘레의 길이를 구하는 방법 생각해보기 - 가로+세로+가로+세로의 방법으로 구할 수 있을지 확인하기 - 한 변의 길이가 4인 정사각형이 있는지 확인하고 발표하기	직각 분필 세시핀 인지기제
4. 문제기반학습 인지기제 활용과정 문제해결	문제해결 인지기제 활용 - 세웠던 윗타리의 길이를 정하기 - 가로+세로+가로+세로의 방법으로 구할 수 있음을 확인하기 - 한 변의 길이가 4의 방법으로 간편함을 알기	소집단 활동에 대한 보상 스티커
5. 문제기반학습 인지기제 활용과정 새로운 지식의 정립	새로운 지식 정립 인지기제 발표 - 직사각형의 둘레의 길이는 (가로+세로)×2 의 방법으로 구할 수 있음을 알기 - 정사각형의 둘레의 길이는 한 변의 길이×4 의 방법으로 구할 수 있음을 확인하기	소집단 활동에 대한 보상 스티커
6. 문제기반학습 인지기제 활용과정 해결책 성찰	해결책 성찰 인지기제 발표 - 소집단별 길 둘레의 길이를 구하는 방법과 결 과를 발표하기 - 소집단별로 윗타리의 크기를 얼마로 정하고 어떻게 구했는지 결과를 비교하기	소집단 활동에 대한 보상 스티커

그림 4. '5. 평면도형의 둘레와 넓이' 1차시
인지기제 활용 문제기반학습 과정

Fig. 4. process of problem-based learning utilizing algorithms in lesson 5 'circumference and width of plane figure' first period

이 결과 실험집단의 학업성취도 평균은 실험 전 동질집단으로 규명된 통제집단보다 높았으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($t=2.159, p=.035$). 또한 실험집단의 수학적 태도 차이 평균점수가 통제집단보다 높았으며 통계적으로도 유의한 차이를 나타냈다 ($t=2.068, p=.043$).

수학적 태도 변화의 차이가 특히 어느 영역에서 기인하는가를 알아보기 위해 수학적 태도의 하위영역과 세부영역에 대한 다변량분산분석(MANOVA)을 하였다. 그 결과 실험집단은 수학적 태도의 하위영역 중 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 유의한 차이가 없었다. 또한 수학적 태도의 세부영역별로 볼 때 자신감 영역에서 두 집단 간에 가장 많은 차이가 있음을 알 수 있었다 ($F=7.861, p=.007$). 이밖에 흥미($F=6.753, p=.012$), 우월감($F=5.652, p=.021$), 주의집중($F=5.293, p=.025$), 목적의식($F=4.980, p=.030$), 자율학습($F=4.447, p=.040$)에 있어서도 유의한 차이가 있었다. 그러나 성취동기($F=1.178, p=.283$)와 학습기술 적용($F=.323, p=.572$)에 대해서는 통계적으로 유의한 변화가 없었다.

본 연구결과에는 실험을 통한 학습효과뿐만 아니라, 학습자들의 선행학습에 의한 효과가 포함되었을 수 있다. 또한 각 단원에서 매

두 차시분에 한해 인지기제 활용 문제기반학습을 적용하였으므로 연구결과를 해당 단원 전체의 학습에 적용하기에는 무리가 있을 수 있다.

IV. 결론

초등학교 수학과 학습에서 인지기제 활용 문제기반학습은 학습자의 학습성취도 향상에 효과적이라고 할 수 있다. 이는 문제기반 학습과 그에 따른 인지기제 활용 과정을 통해 학습자들이 문제를 해결하는 능력을 기르고 효과적인 지식 구성 방안을 창안해냄을 반증하는 것이라 볼 수 있다. 인지기제 활용 문제기반학습은 문제의 해결방안을 찾는 과정에서 학습자들이 자신의 사고과정을 인지하고 효율적인 인지전략을 탐색하게 할 수 있다.

또한 인지기제 활용 문제기반학습은 학습자의 수학적 태도 변화에 있어서 긍정적인 효과가 있다고 판단된다. 특히 수학적 태도의 하위영역 중 수학에 대한 자아개념에서의 긍정적인 효과는 학습과정에서 소집단 학습자들 간 협력하여 문제를 해결함으로써 학습능력이 낮은 학습자들도 자신감과 우월감을 느낄 수 있었기 때문으로 생각된다. 수학에 대한 태도 영역에 있어서는 흥미, 목적의식의 세부영역에서 긍정적인 향상이 확인되었다. 이는 교과서에서 벗어나 비구조화된 문제와 인지기제를 통한 학습을 시도함으로써 학습자들이 새로운 학습자료에 대해 호기심과 관심을 가지게 되었기 때문으로 생각된다. 인지기제 활용 문제기반학습은 문제의 해결이라는 목적을 내포하고 있으므로 학습과정에서 목적의식도 길러질 수 있었을 것이다. 그러나 성취동기에 있어서는 효과성이 나타나지 않았는데, 이는 학습자들이 성취동기를 자신 스스로에게 두지 않고 동료학습자의 학습능력이나 소집단 내의 협동과정에 두었기 때문으로 파악된다.

수학에 대한 학습습관의 세부영역 중 주의집중, 자율학습에서 효과를 보인 것은 학습자가 인지기제 활용 문제기반학습 과정에서 흥미를 가지게 되어 자연스럽게 높은 집중도를 보였기 때문일 것이다. 다만 학습기술 적용에 있어서 효과가 나타나지 않은 것은 단기간의 실험으로 오랜 시간 누적된 학습자들의 학습습관을 변화시키기 어렵고 인지기제로 표현하는 것에 쉽게 익숙해지지 못한 학습자에 기인한다고 판단된다.

문제기반학습은 학습자의 자율성이 많이 부여된 반면 학습자에 따라 수업 활동에 어려움을 느끼게 할 수 있다. 따라서 이를 보완하여 다양한 방법으로 문제기반학습의 변형된 형태가 연구될 필요

가 있다. 또한 인지기제를 표현하는 방법을 다양하게 모색할 필요가 있다. 나아가 실제 학급에서 문제기반학습을 수행하기 용이하도록 구체적인 방안을 마련할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] E. Poikela and S. Poikela, "Problem-based curricula.- theory, development and design," University of Tampere, pp. 71-90, 2006.
- [2] hnan, "A Development and Application of Standard Criterion for Analyzing Problem-Based Learning Problems in Mathematics," Journal of Korea Society of Educational Studies in Mathematics School Mathematics Vol. 11, No. 1, pp. 165-186, Mar 2009.
- [3] hjpark, "The Case Study for The Construction of Similarities and Affordance," Journal of the Korea Society of Mathematical Education Series A, Vol. 46, No. 4, pp.371-388, 2007.
- [4] mglee, "Reconceptualization of Instructional Design Theory and Its Prospects," Research of Educational Technology, Vol. 12, No. 1, pp. 25-39, 1996.
- [5] mhkim and hjkwean, "The Effects 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. 171-193, June 2009.
- [6] N. Landa, "Algorithmization in learning and instruction," Englewood Cliffs, pp. 11-15, 1974.
- [7] N. Landa, "The algo-heuristic theory of instruction," Hillsdale, pp. 163-178, 1983.
- [8] N. Landa, "A Fragment of a Lesson Based on the Algo-Heuristic Theory of instruction," Englewood Cliffs, pp. 113-123, 1987.
- [9] N. Landa, "Landamatics ten years later," Educational Technology, Vol. 33, No. 6, pp. 7-18, 1993.
- [10] wkang and Sybaek, "An Elementary Mathematics Education," Dongmyungsa, pp. 237-239, 2004.