

용액 개념의 순환학습이 초등학생의 인지수준발달에 미치는 영향

최영주[†] · 김세경 · 고영신
(서울교육대학교) · (서울용강초등학교)[†]

The Effect of Learning Cycle Model in Solution Concept on the Cognitive Development for Primary Student

Choi, Young-Ju[†] · Kim, Se-Kyong · Ko, Young-Shin
(Seoul Yongkang Elementary School)[†] · (Seoul National University of Education)

ABSTRACT

According to Piaget, children aged 11 are in the middle of concrete operation period and formal operation period. So, it is necessary to adopt the Learning Cycle Model (LCM) which helps students improve their cognitive development. After determining the test for the Science Concept of Matter (SCOM), the experimental group showed higher average than the comparative group in the post-test. In the sound understanding, the experimental group showed higher ratio than the comparative group. And in the ratio of imperfect, wrong understanding and no response, the experimental group was lower than the comparative group. On the questions that were needed the complicated inquiry, many students of both groups still couldn't find the fundamental cause. In forming the scientific conceptualization, there was a meaningful difference ($p < .001$) after post-test Analysis of Covariance (ANCOVA) with pre-test result. After determining the test for the Test Inquiry Science Process (TISP), the experimental group showed higher average than the comparative group in the post-test. In the category of basic inquiry process which is needed in concrete operation, there was a meaningful difference ($p < .05$). In the category of unified inquiry process which is needed in formal operation, they showed no meaningful difference ($p > .05$). Therefore, applying the LCM to the chapter of 'Solution and Dissolving' is more effective on improving the scientific conceptualization and on helping the concrete operation abilities than the teacher centered learning.

Key words : learning cycle model, science concept of matter, solution, cognitive development

I. 서 론

공식적인 교육기관에 의해서 지식의 대부분을 얻었던 과거와 달리 복잡한 현대 사회는 지식과 정보가 곳곳에서 넘쳐나 어떤 정보가 올바른 것인지, 어떤 지식이 필요한 것인지 갈등과 혼란을 가져올 때가 있다. 따라서 올바른 정보를 습득하고 필요한 지식을 찾아내는 능력과 개인이 가지고 있는 잘못된 지식을 수정 보완하는 능력이 절실히 요구되는데, 이런 능력의 육성이 교육 기관을 통해 길러져야 하겠다. 즉, 교육 기관의 역할이 지식과 정보의 전달자의 역할에서 지식과 정보의 선택 방법을 가르치는 역할로 달라졌다. 이처럼, 사회가 복잡해질수록 많은 갈등 상

황에 부딪히게 되는데, 이러한 갈등을 해소하기 위해서는 과학적 문제 해결 능력을 길러야 한다. 따라서 시대에 맞는 과학 교육은 자연 현상과 사물에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 과학 지식의 체계를 잘 이해하며, 탐구 방법을 습득하여 올바른 자연관을 갖도록 하는 것이다.

그러나 실험이 곧 탐구 학습이라는 비약적인 논리에 사로잡혀 학생들은 이미 알려진 사실이나 법칙을 실험서의 지시대로 기구 조작만 하고, 탐구 활동은 별로 요구되지 않는 '요리책 같은 실험'을 되풀이 하고 있는 실정이다(Kyle, 1980). 수업이란 교사와 학생이 함께 참여하여 일련의 가치와 신념을 포함하는 환경을 만들어 가는 과정이다. 따라서 교사는 수업상

