

## 초등학교 고학년 학생의 전두엽연합령 기능에 따른 보존논리 형성 정도

김영신 · 나은미 · 권용주 · 정완호  
(한국교원대학교)

### The Relationship Between the Functions of Prefrontal Lobe and the Formation of Conservation Logic in Elementary School Children

Kim, Young-Shin · Na, Eun-Mi · Kwon, Yong-Ju · Chung, Wan-Ho  
(Korea National University of Education)

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the functions of prefrontal lobe on the formation of conservation scheme of elementary students. In this study, 107 students of 4th to 6th grades were selected from the elementary school in Seoul area. As to the research, 4 items for conservation logic test from GALT test sheet were used. The planning ability, inhibiting ability and reasoning ability were measured for the prefrontal lobe functions. About 30% of 4-6 grade students did not have volume conservation logic skills. The formation of conservations was not linear. Inhibiting ability was significantly different in level of conservation. And, conservation logic skills were significantly correlated with cognitive variables. Reasoning ability was significantly explained about 10% of the conservation logic in 4-6 grades.

#### I. 서 론

21세기는 무한 경쟁의 시대이며 정보의 시대라고 할 수 있다. 급변하는 사회는 사회 구성원들에게 적응력을 요구할 뿐만 아니라 그 상황에 맞는 정신의 변화를 강요하고 있다. 또한, 필요한 정보를 이끌어내고 조직화하고 이용하는 데에 필요한 논리적이고 과학적인 사고를 요구하고 있다. Lawson(1985)은 과학교육의 두 가지 목표를 학생의 논리적 사고력 발달과 과학적 개념 획득으로 보았다. 교육의 궁극적 목적 또한 생각하는 힘, 사고력을 길러주는 일이다. 이

러한 면에서 볼 때 학교에서의 과학교육은 학생들의 사고력을 신장하기 위한 기초를 제공할 수 있어야 한다. 우리나라에서 2000년부터 적용되고 있는 제7차 교육과정은 학생들의 창의력을 키우고, 스스로 문제 해결능력을 기르는 내용으로 구성되어 있다.

아동의 사고력 발달에 많은 시사점을 주고 있는 것은 Piaget의 인지 발달 단계이다. Piaget 인지 발달 이론에서 중요한 위치를 차지하고 있는 것은 보존개념이다. 보존개념이란 물질에 어떤 것이 더해 주거나 감해 주지 않는 한, 모양이나 위치가 변하더라도 그 양, 수, 길이, 무게, 부피 등이 변하지 않는다는 동일

성(identity)으로서 설명될 수 있다. 보존개념의 원리는 물리학, 수학 등의 과학 분야뿐만 아니라, 일상 생활의 상식분야에까지 널리 쓰이고 있다. 실제로, 생활에서의 많은 부분과 과학적 사고는 보존개념 없이는 불가능하다(Bruner, Olver, Greenfield, 1966).

보존개념의 형성은 전조작적 단계에서 구체적 조작 단계로의 발달, 즉, 전논리적 사고를 하느냐 논리적 사고를 하느냐를 판가름해 주는 준거가 될 수 있다. Piaget는 어린이가 수, 길이, 양, 물질 보존은 대략 7-8세에, 무게보존은 9-10세에, 부피보존은 11-12세에 획득된다고 하였다.

논리적 사고가 인간의 정신활동 가운데 가장 고등한 사고활동의 하나임을 고려할 때, 논리적 사고를 보다 체계적으로 이해하기 위해서 신경학적 측면에서의 연구가 반드시 요구된다. 최근에는 사람의 뇌 기능 분화에 관한 연구(강호감, 1991; 박숙희, 1994)와 일부의 연구들이지만 신경심리적 관점에서 인간의 고등한 사고인 추론 또는 논리적 사고에 대한 연구가 보고되었다(Kwon, 1997; Lawson, 1993; 허명 등, 1997). 이러한 신경심리학적 연구에 따르면 전두엽 연합령은 인지 과정에서 몇 가지 중요한 고등 사고 과정을 담당하는 것으로 밝혀졌다. 인간의 전두엽 연합령은 뇌에서 가장 풍부한 신경조직의 연결망을 가지고 있으며(Fuster, 1989; Goldman-Rakic, 1987) 뇌의 진화에서 보아도 가장 최근에 진화한 뇌 영역으로서(Fuster, 1989; Kolb & Whishaw, 1996; Luria, 1980), 서열적 사고, 계획, 판단, 억제, 그리고 반응의 통합 및 조절과 같은 가장 고등한 사고를 담당하는 중추로서 알려져 왔다.

