

비례 논리 형성에 미치는 학습자 요인 및 비례 논리 신장을 위한 프로그램 효과 분석¹⁾

정 완 호
(한국교원대학교)

A Study on Learner's Neuro-Cognitive Variables and An Analysis of Program Effects for Developing Proportional Reasoning Ability¹⁾

Wan-Ho Chung
(Korea National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of the present study was to evaluate some variables, such as learner's cognitive characteristics and a training-program emphasized proportional logic, in proportional reasoning development. Seven hundred and ninety students in junior high schools were enrolled as subjects for the study which investigated learner's cognitive characteristics in proportional reasoning development and asked to perform tests of logical thinking, card sorting, planning, mental capacity, cognitive style, brain lateralization, information processing pattern and scientific reasoning. In addition, one hundred and thirty-three students who failed to solve proportional thinking items were administered a training program which has been applied to improve the subjects' proportional reasoning skills. The results showed a significant higher correlation between subjects' performance score on proportional thinking test, and their age and scores on scientific reasoning test, mental capacity, information processing test and perseveration errors on card sorting test. Also, the training program applied in this study showed an effective result in developing subjects' proportional reasoning skills. Further, this study may serve as a suggestion in the efforts to investigate factors of proportional thinking development and a contribution for the future research in other logical thinking development.

Key words : proportional reasoning, scientific reasoning, mental capacity, neuro-cognitive, perseveration error and maturation.

I. 연구의 필요성 및 목적

교육의 궁극적 목적은 급속하게 변하는 사회 속에서 이성적 사고를 통해서 목표를 선택하고 추진할 수 있는

인간을 양성하는 것이라고 할 수 있다(Educational Policies Commission, 1966). 즉, 사고력을 길러주는 일이다.

아동의 사고력 발달에 많은 시사점을 주고 있는 것이

*1998년 5월 20일 받음

¹⁾ 이 논문은 1997년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

피아제(Piaget)의 인지 발달 이론이다. 피아제(Piaget)의 인지 발달 단계의 마지막 단계인 형식적 조작 단계는 11세 이상의 아동에서 시작하여 15세 아동에서 완성된다고 보고하였다. 형식적 조작기 때 가능한 사고는 비례 논리, 변인 통제 논리, 확률 논리, 조합 논리, 상관 논리 등이다. 피아제(Piaget)와 신피아제(Neo-Piagetion) 연구에 의하면 비례 논리는 형식적 조작기의 초기에 형성되어(Roth, & Milkent, 1991), 형식적 사고의 기본이 되며, 과학적 추론 능력의 형성에 기초가 된다(Lawson, Karplus & Adi, 1978; Lawson, 1987). 따라서 비례 논리가 피아제의 형식적 사고 발달 단계에서 가장 기본적인 논리라고 할 수 있다.

비례 논리는 수학뿐만 아니라 심리학에서도 깊은 관심을 가지고 있었다. 인헬더와 피아제(Inhelder & Piaget, 1958)는 형식적 조작 단계에서 가장 먼저 획득된다고 하였으며, 중·고등학생들의 비례 논리가 형성되지 않은 것은 형식적 조작기에 도달되지 못하게 하였다고 하였다. 비례 논리는 물리 법칙과 관련된 연구에서 시작되었으며, 청소년기에서 획득된다(Noelting, 1980).

우리 나라의 중·고등학생의 논리적 사고 수준을 분석한 선행 연구에서는 형식적 사고의 논리 유형별 형성율이 20~30%의 수준에 머물러 있는 것으로 보고하고 있다(최병순과 허명, 1987). 특히, 중학생 중 65.8%가 구체적 조작기에 머물러 있고, 형식적 조작기에 있는 학생이 매우 적은 것(4.4%)으로 나타났다. 비례 논리가 형성된 학생은 40% 미만으로 나타났다. 황궁연, 박인근, 김태성(1989)의 연구에서도 중학생들의 비례 논리 형성이 35%미만으로 나타났고, 고등학생들은 약 50% 정도로 나타났다. 대학생들의 경우도 25~50%만이 비례 논리가 형성된 것으로 보고하고 있다(Arons, 1981).

많은 학생들이 형식적 사고 수준에 도달하지 못하고, 학습자들이 학습 결과에서 차이를 보이는 원인은 개개의 학습자가 가지고 있는 인지 특성으로 규정되고 있다(Jonassen & Grabowski, 1993). 학습자가 가지는 인지 특성으로는 외형적 측면으로는 뇌의 발달, 정신용량, 뇌 기능 분화를 들 수 있다. 또한 기능적인 측면으로는 설계 기능, 인지 양식, 정보처리 유형 등을 찾을 수 있다.

사고력은 구체적인 활동을 포함하는 지적 체험을 통하여 발달한다(Piaget, 1961). 즉, 물체의 조작과 놀이 과정에서 갖게 되는 지적 체험을 통하여 발달하며, 학생의 발달 단계에 맞는 교육 경험이 제공될 때 가장 이상적인 것이다. 헌트(Hunt, 1979)는 학습 경험을 계획할

때 학생들의 구조에 대한 인지적 요구를 고려하는 것이 중요하다고 지적하였다. 한중하(1987)는 여러 구체적 문제를 다루는 동안 형식적 사고가 요구되고 조절 기능이 자극되므로, 형식적 사고 유형은 여러 상황에서 구체적인 문제를 다루어 볼 때 발달한다고 하였다. 따라서, 학생들의 사고력을 향상시키기 위한 구체적인 프로그램이 개발되어 사고력을 향상시킬 수 있도록 하여야 한다. 즉, 과학적 추론 능력과 형식적 사고의 기본이 되는 비례 논리의 형성이 미흡함에도 불구하고 비례 논리가 형성되지 못한 원인을 분석하지 못하고 있으며, 비례 논리 형성을 위한 프로그램의 개발도 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 형식적 조작기의 기초가 되는 비례 논리가 형성되는데 어떤 요인이 작용하는지를 분석하여, 비례 논리가 형성된 학생과 미형성된 학생 사이에 어떤 요인이 작용하는지를 규명하고자 한다. 또한, 비례 논리가 형성되지 않은 학생들을 대상으로 4가지 주제의 비례 논리 형성 프로그램을 적용하여 그 효과를 분석하여, 학교 현장의 논리 사고력 향상의 기초를 제공하고자 한다. 본 연구의 구체적인 연구 내용은 다음과 같다.

- 1) 비례 논리가 형성된 학생과 형성되지 않은 학생 사이에는 어떤 학습자 변인에 차이가 있는가? 연령, 과학적 추론, 설계기능, 보속적 오류, 인지양식, 정신용량, 정보처리, 뇌기능 분화가 비례 논리 형성에 따라 차이가 있는가?
- 2) 비례 논리 형성과 상관이 높은 변인은 무엇인가?
- 3) 비례 논리 형성을 위한 교수전략은 비례 논리 형성에 효과가 있는가?

