

Cognitive Load of 5th Graders According to the Types of Mathematical Patterns

Seulgi Yi(Teacher)¹⁾ · Kwang-ho Lee (Professor)^{*2)}

¹⁾Wonho Elementary School · ²⁾Korea National University of Education

수학 패턴 유형에 따른 5학년 학생들의 인지부하

이슬기 (교사)²⁾ · 이광호(교수)^{*2)}

¹⁾구미 원호초등학교 · ²⁾한국교원대학교

<ABSTRACT>

The purpose of this study is to see if there is any difference in the cognitive load of fifth graders according to the type of mathematical patterns in the task of finding regularity of patterns. To do this, the process of finding regularity solutions for 35 fifth grade students was recorded by using an eye-tracker and the correct response rate, self survey and the total visit duration were analyzed. As a result, there were no significant differences in representation patterns. The pattern of 'growth-deformation method of creation' and 'geometric property' were generated the lowest accuracy ratio, the highest cognitive load survey result, and the longest total visit duration. Based on these results, for learning of various types of pattern, it is considered appropriate to apply patterns of numbers and picture expression together from the beginning. And cognitive loads of 'growth-deformation' and 'geometrical properties' is judged to be greater than other generation methods and properties of pattern. So it is considered appropriate to apply 'repeat pattern' and 'physical, relational pattern' at the beginning of pattern learning and 'growth-deformation pattern' and 'geometrical property pattern' are needed to handle later in pattern learning.

Key words : Mathematical Pattern, Cognitive Load, Eye Tracking, Elementary Students, Total visit Duration

I. Introduction

패턴은 일정한 규칙에 따라서 수, 무늬, 도형, 동작, 소리 등을 늘어놓은 배열을 가리킨다(Choi, Pang,

2011). 패턴은 대수 학습의 기초(Radford & Peirce, 2006)가 될 뿐만 아니라 모든 수학의 기본토대(Mulligan & Mitchelmore, 2009)가 된다는 점에서 매우 중요하다. 수학적인 상황에서 구체물이나 그림 등을 활용하여 여러 가지 패턴을 학습하는 과정에

※ 본 연구는 이슬기의 2018년 석사학위 논문의 일부를 발췌하여 수정 보완하였음.

* Corresponding Author : Kwang-ho Lee (paransol@knu.ac.kr)

Received February 26, 2019; Reviewed March 6, 2019; Accepted March 28; Published March 31, 2019

© 2019. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

서 요소 간에 내재되어 있는 수학적 관계와 규칙성을 추론하는 능력을 기를 수 있으며, 규칙을 파악한다는 것 자체가 문제 해결에 결정적인 역할을 한다(Choi, Pang, 2011), 그러므로 패턴 학습은 전 학년에 걸쳐 제대로, 그리고 비중 있게 다루어야 한다.

이러한 패턴 학습에 대한 중요성을 바탕으로 국내에서 패턴학습과 관련된 다양한 연구들이 진행되었고, Choi, Pang(2011), Yu, Ryu(2013), Pang, Sunwoo(2016)은 공통적으로 학생들의 패턴에 대한 폭넓은 인식을 위하여 다양한 형태와 표현 방식 및 요소를 가진 패턴 과제를 다루어야 한다는 결론을 도출하였다. 하지만 패턴 과제의 형태와 표현 방법 및 과제 요소를 다양화하면 학습 과제 자체의 복잡성이 변화하여 내재적 인지부하가 달라질 수 있다(Renkl & Atkinson, 2003). 그 결과 학생들에게 걸리는 전체적인 인지부하에 영향을 줄 수 있다.

