

## 함수 영역 문제해결 협력학습 과정에서 문제 유형에 따른 중학생의 인지부하 분석

김성경(한국교육과정평가원)  
김지연(수성고등학교)  
이선지(도송중학교)  
이봉주(경북대학교)<sup>†</sup>

### I. 서론

인지부하 이론은 개인의 작업기억 처리 용량이 제한적이라는 가정에서 출발한다. 인지부하는 학습자가 여러 정보를 장기기억에 저장하기 위해 처리하는 작업기억에서 발생한다. 인지부하와 관련된 연구는 학습자의 작업기억에 과부하가 생기지 않도록 인지부하를 관리할 수 있는 적절한 교수설계를 제공함으로써 학업 성취도를 높이는 데 목적이 있다. 해결된 예제 효과(Sweller & Cooper, 1985), 주의 분산 효과(Tarmizi & Sweller, 1988), 전문성 역효과(Kalyuga, Chandler, & Sweller, 2001) 등과 같은 학습 상황에 따른 적절한 교수설계를 고안하여 그 효과성을 검증하는 연구들이 진행되었다. 국내에서 인지부하 관련 연구들은 멀티미디어 학습 환경에서 학습자의 인지부하를 측정하거나 최적의 교수설계를 찾고자 하는 연구가 주를 이루었다(김준, 송기상, 2009; 류지현, 2011; 이현정, 2005; 정재원, 김동식, 나청수, 2013). 이러한 선행연구들은 학습 과정에서 학습자의 인지부하를 감소시키면 학습 효과를 높일 수 있다고 주장하며, 인지부하를 학습 효과에 직접적인 영향을 주는 요인으로 보고 있다.

최근 교실 수업에서는 학습자 중심의 교수·학습 환경

을 제공하기 위해 협력학습이 많이 이루어지고 있다(홍진곤, 조승래, 2003). 인지부하는 개별학습뿐 아니라 협력학습 과정에서도 발생하므로 협력학습의 효과를 인지부하 관점에서 재조명해 볼 필요가 있다. 인지부하 이론이 주로 개인 학습자에게 초점을 맞춘 다양한 교수설계에서 학습자의 인지부하 및 학습의 효과를 검증하는 것과 관련이 있었다면, 집합적 작동기억의 효과는 집단이 협력적으로 학습할 때 작동기억의 처리 용량이 증가함에 따른 학습의 효과를 기대하는 새로운 관점이기 때문이다. Kirschner, Paas, & Kirschner(2009a)는 인지부하 관점에서 협력학습을 개념화하는 새로운 접근을 시도하였다. 개인이 모여 집단을 이루면 작업기억 처리 용량이 증가하게 되는 것을 집합적 작동기억이라는 하나의 정보 처리 체제로 보는 관점이다(Kirschner, Paas, & Kirschner, 2009a; 2009b; 2011).

수학은 학습 요소들 사이의 상호작용 정도가 강하여 인지부하가 많이 발생하는 교과이고, 학습자들 간 학업 성취도의 격차가 큰 교과이다(고호경, 고상수, 2008). 특히 함수 영역은 다른 내용 영역과 비교하여 상대적으로 중학생의 성취도가 가장 낮은 영역이고(이봉주, 2010), 함수 영역의 문제는 변수들 사이의 관계에 대한 이해를 바탕으로 해결하여야 한다는 점에서(이영경, 김은숙, 이하우, 조완영, 2016) 함수 개념을 처음 접하는 중학생의 인지부하를 살펴볼 필요가 있다.

한편 수학교육은 교사 중심에서 학습자 중심으로 바뀌고 있고, 이러한 시대적 변화에 따라 학습자의 문제해결 능력, 협동 능력, 자기 주도 학습 능력을 신장시키기 위한 방법 중의 하나로 문제 중심 학습이 주목받고 있다(황혜정, 허난, 2016). 황혜정·허난(2016)에 따르면 문제

\* 접수일(2018년 3월 29일), 수정일(1차: 2018년 4월 18일, 2차: 2018년 5월 9일), 게재확정일(2018년 5월 14일)

\* ZDM분류 : D33

\* MSC2000분류 : 97C50

\* 주제어 : 중학교, 함수 영역, 협력학습, 인지부하, 문제 유형, 단답형, 서술형, 프로젝트

<sup>†</sup> 교신저자

중심 학습에 대한 국내·외 선행 연구는 주로 학습 결과 및 학업 성취와 정의적 특성에 관한 효과에 초점을 맞추어 이루어졌다. 문제 중심 학습에 효율적인 문제 유형에 대한 연구가 부족한 실정임을 알 수 있다. 이에 더 효율적인 문제 중심 학습의 교수설계를 위한 유익한 정보를 제공하기 위한 하나의 방안으로 문제 해결 학습에서 이용되는 문제 유형에 따라 학생이 인식하는 인지부하 조사할 필요가 있다.

이에 이 연구에서는 중학교 함수 영역의 협력 문제해결 과정에서 문제 유형에 따라 인식하는 학생의 인지부하 정도를 분석함으로써 효과적인 문제 중심 협력 교수·학습 설계를 위한 시사점을 도출하고자 한다. 이를 위해 중학교 1학년과 2학년 학생을 대상으로 함수 영역의 협력학습 과정에서 인식하는 문제 유형에 따른 인지부하 정도와 수학 성취수준별 인지부하 정도를 분석한다. 더불어 동일한 학습 환경에서 학생의 성별에 따라 문제 유형에 대하여 인식하는 인지부하 정도에 차이가 있는지도 살펴본다.

## II. 이론적 배경

### 1. 인지부하 종류

학습자는 학습 과정에서 여러 정보를 작업기억에서 처리하여 장기기억에 저장한다. 이 과정에서 작업기억에는 인지부하가 발생한다는 점, 작업기억의 용량은 제한적이라는 점을 고려하여 학습자가 인지적 과부하로 학습에 방해받지 않도록 불필요한 인지부하를 줄이는 교수설계를 고안하는 것이 인지부하 이론의 주요 관심사이다.

인지부하는 세 가지 종류로 구분될 수 있다(Sweller, van Merriënboer, & Paas, 1998). 첫째, 내재적 인지부하(intrinsic cognitive load)는 학습 내용 자체가 내재적으로 지닌 학습 요소의 수, 요소들 간의 상호작용 정도에 의해 발생하는 인지부하이다(Sweller, van Merriënboer, & Paas, 1998). 학습 요소의 수가 많을수록, 요소들 간 상호작용이 많을수록 내재적 인지부하는 커진다. 또한 동일한 학습 내용이라도 학습자에 따라서 발생하는 인지부하의 정도는 다를 수 있다. 즉, 해당 학습 내용에 전문가일수록 내재적 인지부하는 적게 발생한다(Paas, Tuovinen, Tabbers, & Van Gerven, 2003). 내재적 인지

부하는 학습 내용 및 학습자에 의해 결정되며 교수설계와는 관련이 없다. 둘째, 외재적 인지부하(extraneous cognitive load)는 본질적인 학습과 관련이 없는 교수설계에 의해서 발생하는 불필요한 인지부하이다(Sweller, van Merriënboer, & Paas, 1998). 비효율적인 교수설계가 외재적 인지부하를 발생시켜 학습을 방해할 수 있으므로 외재적 인지부하를 줄이는 것이 인지부하 이론에서 주요 관심사가 된다. 셋째, 본유적 인지부하(germane cognitive load)는 학습 과정을 촉진하는 정보와 활동에 의해 발생한다(Kirschner, Paas, & Kirschner, 2009a). 본유적 인지부하는 학습자가 학습 내용을 이해하기 위해서 쏟는 노력과 관련된다. 교사가 학습자의 작업기억의 한계를 초과하지 않도록 적절한 교수설계를 제공하면 스키마를 형성하는 것과 직접적으로 관련된 인지적 과정에 학습자를 참여시킬 수 있다(Sweller, van Merriënboer, & Paas, 1998).

### 2. 인지부하 측정

교수·학습 상황에서 발생하는 인지부하를 적절하게 조절하여 학습의 효과를 높이고자 한다면 인지부하를 어떻게 측정할 것인가로 관심은 옮겨지게 된다. 인지부하 이론에서는 내재적, 외재적, 본유적 인지부하의 총합이 학습자의 인지부하 총량이라고 가정한다(류지현, 임지현, 2009). 다차원적으로 구성된 인지부하를 측정하는 것은 어려운 일임이 분명하다(Paas, Tuovinen, Tabbers, & Van Gerven, 2003). 초기에는 오류율이나 학습 시간과 같은 간접적인 방법을 동원하여 인지부하를 측정하였다(Sweller, Ayres, & Kalyuga, 2013). 그러나 Paas(1992)는 간접적 측정의 한계를 인식하고 인지부하를 직접적으로 측정하고자 시도하였고, 학습자가 학습 과정에서 쏟은 정신적 노력으로 인지부하를 측정하였다. Ayres(2006)는 학습자가 인식한 과제의 난이도를 사용하여 과제의 복잡성을 측정하였다. 정신적 노력이나 과제의 난이도와 같은 주관적 측정 방법은 학습을 방해하지 않고 사용이 용이하다는 장점을 갖고 있다. 인지부하를 측정한 많은 연구에서 주관적 측정 방법을 사용하고 있다(Paas, Tuovinen, Tabbers, & Van Gerven, 2003)는 것은 이 방법이 인지부하를 측정하는 데 효과적인 방법으로 받아들여지고 있음을 시사한다.

인지부하를 측정하는 다른 방법으로 학습 과정에 부가적인 이차 과제를 부여하는 방법이 있다. 이 방법은 학습자가 일차 과제를 해결하는 데 인지부하가 낮을수록 이차 과제에 빠르고 정확하게 반응할 것이라는 가정에서 출발한다. Marcus, Cooper, & Sweller(1996)는 학습자가 일차 과제를 수행하는 동안 소리가 들릴 때마다 페달을 밟는 이차 과제, 또는 들려주는 숫자를 기억하는 이차 과제를 부여함으로써 인지부하를 측정하였다. 오선아·김연순(2006)은 숫자, 문자, 위치 등을 기억하도록 요구하는 이차 과제를 사용하여 인지부하를 측정하였다. 이차 과제는 학습 과정 중에 인지부하를 측정할 수 있는 장점이 있으나, 학습을 방해한다는 단점도 있다. 자기공명영상이나 뇌파와 같은 생리학적 지표를 이용하여 인지부하를 측정하기도 하지만, 교수설계의 차이에 따라 발생하는 인지부하의 차이를 충분히 드러내기 위해서는 추가적인 연구가 더 필요한 실정이다(Sweller, Ayres, & Kalyuga, 2013).