중·고등학생들에 대한 논리적 사고력, 전두엽연합령에 대한 연구(정완호 등, 1998; 허명 등, 1997; 황선찬, 1999)가 이루어졌으며, 초등학생들에 대한 논리적 사고력에 대한 연구(김철한, 1998)도 이루어지고 있다. 그러나, 구체적 조작단계에 해당되는 초등학생들에게 형성되는 논리적 사고력 중 가장 기본이 되는 하위논리인 보존논리에 대한 연구는 미흡하다. 그러므로 본 연구는 신경심리학에 바탕을 두고 초등학교 고학년 학생들의 보존논리 형성정도와 보존논리와 전두엽 연합령의 기능을 분석함으로써, 보존논리에

미치는 전두엽 연합령의 기능을 추론하여, 보존논리 형성을 위한 프로그램의 개발을 촉진하여 아동들의 사고력을 향상시킬 수 있도록 하는데 목적이 있다. 본 연구의 구체적인 연구 문제는 다음과 같다. 첫째, 학년, 성별에 따른 보존논리의 형성 정도는 어떠한가? 둘째, 보존논리의 형성에 영향을 미치는 전두엽 연합령의 기능은 무엇인가?

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구의 연구 대상은 서울에 위치한 초등학교 4, 5, 6학년 학생들 중 남자 55명, 여자 52명으로 총 107명을 표집하였다. 각 학년별로는 4학년 35명(남자 18명, 여자 17명), 5학년 37명(남자 19명, 여자 18명), 6학년 35명(남자 18명, 여자 17명)이다.

### 2. 검사도구

본 연구에서 보존논리를 측정하기 위한 검사도구는 Roadrangka et al.(1983)등이 개발한 GALT의 보존논리 문항을 사용하였다. 보존논리는 양, 길이, 무게, 부피의 보존논리를 검사하였다. 각 논리에서 이유와 답을 모두 맞힌 경우는 형성(2점), 이유나 답 중 하나를 맞힌 경우에 과도기(1점), 이유와 답을 모두 맞히지 못한 경우에 미형성(0점)으로 하였다.

본 연구에서는 피검자의 추론 능력(MTT), 설계 능력(TOL), 억제 능력(WCST)을 조사하였다. 추론 능력 검사는 Lawson(1976) 등이 사용한 도형 판별 검사(Melinak Type Task: MTT)를 사용하였다. MTT는 일련의 카드로 된 도형들을 판별하는 문제이다. 이 검사에서 피험자는 판별하는 도형의 예와 그 도형이 아닌 예를 통해서 정확한 도형의 보기를 고르는 과제이다. MTT는 10개의 검사 문항으로 구성되어 있다. 정확한 예를 모두 선택하고, 예가 아닌 것을 선택하지 않은 피험자에게 1점을 부과한다. 그 이외의 경우에는 모두 0점으로 처리한다. 그러므로 전체 점수는 0점에서 10점 사이가 된다.

설계 능력을 측정하기 위한 TOL(Tower of London) 과제는 전체 과제를 하부 과제로 나누어야만 목표에 도달할 수 있기 때문에 기본적으로 앞일에 대한 구상능력을 보는 퍼즐이다(Shallice, 1982). TOL 검사는 초기 상태에서부터 검사자에 의해 제시된 그림의 상태에 이르기 위해 움직이는 횟수와 순서를 전체적으로 정확하게 계획해야 한다. TOL 검사 과제에 대하여 처음 주어진 1분 동안에 목표를 달성하면 3점을, 두 번째 주어진 1분 동안에 성공하면 2점을, 마지막 세 번째로 주어진 1분 동안에 성공하면 1점을 부과하였다. 10문항에 대한 점수를 모두 합하여 계획 능력 점수로 삼았다. 따라서 만점은 30점이 된다.