한편, 인간의 기억력은 각각 나뉘진 시스템의 연합(an alliance of separable systems)으로 구성되는데, 그 중 하나가 작업 기억(working memory)이다(Baddeley, 2006). 작업 기억은 정보를 일시적으로 보존(temporary maintenance)하고 처리(manipulation)하며, 이해(comprehension), 학습(learning), 추론(reasoning)과 같은 복잡한 인지 과제 수행에 필요하다(Baddeley, 1992)는 점에서 학습에서 핵심적인 역할을 수행한다. 이러한 인간의 작업 기억은 저장용량과 처리능력에 한계가 있다(Baddeley & Hitch, 1974). 물통의 용량보다 많은 물을 넣으려 하면 다 담지 못하고 흘러넘치는 것처럼 학습자가 수용할 수 있는 작업 기억의 용량이나 처리능력보다 많은 정보나 과제가 부과되면 학습자는 인지적 과부하를 겪게 되어 학습 및 과제 수행을 제대로 해내기 어려워진다. 이렇듯 학습자의 인지부하를 고려한 학습과제를 선택하는 것이 중요함에도 불구하고, 패턴 과제의 형태, 표현방식, 요소 등의 다양성으로 인하여 달라질 수 있는 인지부하에 대한 연구는 부족하다. 이에 본 연구는 5학년 학생들을 대상으로 패턴의 규칙성 찾기 과제에서 수학 패턴 유형에 따라 인지부하가 어떠한지 알아보기 위하여 패턴 유형별 정답률, 인지부하 자가설문 결과, 그리고 시선추적기를 이용하여 시선방문시간을 활용하였다.

인지부하는 내재적 인지부하, 외재적 인지부하 본유적 인지부하로 구분할 수 있으며, 이 중 과제 자체의 특성으로 인하여 발생하는 인지부하가 내재적 인지부하이다(Sweller, Merrienboer & Paas, 1998). 본 연구는 패턴 과제의 유형에 따른 인지부하를 측정하고자 한 점에서 내재적 인지부하에 집중했다고 볼 수 있다. 인지부하를 측정하는 방법에는 간접 측정(과제수행의 정확성, 학습시간 등), 주관적 측정(자기보고식 설문), 생리학적 측정(심장박동, 뇌파, 시선움직임 등) 방법 등 여러 가지가 있지만 각각의 장단점이 있어 어느 방법이 인지부하측정에 더 유용하고 효과적이라고 단정 짓기는 어렵다. 이에 본 연구는 인지부하 측정을 위해 정답률, 인지부하자가 설문, 그리고 시선움직임(시선방문시간)을 모두 활용하여 종합적으로 결과를 분석하고자 하였다. 정답률은 각각 문제별로 정답자 수를 총 학생 수로 나누어 구하였다. 인지부하 자가설문은 9점 척도를 활용하여 어렵게 느꼈던 문제일수록 높은 점수를 주도록 하였다. 시선 움직임의 경우 문제 슬라이드 화면 전체를 AOI(Area Of Interest)로 잡고, 화면 전체에서의 시선이동과 시선고정을 모두 포함한 개념인 시선방문시간(Total Visit Duration)을 측정하여 문제해결시간으로 보았다. 그리고 어떤 문제의 시선방문시간이 길었다면 해당 문제를 해결하는데 긴 시간이 걸렸다고 해석하였다.

본 연구 목적을 위하여 다음과 같이 연구 문제를 설정하였다.

첫째, 패턴 규칙성 찾기 과제에서 수학 패턴 표현 양식(숫자, 그림)에 따른 5학년 학생들의 인지부하는 어떠한가?

둘째, 패턴 규칙성 찾기 과제에서 수학 패턴 생성 방식(반복, 회전, 대칭, 증가변형)에 따른 5학년 학생들의 인지부하는 어떠한가?

셋째, 패턴 규칙성 찾기 과제에서 수학 패턴 속성(기하적, 물리적, 관계적)에 따른 5학년 학생들의 인지부하는 어떠한가?

II. Theoretical Background

본 연구는 Yi, Lee(2019)의 연구와 같이 진행되어 이론적 배경이 유사하여 이들의 연구에서 제시한 서론의 선행연구 분석을 대신하고자 한다.

