

사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험의 효과 및 학생들의 인지수준에 따른 상호작용 분석

金朝淵 · 申愛景 · 朴國泰 · 崔秉舜*

한국교원대학교 화학교육과

(2001. 6. 12 접수)

The Effects of Science Inquiry Experiments Emphasizing Social Interactions and the Analysis of Social Interactions by Cognitive Level of the Students

Jo-Youn Kim, Ae-Kyung Shin, Kuk-Tae Park, and Byung-Soon Choi*

Department of Chemistry Education, Korea National University of Education, Chungbuk 363-791, Korea

(Received June 12, 2001)

요 약. 이 연구의 목적은 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험을 개발하여 이를 적용한 수업이 학생들의 탐구능력 신장에 미치는 효과를 알아보고, 실험을 수행하는 과정에서 일어나는 상호작용을 학생들의 인지수준에 따라 분석하는 것이었다. 이를 위하여 남녀공학 중학교 2학년 197명을 실험집단과 통제집단으로 나누어, 실험집단에는 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 수업을, 통제집단에는 전통적인 실험 수업을 한 학기에 걸쳐 적용한 후 과학 탐구능력 검사를 실시하였으며, 학생들의 인지수준에 따른 상호작용을 분석하고 이 실험 수업에 대한 학생들의 인식을 조사하였다. 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험을 적용한 수업이 전통적인 실험 수업에 비하여 학생들의 과학 탐구능력 신장에 효과가 있었다. 탐구실험 수업 과정을 살펴보면, 학생들의 인지수준에 따라 상호작용 참여 정도에 차이가 있었으며, 같은 인지수준이더라도 모둠 구성 방식에 따라 상호작용의 형태에 차이가 있었다. 인지수준이 높은 학생은 학생들 사이의 상호작용에서 주도적이며 교사와의 상호작용에도 적극적으로 참여하였고, 인지수준이 낮은 학생은 인지수준이 높은 학생을 추종하는 경향이 있으며 교사와의 상호작용에는 소극적이었다. 실험 수업에 대하여 학생들은 탐구실험 수업이 모둠원들과 상호작용 할 기회를 제공함으로써 토론을 많이 하게 되고, 동료로부터 도움을 받아 어려움을 해결할 수 있었다고 응답하였다.

ABSTRACT. The purpose of this study was to investigate the effects of science inquiry experiments emphasizing social interaction on the development of process skills of the students. The social interactions by cognitive level of the students were also analyzed. For this study, 197 8th grade students were sampled. They were divided into an experimental group and a control group. During four-month period, the experimental group received science inquiry experiments treatment emphasizing social interactions while the control group received traditional treatment. Not only science inquiry ability pretest-posttest, but also multiple data collection method such as a questionnaire, class observation, and audio video recording were used in collecting the data. According to the results of this study, it was found that the mean score of the experimental group was significantly higher than that of the control group at 0.05 level. It was also found that the students of high cognitive level led the peers and participated in the class discussion actively with the teacher while the students of low cognitive level followed the students of high cognitive level and showed inactive interaction with the teacher. Analysis of the students' perceptions on inquiry experiments showed that students participated in discussion actively in the class as these experiments gave an opportunity for them to discuss and were able to solve the problems with peers' help through discussion.

서 론

과학교육에서는 탐구 활동을 통한 과학 개념의 이해와 탐구 능력 신장을 강조하고 있는데, 이를 위해서는 학생들이 직접 탐구의 과정을 경험해 보는 것이 중요하다. 탐구의 과정을 경험해 볼 수 있는 기회인 실험 활동은 학생들에게 새로운 개념이나 이론을 탐색할 수 있는 구체적인 학습 경험을 통하여 그들의 탐구 능력을 신장시킬 수 있을 뿐만 아니라 궁극적으로 과학 개념의 이해에도 도움을 줄 것이기 때문이다.

국내외에서 이루어진 많은 연구들은 다양한 형태의 탐구지향적 실험들이 과인 학생들의 탐구기능 신장이나 과학 개념의 이해에 도움이 되는지를 밝히기 위한 목적으로 수행되어 왔다.¹⁾ 이들의 연구 결과는 일관된 경향을 보이고 있지는 않다. 그러나 대부분의 연구들은 탐구능력의 신장에는 효과가 없지만 과학 성취도에는 효과가 있는 것으로 나타났다. 탐구능력 신장에 효과가 없다는 결과에 대해 처치기간이 짧았기 때문이라고 보는 견해도 있다. 물론 탐구능력이 단기간의 처치로 효과를 쉽게 볼 수 있는 것이 아니기 때문에 탐구능력이 향상되지 않았을 가능성도 있지만, 그 원인을 상호작용을 강조하는 사회적 구성주의 측면에서 찾아볼 수도 있다.

사회적 구성주의 이론에 의하면 학습은 개인적으로 이루어지기보다는 어른이나 동료 학습자와의 상호작용을 통하여 이루어지며,²⁾ 학생들이 동료나 교사와의 토론과 활동을 통한 상호작용에 의해 사회적 합의된 형성과 합의된 지식을 내면화하는 과정을 통하여 학습이 이루어진다고 본다.³⁾ 다시 말하면 구성원들 사이의 사회적 상호작용이 구성원 각 개인의 인지적 발달뿐만 아니라 지식을 구성하는데 매우 중요한 요소라는 것이다. 과학 학습 상황에서의 사회적 상호작용은 교사-학생의 상호작용과 학생-학생의 상호작용으로 이루어진다. 특히 과학 실험이 모둠별 학습으로 이루어지는 것을 고려해 보면, 학습에서 교사와 학생간의 대화나 같은 모둠 내에서 혹은 서로 다른 모둠들 사이의 토론이 활발하게 이루어질 때 학습의 효과는 높아질 것으로 기대할 수 있다.

과학 교육에서 이러한 사회적 상호작용을 바탕으로 교육효과를 높이려는 연구들이 많이 있어 왔으나 그러한 전략과 실험의 개발은 부족한 편이다. 따라서, 이 연구에서는 효과적인 상호작용 전략을 개발하고, 이 전략에 기초한 과학 탐구실험을 개발하여 그 효과를 알아보고 있다. 또한, 이 실험이 적용되는 과정에서 일어나는 학

생들간의 상호작용을 그들의 인지수준에 따라 분석하고, 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 수업에 대한 인식을 조사하였다. 이 연구의 구체적인 문제는 다음과 같다.

