

수학 저성취 아동과 일반 아동의 연산 오류 유형 변화 연구

김동일(金東一)* · 이주영(李周泳)**

논문 요약

이 연구에서는 기초학습부진 아동 중 수학 저성취 아동에게 적절한 교육적 중재를 제공하기 위해 수학 저성취 아동의 연산능력과 관련된 수행상의 특성을 파악하였다. 이를 위해 사칙연산에서 일반 아동과 수학 저성취 아동이 보이는 오류 유형을 분석하고 기술통계와 HLM을 이용하여 시간 흐름에 따른 오류 유형 변화 양상에서의 두 집단간 차이를 파악함으로써 수학 저성취 아동의 특성을 확인하였다. 그 결과 일반 아동은 연산 절차상의 문제로 인한 오류가 주로 발생하는 반면, 저성취 아동은 기본식을 재인하는 것과 기본 개념을 이해하는 부분에서의 문제가 해소되는데 상대적으로 시간이 오래 걸림을 알 수 있었다.

■ 주요어 : 수학 저성취 아동, 연산 오류 분석

I. 서론

공교육체제의 학교는 학생이 적절한 교육목표를 성취할 수 있도록 도와야 하는 책무성을 가지고 있으며, 이를 위해 다양한 조력을 제공해야 한다. 그러나 현실적으로 기초적인 교육목표를 달성하지 못하는 아동은 해마다 존재하며, 기초적인 읽기, 쓰기, 셈하기 능력이 또래

* 서울대학교 교육학과, 2단계 BK21 역량기반 교육혁신 연구사업단 참여교수

** 서울대학교 교육학과(교신저자)

에 비해 현저히 낮은 학령기 아동은 1만 명이 넘는다(국민일보, 2007. 1. 24). 게다가 한 교실에서 다양한 수준의 학생들이 교사 한 사람의 도움을 받아 동시에 같은 내용으로 학습해야 한다는 일제식 수업상황 때문에 기초 계산 능력이 부족한 아동들은 교실 수업을 통해 그들의 기초 연산 능력을 향상시키기 힘들다. 기초 계산 능력이 일상에서의 활동뿐만 아니라 수학, 과학 학습, 논리적 사고의 발달과 밀접하게 관련되어 있기 때문에 기초 계산 능력이 부족한 아동들은 일상생활이나 학업에서 곤란을 겪게 된다는 점을 고려한다면 이들의 기초 연산 능력을 향상시키는데 효과가 있는 교육 서비스를 개발하여 제공해야만 한다(장영숙, 2003).

이들에게 적합한 교육 서비스를 고안하기 위해서는 먼저 이들의 연산 수행상의 문제점을 파악하고 원인을 알아내야 한다. 일찍이 선행 연구자들은 이러한 필요성을 인식하여 여러 평가 방법들을 고안하였고 이를 이용하여 수학 저성취 아동의 수학 수행상의 문제점을 파악했다. 특히, 여러 평가 방법들 중 오류 분석은 수학 학습 부진 아동의 연산 수행상의 문제를 구체적으로 파악하는데 도움을 주기 때문에 여러 학자들이 오류 분석 결과에 근거하여 실질적인 교육 중재를 고안하는데 도움이 되는 정보를 제공하였다(전홍식, 1999). 국내 연구자들도 연산 오류 분석을 통해 교육 현장에 유용한 정보를 제공해주었다(김현정, 2001; 장영숙, 2003; 박상태, 1998; 추은영, 2003; 전영래, 안성우, 김미경, 2003). 하지만 선행연구들은 수학 저성취 아동과 일반 아동의 오류 유형의 특성을 비교하지 않아 연구 대상에 한계가 있었고, 각 연산 영역의 특성을 오류 분석들에 반영하지 않아 분석들에 한계가 있었다. 특히 기존 국내 연구들은 아동이 보이는 오류를 한 번만 측정했기 때문에 시간이 지남에 따라 오류의 출현률이 각 유형별로 어떻게 변화하는지에 관한 정보를 제공해주지 못했다. 반면 국외 연구에서는 일반 아동과 수학 학습장애 아동을 대상으로 단기 종단연구 방식을 취해 오류 유형 출현률의 변화를 확인했다. Geary(1990)는 수학 학습장애 아동의 인지적 특성에 관해 연구하기 위해 초등학교 1학년인 일반 아동과 수학 학습장애 아동을 대상으로 단기 종단연구를 실시하였다. Geary와 그의 동료들(1990, 1991)은 10개월 간격으로 두 차례 검사를 실시하여 수학 학습장애 아동과 일반 아동이 보이는 오류 유형의 출현률이 각 유형별로 어떻게 변화하는지 확인하였다. 그는 오류를 절차적 오류와 수식(number fact) 재인 오류로 구분하여 각각의 시간에 따른 변화를 확인하였다. 이 때 절차적 오류는 세기 전략과 관련된 오류이고 수식 재인 오류는 작동 기억의 결핍과 관련된 오류이다. Geary와 그의 동료들(1990, 1991)의 연구를 통해 수학 학습장애 아동의 근본적인 문제가 작동 기억의 결핍에 있음을 확인할 수 있었다. 하지만 그의 연구는 1학년을 대상으로 실시하였고, 오류와 관련된 전략을 세기 전략에만 한정되었기 때문에 형식적 수학 지식을 이용하여 연산을 하는 아동이 보이는 오류 유형의 변화 양상과 그 원인에 관한 정보를 제공하지 못했다.

따라서 이 연구에서는 선행 연구의 한계를 보완하여 각 연산 영역의 특성을 반영한 오류 분석틀을 고안하고 단기 중단 연구 방식을 통해 일반 아동과 수학 저성취 아동의 연산 오류 유형을 비교하여 수학 저성취 아동의 독특한 수학 수행상의 특성을 살펴봄으로써, 수학 저성취 아동의 연산 오류를 교정하고 줄일 수 있는 교수-학습에 대한 지침을 제공하려 했다. 이를 위해 다음과 같은 연구 문제를 설정하였다.

1. 연산 영역별로 수학 저성취 아동이 보이는 각 오류 유형이 차지하는 비율의 시간에 따른 변화 양상은 일반 아동과 비교하여 어떠한 특징이 있는가?
2. 연산 영역별로 수학 저성취 아동이 보이는 오류 유형의 시간에 따른 빈도 변화율은 일반 아동과 비교하여 어떠한 특징이 있는가?

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

이 연구는 수도권에 위치하고 있는 초등학교에 재학 중인 2학년 38명(일반 아동 30명, 수학 저성취 아동 8명)과 4학년 아동 45명(일반 아동 32명, 수학 저성취 아동 13명)의 자료를 수집하여 분석하였다. 여러 자리의 덧셈과 뺄셈을 배우는 시기가 2학년이기 때문에 2학년을 대상으로 덧셈과 뺄셈 오류 분석을 실시하고, 특수 교사의 지도나 개별 지도를 통해 곱셈 구구를 외우고 어느 정도 곱셈을 할 수 있는 4학년을 대상으로 곱셈과 나눗셈 오류 분석을 실시하였다.

저성취 아동을 선정하기 위해 먼저 특수 교사와 일반 교사에게서 수학 저성취 아동을 추천받았고, 전체 학생을 대상으로 수학 ACCENT검사를 실시하였다. 그 결과 수학 지수가 89 이하(평균 이하)인 하위 25%에 포함되면서 특수 학급에 배치되어 있거나 학습 보충반에 있는 아동들을 수학 저성취 아동으로, 수학 지수가 90이상이면서 일반 학급에 배치되어 있는 아동들은 일반 아동에 포함시켰다.

