

초등학교 저학년 학생의 전두엽연합령의 기능과 보존논리 형성과의 관계에 대한 연구

김영신 · 권용주 · 배윤주¹ · 정진수² · 정완호
(한국교원대학교) · (안양양지초등학교)¹ · (대전송촌고등학교)²

The Relationship between Conservation Reasoning and Functional Prefrontal Lobe in Elementary School Students

Kim, Young-shin · Kwon, Yong-ju · Bae, Yoon-ju¹
· Jeong, Jin-su² · Jeong, Wan-ho

(Korea National University of Education) · (Yanggi Elementary School)¹
· (Songchon High School)²

ABSTRACT

Conservation reasoning makes operational thought possible as a functional tool and it is the essential concept not only in the area of science and mathematics but also in several aspects of daily life. The abilities to solve mathematical problems and that of scientific reasoning and abstract way of thinking depend on whether there is conservation reasoning or not and they are critical concepts that enables us to confirm the steps of cognitive development. Therefore in the study, we emphasized the issue that is the ways to speed up the scientific era by analyzing the correlation between the formation of conservation reasoning and neuro-cognitive variables. About 50% of 1-3 grade students did not had conservation reasoning skills. The formation of conservations was not linear. Scientific reasoning ability, planing and inhibiting ability were significantly different in levels of conservation, And, conservation reasonings were significantly correlated with cognitive variables. Scientific reasoning and planning ability significantly explained about 20% of the conservation reasoning ability of 1-3 grades.

Key words: conservation reasoning, reasoning ability, planning ability, inhibiting ability

I. 서 론

교육의 궁극적 목적은 급속하게 변하는 사회 속에서 이성적 사고를 통해서 목표를 선택하고 추진할 수 있는 인간을 양성하는 것이다(Educational Policies Commission, 1966). 간단하게 말하면, 사고력 향상이 교육의 중요한 목적 중의 하나가 되었다. 아동의 사고력 발달에 많은 시사점을 주고 있는 것이 Piaget의 인지 발달 이론이다.

Piaget 인지발달 단계 중 구체적 조작기의 아동은 가역적 사고가 가능하게 되어 이 시기 동안에 보존 논리가 형성된다.

보존 논리란 물질의 양이 형태나 위치의 변화에 관계없이 꼭 같다는 개념이다. 보존 논리가 형성되면, 지각의 자기 중심화에서 벗어나고 변환에 유의하며, 조작을 가역적으로 할 수 있게 된다. Piaget(1964)에 따르면, 양, 수, 길이, 무게, 부피의 보존개념이 과제에 특성에 따라 차례로

형성된다. 4세경에는 양 보존 논리가 형성되며, 6세경에는 수 보존 논리가, 부피의 보존 논리는 8-10세에 이루어진다.

이러한 보존 논리의 형성 여부는 과학 탐구의 기본인 관찰과 측정에서 아동들이 정보를 얻는 중요한 수단이 된다(Lawson et al., 1978). 따라서 보존 논리의 형성 여부는 과학 수업에 매우 중요하다. 또한, 보존 논리는 조작적 사고를 가능케 하는 도구적 역할을 하기 때문에 인지 발달에 있어서 매우 중요하다. 보존 논리는 물리학이나 수학 등의 분야에서뿐만 아니라 일상생활의 모든 측면에서 필수적인 개념이다. 즉 보존 논리의 형성 여부에 따라 수리 문제의 해결 능력과 과학적 유추 능력이 결정되며, 추상적 사고 능력의 발달이 결정되기 때문에 인지 발달 단계를 확인하는 중요한 개념인 것이다(Pascual-Leone, 1987; Piaget, 1961).

우리 나라 초등학교 학생들의 보존 논리 형성에 대한 선행 연구는 대부분 고학년 학생을 대상으로 수행되었다. 예를 들어 강심원과 우종욱(1995)은 초등학교 5학년과 6학년 학생 중 보존 논리가 형성되지 않은 학생은 약 30% 정도이며, 김영희(1988), 최재환 등(1993)은 6학년 학생 중 약 43%만이 보존 논리가 형성되었다고 보고하였다. 더 나아가, 이들 연구들은 논리적 사고력 검사지에 있는 양과 부피 보존에 한정되어 있다.

Piaget는 인간의 인지 발달이 성숙(maturation), 물리적 경험(physical experience), 사회적 상호작용(social interaction)과 평형화(equilibrium)의 4가지 요인과 밀접한 관련이 있다고 제시하였다. 특히 성숙은 연령의 증가를 의미하는 것이 아니라 신경계의 발달을 의미하였다(Piaget, 1975). 최근의 연구에서 신경계의 발달 중 전두엽연합령이 중요하다고 제안하였다(Kwon, 1997; Lawson, 1995). 전두엽연합령의 기능을 측정하기 위한 검사도구로서 위스콘신카드분류 검사(Wisconsin Card Sorting Test: WCST), TOL(Tower of London) MTT(Melinak Type Task) 등이 사용되고 있다.

따라서 본 연구는 초등학교 1학년, 2학년, 3학년의 저학년 학생을 대상으로 조작적 사고를 가능케하는 양, 수, 길이, 무게, 부피의 보존 논리 형성 정도와 보존 논리와 보존 논리의 형성에 영향을 미치는 전두엽연합령의 기능이 어떤 영향을 미치는지를 살펴보고자 한다.