1. 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 수업이 학생들의 과학 탐구능력을 신장시키는가?
2. 학생들의 인지수준에 따라 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 수업 과정에서 일어나는 상호작용은 어떠한가?
3. 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 수업에 대한 학생들의 인식은 어떠한가?

연구 방법

연구 대상. 이 연구에서는 먼 소재의 남녀공학 중학교 2학년 5개 학급 197명을 대상으로 하였다. 이들 중 실험집단은 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 수업을, 통제집단은 전통적인 실험 수업을 동일한 교사에게서 받았다. 인지수준에 따른 모둠 내에서의 언어적 상호작용을 알아보기 위해서 실험집단 중 두 개의 실험 모둠을 선택했다. 실험모둠 A는 세 가지 인지수준이 고르게 포함된 학생들로 구성된 모둠으로 형식적 조작기 학생이 1명, 과도기 학생이 1명, 그리고 구체적 조작기 학생이 2명으로 구성되었고, 실험모둠 B는 인지수준이 유사한 학생들로 구성된 모둠으로 과도기 학생이 2명과 구체적 조작기 학생이 2명으로 구성되었다.

검사 도구 및 자료 수집 방법. 이 연구에서 학생들의 인지수준 측정을 위해 논리 사고력 검사지(GALT: group assessment of logical thinking)⁴⁾를 사용하였고, 과학 탐구능력의 측정을 위해 과학 탐구능력 검사지⁵⁾를 사용하였다. 그리고 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 수업에 대한 학생들의 인식 조사를 위해 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 수업에 대한 학생들의 인식 조사지를 사용하였다. 이 조사지는 연구자가 직접 제작하였는데, 14개의 문항으로 구성되어 있으며 '매우 그렇다'에서 '전혀 그렇지 않다'의 5단계 리커트 척도로 답하도록 되어 있다.

실험 수업 과정에서의 사회적 상호작용의 분석을 위해 준참여관찰, VTR 녹화, 녹음의 방법을 이용하여 자료를 수집하였다.

연구 절차. 이 연구에서 중요한 활동 중의 하나는 사회적 상호작용을 강조한 실험 활동지를 개발하는 일이

다. 따라서, 우선적으로 문헌 인구를 통하여 과학 탐구 실험에 적용 가능한 상호작용 전략을 개발한 후, 현행 중학교 2학년 과학 교과서의 내용을 분석하여 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 전략을 이용한 활동지를 개발하였다. 그리고 이 활동지의 목적에 맞는 수업이 이루어질 수 있도록 연수를 통해 교사에게 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험의 특징에 대하여 설명하고, 수업 과정에 대하여 함께 논의하였다. 이 실험을 투입하는 동안에도 부족한 점이나 개선해야 할 점에 대해서 계속 논의하였다. 사전 검사로 논리 사고력 검사와 과학 탐구능력 검사를 실시한 후, 한 학기 동안 총 8개의 실험을 투입하였는데 처음 3개의 실험은 교사와 학생들이 새로운 형태의 실험에 적용하기 위한 목적도 있었기 때문에 자료분석 대상에서는 제외하였다. 실험 수업 과정에서 학생들의 상호작용을 관찰하고 녹음, 녹화하여 전사하였다. 실험 활동의 투입이 끝난 후, 과학 탐구능력 검사와 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구 실험 수업에 대한 학생들의 인식을 조사하였다. 마지막으로 과학 탐구능력 검사 결과를 이용하여 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 수업이 학생들의 과학 탐구능력의 신장에 미치는 효과를 알아보고, 수업 전사본을 바탕으로 학생의 인지수준에 따른 상호작용을 분석하였다.

연구 결과 및 논의

사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 전략 개발. 사회적 상호작용을 강조한 탐구실험 전략은 Adcy와 Shayer,¹⁰ 김영민과 권성기,¹¹ 정완호 등¹²의 연구에서 이용한 전략을 바탕으로 연구자가 개발하였다. 이 전략은 구체적으로 이끌어내기(eliciting), 친숙해지기(familiarizing), 구성하기(constructing), 확장하기(bridging)의 4가지인데, 탐구실험 활동지에서는 이 전략을 학생들에게 좀 더 친숙한 용어를 사용하여 들어가면서, 따라해보기, 보물찾기! 작전타입, 보물 쟁기기의 4단계로 재구성하였다. 각 단계에서 사용한 전략을 보다 자세히 소개하면 다음과 같다.

1. 이끌어내기

현상제시를 통하여 학생들의 생각을 이끌어 내는 전략이다. 이 전략에서는 현상과 관련된 기존 개념이나 생각을 학생들로부터 이끌어 내거나, 관련된 기존 개념이 없는 경우 학생들에게 제시된 현상에 대해 생각해

보도록 한다. 이 전략은 “들어가면서”라는 실험 단계에서 사용되며, 이 단계에서는 교사-학생 상호작용이 주로 일어난다.

2. 친숙해지기

새로 도입하는 것을 기존의 생각과 연관시키고, 친숙해지도록 하기 위해 사용하는 전략이다. 학생들에게는 문제에 쓰인 어휘나 사용할 실험기구, 실험 상황에 대한 준비단계가 필요하다. 친숙해지기의 목적은 학생들이 언어능력이나 문제 상황과 관계없는 부분에서 어려움을 느끼지 않도록 하는 것이다. 이 전략은 “따라해보기”라는 실험 단계에서 사용되며, 이 단계에서는 교사-학생 상호작용뿐만 아니라 학생-학생 상호작용도 이루어 지지만, 교사-학생 상호작용을 보다 강조한다.