이 연구는 인지부하를 측정하는 데 자기보고식 주관적 측정 방법이 효과적이라는 입장을 지지한다. 이에 국내 류지현·임지현(2009)의 연구에서 인지부하 측정을 위하여 개발한 설문 도구를 이용한다. 자기보고식 주관적 측정 방법의 하나인 이 설문 도구를 활용하여 인지부하를 측정한 연구들이 많이 진행되었다(양유정, 2013; 이세형, 유윤계, 2017; 정재원, 김동식, 나청수, 2013; 정효정, 김혜원, 2012). 류지현·임지현(2009)의 연구에서는 인지부하를 구성하는 요인을 탐색하였고, 이후에 설문 문항을 보다 안정시키는 연구(Ryu & Kim, 2010)가 이루어졌다. 이들 연구에서 제시한 인지부하 요인은 ‘과제부담(task demand)’, ‘정신적 노력(mental effort)’, ‘지각된 과제난이도(Perceived Task Difficulty)’, ‘자기평가(self evaluation)’, ‘자료의 용이성(Usability)’ 등으로 모두 다섯 가지이다(류지현, 2011). ‘과제부담’은 제시된 과제를 수행하면서 학습자가 겪는 정신적 및 신체적 피로, ‘정신적 노력’은 과제 수행을 위해 학습자가 스스로 쏟은 인지적인 노력, ‘과제난이도’는 학습자가 지각한 과제의 난이도, ‘자기평가’는 과제수행에 대한 효능감, ‘자료의 용이성(Usability)’은 학습자료 사용의 용이성에 대한 학습자 스스로의 평가를 의미한다(류지현, 2011).

### 3. 인지부하와 협력학습

최근 인지부하 이론에서는 개인의 작업기억의 한계를 극복하기 위한 대안으로 협력학습에 대한 관심이 높아지고 있다(Kirschner, Paas, & Kirschner, 2009a; 2009b; Zhang, Ayres, & Chan, 2011). 이와 관련된 연구들은 협력학습을 수행하는 한 집단이 하나의 정보처리 시스템으로 역할을 할 수 있으므로 개인의 작업기억이 집단의 작업기억으로 확장될 수 있다고 주장한다. 협력학습 집단 구성원들의 집합적 작업기억은 개인의 작업기억보다 처리 용량이 크므로 개인이 혼자 처리할 경우 인지적 과부하가 초래될 수 있는 과제라도 협력학습에서 구성원들이 함께 해결할 경우 인지적 과부하 없이 과제를 해결할 가능성이 커진다는 입장이다. 그러나 협력학습에서는 개별 학습과 달리 구성원들이 정보를 공유하고 조율하는 과정이 필요하고, 이 과정에서 발생하는 인지부하인 교류비용(transaction cost)을 고려할 필요가 있다(Kirschner, Paas, & Kirschner, 2009b).

Kirschner, Paas, & Kirschner(2009b, 2011)는 개별학습과 협력학습의 효과를 비교한 결과, 복잡한 과제를 해결할 때는 협력학습이 과제 해결 및 인지부하 측면에서 보다 효율적이나 단순한 과제를 해결할 때는 개별학습이 보다 효율적이라고 보고하였다. 쉬운 과제를 해결할 때는 인지부하가 적게 발생하는데 협력학습으로 과제를 수행할 경우 교류비용으로 인해 오히려 학습의 효율성이 낮아질 수 있기 때문이다. Zhang, Ayres, & Chan(2011)도 웹페이지를 설계하는 복잡한 과제에서 협력학습이 개별학습보다 인지부하 측면에서 효율적임을 입증하였다.

시지현(2016)은 복잡한 과제에 대해서 협력학습을 한 집단이 개별학습을 한 집단에 비해 높은 성취도를 보이고 인지부하가 낮은 반면, 쉬운 과제의 경우 개별학습을 한 집단이 높은 성취도를 나타냄을 보고하였다. 또한 시지현(2016)에 따르면 복잡한 과제를 수행하는 개별학습 집단이 협력학습 집단보다 사전 인지부하를 높게 지각하고 효능감은 낮게 지각하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 과제의 복잡도 뿐만 아니라 학습 방법도 학습자의 인지부하 및 효능감에 영향을 줄 수 있음을 보여준다. 양유정(2013)은 인지부하를 조절하는 방안으로 협력학습의 효과를 검증한 결과, 협력의 과정을 체계적으로 안내 받은 협력학습 집단이 그렇지 않은 협력학습 집단에 비

해 내재적 인지부하를 낮게 인식하고 과제의 진이 효과는 긍정적인 것으로 보고하였다. 이는 협력학습에서 학습자의 역할 분담, 의사소통 방법 등에 대한 적절한 안내가 교류비용을 줄이고 학습 효과를 높이는 방법이 될 수 있음을 보여준다.

인지부하 관점에서 협력학습을 재해석하는 연구가 일부 이루어지기 시작하였으나, 다양한 교수설계, 교과에서 인지부하 관점에서 효율적인 협력학습 방안에 대한 연구가 더 이루어져야 할 것이다. 또한 단순한 과제와 복잡한 과제에서 인지부하의 양상이 다르게 나타난 선행 연구의 결과를 바탕으로 수학 문제의 유형에 따라 학생이 인식하는 인지부하에 어떤 차이가 있는지 구체적으로 분석해 볼 필요가 있다.

### III. 연구 방법

#### 1. 연구 대상

이 연구에 참여한 학생은 S중학교 1학년 2개 학급 55명, 2학년 2개 학급 54명이다. 2학년 학생 중 3차례에 걸쳐서 진행된 실험의 일부에 참여하지 못한 학생 3명을 분석에서 제외함에 따라 연구 분석 대상 학생 총 106명의 기본 정보를 정리하면 [표 1]과 같다. 이 연구가 진행되기 전에 실시한 중간고사 수학 점수를 기준으로 수학 성취수준을 구분하였다. 수학 성취수준은 해당 학년의 평균 이상인 학생을 '상' 집단, 평균 미만인 학생을 '하' 집단으로 구분하였다. 이는 문제 유형에 따라 두 수준의 집단이 인식하는 인지부하에 차이가 있는지 알아보기 위한 것이다. 중학교 1학년은 남학생 21명과 여학생 34명으로 구성되며, 상 집단이 31명이고 하 집단이 24명이다. 중학교 2학년은 남학생 18명과 여학생 33명으로 구성되며, 상 집단이 32명이고 하 집단이 19명이다.

[표 1] 연구 대상  
[Table 1] Participations

학년	집단	수학 성취수준		성별		합계
		상	하	남	여	
1		31	24	21	34	55
2		32	19	18	33	51

#### 2. 검사 도구

##### 1) 문제 유형

이 연구에서는 문제의 유형을 '단답형', '서술형', '프로젝트'의 세 가지 유형으로 구분하였다. 단답형 문제는 간단한 수, 기호, 식 등의 유형으로 나타내도록 하고, 개념을 직접 묻거나 간단한 계산을 통해 답을 구할 수 있는 문제를 의미한다. 예를 들어, '함수  $f(x) = -2x$ 에 대하여 함수값  $f(3)$ 의 값을 구하시오.', '기울기가 3이고  $y$ 절편이 2인 직선을 그래프로 가지는 일차함수의 식을 구하시오.' 등이 단답형 문제에 해당한다.

서술형 문제는 학생이 주어진 문제의 해결 과정을 그림, 식, 문장 등으로 직접 서술하는 유형으로, 학생이 서술한 다양한 문제해결 과정을 통해 학생이 문제에 대해 옳게 이해하고 적절하게 해결하였는지 교사가 파악할 수 있도록 구성된 문제이다. 예를 들어, '두 상수  $a, b$ 에 대하여  $a+b < 0$ ,  $ab > 0$ 일 때, 점  $(a, b)$ 는 제 몇 사분면 위의 점인지 구하시오. 풀이 과정과 답을 모두 쓰시오.', '그림에서 직선  $l$ 은 일차함수  $y = -x + 3$ 의 그래프를  $y$ 축의 방향으로 2만큼 평행이동한 것이다. 두 직선과  $x$ 축,  $y$ 축으로 둘러싸인 도형의 넓이를 구하시오. 풀이 과정과 답을 모두 쓰시오.' 등과 같이 문제해결 과정과 답을 모두 제시하도록 요구한다. 서술형 문제는 학생의 문제해결 과정을 보기 위한 것이므로 단순히 개념을 묻거나 간단한 계산 문제보다는 수학적 내용 요소가 단답형 문제보다 더 많이 포함되도록 구성하였다.

프로젝트 문제는 실제 생활과 관련된 주제로 과정 중심의 수행을 경험하도록 구성된 문제이다(황혜정 외, 2009). 이 연구에서는 프로젝트 문제를 학생이 알고 있는 수학적 지식을 실생활 상황에 적용해 봄으로써 이론과 실제의 통합이 이루어질 수 있도록 하는 문제로 정의하였다. 이 연구에서 제시한 프로젝트 문제의 주제는 '합리적인 소비'이다. 모둠별로 해결해야 할 공동의 프로젝트 문제를 부여하고, 지식과 경험이 다른 모듬의 학생이 서로 협력하여 문제를 해결할 수 있도록 안내하였다. 이와 관련된 활동은 '과제 안내(프로젝트 문제해결 수업 약 일주일 전)-모듬별 조사(방과 후 등 수업 시간 외 활동)-문제해결 수업(본 수업)'의 순으로 대략 일주일 동안 진행되었다. 이러한 절차로 이루어진 프로젝트 문제해결 과정 중에서 학생이 모여 모듬별로 문제를 해결하는 본

수업인 프로젝트 문제해결 수업을 위해 교사는 먼저 프로젝트 문제해결 수업의 목표 등 과제를 전반적으로 안내하였다. 모듈별로 관심 있는 물품의 종류를 한 가지 정한 후, 편의점, 대형 할인 마트, 온라인 상가 등의 다양한 판매처에서 물품의 가격을 조사하고 묶음 할인, 배송료 등의 판매처에 따른 물품 판매의 특징을 파악하도록 과제를 안내하였다. 모듈에서는 이를 해결하기 위해 수업 시간에 모듈 구성원이 개인별로 조사할 판매처를 정하였고, 방과 후에 학교 주변의 상가 방문 및 인터넷을 활용하여 물품의 가격 등을 조사하였다. 대략 일주일 뒤 본 수업에서 모듈별로 조사한 내용을 학습 활동지에 정리하도록 요구하였다. 또한 대형 할인 마트를 방문하는 데 소요되는 교통비, 온라인 구매 시 배송료 등을 포함하여 물품을 구매하는 데 필요한 구매 금액을 계산한 후, 사려고 하는 물품의 개수에 따른 구매 가격을 표와 그래프로 표현하도록 하였다. 이후에 특정한 개수만큼 물품을 구매하려고 할 때, 어느 판매처를 이용하는 것이 비용이 적게 드는지 판단하도록 하여 합리적 의사결정을 내리도록 하였다. 1학년과 2학년 모두 동일한 방법으로 프로젝트 수업을 진행하였다.