2. 검사도구

가. 오류 검사 문항 개발

2학년 아동을 대상으로 실시하는 검사 도구에는 1학년 1학기부터 2학년 1학기까지 배운

덧셈과 뺄셈 영역의 문제를 포함시켰다. 4학년 아동에게는 곱셈 학습이 시작하는 2학년 2학기부터 4학년 1학기까지 배운 곱셈과 나눗셈 영역의 문제를 제시하였다. 정확한 오류 진단을 위해서는 각 연산 기술의 하위 영역당 3문제 내지 5문제를 풀 결과가 있어야 하므로 문항 당 3문제를 개발했다. 또한 아동이 보이는 오류 유형의 변화양상을 확인하기 위해 동형 검사를 3 세트 제작했다.

덧셈과 뺄셈 문제지의 경우, 수학 ACCENT 검사와의 Pearson 상관계수를 통해 공인 타당도를 확인한 결과, 7월 검사지는 .72($p<.01$)로 높은 상관을 보였고 그 값도 통계적으로 유의했다. 나머지 검사는 7월 검사의 각 문항과 동일한 교육 내용으로 구성하여 동형으로 제작하였다. 곱셈과 나눗셈 문제지의 경우에도 수학 ACCENT 검사와의 Pearson 상관계수를 통해 공인 타당도를 확인한 결과, 7월 검사지는 .60($p<.01$)로 어느 정도 높은 상관을 보였다. 나머지 검사도 7월 검사의 각 문항과 동일한 교육 내용으로 구성하여 동형으로 제작하였다.

다음으로 두 문제지의 신뢰도를 Cronbach α 를 통해 확인한 결과를 살펴보면, 덧셈과 뺄셈 검사지는 .80로, 곱셈과 나눗셈 검사지는 .92로 높은 신뢰 수준을 보였다.

이 연구에서는 덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈에 따라 각 연산 유형별로 특징이 있으므로 이를 고려하여 오류 유형 분석틀을 개발하였다. 이 때, 전영례, 안성우, 김미경(2003)의 연구와 추은영(2003)의 연구를 참고하였다. 이 연구에서 사용하는 오류 유형 분석틀은 다음과 같다.

<표 1> 오류 유형 분석틀

오류 유형	하위 유형			
	덧셈	뺄셈	곱셈	나눗셈
체계적인 오류	잘못된 연산 ¹⁾			
	불완전한 연산 ²⁾			
	자릿값 오류 ³⁾			
	알고리즘 오류			
	받아 올림의 오류	받아 내림의 오류	받아 올림의 오류	0 처리 오류 ⁴⁾
		0 처리 오류 ⁵⁾	0 처리 오류 ⁶⁾	
	계산상의 오류 : 단순한 계산상에서의 오류		곱셈 구구 오류 ⁷⁾	
			덧셈 오류 ⁸⁾	뺄셈 오류 ⁹⁾
		가정몫 오류 ¹⁰⁾		
	임의의 오류	오류의 패턴 없이 무작위로 답을 적은 경우		
무응답 오류	문제에 응답하지 않은 경우			

1) 곱셈을 덧셈으로 풀거나 뺄셈을 덧셈으로 푸는 등 알맞은 연산이 아닌 다른 연산을 사용하여 계산하는 경우

2) 계산하다가 중단하거나 빼먹는 경우

3) 잘못된 자리에 답을 쓰는 경우

나. ACCENT 수학 검사

ACCENT 수학 검사는 1학년부터 3학년을 대상으로 하는 저학년용과 4학년부터 6학년을 대상으로 하는 고학년용으로 나누어 구성되어 있다. 각 검사지는 총 30문항으로 구성되어 있으며, 실시시간은 50분이다. 이 연구의 대상이 2학년과 4학년이기 때문에 저학년용과 고학년용을 모두 사용하였다. ACCENT 수학 검사는 수와 연산, 문자와 식, 측정, 도형, 확률과 통계, 규칙성과 함수의 총 6가지 영역으로 구성되어 있으며, 개념적 이해, 수학적 추론, 문제 해결, 연산 기능의 정확성, 수학에 대한 태도를 측정한다. ACCENT 수학검사의 신뢰도는 Cronbach $\alpha = .88$ 이상으로 높은 수준을 보이며, 지능검사(WISC-III)와의 상관관계는 .73이다.

3. 연구 절차

이 연구에서는 수도권 지역 3개 초등학교에서 일반아동과 수학 학습 저성취 아동을 대상으로 검사를 3회(7월 초, 9월 초, 11월 초) 실시하였다. 오류 검사를 하기 전에 아동의 수학 지수를 확인하기 위해 ACCENT 수학 검사를 실시한 이후에 오류 검사를 실시하였다. 검사를 실시할 때마다 검사지를 회수하여 채점한 후 풀이과정과 답을 분석하여 오류 유형을 조사하였고 연구자가 분석한 이후에 그 결과를 2명의 특수 교사에게 점검받았다. 아동이 2회 이상 동일한 오류 유형을 보일 경우, 해당 오류 유형으로 코딩했고, 중복오류의 경우, 학생들이 연산을 배우는 순서(교과과정)에 따라 먼저 보일 수 있는 오류로 표시하였다. 예를 들어 받아올림보다는 기본식을 먼저 배우므로 두 오류(받아올림 오류와 계산상의 오류)를 동시에 보일 때 기본식 문제인 계산상의 오류로 표시하였다.

4. 자료 분석

연산 영역별로 일반 아동과 저성취 아동이 보이는 각 오류 유형의 출현 빈도가 시간에 따라 변화하는 양상을 확인하기 위해 3회(7월 초, 9월 초, 11월 초) 검사를 실시하고 기초 통계를 이

-
- 4) 0을 무시하고 계산
 - 5) 0과 어떤 수를 곱할 때 어떤 수는 쓰는 경우
 - 6) 0에서 어떤 수를 뺄 때 무조건 0을 쓰거나 어떤 수를 쓰는 경우
 - 7) 곱셈 구구를 잘못하는 경우
 - 8) 부분 곱을 잘못 더하는 경우
 - 9) 나눗셈의 피제수에서 몫의 곱을 잘못 빼는 경우
 - 10) 가정몹을 적거나 많게 취하거나 한 번에 두 자리수의 몫을 구하려 하는 경우

용하여 전체 오류에서 각각의 오류 유형이 차지하는 비율의 변화 양상을 확인하였다. 또한, HLM을 이용해서는 각 오류 유형의 출현 빈도 변화율을 파악하여 두 집단을 비교하였다.

전체 오류에서 특정 오류가 차지하는 비율이 제시해주는 것은 각 집단에서 어떤 오류를 더 해소하기 어려운지를 확인하기 위함이고, HLM을 사용하여 실제 빈도의 변화를 살펴본 것은 두 집단 간 실제 오류 출현 빈도의 차이를 확인하기 위해서였다. 두 집단 간 오류 출현 빈도 변화율에 차이가 없다면 오류 교정 양상에서 차이가 없음을 의미하며, 차이가 있다면 교정 양상에 차이가 있음을 의미할 것이다. 이를 통해 일반 아동에 비해 저성취 아동이 보이는 오류들 중 해소되기 어려운 오류가 있다면, 즉, 빈도가 줄어드기는 하지만 그 속도가 느리거나 출현빈도가 늘어나는 오류가 있다면 교사가 이 부분을 중점적으로 교정해야 할 것이다. 덧셈 임의의 오류의 경우에는 학년 초기에는 저성취 아동이 일반 아동에 비해 임의의 오류를 많이 범했으나 학년 말이 되서는 그 빈도가 급격하게 감소하였음을 통해 초기에는 임의적으로 덧셈 문제를 풀던 아동들이 시간이 흐를수록 연산 전략을 습득하여 문제를 푸는 것을 의미한다.

