

전략적 정교화 교수방법이 수학 문장식 문제해결에 미치는 효과*

김 역 곤¹⁾

최 경 숙²⁾

성균관대학교 인재개발학과/아동학과

본 연구는 서울시에 위치한 초등학교 5학년 아동 72명을 대상으로 수학 문장식 문제를 서로 다른 방법(도식 교수, 정교화 교수, 설명식 교수)으로 교수하여 문제유형(비율, 비교), 회기별(사전검사, 4회기 사후검사, 지연 검사) 교수 효과를 알아보고자 하였다. 각 집단은 사전검사를 통하여 상, 중, 하 능력그룹으로 세분화 되었으며 회기, 문제 유형별 수행이 각각(상-상, 중-중, 하-하) 비교되었다. 사전, 사후, 지연검사 문항은 곱하기와 나누기 연산을 필요로 하는 비율, 비교 문제로 5문제씩 10문제로 구성되었으며 각 회기가 끝난 다음날 바로 사후검사로 수행 정도를 측정하였다. 연구결과에 따르면 각 집단의 수행은 사전검사를 기저선으로 하였을 때 회기가 증가함에 따라 유의미한 수행 증진 효과가 나타났다. 또한 집단 간 비교에서는 설명식 집단보다 도식기반 집단에서의 수행이 높았으며 도식기반 교수 집단 간 비교에서는 정교화 교수 집단의 수행이 더 높았다. 새로운 문장식 문제가 제시되었을 때 설명식 집단보다 도식기반 교수 집단(도식 교수, 정교화 교수)의 아동들이 문제풀이 전략에 대한 응용력이 뛰어나 수행이 전반적으로 높게 나타났다.

주요어 : 도식, 문제해결, 도식교수, 정교화교수

* 본 논문은 2009년 성균관대학교 대학원 박사학위논문의 일부임.

1) 교신저자 : 성균관대학교 아동학과 (E-mail : nandadevi@empal.com)

2) 성균관대학교 인재개발학과/아동학과 교수

I. 서 론

Marshall(1995)에 의하면 도식(schema)은 대부분의 구조적 표상이 서로 관련된 요소로 구성되며 그러한 관련 요소는 기억 속에서 함께 저장되어, 하나의 정보가 인식되면 다른 관련된 정보도 활성화 될 것으로 가정하였다. 만약 그렇지 않다면 우리가 어떤 것을 기억해 내어야 할 때마다 비관련 기억 요소들을 조합해야 하는 상황에 부딪히게 될 것이다. 도식이론은 이러한 관련 요소들 간의 효율적인 결집이 탐색시간(search time)이나 인출시간(retrieval time)을 줄여 문제해결력을 증진시킬 수 있을 것으로 예상한다. 최근에 이러한 Marshall의 도식이론이 수학 문장식 문제해결의 효율적인 교수이론으로 제시되었다(Jitendra, Hoff, & Beck., 1999; Jitendra, DiPipi, & Perron., 2002; Xin & Jitendra, 2004).

이러한 교수이론의 적용 영역인 수학 문장식 문제는 요구되는 연산이나 의미론적 구조의 조작 그리고 미지수 위치에 따라 난이도가 다르고, 의미론적 구조에서 부각되는 연산과 실제 풀기 위해 필요한 연산이 서로 달라 학습자가 각 상황에 맞는 관련지식이나 문제형태를 분류해 내지 못하여 문제해결에 어려움을 겪는다(Mercer & Miller, 1992; Parmer & Cawley, 1991; Zawaiza & Gerber, 1993). 따라서 문장식 문제를 잘 해결하기 위해서는 문제유형에 기초가 되는 핵심적 구성 개념과 원리에 대한 이해가 선행되어야 하며 문제를 접하게 되었을 때 그 문제에 대한 정보가 제대로 받아들여지고 인식되어지는 것이 필요하다(Woodward & Montague, 2000).

문제의 정보가 제대로 인식되어 분명한 개념적 정의가 이루어진다면, 학습자들은 문제는 다르지만 구조적으로 유사한 문제를 해결할 때 이미 과거문제에서 접하여 알고 있는 같은 유형으로 구조화된 그 문제 도식을 적용할 수 있다(Schwartz, 1988). 따라서 문장식 문제를 성공적으로 해결하기 위해서는 표면적 특성을 제거하고, 관계적 특성들을 중심으로 문제의 핵심개념을 이끌어내는 것이 중요하다(Riley, Greeno, & Heller., 1983). 도식이론을 바탕으로 하는 교수이론에 따르면 문장식 문제 해결을 위한 교수요소의 핵심은 특징적 부분들의 효율적 결집을 통하여 문제의 유사성을 도식을 통해 인식시켜 주는 것이다.

도식교수의 목표는 문제도식에 대한 완벽한 정신적 표상을 만들어 내고 그 문제해결을 위해 필요한 정보의 부호화 및 인출을 촉진시키는 것에 있다(Fuson & Willis, 1989; Marshall, 1995).

도식기반 전략 교수란 문제표상 훈련(representation practice)을 통하여 문제에서 제시되는 관련지식이나 의미론적 관계를 나타내는 영역 특정적 지식(domain specific knowledge)의 구성요소를 찾아내고, 수적 정보, 문제 정보의 이해와 통합, 풀이 절차와 같은 절차적 지식(procedural knowledge)을 습득하게 하여 문장식 문제의 효율적 해결을 돕는 교수법이다.

문장식 문제에서의 표상 훈련은 개별적인 문제의 특성을 하나씩 기억 속에서 추출해 내게 하는 것이 아니라 여러 가지 문제 특성들을 동시적으로 이끌어 내어 영역 특정적인 예들을 기억 속에서 쉽게 찾아 낼 수 있도록 하는 것이다. 문제 도식의 경우 보통 도식적인

그림을 이용하여 연산을 결정하기에 앞서 문제 전체의 의미론적 관계를 파악하게 한다. 문제 상황의 의미적 특징을 보여주는 도식 안에서 문제 상황에서 나타나는 숫자들을 선택하게 하여 덧셈을 할 것인지 뺄셈을 할 것인지를 결정할 수 있게 하는 것이다(Willis & Fuson, 1988).

NCTM(2000)¹⁾은 학교 수학의 새로운 표준과 기본원칙을 설정하면서 절차적 지식이나 규칙 주도 계산보다는 개념 중심에 초점을 맞추었다(Maccini & Gagnon, 2002). 이러한 개정방향은 수학 교육이 전형적으로 추론이나 문제해결력과 같은 높은 수준의 기능보다는 단순한 수학적 계산에 초점이 맞추어져 왔었기 때문이다(Cawley, Parmar, Yan, & Miller., 1998). 수학적 어려움을 가진 학생들은 특별히 문제해결력과 같은 분야에서 심각한 결함을 가지고 있으며(Cawley, Parmar, Foley, Salmon, & Roy., 2001), 이질적인 정보와 다단계 문제에서 특히 어려움을 나타냈다(Parmar & Cawley, & Frazita., 1996; Cawley, Foley, Salmon, & Roy., 2001). 독해력과 기본적 계산 기술의 문제가 이러한 학생들의 낮은 수행력을 설명할 수도 있겠으나, 문제표상에 있어서의 어려움과 관련 정보에 대한 확인 실패가 그들의 낮은 수행력에 더 영향력을 미치고 있다(Judd & Bilsky, 1989; Parmar, Cawley, & Miller., 1994; Hutchinson, 1993).