III. Materials and Methods

1. Participants

본 연구는 경상북도 중소도시인 G시 소재의 A초등학교의 5학년 학생 중 학생과 학부모가 자발적 연구 참여 동의서에 서명한 35명을 대상으로 선정하였다. 이 중 데이터의 신뢰성 확보를 위해 시선방문시간을 분석할 때는 시선 추적 비율(tracking ration)이 80% 미만이었던 학생 8명을 제외한 27명을 대상으로 분석하였다. 본 연구는 높은 수준의 시력이 요구되는 것이 아니므로 학교 자체적으로 실시한 시력검사 결과 (교정)시력이 1.0이상인 학생과 안경 없이 모니터에 제시된 문제를 풀 수 있을 정도의 시력을 가진 학생을 포함하였다. 또한 시각 및 신경학적으로 문제나 장애가 없고, 오른손잡이인 학생들을 선정하였다. 다만, 시선 추적기에서 나오는 적외선이 안경테에 튕기는 것을 방지하기 위해 안경 낀 학생은 제외하되, 렌즈를 착용한 학생은 참여시켰다.

2. Procedure

본 과제를 실시하기 전에 연구자는 미리 학생들에게 실험 방법과 주의사항에 대하여 설명하였고, 그 후에 실험의 진행과 시선 추적을 담당하였다. 그리고 보조자 1명은 학생들이 시선 측정 후에 인지 부하 자가 설문지를 작성할 수 있도록 안내하였다. 교실 앞 쪽 책상에 과제가 제시될 노트북과 시선 추적기를 설치하고, 책상 앞에 의자를 놓아 실험 대상자들이 의자에 앉아 화면을 보면서 문제를 풀도록 하였다. 실험자들은 답을 말한 후 마우스를 클릭하여 다음 문제로 넘어갔다. 연구자는 학생의 오른쪽 대각선 뒤에 앉아 실험과정을 관찰하고 학생들

의 답변과 특이사항 등을 기록하였다. 과제 투입은 수업 시간을 제외한 나머지 시간 및 수업이 끝난 방과 후에 실시하였으며, 학생들의 집중도를 높이고 외부로부터의 방해 줄이기 위해 방음처리가 되어 있는 방송실에서 진행하였다.

3. Cognitive load measurement task

본 연구는 5학년 학생들의 수학 패턴 유형별 인지부하를 알아보고자 하였다. 이에 패턴 과제를 제작하기 위해 초등학교 교육과정에서 다루어지는 패턴의 유형 및 내용을 분석하였다. 아울러, 우리나라 수학과 교육과정과 교과서에는 수치적, 증가패턴을 많이 다루고 있으므로 본 연구에서는 그 밖의 유형을 최대한 다양하게 다루고자 하였다. 객관적으로 확인하기 어려운 패턴 유형(정서적 속성)과 본 연구 목적에 부합하지 않은 패턴 유형(소리, 신체, 사물 표현양식), 그리고 5학년 학생들의 수준에 적합하지 않은 패턴 유형(카오스 생성방식)은 연구 과제에서 제외하였고, 서로 관련이 있어 묶을 수 있는 것들을 통합하였다. 선행연구(Kim, Shin, 1997; Reys et al., 2009; Choi, Pang, 2011) 등에서 사용한 수학 패턴 유형을 고려하여 본 연구 과제의 수학 패턴 유형은 Yi, Lee(2019)를 그대로 활용하였다. 이러한 패턴 유형을 바탕으로 수학전문가의 도움을 받아 <Table 1>, <Table 2>와 같이 과제를 개발하였다.

<Table 1> The pattern tasks

Expression	Generation	Attribute	Num.	Task
Number		Geometrical	1	5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 7 ?
				① 5 ② 5 ③ 5 ④ 5
				7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 ?
	Repeating	Physical	1	① 7 ② 7 ③ 7 ④ 7
		Relational	1	9 7 5 3 9 7 5 3 9 7 5 3 9 7 5 3 9 7 5 3
				① 10 ② 9 ③ 8 ④ 7
	Rotating	Geometrical	1	6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 ?
				① 9 ② 6 ③ 9 ④ 6

	Physical	1	
		0	
	Relational	0	
	Geometrical	1	
	Symmetry	Physical	1
		1	
	Relational	1	
		1	
	Geometrical	1	
	Increase strain	Physical	1
		1	