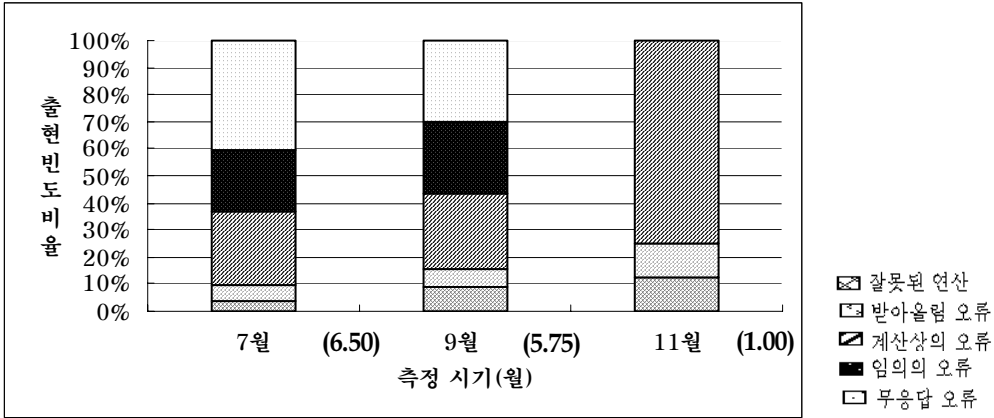
III. 연구 결과

1. 측정 시기에 따른 저성취 아동과 일반 아동의 연산 영역별 오류 유형의 출현률 변화 양상

가. 덧셈 오류 유형별 출현률 변화 양상 차이

먼저 저성취 아동들이 7월에 보인 덧셈 전체 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율을 살펴보면, 무응답 오류 40%, 계산상의 오류 27%, 임의의 오류 23%, 받아올림 오류 6%, 잘못된 연산은 4%순으로 나타났다. 이를 통해 7월에는 저성취 아동들이 무응답 오류와 계산상의 오류, 임의의 오류를 많이 범하고 있음을 확인할 수 있었다. 이에 비해 불완전한 연산이나 자리 값 오류, 알고리즘 오류는 나타나지 않았다. 9월에도 7월과 비슷한 양상이 나타났는데, 무응답 오류가 30%, 계산상의 오류 28%, 임의의 오류 26%, 잘못된 연산 9%, 받아 올림 오류 7%의 비율을 나타냈다. 이에 비해 11월에는 계산상의 오류가 74%로 가장 많았고, 잘못된 연산과 받아 올림 오류는 13%로 나타난 반면, 임의의 오류와 무응답 오류가 나타나지 않았다. 다음 [그림 1]은 측정 시기별로 저성취 아동이 보인 덧셈의 각 오류 유형의 평균 빈도수와 전체 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율을 그래프로 나타낸 것이다.

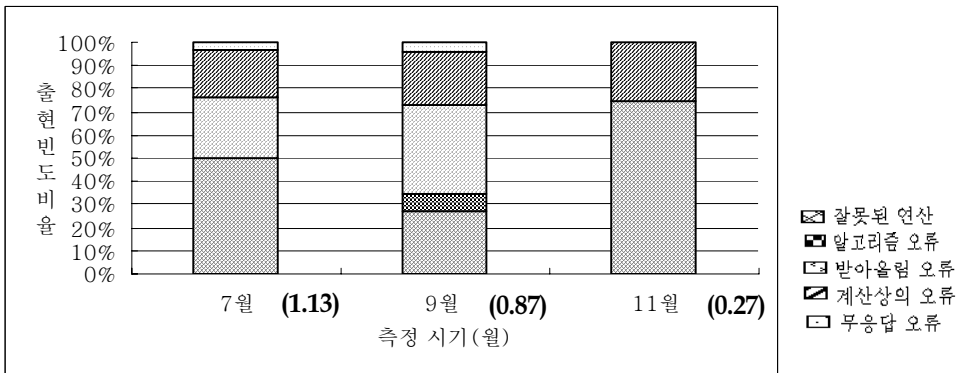
※()안은 총 평균 빈도수



[그림 1] 저성취 아동이 보인 덧셈 각 오류 유형의 평균 빈도수와 전체 덧셈 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율(측정시기별로)

일반 아동들이 7월에 보인 덧셈 전체 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율을 살펴 보면 잘못된 연산 50%, 받아올림 오류 26%, 계산상의 오류 21%, 무응답 오류 3%순으로 잘못된 연산과 받아 올림 오류가 가장 많은 비율을 차지하고 있다. 9월에도 이와 비슷한 양상을 보였는데, 받아올림 오류가 38%, 잘못된 연산 27%, 계산상의 오류 23%, 알고리즘 오류 8%, 무응답 오류 4%로 나타났다. 11월에는 일반 아동이 보인 덧셈 오류 중 잘못된 연산이 75%로 가장 많았고, 나머지는 모두 계산상의 오류로 나타났다. 다음 [그림 2]는 일반 아동이 보이는 덧셈 각 오류 유형의 평균 빈도수와 전체 덧셈 오류 중 각 오류 유형이 발생한 비율을 그래프로 나타낸 것이다.

※()안은 총 평균 빈도수



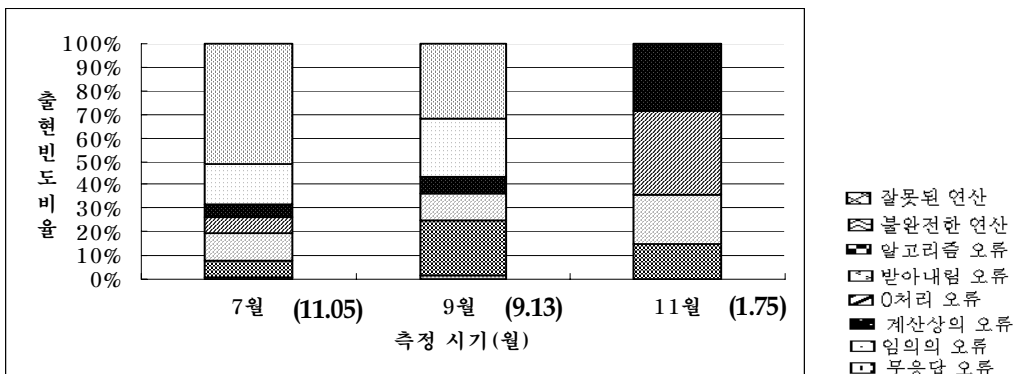
[그림 2] 일반 아동이 보인 덧셈 각 오류 유형의 평균 빈도수와 전체 덧셈 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율(측정시기별로)

나. 빨셈 오류 유형별 출현률 변화 양상 차이

7월에 저성취 아동의 빨셈 오류 유형을 측정한 결과, 전체 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율을 살펴보면, 무응답 오류 49%, 임의의 오류 16%, 받아내림 오류 11%, 알고리즘 오류와 0처리 오류 7%, 계산상의 오류 5%, 잘못된 연산 4%, 불완전 연산 1%순으로 나타났다. 이를 통해 7월에는 저성취 아동들이 무응답 오류와 임의의 오류를 많이 범하고 있음을 확인할 수 있었다. 9월에도 7월과 비슷한 양상이 나타났는데, 무응답 오류가 32%, 임의의 오류 25%, 알고리즘 오류 23%, 받아 내림 오류 11%, 계산상의 오류 7%, 잘못된 연산과 불완전한 연산은 1%의 비율을 나타냈다. 이에 비해 11월에는 0처리 오류가 36%로 가장 많이 나타났고, 계산상의 오류가 29%, 받아 내림 오류 21%, 알고리즘 오류 14%순으로 나타났다. [그림 3]은 저성취 아동이 보인 빨셈의 전체 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율을 그래프로 나타낸 것이다.