항에 맞는 적절한 수업모형을 선정하고 이를 제대로 활용하는 능력을 지녀야 한다. 피아제의 인지 발달 이론에 따르면 초등학교 고학년 학생들은 구체적 조작기에서 형식적 조작기로 발달되어야 하나, 강심원과 우종욱(1995)은 우리나라 초등학교 대부분의 5, 6학년 학생들의 발달수준은 아직도 구체적 조작수준에 머무르고 있다고 하였다. Piaget(1963)의 인지 발달 이론에 기초를 두고 초등학교 수준에서 기본 개념형성을 촉진시키기 위해 도입된 순환학습모형은 학생 스스로 구체적인 경험을 통해서 새로운 개념을 발견하게 한다(권재술 등, 1998). 또한 과학 및 화학 교육에서 이 모형의 적용을 통한 탐구적 과학 실험의 가능성이 보여졌다(최병순, 1988). 이처럼, 순환학습모형은 탐구 단계에서 간단한 실험으로 이미 알려진 개념에 대한 확인 실험이 아닌, 학생 스스로 개념을 발견할 수 있도록 유도하고 있으며, 인지 발달 단계상 대부분 구체적 조작기에 속한 우리나라 초등학교 학생들에게 적용하기 적합한 수업모형이라고 생각한다. 또한 일선학교에서 과학실 자재들을 이용한 수업이 가장 활발하게 이루어지고 있는 물질 영역을 선택하여 과학 교과서나 실험 관찰에 얽매이지 않고 학생들이 탐구하며 즐기는 진정한 실험을 해보고자 한다.

따라서 본 연구에서는 초등학교 5학년 과학교육과정 화학분야에 속하는 물질영역에 대해 올바른 과학 개념을 형성하는데 순환학습모형을 적용하여 보고 이를 통해 구체적 조작단계에 있는 학생들의 인지발달 향상에 미치는 효과를 알아보고자 한다. 연구 문제로 실험집단과 비교집단 학생들에 대해 용액에 관한 개념 범주별로 과학개념 형성 정도를 알아보고, 탐구능력 향상 정도를 알아보고자 한다.

II. 연구 절차 및 방법

1. 연구 절차와 대상 및 연구 설계

연구를 위해 기초 조사와 문헌 연구를 하여 문제를 설정하고, '용해와 용액', '용액의 진하기'에 관한 과학 개념 검사도구와 순환학습 프로그램을 개발하였으며, 개념검사도구의 타당도를 검증받기 위해 서울특별시 영등포구 소재 D초등학교에서 예비 검사를 실시하여 수정 보완하였다. 탐구 능력 검사도구는 순환학습모형 적용에 따른 탐구 능력 측정 도구로 적합한 한국 교원 대학교 물리교육 연구실(권재술과 김

범기, 1994)에서 초등학교 학생들의 과학 탐구능력을 측정하기 위해 개발한 것을 사용하였다. 연구 대상을 서울특별시 마포구 소재 Y초등학교 5학년 4개 학급을 선정하여 순환학습집단 2학급 66명으로 실험집단에 배치하고, 교사 주도적 학습 집단 2학급 66명으로 비교집단에 배치하였다. 두 집단에 사전 검사를 실시하였다. 수업에 앞서 두 집단에 오개념을 분석하여 순환학습프로그램을 수정 보완하였으며, 수정 보완된 순환학습 프로그램을 실험집단에 투입하고, 비교집단에는 교사 주도적 수업을 하였다. 그리고 두 집단의 사후검사를 실시하였으며, 연구 설계는 그림 1과 같이 사전·사후 검사 비교집단 설계방법을 사용하였다.

G1	O ₁	X ₁	O ₂
G2	O ₁	X ₂	O ₂

G1 : 실험집단, G2 : 비교집단
 O₁ : 사전검사, O₂ : 사후검사
 X₁ : 순환 학습, X₂ : 교사주도적학습

그림 1. 연구 설계

2. 과학개념 검사도구(SCOM)의 개발

개념은 책상, 나무, 돌 등과 같이 눈에 보이는 '직접 가시적인 개념'과 바람이나 빗처럼 미루어 보아 알 수 있는 '간접 거시적인 개념', 열이나 온도, 질량처럼 인간이 만들어낸 가상적인 것으로의 '구성 개념', 조작적으로 불가능한 '이론 개념'이 있다. 개념은 사실(관찰된 진술)이 모여서 된 것으로 여기서는 사실과 원리, 탐구과정까지를 포함하는 의미로 기술한다.