<Table 2> The pattern tasks

Expressi on	Generati on	Attribute	Num.	Task
Picture	Repeating	Geometrical	1	
		Physical	1	
		Relational	1	 
		Geometrical	1	 
		Rotating	1	 
		Physical	1	 
	Relational	0	 	
	Symmetry	Geometrical	1	 

	Physical	1	
		0	
	Relational	1	
	Geometrical	1	
	Increase strain	Physical	1
		1	
	Relational	1	
		1	
	Total	22	

* No patters because it is too difficult for elementary School students

4. Data analysis

가. Analysis of correct answer rate

정답률은 문제를 맞힌 정답자 수를 전체 학생 수로 나누어 계산하였다. 총 35명의 학생들이 22개의 패턴과제를 풀었는데, 예를 들어 어떤 문제의 정답률이 1이라면 해당 문제는 35명의 학생들이 모두 정답을 맞힌 것이다. 정답률이 1에 가까울수록 많은 학생이 정답을 골랐고, 정답률이 0에 가까울수록 많은 학생이 오답을 고른 것으로 해석하였다.

나. Analysis on the survey of cognitive load

과제수행을 위해 투입한 정신적 노력을 측정하는 Paas(1992)의 방법을 활용하였다. 이 방법을 통해 눈에 보이지 않는 정신적 노력의 양을 수치적 데이터로 변환할 수 있다(Paas, 1992). 실험대상자들은 과제 수행이 끝난 후 옆 교실로 자리를 옮겨 리커트(Likert) 9점 척도에 의해 제작된 자가 설문지를 작성하였다. 각 문항마다 '□번 문제입니다. 이 문제를 해결할 때 느낀 어려움은 어느 정도였나요?'라는 질문을 제시하였다. 학생들은 질문 옆에 있는 문제 그림을 보면서 문제해결당시의 장면을 떠올리고, 1점(매우 매우 쉬움)부터 9점(매우 매우 어려움)까지 해당되는 점수에 표시하였다. 문항별로 1에 가까울수록 학생들의 문제를 쉽게 느꼈다고 해석할 수 있

다. 패턴 유형에 따라 설문값의 차이가 있는지 확인하기 위하여 SPSS를 활용하여 통계 처리하였다.

다. Analysis of total visit duration

시선방문시간(total visit duration)은 문제해결시간으로 활용하기 위하여 측정하였다. 본 연구는 문제 해결 시 시선 움직임을 통하여 인지부하를 측정 한 Lin & Lin(2014)의 연구와 비교했을 때 측정도구(:시선추적기)와 측정대상(:인지부하)이 같다. 그러므로 Lin & Lin(2014)을 참고하되, [Figure 1]과 같이 각 문제 슬라이드 전체를 관심영역(AOI)으로 설정하고, 슬라이드 내의 모든 시선고정(all fixations)과 시선이동(saccade)을 포함하는 시선방문시간(total visit duration)을 측정하여 문제해결시간으로 보았다. 인지부하가 클수록 학습시간에 부정적인 영향을 미칠 것이다(Sweller, Ayres, and Kalyuga, 2011). 각 슬라이드별로 학생들의 시선방문시간을 분석하여 패턴 유형에 따라 어떠한 차이가 있는지 분석하였다.



[Figure 1] AOI example

III. Results

1. Cognitive load according to pattern expression

가. Correct answer rate

패턴의 표현양식이 정답률에 유의한 영향을 주는 지 알아보기 위하여 대응표본 t검정을 실시한 결과는 <Table 3>과 같다. 숫자와 그림 표현양식 간 정답률 평균에 유의한 차이가 없었던 것으로 보아 패턴의 표현양식은 정답률에 유의한 영향을 미치지 않았다고 볼 수 있다.

<Table 3> T-test for correct answer rate mean between pattern representation forms

Expression	N	mean	t
Number	35	0.864	0.814
Picture	35	0.841	

*p<.05

나. The results of cognitive load self-survey

패턴의 표현양식이 인지부하 자가설문 결과에 유의한 영향을 주는지 알아보기 위하여 대응표본 t검정을 실시한 결과는 <Table 4>와 같다. 숫자와 그림 표현양식 간에 인지부하 자가설문값의 평균차는 유의하지 않았던 것으로 보아 패턴 표현양식은 인지부하 자가설문 결과에 유의한 영향을 미치지 않았다고 볼 수 있다.