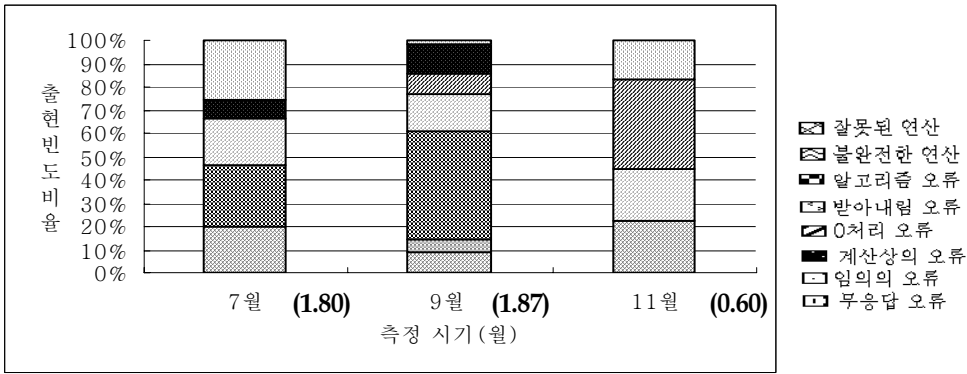
반면에 일반 아동들은 7월에 오류 유형을 측정한 결과, 빨셈 전체 오류 유형 중 알고리즘 오류는 27%, 무응답 오류 26%, 잘못된 연산과 받아내림 오류 20%, 계산상의 오류 7%순으로 알고리즘 오류, 무응답 오류, 잘못된 연산, 받아내림 오류가 비슷한 비율로 많은 부분을 차지하고 있다. 9월에 나타내는 오류 유형의 비율을 살펴보면, 이때는 알고리즘 오류가 46%로 가장 많이 나타났고, 받아내림 오류 16%, 계산상의 오류 13%, 0처리 오류와 잘못된 연산 9%, 불완전 연산 5%, 무응답 오류는 2%순으로 나타났다. 11월에는 빨셈 0처리 오류가 39%로 가장 많고, 잘못된 연산과 받아내림 오류 22%, 무응답 오류는 17%로 나타났다. 다음 [그림 4]는 일반 아동이 보이는 전체 빨셈 오류 중 각 오류 유형이 발생한 비율을 그래프로 나타낸 것이다.

※()안은 총 평균 빈도수



[그림 3] 저성취 아동이 보인 빨셈 각 오류 유형의 평균 빈도수와 전체 빨셈 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율(측정시기별로)

※()안은 총 평균 빈도수

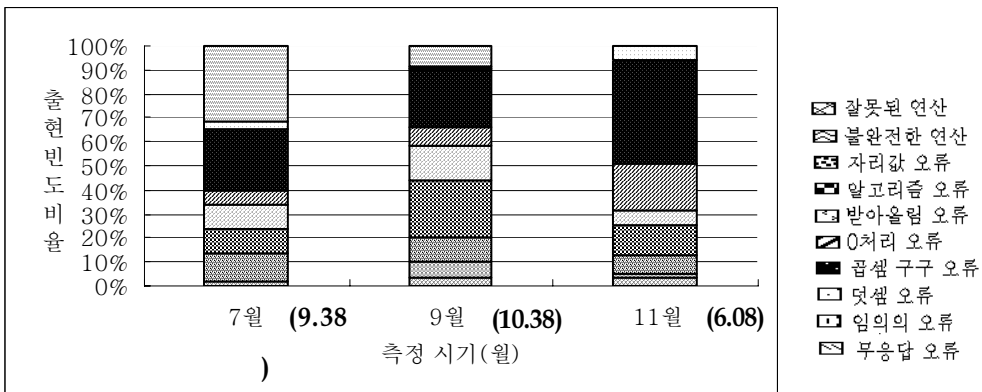


[그림 4] 일반 아동이 보인 뺄셈 각 오류 유형의 평균 빈도수와 전체 뺄셈 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율(측정시기별로)

다. 곱셈 오류 유형별 출현률 변화 양상 차이

7월에 나타난 곱셈 전체 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율을 살펴보면, 무응답 오류 31%, 곱셈 구구 오류 25%, 불완전한 연산 12%, 알고리즘 오류와 받아들림 오류 10%, 0처리 오류 7%, 덧셈 오류 3%, 잘못된 연산 2% 순으로 나타났다. 이에 비해 9월에는 무응답 오류가 8%로 그 비율이 급격히 떨어진 반면, 곱셈 구구 오류는 24%, 알고리즘 오류는 23%로 가장 많은 비율을 차지했으며 받아들림 오류가 15%, 자리값 오류 10%, 0처리 오류와 불완전 연산 7%, 잘못된 연산 4%, 덧셈 오류와 임의의 오류는 1%의 비율을 차지했다. 이러한

※()안은 총 평균 빈도수

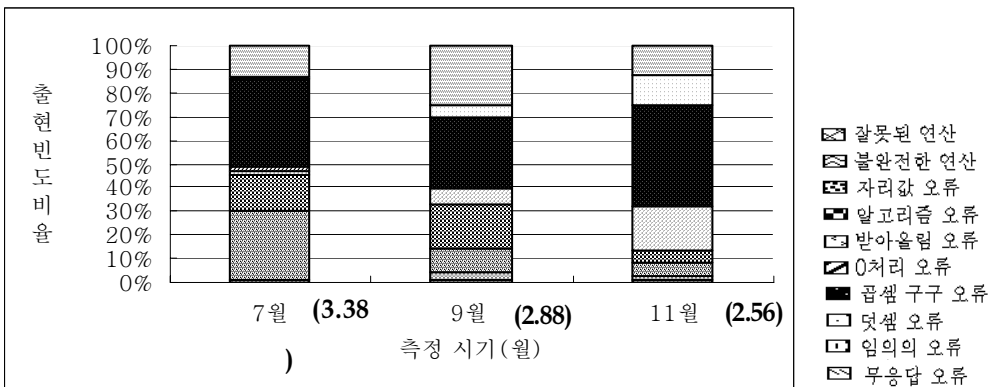


[그림 5] 저성취 아동이 보인 곱셈 각 오류 유형의 평균 빈도수와 전체 곱셈 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율(측정시기별로)

경향은 11월에도 계속되는데, 곱셈 구구 오류가 차지하는 비율이 더욱 증가해서 가장 많은 43%를 차지하고 있고, 0처리 오류 19%, 알고리즘 오류 13%, 자리값 오류 8%, 받아올림 오류와 덧셈 오류 6%, 잘못된 연산 4%, 불완전한 연산 1%순으로 나타났다. [그림 5]는 저성취 아동이 보인 곱셈의 전체 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율과 각 오류 유형의 평균 빈도수를 그래프로 나타낸 것이다.

일반 아동이 7월에 나타낸 곱셈 전체 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율을 살펴보면, 곱셈 구구 오류 38%, 자리값 오류 29%, 알고리즘 오류 15%, 무응답 오류 13%, 받아올림 오류 2%, 불완전 연산과 0처리 오류, 덧셈 오류는 1%순으로 나타났다. 일반 아동도 저성취 아동과 유사하게 곱셈 구구 오류를 가장 많이 보였는데, 이러한 양상은 11월까지 계속된다. 9월에도 역시 곱셈 구구 오류가 31%로 가장 많은 비율을 차지했고, 무응답 오류는 25%, 알고리즘 오류 18%, 자리값 오류 10%, 받아 올림 오류 7%, 덧셈 오류 5%, 불완전 연산 3%, 잘못된 연산 1%의 비율로 나타났다. 9월에 무응답 오류가 차지하는 비율이 증가했는데, 총 평균 빈도 수를 고려할 때 일반 아동들이 7월과 9월에 풀지 않은 문제의 수가 유사하다고 판단할 수 있다. 11월에도 곱셈 구구가 가장 많은 44%를 차지했고, 받아올림 오류 18%, 덧셈 오류 13%, 무응답 오류 12%, 자리값 오류 6%, 알고리즘 오류 5%, 잘못된 연산과 불완전 연산은 1%의 비율을 차지했다. 다음 [그림 6]은 일반 아동이 보인 곱셈의 전체 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율과 각 오류 유형의 평균 빈도수를 그래프로 나타낸 것이다.