억제 능력을 측정하기 위한 검사 도구로서 WCST(Wisconsin card sorting test)를 사용하였다. 이 검사도구는 신경 심리학적 검사의 대표적인 것으로서, 억제 기능을 측정하기 위한 검사 도구로 널리 사용된다(Lezak; 1995; Milner, 1963;). 억제 능력 점수가 높은 학생들은 보속적 오류가 많은 것으로 억제 능력이 떨어지는 것을 의미한다. 반면에 억제 능력 점수가 낮은 학생들이 억제 능력이 높은 것을 의미한다.

### Ⅲ. 연구 결과 및 논의

초등학교 4학년에서 6학년 학생 107명을 대상으로 초등학교 고학년 학생들의 보존논리 형성 정도와 보

존논리 형성에 영향을 미치는 전두엽연합령의 기능을 분석하였다. 보존논리 형성 정도를 알아보기 위하여 양, 길이, 무게, 부피 보존을 묻는 문항을 사용하였다. 전두엽연합령의 기능으로는 추론 능력, 설계 능력, 억제 능력을 측정하였다.

#### 1. 보존논리의 형성 정도

초등학교 고학년 학생들의 양, 길이, 무게, 부피 보존논리의 형성 정도는 <표 1>에 나타내었다. 4학년 학생들은 보존논리 중 양 보존논리가 가장 많이 형성되어 있었으며, 다음은 무게 보존논리로 나타났다. 양, 길이, 무게 보존논리는 55%이상의 학생들이 논리가 형성되었지만, 부피 보존논리는 약 30%의 학생만이 형성된 것으로 나타났다.

5학년의 경우, 무게와 양 보존논리가 70% 이상 형성되었으며, 길이 보존논리는 약 60%가 형성되었다. 그러나, 부피 보존논리는 약 15%만이 형성되었고, 70%가 형성되지 않은 것으로 나타났다. 6학년은 양 보존논리가 80%이상, 길이와 무게 보존논리는 70% 이상이 형성되었다. 그러나, 부피 보존논리는 30%만이 형성되었으며, 60%의 학생이 미형성 되었다.

양과 부피 보존논리는 4학년에서 5학년사이에서는 형성 비율이 감소하였지만, 6학년에서 형성된 학생들의 비율이 증가하였다. 길이와 부피 보존논리는 학년이 올라가면서 계속적으로 증가하는 경향을 보였다.

표 1. 학년에 따른 보존논리 구성 비율 ( ): %

보존논리	학년	4학년			5학년			6학년		
		미형성	과도기	형성	미형성	과도기	형성	미형성	과도기	형성
양		4	1	30	3	8	26	4	1	30
		(11.4)	(2.9)	(85.7)	(8.1)	(21.6)	(70.3)	(11.4)	(2.9)	(85.7)
길이		12	3	20	10	5	22	7	3	25
		(34.3)	(8.6)	(57.1)	(27.0)	(13.5)	(59.5)	(20.0)	(8.6)	(71.4)
무게		10	3	22	7	2	28	7	2	26
		(28.6)	(8.6)	(62.9)	(18.9)	(5.4)	(75.7)	(20.0)	(5.7)	(74.3)
부피		22	3	10	26	5	6	21	4	10
		(62.9)	(8.6)	(28.6)	(70.3)	(13.5)	(16.2)	(60.0)	(11.4)	(28.6)

한편, 5학년 학생들이 다른 학년에 비해 보존논리의 형성 비율이 낮았다 특히 부피 보존논리의 형성 정도가 낮았다.