II. 연구 방법

본 연구에서는 논리적 사고 중 비례 논리의 형성에 미치는 요인을 분석하고, 비례 논리가 형성되지 않은 학생들을 대상으로 프로그램을 적용하여 그 효과를 분석하는데 목적이 있다. 구체적인 연구 대상 및 연구 방법은 다음과 같다.

1. 논리적 사고력 중 비례 논리에 미치는 요인 분석

논리적 사고력 검사지(GALT)를 이용하여 중학생들의 논리적 수준을 분석하였다. GALT에서 비례 논리가 형성된 학생과 형성되지 않은 학생을 분류하였다. 비례 논리가 형성된 학생과 미형성된 학생 사이에 성숙(연

령), 과학적 추론, 설계기능, 보속적 오류, 인지양식, 정신통량, 정보처리, 뇌기능 분화에 어떤 차이가 있는지를 분석하였다.

1) 피험자

표집은 중학교 1, 2, 3학년을 대상으로 하였다. 전국적 표집을 위하여 대도시, 중소도시, 읍·면 지역의 각 학년당 6개 학교를 선정하였으며, 그 구체적인 내용은 Table 1과 같다. 피험자의 구성을 학년별로 보면, 1학년은 256명, 2학년 263명, 3학년 271명이다. 표집한 피험자 총 790명 중 전학, 전입 등으로 8가지 검사에서 한 가지라도 누락한 학생은 통계처리에서 제외시켰으며, 제외된 학생수는 총 65명이다.

Table 1 Distribution of subjects by grade level

Grade	1	2	3	Total
Number	256	263	271	790
	(23)	(20)	(22)	(65)

() : numbers of drop

2) 검사도구

(1) 논리적 사고력 검사(GALT, group assessment of logical thinking)

논리적 사고력 검사 도구는 보존 논리, 비례 논리, 변인 통제 논리, 확률 논리, 상관 논리, 조합 논리가 포함된 GALT를 사용하였다. GALT는 조지아(Georgia) 대학교의 로드란카 등(Roadranka, Yeany, & Padilla, 1983)에 의해 개발된 short version을 사용하였다.

GALT지의 내적 타당도 Cronbach's α 는 0.85이고 각 논리별 신뢰도는 0.37에서 0.83의 범위이다. 문항의 난이도는 0.02에서 0.78사이이며, 평균 난이도는 0.40이다. 각 논리별 검사 및 전체 검사에 대한 GALT와 면접에 의한 성취도 사이의 상관관계에 따른 타당도 검사에서는 전체 검사의 타당도 계수가 0.71이었고, 논리별 타당도 계수는 0.45에서 0.88범위이다. 문항에 대한 교차분할 방식을 이용하여 비례 논리 형성 정도를 형성, 과도기, 미형성의 세 단계로 구분하였다.

(2) WCST(Wisconsin card sorting test)

신경 심리학적 검사의 대표적인 것으로서, WCST는 전두엽 손상과 사람의 발달을 평가하기 위한 연구 도구

로 널리 사용되었다(Milner, 1963; Walsh, 1982). WCST는 4개의 기본카드와 다양한 형태(십자가, 원, 삼각형, 별)와 색깔(빨강, 노랑, 파랑, 녹색) 그리고 그림의 수(1, 2, 3, 4)의 다양한 도형들로 구성된 128개의 반응카드로 구성되었다. 피험자는 주어진 반응카드 앞에 놓인 기본 카드 중의 하나에 맞춰 올바른 분류 기준을 찾는 것이다. 피험자가 열번을 정확히 반응하면 분류의 기준이 바뀌며, 이 과정에서 피험자가 카드를 분류하는 원리를 여섯번 성공하거나 128개의 반응카드를 모두 사용할 때까지 실행하였다.

(3) 설계 기능 검사(TOL, tower of London)

설계 기능은 인지 활동의 중요한 요소 중의 하나이다(Luria, 1973, 1980; Stuss & Benson, 1986; Fuster, 1989; Krikorian, Bartok & Gay, 1994). 설계 기능 검사는 총 14문항으로 구성되며, 4개의 문항은 연습용이고 10문항은 실제 검사문항이다. 연습 문항의 4문항은 각 2문항씩 2회와 3회를 이동시켜서 완성하는 문항으로 구성되어 있다. 실제 검사 문항은 4회와 7회를 움직이는 문항이 2문항, 3회와 6회를 움직이는 문항이 각 3문항씩으로 되어 있다. 피험자는 초기의 상태에서 목표점에 1분안에 도달하여야 한다. 처음 1분안에 도달하지 못하면 또다른 1분이 주어지며, 총 3분이 주어진다. 처음 1분에 성공하면 3점을, 두 번째 1분에 성공하면 2점을, 3번째 1분에 도달하면 1점이 주어지며 성공하지 못하면 0점이 주어진다.

(4) 정신 용량 검사지(FIT, figural intersection test)

FIT는 Pascual-Leone이 구성적 조작자 이론에 근거하여 개발한 지필검사 형태의 정신용량 측정 도구이다. 검사 문항은 겹쳐진 도형의 공통 부분에 점을 찍는 것으로, 겹쳐진 도형의 수가 많을수록 문제를 해결하는데 더 큰 정신용량이 요구된다. 예를 들면, 8개의 도형이 겹쳐진 8부류의 문항들은 정신용량 7이 요구되며, 7개의 도형이 겹쳐진 7부류의 문항들은 정신용량 6이 요구된다(Bereiter & Scardamalia, 1979). 본 연구에서는 5개의 연습 문항과 36개의 검사 문항으로 구성된 검사지를 사용하여 정신용량을 측정하였다. 36개의 문항 중 2개의 도형이 겹쳐지는 2부류의 문항에서 8개의 도형이 겹쳐지는 8부류의 문항으로 구성되었다. 따라서 정신 용량은 7까지 측정할 수 있다. 본 연구에서 사용되는 FIT의 신뢰도 Cronbach's α 는 0.88이다.

(5) 인지양식(GEFT, group embedded figures test)

학습자의 인지양식을 검사하기 위하여 Distefano (1969)에 의해 고안된 GEFT를 번역하여 표준화된 집단 잠입도형 검사를 사용하였다(전윤식과 장혁표, 1985). 잠입도형 검사는 복잡한 도형에 포함되어 있는 단순한 도형이 어디에 있는지 찾는 검사이다. 상단에 표시된 단순 모형을 복잡한 도형 속에서 크기와 모양이 같은 도형을 찾아야 한다.

검사 문항의 구성은 I부와 II부로 구성되어 있다. I부와 II부는 각 16문항으로 구성되어 있으며 소요 시간은 각 10분씩이다. 검사 문항의 채점은 맞으면 1점, 틀리면 0점이 주어지며 최소 0점에서 최대 32점이 된다. 전체 점수가 17점 이상이면 장독립, 16점 이하이면 장의존 집단으로 구분하였다.