이 연구의 구체적인 문제는 초등학교 저학년 학생들의 보존 논리(양, 수, 길이, 무게, 부피)의 형성 정도는 어떠

한가? 보존 논리, 추론 능력, 설계 능력과 역제 능력이 어떤 관계가 있는가? 보존 논리와 전두엽연합령 기능의 관계에 대한 이 연구의 분석은 과학 교수-학습 방법의 개선과 아동의 사고력 향상에 중요한 시사점을 줄 것이다.

II. 연구 방법

본 연구는 초등학교 저학년 (1~3학년) 아동들을 대상으로 설계 능력, 역제 능력, 추론 능력이 보존 논리 형성과 어떤 관련성을 가지는지를 분석하는데 그 목적이 있다. 구체적인 연구 대상 및 연구 방법은 다음과 같다. 즉, 보존 논리가 형성된 학생과 미형성된 학생 사이에 추론 능력, 설계 능력, 역제 능력을 살펴봄으로써 보존 논리 발달에 미치는 영향을 조명하고자 하는 것이다.

1. 피험자

본 연구의 피험자는 경기도 고양시 소재의 초등학교 1, 2, 3학년을 대상으로 하였다. 표집한 피험자 중 전학, 전입 등으로 검사에서 한 가지라도 누락한 학생은 통계 처리에서 제외시켰다. 최종적으로 통계 처리된 학생은 1학년 60명(여학생 30명, 남학생 30명), 2학년 60명(여학생 30명, 남학생 30명), 3학년 59명(여학생 30명, 남학생 29명)으로 총 199명이었다.

2. 검사 도구

본 연구에 사용된 검사도구는 초등학교 1, 2, 3학년에게 투입하였다. 먼저 보존 논리를 측정하기 위한 검사는 1999년 5월 9일부터 5월 25일 사이에 투입하였다. 그 이외의 검사는 1999년 9월 11일부터 12월 20일 사이에 실시하였다. 본 연구에서는 피검자의 추론 능력(MTT), 설계 능력(TOL), 역제 능력(WCST)을 조사하였다.

보존 논리를 측정하기 위하여 논리적 사고력 검사지(GALT)와 Piaget의 보존 논리 고전 실험에서 보존 논리에 대한 검사 도구를 사용하였다. GALT에서 무게, 양, 길이, 부피 검사 도구를 사용하였다. 수 보존 논리는 Piaget의 고전 실험 도구를 참고로 하였다(Piaget, 1964). 보존 논리 검사는 5종의 보존 논리(양, 수, 길이, 무게, 부피)를 묻는 문항으로 각각의 논리 문항은 정답을 묻는 문항과 그 정답을 택한 이유를 묻는 문항으로 구성되었다. 양,

수, 길이, 무게, 부피 논리의 형성 정도는 형성, 과도기, 미형성의 세 단계로 구분하였다. 각 논리에서 이유와 답을 모두 맞힌 경우는 형성, 이유나 답 중 하나를 맞힌 경우에 과도기, 이유와 답을 모두 맞히지 못한 경우에 미형성으로 하였다.

본 연구에서 사용한 추론 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 부과하였다. 그 이외의 경우에는 모두 0점으로 처리한다. 그러므로 전체 점수는 0점에서 10점 사이가 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(Milner, 1963; Lezak, 1995). 이 검사에서 얻어진 보속적 오류 점수가 억제 능력 점수로 사용되었다. 보속적 오류는 피험자가 가지고 있는 잘못된 선택 기준을 변경하지 않고 계속 유지함으로써 나타나는 오류를 말한다. 따라서 보속적 오류 점수가 높으면 억제 능력이 낮다는 것을 의미한다.

설계 능력을 측정하기 위한 TOL(Tower of London) 과제는 전체 과제를 하부 과제로 나누어야만 목표에 도달할 수 있기 때문에 기본적으로 앞일에 대한 구상능력을 보는 퍼즐 게임이며 계획 능력을 측정하기 위한 검사이다. TOL 검사는 초기 상태로부터 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 계획능력 전수로 삼았다. 따라서 만점은 30점이 된다.

Ⅲ. 결과 및 논의

초등학교 1학년에서 3학년 학생 총 199명을 대상으로 초등학교 저학년 학생들의 보존 논리 형성 정도와 보존 논

리 형성에 영향을 미치는 전두엽연합령 기능을 분석하였다. 보존 논리 형성 정도를 알아보기 위하여 양, 수, 길이, 무게, 부피 보존을 묻는 문항을 사용하였다. 전두엽연합령 기능은 추론 능력, 억제 능력, 설계 능력을 검사하였다.

1. 학년에 따른 보존 논리의 형성 정도

초등학교 1학년 학생의 경우, 양 보존 논리가 형성되지 않은 학생은 29명(48.3%), 형성된 학생은 20명(33.3%), 과도기 학생은 11명(18.3%)이다. 수 보존 논리에서는 5명(8.3%)의 학생이 논리가 형성되지 않았으나, 33명(55%)의 학생이 수 보존 논리가 형성된 것으로 나타났다. 길이 보존 논리에서는 44명(73.3%)의 학생들이 미형성이었으며, 7명(11.7%) 학생만이 형성되었다. 무게 보존 논리가 미형된 학생은 65%(39명)이며, 형성된 학생은 23.3%(14명)이다. 부피 보존 논리에서도 47명(78.3%)의 학생이 형성되지 않은 반면에 5명(8.3%)의 학생이 논리가 형성된 것으로 나타났다.

초등학교 1학년 학생 중 대부분의 학생이 길이, 양, 무게, 부피에 대한 보존 논리가 형성되지 않은 것으로 나타났다. 특히, 길이, 무게, 부피 보존 논리는 약 65% 이상의 학생들이 논리가 미형성된 상태였다. 그러나, 수 보존 논리는 응답자 중 55%, 양 보존 논리는 약 33.3%의 학생이 논리가 형성된 것으로 나타났다.