양, 길이, 무게, 부피 보존논리의 형성 정도가 학년에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보이고 있는지를 살펴보았다. <표 2>에 의하면 양, 길이, 무게, 부피 보존논리의 형성 정도 학년에 따라 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다(p>.05).

표 2. 보존논리 형성에 대한 학년별 일원 변량 분석 분석 결과

변인	변량원	자유도	자승합	평균 자승	F 값
양	집단간	2	.35	.18	.42
	집단내	104	44.07	.42	
	전 체	106	44.43		
길이	집단간	2	1.48	.74	.95
	집단내	104	81.02	.78	
	전 체	106	82.50		
무게	집단간	2	1.07	.54	.76
	집단내	104	73.65	.71	
	전 체	106	74.73		
부피	집단간	2	1.10	.55	.75
	집단내	104	76.62	.74	
	전 체	106	77.72		

한편, 성별에 따라서 초등학교 고학년 학생들의 보존논리가 어떻게 변화되는지를 살펴보기 위하여 이유

와 답을 모두 맞게 답한 경우 2점, 이유 또는 답을 맞게 표기한 경우 1점, 이유와 답을 모두 틀린 경우 0점으로 처리하여 보존논리 획득 점수를 부과하였다. 그 결과는 <표 3>에 제시하였다.

표 3. 성별 보존논리 획득 점수 ( ) : SE

학년	4학년		5학년		6학년	
	남학생	여학생	남학생	여학생	남학생	여학생
양	1.70 (.16)	1.77 (.16)	1.58 (.14)	1.67 (.16)	1.61 (.18)	1.88 (.11)
길이	1.06 (.24)	1.41 (.21)	1.21 (.21)	1.44 (.20)	1.33 (.21)	1.71 (.17)
무게	1.22 (.22)	1.47 (.21)	1.58 (.19)	1.56 (.19)	1.56 (.19)	1.52 (.21)
부피	.61 (.22)	.71 (.22)	.53 (.19)	.39 (.16)	.89 (.23)	.47 (.19)

4학년의 경우, 4가지의 보존논리에서 남학생보다 여학생이 더 높은 점수를 얻었다. 5학년의 경우는 양과 길이 보존논리에서는 여학생이 더 높은 점수를 얻었으나, 부피 보존논리에서는 남학생이 여학생보다 더 높은 점수를 얻었다. 6학년의 경우 양과 길이 보존논리는 여학생이 더 높은 점수를 얻었지만, 무게와 부피 보존논리에서는 남학생이 더 높은 점수를 얻었다. 그러나 4-6학년 모두 남학생과 여학생간에 통계적으로 유의미한 차이는 없었다(p>.05).

보존논리가 형성된 학생들의 비율을 성별에 따라 분석하여 <그림 1>과 같이 제시하였다. 4학년에서 양

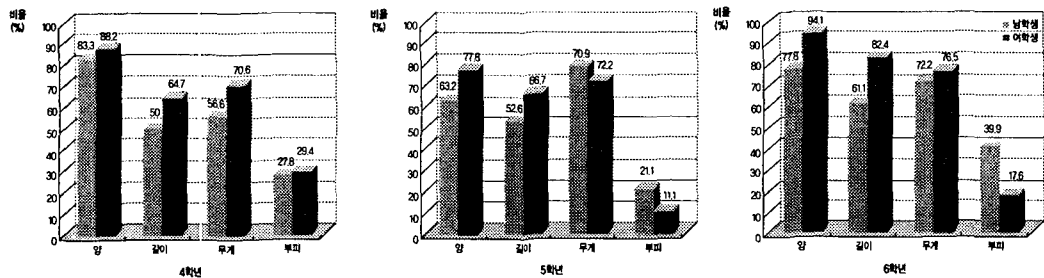


그림 1. 성별에 따른 보존논리 형성 정도

보존논리가 형성된 학생이 가장 많았으며, 다음은 무게와 길이 보존논리 순으로 나타났다. 양, 길이, 무게 보존논리에서는 남학생보다 여학생의 보존논리 형성이 더 많이 이루어진 것으로 나타났다. 그러나, 부피 보존논리에서는 남학생이 여학생보다 논리가 더 많이 형성된 것으로 나타났다. 부피 보존논리의 형성 점수에서는 여학생이 더 높았으나 부피 보존논리가 형성된 학생은 남학생이 더 많았다.