도식기반 전략 교수는 문제유형의 구성적 관계를 나타내는 도식을 이용하여 의미적 관계의 특성들을 확인하는 것과 문제의 특징적

요소들이 선택된 문제 도식에서 어떻게 적용될 수 있는가를 찾아낼 수 있게 교육하는 것을 말한다. 교수 첫 단계는 문제 유형에 맞는 도식의 제시를 통하여 특정 문제 유형을 소개(표상훈련) 한 후 두 번째는 특정문제와 유사한 문제를 찾아내는 훈련과정을 거치게 되는데 이것을 정교화 교수 과정이라고 일컫는다. 세 번째는 해결규칙에 대한 명시적 설명이 도식적 그림의 도움을 받아 제시되며(계획지식), 마지막으로 올바른 답을 찾기 위한 문제해결 절차(실행지식)가 진행된다(Zawaiza & Gerber, 1993; Jitendra & Hoff, 1996; Jitendra et al., 1999; Jitendra et al., 2002; Xin & Jitendra, 2004).

도식이론을 문장식 문제에 적용한 도식기반 교수가 문장제 문제해결에 유용한 것으로 밝혀졌고(Zawaiza & Gerber, 1993; Jitendra et al., 1999; Jitendra et al., 2002; Xin & Jitendra, 2004), 사후검사와 지연검사에서도 수행 증가가 두드러지게 나타났다.

그러나 Jitendra 등(1999)에 의해 실시되었던 연구 결과를 살펴보면 사후검사에서 문제 수행이 일반화 검사에서 유지되지 못하고 떨어졌다. 이것은 구조적 특성은 같으나 표면적 특징을 달리하는 문제해결에 실패함으로써, 완벽한 문제 도식 생성에 성공하지 못한 것으로 판단할 수 있다. 소수의 특수아를 대상으로 한 연구였기에 교수 중재 동안 지나친 간섭이 일어나 완벽한 도식생성에 성공하지 못하였음에도 불구하고 일시적으로 사후검사 수행이 증가하였던 것으로 보여 진다. 그들이 사후검사나 일반화검사에 사용하였던 덧셈, 뺄셈 문항들은 비교적 쉬운 문장식 문제이고

1) The National Council of Teachers of Mathematics(미국 수학 교육협회)

피험자 집단이 수학 장애아 집단이긴 하지만 중학생들이었다는 점을 고려하면 교수 효과를 일반화하기에는 문제가 있다.

또한 Jitendra 등(2002)이 곱하기, 나누기 연산이 포함된 문장제로 4명의 중학생의 문제 수행력을 검증하였으나 소수의 학생(4명)을 대상으로 하였다는 점과 다른 교수 집단과의 비교가 이루어지지 않은 점이 문제점으로 남는다.

Xin과 Jitendra(2004)는 단일표본디자인(single subject design)의 한계를 극복하기 위하여 일반 전략교수 집단을 실험에 참가시켰다. 그러나 이들의 연구에 참가한 22명의 피험자들은 수학 사전능력이나 독해력이 통제되지 않아 교수 효과 이외의 변인이 작용하였을 가능성이 크다.

지금까지의 도식기반 전략 교수는 사후검사에서 문제수행력이 일반화 검사에서 유지되지 못하고 수행력이 떨어졌거나(Jitendra et al., 1999), 소수의 수학 장애아들을 대상으로 특별 교실에서 과외수업 형식으로 연구가 진행되어(Jitendra et al., 2002) 지나친 간섭이 교수효과에 반영되었음을 간과할 수 없다. 또한 Xin과 Jitendra(2004)의 연구에서는 수학 능력이나 독해력이 통제되지 않아 교수 효과 이외의 변인이 연구 결과에 영향을 미쳤을 가능성을 배제할 수 없다.

따라서 본 연구에서는 첫째, 수학 문장제 수행에서 매우 유용한 교수법으로 알려진 도식 교수 집단과 도식을 기반으로 하되 표상단계에서 집중적 정교화 교수가 이루어지는 정교화 집단, 도식을 교수중재로 사용하지 않고 문제해결의 일반적 4단계 교수절차를 따르는

설명 집단과의 교수효과를 비교하고자 하였다.

Marshall(1995)은 “문장식 문제를 효율적으로 해결하기 위해서는 문제유형에 대한 관계적 특성을 중심으로 하는 패턴인지가 우선시 되어야” 함을 강조하였다. 지금까지의 연구들(Jitendra et al., 1999; Jitendra et al., 2002; Xin & Jitendra, 2004)은 문제표상과 문제해결 단계의 교수 시간을 균등 배분하여 문제를 표상하고 해결하는 과정에 모두 초점을 맞추어 표상단계에서의 집중적 교수가 이루어지 않았다. 그러나 본 연구에서는 완벽한 문제표상이 이루어지면 문제해결 전략도 동시에 이루어질 것으로 가정하였다. 표상단계에서의 지식(동일시, 정교화지식)을 집중적으로 교수한 정교화 집단의 표상훈련이 문제 수행에 미치는 효과를 알아보하고자 하였다.

둘째, 소수의 수학 장애아를 대상으로 이루어져왔던 기존의 연구결과(Zawaiza & Gerber, 1993; Jitendra et al., 1999)들은 주로 단순한 덧셈, 뺄셈 문장식 문제를 교수재료로 사용하였으며 일반학급에서 분리된 특별 과외 수업을 통해 연구를 진행하였다. 본 연구에서는 복잡한 2단계 이상의 비율, 비교 문제를 중재 재료로 사용하여 문제유형에 따른 교수효과를 일반학급의 정규 교과시간에 처치집단, 능력집단에 따라 살펴보고자 하였다.

셋째, 수학 장애아를 대상으로 이루어져왔던 기존의 연구들(Zawaiza & Gerber, 1993; Jitendra et al., 1999)은 수학 학습력이 떨어지는 아동들이 주 연구 대상이어서 다양한 능력집단이 혼재한 일반학급에서 도식기반 교수의 적용가능성 여부를 확인할 수 없었다. 따라서 본 연구에서는 일반학급의 능력집단에 따른 처치

집단 간 수행효과를 비교해 보고자 하였다.

넷째, 교수 반복에 따른 각 처치집단의 수행효과를 확인하고 교수 극대화를 위한 적절한 회기를 처치집단별로 찾아보고자 하였다.

연구문제 1. 수학 문장제에서 설명집단, 정교화집단, 도식집단 간에 수행 차이가 있을 것인가?

연구문제 2. 수학 문장제 수행이 능력집단에 따라 다르게 나타날 것인가?

연구문제 3. 수학 문장제의 문제 유형별로 수행차이가 나타날 것인가?

연구문제 4. 능력집단에 따라 설명집단, 정교화집단, 도식집단 간에 수학 문장제 수행에 차이가 나타날 것인가?

연구문제 5. 설명집단, 정교화집단, 도식집단에 따라 회기 간 교수효과가 다르게 나타날 것인가?

II. 연구 방법

본 연구는 문장식 문제의 성취도를 사전검사로 평가하여 상, 중, 하 능력별 집단을 구성하고 각 집단의 균형을 맞추기 위해 상, 중, 하 집단의 인원을 동일하게 배정하여 설명 집단, 정교화 집단²⁾, 도식 집단의 4회기 수행을 비교해 보고자 하였다.

처치집단, 능력별 집단을 독립변인으로 하

2) 구조적 특징에 따른 문제유형을 더 쉽게 범주화하고 해결할 수 있게 하기 위하여 유형별 문제를 같은 형태의 그룹으로 범주화 하는 훈련과 문제를 구안하는 훈련을 적용하는 교수

고 문제 유형별로 비율, 비교 문제를 각각 4회기 간 반복측정 한 후 사전검사 결과를 공변인으로 한 반복측정 MANCOVA 분석을 실시하여 효과를 검증하였다.

1. 연구대상

본 연구의 연구 대상은 서울 소재 I 초등학교 5학년 3개반 아동을 대상으로 처음에 실험에 참여한 아동은 85명이었으나 본 연구에서는 최종적으로 72명의 자료가 분석되었다(표 1). 설명 집단 아동 중 5명이 탈락하였는데 교수 학습에 참여하지 못했거나 사후검사에 참가하지 못한 아동이었다. 이들 중에는 분수 능력을 검증받지 못한 아동과 독해력 검사에서 탈락한 아동이 중복 배제되었다. 도식 집단에서는 학습 불참석 사유로 2명, 독해력 기준미달로 2명이 탈락하였으며 정교화 집단에서는 불참석 사유로 2명, 독해력 기준 미달로 2명, 분수검사 기준미달로 2명이 분석에서 제외되었다.