<Table 4> T-test for self survey mean between pattern representation forms

Expression	N	mean	t
Number	35	2.738	0.277
Picture	35	2.690	

*p<.05

다. Total visit duration

패턴의 표현양식이 시선방문시간에 유의한 영향을 미치는지 알아보기 위해 대응표본 t검정을 실시한 결과는 <Table 5>와 같다. 표현양식 간에 시선방문시간 평균차는 유의하지 않은 것으로 보아 패턴의 표현양식은 시선방문시간에 유의한 영향을 미치지 않았다고 볼 수 있다.

<Table 5> T-test for the total visit duration mean between pattern representation forms

Expression	N	mean	t
Number	27	13.943	-0.366
Picture	27	14.154	

*p<.05

2. Cognitive load according to pattern generation

가. Correct answer rate

패턴의 생성방식이 정답률에 유의한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 대응표본 t검정을 실시한 결과는 <Table 6>과 같다. ‘반복-대칭’을 제외한 나머지 대응쌍에서 정답률 평균차가 유의했다. 반복과 대칭에 비하여 회전과 증가변형일 때, 그리고 회전에 비하여 증가변형 생성방식일 때 정답률이 유의하게 낮았다. 이를 바탕으로 패턴의 생성방식은 정답률에 유의한 영향을 미쳤다고 볼 수 있다.

<Table 6> T-test for correct answer rate mean between pattern generation methods

	generation	N	mean	t
repeating	repeating	35	0.952	3.110**
-rotating	rotating	35	0.821	
repeating	repeating	35	0.952	-0.258
-symmetry	symmetry	35	0.957	
repeating	repeating	35	0.952	7.667**
-inc. strain	in. strain	35	0.667	
rotating	rotating	35	0.821	-3.098**
-symmetry	symmetry	35	0.957	
rotating	rotating	35	0.821	2.844**
-inc. strain	in. strain	35	0.667	
symmetry	symmetry	35	0.957	8.964**
-inc. strain	in. strain	35	0.667	

**p<.01

나. The results of cognitive load self-survey

패턴의 생성방식이 인지부하 자가설문 결과에 유의한 영향을 미치는지 알아보기 위해 대응표본 t검정을 실시한 결과는 <Table 7>과 같다. ‘반복-대칭’을 제외한 나머지 대응쌍에서 인지부하 자가설문값의 평균차가 유의했다. 반복과 대칭에 비하여 회전과 증가변형일 때, 그리고 회전에 비하여 증가변형 생성방식일 때 인지부하 자가설문값이 유의하게 높았다. 따라서 패턴의 생성방식은 인지부하 자가설문 결과에 유의한 영향을 미쳤다고 볼 수 있다.

<Table 7> T-test for self survey mean between pattern generation methods

	generation	N	mean	t
repeating	repeating	35	2.239	-2.262**
-rotating	rotating	35	2.786	
repeating	repeating	35	2.239	1.266
-symmetry	symmetry	35	2.067	
repeating	repeating	35	2.239	-7.924**
-inc. strain	in. strain	35	3.790	
rotating	rotating	35	2.786	2.894**
-symmetry	symmetry	35	2.067	
rotating	rotating	35	2.786	-3.514**
-inc. strain	in. strain	35	3.790	
symmetry	symmetry	35	2.067	-8.716**
-inc. strain	in. strain	35	3.790	

**p<.01

다. Total visit duration

패턴의 생성방식이 시선방문시간에 유의한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 대응표본 t검정을 실시한 결과는 <Table 8>과 같다. 모든 대응쌍에서 시선방문시간의 평균차가 유의하게 나타났다. 증가변형, 반복, 회전, 대칭 순으로 평균 시선방문시간이 유의하게 길었다. 따라서 패턴의 생성방식은 시선방문시간에 유의한 영향을 미쳤다고 볼 수 있다.