(6) 뇌기능 분화 검사(CLB, cognitive laterality battery)

뇌 기능분화 검사는 좌·우뇌 기능 수행 능력을 측정하기 위해 Gordon(1978)이 고안하였다. 본 검사는 좌뇌의 기능을 측정하는 세 가지의 하위검사 및 우뇌 기능을 측정하는 세 가지의 하위 검사로 구성되어 있다. 좌뇌 기능을 측정하기 위한 하위 검사로는 연속된 소리 기억하기, 연속된 숫자 기억하기, 낱말 만들기이다. 우뇌 기능을 측정하는 하위 검사로는 같은 모양 찾기, 그림 완성하기, 맞닿는 토막 찾기이다. 이 검사의 재검사 신뢰도 $r=.76$ 이다(고영희, 1982).

뇌의 기능분화 계수(cerebral laterality quotient, CLQ)는 좌·우뇌 기능의 Z점수차인데, 우뇌 기능의 Z점수에서 좌뇌 기능의 Z점수를 뺀 것이다. CLQ가 .25 이상이면 우뇌 우세아(right-dominants)로, -.25보다 작으면 좌뇌우세아(left-dominants)로, CLQ < .25 이면 균형발달아(harmonic)로 구분하였다(하종덕, 1985; 강호감, 1991, 전태식, 1998).

(7) 동시적/연속적 정보 처리 검사

동시적/연속적 정보처리 검사 문항은 Fitzgerald에 의해 개발되고 Green, Angus, Crawford, Woodley 등에 의해 사용되어 검사지의 타당도와 신뢰성이 확인되었다(Watters & English, 1995). 동시적/연속적 정보처리 문항에는 Matrix A, Matrix B, 수·단어·문자 기억검사의 3부분으로 구성되어 있다. 검사의 채점은 Matrix A, Matrix B는 모형을 정확히 그린 경우에 1점

이 주어지고, 틀린 경우 0점이 주어졌다. Matrix A, Matrix B 점수를 합한 점수는 동시적 정보처리 능력 점수가 된다. 수·단어·문자 기억 검사는 각 묶음을 불러준 순서대로 정확히 적은 경우를 정답으로 간주하여 각 문항당 1점을 부과하고 각 검사의 합은 연속적 정보처리 능력을 나타낸다.

동시적/연속적 정보처리 검사 결과를 기초로 하여 그 유형에 따라 집단을 분류하였다. 동시적 정보처리와 연속적 정보처리 결과가 모두 상위에 속하는 집단을 1 집단, 동시적 정보처리 결과가 상위이고 연속적 정보처리 결과가 하위 집단은 2집단으로 분류하였다. 3집단은 동시적 정보처리 결과가 하위이고 연속적 정보처리 결과가 상위인 집단을, 4집단은 동시적 정보처리와 연속적 정보처리 결과가 모두 하위에 속하는 집단이다.

(8) 과학적 추론 검사(CTSR, classroom test of scientific reasoning)

Lawson(1987)은 과학적 추론 발달 단계를 측정하기 위한 도구를 개발하여 그 결과에 바탕하여 세 단계로 구분하였다. 과학적 추론 검사는 12개의 문항으로 구성되어 있다. 무게와 부피보존에 관련된 2개의 문항, 물의 부피를 응용한 1개의 비율 과제, 진자의 주기에 대한 2개의 과제, 파리의 반응에 관한 2개의 과제, 2개의 확률과제와 2개의 상관 과제 및 조합추론 과제로 되었다(Lawson, 1987; 허명, Lawson과 권용주, 1997). 1번부터 10번까지는 이유와 답을 묻는 문항으로 구성되어 있으며, 나머지 2개 문항은 모든 사례수를 기록하게 되어 있다. 채점은 각 문항당 1점씩 부과하며, 최소 0점에서 최대 12점의 범위를 갖는다.

과학적 추론 검사에서 0~4점을 획득한 학생은 경험-귀납적 단계(empirico-inductive), 5~8점을 획득한 학생은 전이 단계(transitional), 9~12점을 획득한 학생은 가설-연역적 단계(hypothetico-deductive)로 구분하였다(Lawson, 1995, 허명, Lawson과 권용주, 1997).

3) 검사의 실시

비례논리 형성 정도를 알아보기 위해서 GALT를 가장 먼저 실시하였다. GALT와 과학적 추론 검사는 집필검사로써 연구자가 직접 감독을 하였으며, 문제해결을 위해 충분한 시간이 주어졌다. 정신용량 검사, 인지양식 검사는 학급 단위로 검사가 이루어졌으며, 시간적인 제한을 하였다. 정신용량 검사는 13분, 인지양식 검사는 20분이 주어졌다. 뇌기능 분화검사, 동시적/연속

Table 2 Test schedule

Order	Test	Time(min)
1	The group assessment of logical thinking test*	45
2	The classroom test of scientific reasoning test*	45
3	The figural intersection test*	13
4	The group embedded figures test*	20
5	The Wisconsin card sorting test**	variety
6	The tower of London test**	variety
7	The cognitive laterality battery test*	50
8	The simultaneous /successive information processing test*	50

Note. * Group test, ** Individual interview test

적 정보처리 검사는 하위 검사에 따라 시간적인 제한이 주어졌다. WCST와 설계기능 검사는 피험자를 개별적으로 검사하였으며, 이 두 검사는 학생에 따라 주어지는 시간이 다양하였다. 검사의 순서와 소요 시간은 Table 2와 같다.

본 연구에 사용된 검사도구는 교육과정의 문제로 인하여 3학년과 1, 2학년을 구분하여 투입하였다. 먼저 GALT는 모든 피험자에게 1997년 11월 9일에서 11월 15일 사이에 연구 학교를 방문하여 투입하였다. GALT 이외의 검사의 경우, 3학년은 1997년 12월 3일부터 12월 20일 사이에 실시하였다. 반면, 1학년과 2학년은 1998년 2월 5일부터 2월 19일 사이에 실시하였다.

4) 통계 처리

결과의 처리는 SPSS/PC+ 통계 프로그램을 이용하여 처리하였다. 비례 논리 형성에 관련된 학습자 요인을 분석하기 위하여 독립변인에 따른 종속변인의 차이를 분석하였으며, 상관관계와 회귀분석을 실시하였다.

2. 비례 논리 형성을 위한 프로그램의 효과 분석

비례 논리가 형성되지 않은 학생을 대상으로 4 가지 상황의 프로그램을 적용하여 효과를 분석 하였다. GALT 검사를 통해서 비례 논리가 형성되지 않은 학생을 분류하여, 실험집단은 개발한 프로그램을 적용하고, 통제 집단은 프로그램을 적용하지 않았다.

1) 피험자

GALT에서 비례 논리와 관련된 2개의 문항에 대해 교차분할 방식을 이용하여 비례 논리가 형성되지 않은

학생을 추출하였다. 비례 논리가 형성되지 않은 학생 중 연구자가 무작위로 추출하여 개발한 프로그램을 적용하였다. 프로그램을 적용한 피험자 수는 총 133명이다.