3. 구성하기

사회적 상호작용의 내면화를 통하여 학생이 인지적 발달을 하기 위해서는 인지를 자극하는 학습경험이 학생의 근접 발달 영역 내에서 이루어져야 한다.¹³ 동료나 교사와의 상호작용이 학생들의 근접 발달 영역 내에서 이루어질 때, 학생들이 느꼈던 인지감동은 해결되고, 학생들은 인지적 평형 상태에 이르게 된다. 이러한 상호작용에서 학생들은 자신의 생각과 다른 여러 가지 생각들을 접하게 되며 동료나 교사의 도움으로 자신의 능력 수준 이상의 고차원적 사고를 하게 된다.¹⁴

구성하기는 학생들이 지적 활동을 통해서 의미를 구성해 가도록 하는 전략이다. 이 전략에서는 인지감동과 메타인지의 반복을 통해서 학생들이 자신이 대면하고 있는 문제나 자신의 생각에 대해 스스로 생각해보도록 유도한다. 이 전략은 “보물찾기! 작전타입”이라는 실험 단계에서 사용되며, 이 단계에서는 학생-학생 상호작용과 교사-학생 상호작용이 모두 활발히 이루어지게 된다.

4. 확장하기

과학교과 과정보다 과정보다 일상생활의 상황에서 “구성하기”에서 이루어졌던 활동과 연관된 것을 생각해보도록 하는 전략이다. 학생들은 문제 해결에 도움을 준 성공적인 전략들을 요약한 후, 다른 상황에서 그 전략들이 어떻게 사용될 것인가를 상상해 보게 되는데, 이때 확장적 사고 기능이 필요하다. 확장하기에서는 통합된 구체적인 사고를 촉진시키는데, 상황이 다양할수록 구체적인 일반화는 더욱 촉진된다. 이 전략은 “보물쟁기기”라는 실험 단계에서 사용되며, 이 단계에서는 교사-학생 상호작용이 활발하게 이루어진다.

Table 1. 집단별 과학 탐구능력 검사 결과

구분	실험집단 (117명)		통제집단 (80명)		t값
	평균점수	표준편차	평균점수	표준편차	
사전검사	67.8	14.68	65.6	13.14	1.11
사후검사	70.7	13.87	66.9	13.83	1.90*

만점은 100점임. *p<0.05.

과학 탐구능력 신장에 미치는 효과. 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험이 학생들의 과학 탐구능력 신장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 수업처치 전과 후에 과학 탐구능력 검사를 실시한 결과는 Table 1에 제시하였다.

Table 1에서 보듯이 과학 탐구능력의 사전검사에서 실험집단의 평균은 통제집단의 평균에 비하여 약간 높았으나, 통계분석 결과에 의하면 이들 평균의 차이는 통계적으로 의미있는 차이를 나타내지 않았다. 따라서, 과학 탐구능력의 사전검사에서 두 집단은 동일한 집단으로 간주할 수 있다.

과학 탐구능력에 대한 사후검사의 평균을 보면, 통제집단에 비하여 실험집단에서 더 향상된 것으로 나타났는데, 실험집단의 사후검사 평균은 통제집단의 사후검사 평균에 비하여 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 따라서, 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 수업이 전통적인 실험 수업에 비하여 학생들의 과학 탐구능력의 신장에 효과가 있음을 알 수 있다.

실험집단의 탐구능력 신장정도를 인지수준별로 분석한 결과는 Table 2에 제시하였다. Table 2에서 보듯이 인지수준이 낮은 구체적 조작기 학생들의 평균점수가 가장 많이 올라갔음을 알 수 있는데, 이것은 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 수업이 구체적 조작기 학생들에게 가장 효과적이었다는 것을 의미한다.

학생들의 인지수준에 따른 상호작용 분석. 학생들의 인지수준에 따른 상호작용은 크게 교사-학생 상호작용, 학생-학생 상호작용으로 나누어 분석하였다. 여기서 제시한 사례는 탐구실험 수업 과정에서 녹음한 내용을

전사한 프로토콜이다. 이 프로토콜에서 보이는 학생들의 이름 옆 괄호 속의 영문자는 인지수준으로, F는 형식적 조작기, T는 과도기, C는 구체적 조작기를 의미한다.

1. 교사-학생 상호작용

사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험을 적용하는 과정에서 일어나는 교사-학생 상호작용은 크게 두 부분으로 나누어 교사와 학생 전체가 상호작용을 하는 상황과 교사와 실험모둠 내의 학생들이 상호작용하는 상황으로 구분하여 분석하였다.

(1) 교사가 학생 전체를 대상으로 수업을 전개해 나가는 상황

교사가 학생 전체를 대상으로 수업을 전개해 나가는 상황을 분석한 결과, 인지수준이 낮은 학생의 경우 교사와 상호작용을 하는 횟수가 적을 뿐만 아니라 교사의 질문에 대해 불명확하게 대답하였다. 반면 인지수준이 높은 학생의 경우 교사와 상호작용을 하는 횟수가 많을 뿐만 아니라 교사의 질문에 대해 구체적이고 정확하게 대답하였다.

이것은 인지수준이 낮은 학생이 높은 학생에 비해 질문의 의도를 파악하는 능력이 떨어지고, 구체적이고 정확한 대답을 할 만큼 지식을 갖고 있지 못하기 때문이라고 판단되었는데, 고차원적인 사고가 필요한 상황에서는 이 차이가 더욱 분명하게 나타났다.

(2) 상호작용을 돕기 위해 교사가 직접 모둠별 활동에 개입한 상황

교사가 학생들 사이의 상호작용을 돕기 위해 직접 모둠별 활동에 개입한 경우를 분석한 결과, 실험모둠 A

Table 2. 실험집단에서 인지수준별 과학 탐구능력 검사 결과

	사전 검사		사후 검사	
	평균	표준편차	평균	표준편차
형식적 조작기 (4명)	81.7	6.94	84.2	6.87
과도기 (48명)	73.6	11.25	75.4	12.90
구체적 조작기 (65명)	62.7	15.20	66.3	13.40

(형식적 조작기, 과도기, 구체적 조작기의 학생들로 구성된 모둠)는 전반적으로 교사의 도움이 크게 필요하지 않았으나, 교사가 개입할 경우 인지수준이 높은 학생이 교사와의 상호작용에 주로 참여하였으며, 인지수준이 낮은 학생들은 소극적으로 참여하였다.