※()안은 총 평균 빈도수



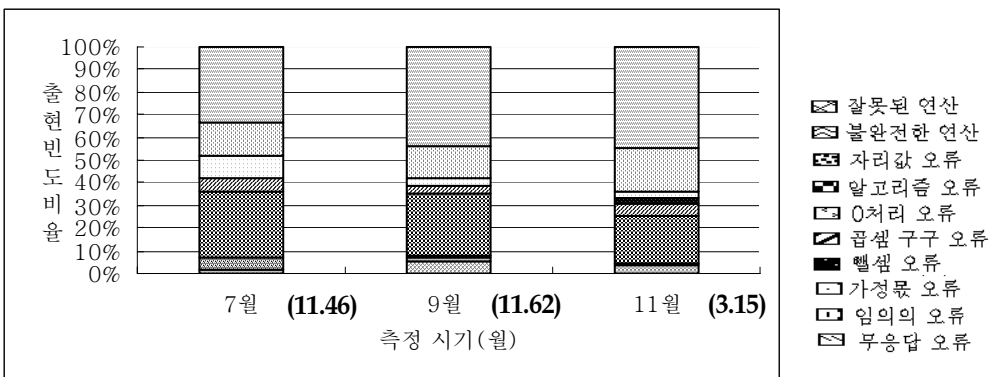
[그림 6] 일반 아동이 보인 곱셈 각 오류 유형의 평균 빈도수와 전체 곱셈 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율(측정시기별로)

라. 나눗셈 오류 유형별 출현률 변화 양상 차이

7월에 오류 유형을 측정한 결과, 나눗셈 전체 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율을 살펴보면, 무응답 오류 34%, 알고리즘 오류 29%, 임의의 오류 15%, 가정뭉 오류 9%, 곱셈 구구 오류 6%, 불완전연산 5%순으로 나타났다. 이를 통해 7월에는 저성취 아동들이 무응답 오류와 알고리즘 오류를 많이 범하고 있음을 확인할 수 있었다. 9월에는 무응답 오류가 45%, 알고리즘 오류 27%, 임의의 오류 14%, 잘못된 연산 5%, 가정뭉 오류 4%, 곱셈 구구 오류 3%, 불완전 연산과 자리값 오류는 1%의 비율을 보였다. 9월에도 7월과 비슷하게 무응답 오류와 알고리즘 오류가 가장 많이 나타났다. 이러한 양상은 11월에도 계속되는데, 11월에는 무응답 오류가 44%로 가장 많고, 알고리즘 오류 21%, 임의의 오류 19%, 곱셈 구구 오류는 5%, 불완전 연산 4%, 뺄셈 오류와 가정뭉 오류 3%, 과 자리값 오류 1%순으로 나타났다. [그림 7]은 저성취 아동이 보인 나눗셈의 전체 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율과 각 오류 유형의 평균 빈도수를 그래프로 나타낸 것이다.

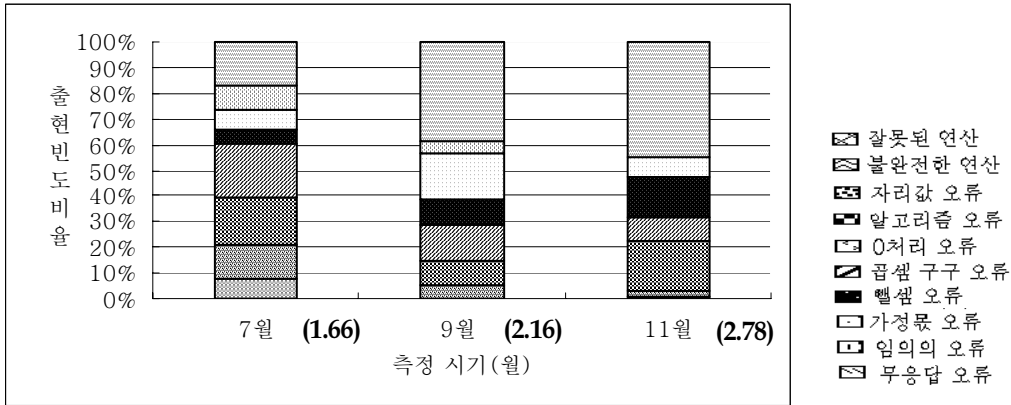
반면에 일반 아동들은 7월에 오류 유형을 측정한 결과, 나눗셈 전체 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율이 곱셈 구구 오류 20%, 알고리즘 오류 19%, 무응답 오류 17%, 자리값 오류 13%, 임의의 오류 9%, 불완전 연산과 가정뭉 오류는 8%, 뺄셈 오류 6%순으로 곱셈 구구 오류, 알고리즘 오류, 무응답 오류가 비슷한 비율로 많은 부분을 차지하고 있다. 9월의 오류 유형별 비율을 살펴보면, 무응답 오류는 40%, 가정뭉 오류 17%, 곱셈 구구 오류 14%, 뺄셈 오류는 10%, 알고리즘 오류 9%, 자리값 오류 6%, 임의의 오류 4%순으로 나타났다. 11월에도 무응답 오류가 45%로 가장 많은 비율을 차지했고, 알고리즘 오류 19%, 뺄셈

※()안은 총 평균 빈도수



[그림 7] 저성취 아동이 보인 나눗셈 각 오류 유형의 평균 빈도수와 전체 나눗셈 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율(측정시기별로)

※()안은 총 평균 빈도수



[그림 8] 일반 아동이 보인 나눗셈 각 오류 유형의 평균 빈도수와 전체 나눗셈 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율(측정시기별로)

오류 16%, 곱셈 구구 오류 9%, 가정몫 오류는 8%, 불완전한 연산 2%, 잘못된 연산은 1%의 비율로 나타났다. [그림 8]은 일반 아동이 보인 나눗셈의 전체 오류 유형 중 각 오류 유형이 차지하는 비율과 각 오류 유형의 평균 빈도수를 그래프로 나타낸 것이다.

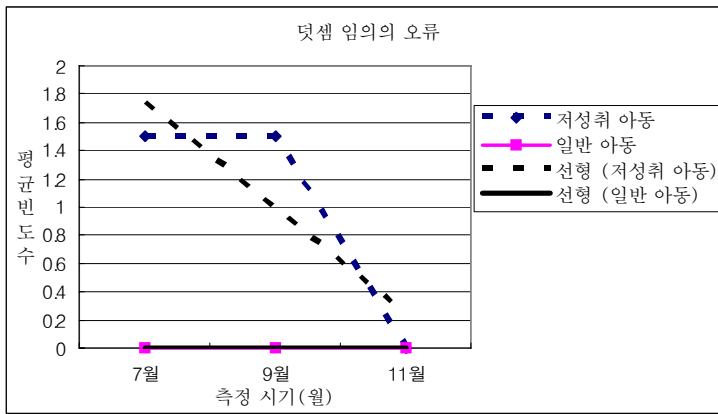
2. 측정 시기에 따른 저성취 아동과 일반 아동의 연산 영역별 오류 유형의 변화율 차이