표 1. 연구 대상의 성별 및 연령

처치집단	성별		연령	
			M	SD
설명 n=24	남	14	10.42	.35
	여	10	10.39	.32
정교화 n=24	남	13	10.46	.39
	여	11	10.42	.34
도식 n=24	남	14	10.42	.35
	여	10	10.55	.35
전체		72	10.44	.35

2. 연구설계

표 2. 연구설계

	사전	치치 및 사후검사	지연
설명			
정교화	x1 t1	x2 t2 x3 t3 x4 t4	x5 x6
도식			

x1 = 사전검사

x2, x3, x4, x5 = 중재 후 사후검사

x6 = 한 달 후 지연검사

t1, t2, t3, t4 = 4회기 간의 중재

3. 연구 도구

진단검사

진단검사는 교육과학기술부의 주관 하에 전국 단위로 3월 초에 실시되었던 진단평가로

능력별 집단 선정을 위한 보조 자료로 사용하였다. 비교, 비율 문제로 구성된 사전검사 결과로 그룹을 선정하였으나 동점자 발생 시 보조 자료로 점수에 따라 상, 중, 하 집단을 배정할 때 활용하였다.

사전, 사후, 지연검사

본 연구에서 사용된 검사 도구는 문장식 문제유형 중 난이도가 높은 비율, 비교문제가 각각 다섯 문항씩 포함되었으며 사전검사 1set, 사후검사 4set, 지연검사 1set로 구성되었다. 문장식 문제의 각 문항은 다양화 문제로 비율, 비교문제를 해결함에 있어 두 단계 이상의 계산과정을 거쳐야 답을 찾을 수 있는 주관식 문제로 구성하였다. 또한, 문제해결과정, 문제해결전략을 알아볼 수 있도록 식과 함께 풀이과정을 함께 기술하도록 하여 해결

표 3. 처치집단별 능력 집단 성적분포

		N	사전검사		진단검사	
			M	SD	M	SD
설명	상	8	5.50	.76	27.25	1.67
	중	8	3.50	.54	22.13	.84
	하	8	.63	.52	12.25	2.76
		24	3.33	1.99	20.54	6.62
정교화	상	8	5.75	.71	27.75	1.98
	중	8	3.00	.93	22.50	.93
	하	8	1.00	.76	13.88	3.94
전체		24	3.13	2.25	21.38	6.35
도식	상	8	5.38	1.30	28.00	1.31
	중	8	3.00	.76	23.00	1.41
	하	8	1.00	.93	12.00	2.98
전체		24	3.13	2.07	21.00	7.10

과정과 결과를 검토할 수 있도록 하였다.

검사 도구는 Xin과 Jitendra(2004)가 사용하였던 평가도구의 문제유형을 바탕으로 “기적의 고학년용 수학 문장제(김은영, 2006)”를 참고로 연구자가 제작하였다.

먼저 비율, 비교 문제 각각 10문항씩 20문항을 제작하여 6학년 한 반을 대상으로 1차 예비검사를 실시하였다. 6학년을 대상으로 한 것은 검사도구의 난이도가 높아 연구대상과

같은 학년인 5학년 아동들의 수행이 너무 낮았기 때문이다. 검사결과 문항 난이도 20 이하인 5문항과 80이상인 2문항, 문항 변별도가 0.2 이하인 6문항을 선별하였다. 문항난이도가 20 이하인 문항은 대분수를 진분수나 가분수로 전환하여 문제 난이도를 낮추었으며 문항 난이도가 80이상인 문항은 비관련 정보를 삽입하여 문항 난이도를 높였다.

변별도를 개념화하는 방법은 상위 집단과

표 4. 각 교수집단에 교수한 회기별 세부 문제유형

회기	교수 내용
1	비교 • 기준량과 참조량이 제시되고 비교량이 미지수인 문제 * 현주는 주말 내내 집안일을 도와주고 3만원을 벌었다. 지연이는 현주가 벌 것보다 1/3만큼의 용돈을 벌었다. 지연이가 주말에 집안일을 도와주고 벌 돈은 얼마인가?
	비율 • 주체 사물의 크기, 비율을 알고 대상 사물의 크기를 구하는 문제 * 주현이네 집에서는 IL들이 생수를 하루에 1과 1/2병씩 마십니다. 일주일 동안 주현이네 집에서 마신 생수는 모두 몇L입니까?
2	비교 • 기준량과 비교량을 알고 있을 때 참조량을 구하는 문제 * 기웅이는 치즈를 5kg 가지고 있고, 성준이는 2와 1/2kg 가지고 있습니다. 기웅이가 가지고 있는 치즈는 성준이가 가지고 있는 치즈의 몇 배입니까?
	비율 • 주체 사물, 대상 사물의 크기를 알고 단위 비율을 알지 못하는 문제 * 찰흙으로 공을 한 개 만드는데 10분이 걸립니다. 120분 동안 공을 만들었다면 몇 개의 공을 만들 수 있습니까?
3	비교 • 비교량과 참조량을 알고 있을 때 기준량을 구하는 문제 * 경주는 환희네 식구가 마신 콜라의 1/2을 마셨습니다. 환희네 식구가 콜라를 2.4L 마셨다 2.4L 마셨다면 경주가 마신 콜라의 양은 몇 L입니까?
	비율 • 대상 사물의 크기, 비율을 알고 주체 사물의 크기를 모르는 문제 * 수민이네 집에서 사용하는 난로는 한 시간에 5.79L의 석유를 사용합니다. 하루에 3시간 30분씩 5일간 사용하려면, 석유가 모두 몇L 필요합니까?
4	비교 • 1회기, 2회기, 3회기 문제유형의 반복 학습
	비율 • 주체 사물의 크기, 대상 사물의 크기를 알고 단위 비율을 알지 못하는 문제 * 물이 1분에 1과 1/2L씩 나오는 수도가 있습니다. 12L의 물통에 물을 가득 채우려면 몇 분을 기다려야 합니까?

* 예시문제

하위 집단의 난이도 차이를 구하는 방법으로 + 1.00에서 -1.00 사이에 분포되며, + 부호를 가지면서 그 값이 크게 나와야 바람직하다(신철현, 1998). 상위 집단과 하위 집단은 각각 27%의 피험자를 택하여 최선의 변별도지수를 산출하였다.

문항난이도와 변별도를 조정한 후 다시 문제 유형별로 20문항(비율 10, 비교 10)을 작성하여 2차 예비검사를 실시하였다. 실시 결과를 바탕으로 이야기 맥락과 수적 가치의 관점에서만 다양화된 60 문항을 제작하였다.

사전검사지 10문항, 사후검사지 40문항, 지연검사지 10문항을 무선적으로 문제 유형별로 배분하여 6학년 6개 반을 대상으로 3차 예비검사를 실시하였다. 6개의 검사지 평균과 문제 유형별 평균을 비교해 본 결과 사후검사 2, 사후검사 3, 지연검사의 수행이 다른 검사지보다 유의미하게 낮게 산출되어 3개 검사지의 문항 조정을 재 실시하였다. 문항난이도가 0.2 이하인 문항이 각각의 검사지에서 한 문항씩 선별되어 대분수를 진분수나 가분수로 고치는 작업을 통하여 문항난이도를 낮췄다.