2) 인지부하 측정 도구

이 연구에서는 류지현(2012)이 개발한 인지부하 측정 도구를 사용하였다. 선행 연구에서 제시한 5개의 요인 중 ‘과제부담’, ‘정신적 노력’, ‘과제난이도’, ‘자기평가’ 요인의 문항을 사용하였고, ‘자료의 용이성’은 멀티미디어 자료와 관련되므로 본 연구에서는 제외하였다. 설문 문항은 이 연구의 상황을 고려하여 일부 문구를 수정하였고, 요인별로 4문항씩 총 16문항으로 구성하였다. 모든

문항은 ‘전혀 그렇지 않다(1점)’에서 ‘매우 그렇다(7점)’까지의 7점 리커트 척도를 사용하였다. 단답형 문제, 서술형 문제, 프로젝트 문제를 해결한 후 학생은 매번 동일한 설문에 응답하였다. 과제부담은 과제를 수행하는 과정에서 학습자가 겪는 정신적 및 신체적 피로를 의미하고, 대표적인 문항은 ‘학습을 마치고 나서 기운이 빠지는 느낌을 받았다.’이다. 검사 신뢰도 Cronbach  $\alpha$ 의 값은 단답형 문제, 서술형 문제, 프로젝트 문제에서 각각 .86, .93, .93으로 나타나 문항의 내적 일관성을 확인하였다. 정신적 노력은 과제를 수행하기 위해 학습자가 스스로 쏟는 인지적 노력을 의미하고, 대표적인 문항은 ‘제시된 문제를 해결하기 위하여 정신을 집중했다.’이다 ( $\alpha = .86/.91/.91$ ). 과제난이도는 학습자가 지각한 과제의 어려움 정도로 ‘문제가 어려웠다.’가 대표적인 문항에 해당한다( $\alpha = .94/.96/.94$ ). 자기평가는 과제수행에 대한 효능감으로 대표적인 문항은 ‘문제를 성공적으로 해결했다고 생각한다.’이다( $\alpha = .73/.89/.84$ ).

3. 연구 절차

이 연구는 동일한 교사가 지도하는 중학교 1학년과 2학년을 대상으로 진행되었다. 교사는 3월부터 모듈을 구성하여 협력학습으로 두 학년의 수업을 진행하였는데, 처음에는 앓은 자리를 기준으로 가까이 앓은 학생끼리 4~5명씩 묶어서 모듈을 구성하였다. 중간고사 이후에는 중간고사 성적을 기준으로 성적이 다른 이질집단 4~5명으로 구성되 가능하면 친밀도가 높은 학생이 같은 모듈이 되도록 구성하였다. 교사가 학습해야 할 수학 개념을 설명식으로 도입하고, 설명한 개념과 관련된 문제나 단원 마무리 문제를 풀 때에는 모듈별로 협력하여 문제

[표 2] 연구 절차  
[Table 2] Research process

문제해결 수업	1학년		2학년	
	시기	방법	시기	방법
단답형	6월 26일(A반) 6월 29일(B반)	단답형 문제 8개의 모듈별 해결	7월 17일 (C, D반)	단답형 문제 10개의 모듈별 해결
서술형	6월 28일(A반) 6월 30일(B반)	서술형 문제 4개의 모듈별 해결	7월 18일 (C, D반)	서술형 문제 4개의 모듈별 해결
프로젝트	7월 17일 (A, B반)	프로젝트 문제의 모듈별 해결	7월 19일 (C, D반)	프로젝트 문제의 모듈별 해결

를 해결하는 방식으로 수업을 진행하였다.

인지부하 측정은 함수 단원의 수업이 모두 끝난 후 3차시에 걸쳐 이루어졌다. 세 가지 유형의 문제해결 수업과 인지부하 측정이 이루어진 3차시 수업의 일정과 방법을 정리하면 [표 2]와 같다. 해결하는 문제의 종류에 따라 ‘단답형 문제해결 수업’, ‘서술형 문제해결 수업’, ‘프로젝트 문제해결 수업’으로 칭하였다. 세 번째 차시에 이루어진 프로젝트 문제해결 수업 준비를 위해 학생들에게 안내하고 학생들이 방과 후에 직접 자료를 조사하는 시간은 [표 2]의 일정에 포함시키지 않았다. 각 수업은 3차시에 걸쳐 매 차시마다 ‘교사 안내-모둠별 문제해결-인지부하 설문 검사’의 순으로 진행되었다. 즉, 교사가 수업 절차와 과제를 간단히 안내한 후 학생에게 문제를 배부하였고, 학생은 모둠별로 문제를 해결한 후 바로 이어서 인지부하 설문에 응답하였다. 단답형과 서술형 문제해결 수업의 경우에는 학생 개인별로 학습 활동지를 배부하였고, 프로젝트 문제해결 수업의 경우에는 개별 학습 활동지와 모둠별 학습 활동지를 모두 제공하였다. 3월부터 협력학습으로 수업을 진행해 왔기 때문에, 학생은 모둠별로 문제를 해결하는 데에 익숙한 상황이어서 실험 절차에 대한 별다른 질문을 하지 않았다.

‘단답형 문제해결 수업’ 시간에는 모둠별로 문제를 해결하도록 요청하였으나 학생이 개별적으로 해결하는 시간이 더 많았다. 개별적으로 문제를 해결하다가 의문일 생길 때에만 모둠 학생 사이에 짧은 질문과 대답이 오갔다. 문제해결에 주어진 시간은 20분이었고, 대부분의 모둠이 주어진 시간 안에 문제를 해결하였다. ‘서술형 문제해결 수업’ 시간에는 모둠 내에서 문제에 대해 질문하는 경우가 단답형 문제해결 수업보다 상대적으로 더 많았다. 문제와 관련하여 논의한 후 다시 문제를 푸는 행동을 반복하여 단답형 문제를 풀 때와 비교하면 모둠 내에서 많은 대화가 일어났다. 단답형 문제를 해결하는 시간보다 대체로 오래 걸리기는 했으나, 서술형 문제도 주어진 시간 20분 안에 해결하였다.

‘프로젝트 문제해결 수업’ 시간에는 학생 개인이 조사한 내용을 우선 개인별 학습 활동지에 정리하고, 이후 모둠별 학습 활동지의 문제를 해결하도록 하였다. 학생은 개인별 학습 활동지에 자신이 조사한 판매처에서 물건을 구매하는 데 필요한 금액을 물건의 개수에 따라 정

리하였다. 모둠 구성원이 조사한 내용을 모둠별 학습 활동지에 합쳐서 정리하고 물건의 개수에 따라 어느 판매처를 이용하는 것이 저렴한지 판단하였다. 학생은 문제를 해결하면서 서로 자주 질문하였고 활동에도 적극적으로 참여하였다.

1학년 학생은 함수 단원을 시작하는 첫 번째 차시에 동기 유발을 위해 모둠별로 물품의 가격을 조사하여 그 내용을 정리하는 과제를 수행하였다. 이 과제는 학생에게 실생활에서 함수가 활용되는 예를 소개하고자 하는 의도에서 진행됨에 따라 함수 개념에 대한 언급을 하지 않았다. 이 연구 과정에서 실시한 프로젝트 문제해결 수업은 학생이 함수 단원을 학습한 이후에 별도의 계획에 따라 진행되었고, 물품의 개수에 따른 구매 가격을 표, 함수의 그래프, 함수식 등으로 표현하도록 요구하였다. 즉, 단원 도입 시 진행되었던 과제와 이 연구의 프로젝트 문제해결 수업에서 요구한 문제의 내용과 수준이 달랐다. 그럼에도 불구하고 1학년 학생은 물품의 가격을 조사하는 상황이 익숙하였을 수 있고, 2학년 학생은 1학년과 달리 유사한 과제를 경험한 바 없었다.

#### 4. 자료 분석

이 연구에서 수집한 자료를 SPSS 24.0으로 통계 처리하였고, 유의수준은 .05에서 검증하였다. 모든 학생이 모둠별 협력학습으로 단답형 문제, 서술형 문제, 프로젝트 문제를 해결한 직후에 인지부하를 측정하는 방식으로 진행하였으므로, 반복설계 분산분석을 이용하여 분석하였다. 1학년과 2학년 학생이 학습한 내용과 해결한 문제가 다르므로 학년별로 분석하였다. 단답형, 서술형, 프로젝트 등의 문제 유형에 따라 인지부하의 하위요인별로 차이가 있는지 검증하기 위해 인지부하의 하위요인별로 반복설계 분산분석을 실시하였다. Mauchly의 구형성 검정 결과 구형성 가정이 충족되는 경우 ‘개체-내 효과 검정’의 구형성 가정의 결과를 제시하였고, 구형성 가정이 충족되지 않는 경우 사례 수와 엡실론 값을 고려하여 Greenhouse-Geisser 결과를 제시하였다. 1학년 결과에서는 ‘정신적 노력’, 2학년 결과에서는 ‘정신적 노력’과 ‘과제 난이도’는 구형성 가정이 충족되지 않은 경우이다. 주효과 검정은 Bonferroni 방법을 사용하였다. 성취수준의 상 집단과 하 집단이 문제의 유형에 따라 인식하는 인지

부하에 차이가 있는지 알아보기 위해 문제 유형과 성취 수준의 상호작용 효과를 분석하였다. 또한 남학생과 여학생의 문제의 유형에 따라 인식하는 인지부하에 차이가 있는지 살펴보기 위해 문제 유형과 성별의 상호작용 효과를 분석하였다.

#### IV. 결과 분석 및 논의

##### 1. 중학교 1학년 학생의 성취수준과 인지부하

중학교 1학년 학생이 인식한 문제 유형에 따른 인지부하의 평균과 표준편차는 [표 3]과 같다. 인지부하의 하위요인별 결과를 살펴보면, 과제부담의 평균은 서술형 문제(3.58), 프로젝트 문제(3.22), 단답형 문제(3.14)의 순으로 높게 나타났다. 풀이 과정을 요구하는 서술형 문제에 가장 큰 부담을 가지고, 이어서 직접 개별적으로 자료를 조사한 후 취합하여 문제를 해결하는 프로젝트 문제에 단답형 문제보다 부담을 더 느낀다는 것을 알 수 있다. 반면에 7점 리커트 척도인 점과 과제부담이 과제 수행 시 학습자가 겪는 정신적·신체적 피로를 의미한다는 점을 고려하면, 성취수준과 상관없이 대부분의 1학년 학생이 정신적·신체적 피로를 전반적으로 낮게 인식함을 알 수 있다. 이는 개별적으로 문제를 해결하지만 자유롭게 서로 모르는 것을 물어 볼 수 있는 협력학습 환경의

영향 때문인 것으로 해석된다. 성취수준에 따른 과제에 대한 부담은 세 가지 문제 유형에 대하여 모두 하 집단의 학생이 상 집단보다 더 높게 인식하였다. 특히 하 집단의 경우 전체 학생과 동일하게 프로젝트 문제에 대한 과제 부담이 단답형 문제보다 더 높은 것으로 나타났다. 이는 프로젝트 문제의 경우 모든 학생이 개별적으로 완수해야 할 책임 할당에 기인한 것으로 보인다.