초등학교 2학년 학생 중 양 보존 논리가 미형성된 학생은 24명(40%)이며, 형성된 학생은 28명(46.7%)였다. 수 보존 논리가 형성된 학생은 응답자 중 56.7%(34명)이며, 미형성된 학생은 11.7%(7명)였고, 과도기인 학생은 31.7%(19명)였다. 길이 보존 논리가 미형성된 학생은 41명(68.3%), 형성된 학생은 11명(18.3%)이다. 무게 보존 논리가 형성된 학생은 17명(28.3%), 미형성된 학생은 38명(36.3%)이며, 과도기인 학생은 5명이었다. 부피 보존 논리가 미형성된 학생은 54명(90%)이며, 형성된 학생은 5명(8.3%)이다.

초등학교 2학년 학생의 경우, 양과 수 보존 논리가 형성된 학생이 미형성인 학생보다 더 많았다. 반면에 논리가 미형성된 학생이 많은 보존 논리는 길이, 무게, 부피 보존 논리였다. 특히, 부피 보존 논리는 90%의 학생이 미형성 단계에 있는 것으로 나타났다.

초등학교 1학년에 비해 2학년에서 논리가 형성된 학생이 많은 것은 양, 수, 길이, 무게 보존 논리이다. 특히 무

Table 1. Classification of children's ability of conservation reasoning

() : %

Grade	1st			2nd			3rd		
	Non-conservational	Transitional	Conservational	Non-conservational	Transitional	Conservational	Non-conservational	Transitional	Conservational
Amount	29 (48.3)	11 (18.3)	20 (33.3)	24 (40.0)	8 (13.3)	28 (46.7)	24 (40.7)	9 (15.3)	26 (44.1)
Number	5 (8.3)	22 (36.7)	33 (55.0)	7 (11.7)	19 (31.7)	34 (56.7)	9 (15.3)	18 (30.5)	32 (54.2)
Length	44 (73.3)	9 (15.0)	7 (11.7)	41 (68.3)	8 (13.3)	11 (18.3)	48 (81.4)	2 (3.4)	9 (15.3)
Weight	39 (65.0)	7 (11.7)	14 (23.3)	38 (63.3)	5 (8.3)	17 (28.3)	34 (57.6)	2 (3.4)	23 (39.0)
Volume	47 (78.3)	8 (13.3)	5 (8.3)	54 (90.0)	1 (1.7)	5 (8.3)	43 (72.9)	2 (3.4)	14 (23.7)

게 보존 논리에서 미형성된 학생의 비율이 많이 감소하였다. 반면에 부피와 수 보존 논리는 초등학교 1학년에 비해 2학년에서 미형성된 학생의 비율이 더 증가하였다.

초등학교 3학년의 경우, 양 보존 논리는 24명, 무게 보존 논리는 34명이 미형성이다. 양 보존 논리와 무게 보존 논리가 각각 형성된 학생들은 26명(44.1%), 23명(39%)이다. 수 보존 논리가 미형성된 학생은 9명(15.3%)이며, 형성된 학생은 32명(54.2%)였다. 길이 보존 논리는 48명(81.4%)의 학생이 미형성 상태였으며, 9명(15.3%)의 학생이 형성된 상태였다. 부피 보존 논리가 미형성된 학생은 43명(72.9%)이며, 형성된 학생은 14명(23.7%)이다. 초등학교 3학년 학생의 경우, 논리가 형성된 학생의 수가 논리가 미형성된 학생의 수가 많은 논리는 양, 수 보존 논리이다. 논리가 미형성된 학생의 수가 더 많은 논리는 길이, 무게, 부피 보존 논리였다.

초등학교 2학년에 비해 3학년에서 논리의 형성 비율이 감소된 보존 논리는 양, 수, 길이 보존 논리이다. 수, 길이, 무게 보존 논리는 2학년에 비해 3학년에서 미형성 비율이 증가하였다. 반면에 무게와 부피 보존 논리가 2학년에 비해 3학년에서 형성된 학생들의 비율이 증가하였으며, 부피 보존 논리는 미형성 학생의 비율이 감소한 것으로 나타났다. 이러한 연구의 결과는 우리 나라 초등학교 저학년 학생들의 보존 논리의 형성 정도가 높지 않다는 것을 의미한다. 이들의 보존 논리 형성 정도를 백분율로 나타내면 약 58% 정도이다.

또한, 5개의 보존 논리가 선형적으로 함께 발달하지 않은 것으로 나타났다. 1학년과 2학년 사이에서 논리가 형

성된 학생이 증가한 보존 논리는 수, 길이, 양, 무게 보존 논리이다. 2학년과 3학년 사이에는 논리는 무게와 부피 보존 논리였다. 반면에 1학년과 2학년사이에 보존 논리의 미형성이 증가한 보존 논리는 수, 길이, 부피 보존 논리였다. 2학년과 3학년 사이에서 미형성된 비율이 증가한 보존 논리는 수, 길이, 무게 보존 논리였다. 보존 논리의 비선형적 발달은 비례, 조합, 상관, 확률 논리의 비선형적 발달과 일치하는 것으로 나타났다(Epstein, 1978; Epstein & Toepfer, 1978; Hudspeth & Pribram, 1990; 권용주 & Lawson, 1998)

한편, 학년에 따라 5가지 보존 논리의 형성 정도에 대한 평균 점수의 변화를 살펴보았다. 1학년과 2학년에서 평균 점수가 가장 높은 보존 논리는 수 보존 논리이며, 가장 낮은 평균 점수를 나타낸 것이 부피 보존 논리였다. 3학년에서는 수 보존 논리가 가장 높은 평균 점수를 나타내고 있고, 가장 낮은 점수를 보이고 있는 것은 길이 보존 논리이다.