<Table 8> T-test for the total visit duration mean between pattern generation methods

	generation	N	mean	t
repeating	repeating	27	15.830	3.499**
-rotating	rotating	27	12.676	
repeating	repeating	27	15.830	5.996**
-symmetry	symmetry	27	10.213	
repeating	repeating	27	15.830	-5.606**
-inc. strain	in. strain	27	20.497	
rotating	rotating	27	12.676	3.094**
-symmetry	symmetry	27	10.213	
rotating	rotating	27	12.676	-5.450**
-inc. strain	in. strain	27	20.497	
symmetry	symmetry	27	10.213	-7.450**
-inc. strain	in. strain	27	20.497	

**p<.01

3. Cognitive load according to pattern attribute

가. Correct answer rate

패턴의 속성이 정답률에 유의한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 대응표본 t검정을 실시한 결과는 <Table 9>와 같다. ‘기하-물리’와 ‘기하-관계’적 속성 간에 유의한 정답률 평균차가 있었다. 물리와 관계적 속성에 비하여 기하적 속성일 때 정답률이 유의하게 낮았다. 따라서 패턴의 속성은 정답률에 유의한 영향을 미쳤다고 볼 수 있다.

<Table 9> T-test for correct answer rate mean between pattern properties

	generation	N	mean	t
geometrical	geometrical	35	0.681	-5.856**
-physical	physical	35	0.866	
geometrical	geometrical	35	0.681	-8.403**
-relational	relational	35	0.918	
physical	physical	35	0.866	-1.980
-relational	relational	35	0.918	

**p<.01

나. The results of cognitive load self-survey

패턴의 속성이 인지부하 자가설문 결과에 유의한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 대응표본 t검정을 실시한 결과는 <Table 10>과 같다. ‘기하-물리’와 ‘물리-관계’간에 인지부하 자가설문값의 평균차가 유의하게 나타났다. 관계적 속성에 비하여 기하와 물리적 속성일 때 인지부하 자가설문값이 유의하게 더 높았다. 따라서 패턴의 속성은 인지부하 자가설문 결과에 유의한 영향을 미쳤다고 볼 수 있다.

<Table 10> T-test for self survey mean between pattern properties

	generation	N	mean	t
geometrical	geometrical	35	3.120	1.341
-physical	physical	35	2.934	
geometrical	geometrical	35	3.120	8.319**
-relational	relational	35	1.886	
physical	physical	35	2.934	6.690**
-relational	relational	35	1.886	

**p<.01

다. Total visit duration

패턴의 속성이 시선방문시간에 유의한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 대응표본 t검정을 실시한 결과는 <Table 11>과 같다. ‘기하-물리’와 ‘기하-관계’간에 시선방문시간의 평균차가 유의하게 나타났다. 물리와 관계적 속성에 비하여 기하적 속성일 때 시선방문시간이 유의하게 더 길었다. 따라서 패턴의 속성은 시선방문시간에 유의한 영향을 미쳤다고 볼 수 있다.

<Table 11> T-test for the total visit duration mean between pattern properties

	generation	N	mean	t
geometrical	geometrical	27	15.830	2.737**
-physical	physical	27	13.134	
geometrical	geometrical	27	15.830	3.196**
-relational	relational	27	12.896	
physical	physical	27	13.134	0.367
-relational	relational	27	12.896	

**p<.01

IV. Conclusions

본 연구 결과를 바탕으로 내린 결론은 다음과 같다.

첫째, 패턴의 표현양식에 따른 숫자 패턴과 그림 패턴 간에 정답률, 인지부하 자가설문 결과, 시선방문시간의 평균차가 유의하지 않았던 것으로 보아 패턴의 표현양식은 인지부하에 유의한 영향을 미치지

지 않는 것으로 판단된다. 따라서 숫자와 그림 표현 양식의 패턴은 도입의 선후(先後) 상관없이 패턴 학습 초기부터 전반에 걸쳐 모두 골고루 다루어지는 것이 여러 패턴표현양식을 학습하는 데에 적절하다고 판단된다.