본 연구의 과학개념 검사도구는 5학년 1학기 '용해와 용액'과 '용액의 진하기' 단원에서 학습목표에 제시된 핵심 개념을 추출하여 한국교육과정평가원의 평가도구(제7차 교육과정에 따른 초등학교 과학과 성취수준과 평가기준 예시 평가도구 개발연구, 2001)를 근거로 초등교사와 과학 전공자와 연구자가 교과서와 교육과정 분석과 문헌연구를 통하여 개발하였다. 문항개발은 선수학습 내용을 분석한 후 본 단원의 내용과 관련성이 깊은 내용을 뽑아 교사용 지도서를 참고로 클로퍼의 과학행동 분류기준에 의하여 하위영역별로 이원 목적 분류표를 작성하여 인지적 영역 10문항을 개발하였고, 정의적 영역은 제외하였다. 본 연구에서는 학습되어지는 개념을 중심으로 하였으며,

문항의 예도 교과서에 언급된 실험을 주로 하여 교육과정의 내용에 기초하여 개발하여서 타당도를 높였다. 각 문항은 2단계식 서술형으로 자신의 답안에 대한 이유를 설명하도록 하는 이유 진술형 문항으로 구성하였다. 개발한 검사문항은 전문가 및 현장 교사와의 협의를 거쳐 서울시 영등포구 소재 D초등학교에서 예비검사(pilot test)를 하여 수정 보완한 후 실험 처치에 투입하였다. 예비검사 결과를 분석한 결과 타당도($\alpha = .75$)가 인정되었다.

표 1. 과학 개념 검사 문항의 핵심 개념

문항번호	핵심내용	Cronbach' α
1	소금물용액	.88
2	용해 현상	.74
3	용해 전과 후의 무게	.69
4	진한 용액 만들기	.70
5	설탕의 양에 따른 용액의 진하기	.75
6	진한 용액의 성질	.79
7	진하기를 측정하는 방법	.80
8	기구를 이용한 용액의 진하기 비교	.77
9	물의 온도와 봉산의 녹는 양과의 관계	.90
10	결정 만들기	.89

3. 과학탐구 능력검사도구(TISP)

본 연구에서 사용한 과학탐구 능력검사도구는 순환 학습모형 적용에 따른 탐구능력 측정 도구로 적합한 한국교원대학교 물리교육연구실(권재술, 김범기, 1994)에서 초등학생들의 과학 탐구능력을 측정하기 위해 개발한 것을 사용하였다. 이 검사도구는 10개의 탐구 과정 요소별로 3문항씩 총 30문항으로 구성되어 있고, 형식은 모두 4지 선다형이며, 평균 난이도는 0.61, 평균 변별도 0.41, 신뢰도 0.82인 과학 탐구능력 측정도구이다. 본 검사에서는 10개의 탐구과정 요소를 SAPA의 분류 기준에 준하여 기초과정과 통합과정 요소로 구분하였다.

4. 자료처리 및 분석

1) 과학개념 검사

과학개념 검사는 문항별 응답과 진술내용을 토대로 학생들의 응답을 Marek(1986)의 분류 방법에 따라 완전한 이해, 불완전한 이해, 틀린 이해, 무응답 등 4단계로 분류하여 분석하였다. 응답 유형은 완전한 이해의 목적 개념을 기술한 다음에 동일한 응답을 유

형별로 범주화 하여 각각의 빈도를 조사하였다. 무응답은 0점, 틀린이해 1점, 불완전한 이해 2점, 완전한 이해 3점으로 처리하였으며, 신뢰도를 높이기 위해 동료 연구자들과 현직 교사의 검토를 받아 채점하였다.

2) 탐구능력 검사

10개 탐구능력 별로 사전·사후 검사 향상 정도를 실험집단과 비교집단으로 비교하였다.

과학탐구 능력검사 총 30문항을 기초탐구 과정 15문항과 통합탐구 과정 15문항으로 나누어, 정답(1점)과 오답(0점)으로 구분하여 처리하였고, 두 집단의 기초탐구 과정의 향상을 구체적 조작능력의 발달로 통합 탐구과정의 향상을 형식적 조작능력의 발달로 분석하였다(최병순, 1988; 한종하, 1987).