정신적 노력의 평균은 단답형 문제(5.45), 프로젝트 문제(5.14), 서술형 문제(5.12)의 순으로 높게 나타났다. 이는 1학년 학생이 단답형 문제해결에 인지적 노력을 상대적으로 가장 많이 기울임을 드러낸다. 문제해결에 필요한 수학적 내용 요소도 더 많고 풀이 과정까지 요구하는 서술형 및 프로젝트 문제보다 정신적 노력을 더 많이 기울이는 이유는 해석하기 어려운 측면이 있지만, 해결해야 할 문제의 수가 절대적으로 많은 것을 그 원인 중의 하나로 들 수 있을 것이다. 이와는 대조적으로 프로젝트 문제의 수가 서술형 문제의 수보다 적음에도 정신적 노력을 프로젝트 문제에 더 많이 기울인 것은 실제로 자료를 조사하고 모든 구성원의 자료를 취합하고 정리하여 문제를 해결해야 하였기 때문일 것이다. 성취수준에 따른 정신적 노력은 상 집단의 경우 단답형 및 서술형 문제의 인지부하 평균이 높고, 하 집단의 경우 프로젝트 문제의 인지부하 평균이 높았다. 이는 상 집단이 수학적으로 해결해야 할 문제의 수가 많은 문제 유형에 더 많

[표 3] 중학교 1학년 학생의 문제 유형에 따른 인지부하 평균 및 표준편차(\*)

[Table 3] Descriptive statistics on cognitive load of the 7th graders according to three types of problems

인지부하 하위요인	수학 성취수준	단답형	서술형	프로젝트
과제부담	상	2.85 (1.24)	3.10 (1.27)	2.82 (1.29)
	하	3.51 (1.56)	4.20 (1.50)	3.73 (1.66)
	전체	3.14 (1.41)	3.58 (1.47)	3.22 (1.52)
정신적 노력	상	5.63 (0.95)	5.31 (1.17)	5.01 (1.37)
	하	5.21 (1.26)	4.88 (1.44)	5.31 (1.15)
	전체	5.45 (1.10)	5.12 (1.30)	5.14 (1.28)
과제난이도	상	2.79 (1.29)	4.13 (1.67)	2.24 (1.04)
	하	3.64 (1.59)	4.97 (1.50)	2.98 (1.45)
	전체	3.16 (1.48)	4.50 (1.64)	2.56 (1.28)
자기평가	상	5.56 (0.80)	5.07 (0.93)	5.29 (1.04)
	하	5.14 (1.15)	4.34 (1.55)	5.20 (1.32)
	전체	5.38 (0.98)	4.75 (1.28)	5.25 (1.16)

\* 표준편차는 괄호 안에 제시하였음.

은 정신적 노력을 집중하였음을 드러내고, 하 집단의 경우 개별적으로 많은 역할을 수행하기 위해 다른 문제의 유형보다 더 많은 정신적 노력을 기울였음을 드러낸다.

과제난이도에 대한 인식의 평균은 서술형 문제(4.50), 단답형 문제(3.16), 프로젝트 문제(2.56)의 순으로 높게 나타나, 서술형 문제를 다른 유형의 문제보다 더 어렵게 인식하는 것을 알 수 있다. 이는 다른 두 유형의 문제보다 더 많은 수학 내용 지식을 필요로 하고 풀이 과정도 기술해야 하는 것에서 기인한 것으로 보인다. 성취수준에 따라 인식하는 과제난이도는 모든 유형의 문제에 대하여 하 집단의 학생이 상 집단의 학생보다 과제가 어렵다고 인식함으로써, 과제부담과 동일한 양상을 나타내었다. 그러나 하 집단의 경우에도 과제부담과는 달리 프로젝트 문제를 단답형 문제보다 더 쉽다고 인식하는 것으로 나타났다. 이는 프로젝트 문제를 해결하기 전에 단답형 문제와 서술형 문제를 해결하는 과정에서 이용한 수학적 내용 지식을 바탕으로 하여 하나의 문제를 모둠별로 해결하기 때문인 것으로 해석된다.

자기평가에 대한 인식의 평균은 단답형 문제(5.38), 프로젝트 문제(5.25), 서술형 문제(4.75)의 순으로 높게 나타나, 문제를 해결하기 위해 학생 스스로 기울인 정신적 노력의 순서와 일치함을 알 수 있다. 이는 학생이 문제를 해결하는 데 스스로 정신적 노력을 기울일수록 자기평가에도 높은 점수를 준다는 사실을 드러낸다. 더불어 한 문제에서 요구하는 수학 내용이 단순하고 풀이 과정을 요구하지 않는 단답형 문제에 대하여 문제해결 성공에 자신감을 더 드러낸다고 볼 수 있다. 성취수준에 따른 자기평가는 두 집단 모두 서술형 문제에 대한 점수가 가장 낮은 것으로 나타났다. 이는 상 집단의 경우 전체 결과와 달리 정신적 노력의 순서와 다르게 나타난 것으로, 서술형 문제에 대하여 정신적 노력을 프로젝트 문제보다 더 기울이지만 자신의 문제해결에 대한 자신감의 부족을 드러낸다. 반면에 하 집단의 경우 개별적인 역할을 수행함으로써 정신적 노력을 가장 많이 기울인 프로젝트 문제에 대하여 자기평가를 가장 높게 하는 것으로 나타났다.

문제 유형에 따라 1학년 학생이 인식하는 인지부하에 차이가 있는지를 분석한 결과는 [표 4]와 같다. 분석 결과를 자세하게 살펴보면, 첫째, 단답형, 서술형, 프로젝

트, 즉 문제의 유형에 따라 1학년 학생이 인식하는 과제 부담에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 문제 유형에 대한 주효과를 분석한 결과, 서술형 문제에 대한 과제부담이 단답형 문제보다 통계적으로 유의하게 더 큰 것으로 나타났다. 그러나 문제 유형과 수학 성취수준의 상호작용은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이는 상 집단과 하 집단 학생이 인식하는 과제부담이 문제 유형에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 없음을 의미한다. 이러한 차이 분석 결과로부터, 1학년 학생은 성취수준과 상관없이 수학 내용 지식을 더 많이 필요하고 풀이 과정을 기술하도록 하는 서술형 문제에 대한 과제 부담을 단답형 문제보다 더 높게 인식함을 알 수 있다.

둘째, 문제 유형에 따라 1학년 학생이 인식하는 정신적 노력은 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 모든 문제 유형에 대하여 동일한 정신적 노력을 기울임을 시사한다. 특히 과제부담의 평균이 3.58로 가장 높은 서술형 문제에 대하여 정신적 노력의 평균은 가장 낮은 5.12임을 감안할 때, 문제 유형과 상관없이 과제에 대한 부담은 비교적 적게 인식하지만 문제를 해결하기 위한 정신적 노력은 많이 기울임을 알 수 있다. 한편 문제 유형과 성취수준의 상호작용은 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. [표 3]의 문제 유형별 1학년 학생의 정신적 노력의 평균을 살펴보면, 단답형 문제와 서술형 문제의 경우 상 집단의 평균이 높으나, 프로젝트 문제의 경우 하 집단의 평균이 높다. 하 집단의 학생이 다른 문제 유형과 달리 프로젝트 문제를 해결하는 데 인지적 노력을 상대적으로 더 많이 기울인다는 것을 알 수 있다. 이는 앞서서도 언급하였지만 하 집단의 학생이 개별적으로 반드시 해결해야 할 역할을 완수하기 위한 것으로 해석된다.

셋째, 문제 유형에 따른 1학년 학생의 과제난이도에 대한 인식에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 문제 유형에 대한 주효과를 분석한 결과, 서술형 문제, 단답형 문제, 프로젝트 문제의 순으로 학생이 문제를 어렵게 인식하였다. 그러나 문제 유형과 성취수준의 상호작용은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이는 상 집단과 하 집단 학생이 인식하는 과제난이도가 문제 유형에 따라 통계적으로 유의한 차이가 없음을 의미한다. 이러한 차이 분석 결과로부터, 1학년 학생은 성취수준과



상관없이 풀이 과정을 기술하도록 하는 서술형 문제를 가장 어려워하고, 다음으로 협력하기는 하지만 개별적인 학습 활동지에 문제를 해결하는 단답형 문제를 어려워하고, 개별적으로 역할에 따라 실제 가격을 조사하기는 하지만 협력하여 모둠별로 하나의 문제를 해결하는 프로젝트 문제를 가장 쉽게 인식함을 알 수 있다. 또한 이러한 결과는 세 유형의 문제에 따라 인식하는 과제난이도에는 차이가 있지만 과제난이도나 과제부담과 상관없이 정신적 노력을 동일하게 기울임을 드러낸다.

마지막으로, 문제 유형에 따라 1학년 학생이 인식하는 자기평가에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 문제 유형에 따른 주효과를 분석한 결과, 단답형 문제와 프로젝트 문제에 대한 자기평가가 모두 서술형 문제에서 보다 더 높게 나타났다. 이로부터 과제부담이나 과제난이도를 낮게 인식하는 것과 비교하여 상대적으로 정신적 노력을 많이 기울인 문제 유형에 대하여 자신의 성취를 높게 평가하는 것을 알 수 있다. 특히, 자기평가가 가장

높은 문제 유형이 상 집단의 경우 단답형 문제이고 하 집단의 경우 프로젝트 문제인 것으로 나타나, 각각의 집단에서 인식한 정신적 노력의 순위와 일치함에 따라 이러한 결과를 더욱 뒷받침한다. 그러나 문제 유형과 성취수준의 상호작용은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이는 상 집단과 하 집단 학생이 인식하는 자기평가가 문제 유형에 따라 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로, 두 집단 모두 다른 두 유형의 문제와 비교하여 서술형 문제에 대한 자신의 풀이에 자신감을 가지지 못함을 시사한다. 이러한 결과는 교실 환경에서 모든 학생에게 서술형 문제에 대한 과제부담을 줄이고 자신의 문제 해결에 대하여 자신감을 가질 수 있도록 하는 방안이 필요함을 시사한다.