문항난이도와 변별도를 조정한 후 6학년 3개 반을 대상으로 문항난이도에 문제가 있었던 사후검사 2, 사후검사 3, 지연검사에 대한 4차 예비검사를 다시 실시하여 문항난이도와 변별도를 조정하였다. 3개 검사지의 난이도와 변별도를 조정한 후 사전검사 1set, 사후검사 4set, 지연검사 1set에 대한 유목내 상관계수(Intraclass Correlation coefficient)는 $P_A=.98$ 이었다. 비율문제는 $P_A=.96$, 비교문제는 $P_A=.93$ 이었으며 각각의 검사 도구는 비율, 비교문제가 각각 5 문항씩 포함되었다(표 4).

이상에서와 같이 4차에 걸친 예비실시 결과 사전검사 1set, 사후검사 4set, 지연검사 1set을 확정하였다. 또한 내용 타당도와 관련하여 수학 관련 전공자 2명과 6개 반 담임교사를 통해 문제 세부유형의 정확성, 검사도구 간 문항별 일치성을 중심으로 내용타당도를 검증받았다.

독해력 검사

수 연산에 필요한 계산지식은 있으나 문장 이해력이 떨어져 문장식 문제해결에 어려움을 겪는다면 각 집단의 교수 효과를 추정하는데 어려움이 따른다(Baroody, 1987). 독해력 검사를 실시하여 전체문항의 40%(하위 국외값)에 도달하지 못하는 피험자를 분석에서 제외하였다. 대상 아동들이 글의 내용이나 문장의 파악 정도를 가늠해 볼 수 있도록 구성된 “고래에 관한 이야기”를 사용하였으며 이경화(1991)의 연구에서 인용하였다.

각 처치집단별 수행 평균차이 값을 알아보기 위한 변량분석 결과는 표 5와 같다.

변량분석 결과 집단 간 차이가 유의하지 않은 것으로 나타났다 ($F(2, 69)=1.96, p>.05$).

분수검사

본 연구에서 목표문제로 제시되거나 사전, 사후, 지연검사에 포함된 비율, 비교 문항들을

표 5. 독해력검사 변량분석 결과

변량원	SS	df	MS	F
집단간	2.11	2	1.05	1.96
집단내	37.00	69	.536	
전체	39.11	71		

표 6. 분수검사 변량분석 결과

변량원	SS	df	MS	F
집단간	.58	2	.29	.58
집단내	34.29	69	.49	
전체	34.87	71		

해결하기 위해서는 곱하기와 나누기 연산이 필요한 분수계산 능력이 전제되어야 한다. 각 처치 집단에서 분수 계산능력이 없는 피험자를 찾아내기 위하여 본 연구자가 제작한 10개 문항의 분수 검사지를 사용하였다. 성취도가 40%(하위 국외값)에 도달하지 못하는 피험자들은 분석에서 배제시켰다.

각 처치집단별 수행 평균차이 값을 알아보기 위한 변량분석 결과는 표 6과 같다.

변량분석 결과 집단간 차이가 유의하지 않았다($F(2, 69)=.58, p>.05$).

4. 연구 절차 및 분석

본 연구의 실험은 사전검사 및 집단구분→독해력 검사→분수검사→본 실험→사후검사(하루 후)→지연검사(한 달) 순으로 진행되었다. 본 실험은 각 처치집단에서 문제 유형별로 각각 4번, 모두 8번의 중재가 이루어졌다. 각 회기마다 비율, 비교형 문제에 대한 중재가 한 시간씩 이루어졌으며 동일 날짜에 동일 문제로 교수 받았다.

사전검사 및 집단 구분

5학년 8개 반을 진단검사 기준으로 수학 학력이 유사한 3반을 선정하여 우선적으로 처치

집단을 선정하였다.

먼저 독해력, 분수검사 그리고 사전검사가 각각 20분씩 실시되었으며 각 처치 집단의 교실에서 담임선생님의 감독 하에 이루어졌다. 사전검사 결과 능력별 집단 선정은 사전검사 점수가 5점 이상 10점 이하일 때 상 그룹, 2점에서 4점 이하 일 때 중 그룹, 2점보다 낮을 때 하 그룹으로 분류하였다. 또한 같은 그룹에 배정된 아동수가 8명 이상일 때 진단검사 점수로 그룹을 재분류하였다. 정교화 집단에서 사전검사 점수 2점으로 중 그룹에 속하였던 두 명의 아동을 진단검사 결과를 바탕으로 하 그룹으로 이동시켰다. 마찬가지로 도식 집단에서도 사전검사 2점을 받은 여섯 명 중 두 명을 집단 구성 인원수를 고려하여 하 그룹에 재배정 하였다.

따라서 각 집단별 최종 피험자수, 사전검사 수행 평균과 표준편차는 표 3과 같았다.

교수자 훈련

처치 세 집단 각각의 교수자는 수업의 형식(두 개의 교수 접근에 필요한 발문, 수업자료, 중요한 교수 요소, 교수시간)을 익히기 위하여 두 번에 걸쳐 1시간씩 핵심 교수요소와 각 교수 단계에 배당된 교수시간 준수에 관한 교육을 받았다. 또한 연구자에 의해 제시된 학습지도안에 충실하도록 안내받았으며 설명 집단의 교수자는 정형화된 표상을 지도하지 않도록 안내하였다.

본 실험

설명 교수 집단. 아동심리를 전공하고 도식관련 연구를 진행하는 대학원 학생이 제 7

표 7. 각 집단의 교수 적용 과정

교수 과정안		
설명교수	도식교수	정교화교수
문제 읽고 이해 하기	문제 표 상	* 미지수가 없는 문제 제시: 소영은 주말에 집안일을 도와주고 3만원의 용돈을 받았다. 미영은 소영이가 받은 돈의 1/3에 해당하는 용돈 1만원을 받았다. - 문제의 관계적 진술확인 - 기준량: 미영이가 받은 돈 - 참조량: 소영이가 받은 돈 - 관계적 진술과 도식 다이어그램 매치 - 정보발견 단계 - 기준량: 3만원 - 비교량: 1만원 - 참조량: 1/3
		* 미지수가 있는 문제제시: 소영은 주말에 집안일을 도와주고 3만원의 용돈을 받았다. 미영은 소영이가 받은 돈의 1/3에 해당하는 용돈을 받았다면 미영이가 받은 용돈은 얼마인가? - 문제 정보를 도식 다이어그램에 매치 - 문장을 수식으로 전환하기 $3 \times 1/3 = 1(\text{만원})$ - 답의 정확성과 문제표상의 정확성 검증
계산 하고 해결 하기	보조연습	* 목표문제와 유사 문제를 표상단계와 문제해결 단계까지 교사의 도움을 받아 해결한다. * 유형별 문제가 혼재한 중재 선택지에서 목표문제와 같은 유형의 문제를 찾는다. * 목표문제와 같이 기준량, 비교량, 참조량이 기술되는 문제를 스스로 만들어 보고 문제 구조에 맞는 도식에 매치시켜 본다.
점검 하기	독자연습	* 학습장에 제시된 목표문제와 유사한 문제 2문제를 해결한다.

차 교육과정 지도서를 참조한 교수학습 지도안을 바탕으로 매 시간마다 30분씩 교수를 제공하였다.

모든 중재는 4주간 제공되었으며 비교문제는 정규 교과시간의 수요일 3교시, 비율문제는 목요일 3교시에 이루어졌다. 사후검사는 금요일 2교시에 담임교사의 감독 하에 20분간 실시되었다. 지연검사는 마지막 비율 교수가 끝난 날로부터 정확하게 한 달 후 금요일 2교시에 실시하였다.

전통적 교수법은 문제의 표상단계에서 “기준량”, “비교량”, “참조량” 등의 핵심어를 찾아서 문제의 의미를 구별하고, 문제에 나타나는 숫자를 다양한 방법(그림, 도표)으로 표상하도록 하며 읽고 이해하기 → 문제 표상하기 → 계산하고 해결하기 → 점검하기 등과 같은 절차적 지식을 교수하였다(표 7).

도식 교수 집단. 교육심리를 전공하고 도식관련 연구를 진행하는 대학원 학생이 교수학습 지도안을 바탕으로 매 30분간 교수를 제공하였다.