3) 집단간 통계분석 방법

순환학습모형이 실험집단에 미치는 효과를 알아보기 위해 연구 목적에 따라 비교집단에는 교사주도적 수업을 실시하였다. 그러나 현실적 여건으로 인해 조작된 실험처치조건에 피험자들을 완전 무선 배치할 수 없어서 이미 형성되어 있는 집단 단위로 각 실험 처치조건에 무선 배치하였다. 무선 배치된 집단의 성격과 특성을 고려해 볼 때 여러 가지 특성에 있어서 집단이 서로 다를 수 있고, 만약 이러한 차이가 실제로 존재한다면 실험의 내적 타당성이 위협을 받게 될 수 있기 때문에, 연구자는 실험처치를 실시하기 전에 사전검사를 실시하여, 사전 검사를 공변인으로서 한 종속 변인 TCLASS(사전검사 점수를 표준점수로 환산한 것)를 측정한 다음, 사전 검사 점수를 공변인 측정치로 사용하여 공변량 분석(Analysis of Covariance)을 실시하려고 한다. 즉 실험집단과 비교집단의 사전검사를 공변인으로서 한 사후검사를 공변량 분석(ANCOVA) 통계처리 프로그램인 SPSSWIN을 이용하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 과학개념 검사결과 비교

순환학습집단과 교사주도적 학습집단의 과학개념 사후 검사 완전한 이해 비율을 그래프로 나타내면 그림 2와 같다. 완전한 이해 비율에서와 같이 10개 문항 중 3번을 제외한 9개의 문항에서 순환학습집단

의 완전한 이해에 해당하는 비율이 높게 나타나고 있다. 지식 이해 영역에 해당하는 3번 문항의 경우는 옹해 전과 후의 무게를 비교하는 개념 형성에 관한 것으로 두 집단 모두 80%에 가까운 완전한 이해를 보이고 있으므로 두 집단이 모두 효과적이라고 할 수 있다.

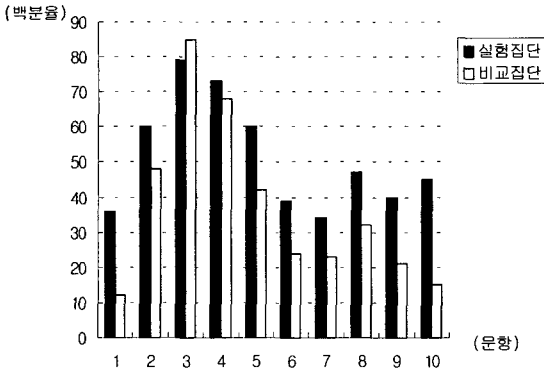


그림 2. 과학 개념 사후검사 완전한 이해 비율

불완전한 이해와 틀린 이해는 전문가와 비교했을 때 열등한 상태의 개념이라고 볼 수 있으며, 이들의 합을 오개념으로 분류하여 보면 완전한 이해의 경우와 반대로 완전한 이해 비율이 80%가 넘는 3번 문항을 제외한 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8번 문항에서 순환학습집단의 오개념 비율이 낮으며, 한편 9, 10번 문항의 경우는 비교학습 집단에서 무응답 비율이 높아서, 상대적으로 오개념의 비율이 순환학습집단에서 높게 나타난다. 문항의 근본적인 이해나 원인 파악 자체가 교사 주도적 학습집단에서는 잘 이루어지지 못했는데, 학생들이 능동적으로 탐구하는 자세가 형성되지 못하였음을 알 수 있다. 과학개념 검사결과는 사전검사에서 순환학습집단이 15.4점, 교사 주도적 학습집단이

16.7점이었고, 사후 검사에서 순환학습집단은 20.9점, 교사 주도적 학습집단은 17.6점으로 향상된 것으로 나타났다. 순환학습집단이 높은 향상을 보이는데, 표 2의 공변량 분석에서도, 과학개념 향상 정도는 순환 학습집단의 TCLASS의 값이 $f = 38.092$, $sig = .001$ 로써 통계적으로 유의미한 차이를 나타낸다. 즉 순환학습집단이 교사 주도적 학습집단에 비해 과학개념 향상에 효과적임을 알 수 있다.