둘째, 패턴의 생성방식에 따른 반복, 대칭, 회전, 증가·변형 패턴 간에 정답률, 인지부하 자가설문 결과, 시선방문시간의 평균차가 유의했던 것으로 보아 패턴의 생성방식은 인지부하에 영향을 준다고 볼 수 있다. 반복과 대칭 생성방식보다 회전과 증가변형 생성방식일 때, 특히 다른 생성방식에 비하여 증가변형 생성방식일 때 인지부하가 크다고 판단된다. 따라서 인지부하가 작은 반복과 대칭 생성방식의 패턴은 패턴학습 초기에 다루고, 인지부하가 큰 회전과 증가변형 생성방식은 패턴학습 후반에 도입하되, 특히 증가변형 생성방식은 가장 나중에 학습하는 것이 여러 가지 생성방식의 패턴을 학습함에 있어서 적절하다고 판단된다.

셋째, 패턴의 속성에 따른 기하적 속성, 물리적 속성, 관계적 속성 간에 정답률, 인지부하 자가설문 결과, 시선방문시간의 평균차가 유의했던 것으로 보아 패턴의 속성은 인지부하에 영향을 미친다고 볼 수 있다. 물리적 속성과 관계적 속성에 비하여 기하적 속성일 때 인지부하가 더 크다고 판단된다. 따라서 인지부하가 작은 물리적 속성과 관계적 속성의 패턴은 패턴학습 초기에 도입하고, 인지부하가 큰 기하적 속성의 패턴은 패턴학습 후반에 다루는 것이 다양한 속성의 패턴을 학습함에 있어서 적절하다고 판단된다.

References

- Baddeley, A. (1992). Working memory: The interface between memory and cognition. *Journal of cognitive neuroscience*, 4(3), 281-288.
- Baddeley, A. D. (2006). Working memory: An overview. *Working memory and education*, 1-31.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. *Psychology of learning and motivation*, 8, 47-89.
- Choi, B., Pang, J. (2011). Analysis on the first graders' recognition and thinking about mathematical patterns. *The Journal of Educational Research in Mathematics*, 21(1), 67-86.
- Kim, S., Shin, I. (1997). Teaching mathematical pattern in elementary school mathematics. *Education of Primary School Mathematics*, 1(1), 3-22.
- Lin, J. J. H., Lin, S. S. (2014). Cognitive load for configuration comprehension in computer-supported geometry problem solving: An eye movement perspective. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(3), 605-627.
- Mulligan, J., & Mitchelmore, M. (2009). Awareness of pattern and structure in early mathematical development. *Mathematics Education Research Journal*, 21(2), 33-49.
- Paas, F. G. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of educational psychology*, 84(4), 429-434.
- Pang, J., Sunwoo, J. (2016). An analysis on teaching methods of patterns in elementary mathematics textbooks. *Education of Primary School Mathematics*, 19(1), 1-18.
- Radford, L., & Peirce, C. S. (2006). Algebraic thinking and the generalization of patterns: A semiotic perspective. In *Proceedings of the 28th conference of the international group for the psychology of mathematics education, North American chapter* (Vol. 1, pp. 2-21).
- Renkl, A., & Atkinson, R. K. (2003). Structuring the transition from example study to problem solving in cognitive skill acquisition: A cognitive load perspective. *Educational psychologist*, 38(1), 15-22.
- Reys, R. E., Lindquist, M., Lambdin, D. V., & Smith, N. L. (2009). *Helping children learn mathematics*. New York: John Wiley & Sons.
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. New York: Springer.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J., & Paas, F. G.

- (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational psychology review*, 10(3), 251-296.
- Yi, S., Lee, K. (2019). Attention and attention shifts of 5th general and mathematically gifted students based on the types of mathematical patterns. *Education of Primary School Mathematics*, 22(1), 1-12.
- Yu, M., Ryu, S. (2013). A comparison between methods of generalization according to the types of pattern of mathematically gifted students and non-gifted students in elementary school. *School Mathematics*, 15(2), 459-479.