모든 중재는 4주간 이루어졌으며 한 주에 비교, 비율문제 교수가 각각 30분씩 제공되었다. 비교문제는 정규 교과시간의 수요일 3교시, 비율문제는 목요일 3교시에 이루어졌으며, 사후검사는 금요일 2교시에 담임교사의 감독 하에 20분간 실시되었다. 지연검사는 마지막 교수가 끝난 날로부터 한 달 후인 금요일 2교시에 실시하였다.

한 회기 내의 훈련은 표상단계 교수(문제 파악, 문제유형에 맞는 도식 안내 및 따라 그리기, 수식을 도식에 매칭하기)와 문제해결단

계 교수(문제해결 과정 시범보이기, 보조 연습, 독자연습)의 과정이 포함되었으며 이러한 과정을 학습장에 기술하도록 하였다.

표상단계는 교수자가 문제상황을 안내 하고 도식에 적용하는 과정을 설명하고 시범을 보인 후 이를 참고로 하여 학습자 스스로가 도식으로 문제를 표상하도록 하였다. 문제표상 단계에서는 미지수의 위치정보가 알려진 문제가 제시된 반면(소영은 주말에 집안일을 도와주고 3만원의 용돈을 받았다. 미영은 소영이 가 번 돈의 1/3에 해당하는 용돈 1만원을 받았다), 문제해결 단계에서는 미지수의 정보가 알려지지 않은 문제(소영은 주말에 집안일을 도와주고 3만원의 용돈을 받았다. 미영의 용돈은 소영이 받은 용돈의 1/3에 해당한다. 미영이가 받은 용돈은?)가 제시되어 미지수를 해결하는 과정이 안내 되었다. 교사의 시범과 설명이 끝난 후 학습장에 제시된 2개의 문제를 스스로 해결하고 피이드백 받는 보조연습, 스스로 문제를 해결해 보는 독자 연습 단계의 교수가 진행되었다(표 7).

정교화 교수 집단. 아동심리를 전공하고 도식관련 연구를 진행하는 대학원 학생이 정교화 교수 프로그램을 적용한 교수 학습 지도안을 바탕으로 30분간 교수를 제공하였다.

정교화 집단의 교수절차와 시간은 도식 집단과 같았으며 지연검사는 도식 집단과 같은 날 같은 시간에 실시하였다.

정교화 집단은 도식 집단의 전략프로그램을 준용하되 아동들 스스로 문제를 제작 하거나 비율, 비교 문제가 혼재되어 있는 선택형 학습지에서 목표문제와 유사한 문제유형을 선택

하는 학습이 독자연습 단계에서 이루어졌다. 이것은 집중적인 정교화 훈련 과정을 거쳐 문제의 핵심구조와 중심개념을 이해시키기 위함이었다.

도식 집단과 설명 집단의 아동들은 같은 수의 문제와 같은 형태의 문제를 풀고 같은 회기의 교수를 받았으며 정교화 집단의 아동들은 시범 문제만 같고 다른 집단의 아동들이 문제해결을 독자적으로 실행하는 동안 스스로 같은 유형의 문제를 두 문제씩 만들거나 유형 분류를 하고 점검 받았다(표 7).

반응 측정

사전, 사후, 지연검사에 있는 항목들은 식과 답이 맞는 것을 점수화 하였다. 만약에 두 개의 조건 모두에서 정확한 답을 적었을 때 1점을 주었다. 만약 답은 틀리나 방정식이 맞게 기술되었다면 0.5점의 부분 점수가 주어졌다. 아동들의 수행결과는 식과 답까지 완벽하게 답한 경우에 정반응으로 처리하여 10점 만점으로 기록하였다.

채점자간 신뢰도

사전, 사후검사 1, 사후검사 2, 사후검사3, 사후검사 4, 지연검사 중 사후검사 3을 2명의 연구자가 채점하여 일치도(성태제, 1995)를 산출한 결과 $P_A=.95$ 의 신뢰도를 얻었다. 채점자간 정답처리 불일치의 원인은 식과 답이 맞으나 소수점 처리가 정확하게 이루어지 않은 경우와 분수로 제시되어야 하는 답을 소수로 고쳐 적어 오답으로 처리한 경우였다. 문제풀이 과정과 정답제시가 불일치한 경우 계산식이나 정답이 문제지에 맞게 적힌 경우 정답 처리

하였으며 분수로 제시되어야 하는 답을 소수로 제시하거나 소수로 제시되어야 하는 답을 분수로 제시한 경우도 모두 정답으로 처리하여 최종점수를 산출하였다.

교수 신뢰도

각각의 교수 조건에서 교수가 얼마나 배당된 교수전략에 충실하였는지를 측정하기 위해 음성녹음기(digital voice recorder)로 녹취 하여 중요한 교수 단계와 시간을 점검하였다. 배당된 교수 전략에서 교수자의 교수 충실도는 각 교수 조건에 맞는 결정적 교수 요소와 배당 시간을 정확히 확보하였는지를 알아보는 것이었다. 교수 이행의 충실도는 교수 내용이 녹음된 것을 근거로 귀환정보를 주었으며 모든 교수집단에서 10항목을 점검하였다. 모든 조건을 만족하였을 때 교수충실도는 100%로 평가하였다. 도식기반 교수에서는 문제 표상단계, 문제해결 단계의 교수가 적절하게 진행되는지(문제의 관계적 진술, 관계적 진술과 도식 diagram 매치, 정보 발견 단계, 수학문장으로 전환하기, 교사 보조 연습, 독자연습)와 각 단계의 교수시간 배정(표상단계, 문제해결, 교사 보조연습, 독자연습)이 정확한가를 점검하였다. 설명교수 집단에서는 단계별 교수 요소(발문, 문제파악, 문제해결, 문제적용, 정리단계)와 교수 시간(각 단계에 배정된 시간)이 스크립트에 따라 진행되었는지를 점검하였다.

교수충실도는 각 교수 조건의 25%(1회기 비율, 비교 교수)가 측정되었으며 설명 집단과 정교화 집단의 충실도는 100%, 도식 집단은 85%(비율 2문항, 비교 1문항)였다. 1회기의 비율문제에서 도식 집단의 교수자는 문제의 관

계적 진술단계에서 설명식 수업의 필수요소인 설명을 교수요소에 삽입하였으며 표상단계의 교수시간을 정해진 시간보다 5분 초과하여 80%(2문항)의 충실도를 기록하였다.

III. 결과 및 해석

처치집단, 능력별 집단을 독립변인으로 하고 문제 유형별로 비율, 비교 문제를 각각 4회기 간 반복측정 한 후 표 8에 제시된 사전 검사 결과를 공변인으로 투입하여 반복측정 MANCOVA 분석을 실시한 결과는 표 9와 같다.

1. 처치집단에 따른 수행 결과

표 8에 의하면 설명 집단, 정교화 집단, 도식 집단의 4회기 평균치는 각각 5.42, 8.17과 7.09로서 정교화 집단이 다른 집단보다 각각 2.75와 1.08점 높은 것으로 나타났다. 이러한 차이는 문장식 문제의 비율, 비교 문제 수행에서 유의미한 집단 차이로 나타났다($F(2, 62)=17.79, P<.01$). 표 9의 변량분석 결과에 의하면 처치집단과 능력집단 간에, 그리고 처치집단과 회기 간에 유의한 상호작용 효과가 있는 것으로 나타났다.

집단 간 차이 정도를 알아보기 위한 직교비교 결과 설명 집단과 정교화 집단, 설명 집단과 도식 집단 간의 수행차이가 유의미하게 높았으며($P<.01$), 정교화 집단과 도식 집단 간에도 유의미한 수행차이가 나타났다($P<.05$).