한편, 1학년 학생의 성취수준에 따른 인지부하의 차이를 살펴보면 다음과 같다. [표 3]에서 알 수 있듯이, 하 집단의 학생은 모든 문제 유형에 대하여 상 집단보다 과제에 대하여 더 큰 부담을 가질 뿐만 아니라 더 어려

[표 4] 문제 유형에 따른 중학교 1학년 학생의 인지부하 차이 분석

[Table 4] The test result on the differences of cognitive load of the 7th graders among the three types of problems

인지부하 하위요인	분산원	제곱합	자유도	평균 제곱	F	유의확률	주효과
과제부담	성취수준(집단 간)	32.178	1	32.178	8.134	0.006	
	오차	209.674	53	3.956			
	문제 유형	6.623	2	3.311	3.290	0.041	(서술형)>(단답형)
	(문제 유형)×(성취수준)	1.300	2	0.650	0.646	0.526	
	오차	106.691	106	1.007			
정신적 노력	성취수준(집단 간)	1.393	1	1.393	0.426	0.517	
	오차	173.389	53	3.271			
	문제 유형	3.174	1.735	1.829	2.573	0.089	
	(문제 유형)×(성취수준)	4.868	1.735	2.805	3.946	0.028	
	오차	65.391	91.979	0.711			
과제 난이도	성취수준(집단 간)	26.452	1	26.452	6.177	0.016	(서술형)
	오차	226.967	53	4.282			∨
	문제 유형	106.503	2	53.251	57.604	0.000	(단답형)
	(문제 유형)×(성취수준)	0.100	2	0.050	0.054	0.947	∨
	오차	97.990	106	0.924			(프로젝트)
자기평가	성취수준(집단 간)	7.049	1	7.049	2.655	0.109	
	오차	140.736	53	2.655			
	문제 유형	12.812	2	6.406	10.862	0.000	(단답형)>(서술형),
	(문제 유형)×(성취수준)	2.743	2	1.371	2.325	0.103	(프로젝트)>(서술형)
	오차	62.517	106	0.590			

위한다. 이러한 두 집단의 인지부하 차이는 통계적으로도 유의한 것으로 나타났다(표 4 참조). 반면에 정신적 노력과 자기평가에 대한 인식의 경우, 프로젝트 문항에 대한 정신적 노력을 제외하고 하 집단이 상 집단보다 대체로 낮기는 하지만 이러한 차이는 유의하지 않은 것으로 드러났다(표 4 참조). 이러한 결과로부터 하 집단의 학생이 상 집단보다 과제에 대하여 더 부담을 느끼고 더 어렵게 인식하지만, 협력 문제해결 학습 과정에서 정신적 노력을 동일하게 기울이고 이러한 노력에 상응하여 문제해결에 대한 자신감을 인식함을 알 수 있다.

## 2. 중학교 2학년 학생의 성취수준과 인지부하

중학교 2학년 학생이 인식한 문제 유형에 따른 인지부하의 평균과 표준편차는 [표 5]와 같다. 인지부하의 하위요인별 결과를 살펴보면, 과제부담의 평균은 서술형 문제(3.23), 프로젝트 문제(3.21), 단답형 문제(2.78)의 순으로 높게 나타났다. 2학년 학생도 서술형 문제를 해결하는 데 정신적·신체적 피로를 상대적으로 가장 많이 느꼈고, 이러한 인식의 경향은 1학년 학생과 유사하다. 또한 1학년 학생과 마찬가지로, 성취수준과 상관없이 대부분의 2학년 학생도 세 가지 문제 유형에 대하여 모두 정신적·신체적 피로를 전반적으로 낮게 인식함을 알 수 있다. 그러나 성취수준에 따른 과제부담은 세 가지 문제 유형에 대하여 모두 하 집단이 상 집단보다 높게 인식한

1학년 학생과 달리, 2학년 학생은 단답형 문제에 대하여 상 집단 학생이 오히려 하 집단보다 더 부담을 가지는 것으로 나타났다. 또한 1학년과 달리 2학년 상 집단의 학생은 서술형 문제보다 프로젝트 문제해결에 상대적으로 더 부담을 느끼는 것으로 나타났다. 이는 1학년 학습 과정에서 서술형 문제해결에 다소 익숙해진 반면에 방과 후에 자료를 직접 조사하는 등 수학 외적 활동에 대해 부담을 가지는 것으로 해석된다. 반면에 하 집단 학생의 경우 1학년과 마찬가지로 여전히 문제를 해결하는 과정까지 기술해야 하는 서술형 문제에 가장 큰 부담을 가지고 있었다.

정신적 노력의 평균은 서술형 문제(5.34), 단답형 문제(5.29), 프로젝트 문제(5.14)의 순으로 높게 나타났다. 이러한 결과는 단답형 문제에 정신적 노력을 가장 많이 기울인다는 1학년 학생의 인식과는 다소 차이가 있다. 이러한 결과는 2가지 측면에서 해석된다. 먼저, 함수 개념을 처음 학습하는 1학년 학생은 단일 개념의 이해를 요구하는 단답형에도 정신적 노력을 상대적으로 많이 기울인 반면에, 2학년 학생은 1학년에서 이미 학습한 함수 개념을 토대로 하는 내용을 학습함으로써 학습 개념에 좀 더 익숙하기 때문이라고 볼 수 있다. 또 다른 해석은 2학년 학생이 서술형 문제의 풀이를 논리적으로 서술해야 하는 필요성을 1학년 학생보다 상대적으로 더 잘 인식하기 때문이다. 한편 개별적 역할을 수행해야 하는 프

[표 5] 중학교 2학년 학생의 문제 유형에 따른 인지부하 평균 및 표준편차(\*)

[Table 5] Descriptive statistics on cognitive load of the 8th graders according to three types of problems

인지부하 하위요인	성취수준	단답형	서술형	프로젝트
과제부담	상	2.87 (1.55)	2.97 (1.73)	3.09 (1.50)
	하	2.64 (1.41)	3.66 (1.50)	3.41 (1.59)
	전체	2.78 (1.48)	3.23 (1.66)	3.21 (1.52)
정신적 노력	상	5.53 (1.02)	5.59 (1.00)	5.16 (1.14)
	하	4.88 (1.34)	4.92 (1.35)	5.12 (1.25)
	전체	5.29 (1.18)	5.34 (1.17)	5.14 (1.17)
과제난이도	상	2.28 (1.17)	3.28 (1.58)	3.11 (1.51)
	하	3.25 (1.59)	4.83 (1.44)	3.70 (1.54)
	전체	2.64 (1.41)	3.86 (1.69)	3.33 (1.54)
자기평가	상	5.36 (0.94)	5.17 (1.22)	5.09 (1.07)
	하	4.86 (1.19)	4.63 (1.31)	4.88 (1.00)
	전체	5.17 (1.06)	4.97 (1.27)	5.01 (1.04)

\* 표준편차는 괄호 안에 제시하였음.

로젝트 문제에 대하여 1학년 하 집단 학생은 상 집단보다 더 많은 정신적 노력을 기울이는 반면에, 2학년 학생은 상 집단과 하 집단의 차이가 거의 없었다. 이는 2학년 상 집단 학생이 프로젝트 문제해결에 대하여 부담은 가지지만 문제를 해결하기 위하여 집중하여 노력한다는 것을 의미한다.

과제난이도에 대한 인식의 평균은 서술형 문제(3.86), 프로젝트 문제(3.33), 단답형 문제(2.64)의 순으로 높게 나타나, 서술형 문제를 다른 유형의 문제보다 어렵게 인식한 것은 1학년 학생과 일치한다. 모든 유형의 문제에 대하여 하 집단의 학생이 상 집단보다 더 어렵다고 인식한 것도 1학년 학생과 동일하다. 그러나 프로젝트 문제를 가장 쉽게 인식한 1학년 학생과 달리 2학년 학생은 프로젝트 문제를 단답형 문제보다 더 어렵다고 인식하였다. 이러한 인식의 경향은 상 집단과 하 집단 모두 동일하다. 이는 물품의 가격을 조사하는 상황이 익숙한 1학년과 달리 2학년 학생은 유사한 과제를 경험한 바 없었던 것이 하나의 원인으로 작용했을 것으로 보인다.

자기평가에 대한 인식의 평균은 단답형 문제(5.17), 프로젝트 문제(5.01), 서술형(4.97) 문제의 순으로 높게 나타났다. 과제수행에 대한 효능감을 단답형 문제해결 후 가장 높게 인식하는 경향과 상 집단 학생이 하 집단보다 자기효능감이 더 높다는 경향은 모두 1학년 학생과 동일하다. 그러나 정신적 노력을 기울인 순서와 일치하는 1학년 학생과 달리 2학년 학생의 경우에는 정신적 노력과 자기평가의 관계를 연결 지어 해석하기에는 한계가 있다. 그럼에도 불구하고 하 집단의 경우 1학년의 하 집단 학생과 마찬가지로 개별적인 역할을 수행해야 하는 프로젝트 문제에 대하여 자기효능감이 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 특히 성취수준이 다소 낮은 학생이 능동적으로 학습이나 문제해결에 참여함으로써 자기효능감을 높일 수 있음을 시사한다. 반면에 상 집단 학생의 경우에는 대체적으로 모든 유형의 문제에 대하여 5점 이상의 높은 자기효능감을 드러내지만, 적절한 난이도의 문제로 그 정답을 스스로 확인할 수 있는 문제해결 과정에서 더욱 더 자신감을 가지는 것으로 보인다.

2학년 학생이 문제 유형에 따라 인식하는 인지부하에 차이가 있는지를 분석한 결과는 [표 6]과 같다. 분석 결과를 자세하게 살펴보면, 첫째, 1학년과 마찬가지로 문제

의 유형에 따라 2학년 학생이 인식한 과제부담에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이러한 차이로부터 2학년 학생도 1학년 학생과 마찬가지로 서술형 문제에 가장 큰 부담을 느끼지만, 동시에 1학년과 달리 프로젝트 문제에 대하여 서술형 문제와 마찬가지로 과제 수행에 피로감을 느낀다는 것을 알 수 있다. 또한 1학년 학생과 달리 문제 유형과 성취수준의 상호작용도 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 문제의 유형에 따라 상 집단과 하 집단의 학생이 인식하는 과제부담에 유의한 차이가 있음을 의미한다. 이로부터 2학년 학생의 경우, 상 집단은 프로젝트 문제에, 하 집단은 서술형 문제에 각각 가장 큰 부담을 가지는 것으로 나타났다.

둘째, 문제 유형에 따라 2학년 학생이 기울이는 정신적 노력은 1학년과 마찬가지로 유의한 차이가 없는 것으로 나타남으로써, 모든 유형의 문제에 대하여 동일하게 집중함을 알 수 있다. 특히 단답형 문제의 경우 과제부담과 과제난이도는 각각 2.78과 2.64로 다른 두 유형의 문제보다 부담도 적고 쉽다고 느끼지만 정신적 노력은 통계적 차이는 없지만 두 번째로 높은 5.29로 높게 나타났다. 또한 문제 유형과 성취수준의 상호작용도 통계적으로 유의하지 않았다. 이는 모든 성취수준의 학생이 문제를 해결하는 데 쏟는 정신적 노력은 문제의 유형과 관련이 없는 것이다.

셋째, 문제의 유형에 따라 2학년 학생이 인식하는 과제난이도에는 1학년과 마찬가지로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 그러나 1학년 학생이 어렵게 인식하는 문제의 순서는 서술형, 단답형, 프로젝트 문제이지만, 2학년의 경우에는 프로젝트 문제를 단답형 문제보다 더 어렵다고 인식하였다. 그리고 문제 유형과 성취수준의 상호작용은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타남으로써, 성취수준과 상관없이 2학년 학생은 서술형 문제를 가장 어려워하고, 다음으로 프로젝트 문제를 어려워하고, 단답형 문제를 가장 쉽게 인식함을 드러낸다. 이러한 결과는 1학년 학생과 마찬가지로 2학년 학생이 인식하는 과제난이도와 과제부담의 차이와 상관없이 모든 유형의 문제에 대하여 유사하게 정신적으로 집중하는 것을 시사한다.