실험모둠 B(과도기와 구체적 조작기의 학생들로만 구성된 모둠)의 경우에는 사례 1 처럼 모든 학생이 교사와의 상호작용에 참여하였다. 그러나 주된 역할은 인지수준이 상대적으로 높은 학생이 하고 있으며, 인지수준이 낮은 학생은 동의를 표현하거나 진술을 반복하는 정도로 상호작용에 참여하였다. 사례 1에서 교사가 개입하기 전까지 이 모둠은 실험을 어떻게 설계해야 할지 모르고 있었다. 그러나 교사가 개입함으로써 비로소 실험을 설계하기 시작한다.

<사례 1>

교 사: 물이 지나가는 길을 알아보려면 어떤 실험방법을 써야 할까?

헤미, 나리, 민회: 그걸 알 수가 없어요.

교 사: 머리를 막 써봐. 어떻게 하면 물이 지나가는 길을 볼 수 있을까?

헤미(T): 선생님 만약에요, 잉크 같은 거 떨어뜨리면요, 그 한쪽만 보이는 게 아니라, 다 보이게 되잖아요.

교 사: 오, 그렇겠지. 좋은 생각을 했는데.

나리(T): 한쪽에서 떨어뜨리려면, 그럼, 물관이 되면 주부북 흘러가요?

교 사: 선생님이 실험할 걸로 될 줄 수 있나하면, 식물을 줄 수 있어, 줄기 있고, 잎 달린 식물을 줄 수 있고, 잉크물도 줄 수 있고, 뭐, 면도날도 줄 수 있거든...

나리(T): 아, 그러면 그거를... 줄기를 요, 잘라 가지고 밑에다 잉크에도 붙혀 가지고 쪽 올라가게, 걸 보면...

교 사: 어, 어 그렇게 하면 볼 수 있을 거 같애?

헤미(T): 맞죠. 안 돼. 하하하.

교 사: 맞죠. 안되지 않아?

민회(C): 될 수도 있잖아요.

교 사: 어, 잘 생각해 봐.

헤미(T): 어차피 실험은 이렇게, 보란까...

교 사: 어, 잘 생각해 봐.

헤미(T): 모랄까... 어, 책, 모르면...

나리(T): 아.아. 이러면 되잖아. 그러면은 그거를 잘라 가지고 잉크를 묻혀 가지고 쪽 올라가면은

민회(C): 맞아.

나리(T): 이것을 이렇게, 이쪽으로 이렇게 잘라 가지고 보면은 어딘지 알 수 있지.

민회(C): 맞아. 반을 쪽 잘라 가지고... 그래, 그걸로 쓰자.

헤미(T): 애, 너는 옆에서 말을 정리해 줘.

민회(C): 그래, 니가 정리해 줘.

위의 사례 1에서 교사의 질문을 분석해 보면 질문의 내용이 3단계로 보다 구체화되고 있음을 알 수 있다. 처음 질문 “물이 지나가는 길을 알아보려면 어떤 실험방법을 써야 할까?”에서 교사는 가장 포괄적인 내용인 “실험방법”을 상기시키며 실험설계에 도움을 주고 있다. 그러나, 학생들은 “실험방법”이라는 단서에서 도움을 얻지 못하고 있다. 두 번째 질문 “어떻게 하면 물이 지나가는 길을 볼 수 있을까?”에서 교사는 “볼 수 있는 방법”을 생각해 보라는 질문을 통해서 보다 구체적인 도움을 주고 있다. 이 질문을 통해 학생들은 잉크를 사용할 생각을 하게 되었고, 물이 지나가는 길에 잉크를 흘러보낸 생각을 하게 되었다. 세 번째, 준비물에 대한 언급은 결성적인 힌트가 되었다. 잉크는 자신의 생각이 어느 정도 맞았다는 생각을 갖도록 했으며, 찬은 “자본냐”는 생각을 하게 했다. 이제 학생들은 물이 지나가는 길로 잉크가 이동할 수 있도록 하고 이동한 후에는 칼로 잘라 보면 된다는 생각을 하게 되었다.

실험모둠 A의 경우, 문제해결을 위해 교사의 도움이 크게 필요하지 않았는데, 이것은 인지수준이 높은 학생이 관련지식이나 필요한 정보를 이미 많이 알고 있기 때문이었다. 그러나 실험모둠 B에서는 문제해결에 결정적인 역할을 할 만큼 유효한 동료가 없어서 의견 합의가 더 이상 진척되지 않는 경우가 많았는데, 이 경우 교사의 도움은 상호작용을 계속 이어지게 할 뿐만 아니라 학생들의 지식 구성에도 큰 역할을 하였다.

이처럼 학생들 사이의 상호작용만으로는 해결되지 않는 상황에서 교사의 역할은 매우 중요하다. 왜냐하면 교사는 학생들의 근접 발달 영역 내에서 도움을 줄 수 있는 전문가이기 때문이다. 사례 1에서 교사-학생과의 상호작용을 분석한 결과에서, 교사는 좀 더 나은 또래 학습자보다 효과적으로 비계(scaffolding)를 설정하였고, 그것이 학습의 진행에 큰 도움을 주었음을 알 수 있다.

2. 학생-학생 상호작용

탐구실험 과정에서 일어나는 학생-학생 상호작용은 문제를 인식하는 상황, 정보 도움을 주고받는 상황, 의견을 제시하는 상황, 정교화가 진행되는 상황, 실험이 수행되는 상황, 결론이 도출되고 정리되는 상황 등으로 나누어 분석하였다.

(1) 문제를 인식하는 상황

해결해야 할 문제를 파악하는 문제 인식 상황을 분석한 결과, 문제를 인식하는 능력도 인지수준에 따라 다르게 나타났다. 활동지에 문제가 직접적으로 제시되어 있는 경우, 실험진행에 책임이 있는 모둠장이 문제를 보다 잘 인식하고 있었으며 인지수준에 따른 차이는 찾아 볼 수 없었다. 그러나 교사의 설명을 듣고 문제를 파악해야 하는 상황처럼 활동지에 문제가 직접적으로 제시되지 않은 경우에는 인지수준이 높은 학생이 문제를 잘 인식하는 것을 알 수 있었다. 이는 교사가 설명을 한다고 하더라도 활동지에 직접적으로 문제를 제시하여 학생들이 문제 파악을 쉽게 할 수 있도록 안내할 필요가 있음을 의미한다.