2) 비례 논리 향상을 위한 프로그램

비례 논리 향상을 위한 프로그램은 4개의 상황으로 구성하였다. 4개의 상황은 실린더 상황(Lawson, Karplus & Adi, 1978), 벽돌 상황(Lawson & Wollman, 1975), 기어 상황(Lawson & Wollman, 1975), 양팔 저울 상황(Inhelder & Piaget, 1958)이며, 각각 2개의 문항으로 총 8개 문항으로 구성되었다. 이 프로그램의 신뢰도 Cronbach α 는 .67이다(Kwon, 1997).

4가지 상황으로 구성된 프로그램은 피험자들이 직접 조작할 수 있는 도구와 2개의 문항으로 구성되어 있다. 프로그램의 진행은 먼저 비례 논리가 적용되는 상황을 제시한 후에 새로운 상황에서 정답을 예상하게 한다(첫 번째 문항). 그 후 도구를 조작하여 자기의 예상이 맞았는지를 확인한다. 그 후 비례식을 소개하여 학생들에게 지도한다. 첫 번째 문항이 끝난 후 그와 비슷한 두 번째 문항을 제시한다. 첫 번째 문항을 해결한 것과 같이 먼저 예상을 한 후 학생들이 도구를 조작하여 정답을 찾은 후 비례식을 제시해 주었다.

프로그램은 피험자 3-4명을 한 집단으로 구성하여 연구자가 직접 프로그램을 적용하였다. 프로그램을 하는데 50분이 소요되었다.

3) 검사도구

프로그램의 효과를 분석하기 위한 검사도구로써 GALT의 비례 논리를 사용하였다. 즉, 프로그램 적용의 사전과 사후에 GALT 검사를 실시하였다. GALT 검사 중 비례 논리에 해당하는 항목을 분석하였다. 비례 논리

를 묻는 문항은 2분항으로 답과 이유를 묻는 문항으로 구성되었다. 답과 이유를 묻는 문항에서 정답을 표시한 경우에는 1점, 오답을 표시한 경우에는 0점을 부과하였다. 따라서 비례 논리 점수는 최대 4점에서 최소 0점의 범위를 갖는다.

4) 통계 처리

비례 논리 형성을 위한 프로그램의 처치 효과를 분석하기 위하여 사전과 사후의 비례 논리 점수를 비교하였다.

III. 결과 분석

본 연구의 결과는 형식적 사고의 기초가 되는 비례 논리 형성에 영향을 주는 요인 분석, 비례 논리와 상관 관계가 높은 변인 분석, 비례 논리 프로그램을 적용하여 비례 논리가 어떻게 변화되었는지를 분석하였다.

1. 비례 논리 형성에 영향을 주는 요인

검사 학생들의 독립변인에 따른 값은 Table 3과 같이 나타났다. 학생들의 나이는 학년이 올라갈수록 많아졌으며, 학년이 올라갈수록 정신용량이 증가한 것으로 나타났다. 반면에 저학년 일수록 설계기능에서 높은 점수

를 얻었으며, 동시적 정보처리와 연속적 정보처리가 높게 나타났다. 저학년 일수록 높게 나타난 보속적 오류는 저학년일수록 가변적인 사고기능이 떨어지는 것을 알 수 있다. 과학적 추론, 동시적/연속적 정보처리, 뇌기능 분화는 학년에 따라 다른 변화를 나타내었다.

1) 나이에 따른 비례 논리 형성

연령에 따라 비례 논리 형성의 정도에 차이를 보이고 있다. 연령이 낮을수록 비례 논리가 형성되지 않은 비율이 높고, 나이가 많을수록 형성 비율이 높은 것을 볼 수 있다(Table 4). 비례 논리가 형성된 학생은 전체 응답자의 45.7%였으며, 비례 논리가 형성되지 않은 학생은 응답자의 15.7%였다. 이는 인지발달의 한 요인이 성숙이라는 Piaget 이론을 지지하는 결과라고 할 수 있다. 또한 연구의 결과는 중학교 학생의 약 40% 정도가 비례 논리가 형성되었다는 선행연구(권재술, 최병순, 허명, 1987; 최병순과 허명, 1987; 황궁연, 박인근, 김태성, 1989)와 비슷한 결과를 얻었다.

연령에 따른 비례 논리 형성 정도가 통계적으로 차이가 있는지를 검증하였다(Table 5). 비례 논리 형성에 있어서 집단간에 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=5.2213, p<.05$).

어느 집단 사이에서 유의미한 차이가 있는지를 확인하기 위한 Scheffe 검증 결과 13세~14세는 15세~16세

Table 3 Samples by variables

Grade	AGE		CTSR		TOL		WCST		GEFT		FIT		SIP		CLB	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
1	13.84	.39	5.15	2.71	24.20	4.16	15.11	8.95	1.31	.47	4.56	1.79	2.57	1.20	1.83	.77
2	14.82	.43	6.18	2.72	22.59	4.79	14.69	8.72	1.33	.47	5.33	1.47	2.51	1.19	1.79	.75
3	15.75	.46	5.49	2.98	20.78	4.70	13.29	8.80	1.46	.50	5.47	1.59	2.02	1.15	1.80	.77

Table 4 Performance on proportional reasoning by age

() : %

Group	Age				total
	13	14	15	16 above	
Non-proportional	24 (8.6)	106 (37.9)	94 (33.6)	56 (20.0)	280
Transitional	3 (2.6)	43 (37.7)	43 (37.7)	25 (22.0)	114
Proportional	13 (3.9)	90 (27.2)	122 (36.9)	106 (32.0)	331

Table 5 Summary of one-way ANOVA on proportional reasoning by age

Variable	DF	Sum of squares	Mean squares	F-ratio
Between group	4	17.1225	4.2806	5.2213*
Within group	720	590.2899	.8198	
Total	724	607.4124		

* p<.05.

에 통계적인 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 6) (p<.05) 또한, 16세와 15세 사이에도 통계적으로 유의미한 차이가 있었으나(p<.05), 13세와 14세 사이에는 통계적으로 유의미한 차이가 없었다(p>.05). 이는 15세부터 비례 논리 형성이 급격하게 증가하는 것을 알 수 있다. 즉, 13세~14세의 학생의 비례 논리의 형성 정도는 40%이상이지만 15세부터는 40%이상의 학생이 비례 논리가 형성되는 것을 볼 수 있다.

Table 6 Post Hoc Test Summary of the dependent variable by age

	Age			
	13	14	15	16
Age				
13				
14				
15	*	*		
16	*	*	*	

* p<.05

뇌의 발달과 인지능과의 관계에 대한 선행연구 결과에 의하면 13~14세는 뇌의 새로운 성장이 나타나지 않지만, 15세에 뇌의 두개골의 급성장이 나타나고, 추상적인 사고의 개선 및 문제해결 기능이 시작되는 것과

관련이 있을 것으로 사료된다.

또한, 비례 논리는 중학교 이전의 시기부터 형성되는 것을 알 수 있다(황근영, 박인근, 김태성, 1989). 따라서 초등학교 고학년에서 비례 논리가 형성될 수 있도록 지도되어야 할 것으로 사료된다.