2. 능력집단에 따른 수행 결과

표 9의 결과에 따르면 능력집단에 따라 문장식 문제의 비율, 비교 문제 수행에서 유의미한 차이가 나타났다($F(2, 62)=5.04, P<.01$). 이러한 결과는 능력별 수행이라는 점에서 당연한 것으로 받아들여질 수 있으나 사전검사에서 나타난 상 집단과 중 집단, 중 집단과 하 집단 간의 유의한 수행차이가 교수 후에는 상 집단과 하 집단에서만 나타남으로써 교수 효과가 중, 하 집단에서 크게 증가하였음을 알 수 있다.

3. 문제유형에 따른 수행 차이

표 9에 따르면 문장식 문제의 비율, 비교 문제의 수행차이가 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 나타났다($F(1, 62)=1.29, P>.01$). 이와 같은 결과는 교수 효과가 비율, 비교 문제에서 다르게 나타나지 않았다는 것을 의미한다.

4. 처치집단과 능력집단의 상호작용 효과 분석

표 9에 의하면 처치집단과 능력집단 간에 유의미한 상호작용이 있는 것으로 나타났다($F(4, 62)=2.93, P<.01$). 즉 처치집단 간 수행 차이가 능력집단의 수준에 따라 달라졌다는 것은 교수효과가 능력집단에 따라 다르게 나타났음을 의미한다.

상 집단(표 8)에서 나타난 결과를 살펴보면 상 집단의 아동들의 집단 간 수행차이가 작은 것으로 나타났는데 이것은 상 집단에 속한 아

표 8. 집단(A), 문제유형(C), 회기(D)의 수행평균과 표준편차

		사전검사		1회기		2회기		3회기		4회기		지연검사		
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	
설명	비율	상	2.60	1.06	2.88	.99	3.00	1.06	3.13	1.13	3.63	.74	3.63	.92
		중	1.31	.52	1.75	1.17	1.25	1.04	2.25	.71	2.50	.93	2.38	1.06
		하	.71	.71	.63	.74	.25	.46	1.25	.71	1.38	.92	1.50	.93
		전체	1.54	1.21	1.75	1.33	1.50	1.45	2.21	1.14	2.50	1.25	2.50	1.28
	비교	상	2.89	.64	3.75	1.39	3.88	.84	3.75	.71	3.88	1.13	3.50	1.20
		중	1.89	.64	3.25	1.17	3.00	.76	3.25	.71	3.38	1.06	3.13	1.81
		하	.59	.75	1.13	1.73	.88	1.13	1.25	1.58	1.50	1.41	1.75	.71
		전체	1.79	1.10	2.71	1.81	2.58	1.56	2.75	1.51	2.92	1.56	2.79	1.47
		T	3.33	1.16	4.46	1.57	4.08	1.50	4.96	1.33	5.42	1.41	5.29	1.38
		정교	비율	상	3.00	.54	2.75	1.49	2.88	.99	4.38	.74	4.50	.54
중	1.38			.71	2.00	1.41	2.88	.64	4.25	.71	4.38	.7652	3.88	1.25
하	.64			.74	1.25	1.28	1.25	.88	3.38	1.06	3.50	.54	3.00	1.07
전체	1.67			1.16	2.00	1.47	2.33	1.13	4.00	.93	4.13	.68	3.88	1.19
비교	상		2.55	.71	3.38	1.19	3.88	.84	3.88	.99	4.75	.46	4.25	.71
	중		1.55	.46	3.88	.84	3.88	1.13	4.00	.54	4.25	.71	3.88	.64
	하		.40	.52	1.63	1.60	2.50	1.41	3.13	1.64	3.13	1.89	3.38	.74
	전체		1.50	1.25	2.96	1.55	3.42	1.28	3.67	1.17	4.04	1.33	3.83	.76
	T		3.17	1.21	4.96	1.51	5.75	1.21	7.67	1.05	8.17	1.00	7.71	.97
	도식		비율	상	2.75	1.16	3.75	1.28	3.38	1.30	4.00	.76	4.13	.64
중		1.50		.93	2.13	1.25	2.13	.99	3.25	.89	3.38	.52	3.75	1.16
하		.63		.75	.75	1.17	1.50	1.07	2.38	.52	2.75	.71	2.25	.71
전체		1.63		1.28	2.21	1.72	2.33	1.33	3.21	.98	3.42	.83	3.50	1.32
비교		상	2.63	.52	3.00	1.70	3.38	1.41	3.88	.84	4.13	.64	4.00	.76
		중	1.50	.76	1.75	1.58	2.63	1.19	3.00	.93	3.75	.89	3.75	.70
		하	.38	.75	2.13	1.25	2.38	1.06	2.38	1.30	3.13	1.46	2.88	1.13
		전체	1.50	1.14	2.29	1.55	2.79	1.26	3.08	1.18	3.67	1.10	3.54	.98
		T	3.13	1.21	4.50	1.64	5.12	1.29	6.29	1.08	7.09	0.96	7.04	1.15

동들은 처치집단에 관계없이 문장식 문제에 대한 표상과 해결전략이 빠르게 수립되고 실행되는 반면 중, 하 집단에 속한 아동들의 문제 표상 및 해결전략은 비교적 빠르게 수립되고 실행되는 반면 중, 하 집단에 속한 아동들의 문제 표상 및 해결전략은 비교적 늦게 이루어져 회기 초반에 집단 간 수행 차이가 드러났던 것으로 해석할 수 있다.

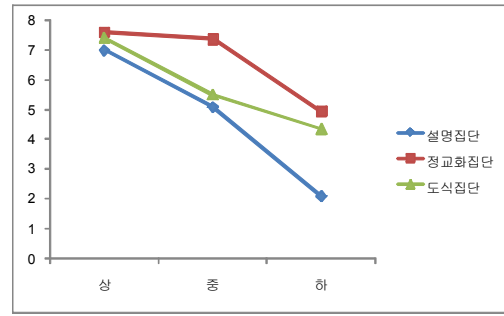


그림 1. 처치집단, 능력집단의 상호작용

표 9. 처치집단, 능력집단, 문제유형, 회기의 변량분석

변량원	SS	df	MS	F	P	η^2
사전검사	8.02	1	8.02	14.01**	.000	.18
처치집단(A)	81.52	2	40.76	17.79**	.000	.36
능력집단(B)	23.12	2	11.56	5.04**	.009	.14
A*B	26.85	4	6.71	2.93*	.028	.16
오차	142.06	62	2.29			
문제유형(C)	1.84	1	1.84	1.29	.260	.02
A*C	8.25	2	4.12	2.88	.063	.08
B*C	3.39	2	1.69	1.18	.312	.04
A*B*C	11.41	4	2.85	2.00	.106	.01
오차	88.49	62	1.42			
회기(D)	22.96	3	7.65	8.76**	.000	.12
A*D	22.04	6	3.67	4.20**	.001	.12
B*D	1.14	6	.19	.22	.970	.00
A*B*D	6.47	12	.54	.62	.826	.04
오차	162.54	186	.874			
C*D	2.18	3	.72	.86	.463	.00
A*C*D	7.50	6	1.25	1.48	.187	.04
B*C*D	1.06	6	.18	.20	.974	.00
A*B*C*D	8.99	12	.75	.88	.560	.05
오차	157.02	186	.84			

** $P < .01$, * $P < .05$

그림 1에 의하면 중 집단, 하 집단에서 집단 간 차이가 유의미하게 나타났다. 직교 비교 결과 설명 집단과 정교화 집단은 물론 도식집단과 정교화 집단 간에서도 유의미한 수행차이가 나타는데 이는 정교화 교수의 중, 하 집단에서 교수 효과가 가장 컸던 것으로 볼 수 있다.

5. 처치집단과 회기의 상호작용 효과 분석

표 9의 결과에 따르면 처치집단과 회기 간 유의미한 상호작용이 나타났다 ($F(6, 186) =$

4.20, $P < .01$).