(2) 정보도움을 주고받는 상황

도움을 주고받는 상황은 실험을 해나가면서 같은 모둠 학생들끼리 도움을 요청하고 이에 대한 도움을 주는 상호작용이 이루어지는 상황이다. 도움의 내용에는 단순도움과 정보도움이 있는데, 단순도움이란 실험 상황과는 다소 거리가 있으며 예 아니오 수준의 비교적 간단하고 직접적인 내담을 얻기 위해 요구하는 경우이고, 정보도움은 자신의 의견에 대한 확신이 없거나 보물 때 보다 구체적인 답변이나 이유를 알기 위해 요구하는 경우이다. 이 연구에서는 실험 수행과 직접적인 관련이 있는 정보도움을 주고받는 상황에서의 상호작용만을 분석하였다.

정보도움을 주고받는 상황에서 학생들은 인지수준에 따라 역할이 분담되는 것을 관찰할 수 있었다. 실험모둠 A에서는 인지수준이 낮은 학생이 주로 정보도움을 요청하였고, 인지수준이 높은 학생은 주로 정보도움을 주었다. 이 때 인지수준이 낮은 학생들은 수동적인 인행을 보였으며, 인지수준이 높은 학생들은 이들을 지도하는 모습을 보였다. 인지수준이 높은 학생들은 거의 정답과 비슷한 수준의 정보도움을 주고 있었기 때문에 인지수준이 낮은 학생들로서는 반론의 여지가 없었다. 따라서, 이 모둠의 경우 정보도움을 주고받는 상황에서는 상호작용이 활발하게 일어나지 않았다.

사례 2 에서 종호는 베네딕트 지시약을 넣고 가열한 포도당 수용액의 색이 적갈색으로 변한 것을 보고, 포도당 자체의 색이 적갈색을 띠는 것으로 잘 못 이해하고 있다. 이때, 인지수준이 높은 영순이가 도움을 주고 있다. 녹말 수용액에 요오드-요오드화합물 지시약을 넣었을 때 보라색이 나타났던 것을 회상시키며, 포도당에 베네딕트 지시약을 넣고 가열하였을 때 적갈색이 나타난 것을 이해시키려고 했다. 그러나, 종호는 영순의 말을 잘 이해하지 못하고 있는데, 이것은 영순이가 종호의 근접 발달 영역 안에서 적절한 도움을 주지 못했기 때문인 것으로 생각된다.

<사례 2>

종호(T): 근데, 녹말색이, 아, 아니. 포도당 색이 왜 빨간색(적갈색)이냐?
 영순(F): (귀찮다는 듯이) 아, 몰라.
 종호(T): 원래 하얀색이나 녹색이 돼야 되는데.
 영순(F): 누가 그래?
 종호(T): 포도당.
 영순(F): 누가 그래?
 종호(T): 병원에 가면 없어. 빨간색.
 영순(F): 네 아까 여기서, 녹말꽃에 요오드-요오드화합물 용액을 넣으니까 어떻게 됐냐?
 종호(T): ~
 영순(F): 보라색으로 바뀌었지, 조금 후?
 종호(T): 응.
 영순(F): 그거 아니야.
 종호(T): 근데 왜, 녹말꽃이 이기지.

실험모둠 B에서는 인지수준이 낮은 학생도 자신의 의견을 제시하며 정보도움을 주고 받는 상황에 많이 참여하여 활발한 상호작용이 진행되고 있었다.

이상에서 정보도움을 주고받는 상황에서는 인지수준에 따른 차이가 있음을 알 수 있다. 인지수준이 낮은 학생이 주로 정보도움을 요청하는 반면, 인지수준이 높은 학생은 주로 정보도움을 주고 있었다. 인지수준이 높은 학생이 인지수준이 낮은 학생에게 정보도움을 주는 기회는 많았지만, 인지수준이 높은 학생이 효과적으로 설명하지 못하여 동료 학습자에 대한 지도 효과는 적었다. 이것은 인지수준이 낮은 학생이 속한 모둠에도 교사가 적극적으로 개입하여 학생들의 근접 발달 영역 내에 있는 도움을 줄 필요가 있음을 의미한다. 또한 정보도

움을 주는 과정에서 인지수준이 높은 학생은 친구에게 어떻게 도움을 주어야 하는지에 대한 방법을 터득할 수 있게 된다.

인지수준이 높은 학생들이 정보도움을 요청하는 경우는 적었는데, 이는 요청할 정보도움이 많지 않을 뿐만 아니라 인지수준이 낮은 학생들이 제공할 수 있는 정보도움의 한계를 알고 있기 때문이라고 생각된다.

(3) 의견을 제시하는 상황

주어진 상황에서 각자의 의견을 제시하는 상황을 분석한 결과, 실험모둠 A에서 구체적 조작기 학생은 비교적 간단한 사실에 대한 의견이나 느낌을 많이 제시하는 반면, 과도기 학생은 문제해결에 도움이 되는 의견을 제시하였다. 형식적 조작기 학생은 의견을 제시하기 보다 말 없이 자신의 생각대로 실험을 진행시키거나 다른 학생들의 의견에 대해 평가를 내려주는 역할을 하고 있었다. 인지수준이 낮은 학생들의 의견은 타당하지 않은 생각으로 무시되거나, 타당한 생각의 경우 그대로 받아들여져 실험에 반영되었다. 따라서, 실험모둠 A에서는 의견제시를 통한 활발한 상호작용과 이를 통한 합의 도출과정이 관찰되지 않았다.

실험모둠 B에서는 어느 한 사람의 의견이 일방적으로 수용되는 경우뿐만 아니라 서로의 의견을 주고받아 상호작용이 활발히 이루어지는 경우도 많았다. 이는 실험모둠 1에서는 비교적 냉정한 관계에서 의견을 제시하기 때문에 상호작용이 활발하게 이루어지는 것으로 생각된다.

(4) 정교화가 진행되는 상황

정교화가 진행되는 상황은 제안된 의견에 대하여 새로운 의견과 정보를 수정하거나 추가하는 활동뿐만 아니라, 반대 의견을 제시하며 모둠의 의견을 발전시켜 나가는 활동을 의미한다. 정교화 과정은 상호작용을 주고받는 학생들의 인지수준에 관계없이 일어나고 있었지만, 인지수준이 낮은 학생들끼리의 상호작용에서는 주로 간단한 수준의 정교화가 이루어지고 있었다.