2) 과학적 추론 능력에 따른 비례 논리 형성

과학적 추론의 가설-연역적 단계에 있는 학생들이 비례 논리 형성이 많이 이루어진 것을 볼 수 있다(Table 7). 가설-연역적 단계의 학생들의 비례 논리 형성 비율은 75.8%인데 비해 경험-귀납적 수준의 학생들은 23.0%에 불과하다. 반면에 경험-귀납적 단계의 학생들이 비례 논리가 형성되지 않은 비율이 높게 나타났다. 비례 논리 형성 정도가 집단간에 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다(F=83.09, p<.001).

집단간에는 가설-연역적 집단이 전이단계와 경험-귀납적 단계에 있는 학생들보다 비례 논리 형성 정도가 통계적으로 유의미하게 나타났다(p<.05). 전이단계 집단은 경험-귀납적 단계의 학생에 비해 비례 논리 형성 정도가 통계적으로 유의미하게 나타났다(p<.05).

이는 과학적 추론 검사가 논리적 사고 검사와 유사하기 때문에 나타날 수 있는 결과로 생각된다. 또한, 과학적 추론의 발달에 비례 논리 형성이 영향을 주고 있는지, 비례 논리 형성에 과학적 추론이 영향을 주고 있는지,

Table 7 Performance on proportional reasoning by CTSR(classroom test of scientific reasoning) () : %

Group	Scientific reasoning stages			F-ratio
	Empirico-inductive	Transitional	Hypothetico-decuctive	
Non-proportional	167 (59.2)	81 (34.9)	32 (15.2)	83.09*
Transitional	50 (17.7)	45 (19.4)	19 (9.0)	
Proportional	65 (23.0)	106 (45.7)	160 (75.8)	

* p<.05

지에 대한 연구가 이뤄져야 할 것으로 사료된다.

3) 설계 기능과 보속적 오류

설계 기능의 상위, 중위, 하위 수준에 따라 비례 논리의 형성 정도에 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 8). 설계 기능이 높은 수준일수록 비례 논리의 형성 정도가 증가하고 있다. 설계 기능이 하위인 집단에서 비례 논리의 형성 정도가 38.4%인데 비해, 상위 집단에서는 50.2%를 차지하고 있다. 이러한 차이는 통계적으로 유의미한 수준으로 나타났다($F=3.54, p<.05$). 특히 상위 집단과 하위 집단 사이에 통계적으로 유의미한 차이를 나타내고 있으나, 중위집단과 다른 집단 사이에는 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다.

보속적 오류가 많은 하위 집단일수록 비례 논리가 형성되는 비율이 적은 것으로 나타났다. 즉, 하위 집단보다는 중위집단, 중위집단 보다는 상위집단에서 비례 논리가 많이 형성되는 것으로 나타났다. 보속적 오류의 상위 집단 62.0%가 비례 논리가 형성된 반면, 하위 집단은 24.6%가 형성되었다. 또한, 집단간에 유의미한 차이

가 있는 것으로 나타났다($F=31.02, p<.05$). 어느 집단 사이에서 유의미한 차이가 있는지를 알아보기 위한 scheffe 검증 결과 상위집단은 중위집단과 하위집단 사이에 유의미한 차이가 있었으며, 중위집단은 하위집단과 유의미한 차이가 있었다($p<.05$ 수준).

이는 보속적 오류가 과학적 추론 능력의 형성과 깊은 관련이 있다는 연구 결과(허명 등, 1997)에 비추어 볼 때 비례 논리가 과학적 추론 형성에 영향을 주는 요인으로 볼 수 있을 것이다.

4) 인지양식

장독립 학생이 장의존 학생에 비해 비례 논리가 더 많이 형성된 것으로 나타났다. 장독립 학생의 60.8%, 장의존 학생은 36.8%가 비례 논리가 형성되었다(Table 9). 두 집단사이에는 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=42.10, p<.05$). 이는 인지양식의 개인적 차이가 사고나 문제에 대한 접근 방식, 해결 방식에 영향을 미치며 지적 영역에도 영향을 미치고 있다는 선행 연구와 일치하고 있다(Witkin, Moore, Goode-

Table 8 Performance on proportional reasoning by TOL(tower of London) and perseveration error

Group	Tower of London			F-ratio	perseveration error			F-ratio
	Low	Middle	High		Low	Middle	High	
Non-proportional	100 (44.6)	98 (47.8)	82 (35.2)	3.54*	104 (56.8)	109 (37.3)	67 (26.8)	31.02*
Transitional	38 (17.0)	42 (15.7)	34 (14.6)		34 (18.6)	52 (17.8)	28 (11.2)	
Proportional	86 (38.4)	98 (36.6)	117 (50.2)		45 (24.6)	131 (44.9)	155 (62.0)	

* $p<.05$

Table 9 Performance on proportional reasoning by GEFT(group embedded figures test)

Group	Cognitive style		F-ratio
	Field-dependent	Field-independent	
Non-proportional	211 (46.2)	69 (25.7)	42.10*
Transitional	78 (17.1)	36 (13.4)	
Proportional	168 (36.8)	168 (60.8)	

* $p<.05$

nough, & Coxet, 1977). 장독립 학생의 비례 논리 형성 비율이 높은 것은 강의존 학생에 비해 비구조화된 상황을 자기 나름대로 구조화하는 능력과 상황을 분석하고 재조직 할 수 있는 능력이 뛰어나기 때문일 것으로 생각된다. 또한 장독립 학생이 수개념 형성과 유의미한 상관성이 있기 때문일 것으로 사료된다(Vaidya & Chansky, 1980).

5) 정신통량

정신통량에 따라 비례 논리 형성에 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 10) ($F=6.55, p<.05$). 즉, 정신통량이 높을수록 비례 논리 형성 정도가 높은 것으로 나타났다. 정신통량이 높은 집단(6, 7인 집단)은 낮은 집단(4이하)과 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 정신통량이 연역적 추론 그리고 학업 성취와 관련이 있다는 연구 결과(김설한, 1998)와 문제 해결 결과를 설명할 수 있는 높은 예언력이 있다는 결과(안수영, 1995)에서 처럼 정신통량에 따라 비례 논리의 형성을 비롯한 인지능력의 차이를 가져오는 요인이라고 볼 수 있을 것이다.

6) 정보처리

정보처리 유형에 따라 분석한 결과 동시적 처리와 연속적 처리가 모두 상인 집단(집단 1)이 동시적 처리와 연속적 처리가 모두 하인 집단(집단 4)에 비해 비례 논리 형성 정도가 높은 것으로 나타났다(Table 11).

각 집단별로 비례 논리 형성에 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=36.84, p<.05$). 각 집단별 차이를 scheffe 검증한 결과는 아래의 Table 12와 같다.