가. 덧셈 오류 유형의 출현 빈도 변화율 차이

덧셈 각 오류 유형별 변화율이 집단 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는지 확인한 결과 덧셈의 오류 유형 중 임의의 오류 유형에서만 저성취 아동의 초기 평균 빈도수에서 유의한 차이가 나타났으며, 일반 아동과 저성취 아동의 변화율 사이에도 유의한 차이가 있었다. <표 2>에 제시된 임의의 오류 변화 양상 차이를 의미하는 HLM의 결과에 따르면, 저성취 아동은 7월에는 1.75개의 임의의 오류를 보이고($t=2.60, p<.01$), 그 후로 2개월 마다 덧셈 알고리즘 오류를 0.38씩 출현 빈도 수가 감소한다. 반면 일반 아동은 지속적으로 임의의 오류를 범하지 않는다. 일반 아동의 변화율은 변화율 차이를 의미하는 B11에 저성취 아동의 변화율 B10를 더하면 구할 수 있는데, B11이 -0.38이고 B10가 0.38이므로 일반 아동의 임의의 오류 변화율은 0이다. 따라서 일반 아동의 임의의 오류 빈도에 변화가 없다고 볼 수 있다. 저성취 아동의 오류 빈도 변화율과 두 집단의 차이가 모두 유의하고 신뢰도($B0=0.90, B1=0.70$)도 높다. <표 2>와 [그림 9]는 덧셈 임의의 오류의 변화 양상을 표와 그래프로 제시한 것이다.

<표 2> 두 집단의 덧셈 임의의 오류 변화 양상 차이 HLM 결과

고정 효과	계수	오류	T-ratio	자유도	유의 확률
초기 평균 빈도 수(B00)	1.75	0.67	2.60	36	0.01
초기 평균 빈도 수 차이(B01) (일반 아동 - 저성취 아동)	-1.75	0.76	-2.31	36	0.03
평균 변화율(B10)	-0.38	0.15	-2.452	36	0.02
변화율 차이(B11) (일반 아동 - 저성취 아동)	0.38	0.17	2.18	36	0.04



[그림 9] 덧셈 임의의 오류 변화 양상

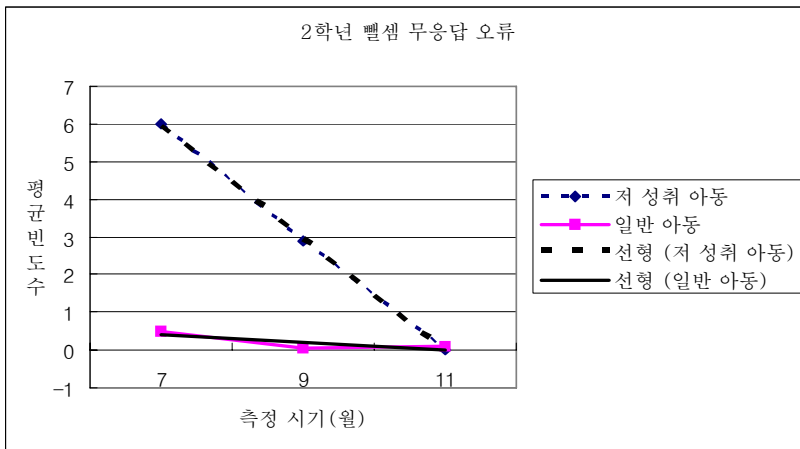
나. 뺄셈 오류 유형의 출현 빈도 변화율 차이

뺄셈 오류 유형에서는 무응답 오류 유형에서만 저성취 아동의 평균 변화율과 일반 아동과 저성취 아동의 변화율 차이가 유의하게 나타났다. 무응답 오류의 분석 결과를 살펴보면 <표 3>에 제시된 것처럼, 저성취 아동은 7월에 5.65개의 문제에 응답하지 않았고, 2개월 마다 1.41개씩 응답하지 않은 문제 수가 줄어들었다. 반면 일반 아동이 7월에 응답하지 않은 문제 수는 0.39개였고, 2개월마다 0.09씩 줄어들었다. 이 때 모수치의 신뢰도(B0=0.87, B1=0.72)는 높은 편이므로 이 값을 신뢰할 수 있으나, 측정 횟수가 3회로 짧기 때문에 성급하게 일반화할 수는 없다.

이에 따르면, 저성취 아동의 무응답 오류는 급격하게 감소하는 반면 일반 아동의 무응답 오류는 완만한 속도로 줄어든다고 볼 수 있다. 그러므로 뺄셈을 배우는 초기에는 저성취 아동들이 일반 아동에 비해 상대적으로 무응답 오류를 많이 보이지만 시간이 지날수록 두 집단 간 무응답 오류 빈도가 비슷해진다. 즉, 저성취 아동은 초기에는 뺄셈을 습득하는 것에 상대적으

<표 3> 두 집단의 빨셈 무응답 오류 변화 양상 차이 HLM 결과

고정 효과	계수	오류	T-ratio	자유도	유의 확률
초기 평균 빈도 수(B00)	5.65	2.05	2.551	36	0.01
초기 평균 빈도 수 차이(B01) (일반 아동 - 저성취 아동)	-5.26	2.07	-2.52	36	0.02
평균 변화율(B10)	-1.41	0.47	-2.99	36	0.01
변화율 차이(B11) (일반 아동 - 저성취 아동)	1.31	0.48	2.75	36	0.01



[그림 10] 빨셈 무응답 오류 변화 양상

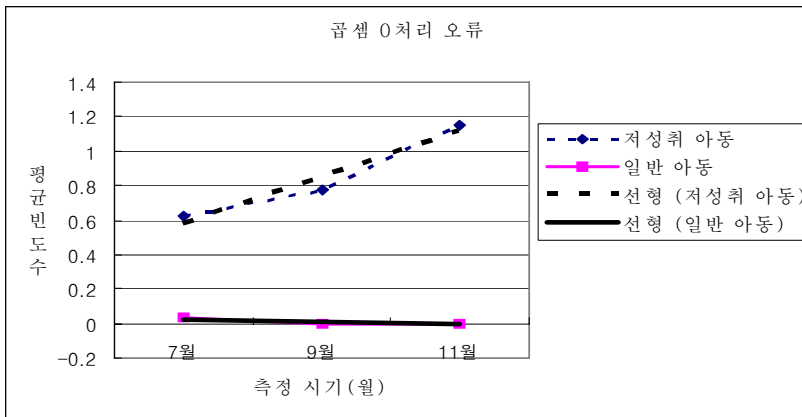
로 심각한 어려움을 겪지만 시간이 지나면 이런 어려움을 극복할 수 있다고 말할 수 있다. <표 3>과 [그림 10]은 빨셈 무응답 오류의 변화 양상을 표와 그래프로 제시한 것이다.

다. 곱셈 오류 유형의 출현 빈도 변화율 차이

곱셈 오류 유형 중 0처리 오류에서 두 집단간 유의한 차이가 나타났다. 0처리 오류의 경우 저성취 아동은 시간이 지날수록 증가하는 경향을 보이는 반면 일반 아동은 감소하는 경향을 보인다. 구체적인 양상은 <표 4>에서 확인할 수 있다. 저성취 아동은 7월에 0.58개의 0처리 오류를 범하고, 2개월마다 0.13씩 증가한다. 반면 일반 아동은 7월에 0.03개의 0처리 오류를 범하고, 2개월마다 0.01씩 감소하며, 모수치의 신뢰도($B_0=0.91$, $B_1=0.56$)도 어느 정도 높다. 다음은 곱셈 0처리 오류의 변화 양상을 표와 그래프로 제시한 것이다.