마지막으로, 문제 유형에 따라 인식하는 자기평가의 경우 1학년과 달리 유의한 차이가 없고, 문제 유형과 성

취수준의 상호작용도 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이는 정신적 노력과 유사한 양상으로 모든 성취수준의 학생이 문제를 해결하고 느끼는 자기효능감은 문제의 유형과 관련이 없음을 시사한다.

한편, 2학년 학생이 성취수준에 따라 인식하는 인지부하의 차이를 살펴보면 다음과 같다. 과제부담, 정신적 노력, 자기평가의 3가지 요인의 인지부하에는 성취수준별로 차이가 없는 것으로 나타났다([표 6] 참조). 그러나 두 집단이 인식하는 과제난이도에는 유의한 차이가 있고, 하 집단의 학생이 상 집단보다 모든 유형의 문제를 더 어려워하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 1학년 학생과 유사하게 하 집단의 학생이 상 집단보다 모든 문제를 더 어렵다고 인식하지만, 협력 문제해결 학습 과정에서 동일한 정신적 노력을 기울이고 이러한 노력에 상응하는 자기효능감을 가짐을 시사한다.

3. 성별 인지부하

문제 유형에 따라 남학생과 여학생이 인식하는 인지부하의 평균과 표준편차는 [표 7]과 같다. 인지부하의 하위요인별 결과를 살펴보면, 과제부담 요인에서는 1학년의 경우 남학생과 여학생 모두 서술형 문제, 프로젝트 문제, 단답형 문제의 순으로 평균이 높게 나타났지만, 문제 유형에 따른 차이는 유의하지 않았다( $p=0.058$ ). 한편 여학생의 평균은 모든 문제 유형에서 남학생보다 높게 나타났고, 이러한 성별 차이는 통계적으로도 유의한 것으로 나타났다( $p<0.05$ ). 즉, 1학년 여학생이 모든 유형의 문제를 해결하는 과정에서 상호작용 피로를 남학생에 비해 통계적으로 유의하게 높게 인식하였다. 2학년이 인식하는 과제부담의 경우에는 남학생과 여학생 모두 서술형 문제와 프로젝트 문제의 평균이 같거나 비슷하게 높고, 단답형 문제의 평균이 가장 낮은 것으로 나타났다. 1학년과 달리 모든 문제 유형에 대하여 여학생의 평균이 남학생보다 낮게 나타났지만, 이러한 과제부담에 대한 2학년 여학생과 남학생의 차이가 통계적으로 유의한 것은

[표 6] 문제 유형에 따른 2학년 학생의 인지부하 차이 분석

[Table 6] The test result on the differences of cognitive load of the 8th graders among the three types of problems

인지부하 하위요인	분산원	제곱합	자유도	평균 제곱	F	유의확률	주효과
과제부담	성취수준(집단간)	2.441	1	2.441	0.428	0.516	
	오차	279.122	49	5.696			
	문제 유형	8.913	2	4.456	5.592	0.005	(서술형)>(단답형),
	(문제 유형)×(성취수준)	5.009	2	2.505	3.143	0.048	(프로젝트)>(단답형)
	오차	78.101	98	0.797			
정신적 노력	성취수준(집단간)	7.255	1	7.255	2.389	0.129	
	오차	148.782	49	3.036			
	문제 유형	0.325	1.679	0.194	0.334	0.679	
	(문제 유형)×(성취수준)	3.045	1.679	1.814	3.125	0.058	
	오차	47.750	82.259	0.580			
과제 난이도	성취수준(집단간)	38.348	1	38.348	8.491	0.005	(서술형)
	오차	221.299	49	4.516			∨
	문제 유형	39.709	1.686	23.554	20.421	0.000	(프로젝트)
	(문제 유형)×(성취수준)	5.565	1.686	3.301	2.862	0.072	∨
	오차	95.282	82.607	1.153			(단답형)
자기평가	성취수준(집단간)	6.279	1	6.279	2.678	0.108	
	오차	114.904	49	2.345			
	문제 유형	1.013	2	0.506	0.725	0.487	
	(문제 유형)×(성취수준)	0.777	2	0.388	0.556	0.575	
	오차	68.414	98	0.698			

아니었다( $p>.05$ ). 1학년과 2학년 모두 문제 유형과 성별의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다( $p>.05$ ). 이러한 결과와 문제 유형에 따른 과제부담의 주효과 분석 결과로부터, 1학년과 2학년 모두 성별과 상관없이 다른 문제 유형과 비교하여 서술형 문제를 해결할 때 단답형 문제보다 정신적·신체적 피로를 더 느낀다는 것을 알 수 있다.

정신적 노력 요인에서는 1학년의 경우 남학생과 여학생 모두 단답형 문제의 평균이 가장 높았고, 단답형 문제와 서술형 문제에 대하여 남학생의 평균이 여학생보다 높았다. 그러나 이러한 차이는 통계적으로 유의하지 않았고( $p>.05$ ), 문제 유형과 성별의 상호작용 효과도 유의하지 않은 것으로 나타났다( $p>.05$ ). 그러나 1학년 학생의 성별 문제 유형에 따른 차이 검정의 유의확률은 .059로 정신적 노력의 주효과 분석 결과에서 단답형 문제에 대한 정신적 집중도가 서술형이나 프로젝트보다 더 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과부터, 1학년 학생의 경우 남학생과 여학생 모두 다른 두 유형의 문제보다 단답형 문제를 해결하는 데 더 많은 정신적 노력을 기울임을 알 수 있다. 반면에 2학년의 경우 여학생이 남학생보다 모

든 문제 유형에 대하여 정신적 노력의 평균 점수도 높고, 이러한 차이는 통계적으로도 유의한 것으로 나타났다( $p<.05$ ). 또한 성별 문제 유형에 따른 정신적 노력의 차이는 유의하지 않은 것으로 나타남으로써( $p>.05$ ), 2학년의 경우 과제에 대한 부담과 상관없이 여학생이 남학생보다 모든 문제 유형에 대하여 정신적 노력을 더 많이 기울임을 알 수 있다. 그러나 2학년의 경우 1학년과 달리 성별과 문제 유형의 상호작용이 통계적으로 유의한 것으로 나타났다( $p<.05$ ). 이는 2학년 여학생은 단답형 문제에 가장 많은 정신적 노력을 기울인 반면에, 남학생은 프로젝트 문제에 가장 많은 정신적 노력을 기울인 것을 알 수 있다. 그럼에도 불구하고 정신적 노력에 대한 성별 차이 결과에서 1학년과 2학년에서 공통으로 나타나는 현상은 찾아보기 어렵지만, 성별 문제 유형에 따른 유의한 차이가 없다는 사실로부터 남학생과 여학생 모두 모든 문제에 대하여 유사한 정신적 노력을 기울임을 알 수 있다.

과제난이도 요인에서는 1학년의 경우 남학생과 여학생 모두 서술형 문제, 단답형 문제, 프로젝트 문제의 순으로 평균이 높았다. 이러한 성별 문제 유형에 따른 과

[표 7] 문제 유형에 따른 성별 인지부하 평균 및 표준편차(\*)

[Table 7] Descriptive statistics on cognitive load of boys and girls according to three types of problems

인지부하 하위요인	학년	성별	단답형	서술형	프로젝트
과제부담	1	남	2.63 (1.38)	3.13 (1.54)	2.75 (1.22)
		여	3.45 (1.36)	3.85 (1.38)	3.51 (1.63)
	2	남	3.13 (1.48)	3.60 (1.90)	3.60 (1.63)
		여	2.60 (1.47)	3.02 (1.51)	3.00 (1.44)
정신적 노력	1	남	5.69 (1.00)	5.35 (1.18)	5.14 (1.67)
		여	5.29 (1.15)	4.99 (1.36)	5.14 (0.99)
	2	남	4.50 (1.30)	4.76 (1.29)	4.88 (1.39)
		여	5.72 (0.86)	5.65 (0.99)	5.29 (1.02)
과제난이도	1	남	2.71 (1.26)	3.77 (1.67)	2.11 (0.95)
		여	3.43 (1.55)	4.94 (1.48)	2.85 (1.39)
	2	남	3.10 (1.59)	4.06 (1.90)	3.92 (1.50)
		여	2.39 (1.25)	3.75 (1.59)	3.01 (1.48)
자기평가	1	남	5.64 (0.80)	5.13 (1.16)	5.52 (1.13)
		여	5.21 (1.06)	4.52 (1.31)	5.08 (1.16)
	2	남	4.65 (1.00)	4.61 (1.24)	4.89 (1.07)
		여	5.45 (0.99)	5.17 (1.26)	5.08 (1.03)

\* 표준편차는 괄호 안에 제시하였음.

제난이도의 인식 차이는 유의한 것으로 나타났다( $p < .05$ ). 즉, 1학년 여학생과 남학생 모두 서술형 문제를 가장 어렵다고 인식하고 프로젝트 문제를 가장 쉽게 인식하였다. 또한 모든 유형의 문제에서 여학생의 평균이 남학생의 평균보다 유의하게 높은 것으로 나타남으로써( $p < .05$ ), 여학생이 남학생보다 문제 유형과 상관없이 더 어렵게 인식하였다. 한편 성별과 문제 유형의 상호작용 효과는 유의하지 않음으로써( $p > .05$ ), 여학생이 남학생보다 모든 문제를 더 어렵게 인식하지만, 남학생과 여학생 모두 더 어렵다고 인식하는 문제의 순서는 서술형, 단답형, 프로젝트임을 알 수 있다. 반면에 2학년은 1학년과 달리 과제난이도 인식에 유의한 성별 차이도 없고( $p > .05$ ), 성별과 문제 유형의 상호작용 효과도 유의하지 않은 것으로 나타났다( $p > .05$ ). 그러나 성별 문제 유형에 따른 과제난이도 인식에는 차이가 있는 것으로 나타났고( $p < .05$ ), 주효과 분석 결과는 남학생과 여학생 모두 서술형 문제를 가장 어렵다고 인식한 것은 1학년과 동일하고, 프로젝트 문제를 단답형 문제보다 더 어렵게 인식하는 것은 1학년과 다르다는 것을 보여주었다.