Table 12 Post hoc test summary of the dependent variable by SIP(simultaneous/successive information process test) group

		Group			
		1	2	3	4
Group	1	/			
	2	*	/		
	3	*	*	/	
	4	*	*	*	/

* $p<.05$

Table 10 Summary of one-way ANOVA on proportional reasoning by FIT(figural intersection test)

Variable	DF	Sum of squares	Mean squares	F-ratio
Between group	5	26.53	5.31	6.55*
Within group	641	518.97	.81	
Total	646	545.50		

* $p<.05$

Table 11 Performance on proportional reasoning by SIP

Group	SIP				F-ratio
	1	2	3	4	
Non-proportional	52 (20.3)	49 (36.3)	67 (44.7)	112 (60.9)	
Transitional	31 (12.1)	31 (23.0)	22 (14.7)	30 (16.3)	36.84*
Proportional	173 (67.6)	55 (40.7)	61 (40.7)	42 (22.8)	

* $p<.05$

Note: SIP group 1=high level of simultaneous information processing and successive information processing, group 2 = high level of simultaneous and low level of successive, group 3=low level of simultaneous and high level of successive, group 4= low level of simultaneous and successive.

Table 12에서 보는 바와 같이 동시적, 연속적 처리가 모두 상인 집단(집단 1)은 다른 집단과 유의미한 차이가 있었으며, 동시적 또는 연속적 처리 중 하나가 상인 집단(집단 2 또는 3)은 하인 집단(집단 4)에 비해 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다.

본 연구의 결과는 정보처리가 나이에 따라 증가한다는 현금이(1988)의 연구 결과와 차이를 보이고 있다. 그러나 인지적 차이에 의해서 기인되는 동시적/연속적 정보처리의 차이가 높을수록 개인적 능력의 차이가 있다는 선행 연구 결과와 일치한다(Watters & English, 1995).

7) 뇌기능

뇌 기능 분화에 따라 분석한 결과 우뇌 우세아의 49.3%, 좌뇌 우세아의 47.4%, 균형아의 40.8%가 비례 논리가 형성된 것으로 나타났다. 반면에 비례 논리가 형성되지 않은 학생의 경우는 균형아가 42.6%로 가장 높게 나타났다. 각 집단별 비례 논리 형성정도를 분석한 결과 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다 ($F=2.15, p>.05$).

이상의 통계처리 결과 비례 논리 형성에 차이를 보이는 것은 나이, 과학적 추론, 설계 기능, 보속적 오류, 인지양식, 정보처리 유형, 정신용량이었으며, 뇌기능 분화만이 통계적인 차이가 없는 것으로 나타났다.

2. 요인과 비례 논리 형성 정도와의 상관관계 분석

본 연구에서 독립변인으로 설정한 나이, 과학적 추론, 설계 기능, 보속적 오류, 인지양식, 정보처리 유형, 정신용량, 뇌기능 분화와 비례 논리 형성 정도에 영향을 주는 요인을 분석하기 위하여 상관관계를 분석하였다.

비례 논리와 학습자 요인과의 상관관계를 분석한 결

과 뇌기능 분화 변인을 제외한 모든 변인과 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 가장 높은 상관을 나타내고 있는 것은 과학적 추론이며, 다음은 정보처리 유형이다. 음의 상관을 나타내고 있는 보속적 오류는 값의 특성 때문에 음의 값을 가지고 있다. 상관관계 분석 결과 비례 논리 형성에 영향을 줄 수 있는 요인으로는 나이, 설계기능, 보속적 오류, 정신용량, 인지양식, 정보처리 유형을 들 수 있다.

비례 논리 형성정도에 대한 종속변인에 대해 학습자의 특성인 독립변인이 어느 정도 설명해 주는지를 분석하기 위하여 단계적 다중회귀(stepwise multiple regression)를 실시하였다. 상관관계 분석 결과 뇌기능 분화를 제외한 변인이 비례 논리 형성과 상관이 있는 것으로 나타났다($p<.05$). 그러나, 비례 논리 형성을 설명할 수 있는 변인으로는 과학적 추론, 정보처리, 보속적 오류, 나이의 4가지 변인이었으며, 이들 변인과 연결시켜 설명할 수 있는 것은 약 30.0%였다. 보속적 오류가 음의 값으로 나타난 것은 방향을 나타낸 것이다. 즉 보속적 오류가 비례 논리 형성에 영향을 주고 있음을 의미한다.

3. 비례 논리 형성을 위한 프로그램의 처치 효과

물리 원리와 수학의 기본 개념인 비례 논리를 형성시키기 위한 프로그램의 효과를 분석하였다. 프로그램의 효과를 분석하기 위하여 비례 논리가 형성되지 않은 학생 133명을 대상으로 프로그램을 처치하였다. 비례 논리 점수는 사전과 사후의 논리적 사고 검사 중 비례 논리에 관련된 2개 문항을 분석하였다. 대답과 이유를 묻는 문항에 대해 각각 0점과 1점을 부과하여, 사전검사와 사후검사는 최대 4점, 최소 0점의 범위를 가진다.

Table 16에서처럼 사전검사 0점을 획득한 학생이 피

Table 13 Performance on proportional reasoning by CLB(cognitive laterality battery)

Group	CLB			F-ratio
	Right-dominant	Left-dominant	Harmonic	
Non-proportional	105 (35.7)	57 (37.0)	118 (42.6)	
Transitional	44 (15.0)	24 (15.6)	46 (16.6)	2.15
Proportional	145 (49.3)	73 (47.4)	113 (40.8)	

Table 14 Pearson correlation matrix for all variables

	AGE	CTSR	TOL	WCST	FIT	GEFT	CLB	SIP
AGE								
CTSR	.0702							
TOL	-.2516*	.2040*						
WCST	-.0915	-.2269*	-.0791					
FIT	.2136*	.2757*	.0361	-.1545*				
GEFT	.1164*	.2928*	.0393	-.0958*	.2223			
CLB	-.0040	-.0234	-.0157	.0499	-.1154	-.0096		
SIP	-.1296*	-.3015*	-.0692	.2086*	-.2112	-.3060	-.0285	
PROP	.1672*	.4317*	.1205*	-.3195*	.1794*	.2337*	.0297	.3574*

* p<.05

Table 15 Regression summary for prediction of proportion reasoning Dependent Variable: PROP N: 725 R: 0.545 R-Square: .297

Predictor variables	Coefficient of correlation	R	R ²	Increment of R ²
CTSR	.4317	.432	.187	.187
SIP	.3574	.494	.244	.057
WCST	-.3195	.530	.281	.037
AGE	.1672	.539	.290	.009

note. Removed variables were TOL, FIT, CLB, and GEFT.

험자의 44.4%(59명)를 차지하였으나 사후 검사에서는 0점을 얻은 학생이 21.1%(28)명으로 줄어들었다. 사전 검사에서 4점을 받은 학생은 없었으나, 사후검사에서는 30명(22.6%)으로 나타났다. 사후검사에서 높은 비례 논리 점수를 얻은 학생들이 많은 것으로 나타났다. 사

Table 16 Performance on proportional score by pre- and post-test () : %

	Pre-test	Post-test
0	59 (44.4)	28 (21.1)
1	40 (30.1)	26 (19.5)
2	33 (24.8)	20 (15.0)
3	1 (0.8)	29 (21.8)
4	0 (0.0)	30 (22.6)

전검사와 사후검사의 비례 논리 점수사이에 통계적으로 유의미한 차이가 있는지를 살펴보았다.