<표 4> 두 집단의 곱셈 0처리 오류 변화 양상 차이 HLM 결과

고정 효과	계수	오류	T-ratio	자유도	유의 확률
초기 평균 빈도 수(B00)	0.58	0.23	2.50	43	0.02
초기 평균 빈도 수 차이(B01) (일반 아동 - 저성취 아동)	-0.55	0.27	-2.01	43	0.05
평균 변화율(B10)	0.13	0.04	3.32	43	0.00
변화율 차이(B11) (일반 아동 - 저성취 아동)	-0.14	0.05	-2.96	43	0.01



[그림 11] 곱셈 0처리 오류 변화 양상

나눗셈 오류 유형의 빈도 변화율의 경우에는 두 집단사이에 유의한 차이가 나타난 오류 유형이 존재하지 않았는데, 이는 두 집단의 나눗셈 오류 유형 출현 빈도 변화 양상에 통계적으로 유의한 차이가 없음을 의미한다.

IV. 논의 및 결론

본 연구에서 측정 시기에 따라 연산 영역별로 각 오류 유형이 차지하는 비율의 변화양상의 집단 차이를 살펴봄으로써 집단별로 상대적으로 해결하기 어려운 오류 유형이 무엇인지 확인하였다.

첫째, 덧셈에서는 일반 아동과 달리, 저성취 아동의 오류 유형 중 계산상의 오류가 시간이 지날 수록 전체 오류에서 차지하는 비율이 증가하였다. 저성취 아동의 경우, 다른 오류 유형에 비해 계산상의 오류가 쉽게 교정되지 않고 그 비율이 증가하는 것은 덧셈의 기본식을 익

힐 때, 문제를 푸는 과정에서 틀린 덧셈식을 지속적으로 기억하여 장기 기억에 저장되었기 때문이다(Ashcraft, 1992). 반면, 계산절차상의 문제로 나타나는 알고리즘 오류와 여러 학자들(Hamann & Ashcraft, 1985; Hitch, 1978; Widaman, Geary, Cormier, & Little, 1989; Widaman, Little, Geary, & Cormier, 1992)에 의해 덧셈에서 어려운 부분이라고 지적된 받아올림에서 저성취 아동이 오류를 범하는 비율은 다른 오류에 비해 매우 적었고 그 변화율도 크지 않았다. 이를 통해 저성취 아동의 경우, 덧셈을 습득할 때 풀이 방식보다는 정확한 덧셈 기본식을 습득하는데 있어서 겪는 문제가 해소되기 어렵다고 판단할 수 있다. 이는 Geary(1990)의 연구 결과와 유사한데, 그에 따르면 시간이 흐름에 따라 절차적인 부분에서는 저성취 아동의 수행이 일반 아동과 유사해지지만 작동 기억과 관련된 덧셈 기본식을 암기하는 부분에서 일반 아동과 유사해지는 데 시간이 더 많이 걸린다.

덧셈 오류 유형 중 출현 빈도 변화율에서 두 집단간에 통계적으로 유의한 차이가 있는 유형은 덧셈 임의의 오류였다. 일반 아동의 경우 그 빈도수에 변화가 없는 반면, 저성취 아동의 임의의 오류는 시간이 지날수록 급속하게 감소하였으며, 이 때 모수치의 신뢰도($B1=0.9$, $B2=0.7$)가 높았다. 이를 통해 초기에 저성취 아동은 임의의 오류를 많이 보이지만, 시간이 지날수록 그 빈도수가 급속하게 줄어드는 특징이 있다고 말할 수 있다. 아동이 임의의 오류를 범하는 이유는 주어진 문제를 푸는 방법을 모를 뿐만 아니라 아동만의 전략도 없기 때문이므로, 시간이 흐를수록 이 오류가 감소했다는 것은 적어도 아동이 문제를 해결하는 자신만의 전략을 개발했음을 의미한다. 이러한 결과를 전략선택의 관점에서 해석하면, 아동이 자신만의 전략을 개발했기 때문에 저성취 아동의 연산 능력이 어느 정도 발달하였다고 볼 수 있기는 하지만 이 결과만으로 전략선택의 적절성과 효율성 관점에서 저성취 아동의 연산 능력이 일반 아동과 동등해졌다고 말할 수는 없다.

둘째, 뺄셈에서 저성취 아동과 일반 아동 모두 7월에는 무응답 오류를 가장 많이 보이다가 9월에 저성취 아동은 여전히 무응답 오류를 가장 많이 보이지만 일반 아동의 경우에는 9월에는 알고리즘 오류를 가장 많이 보였다. 11월에는 두 집단 모두 거의 무응답 오류를 범하지 않은 반면, 0처리 오류를 가장 많이 범했다. 하지만 저성취 아동의 경우 시간이 지날수록 계산상의 오류 비율이 증가하고 알고리즘 오류도 여전히 남아있는 반면, 일반 아동은 11월에 잘못된 연산 오류가 많은 비율을 차지하고 있다. 이는 덧셈에서 저성취 아동이 보였던 특징과 유사하다. 즉, 저성취 아동은 일반 아동에 비해 정확한 뺄셈 기본식을 암기하지 못하는 특징이 있으며 뺄셈의 경우 무조건 큰 수에서 작은 수를 빼는 알고리즘 오류를 범하는 경향이 있다고 추정할 수 있다.

뺄셈 각 오류 유형별 빈도 변화율이 집단 간에 차이가 있는지 확인한 결과 무응답 오류에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 일반 아동은 무응답 오류를 계속적으로 보이지 않

은 반면, 저성취 아동의 경우에는 초기에 무응답 오류를 많이 범했지만 시간이 지날수록 급격하게 감소하였고, 이 때 모수치의 신뢰도($B1=0.87$, $B2=0.72$)는 높은 편이었으므로 이 값을 신뢰할 수 있다. 이처럼 저성취 아동의 무응답 오류가 급격하게 감소하는 것은 저성취 아동이 뺄셈에 익숙해져서 문제를 풀려는 시도를 하기 때문으로 보이며, 11월에 임의의 오류도 함께 감소했음을 감안할 때 저성취 아동의 뺄셈 능력이 어느 정도 향상되었음을 암시한다.

셋째, 곱셈에서는 두 집단 모두 7월, 9월, 11월에 곱셈 구구 오류를 많이 보였다. 이러한 결과는 곱셈 구구 오류와 알고리즘 오류가 곱셈에서 가장 많이 나타난다는 윤희태(2002)의 연구 결과와 비슷한 양상이다. 하지만 일반 아동과 달리 저성취 아동의 경우 시간이 지날수록 0처리 오류가 차지하는 비율이 증가하였다. 이는 일반 아동에 비해 저성취 아동이 0이 포함된 곱셈 문제를 해결하는데 서투르며, 이러한 경향이 쉽게 사라지지 않음을 의미한다.

곱셈 각 오류 유형의 출현 빈도 변화율을 살펴본 결과에서도, 0처리 오류에서 두 집단간에 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 0처리 오류의 경우 저성취 아동은 시간이 지날수록 출현 빈도가 증가했고, 일반 아동은 감소했으며, 모수치의 신뢰도($B0=0.91$, $B1=0.56$)도 어느 정도 신뢰할 수 있었다. 저성취 아동의 0처리 오류가 증가한 것은 7월에는 저성취 아동이 0이 포함된 문제를 풀지 않았거나 임의의 오류를 보이다가 시간이 지나면서 곱셈을 푸는 능력이 향상되어 곱셈을 푸는 자신만의 전략을 설정하기는 했지만 그 수준이 $n \times 0=0$ 이라는 법칙을 사용하는 전략을 적절하게 활용하는 수준까지는 도달하지 못했음을 의미한다.