실험모둠 A에서는 의미가 부족한 의견에 보다 정확한 의미를 부여하는 형태의 정교화가 주로 발견되었으며, 이러한 역할은 주로 인지수준이 높은 학생이 하고 있었다. 사례 3에서 인지수준이 높은 영순은 종호의 말에서 빠진 부분을 정확하게 보완함으로써 종호가 전달하고자 하는 말의 의미를 완성시켜주고 있다.

<사례 3>

교 사: 그러면은 보충된 정보를 이렇게 적어야지. 어

떤 거 같아? 어떤 점이 보충된 거 같아?

종호(T): 우리 모듬에서요? 이걸 물에 염색한 다음에, 미순(C): 줄기에.

종호(T): 이걸 현미경으로 본다고 그랬는데요.

영순(F): 줄기가 물을 흡수한 다음에.

종호(T): 물에 염색하고 하루 동안 지난 다음에 횡단면과 종단면을 본다고 그랬으니까.

영순(F): 줄기를 잘라 가지고.

종호(T): 어차피 비슷한 거 같은데요.

반면에, 실험모둠 B에서는 반론을 제기하며 의미를 보다 발전시키는 형태의 정교화가 주로 발견되었다. 이는 권위 있는 의견을 내놓을 만큼 월등한 구성원이 없다는 조건이 반대의견을 제시하며 자신의 의견을 주장할 수 있는 환경을 마련하는 것으로 판단된다.

(5) 실험이 수행되는 상황

실험에 필요한 시료와 준비물을 가져오고 실험기구를 설치하는 등, 실험을 진행시키는 상황을 분석한 결과, 실험의 처음 부분에서는 인지수준에 의한 차이보다 조장이나 아니냐가 더 큰 영향을 주었다. 그러나 점차 실험이 진행됨에 따라 인지수준이 높은 학생의 주도로 실험이 이루어졌고, 인지수준이 낮은 학생은 높은 학생을 추종하는 경향이 보였다.

실험이 수행되는 상황에서는 동료를 단속하는 경우도 발견되었다. 사례 4는 인지수준이 높은 학생이 실험을 어떻게 해야 하는지, 어떤 변인을 통제해야 하는지 모르는 인지수준이 낮은 학생이 지지른 실수를 단속하고 있는 상황이다. 온도에 따른 침의 반응성을 알아보는 실험에서, 온도가 일정하게 맞추어진 물을 종호가 손으로 만지고 있었기 때문에 영순이 종호의 행위에 제재를 가하고 있다. 영순은 물의 온도가 변하면 실험 결과가 제대로 나오지 않는다는 것을 알기 때문에 종호의 행위를 강력히 제재해야 했던 것이다.

<사례 4>

종호(T): 뜨겁지 않네, 미지근하네.

영순(F): 반지지마, 반지지마. 온도 내려가. 아니, 온도가 올라가. 이거 올라가고, 이거 내려가고.

종호(T): 왜, 어떻게 되는데?

영순(F): 야, 니 뜨거운 볼 가만히 놔두면 어떻게 되냐?

종호(T): 식어.

영순(F): 식지? 그러면, 찬물을 가만히 놔두면 어떻게

왜? 미지근해지지?

종호(T): 그러니까, 내가 만지는 거지. 가만히 놔두지 않고.

영순(F): 니 온도가 여기 닿잖아.

종호(T): 아.

이러한 상황은 조원들 모두가 실험에 대해 충분히 이해하고 있지 못하고 어느 특정한만 이해하고 있었기 때문에 발생한다. 실험을 잘 이해하지 못하는 학생의 경우 실험 결과에 영향을 줄 수 있는 실수를 하게 되고, 이러한 실수로 인해 친구로부터 제재를 받는 경험을 하고 나면 실험을 할 때 소극적인 자세를 취할 수밖에 없게 된다.

이상에서 실험이 수행되는 상황에서도 인지수준이 높은 학생은 실험 내용을 잘 파악하고 있기 때문에 실험 수행에 주도적이지만, 인지수준이 낮은 학생은 실험 내용을 잘 파악하지 못했기 때문에 실험수행에 수동적이었다. 따라서, 대부분의 경우 실험에 대해 잘 이해하고 있는 인지수준이 높은 학생들이 모둠원을 위해 실험 내용에 대해 설명해줄 수 있도록 교사가 유도할 필요가 있음을 알 수 있다.

(6) 결론이 도출되고 정리되는 상황

실험이나 토론을 통해 결론을 도출하고 이를 정리하여 활동지에 기록하는 상황을 분석한 결과, 인지수준이 높은 학생은 관찰 사실로부터 결론을 잘 이끌어 냈다. 실험모둠 A에서는 인지수준이 높은 학생의 주도로 결론이 이끌어지기 때문에 결론 도출을 위한 논의가 이루어지지 않았다. <사례 5>에서 인지수준이 높은 영순이 실험결과를 보다 일반적인 개념으로 일반화하고 있다.

<사례 5>

종호(T): 변한다.

미순(C): 이제 변하네.

종호(T): 어, 변하네. 침 안 넣은 것도 변하네.

미순(C): 같이 변하네.

종호(T): 오, 변한다. 야.

영순(F): 아, 야, 온도가 너 높은데서, 너 빨리 일어난다.

종호(T): 그 실험이었구나.

논리적으로 정리하고 진술하는 능력도 인지수준에 따른 차이가 있었다. 인지수준이 높은 학생은 잘 정리하고 기록하는 반면, 인지수준이 낮은 학생은 내용을 알

고 있으면서도 정리를 못해 자신 있게 기록하지 못하고 인지수준이 높은 학생에게 의존하고 있었다. <사례 6>은 실험으로부터 알아낸 사실들을 정리하여 활동지에 기록하는 상황이다. 이 상황에서 미순은 이미 충분히 내용을 알고 있지만 끝까지 영순에게 의존하고 있다.

<사례 6>

미순(C): 이게 무슨 소릴 하는 거야. 그러면 물관임을 알 수 있는 근거를 쓰라는 거야?

영순(F): 빨간 잉크가...

미순(C): 그냥, 빨간 잉크가 붙들어 있으므로 그러면 되는 거야?