Table 17에서 보는 것처럼 사전점수가 .82점이었으나 사후점수는 2.05점으로 나타났다. 사전점수와 사후점수 사이에 통계적으로 유의미한 차이가 있는지를 분석한 결과 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다(t=8.71, p<.001).

이는 학생들의 비례 논리가 성숙에 의해 자연발생적으로 개발되는 것이 아니라, 학습에 의해 향상될 수 있음을 나타내 주는 것이다. 이러한 연구 결과는 선행 연구 결과(Lawson & Wollman, 1975; Maloney, 1983; Farrell, & Farmer, 1985)와 일치한다. 본 연구 결과와 선행 연구 결과에서 보듯이 비례 논리 형성을 위해서는

Table 17 T-test outcomes for control and experimental groups on proportional reasoning

Group	N	M	SD	t-value
Pre-test	133	.82	.83	8.71**
Post-test		2.05	1.47	

** p<.001

교과서적인 지도보다는 학생들의 직접적인 조작이 이루어질 때가 보다 더 효과적으로 논리가 잘 형성되는 것을 볼 수 있다.

본 연구에서는 형식적 조작기의 기초가 되는 비례 논리 형성에 영향을 주는 요인과 비례 논리 형성을 위한 프로그램을 처치하여 그 효과를 분석하였는데, 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 비례 논리는 학습자의 특성에 따라 형성 정도가 다른 것으로 나타났다. 학습자의 연령, 과학적 추론 능력, 정신용량이 높을수록 비례 논리 형성 정도가 높았다. 반면에 보속적 오류가 적을수록 비례 논리 형성 정도가 높았으며, 동시적/연속적 정보처리가 모두 높을수록 높게 나타났다.

둘째, 비례 논리 형성에 깊은 상관 및 예언력을 가지고 있는 변인으로는 과학적 추론, 정보처리, 보속적 오류, 나이의 학습자 요인이 대표적이다.

셋째, 형식적 사고기의 연령에 있는 학생 중 비례 논리가 형성되지 않은 학생을 위해서 비례 논리 형성을 위한 프로그램이 효과가 있는 것으로 나타났다.

IV. 결 론

비례 논리는 형식적 조작기의 초기에 이루어지며 변인통제 논리, 확률 논리, 조합 논리, 상관관계 논리의 형성에 영향을 주는 것으로 알려져 왔다. 논리적 사고 수준이 형식적 사고 수준에 도달하지 못하게 되면 학생들의 학업 성취에 영향을 주는 것으로 나타났다(Lawson & Wollman, 1975). 따라서 본 연구에서는 형식적 조작기 초기에 이루어지며, 형식적 논리 형성에 영향을 주는 비례 논리가 학습자의 특성에 따라 형성 정도에 어떤 차이가 있는지를 분석하였다. 이러한 분석을 통해서 비례 논리 형성을 위한 지도방안을 마련할 수 있을 것으로 판단된다.

요인을 분석한 결과 학습자의 성숙에 의해서 비례 논리 형성 정도에 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 비례 논리는 중학교 이전부터 형성되기 시작하지만 중학교 학생의 약 40%가 형성되지 못한 상태에 있는 것으로 나타났다. 그러므로 초등학교 6학년부터 지도하게 되어 있는 비율을 효과적으로 지도할 수 있는 구체적인 학습 지도 방안이 마련되어야 할 것으로 판단된다.

또한 7세에 두개골의 향상이 급속하게 나타나므로 이때가 수학을 시작할 수 있는 최적기이며, 11세 때에 또 다시 두개골의 급등현상이 일어나므로 빠른 속도로 비

례 논리가 형성되어지는 것을 볼 수 있다. 따라서 논리적 사고력의 발달 요인인 성숙과 뇌와의 관계에 대한 구체적인 연구가 추가적으로 진행되어야 할 것으로 사료된다.

뇌의 성숙이외에 설계기능, 정신용량, 인지양식, 정보처리 유형에 따라 비례 논리 형성 정도에 차이가 있는 것으로 나타났다. 따라서 학생들에게 설계기능, 정신용량, 인지양식, 정보처리 유형을 향상시킬 수 있는 프로그램을 개발·적용시켜 학습자의 특성이 향상되었을 때 비례 논리의 형성에 대해 검증할 필요가 있다고 생각된다.

본 연구의 두번째 목적인 비례 논리 향상을 위한 프로그램을 적용한 결과 유의미한 향상이 있었다. 이는 본 연구에 사용된 프로그램이 비례 논리가 형성되지 않아 학교 교과목 성취에 영향을 주는 학생에게 처치하여 비례 논리를 형성시킬수 있을 것으로 사료된다. 본 연구에서 사용된 프로그램은 비율에 대해 처음으로 접하게 되는 초등학교 6학년 학생들에게 사용하였을 때 보다 효과적일 것으로 생각된다. 이와 더불어 비례 논리 향상을 위한 프로그램을 통해 형성된 비례 논리가 Piaget의 인지발달이론에서 언급한 것처럼 다른 논리의 발달에 영향을 주는지에 대한 연구와 관련 교과목의 성취에 영향을 주는지에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

또한, 비례 논리가 뇌의 성숙에 의한 형성과 더불어 학습 또는 경험에 의해서 형성되는 것을 볼 수 있다. 따라서, 변인통제 논리, 확률 논리, 조합 논리, 상관관계 논리의 향상을 위한 활동 프로그램을 개발하여 적용시키는 것이 기대된다. 그러나, 비례 논리가 변인통제 논리, 확률 논리, 조합 논리, 상관관계 논리의 형성에 기초적인 논리인지에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 본 연구의 결과에 의하면 형식적 조작기의 학생 중에서도 비례 논리가 형성되지 않은 학생이 있었으며, 비례 논리가 형성되어도 구체적 조작기에 남아있는 학생이 존재하는 것으로 나타났다.

적 요

본 연구는 형식적 조작기의 초기에 형성되며, 형식적 사고와 과학적 추론의 기초가 되는 비례 논리의 형성에 미치는 학습자 요인과 비례 논리 향상을 위한 프로그램의 적용효과를 분석하는데 그 목적이 있다. 비례 논리 형성에 미치는 요인 분석을 위하여 형식적 사고기의 초기에 해당하는 중학교 1, 2, 3학년 학생 790명을 대상으

로 하였다. 표집된 학생들에게 과학적 사고력 검사, WCST, 설계기능검사, 정신용량 검사, 인지양식 검사, 뇌기능 분화 검사, 동시적/연속적 처리 검사, 과학적 추론 검사를 실시하였다. 한편, 비례논리 향상을 위한 프로그램의 적용을 위해서 비례논리가 형성되지 않은 학생 133명에게 처치하여 그 효과를 분석하였다.