5학년의 경우에서는 양과 무게의 보존논리가 형성된 학생이 많았으며, 부피 보존논리가 형성된 학생의 비율은 적었다. 양과 길이 보존논리는 여학생이 더 많이 형성되었으나, 무게와 부피 보존논리에서는 남학생이 더 많이 형성되었다. 6학년에서는 양, 길이, 무게 보존논리가 약 70% 이상 형성되어있다. 양, 길이, 무게 보존논리에서 여학생이 더 많이 형성되었다. 부피 논리에서는 남학생이 더 많이 형성된 것으로 나타났다.

남학생과 여학생의 비교에서 부피 논리만이 남학생이 더 많이 형성되었으며, 학년이 올라갈수록 남학생과 여학생 사이의 부피 보존논리의 형성 정도가 더 커지는 것으로 나타났다. 그러나, 이외의 보존논리에서는 남학생과 여학생 사이의 형성정도에 큰 차이를 보이지 않고 있다.

초등학교 고학년 학생들의 보존논리 형성의 정도는 선행 연구(유애열, 1985; 최재환 등, 1993)와 비슷한 결과를 보이고 있다. 또한, 초등학교 고학년 학생들의 보존논리 형성 비율이 저학년 학생들에 비해 높게 나타났다. 초등학교 3학년 학생들의 보존논리 형성 정도는 15~54% 범위이다(배운주, 2000).

부피 보존논리가 미형성된 학생들이 60% 이상이나 존재하였다(표 1 참조). 또한, 학년이 올라갈수록 부피 보존논리가 형성된 학생의 비율이 남학생이 많았으며, 그 차이도 커지는 것으로 나타났다(그림 1 참조). 부피 보존논리는 11-12세에 형성되는 논리로서 아직 초등학교 고학년 학생들의 인지수준보다 어려운 논리로 사료된다. 또한, 초등학교 고학년에서 부피 보존논리의 형성 정도에서 남학생과 여학생 사이의 차이가 점점 커짐으로써 남학생이 여학생보다 과학 및 수학을 더 쉽게 이해하는 것으로 사료된다.

## 2. 전두엽의 기능에 따른 보존논리 형성

초등학교 고학년 학생들의 전두엽연합령의 기능이 어떻게 변화되는지를 살펴보았다. <표 4>에서 보는 바와 같이 추론 능력(MTT)은 5학년이 가장 낮은 점수를 얻었다. 계획 능력은 4학년에서 가장 낮은 점수를 얻었고 6학년에서 가장 높은 점수를 얻었다. 억제 능력은 5학년에서 가장 높은 점수를, 6학년에서 가장 낮은 점수를 얻었다.

표 4. 전두엽연합령 기능의 학년간 차이 ( ): SE

기능 \ 학년	4학년	5학년	6학년	F 값
추론 능력	3.77 (.38)	3.08 a <sup>1)</sup> (.34)	4.94 a (.44)	5.95*
계획 능력	18.57 a (.83)	21.16 (.81)	22.94 a (.78)	7.28*
억제 능력	22.4 (2.39)	25.51 (2.47)	19.48 (2.58)	1.49

\* p<.05, 1) 같은 문자가 있는 것은 p=.05 수준에서 통계적으로 차이가 있음을 의미한다.

전두엽연합령의 기능이 학년에 따라서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 추론 능력은 6학년 학생들이 5학년 학생에 비해서 높게 나타났으나, 4학년은 다른 학년과 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 계획 능력은 6학년 학생이 4학년 학생에 비해 통계적으로 유의미하게 높았으나, 5학년 학생은 다른 학년과 유의미한 차이를 보이지 않았다. 억제 능력은 학년간에 유의미한 차이를 보이지 않았다.