1학년과 2학년사이에 형성 정도의 평균 점수가 향상된 보존 논리는 양, 무게, 길이 보존 논리이나, 평균 점수가 하락한 보존 논리는 수와 부피 보존 논리이다. 2학년과 3학년 사이에서 평균 점수가 증가한 보존 논리는 길이와 부피 보존 논리이며 평균 점수가 하락한 보존 논리는 수, 양, 길이 보존 논리였다. 특히, 길이 보존 논리가 2학년과 3학년 사이에 하락의 폭이 더 컸다.

보존 논리의 유형에 따라서 형성정도의 평균 점수에 큰 차이를 보이고 있다. 형성 정도의 평균 점수가 가장 높은 수 보존 논리와 가장 낮은 부피 보존 논리 사이에 평균 1

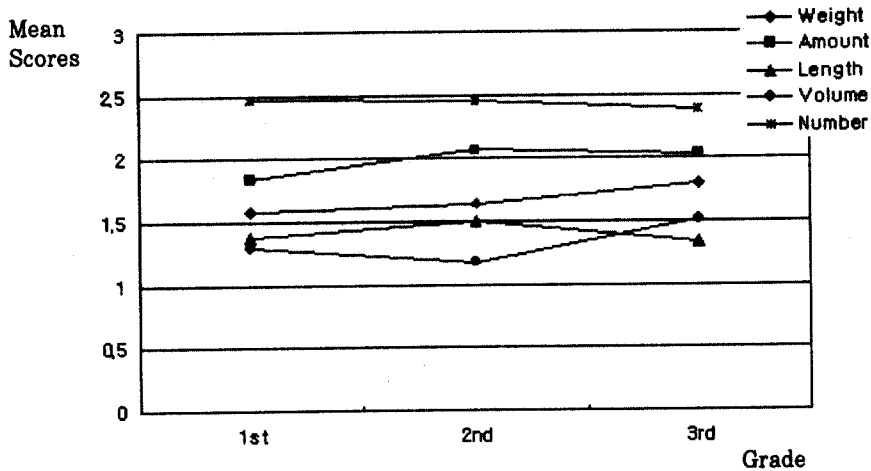


Fig. 1. Mean scores on test of conservation reasoning by grades

Table 2. ANOVA results on conservation reasoning

Variables	Source	df	Sum of square	Mean square	F-Ratio
Amount	Between	2	1.6342	.8171	.9631
	Within	176	149.3155	.8484	
	Total	178	150.9497		
Number	Between	2	.1939	.0970	.1989
	Within	176	85.8172	.4876	
	Total	178	86.0112		
Length	Between	2	.8254	.4127	.7534
	Within	176	96.4037	.5477	
	Total	178	97.2291		
Weight	Between	2	1.6667	.8333	1.0102
	Within	176	145.1825	.8249	
	Total	178	146.8492		
Volume	Between	2	3.2240	1.6120	3.3643*
	Within	176	84.3291	.4791	
	Total	178	87.5531		

* $p < .05$

점정도의 차이를 보이고 있다. 이는 논리의 유형에 따라서 학생들의 논리 형성 정도에 큰 차이를 보이고 있음을 알 수 있다.

보존 논리의 형성 정도에 대한 평균 점수가 학년에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 있는지를 살펴본 결과 Table 3와 같다. Table 3에서 보는 바와 같이 수, 길이, 양, 무게 보존 논리는 학년에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다($p > .05$). 반면에 부피 보존 논리가 학년에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 있었다

($p < .05$). 이러한 통계적인 차이는 2학년과 3학년 사이에서 나타났다. 즉, 3학년 학생들의 부피 보존 논리 형성 정도가 2학년 학생보다 통계적으로 유의미하게 높았다. 한편 수, 길이, 양, 무게, 부피 보존 논리의 합인 전체 보존 논리의 형성 정도는 학년에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다($p > .05$). 이는 보존 논리 형성이 초등학교 저학년에서부터 시작하여 11세에 이르러서 완성 되기 때문으로 사료된다(Piaget, 1964).

2. 비례 논리 형성 정도에 따른 사례수

보존 논리의 형성 정도에 따른 변화를 살펴보기 위해서 보존 논리가 미형성된 학생과 형성된 학생들의 사례수가 학년에 어떻게 변화되고 있는지를 살펴보았다. 그리고 각 논리의 형성 정도에 따른 사례수를 살펴 보았다.

5개의 보존 논리 중 논리가 미형성 상태인 학생이 가장 많은 논리는 부피 보존 논리이며, 다음은 길이 보존 논리이다. 미형성된 학생이 가장 적은 보존 논리는 수 보존 논

리이다.

각 논리가 형성되지 않은 학생의 수는 학년에 따라서 비슷한 수를 보이고 있다. 부피 보존 논리가 형성되지 않은 학생은 1학년에 47명, 2학년 54명, 3학년 43명이며, 길이 보존 논리가 미형성 상태인 학생은 1학년에 44명, 2학년 41명 3학년 48명이었다. 무게 보존 논리는 39명(1학년), 38명(2학년), 34명(3학년)이며, 양 보존 논리는 29명(1학년), 24명(2학년과 3학년)이었다.