종호(T): 보여주기에선 본 카테이션이 반쪽만 물든 이유들... 우리 안 했는데, 이거.

영순(F): 장미야.

미순(C): 붙들어진 부분이, 불관이니까?

종호(T): 아-아.

미순(C): 그럼, 빨간 잉크가 물들었기 때문이라고 쓰면 되는 거야? 그냥, 그렇게 써도 돼?

영순(F): 응?

미순(C): 그냥, 그렇게 써도 돼, 빨간 잉크가 붙들어져서? 넌 어떻게 쓸 거야? 영순인 항상 질어.

영순(F): 그냥, 빨간색 잉크가 불관으로 흘렀기 때문에, 탁 쓰면 좋잖아.

미순(C): 아, 빨간색 잉크가 불관으로 흘...

영순(F): 흘렀기 때문에 그 곳만 빨갱게 물들었다고.

이상에서 인지수준이 높은 학생이 관찰 사실로부터 결론을 잘 이끌어내고 내용을 논리적으로 정리하며 진술하는 반면, 인지수준이 낮은 학생은 주제적이지 못하고 인지수준이 높은 학생에게 의존하고 있음을 알 수 있다.

사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 수업에 대한 학생들의 인식을 알아보기 위해 실시한 설문 조사 결과는 Table 3에 제시하였다. Table 3에서 보듯이 분량이나 학생들의 인지수준에 따라 반응에 조금씩 차이가 있지만, 학생들이 상호작용을 강조한 수업에 대하여 다음과 같이 생각하고 있음을 알 수 있었다.

첫째, 전반적으로 기존의 실험을 할 때보다 토론을 더 많이 하게 되었다는 반응을 보였지만, 인지수준이 낮은 학생일수록 긍정적인 응답 비율이 낮았다. 이는 인지수준이 낮은 학생일수록 토론에 참여하지 못했다

Table 3. 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 수업에 대한 학생들의 인식

설문내용	인지수준	긍정(%)	보통(%)	부정(%)
① 보통의 실험을 할 때보다, 이 실험을 할 때 토론을 더 많이 하게 되는가?	형식적	100.0	0.0	0.0
	과도기	58.6	31.0	10.3
	구체적	48.5	37.4	14.1
② 토론을 통해 친구들이 다른 생각을 가지고 있다는 것을 알게 되었는가?	형식적	100.0	0.0	0.0
	과도기	51.7	31.0	17.2
	구체적	44.4	28.3	27.3
③ 토론을 많이 하는 것이 실험을 진행하는데 도움이 되었는가?	형식적	75.0	0.0	25.0
	과도기	69.0	27.6	3.4
	구체적	56.6	35.4	8.1
④ 자신의 의견이 다른 사람에게 도움이 된다고 생각하게 되었는가?	형식적	75.0	25.0	0.0
	과도기	51.7	37.9	10.3
	구체적	24.2	60.6	15.2
⑤ 실험 보고서의 답을 쓰기 어려울 때는 그냥 포기하였는가?	형식적	0.0	25.0	75.0
	과도기	20.7	24.1	55.2
	구체적	26.3	39.4	34.3
⑥ 실험을 하면서 부딪히는 어려움은 혼자서 해결하는 것보다 친구의 도움을 받는 것이 더 좋다고 생각하는가?	형식적	50.0	25.0	25.0
	과도기	56.9	29.3	13.8
	구체적	69.7	21.2	9.1
⑦ 실험 활동 중에 이해가 안되거나 어려울 때, 친구에게 물어보는가?	형식적	50.0	50.0	0.0
	과도기	69.0	29.3	1.7
	구체적	68.7	19.2	12.1
⑧ 실험하는 과정에서 친구의 도움을 받아 어려움을 해결할 수 있었는가?	형식적	50.0	25.0	25.0
	과도기	69.0	22.4	8.6
	구체적	78.8	15.2	6.1
⑨ 이 실험 수업 후 과학 학습에 자신감이 생겼는가?	형식적	25.0	25.0	50.0
	과도기	24.1	55.2	20.7
	구체적	18.2	47.5	34.3
⑩ 비록 실수를 했을지라도, 과학에 대한 흥미가 떨어지지 않았다고 생각하는가?	형식적	75.0	25.0	0.0
	과도기	67.2	27.6	5.2
	구체적	51.5	37.4	11.1
⑪ 보통의 실험 수업보다 이번 실험 수업이 과학 개념을 더 많이 알게 한다고 생각하는가?	형식적	75.0	25.0	0.0
	과도기	44.8	44.8	10.3
	구체적	41.4	51.5	7.1
⑫ 이 실험 수업이 과학 성적을 올리는데 도움이 되었는가?	형식적	50.0	0.0	50.0
	과도기	25.9	50.0	24.1
	구체적	24.2	53.5	22.2
⑬ 이 실험에서 답을 얻어낼 때, 한 사람의 의견을 따랐는가?	형식적	0.0	25.0	75.0
	과도기	20.7	37.9	41.4
	구체적	19.2	37.4	43.4
⑭ 서로의 의견이 맞지 않았을 때, 의견의 일치를 위해 계속적으로 토론한 적이 있는가?	형식적	75.0	25.0	0.0
	과도기	37.9	37.9	24.1
	구체적	27.3	43.4	29.3

고 느끼기 때문이라고 판단된다. 그리고 학생들은 토론을 통해 친구들이 다른 생각을 가지고 있다는 것을 느꼈으며, 토론을 하는 것이 실험을 진행하는데 도움이 되었다고 생각하고 있었다. 그러나 자신의 의견이 다른 사람에게 도움이 되었다고 생각하느냐는 질문에 대해서는 인지수준이 낮은 학생일수록 긍정적인 응답 비율이 낮았다. 이는 인지수준이 낮은 학생은 학습과 관련된 말을 하는 기회가 적었고, 또 학습과 관련된 말을 했어도 자신의 의견에 대한 자기 확신이 부족하기 때문이라고 여겨진다.

둘째, 대부분의 학생들이 어려움에 부딪혔을 때 포기하는 것보다는 친구의 도움을 받는 것이 좋으며, 친구에게 도움을 청해 어려움을 해결할 수 있게 되었다고 생각하고 있었다. 특히 인지수준이 낮은 학생일수록 도움을 많이 받았다고 생각하고 있었다. 이는 인지수준이 낮은 학생들의 경우 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 수업에 대하여 긍정적인 태도를 갖고 있음을 보여 주는 것이다.