본 연구의 전두엽연합령 기능의 변화 경향은 선행 연구와 같은 결과를 보이고 있다. 즉, 추론 능력, 계획 능력, 억제 능력은 전두엽연합령의 기능과 관련된 것으로서, 그 발달이 선형적이지 않다는 것이다(권용주 & Lawson, 1998; 정완호 등, 1998; 김영신 등, 2000). 또한 초등학교 저학년에 비해 고학년이 더 발달한 것으로 나타났다(배운주, 2000).

표 5. 전두엽의 기능에 따른 보존 논리에 대한 t 검증 결과

전두엽연 합령 기능	단계	보존 논리	사례수	평균	표준 오차	t 값
추론능력	하위	양	62	1.6	.7	-1.74
	상위		42	1.8	.5	
	하위	길이	62	1.3	.9	-.45
	상위		42	1.4	.9	
	하위	무게	62	1.5	.8	-.50
	상위		42	1.5	.8	
하위	부피	62	.5	.8	-.69	
상위		42	.6	.9		
계획능력	하위	양	49	1.7	.6	.50
	상위		58	1.7	.7	
	하위	길이	49	1.4	.9	.13
	상위		58	1.3	.9	
	하위	무게	49	1.6	.8	.74
	상위		58	1.4	.9	
하위	부피	49	.5	.8	-.98	
상위		58	.7	.9		
억제능력	하위	양	55	1.7	.7	.13
	상위		52	1.7	.6	
	하위	길이	55	1.3	.8	-.12
	상위		52	1.4	.9	
	하위	무게	55	1.4	.9	-1.33
	상위		52	1.6	.8	
하위	부피	55	.4	.8	-2.27*	
상위		52	.7	.9		

초등학교 고학년 학생들의 전두엽연합령의 기능에 따른 보존논리 점수가 통계적으로 유의미한 차이가 있는지를 살펴보았다. <표 5>에서 보는 것과 같이 추론능력과 계획 능력의 수준에 따라서는 양, 길이, 무게 보존논리의 획득 점수에 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 억제 능력의 수준에 따라서는 양, 길이, 무게 보존논리에서는 통계적인 차이가 없었으나, 부피보존논리에서는 통계적으로 유의미한 차이를 보이고 있다( $p < .05$ ).

양, 길이, 무게 보존논리의 형성 정도에 따라서 전두엽연합령의 기능이 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것은 이들 보존논리의 형성 정도가 전체적으로 높았기 때문으로 사료된다. 양, 길이, 무게 보존논리는 약 60% 이상의 학생들이 형성된 것으로 나타났다(표 1). 부피 보존논리가 형성된 학생은 약 30%내외이며, 60% 이상의 학생이 형성되지 않았다. <표 5>의 결과로 볼 때 부피 보존논리의 형성에 전두엽연합령의 기능 특히 억제 능력의 수준에 따라서 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉, 부피 보존논리가 형성된 학생이 억제 능력이 부피 보존논리가 형성되지 않은 학생보다 높게 나타났다.

### 3. 보존논리와 전두엽연합령의 기능과의 관계

초등학교 고학년 학생들의 전두엽연합령의 기능과 보존논리 사이의 상관관계를 분석하였다. <표 6>에서 보는 바와 같이 학생들의 전두엽연합령의 기능 중 추론 능력은 양 보존논리와 유의미한 상관이 있으며, 억제 능력은 부피 보존논리와 부적의 상관이 있었다.

표 6. 전두엽연합령의 기능과 보존논리 사이의 상관관계 분석 결과

변인	보존논리			
	양	길이	무게	부피
추론 능력	.21*	.13	.08	.14
계획 능력	.02	.01	-.04	.00
억제 능력	-.02	.01	-.10	-.20*

추론 능력, 계획 능력, 억제 능력 등의 전두엽연합령의 기능 중 보존 논리 형성에 영향을 미치는 변인을 찾아보고 그 변인이 어느 정도 영향을 주는지를 회귀 분석을 통해 살펴보았다. 초등학교 고학년 학생들의 보존논리 형성에 예측 변인으로 나타난 것은 추론 능력이었다. 추론 능력이 보존논리의 형성에 대한 변량

의 약 7% 정도를 설명하고 있다.