이는 학생들이 능동적인 탐구 주체가 되어 인지적 갈등을 통한 체험활동을 중요시하는 순환학습 수업모형을 적용하는 것이, 과학 지식을 입증하거나 증명하는 확인 실험형태로 문제를 해결하는 일반적인 탐구 방법보다 과학적 개념 향상에 효과적이라는 남만희 (2001)의 의견과 일치한다. 대부분 초등학생들은 자신들이 직접 본 것과 행동한 것에 의존하여 생각하고 표현하므로, 실물을 가지고 많은 경험을 하도록 해 주는 과학 프로그램을 필요로 한다. 따라서 구체물을 통한 경험이 필요하지만 이런 경험만으로는 충분하지 않은 경우가 많다. 즉, 그 경험에 대해 생각해 보도록 하고, '생각을 말이나 상징으로 설명해 보도록 해야 한다'(앤C 하우 외, 1999)는 견해와 일치하는 '순환학습모형'은 구체적 경험을 통해 새로운 개념을 발명하고 이를 일상 생활에 적용해 볼 기회를 갖음으로써, 초등학생들의 능동적 개념형성에 매우 효과적이다.

2. 탐구능력검사 결과 비교

각 하위 변인 별로 향상 정도를 그림 3과 같이 나타내 보면 관찰, 분류, 측정, 추리, 자료변환, 자료해석, 가설설정, 일반화 등의 탐구능력에서 실험집단이 비교집단에 비해 많은 향상을 나타내는 것으로 나타

표 2. 과학 개념 검사 공변량 분석 결과

Source of Variation	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Signif of F
Main Effects	5621.644	2	2810.822	50.990	.001
TCLASS	2099.817	1	2099.817	38.092	.001
SCOMPRES (Covar)	4039.454	1	4039.454	73.278	.001
Explained	5621.644	2	2810.822	50.990	.001
Residual	7111.106	129	55.125		
Total	12732.750	131	97.197		

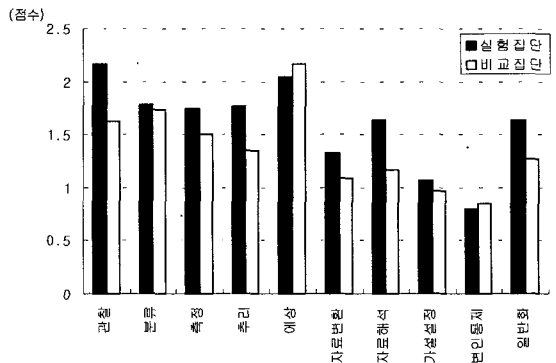


그림 3. 탐구 능력 사후 검사 점수

났다. 그러나 예상과 변인통제에서는 비교집단의 점수가 높게 나타났다. 예상의 경우는 두 집단 모두 3 문항 중 2문항 이상을 맞춘 유일한 영역이고, 변인통제의 경우 형식적 조작능력이 형성되지 못하여 두 집단 모두 가장 낮은 점수를 보이고 있다. 예상과 변인통제를 제외하고 8개 영역 중 가설 설정 능력이 가장 낮은데, 이는 한중하(1987) 등의 연구 결과에서 “가설 연역적 논리의 형성률이 다른 논리의 형성률에 비해 극히 저조하다.”고 밝힌 것과 일치한다.