셋째, 대부분의 학생들이 실험 수행시 실수를 했더라도 과학에 대한 흥미가 떨어지지 않았다는 반응을 보였지만 인지수준이 낮은 학생일수록 긍정적인 응답의 비율이 낮아졌다. 이는 인지수준이 높은 학생이 이러한 형태의 실험에 더 많은 흥미를 느끼고 있음을 보여주는 것이다.

넷째, 기존의 실험 수업보다 과학 개념을 더 많이 알게 한다고 생각하느냐는 질문에 대해서는 전반적으로 긍정적인 대답이 많았으며, 특히 인지수준이 높은 학생일수록 긍정적인 응답 비율이 높았다. 하지만 이 실험을 통해 성적을 올리는데 도움이 되었느냐는 질문에 대해서는 전반적으로 긍정적인 대답이 많았다. 그러나 인지수준이 높은 학생일수록 성적을 올리는데 도움이 되지 않았다고 생각하는 경향이 나타났다.

다섯째, 실험에서 답을 얻어낸 때, 한 사람의 의견을 따랐느냐 라는 질문에 대해서는 인지수준이 높은 학생의 경우는 긍정적인 응답 비율이 높았지만, 인지수준이 낮은 학생의 경우에는 부정적인 응답도 있었다. 그리고 서로의 의견이 맞지 않았을 때, 의견의 일치율을 위해 계속적으로 토론하였느냐 라는 질문에 대해서는 인지수준이 낮은수록 긍정적인 응답 비율이 낮았다. 이는 인지수준이 높은 학생이 의견을 제시했을 때 이 의견에 대한 반론이 제기되지 않는 상황에 대해서, 인지수준이 높은 학생의 경우는 다른 의견이 제시되지 않았으므로

서로 합의된 의견이라고 생각하지만, 인지수준이 낮은 학생의 경우는 한 사람의 의견에 따른 것으로 생각하기 때문이라고 판단된다.

결론 및 제언

사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 수업은 전통적인 실험 수업에 비하여 학생들의 과학 탐구능력 신장에 효과가 있었으며, 특히 인지수준이 낮은 구체적 조작기 학생들에게 효과적이었다.

탐구실험 수업 과정에서 일어나는 상호작용은 인지수준에 따라 독특한 양상을 보였는데, 인지수준이 같더라도 모둠 구성 방식에 따라 서로 다른 양상을 보였다. 인지수준이 높은 학생은 학생들 사이의 상호작용에서 주도적이며 교사와의 상호작용에도 적극적으로 참여하였다. 인지수준이 낮은 학생은 인지수준이 높은 학생을 추종하는 경향이 있었으며 교사와의 상호작용에는 소극적이었다. 모둠이 구성되는 방식에 따라 학생들이 상호작용에 참여하는 정도와 상호작용의 형태에 차이가 있었다. 인지수준이 높은 학생과 낮은 학생으로 구성된 모둠은 문제를 잘 해결하였지만, 인지수준이 낮은 학생이 상호작용에 잘 참여하지 못하였다. 그리고 인지수준이 높은 학생은 인지수준이 낮은 학생에게 도움을 주는 기회가 많았지만 상대방의 근접 발달 영역 안에서 적절한 도움을 주지 못해 인지수준이 낮은 학생에게 실질적인 도움이 되지 못하는 문제점이 있었다. 인지수준이 비슷한 학생으로 구성된 모둠은 상호작용이 활발하여 인지수준이 낮은 학생도 상호작용에 잘 참여하였지만, 합의된 의견이 문제해결에 도움이 되지 않는 문제점이 있었다.

그러므로 인지수준이 높은 학생과 낮은 학생으로 구성된 모둠에 대하여 교사는 인지수준이 높은 학생이 인지수준이 낮은 학생에게 근접 발달 영역 안에서 적절한 도움을 줄 수 있는 방법을 지도하고, 인지수준이 낮은 학생을 상호작용에 적극적으로 참여하도록 지도할 필요가 있다. 인지수준이 비슷한 학생으로 구성된 모둠에 대하여 교사는 상호작용을 통한 의견합의가 문제해결에 도움이 되는 방향으로 진행되도록 안내할 필요가 있다.

사회적 상호작용을 강조한 탐구실험 수업에 대하여 학생들은 이러한 형태의 수업이 모둠원들과 상호작용할 수 있는 기회를 제공함으로써 토론을 많이 하게 되고 동료로부터 도움을 받아 어려움을 해결할 수 있었다고 인식하였다.

이 연구는 1999년도 두뇌한국21 사업비의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

인용문헌

1. Shymansky, J. *The American Biology Teacher* **1984**, *46*, 54-57.
2. 이범홍 한국교육개발원 연구보고, 1987.
3. 양명원 한국교원대학교 석사학위 논문, 1988.
4. 최병순 *화학교육* **1990**, *17*, 11.
5. 한미애 한국교원대학교 석사학위 논문, 1992.
6. Roth, W. M. *Authentic school science*; Kluwer Academic Publishers: Boston, 1995.
7. Driver, R.; Asoko, H.; Leach, J.; Mortimer, E.; Scott, P. *Educational Researcher* **1994**, *23*, 12.
8. Roadranga, V.; Yeany, R. H.; Padilla, M. J. *The Construction and Validation of Group Assessment of Logical Thinking (GALT)*; Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching: Dallas, 1983.
9. 권재술, 김범기 *한국과학교육학회지* **1994**, *14*, 251.
10. Adey, P.; Shayer, M. *Really raising standards: Cognitive intervention and academic achievement*; Routledge: London, 1994.
11. 김영민, 권성기 *한국과학교육학회지* **1992**, *12*, 75.
12. 정완호, 권재술, 최병순, 정진우, 김효남, 허명 *한국과학교육학회지* **1996**, *16*, 34.
13. Vygotsky, L. S. *The Genesis of Higher Mental Functions*; Armonk: New York, 1981.
14. Newman, D.; Griffin, P.; Cole, M. *The Construction Zone: Working for Cognitive Change in School*; Cambridge University Press: Cambridge, 1989.