본 연구의 결과 학습자의 연령, 과학적 추론 능력, 정신용량, 동시적/연속적 정보처리 점수가 높을수록 비례논리 형성 정도가 높았다. 반면에 보속적 오류가 적을수록 비례논리 형성 정도가 높았다. 비례논리 형성에 높은 예언력을 가지고 있는 대표적인 변인으로는 과학적 추론, 정보처리, 보속적 오류, 연령의 학습자 요인이다. 형식적 사고기의 연령에 있는 학생 중 비례논리가 형성되지 않은 학생을 위해서 비례 논리 형성을 위한 프로그램이 효과가 있는 것으로 나타났다. 본 연구결과를 바탕으로 논리적 사고 형성에 미치는 요인에 대한 분석과 비례논리의 형성이 기타의 논리 형성과 과학 교과목의 성취도에 미치는 영향에 대한 연구가 계속되기를 기대한다.

참 고 문 헌

- 강호감(1991). 두뇌의 기능분화에 따른 수업전략이 창의력 및 자연과 학업성취도에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 고영희(1982). 뇌 연구와 교육. 한국교육개발원. 교육개발, 4(6), 12-26.
- 권재술, 최병순, 허명(1987). 중학교 과학과 교육과정 및 그 운영진단(Ⅱ). 한국과학교육학회지, 7(2), 1-14.
- 김설한(1998). 초등학교 학생들의 귀납-연역적 추론 능력과 정신용량 및 보속오류와의 관계. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.
- 안수영(1995). 학습자의 정신용량과 덩이 지식의 크기 및 문제의 요구정신용량이 과학문제해결에 미치는 영향. 한국교원대학교 대학원 박사학위 논문.
- 전윤식, 장혁표(1985). 이불 도형 검사. 교육과학사, 서울.
- 전태식(1998). 수업 전략과 학습자 특성이 삼투 개념의 이해에 미치는 영향. 한국교원대학교 대학원 박사학위 논문.
- 최병순, 허명(1987). 중학생들의 인지수준과 과학교육 내용과의 관계 분석. 한국과학교육학회지, 7(1), 19-31.
- 하종덕(1985). 우뇌기능 훈련이 뇌의 인지 특성 및 수학적 문제 해결력에 미치는 영향. 원광대학교 대학원 박사학위 논문.
- 한종하(1987). 과학적 사고력 신장을 위한 수업전략. 한국교육개발원, 기타연구 op 86-1.
- 허명, Lawson, A. E., 권용주(1997). 과학적 추론 능력의 발달에서 전두엽연합령의 역할. 한국과학교육학회지, 17(4), 525-540.
- 현금이(1988). 아동의 장독립-장의존 인지 양식과 동시성-연속성 처리와의 관계 분석. 성균관대학교 대학원 석사학위논문.
- 황금연, 박인근, 김태성(1989). 고교생의 과학적 사고력에 관한 연구 - 논리적 사고와 추리력을 중심으로. 한국과학교육학회지, 9(1), 19-36.
- Arons, A. (1981). Thinking, reasoning, and understanding in introductory physics courses. *The Physics Teacher*, 19, 166-172.
- Bereiter, C., & Scardamalia, M. (1979). Pascual-Leone's M construct as a link between cognitive developmental and psychometric concepts of intelligence. *Intelligence*, 3, 41-63.
- Distefano, J. J. (1969). *Interpersonal perceptions of field independent and field dependent teachers and students*. Doctoral Dissertation, Cornell University.
- Educational Policies Commission. (1966). *Education and the spirit of science*. Washington, DC.: National Education Association.
- Farrell, M. A., & Farmer, W. A. (1985). Adolescents' performance on a sequence of proportional reasoning tasks. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(6), 503-518.
- Fuster, J. M. (1989). *The preferential cortex: Anatomy, physiology, and neuropsychology of the frontal lobe*(second edition). Raben Press, New York.
- Gordon, H. W. (1978). Left hemisphere dominance for rhythmic elements in dichotically presented melodies. *Cortex*, 14, 58-70.
- Hunt, D. (1979). Learning styles and student needs: An introduction to conceptual level. In *student learning styles: Diagnosing and prescribing programs*. Reston, VA.

- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. New York: Basic Books.
- Jonassen, A. H., & Grabowski, B. L. (1993). *Handbook of individual differences learning & instruction*. New Jersey: Lawrence, Erlbaum Associates, Inc.
- Krikorian, R., Bartok, J., & Gay, N. (1994). Tower of London procedure: A standard method and developmental data. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 16(6), 840-850.
- Kwon, Y. (1997). *Linking prefrontal lobe functions with reasoning and conceptual change*. Doctoral Dissertation, Arizona State University.
- Lawson, A. E. (1987). *Supplement: classroom test of scientific reasoning*. Arizona State University.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing.
- Lawson, A. E., & Wollman, W. T. (1975). *Teaching proportions and intellectual development: An experiment*. AESOP, Report ID-30.
- Lawson, A. E., Karplus, R., & Adi, H. (1978). The acquisition of proportional logic and formal operational schemata during the secondary school years. *Journal of Research in Science Teaching*, 15, 465-478.
- Luria, A. R. (1973). *The working brain: An introduction to neuropsychology*. Basic Book, New York.
- Luria, A. R. (1980). *Higher cortical function in man*, 2nd Ed. Consultants Bureau, New York.
- Maloney, D. P. (1983). Proportional reasoning and rule-governed behavior with the balance beam. *Science Education*, 67(2), 245-254.
- Milner, B. (1963). Effects of different brain lesions on card sorting. *Archives of Neurology*, 9, 90-100.
- Noelting, F. (1980). The development of proportional reasoning and the ratio concept. Part I - Differentiation of stages. *Educational Studies in Mathematics*, 11, 217-253.
- Piaget, J. (1961). The genetic approach to the psychology of thought. *Journal of Educational Psychology*, 52, 275-281.
- Roadranka, V., Yeany, R. H., & Padilla, M. J. (1983). *Validation of group assessment of logical thinking(GALT)*. Paper presented at the annual meeting of NARST, Texas.
- Roth, W., & Milkent, M. M. (1991). Factors in the development of proportional reasoning strategies by concrete operational college students. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(6), 553-566.
- Stuss, D. T., & Benson, D. F. (1986). *The Frontal Lobes*. New York, NY: Raven Press.
- Vaidya, J. K., & Chansky, N. (1980). Cognitive development and cognitive style as factors in mathematics achievement. *Journal of Educational Psychology*, 72(3), 326-330.
- Walsh, K. W. (1982). Neuropsychological aspects of rehabilitation following brain injury. In: Garrett, J. F. (ed). *International exchange of information in rehabilitation*, 19, 36-40.
- Watters, J. J., & English, L. D. (1995). Children's application of simultaneous and successive processing in inductive and deductive reasoning problems: Implications for developing scientific reasoning skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(7), 699-714.
- Witkin, H. A., Moore, C. A., Goodenough, D. R., & Cox, P. W. (1977). Field-dependent and field-independent cognitive styles and their educational implications. *Reviews of Educational Research*, 47(1), 1-64.