한편, 양, 길이, 무게, 부피의 4가지 보존논리의 형성 정도에 영향을 미치는 전두엽연합령의 기능을 살펴본 결과 양 보존논리에서만 추론 능력이 예측 변인으로 나타났다. 추론 능력이 양 보존논리를 설명하는 예언력은 약 4%였다.

초등학교 고학년 학생들의 보존논리에 영향을 미치는 추론 능력, 계획능력, 억제 능력의 예언력이 극히 낮은 것으로 나타났다. 전두엽연합령의 기능으로 설정한 변인이 전두엽연합령의 발달과 관련이 있는데, 초등학교 고학년 학생들은 전두엽연합령의 발달이 이루어지지 않았기 때문(Epstein, 1978)으로 사료된다. 전두엽의 발달을 살펴보면, 출생 2주에 성장하기 시작하며, 4개월과 6개월에 급등 성장이 이루어진다. 그 후 2세때 새로운 급등 성장이 이루어지며, 8세에는 전두엽의 수초화가 이루어진다. 다시 22세에 전두엽에서 새로운 생장이 이루어진다. 전두엽연합령의 발달이 초등학교 고학년에 해당하는 9-11세 사이에서는 특별한 발달이 없음을 알 수 있다. 즉, 8세에 이루어지는 전두엽의 수초화 과정과 보존 논리 형성과 깊은 관련성이 있을 것으로 사료된다.

#### IV. 결 론

초등학교 고학년 학생들의 보존논리 형성 정도와 보존논리 형성에 영향을 미치는 전두엽연합령의 기능을 살펴보았다. 보존논리의 형성 정도를 측정하기 위하여 양, 길이, 무게, 부피 보존논리를 묻는 문항을 초등학교 4, 5, 6학년 학생 107명에게 투입하였다. 전두엽연합령의 기능과 관련된 추론 능력, 설계 능력, 억제 능력을 측정하였다.

본 연구의 결과는 초등학교 고학년 학생들의 양, 길이, 무게 보존논리는 60% 이상이 형성되었으며, 최대 85%가 형성되었다. 그러나, 부피 보존논리가 형성된 학생이 40% 이하인 것으로 나타났다. 보존논리의 형성 정도는 학년에 따라서 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 또한 성별에 따라서는 여학생이 남학생보다 보존논리의 형성 정도가 높은 것으로 나타났다. 그러나, 부피 보존논리에서는 남학생이 여학

생보다 더 많이 형성되었으며, 그 차이는 학년이 갈수록 커지는 것으로 나타났다. 보존논리와 유의미한 상관을 보이는 전두엽연합령의 기능은 추론 능력과 억제 능력이었다. 보존논리를 예측하는 예측변인은 추론 능력이며 그 설명력은 7% 정도였다.

이러한 본 연구의 결과, 부피보존논리는 초등학교 고학년 학생들의 인지수준에는 어려운 논리이며, 보존논리의 형성도 비선형적으로 이루어졌다. 부피 보존논리가 형성되지 않은 학생들은 형식적 조작기의 사고를 수행하기에 어려움을 느낄 것으로 사료된다. 따라서 초등학교 고학년 학생들의 부피 보존논리의 형성을 위한 학교 현장의 노력이 이루어져야 할 것이다.

초등학교 고학년 학생들의 보존논리의 형성에 영향을 미치는 전두엽연합령의 역할은 아주 미미한 것으로 나타났다. 초등학교 고학년 학생들의 보존논리에 영향을 미치는 변인을 찾는 추가적인 연구가 이루어질길 기대한다.