자기평가 요인에서는 1학년의 경우 남학생과 여학생 모두 자기효능감이 더 높은 문제 유형의 순서는 단답형, 프로젝트, 서술형이고, 이러한 성별 문제 유형에 따른 자기효능감은 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < .05$ ). 그러나 모든 유형의 문제에 대하여 남학생의 자기효능감이 여학생보다 높지만 그 차이는 유의하지 않고( $p > .05$ ), 문제 유형과 성별의 상호작용 효과도 유의하지 않은 것으로 나타났다( $p > .05$ ). 이러한 결과와 주효과 분석 결과로부터, 남학생과 여학생은 모두 서술형 문제에 대한 자기효능감이 단답형과 프로젝트에서보다 낮음을 알 수 있다. 그러나 2학년의 경우 1학년과 달리 여학생의 자기효능감이 남학생보다 유의하게 높다고 할 수 있다( $p < .05$ ). 한편 2학년의 경우 남학생의 자기효능감은 프로젝트 문제에서 가장 높은 반면에 여학생의 자기효능감은 단답형 문제에서 가장 높지만, 문제 유형과 성별의 상호작용 효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다( $p > .05$ ). 또한 2학년은 1학년과 달리 성별 문제유형에 따른 자기효능감의 차이가 없었다( $p > .05$ ). 이러한 결과는 2학년의 경우 문제 유형과 상관없이 여학생의 자기효능감이 남학생보다 높지만, 각 집단 내에서는 모든 문제에 대한 자기효능감이

동일함을 시사한다. 1학년과 2학년의 성별 문제유형에 따른 자기평가에 대한 인식에 공통적 경향을 찾아보기 어렵지만, 통계적 차이의 유의성을 고려하지 않았을 때, 1학년과 2학년의 남학생과 여학생 모두 각 집단에서 정신적 노력을 가장 많이 기울인 문제 유형에 대하여 자기효능감이 가장 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 앞에서 언급했지만 문제의 유형과 상관없이 학생 스스로 정신적 노력을 기울인 문제에 대하여 자기효능감도 높음을 한 번 더 강조한다. 또한 이는 학생의 자기효능감을 높이는 학습을 위해서는 무엇보다 학생의 정신적 노력이 포함되어야 함을 시사한다.

## V. 결론 및 제언

이 연구에서는 함수 영역의 협력 문제해결 과정에서 문제 유형에 따라 중학생이 인식하는 인지부하 및 성취수준별 인지부하를 분석함으로써 효과적인 문제 중심 협력 교수·학습 설계를 위한 시사점을 도출하고자 하였다. 추가적으로 동일한 학습 환경에서 학생의 성별에 따라 문제 유형에 대하여 인지부하를 다르게 인식하는지도 살펴보았다. 연구결과를 토대로 결론을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 1학년과 2학년 학생 모두 문제의 유형에 따라 인식하는 과제부담에 차이가 나타났다. 학생은 성취수준 및 성별과 상관없이 단답형 문제보다 서술형 문제를 해결하는 과정에서 정신적·육체적으로 더 피로하다고 인식하였다. 본 연구의 서술형 문항은 학생의 문제해결 과정을 포착하기 위해 수학적 내용 요소가 단답형 문제와 비교하여 많이 포함된 문제이다. 이에 비해 단답형 문제는 개념을 직접 묻거나 간단한 계산을 통해 답을 구할 수 있는 문제이므로 서술형 문제에 비해 수학적 내용 요소가 적은 편이다. 이러한 결과는 하나의 요소만을 포함한 과제는 상호작용의 수준이 낮고 발생하는 인지부하도 적은 반면, 서로 상호작용해야 하는 여러 개의 요소를 포함한 과제는 작동기억에서 동시에 처리해야 하는 정보의 양이 많아지므로 인지부하가 많이 발생한다는 연구 결과(Sweller, Ayres, & Kalyuga, 2013)와 맥을 같이 한다. 단답형 문제의 경우 문제해결 과정 즉, 풀이 과정을 쓰지 않아도 되지만 서술형 문제는 자신의 답이 도출된 과

정을 수학적 기호 및 표현 등을 활용하여 논리적으로 기술해야 한다는 점에서 학생이 더 많은 피로감을 느꼈을 것으로 판단된다. 다만 쓰는 단답형 문제와 비교했을 때 풀이 과정을 쓰는 서술형 문제는 정답률이 낮고 무응답의 비율이 높은 편임(이인호 외, 2016; 임해미 외, 2017)을 고려하면 문제에서 풀이 과정을 요구하는지에 따라 학생이 인식하는 과제부담에 차이가 있는 것으로 볼 수 있다. 이러한 연구 결과는 서술형 문제에 대한 부담의 원인을 면밀하게 분석하여 원인별 교수·학습 전략 방안을 모색하는 것이 필요함을 시사한다. 이와 관련하여 문제 중심 협력 교수·학습 측면에서 모듈 내의 자연스러운 토론 분위기를 조성하여 문제해결 과정을 공유하고 연습을 통하여 풀이 과정 쓰기에 익숙해지게 함으로써 서술형 문제에 대한 부담을 줄여나갈 것을 제안한다.

2학년의 경우 상 집단 학생은 프로젝트 문제에 대하여 서술형 문제와 유사한 과제부담을 느끼는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 학년이 올라갈수록 수학적 내용의 복잡성 및 풀이 과정 쓰기와 상관없이 또 다른 수학적 활동에 부담을 더 가질 수 있음을 드러낸다. 이는 고학년이 될수록 지필 환경에서의 수학 내적 문제해결 과정뿐만 아니라 실생활에서 수학이 어떻게 활용되는지를 인식하고 직접 해결하는 과정에서의 수학의 유용성을 인식할 수 있는 다양한 프로젝트 문제를 제공함으로써 프로젝트 문제에 흥미를 가지고 즐겁게 접근할 수 있도록 하는 것이 필요함을 시사한다.

둘째, 문제의 유형에 따라 학생이 쏟는 인지적 노력에는 유의한 차이가 없었다. 1학년과 2학년 학생 모두 성취수준 및 성별과 상관없이 모듈별로 과제를 함께 해결하는 협력학습 상황에서 모든 문제 유형의 문제해결에 비슷한 정도의 정신적 노력을 기울인 것으로 나타났다. 한편 문제 유형과 성취수준의 상호작용 효과에 대한 결과는 두 학년의 결과가 상이하였다. 단답형과 서술형 문제의 경우에는 학년과 상관없이 상 집단의 학생이 하 집단보다 문제를 해결하면서 쏟는 인지적 노력이 크게 나타났다. 그러나 개별적 역할을 수행해야 하는 프로젝트 문제에 대하여 1학년 하 집단 학생은 상 집단보다 더 많은 정신적 노력을 기울이는 반면에, 2학년 학생은 상 집단과 하 집단의 차이가 거의 없었다. 이러한 결과는 1학년 하 집단의 학생의 경우 개별적으로 반드시 해결해야

할 역할을 완수하는 데 노력한 것이거나 이전 수업에서의 유사한 경험을 바탕으로 프로젝트 수업에서 정신적 노력을 상대적으로 더 쏟았을 것으로 보인다. 한편 2학년 상 집단 학생의 경우 프로젝트 문제해결에 대하여 부담은 가지지만 문제를 해결하기 위하여 집중하여 노력한다는 것을 의미한다. 이는 학년 또는 성취수준과 관계없이 문제 중심 협력 교수·학습에서 프로젝트 문제 활용의 장점을 드러낸다.

셋째, 문제의 유형에 따라 학생이 인식하는 과제난이도에 차이가 나타났다. 1학년과 2학년 학생 모두 성별 및 성취수준과 상관없이 과제에 대한 부담을 가장 많이 느끼는 서술형 문제가 단답형 문제보다 어렵다고 인식하는 것으로 나타나 서술형 문제에 대한 학생의 인지부하가 큰 것을 알 수 있다. 또한 하 집단의 학생이 상 집단의 학생보다 과제난이도를 높게 지각하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 모두 과제난이도가 학습자의 전문성 수준에 영향을 받는다는 연구 결과(유지현, 2009)를 지지한다. 하 집단의 학생이 인식하는 과제난이도가 크다는 것은 이 학생이 인지과부하를 경험할 가능성이 높음을 의미한다. 협력 문제해결 교수·학습 환경은 모듈별로 함께 문제를 해결하는 상황이므로 모르는 문제에 대해서 동료에게 쉽게 질문할 수 있는 환경이지만 하 집단의 학생이 과제가 지닌 난이도로 인한 인지부하를 크게 느낀다는 것을 알 수 있다. 단답형 문제보다 서술형 문제에서 학생이 인식하는 과제난이도가 더 높다는 점을 고려하여, 교수·학습에서 서술형 문제를 제시할 때에는 학생에게 익숙한 문제 상황에서 시작하여 단계적으로 수준을 높여나가는 설계가 필요할 것이다. 특히, 학습자의 능력에 따라 지각하는 과제난이도에 차이가 있으므로 협력학습 상황에서도 학생의 수준을 고려하여 과제의 수준을 다양화하거나 과제 수행에서의 역할을 다양화하는 등의 교수 전략이 필요할 것이다.

넷째, 과제수행에 대한 효능감은 문제 유형에 따라 인식하는 바가 학년별로 다르게 나타났다. 1학년의 경우 서술형 문제에 대한 자기평가가 다른 두 유형의 문제와 비교하여 낮게 나타났지만, 2학년의 경우 문제 유형에 따른 자기효능감의 차이가 없었다. 통계적 차이는 유의하지 않지만 2개 학년의 공통적 특성은 서술형 문제에 대한 자기평가가 낮다는 것이었다. 이러한 결과는 교실

환경에서 학생 자신의 문제해결에 대하여 자신감을 가질 수 있도록 하는 서술형 문제해결에 대한 연습과 피드백을 반복함으로써 학생 스스로 자신의 풀이에 자신감을 가질 수 있도록 도와줄 필요가 있음을 시사한다. 특히 1학년의 상 집단과 하 집단 학생이 각각 과제부담이나 과제난이도를 낮게 인식하는 것과 비교하여 상대적으로 정신적 노력을 많이 기울인 단답형 문제와 프로젝트 문제에 대하여 자신의 성취를 높게 평가한 것은 정신적 노력을 기울일수록 자기효능감이 높음을 보여주었다. 또한 문제 유형에 따른 성별 인지부하 측면에서도 문제의 유형과 상관없이 학생 스스로 정신적 노력을 기울인 문제에 대하여 자기효능감이 높음이 드러났다. 이러한 결과는 또한 학생이 참여하여 자발적으로 학습하는 교수·학습 환경을 조성하여 학생 스스로 정신적 노력을 기울이고 자기효능감을 가질 수 있도록 할 필요가 있음을 시사한다.

마지막으로 이 연구는 학생의 인지부하를 단지 설문으로 측정하고, 세 유형의 문제해결에 필요한 수학적 지식이 동일하지 않았다는 데 한계가 있다. 그럼에도 불구하고 실제 학교 교실의 협력 문제해결 학습 과정에서 문제 유형에 따른 학생의 인지부하를 학년별, 성취수준별, 성별의 다양한 측면에서 양적으로 살펴보았다는 데 의의가 있다. 후속 연구로 문제해결에 필요한 수학적 지식이 동일하지만 풀이 과정까지 요구하는 서술형과 정답만 요구하는 문제의 유형에 따라 학생의 인지부하에 차이가 있는지를 살펴보는 것이 필요하다. 또한 학년별로 문제 유형에 따른 인지부하의 특성의 원인을 심층적으로 살펴볼 것을 제안해 본다. 예를 들어, 서술형 문제와 비교하여 단답형 문제에 대하여 과제부담이 더 큰 원인, 2학년 학생의 상 집단에서 다른 문제 유형과 비교하여 상대적으로 프로젝트 문제에 대한 과제부담이 더 큰 원인 등을 면담 등의 또 다른 기법으로 조사해 볼 필요가 있다.

