

중학교 과학 소화순환호흡배설 단위 수업 후 학생들의 시스템적 사고와 교사의 반성적 사고 분석

김 동 렬[†]
(대구교육대학교)

An Analysis of Students' Systemic Thinking and Teachers' Reflective Thinking after the Lesson of Digestion, Circulation, Respiration and Excretion of Middle School Science

Dong-Ryeul KIM[†]
(Daegu National University of Education)

Abstract

This study aims to analyze middle school students' systemic thinking to express organic relations between different organ systems about the movement of food and air and teachers' reflective thinking about science teaching through their reflective journals after the lesson of digestion, circulation, respiration and excretion. Firstly, when investigating the moving route of hamburger eaten inside the body, students expressed the names, locations and forms of organs in the digestive system more than those in the circulatory system or the excretory system. When investigating the moving route of a painkiller taken inside the body, students seemed to have more difficulty in expressing the related organ systems than when investigating the moving route of other things, and they mostly drew pictures of organs in the digestive system as done for the moving route of hamburger. However, when investigating the moving route of water drunk inside the body, students mostly described organs in the digestive system but drew more pictures of organs in the excretory system, than when investigating the moving route of other things. When investigating the moving route of air inhaled inside the body, students mostly drew pictures of organs in the respiratory system, but the rate of their drawing pictures of circulatory organs was low. Secondly, this study analyzed one of the teachers' reflective journals, named Mr. Park. According to his journal, students showed different levels of understanding of organ names, depending on their degrees of familiarity with each organ, and in regard to the locations of organs, science teachers mostly aim to achieve learning objectives so much that they often forget to instruct the locations of organs in fact. As for the forms of organs, science teachers mostly spend so much time explaining the functions of organs that they often forget to describe the exact form of each organ.

Key words : Systemic thinking, Organ systems, Reflective thinking, Reflective journals

I. 서론

과학 교과과정은 관찰하기, 분류하기, 측정하기, 가설설정, 그리고 실험하기와 같은 학생들의

[†] Corresponding author : 053-620-1347, drkim227@dnue.ac.kr

* 본 연구는 2013학년도 대구교육대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

과학탐구기능들을 향상시키는데 주로 목표를 두고 있으며 과학에 대한 긍정적 태도와 함께 과학적 소양을 기르는데 중점을 두고 있다(Ormanci & Oren, 2011). 이런 맥락에서 과학 교과과정을 통해 학생들은 자신이 획득한 지식을 사용하여 직면한 문제를 해결하고 비판적으로 생각하고, 과학 현상을 탐구하고 자신의 환경을 이해하고자 한다.

Gunes and Gunes(2005)에 의하면 한 개인이 자기 자신과 자신의 환경을 이해하기 위해서는 모든 생물과 생물들의 환경을 통합적으로 살펴보는 생물학적 주제들에 관하여 배울 필요가 있다. 특히, ‘우리 몸의 구조’ 단원은 개인들이 자기 자신에 대해 배우는데 도움을 주는 핵심적인 생물학 주제들 중의 하나이다. Demirci-Guler(2008)는 과학 교과과정 중 가장 중요한 단원중 하나는 인간의 삶과 밀접한 관련이 있는 우리 몸의 구조 단원이며 교사들과 학생들이 과학교육과정의 한 단원으로서 우리 몸 안의 계통들에 관한 지식을 가지는 것은 중요하다고 보았다.

Reiss and Tunnicliffe(2001)는 학생들의 인체의 내부 구조 이해 수준은 연령 수준에 비례하여 높아진다는 것을 확인하였고, Cerrah-Ozsevgec(2007)는 초등학교 6학년과 8학년 학생들에게 인체 내의 여러 기관들에 대한 그림을 그려보라고 했을 때 대체적으로 인체에 대한 경험이 많은 학생들이 정확하게 묘사하였다고 하였다. 한편 Cavalho and Clement(2007)은 학생들(9/10학년)은 혈액을 운반 계통으로서의 역할로 이해하는데 어려움을 겪고 있음을 확인했고, 심지어 Clement(2003)는 대학생들도 순환계통의 역할을 설명하는데 어려움을 겪는다고 하였다. Rowlands(2004)가 10세 영국 학생들을 대상으로 한 연구에서는 먹을 때 음식에 어떤 일이 일어나는지 설명하라고 했을 때, 음식의 화학적 변화에 대해 이해가 부족하였으며 교사로부터 도움을 받은 후에야 학생들은 음식물의 소화를 이해하게 되었다고 하였다. Kim(2011)은 스토리텔링수업을 통해 중학생들의 인체구조 이해도를 조사하였는데, 중학생들은 인체구조에