보존 논리가 형성된 학생들의 사례수를 살펴본 결과는

Fig. 2. Number of subjects for non-conservational stages

Fig. 3. Number of subjects for conservation stages

Table 3. Mean scores of cognitive variables by grades

() : SE

Variables	Grade	1st	2nd	3rd	F-ratio
Scientific Reasoning		2.18 a-b1) (.19)	3.63 a (.23)	3.31 b (.24)	12.16*
Planing Ability		17.68 a (.66)	18.78 b (.74)	21.29 a-b (.67)	7.14*
Inhibiting Ability		22.03 (1.47)	23.32 (1.75)	22.07 (1.77)	.19

* $p < .05$, 1) The different letter are significantly different at $p = .05$ according to Scheffe test.

Fig 3과 같다. Fig 3에서 보는 것처럼 수 보존 논리가 형성된 학생이 가장 많은 것으로 나타났다. 반면에 부피 보존 논리와 길이 보존 논리가 형성되지 않은 학생 수는 적었다. 보존 논리의 형성 정도가 학년에 따라 증가하는 논리 유형은 부피, 무게 보존 논리였다. 1학년과 2학년 사이에는 증가하지만, 3학년에서는 감소하는 보존 논리는 양, 길이, 수 보존 논리인 것으로 나타났다.

보존 논리 중 수 보존 논리가 형성된 학생이 많고 미형성된 학생이 적게 나타났다. 반면에 부피 보존 논리가 형성된 학생은 적은 반면에 미형성 학생이 많았다. 이는 학교 현장에서 초등학교 저학년에서 수 개념에 대한 지도가 이루어지고 있지만, 부피와 같은 개념은 고학년에 지도되고 있기 때문에 사료된다. 따라서 초등학교 저학년에 수 개념뿐만 아니라 부피, 무게, 길이 보존에 대한 지도가 이루어져야 할 것이다.

3. 논리 형성 수준에 따른 전두엽연합령 기능의 차이

초등학교 저학년의 전두엽연합령 기능이 학년에 따라서 어떻게 변화되고 있는지를 살펴보았다. Table 4에서 보는 것처럼 추론 능력의 평균 점수는 1학년에서 2학년사이에는 그 능력이 향상되지만, 2학년에서 3학년사이에는 평균 점수가 하락하였다. 설계 능력은 학년이 올라가면서 향상되었다.

WCST에서 보속적 오류는 그 점수가 많을수록 실패한 횟수가 많음을 의미한다. 따라서 보속적 오류가 낮은 학생일수록 억제 능력이 높은 학생을 의미한다. Table 4에서 보는 것처럼 보속적 오류가 1학년과 2학년 사이에는 많아지다가 3학년에서는 낮아졌다. 즉, 초등학교 저학년

학생들의 억제 능력은 1학년과 2학년 사이에는 하락하다가 다시 3학년에는 향상되고 있는 것으로 나타났다.

한편, 추론 능력과 설계 능력은 학년에 따라서 통계적인 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$). 추론 능력에서 1학년의 평균 점수가 2학년과 3학년보다 통계적으로 유의미하게 낮은 것으로 나타났다. 설계 능력은 3학년의 평균 점수가 1학년과 2학년에 비해 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다.

본 연구에서 나타난 전두엽연합령의 변화 경향은 선행 연구와 비슷한 연구 결과를 보이고 있다. 추론 능력, 설계 능력, 억제 능력 기능의 발달 경향이 서로 다르게 나타났을 뿐만 아니라 발달이 선형적으로 이루어지고 있지 않았다(김영신 등, 2000; 정완호 등, 1998, 1999). 한편, 5가지의 하위 보존 논리가 형성된 학생과 형성되지 않은 학생들 사이에 전두엽연합령의 기능에 차이가 있는지를 살펴 보았다.

양 보존 논리에서도 논리가 형성된 학생들의 전두엽연합령 기능에 대한 평균 점수가 설계 능력, 추론 능력에서 높은 점수를 얻었다. 양 보존 논리가 미형성된 학생들은 보속적 오류에서 더 높은 점수를 얻어 억제 능력에서는 낮은 점수를 얻었다.

양 보존 논리가 형성된 학생과 미형성된 학생 사이에 통계적으로 유의미한 차이가 있는 전두엽연합령의 기능은 추론 능력이다. 선행 연구(Lawson, 1993; kwon, 1997; 김설한, 1999)에서 추론 능력과 전두엽연합령의 기능과 관련이 있다고 보고하고 있다. 따라서 본 연구의 이러한 결과로 볼 때, 양 보존 논리도 전두엽연합령의 발달과 관련이 있는 것으로 사료된다.