넷째, 나눗셈에서 저성취 아동은 7월, 9월, 11월 모두 무응답 오류와 임의의 오류를 가장 많이 범했다. 시간이 흐를수록 아동 개인이 보이는 전체 오류 빈도는 줄어들기 때문에 무응답 오류와 임의의 오류의 절대 빈도수가 증가하지는 않지만 이처럼 전체 오류 수 중에 무응답 오류와 임의의 오류가 차지하는 비율이 증가한다는 것은 저성취 아동 중 일부가 거의 나눗셈을 습득하지 못했거나 나눗셈 문제가 일정 수준 이상이 되면 저성취 아동들이 그 문제를 풀 엄두도 내지 못함을 의미한다. 일반 아동도 저성취 아동과 동일하게 무응답 오류를 가장 많이 범하기는 했지만, 그 빈도수를 볼 때 저성취 아동의 무응답 오류에 비하면 현저히 적다. 일반 아동이 범한 오류 중 무응답 오류가 가장 높은 비율을 차지하고 있다는 것은 일반 아동 역시 나눗셈을 습득하는데 어려움을 겪음을 암시하기는 하지만 가정몫 오류의 비율이 감소하고 뺄셈 오류의 비율이 증가했음을 통해 일반 아동은 시간이 지날수록 나눗셈을 단계적으로 습득하고 있다고 추정할 수 있다.

지금까지 살펴본 바에 따르면, 시간이 흐를수록 일반 아동과 저성취 아동 모두 오류를 범하는 확률이 줄어들기는 하지만 쉽게 해결되지 않는 오류 유형에는 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 즉, 일반 아동은 연산 절차상의 문제로 인한 오류가 주로 발생하는 반면, 저성취 아동은 기본식을 재인하는 것과 기본 개념을 이해하는 부분에서의 문제가 해소되는데 상대

적으로 시간이 오래 걸림을 알 수 있었다. 저성취 아동들의 특성상 오류를 직접 교정해주지 않으면 오류가 쉽게 해소되지 않으며, 반복적으로 잘못된 수행을 하면서 틀린 기본식을 습득하여 고정될 수 있다는 점을 감안한다면 학습 초기에 저성취 아동들이 정확한 기본식을 익히도록 오류를 범할 때마다 즉각적으로 교정해줘야 할 필요가 있다. 따라서 덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈에서 저성취 아동에게 지도가 필요한 부분은 절차나 전략보다는 기본 개념이나 기본식이므로 저성취 아동을 가르칠 때 연산 하는 방법에 집중하기보다 각 연산 기호가 의미하는 것이 무엇이며, 덧셈과 뺄셈에서는 기본식을, 곱셈에서는 곱셈 구구를 정확하게 습득하고 암기하는 데에, 그리고 나눗셈에서는 나눗셈의 기본 개념과 다른 연산 영역(덧셈과 곱셈)과의 관계를 이해하는데 지속적으로 관심을 기울여야 한다.

이 연구를 통해 저성취 아동에게 연산을 가르칠 때 집중해야 하는 부분에 대해 확인할 수 있다. 하지만 이 연구의 사례 수가 그리 많지 않고, 오류 분석 시 학생 인터뷰를 하지 않았으며, 수학 학습 장애 아동에 대한 정보를 제공하지는 못한다는 점에서 일반화하는데 어려움이 있으므로 추후 연구에서는 이를 보완하여 실시한다면 교육 현장에 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 국민일보(2007. 1. 24). 읽기·쓰기·셈하기 '난감'. 10면
- 김현정(2001). 초등학교 특수학급 아동의 연산 오류 유형 분석. 단국대학교 일반 대학원 석사학위 청구논문.
- 박상태(1998). 연산의 사고오류별 교정프로그램을 통한 가감산 기본 학습력 신장방안. 학습장애교육분과 현장 교육연구 보고서
- 윤희태(2002). 초등학생들의 기초 계산 오류에 대한 분석적 연구 - 곱셈과 나눗셈을 중심으로 -. 인천교육대학교 교육대학원 석사학위 청구논문.
- 장영숙(2003). 오류 분석을 통한 뺄셈 부진아 지도 방안 연구. 경인교육대학교 교육대학원 석사학위 청구논문.
- 전영례·안성우·김미경(2003) 초등학교 수학 학습 장애아동과 일반 아동 간의 연산 오류 유형 비교 연구. 특수아동교육연구, 5(1). pp. 191-209.
- 전홍식(1999). 자폐성 장애아동의 사칙연산 오류 유형 분석. 단국대학교 교육대학원 석사학위 청구논문.
- 추은영(2003). 이분모 분수의 덧셈과 뺄셈에서 오류와 원인 분석. 춘천교육대학교 교육대학원 석사학위 청구논문.
- 한국교육과정 평가원(1998). 학습부진아 지도프로그램 개발연구. 서울: 한국교육과정 평가원.
- Ashcraft, M. H. (1992). Cognitive arithmetics: A review of data and theory. *Cognition*, 44, 75-106.
- Geary(1990), D. C. (1990). A componential analysis of an early learning deficit in mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology*, 49, 363-383.
- Geary, D. C., & Brown, S. C (1991). Cognitive addition: Strategy choice and speed-of-processing differences in gifted, normal, and mathematically disabled children, *Developmental Psychology*, 27, 398-406.
- Geary, D. C., & Brown, S. C., & Samaranayake, V. A. (1991). Cognitive addition: A short longitudinal study of strategy choice and speed-of-processing differences in normal and mathematically disabled children. *Developmental Psychology*, 27, 787-797.
- Hamann, M. S., & Ashcraft, M. H. (1985). Simple and complex mental addition across development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 40, 49-72.

- Hitch, G. J. (1978). The role of short-term working memory in mental arithmetic. *Cognitive Psychology, 10*, 302-323.
- Miller, K. F., & Paredes, D. R. (1990). Starting to add worse: Effects of learning to multiply on children's addition. *Cognition, 37*, 213-242.
- Widaman, K. F., Geary, D. C., Cormier, P., & Little, T. D. (1989). A componential model for mental addition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 15*, 898-919.
- Widaman, K. F., Little, T. D., Geary, D. C., & Cormier, P. (1992). Individual differences in the development of skill in mental addition: Internal and external validation of chronometric models. *Learning and Individual Differences, 4*, 167-213.

* 논문접수 2007년 5월 31일 / 1차 심사 2007년 6월 11일 / 2차 심사 2007년 6월 19일

* 김동일: 서울대학교 교육학과 및 동대학원을 졸업하고 미네소타 대학교 교육심리학과에서 학습장애전공으로 석사, 박사 학위를 취득하였다. 현재 서울대학교 교육학과 교수로 재직 중이며, 주요 저서 논문으로는 '학습장애아동의 이해와 교육'과 '특수아동상담' 등이 있다.

* e-mail: dikimedu@snu.ac.kr

* 이주영: 서울대학교 생물교육학과를 졸업하고 동대학교 협동과정 특수교육전공으로 석사학위를 취득하였다. 현재 서울대학교 교육학과 교육상담전공 석사과정 중에 있으면서 교육학과 조교로 재직 중이다.

* e-mail: juyoung5@snu.ac.kr

Abstract

Arithmetic Error Analysis of Students with Academic Difficulties

Kim, Dongil* • Lee, juyoung**

The number of students with academic difficulties have not disappeared in school although they have taken advantages of education service. Educators and administrators have tried to improve their achievement level but have often failed. In this research, the arithmetic performance characteristics of students with academic difficulties is discovered for providing proper educational intervention to them through arithmetic error pattern analysis. There are two groups, students with academic difficulties and average achievement children. They are compared by descriptive analysis and HLM to find out the arithmetic performance characteristics of students with academic difficulties. According to the result of analysis, it is revealed that poor performance of students with academic difficulties in arithmetic performance comes from lack of recognizing basic number facts and understanding basic concept. Therefore, the result shows us what part teachers who instruct students with academic difficulties focus on.

Key words: tudents with academic difficulties, arithmetic error analysis

* Professor, Seoul National University

** Assistant, Seoul National University