과학탐구능력 기초과정 검사 결과, 사전 검사에서 순환학습집단은 8.8점, 교사주도적 학습집단은 8.1점이었고, 사후 검사에서 순환학습집단은 9.5점, 교사주도적 학습집단은 8.4점으로 향상을 나타내고 있다. 과학탐구능력 통합과정 검사 결과, 사전 검사에서 순환학습집단은 6.4점, 교사주도적 학습집단은 4.5점이었고, 사후 검사에서 순환학습집단은 6.5점, 교사주도적 학습집단은 5.4점으로 나타났다. 평균을 비교해보면 실험집단이 사전 사후 검사에서 높은 평균을 나타내고 있다. 현실적 여건으로 인해 조작된 실험처치 조건에 피험자들을 완전 무선 배치할 수 없어서 이미 형성되어 있는 집단 단위로 각 실험 처치 조건에 무선 배치하였기 때문이다. 그래서 이를 감안한 통계분석으로 공변량 분석을 하였다. 실험 처치하기 전에 사전 검사 점수로 TCLASS 값을 측정하여 공변량 분석한 결과는 다음과 같다.

기초 탐구과정을 살펴보면, 표 3에서 TCLASS의 값이 $f = 4.538$, $sig = .035$ 로써 통계적으로 유의미한 차이를 나타낸다. 즉 순환학습집단이 교사주도적 학습집단에 비해 기초 탐구 과정 향상에 효과적임을 알 수 있다. 이는 순환학습은 구체적 조작기에 인지 발달에 효과적이라는 보고와 일치한다(홍순경, 1990; Abraham & Renner, 1986). 통합 탐구과정을 살펴보면 표 4에서 TCLASS의 값이 $f = .408$, $sig = .524$ 로

표 3. 과학 탐구 능력 기초 과정 공변량 분석 결과

Source of Variation	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Signif of F
Main Effects	99.263(a)	2	49.632	7.846	.001
TCLASS	28.707	1	28.707	4.538	.035
KPRE1 (Covar)	57.778	1	57.778	9.134	.003
Intercept	540.585	1	540.585	85.462	.001
Residual	815.979	129	6.325		
Total	915.242	131			

표 4. 과학 탐구 능력 통합 과정 공변량 분석 결과

Source of Variation	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Signif of F
Main Effects	194.023(a)	2	97.012	18.241	.001
TCLASS	2.169	1	2.169	.408	.524
KPRE2 (Covar)	151.410	1	151.410	28.470	.001
Intercept	256.526	1	256.526	48.235	.001
Residual	686.060	129	5.318		
Total	880.083	131			

통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 이는 경험 귀납적 순환학습 모형이 형식적 조작 능력을 이끌어 낸다는 이론에 맞지는 않으나, ‘우리나라 중학생 인지 수준 측정 결과 형식적 조작기 3.4%, 과도기 28.5%, 구체적 조작기 68.1%로, 대부분의 중학생이 형식적 조작기에 도달하지 못하였다’는 정관숙(1994)의 연구에서도 볼 수 있듯이, 초등학교 5학년 학생에게 형식적 조작 능력을 요구하는 것은 힘든 일인 것으로 보인다.

위와 같이 5학년 교육 내용 중 ‘용액 만들기’, ‘결정 만들기’에 대하여 순환학습이 교사주도적 학습보다 과학개념 형성에 효과적이며 구체적 조작 능력을 향상시키는데 효과적임을 알 수 있었다.

IV. 결론 및 제언

1. 결론

순환학습이 초등학교 5학년 학생들의 인지 수준 발달에 미치는 효과를 알아보기 위해 실험집단과 비교집단에 각각 순환학습프로그램과 교사주도적학습을 적용하고 과학개념 검사와 탐구능력 검사를 실시하여 통계적 의미를 고찰하였다. 과학개념형성정도가 순환학습을 적용한 실험집단이 비교집단에 비해 유의미하게 높게 나타났으며 이는 인지수준발달에 따른 것으로 해석된다. 그러면 이 인지수준의 발달이 피아제의 인지발달단계의 향상을 가져왔는지 알아보기 위하여 탐구능력 검사를 실시하였다. 순환학습 모형을 적용한 수업이 교사주도적 학습모형을 적용한 수업보다 기초 탐구과정에서 평균값이 유의미하게 높았고, 통합 탐구과정에서 평균값은 순환학습집단이 높았으나 유의미한 차이를 나타내지는 않았다. 따라서 학생들의 능동적인 탐구활동을 증시하는 순환학습은, 구체적 조작기에 있는 대부분 5학년 학생들의 구체적 조