수 보존 논리가 형성된 학생은 99명, 논리가 형성되지 않은 미형성 상태의 학생은 21명이었다. 수 보존 논리가

Table 4. T-test result of cognitive variables by conservation formation stages

Conservation	Variable	Stages	Subjects	M	SD	SE	t-value
Amount	Scientific Reasoning	Non-conservational	77	2.75	1.60	.18	-2.84*
		Conservational	74	3.55	1.85	.22	
	Planing Ability	Non-conservational	77	18.62	5.43	.62	-1.20
		Conservational	74	19.72	5.74	.67	
	Inhibiting Ability	Non-conservational	77	22.64	12.98	1.48	1.23
		Conservational	74	20.14	12.05	1.40	
Number	Scientific Reasoning	Non-conservational	21	2.76	1.51	.33	-1.18
		Conservational	99	3.21	1.89	.19	
	Planing Ability	Non-conservational	21	18.52	6.82	1.49	-1.02
		Conservational	99	20.14	5.57	.56	
	Inhibiting Ability	Non-conservational	21	29.33	14.05	3.07	2.34*
		Conservational	99	21.52	13.20	1.32	
Length	Scientific Reasoning	Non-conservational	133	3.05	1.84	.16	-1.20
		Conservational	27	3.41	1.34	.26	
	Planing Ability	Non-conservational	133	19.66	5.56	.48	-.37
		Conservational	27	20.04	4.65	.90	
	Inhibiting Ability	Non-conservational	133	22.10	12.11	1.05	.79
		Conservational	27	20.18	11.25	2.17	
Weight	Scientific Reasoning	Non-conservational	111	3.08	1.72	.16	-.34
		Conservational	54	3.19	1.90	.26	
	Planing Ability	Non-conservational	111	19.07	5.69	.54	-.04
		Conservational	54	19.11	5.07	.69	
	Inhibiting Ability	Non-conservational	111	22.66	13.38	1.27	.85
		Conservational	54	20.94	11.44	1.56	
Volume	Scientific Reasoning	Non-conservational	144	2.91	1.65	.14	-2.72*
		Conservational	24	4.17	2.16	.44	
	Planing Ability	Non-conservational	144	18.97	5.65	.47	-1.47
		Conservational	24	20.63	5.01	1.02	
	Inhibiting Ability	Non-conservational	144	22.97	12.98	1.08	.65
		Conservational	24	21.13	12.82	2.62	

* p<.05

형성되지 않은 학생들은 수 보존 논리가 형성된 학생에 비해 추론 능력, 설계 능력의 평균 점수가 낮았다. 반면에 보속적 오류는 수 보존 논리가 형성되지 않은 학생이 더 많은 오류를 범하고 있는 것으로 보아, 수 보존 논리가 형성되지 않은 학생들의 억제 능력이 통계적으로 유의미하게 낮은 것으로 나타났다. 이러한 분석 결과, 수 보존 논리가 형성된 학생들은 미형성된 학생들에 비해 전두엽연합령의 기능이 더 발달하였다고 볼 수 있다. 또한 수 보존

논리의 형성에 전두엽연합령의 기능이 작용한다고 할 수 있다.

길이 보존 논리도 수 보존 논리와 비슷한 경향을 보이고 있다. 설계 능력, 추론 능력은 길이 보존 논리가 형성된 학생이 더 높은 점수를 얻었다. 반면에 보속적 오류는 길이 보존 논리가 형성되지 않은 학생들이 더 많은 오류를 범한 것으로 나타났다. 즉, 길이 보존 논리가 형성되지 않은 학생들은 억제 능력이 낮은 것을 알 수 있다.

무게 보존 논리가 형성된 학생들은 추론 능력, 설계 능력에서 높은 점수를 얻었다. 그러나 무게 보존 논리가 형성된 학생과 형성되지 않은 미형성된 학생 사이에 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다($p>.05$). 또한 보속적 오류는 무게 보존 논리가 형성된 학생들이 더 높은 점수를 얻었지만 통계적인 차이는 없었다. 즉, 무게 보존 논리의 형성에 따라 억제 능력이 차이가 없는 것으로 나타났다.

부피 보존 논리가 형성된 학생들은 추론 능력, 설계 능력이 미형성된 학생보다 높은 점수를 얻었다. 부피 보존 논리가 형성되지 않은 학생은 보속적 오류에서 더 높은 점수를 얻었다(즉, 억제 능력이 낮았다). 부피 보존 논리가 형성된 학생과 미형성된 학생 사이에 추론 능력에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 즉, 부피 보존 논리가 형성된 학생이 추론 능력에서 통계적으로 높은 점수를 얻은 것으로 나타났다. 그러나 그 이외의 변인에서는 통계적으로 유의미한 차이는 없었다.

지금까지 수, 길이, 양, 무게, 부피 보존 논리의 형성 정도에 따라 전두엽연합형의 기능에 차이가 있는지를 살펴 보았다. 그 결과 초등학교 저학년 학생들은 보존 논리의 형성 정도에 따라서 전두엽연합형의 기능에 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 수와 길이 보존 논리는 억제 능력에서, 양과 부피 보존 논리는 추론 능력에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 또한, 보존 논리의 발달 정도에 따라서 전두엽연합형의 기능에 차이가 있는 것으로 보아 보존 논리의 발달에 전두엽 연합형이 영향을 미칠 것으로 사료된다. 그러므로 전두엽 연합형의 기능과 보존 논리에 대한 추가적인 연구가 이루어지길 기대한다.

4. 보존 논리와 전두엽연합형의 기능과의 관계

1) 보존 논리와 전두엽연합형의 기능과의 상관관계

초등학교 저학년 학생과 보존 논리와 상관관계를 살펴본 결과 Table 5과 같이 나타났다. Table 5에서 보는 것과 같이 추론 능력과 보존 논리 사이에서 유의미한 상관성이 있는 것으로 나타났다. 추론 능력과 길이, 부피 보존 논리와 유의미한 상관성이 있었다. 보속적 오류는 보존 논리와 부적인 상관을 보이고 있다. 이러한 현상은 논리의 형성이 많이 이루어진 수 보존 논리가 다른 보존 논리에 비해 더 높은 부적인 상관관계를 보이고 있다.