각 회기에 따라 처치집단 간 수행차이가 다르게 나타난 것으로 비율문제는 2회기, 3회기, 4회기, 비교문제는 4회기에서 집단 간 수행차이가 크게 드러났다(표 10).

직교비교 결과 비율문제인 경우 2회기에서의 집단차이가 설명 집단과 도식 집단, 설명 집단과 정교화 집단 간에 유의미하였으며 비교문제인 경우 설명 집단과 도식 집단, 설명 집단과 정교화 집단 간에 집단 간 수행차이가 있는 것으로 나타났다. 3회기에서 설명 집단과 도식 집단, 설명 집단과 정교화 집단, 도식

표 10. 각 회기에서 처치집단의 단순 주효과 분석

변량원		SS	df	MS	F	P	η^2
집단차이 at 1회기	비율	2.69	2	1.35	.95	.393	.02
	오차	96.77	68	1.42			
	비교	4.62	2	2.31	1.11	.334	.03
	오차	140.91	68	2.07			
집단차이 at 2회기	비율	10.64	2	5.32	6.26**	.003	.16
	오차	57.73	68	.85			
	비교	7.93	2	3.96	3.14*	.049	.09
	오차	85.75	68	1.26			
집단차이 at 3회기	비율	37.20	2	18.60	29.88**	.000	.46
	오차	42.32	68	.62			
	비교	9.36	2	4.68	3.90*	.025	.10
	오차	81.61	68	1.20			
집단차이 at 4회기	비율	30.52	2	15.26	31.08**	.000	.48
	오차	33.38	68	.49			
	비교	14.92	2	7.46	5.43**	.007	.14
	오차	93.48	68	1.38			

** $P < .01$, * $P < .05$

표 11. 각 처치집단에서 회기의 단순 주효과 분석

변량원	SS	df	MS	F	P	b^2
회기 간 차이 at 설명집단	9.80	3	3.26	3.70*	.016	.14
오차	58.22	66	.88			
회기 간 차이 at 정교화집단	37.49	3	12.50	13.17**	.000	.37
오차	62.62	66	.95			
회기 간 차이 at 도식집단	38.49	3	12.83	19.68**	.000	.47
오차	43.02	66	.65			

** P<.01, *P<.05

집단과 정교화 집단 간에 수행차이가 크게 나타나 정교화 집단의 수행이 정점에 이르렀음을 알 수 있다. 표 11에 따르면 설명 집단보다 도식 집단, 정교화 집단에서 회기의 증가에 따른 수행증진 효과가 크게 나타났다. 교수 효과가 가장 높게 나타난 4회기의 수행과 한 달 후에 실시된 지연검사의 수행(표 8)을 비교하였을 때 도식, 정교화 집단에서만 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 이것은 도식, 정교화 집단의 4회기에서의 수행이 한 달 후에도 그대로 유지되고 있는 것으로 개념 중심의 교수가 이루어질 때 교수효과가 지속적임을 알 수 있다. 이러한 결과는 지속적 교수효과를 나타내기 위해서는 문제해결의 일반적인 4단계 절차를 따르기 보다는 교수 시 문제구조를 체계적으로 조직화할 필요성을 제기한다.

IV. 논의 및 결론

본 연구에서는 각 처치집단, 능력집단에 따

라 수학 문장제 수행 차이를 비교해 보고 문장식 문제유형에 따른 수행 차이를 능력 집단 별로 알아보고자 하였다. 또한 회기의 증가에 따라 교수 증진효과를 분석해 보고 반복된 회기에서 성취 정도를 분석하여 능력 집단에 맞는 최적의 교수방법과 적절한 교수시간을 알아보는데 그 목적이 있었다.

설명 집단, 정교화 집단, 도식 집단 간 수행차이는 문장식 문제의 비율, 비교 문제 수행에서 유의미한 차이를 나타냈다. 이는 도식 집단과 정교화 집단이 설명 집단 수행보다 유의미하게 높게 나타난 것으로 도식기반 교수(도식, 정교화)가 일반학급의 모든 아동들에게 매우 유용한 방법임이 증명되었다.

이전의 연구들(Jitendra & Hoff, 1996; Jitendra et al., 1999; Xin & Jitendra, 2004)이 수학적 어려움에 처한 초등학생을 대상으로 하여 비교적 난이도가 낮은 교수재료로 도식 교수의 효과를 검증한 반면 본 연구는 일반학급의 모든 능력그룹에서의 교수효과를 증명하였다. 또한 같은 도식기반 교수 집단이라도 직접교수에 간접교수를 병용한 정교화 교수 집단이 도식

교수 집단의 수행보다 유의미하게 높아 수업 장면에서 학습자들이 문제를 만들거나 선택해 보는 직접적인 참여가 교수 효과를 높인 것으로 나타났다.

사전검사에서 유의미한 집단 간 차이를 나타냈던 상 집단과 중 집단, 중 집단과 하 집단에서 수행 차이가 나타나지 않고 상 집단과 하 집단에서만 집단 간 수행차이가 유의미하게 나타난 사실은 집중적인 반복 교수가 중 집단과 하 집단의 수행을 증가시켜 각 집단의 상위 집단과의 수행차이를 줄인 것으로 해석할 수 있다. 이러한 결과는 상 집단과 중 집단, 중 집단과 하 집단의 수행 비교를 통하여 중 집단과 하 집단의 성취도가 많이 향상된 것으로 볼 수 있다. 특히 정교화 집단의 중 집단에 속한 아동들은 상 집단의 성취도에 근접하는 수행 결과를 보여주어 중 집단의 학습자에게 정교화 교수가 매우 효과가 있었음을 알 수 있었다.

처치집단과 능력집단 간에 유의한 상호작용 효과가 나타나 처치집단 간 차이가 능력집단에 따라 다르게 나타났음을 알 수 있었다.

상 집단에서는 설명 집단과 정교화, 도식 집단 간의 수행차이가 유의미하게 나타났으며 중 집단에서는 설명 집단과 정교화, 도식 집단 간에 차이를 나타냈을 뿐만 아니라 도식 집단과 정교화 집단 간에도 유의미한 수행차이를 나타냈다. 하 집단에서도 설명 집단과 정교화 집단 간에 수행차이가 유의미하게 나타났으나 정교화 집단과 도식 집단 간에는 수행 차이가 나타나지 않았다.

처치집단과 회기 간 상호작용에 관한 분석 결과는 설명 집단과 도식 집단 간, 설명 집단

과 정교화 집단 간 수행차이가 회기에 따라 다르게 나타난 것으로 해석할 수 있다. 지금까지의 연구들(Jitendra & Hoff, 1996; Jitendra et al., 1999; Jitendra et al., 2002; Xin & Jitendra, 2004)은 1회기의 수행이 4회기까지 큰 변화없이 유지된 반면 본 연구에서는 집단 간 수행 차이가 3회기 이후에 분명하게 나타나고 4회기까지 유의미하게 유지되었다. 이것은 3회기 이후에는 설명 집단과 도식기반 집단, 정교화 집단과의 수행차이가 더욱 분명하게 드러났음을 의미한다. 이와 같은 결과는 한 달 후에 실시된 지연검사의 수행에서도 그대로 유지되어 개념중심의 교수가 이루어질 때 교수효과가 오래 지속될 수 있는 것으로 밝혀졌다.

본 연구 결과는 문장식 문제에서 도식기반 교수의 효율성에 관한 이전의 연구(Jitendra & Hoff, 1996; Jitendra et al., 1998, 1999, 2002)를 지지하였으나 미시발생적으로 수행 증진 효과의 추이를 문제유형, 처치집단, 능력집단에 따라 분석하였다. 또한 본 연구는 직접 교수와 간접 교수를 병행한 정교화 교수 집단을 실험에 투입하여 도식기반 교수가 직접 교수와 간접 교수를 동시에 병행하였을 때 더 효과적이라는 결론을 이끌어냈다.

본 연구의 결과는 학교 현장에서 수학 문장식 문제를 교수함에 있어 다음과 같은 점을 시사한다.