작 능력에 해당하는 인지 발달 향상에 효과적이거나 5학년 학생들의 형식적 조작 능력에 해당하는 탐구 능력에는 효과가 없었다. 따라서, 이번 연구를 통해 순환학습이 인지수준 발달과 더불어 구체적 조작 능력의 향상을 가져오는 것으로 보아 앞으로 형식적 조작 단계로 나아가는데 교사주도적 학습집단보다는 효과적이라는 사실을 알 수 있었다.

2. 제언

올바른 정보를 습득하고 필요한 지식을 찾아내는 능력과 개인이 가지고 있는 잘못된 지식을 수정 보완하는 능력의 육성이 절실하며, 이를 위해 초등학교들의 인지수준 발달이 적극적으로 이루어지도록 하는 노력이 필요하다. 구체적 조작 단계에 머물러서도 안 되며, 구체적 조작단계를 완성하여 형식적 조작이 가능하도록 하는 다양한 교육적 시도가 있어야 하겠다. 그 예로 순환학습 모형을 활용해 보았는데 탐구 단계에서 실험 활동이 잘 이루어 질 수 있도록 자율적인 실험환경 조성이 시급함을 절실히 느꼈다. 시간적·공간적 제약을 해결할 수 있는 방안의 모색과 순환 학습의 3단계가 순환적 반복적으로 이루어질 수 있는 지속적인 연구가 필요하다. 즉, 교재 내용에 따른 과학적 개념들이 연속될 수 있도록 교재 내용을 재구성하거나, 주제별 통합 운영하는 방안의 모색과 개념 적용 단계에서 학생들의 수준에 적절한 실험자료를 개발하는 노력이 절실히 요구된다. 또한 학생수에 적절한 실험실의 확보와 효과적인 교수 학습 전략을 추구해 나가는 꾸준한 노력이 있어야겠다.

참고문헌

- 강심원, 우종옥(1995). 인지양식에 따른 인지수준과 과학탐구 능력에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 15(4), 404-416.
- 권재술, 김범기(1994). 초중학생들을 위한 과학탐구능력 측정도구의 개발. 한국과학교육학회지, 14(3), 251-264.
- 권재술, 김범기, 우종옥, 정완호, 정진우, 최병순(1998). 과학교육론. 교육과학사.
- 남만희(2001). 순환학습모형 적용이 초등학생의 전기개념 변화에 미치는 효과. 부산교육대학교 석사학위논문.
- 앤C 하우, 린다 존스(1999). 자율성과 사고력을 키워주는 초등과학교육방법. 이화여자대학교 출판부.
- 정관숙(1994). 순환학습모형을 이용한 과학실험이 중학생들의 과학에 관련된 태도와 탐구능력의 신장에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 최병순(1988). 인지발달과 탐구학습. 화학교육, 15(1), 54-59.
- 한국교육과정평가원(2001). 제7차 교육과정에 따른 초등학교 과학과 성취수준과 평가기준 예시 평가도구 개발 연구.
- 한종하(1987). 과학적 사고력 신장을 위한 수업 전략. 한국교육개발원.
- 홍순경(1990). 밀도의 개념변화에 미치는 순환학습의 효과. 한국교원대학교 석사학위논문.
- Abraham, M. R. & Renner, J. W. (1986). The Sequence of Learning Cycle Activities in High School Chemistry. Journal of Research in Science Teaching, 23(2), 121-143.
- Kyle, W. C. (1980). The Distinction between Inquiry and Scientific Inquiry and Why High School Student Should be Cognizant of the Distinction. Journal of Research in Science Teaching, 17(2), 123-130.
- Marek, E. A. (1986). Understandings and misunderstandings of biology concepts. The American Biology Teacher, 48(1), 37-40.
- Piaget, J. (1963). The Origins of Intelligence in Children. N.Y.: The Norton Library, 6-46.