## 참 고 문 헌

고효경, 고상숙 (2008). 중학교 함수의 수학적 과정에서의 성차 연구, *수학교육* 47(3), 273-290.

Ko, H. & Koh, S. (2008). Gender differential, mathematization, function, graphing calculator, mathematical achievement, *The Mathematical Education* 47(3), 273-290.

김준, 송기상 (2009). 이러닝 적용을 위한 뇌파기반 인지 부하 측정, *인지과학* 20(2), 125-154.

Kim, J. & Song, K. (2009). EEG based cognitive load measurement for e-learning application, *Korean Journal of Cognitive Science* 20(2), 125-154.

류지현 (2009). 학습자의 전문성 수준과 과제난이도가 인지부하요인 및 과제수행에 미치는 영향, *교육정보미디어연구* 15(4), 1-19.

Ryu, J. (2009). The effects of learner expertise and task difficulty on cognitive load factors and performance, *The Journal of Educational information and Media* 15(4), 1-19.

류지현 (2011). 멀티미디어 학습자료 설계를 위한 인지부하 설문 민감도 분석 및 학습 성취에 대한 예언변수 분석, *교육정보미디어연구* 17(3), 309-332.

Ryu, J. (2011). Sensitivity of cognitive load factors and prediction for learning achievement upon the levels of task in multimedia learning, *The Journal of Educational information and Media* 17(3), 309-332.

류지현 (2012). 멀티미디어 학습에서의 인지부하 측정을 위한 다차원 척도의 개발 및 타당화. 2009년도 기초연구과제지원사업 결과 보고서 KRF-2009-327-B00541.

Ryu, J. (2012). *Development and construct validation of the multidimensional cognitive load scale for multimedia learning*. Seoul: National Research Foundation of Korea. Result Report KRF-2009-327-B00541.

류지현, 임지현 (2009). 인지부하 측정을 위한 구인의 탐색 및 타당화, *교육정보미디어연구* 15(2), 1-27.

Ryu, J. & Yim, J. (2009). An exploratory validation for the constructs of cognitive load, *The Journal of Educational information and Media* 15(2), 1-27.

시지현 (2016). 복잡한 과제에서 협력학습 효율성에 대한 정서적 설명: 인지부하 이론의 관점에서, *교육공학연구* 32(1), 113-137.

Si, J. (2016). An affective explanation of collaborative learning efficiency with complex tasks: within the cognitive load perspective, *Journal of Educational Technology* 32(1), 113-137.

양유정 (2013). 비구조화 복잡과제 학습에서 협력학습 방식이 인지부하 및 학습성취에 미치는 효과, *교육공학연구* 29(4), 909-936.

Yang, Y. (2013). Effects of collaborative approaches on cognitive load and learning performance in complex and



- ill-structured tasks, *Journal of Educational Technology* 22(4), 909-936.
- 오선아, 김연순 (2006). 선형조직자 유형이 학업성취도와 작동기억 인지부하에 미치는 효과, 교육공학연구 22(4), 55-82.
- O, S. & Kim, Y. (2006). The effect of advance organizer on cognitive load and learning achievement, *Journal of Educational Technology* 22(4), 55-82.
- 이봉주 (2010). 초·중·고등학생의 수학과 내용 영역별 학업성취도 비교 분석 -2003~2008년 국가수준 학업성취도 평가 결과를 중심으로, 한국수학사학회지 23(4), 59-82.
- Lee, B. (2010). A comparative analysis on educational achievement in mathematics classifying by content areas of the primary and secondary school students, *Journal for History of Mathematics* 23(4), 59-82.
- 이세형, 유윤재 (2017). 스토리텔링 기반 수학 교과서에 대한 초등학교 4학년 학생들의 인지부하 분석-‘수와 연산’ 영역의 한 주제를 중심으로-, 수학교육 56(1), 1-17.
- Lee, S. & You, Y. (2017). The 4th grade elementary students' cognitive load of mathematics textbooks based on Storytelling - focused on one theme in 'number and operations' -, *The Mathematical Education* 51(1), 1-17.
- 이영경, 김은숙, 이하우, 조완영 (2016). 통합적 이해의 관점에서 중학교 학생들의 합수 개념 이해 분석, 수학교육논문집 30(2), 199-223.
- Lee, Y., Kim, E., Lee, H. & Cho, W. (2016). An analysis on the understanding of middle school students about the concept of function based on integrated understanding, *Communications of Mathematical Education* 30(2), 199-233.
- 이인호, 이광상, 임해미, 박수민 (2016). 2015년 국가수준 학업성취도 평가의 서답형 문항 심층 분석-수학-. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2016-9-3.
- Lee, I., Lee, K., Rim, H., & Park, S. (2016). Analysis on constructed response items in the 2015 National Assessment of Educational Achievement (NAEA). Seoul: Korea Institute for Curriculum and Evaluation. Research Report RRE 2016-9-3.
- 이현정 (2005). 멀티미디어 학습 환경에서 학습자 특성별 인지부하 효과, 교육공학연구 21(2), 79-102.
- Lee, H. (2005). The effect of cognitive load on learning with multimedia, *Journal of Educational Technology* 21(2), 79-102.
- 임해미, 김성경, 동효관, 박수민 (2017). 2016년 국가수준 학업성취도 평가 결과 분석-수학-. 한국교육과정평가원 연구자료 ORM 2017-95-3.
- Rim, H., Kim, S., Dong, H., & Park, S. (2017). Analysis of the test result of mathematics in the 2016 National Assessment of Educational Achievement (NAEA). Seoul: Korea Institute for Curriculum and Evaluation. Research Report ORM 2017-95-3.
- 정재원, 김동식, 나청수 (2013). 애니메이션 기반의 이러닝에서 정보제시 유형이 인지부하와 학습내용 이해에 미치는 영향, 교육정보미디어연구 19(4), 635-657.
- Jung, J., Kim, D., & Nah, C. (2013). The effect of the types of information presentation on cognitive load and the comprehension of contents in the e-learning environment, *The Journal of Educational information and Media* 19(4), 635-657.
- 정효정, 김혜원 (2012). 컴퓨터 기반 협력학습에서의 협력부하 측정을 위한 구인의 탐색 및 타당화 연구, 교육공학연구 28(3), 619-640.
- Jung, H. & Kim, H. (2012). An exploratory validation for the constructs of collaboration load, *Journal of Educational Technology* 28(3), 619-640.
- 홍진근, 조승래 (2003). 협력학습을 통한 수학 학습부진아 지도, 수학교육 42(3), 327-335.
- Hong, J. & Jo, S. (2003). An instruction of the underachieved students based on cooperative learning, *The Mathematical Education* 42(3), 327-335.
- 황혜정, 나귀수, 최승현, 박경미, 임재훈, 서동엽 (2009). 수학교육학신문. 서울: 문음사.
- Hwang, H., Na, G., Choe, S., Park, K., Yim, J., & Seo, D. (2009). *Introduction of Mathematics Education*. Seoul: Moonumsa.
- 황혜정, 허난 (2016). 수학 문제중심학습(PBL)에서 융합적 사고력 신장 도모에 관한 의의 - 역사 소재를 중심으로 -, 수학교육논문집 20(2), 161-178.
- Hwang, H. & Huh, N. (2016). The study on the integrated thinking ability in problem based learning program using historical materials in mathematics, *Communications of Mathematical Education* 30(2), 161-178.
- Ayres, P. (2006). Using subjective measures to detect

- variations of intrinsic cognitive load within problems, *Learning and Instruction* 16(5), 389-400.
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (2001). Learner experience and efficiency of instructional guidance, *Educational Psychology* 21(1), 5-23.
- Kirschner, F., Paas, F., & Kirschner, P. A. (2009a). A cognitive load approach to collaborative learning: United brains for complex tasks, *Educational Psychology review* 21(1), 31-42.
- \_\_\_\_\_ (2009b). Individual and group-based learning from complex cognitive tasks: Effects on retention and transfer efficiency, *Computers in Human Behavior* 25(2), 306-314.
- \_\_\_\_\_ (2011). Task complexity as a driver for collaborative learning efficiency: The collective working-memory effect, *Applied Cognitive Psychology* 25(4), 615-624.
- Marcus, N., Cooper, M., & Sweller, J. (1996). Understanding instructions, *Journal of Educational Psychology* 88(1), 49 - 63.
- Paas, F. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach, *Journal of Educational Psychology* 84(4), 429 - 434.
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., & VanGerven, P. W. M. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory, *Educational Psychologist* 38(1), 63 - 71.
- Ryu, J. & Kim, M. (2010). *Validating cognitive load factors: sensitivity on latent mean differences between easy and difficult tasks*. Presented at the 4th International Conference of Cognitive Load Theory. Hong Kong.
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2013). Sweller의 인지부하이론 (이현정, 장상필, 심현애, 권숙진, 권선아 역), 경기도: 아카데미프레스. (원작은 2011년 출판).
- Sweller, J. & Cooper, G. A. (1985). The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra, *Cognitive and Instruction* 2(1), 59-89.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design, *Educational Psychology Review* 10(3), 251-296.
- Tarmizi, R. A. & Sweller, J. (1988). Guidance during mathematical problem solving, *Journal of Educational Psychology* 80(4), 424-436.
- Zhang, L., Ayres, P., & Chan, K. (2011). Examining different types of collaborative learning in a complex computer-based environment: A cognitive load approach, *Computers in Human Behavior* 27(1), 94-98.

## The cognitive load of middle school students according to problem types in collaborative learning for solving the function problems

**Kim, Seong-Kyeong**

Korea Institute for Curriculum and Evaluation, Seoul, Korea

E-mail : kimsk@kice.re.kr

**Kim, Ji Youn**

Susung High School

E-mail : youn9808@hanmail.net

**Lee, Sun Ji**

Dosong Middle School

E-mail : sj31313@naver.com

**Lee, Bongju<sup>†</sup>**

Department of Mathematics Education, Kyungpook National University

E-mail : leebj@knu.ac.kr

From the assumption that an individual's working memory capacity is limited, the cognitive load theory is concerned with providing adequate instructional design so as to avoid overloading the learner's working memory. Based on the cognitive load theory, this study aimed to provide implications for effective problem-based collaborative teaching and learning design by analyzing the level of middle school students' cognitive load which is perceived according to the problem types(short answer type, narrative type, project) in the process of collaborative problem solving in middle school function part. To do this, this study analyzed whether there is a relevant difference in the level of cognitive load for the problem type according to the math achievement level and gender in the process of cooperative problem solving. As a result, there was a relevant difference in the task burden and task difficulty perceived according to the types of problems in both first and second graders in middle schools students. and there was no significant difference in the cognitive effort. In addition, the efficacy of task performance differed between first and second graders. The significance of this study is as follows: in the process of collaborative problem solving learning, which is most frequently used in school classrooms, it examined students' cognitive load according to problem types in various aspects of grade, achievement level, and gender.

---

\* ZDM Classification : D33

\* 2000 Mathematics Subject Classification : 97C50

\* Key words : middle school, function, collaborative learning, cognitive load, problem types, short answer questions, narrative questions, project

† Corresponding author