첫째, 도식기반 교수의 유용성은 문제해결에 어려움을 겪는 학습자들에게 영역 특정적 지식을 강조하는 개념 중심의 교육이 문장식 문제에서 문제유형 파악을 통해 수행력을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 문제 구조를 단계적으로 파악하는 4단계 전략(e.g., read,

plan, solve and check)은 개념적 지식과 연동되지 않는다면 문제해결에 어려움을 겪게 되어 정확한 문제표상과 정교화를 위한 훈련도구의 개발이 필요하다.

둘째, 도식기반 교수는 문제해결력이 떨어지는 아동들에게 특히 효과가 있고 중 집단에 속한 아동들에게도 매우 유용한 교수법으로 확인되었다. 문제해결력이 떨어지는 아동들에게 문제해결을 쉽게 도와줄 수 있는 도식을 교수 도구로 활용한다면 문제 유형을 쉽게 파악하게 할 수 있다. 또한 문제의 관계적 진술을 쉽게 수식으로 전환하는데 도움을 줄 수도 있을 것이다. 이는 도식이 아동들의 인지부하량(cognitive loading)을 줄여 문제해결력 향상에 도움을 줄 수 있기 때문이다.

본 연구의 결과는 검사문항의 난이도에 따라 결과가 다르게 나타날 수 있다. 즉, 비율문제에서 집단 간 차이가 뚜렷하게 나타난 것이 비교문제보다 난이도가 높았기 때문인 것으로 해석할 수 있어 난이도 정도에 따라 집단의 수행 차이가 달라질 수 있다. 또한 특정지역의 5학년 학생만을 대상으로 한 점은 본 연구가 갖는 제한점이다.

참고문헌

- 김은영 (2006). 기적의 수학 문장제. 길벗스쿨
- 성태제 (1995). 타당도와 신뢰도. 양서원
- 신철현 (1998). 수학과 문제해결력 측정을 위한 평가도구의 개발. 군산대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- 이경화 (1991). 독해점검전략의 상보적 수업을 통한 아동들의 독해력향상에 관한 연구, 숙명여자대학교 대학원 박사논문.
- Baroody, A. (1987). *Children Mathematical Thinking*, New York: *Teachers College Press*.
- Cawley, J., Parmar, R., Foley, T. E., Salmon, S., & Roy, S (2001). Arithmetic performance of students: Implications for standards and programming. *Exceptional Children*, 67, 311-328.
- Cawley, J., Parmar, R., Yan, W. F., & Miller, J. (1998). Arithmetic computation performance of students with learning disabilities: Implications for Instruction *Learning Disabilities: Research and Practice*, 11(4), 230 - 237.
- Fuson, K. C., & Willis, G. B. (1989). Second graders use of schematic drawing in solving addition and subtraction word problems. *Journal of Educational Psychology*, 81, 514-520.
- Hutchinson, N. L. (1993). Effects of cognitive strategy instruction on algebra problem solving of adolescents with learning disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 16, 34-63.
- Jitendra, A. K., DiPipi, C. M., & Perron-Jones, N.(2002). An exploratory study of schema based word problem solving instruction for middle school students with learning disabilities: An emphasis on conceptual and procedural understanding. *Journal of Special Education*, 36, 23-38.
- Jitendra, A. K., Griffin, C. C., McGoey, K., Gardill, M. C., Bhat, P., & Riley, T. (1998). Effects of mathematical word problem solving by students at risk or with mild disabilities,

- The Journal of Educational Research*, 91, 345-355.
- Jitendra, A. K., Hoff, K. (1996). The effects of schema based instruction on mathematical word problem solving performance of students with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 29, 422-431.
- Jitendra, A. K., Hoff, K., & Beck, M. M. (1999). Teaching middle school students with learning disabilities to solve word problems using a schema based approach. *Remedial and Special Education*, 20, 50-64.
- Jitendra, A. K., & Xin, Y. P. (1997). Mathematical word problem solving instruction for students with mild disabilities and students at risk for math failure: A research synthesis. *The Journal of Special Education*, 30, 412-438.
- Judd, T. P., & Bilsky, I. h. (1989). Comprehension and memory in the solution of verbal arithmetic problems by mentally retarded and nonretarded individuals *Journal of Educational Psychology*, 81, 541-546.
- Maccini, P., & Gagnon, J. C. (2002). Perceptions and application of NCTM's standards by special and general education teachers: Implications for practice for secondary students with emotional and learning disabilities. *Exceptional Children*, 68, 325-344.
- Marshall, S. P. (1995). *Schemas in problem solving*. New York: Cambridge University Press.
- Mercer, C. D., & Miller, S. P. (1992). Teaching students with learning problems in math to acquire, understand, and apply basic math facts. *Remedial and Special Education*, 13(3), 19-61.
- Parmar, R. S., & Cawley, J. F. (1991). Challenging the routines and passivity that characterize arithmetic instruction for children with mild handicaps. *Remedial and Special Education*, 12, 23-32.
- Parmar, R. S., Cawley, J. F., & Miller, J. H. (1994). Differences in mathematics performance between students with learning disabilities and students with mild retardation. *Exceptional Children*, 60, 549-563.
- Riley, M. S., Greeno, J. G., & Heller, J. 1. (1983). Development of children's problem-solving ability in arithmetic. In H. P. Ginsburg (Ed.), *The development of mathematical thinking*(pp.153-196). New York: Academic Press.
- Schwartz, J. (1988). *Intensive quantity and referent transforming arithmetic operations*. In J. Hiebert and M. Behr (Eds.), *Number concepts and operations in the middle grades*(pp.41-52). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Wills, G. G., & Fuson, K. C. (1988). Teaching children to use schematic drawings to solve addition and subtraction word problems. *Journal of Educational Psychology*, 80(2), 192-201.
- Woodward, J., & Montague, M. (2000, April). *Meeting the challenge of mathematics reform for students with learning disabilities*. Paper presented at the annual meeting of the Council for Exceptional Children, Vancouver, Canada.

- Xin, Y. P., & Jitendra, A. K. (2004). Effects of mathematical word problem solving instruction on middle school students with learning problems. *The Journal of Special Education*, 42, 200-218.
- Zawaiza, T. B. W., & Gerber, M. M. (1993). Effects of explicit instruction on community college students with learning disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 16, 64-79.

1 차원고접수 : 2009. 07. 13.
수정원고접수 : 2009. 09. 02.
최종게재결정 : 2009. 09. 03.

The Effect of Strategic Elaboration Instruction on Mathematical Word Problems

Kim, Euk-Gon

Choi, Kyoung-sook

Dept. of Child Psychology and Education, Sungkyunkwan University

This study investigated the effects of strategic schema based on the instruction of mathematical word problems. Three instructional methods (schema based instruction, schema based elaboration instruction and general strategy instruction) were compared in relation to mathematical problems with 72 fifth grade elementary school children. This experiment was designed to be conducted using two between factors, across three instructional and three ability groups, and with two within factors (two problem types, over four sessions). For each instructional group, three ability groups, which were divided in terms of mathematical ability, were included. The two types of problems were ratio and comparison problems, and instructions for three groups were given over four sessions. The results were analyzed using a repeated measure $3 \times 3 \times 2 \times 4$ MANCOVA. The results were as follows. First, the main effects for instructional groups and sessions, and interaction effects between instructional group and sessions were statistically significant. The schema based elaboration group performed significantly better than the other groups. Each group's performance increased from the pretest to the posttest. The performances of the groups on the posttest were statistically different, especially that of the schema based elaboration group. The schema based elaboration group performed significantly better than the other groups in session 3 and 4. The schema based instruction group performed significantly better than the general strategy group in session 2, 3 and 4 with comparison word problems. These results were interpreted according to the differences in terms of information processing.

Key words : schemas, problem solving, Schema Based Instruction, Schema Based Elaboration Instruction