2) 보존 논리 형성에 대한 회귀분석

추론 능력, 설계 능력, 억제 능력의 전두엽연합형 기능 중 보존 논리의 형성에 영향을 미치는 변인을 찾아보고 그 변인이 어느 정도 영향을 주는지를 회귀분석을 통해 살펴보았다. 초등학교 1학년과 2학년에서 보존 논리 전체 점수를 종속변인으로 설정하여 회귀분석 한 결과 보존 논리 형성에 영향을 주는 전두엽연합형 기능은 없는 것으로 나타났다. 이는 초등학교 1학년과 2학년에 있어서 전두엽연합형 기능이 보존 논리의 형성과 관계가 있지만, 그 영향은 다른 변인에 비해 크지 않는 것으로 나타났다. 또한 초등학교 1학년과 2학년의 보존 논리가 학생들 간에 큰 차이가 없기 때문인 것으로 사료된다. 즉 이 시기에는 보존 논리의 발달에 큰 차이를 보이고 있지 않지만 학년이 올라갈수록 전두엽연합형 기능이 큰 영향을 미칠 것으로 사료된다.

초등학교 3학년에서 보존 논리에 영향을 주는 전두엽연합형 기능은 추론 능력으로 나타났다. 추론 능력 변인이 보존 논리를 예언하는 예언력은 약 4%정도로 극히 낮은

Table 5. Pearson correlation coefficient in conservation reasoning with cognitive variables

Variables	Conservation Reasoning				
	Amount	Number	Length	Weight	Volume
Scientific Reasoning	.10	.04	.20*	.01	.20*
Planing Ability	.15	-.05	.09	.01	.10
Inhibiting Ability	-.15	-.01	-.09	-.05	-.06

값을 보이고 있었다. 이는 초등학교 저학년에서는 보존 논리의 형성에 전두엽연합령 기능보다는 다른 변인이 영향을 더 많이 미칠 것으로 사료된다.

초등학교 저학년 학생들의 보존 논리 형성에 대한 회귀 분석 결과, 예측 변인으로 나타난 것이 추론 능력과 설계 능력으로 나타났다. 추론 능력은 보존 논리의 형성에 약 11.3% 정도를 설명하고 있으며, 설계 능력은 약 8.5% 정도를 설명하고 있다. 추론 능력과 설계 능력이 보존 논리의 형성을 예언하는 예언력은 약 19.8%로 나타났다.

Table 6. Multiple regression analysis for conservation reasoning

predictor Variables	Multiple R	R-Square
Scientific Reasoning	.337	.113
Planing Ability	.445	.198

초등학교 저학년 학생들의 보존 논리 형성에 전두엽연합령 기능이 약 20% 정도 설명하는 것으로 나타났다. 전두엽연합령 기능이 보존 논리 형성에 낮은 예언력을 가지는 것은 보존 논리 형성에 전두엽연합령 기능 이외에 다른 변인이 영향을 미치기 때문으로 사료된다.

특히, 초등학교 학생들의 과학적 사고력의 발달에 대한 연구(김영신, 2000)에서 전두엽연합령 기능과 같은 인지적 변인 이외에 가정 환경 변인과 학습 환경 변인이 영향을 미치는 것으로 보고하고 있다. 즉, 이러한 선행 연구의 결과와 비교해 보면, 보존 논리의 형성에 인지적 변인뿐만 아니라 가정환경 변인 및 학습 환경 변인이 영향을 줄 것으로 사료된다.

IV. 결 론

초등학교 저학년 학생들의 보존 논리 형성 정도와 보존 논리 형성에 영향을 미치는 전두엽연합령 기능을 분석하였다. 보존 논리의 형성 정도를 측정하기 위하여 수, 길이, 양, 무게, 부피 보존을 묻는 문항을 초등학교 1학년, 2학년 3학년 학생 199명에게 투입하였다. 전두엽연합령 기능을 분석하기 위해서 추론 능력, 억제 능력, 설계 능력을 검사하였다.

이 연구의 결과는 초등학교 저학년 학생들의 보존 논리 형성 정도는 약 58% 정도였다. 수 보존 논리의 형성 정도가 가장 높았으며, 부피 보존 논리의 형성 정도가 가장 낮은 것으로 나타났다. 보존 논리가 미형성된 학생이 가장 많은 것은 부피 보존이며, 수 보존 논리는 가장 많은 학생들이 형성되었다. 또한 각 학년에서 보존 논리 유형에 따라 형성과 미형성된 학생의 비율이 비슷하게 나타났다.

초등학교 저학년 학생들의 보존 논리의 형성 정도에 따라서 추론 능력과 설계 능력, 보속적 오류에서 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 수와 길이 보존 논리는 억제 능력에서, 양과 부피 보존 논리는 추론 능력에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다.

학년이 올라갈수록 전두엽연합령 기능과 보존 논리 사이에 상관관계가 더 높게 나타났으며, 추론 능력, 설계 능력이 보존 논리와 정적인 상관을 보이지만, 보속적 오류는 부적의 상관을 보였다. 초등학교 저학년 학생들의 보존 논리 형성에 대한 예측 변인으로는 추론 능력과 설계 능력이었다. 이들 변인이 보존 논리의 형성에 대한 예언력은 약 20% 정도이다.

이 연구의 결과, 초등학교 저학년에서 보존 논리가 형성되지 않은 학생이 많았으며, 비선형적으로 발달하였다. 1학년과 2학년 사이에 양, 무게, 길이 보존 논리는 발달하지만, 수와 부피 보존 논리는 발달하지 않았다. 2학년과 3학년 사이에서 길이와 부피 보존 논리가 발달하였다. 초등학교 저학년 학생들의 보존 논리에 영향을 미치는 전두엽연합령 기능은 추론 능력과 설계 능력이었다. 한편, 보존 논리가 전두엽연합령의 기능 중의 하나인 추론 능력과 설계 능력에 영향을 받는 것으로 보아, 전두엽연합령의 발달과 관계가 있을 것으로 판단된다.