#### 참 고 문 헌

- 강호감 (1991). 두뇌의 기능 분화에 따른 교수 전략이 창의력 및 자연과학학업 성취도에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 권용주, Lawson, A. E. (1998). 중등학교 학생들의 신경기능 성숙, 과학적 사고 발달 그리고 개념 변화에서 밝혀진 비선형적 발달의 정체와 급등 현상. *한국과학교육학회지*, 18(4), 589-600.
- 김설한 (1998). 초등학교 학생들의 귀납 - 연역적 추론 능력과 정신 용량 및 보속오류와의 관계. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 김영신, 권용주, 박윤복, 구수정, 정완호 (2000). 과학 성취도에 영향을 미치는 전두엽연합령의 기능에 대한 종단적 연구. *한국생물교육학회지*, 20(2), 123-128.
- 박숙희 (1994). 뇌의 기능 분화와 창의성, 학업 성취의 관련 연구. 성신여자대학교 대학원 박사학위논문.
- 배윤주 (2000). 초등학교 저학년 학생의 인지적 변인

- 들과 보존논리 형성과의 관계에 대한 연구. 한국 교원대학교 대학원 석사학위 논문.
- 유애열 (1985). 아동의 보존개념 발달과 음악적 보존 개념 발달간의 관계. 이화여자대학교 대학원 석사학위 논문.
- 정완호, 김영신, 권용주 (1998). 중학생들의 논리적 사고 발달에 미치는 신경심리학적 요인의 분석. 한국교원대학교 교수논총, 14(12), 105-123.
- 최재환, 이운환, 김애자. (1993). 국민학교 아동의 지적발달 수준과 자연 교과서 내용과의 비교 연구. 초등과학교육, 12(2), 127-144.
- 허명, Lawson, A. E., 권용주 (1997). 과학적 추론 능력의 발달에서 전두엽연합령의 역할. 한국과학교육학회지, 17(4), 525-540.
- 황선찬 (1999). 인지 발달 단계이행과 전두엽 연합령의 기능적 특성. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.
- Bruner, J. S., Olver, R. R., & Greenfield, P. M. (1966). *Studies in cognitive growth*. New York: Wiley.
- Elkind, D. (1962). Piaget's conservation problems. *Child Development*, 15-27.
- Epstein, H. T. (1978). Growth sprouts during brain development: Implications for educational policy and practice. In J. S. Chall & A. F. Mirsky(Eds.). *Education and the brain: The seventy-seventh Yearbook of the National Society for the Study of Education*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Fuster, J. M. (1989). *The prefrontal cortex: Anatomy, physiology, and neuropsychology of the frontal lobe*(2nd Ed). New York: Raven Press.
- Goldman-Rakic, P. S. (1987). Development of cortical circuitry and cognitive function. *Child Development*, 58, 601-622.
- Kolb, B., & Wishaw, I. Q. (1996). *Fundamentals of Human Neuropsychology* (4th Ed). New York: W. H. Freeman and Company.
- Kwon, Y. (1997). *Linking prefrontal lobe functions with reasoning and conceptual change*. Doctoral Dissertation. Tempe, AZ: Arizona State.
- Lawson, A. E. (1976). M-space: Is it a constraint on conservation reasoning ability? *Journal of Experimental Child Psychology*, 22(1), 40-49.
- Lawson, A. E. (1985). A review of research on formal reasoning and science teaching. *Journal of research in Science teaching*, 22(7), 569-617.
- Lawson, A. E. (1993). Deductive reasoning, brain maturation, and science concept acquisition: Are they linked?. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1029-1051.
- Lezak, M. D. (1995). *Neuropsychological assessment*. New York: Oxford University Press.
- Luria, A. R. (1980). *Higher cortical function in mans*(2nd Ed). New York: Consultants Bureau.
- Milner, B. (1963). Effects of different brain lesions on card sorting. *Achieves of Neurology*, 9(1), 90-100.
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. In D. E. Broadbent, F.R.S., & L. Weiskrantz(Eds), *The neuropsychology of cognitive function: Philosophical transaction of the Royal Society of London*, Series B, Vol, 298. London: The Royal Society.