이러한 본 연구의 결과로 볼 때 전두엽연합령이 초등학교 저학년의 보존 논리 형성에 영향을 미친다고 할 수 있다. 따라서 형식적 사고의 토대가 되는 보존 논리의 발달을 위해 전두엽연합령의 기능의 발달을 위한 추가적인 연구들이 이루어지길 기대한다. 한편, 초등학교 저학년에서부터 보존 논리가 형성되지 않은 학생이 있어 보존 논리 형성을 위한 프로그램이 개발되기를 기대한다.

국 문 요 약

보존 논리는 조작적 사고를 가능케 하는 도구적 역할로서 과학, 수학, 물리학 등의 분야뿐만 아니라 일상 생활의

모든 측면에서 필수적인 개념이다. 보존 논리의 형성 여하에 따라 수리문제의 해결 능력과 과학적 유추 능력, 추상적 사고능력이 결정되며, 인지 발달 단계를 확인할 수 있는 개념이기도 하다. 따라서 이 연구에서는 보존 논리 형성과 전두엽연합령 기능과의 상관관계를 살펴봄으로써 아동의 사고력 향상과 과학개념 시기를 앞당기는 시사점을 마련하고자 하였다.

이 연구의 결과 초등학교 1, 2, 3학년 학생의 보존 논리의 형성 정도는 약 50% 정도였으며, 수 보존 논리의 형성 정도가 가장 높았고, 부피 보존 논리의 형성 정도가 가장 낮았다. 보존 논리의 형성은 비선형적으로 일어났으며, 보존 논리의 형성 정도에 따라서, 추론 능력과 설계 능력, 보속적 오류에서 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 보존 논리와 전두엽연합령 기능과는 유의미한 상관관계를 보였다. 초등학교 저학년 학생들의 보존 논리 형성에 대한 예측 변인으로는 추론 능력과 설계 능력이었으며, 이들 변인이 보존 논리에 대한 설명력은 약 20% 정도이다.

이 연구의 결과, 초등학교 저학년에서 보존 논리가 미형성 단계에 해당하는 학생들이 많이 있지만, 이들 학생들의 보존 논리 형성을 위한 구체적인 노력이 부족한 실정이다. 또한, 보존 논리 형성에 전두엽연합령이 깊은 관계가 있어 전두엽연합령의 기능을 향상시키기 위한 구체적인 연구가 이루어지길 기대한다.

Key Ward: 보존 논리, 전두엽연합령, 추론 능력, 설계 능력, 억제 능력

참고 문헌

강심원, 우종욱(1995). 인지양식에 따른 인지수준과 과학 탐구능력에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 15(4), 404-416.

권용주 & Lawson, A. E.(1998). 중등학교 학생들의 신경 기능, 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(2000). 과학적 사고력 발달의 인과적 구조모형에 대한 생태학적 접근. 한국교원대학교 대학원, 박사학

위 논문.

김영신, 권용주, 박윤복, 구수정, 정완호(2000). 과학 성취도에 영향을 미치는 전두엽 연합령의 기능에 대한 종단적 연구. 한국생물교육학회지, 20(2), 123-128.

김영희(1988). 국민학교 6학년 아동의 지적 발달 수준과 '자연' 교과내용의 수준비교 연구. 이화여자대학교 대학원, 석사학위 논문.

정완호, 김영신, 권용주(1998). 초등학교 학생의 비례 전략에 대한 연구. 한국초등과학교육학회지, 17(2), 23-31.

정완호, 김영신, 권용주(1999). 중학생들의 과학적 사고수준과 교과서 생물 분야의 탐구활동에서 요구하는 사고수준의 분석. 한국생물교육학회지, 19(3), 202-210.

최재환, 이운환, 김애자(1993). 국민학교 아동의 지적발달 수준과 자연 교과서 내용과의 비교 연구. 한국초등과학교육학회지, 12(2), 127-144.

Educational Policies Commission(1966). *Education and the spirit of science*. Washington, DC.: National Education Association.

Epstein, H. T.(1978). Growth spruts 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.

Epstein, H. T., & Toepfer, Jr, C. F.(1978). A neuroscience basis for middle grades education. *Educational Leadership*, 656-660.

Hudspeth, W. J., & Pribram, K. H.(1990). Stages of brain and cognitive maturation. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 881-883.

Kwon, Y. J.(1997). *Linking Prefrontal Lobe Functions with Reasoning and Conceptual Change*. Unpublished doctoral dissertation. Tempe, AZ: Arizona State University.

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.(1993). Deductive Reasoning, Brain

- Maturation, and Science Concept Acquisition: Are they Linked?. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1029-1051.
- Lawson, A. E.(1995). *Science teaching and the development of thinking*. California: Wadsworth Publishing Company.
- Lawson, A. E., Karplus, R., & Aki, H.(1978). The acquisition of propositional logic and formal operational shemata during the secondary school years. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(6), 465-478.
- Lezak, M. D.(1995). *Neuropsychological assessment*, New York, Oxford University press.
- Milner, B.(1963). Effects of different brain lesion on card sorting. *Archives of Neurology*, 9(1), 90-100.
- Pascual-Leone, J.(1987). Organismic processes for neo-Piagetian theories: a dialectical causal account of cognitive development. *International Journal of Psychology*, 22, 531-570.
- Piaget, J.(1961). The genetic approach to the psychology of thought. *Journal of Educational Psychology*, 52(2), 275-281.
- Piaget, J.(1964). Cognitive development in children: Development and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 2(3), 176-186.
- Piaget, J.(1975). *Biology and Knowledge: An essay on the relations between organic regulations and cognitive processes*(3rd). University of Chicago.