대해 매우 낮은 수준의 이해도를 보이고 있다고 하였다. 이와 함께 인체구조 이해도에 관한 여러 선행연구들에서는 공통적으로 학생들은 호흡계, 골격계, 배설계, 순환계를 통합적으로 접근하는데 어려움이 있음을 밝히고 있다(Mathai & Ramadas, 2009; Martinez-Losada & Garrido, 2011; Tunnicliffe, 2004).

한편, 교과서의 인체기관에 대한 시각적 설명은 학생들에게는 복잡하고 혼란스러운 것으로 알려져 왔다(Cavalho *et al.*, 2004). 우리나라 중학교 생물교과의 학습 내용들은 인체의 구조와 특성에 관한 내용이 대부분을 차지하고 있다(Kim, 2011). 그러나 인체를 구성하는 각 기관계의 기능과 특성을 독립적으로 학습하고 있는 경우가 대부분이고 서로 연계된 이해를 하기에는 학습 방법 측면이나 학습자료 측면에서 역부족이며, 이로 인해 생물교과를 이수한 학생들조차도 인체를 구성하는 각 기관의 기능을 제대로 설명하지 못하는 경우가 많다(Kim, 2011).

과학 교육과정 중학교 2학년 소화, 순환, 호흡, 배설 단원은 생명활동에 필요한 에너지 공급과 관련된 각 기관의 유기적 관련성을 통합적으로 다룬다. 즉, 동물이 섭취한 음식물은 소화기관을 지나가면서 크기가 작은 영양소로 분해되어 흡수되고 흡수된 영양소는 혈액을 통해 온몸을 순환하여 신체 각 부분의 세포로 이동함을 유기적으로 이해시키고자 한다. 영양소는 세포에서 산소를 사용하여 에너지를 생성함으로써 생명 활동에 필요한 에너지를 공급함을 이해하게 하고, 그 과정에서 만들어진 노폐물은 배설기관을 통해 몸 밖으로 나오게 됨을 통합적으로 이해 할 수 있는 기회를 제공하도록 하고 있다(MOEST, 2008, 2011). 그러나 학생들에게 제공되는 대부분의 학습 자료들은 각기 다른 기관들을 이어주는 연결고리에 관해 설명 해주는 것이 부족하고 소화계통과 순환계통사이의 연결고리가 가장 일반적으로 설명되어진다. 더욱이 배설계통과의 연결고리는 거의 설명되어지지 않고 있다(Carvalho &

Clement, 2007).

최근 수십 년간 시스템 사고(system thinking)에 대해 보고하는 연구 수는 증가하고 있다(Boersma, Waarlo & Klaassen, 2011). 시스템 사고는 의사결정과 문제해결에 중요한 도구로 간주된다(Hogan, 2000). Ben-Zvi Assaraf and Orpaz(2010)는 전체 시스템을 이해하기 위해서는 부분에 대한 별개의 이해만으로는 충분하지 않고 오히려, 시스템이 단순히 부분을 넘어서는 특성을 지니며 그 자체로 하나의 독립체인 것으로 보는 전체론적인 시각을 가져야 한다고 주장하였다.

시스템은 동일하거나 다른 카테고리의 구성요소(component)나 부분적 시스템(partial system)으로 이루어져 있으며, 시스템은 고유의 정체성을 지닐 뿐 아니라, 시스템의 구성요소(또는 부분적 시스템)는 서로 상호작용한다. 생물학에서 시스템 사고란 생물 탐구 대상의 다양한 구성요소와 관련된 개념들에 대해서 상호작용과 순환적 피드백 관계를 고려하여 그 대상을 시스템으로 인식하고 그 특성을 파악하는 사고라고 할 수 있다(Kwon *et al.*, 2011). 이에 시스템 사고의 기회를 제공하는 생물학습은 학생들이 학습 내용을 종합적으로 이해하도록 도움으로써 마치 흩어진 퍼즐 조각을 하나씩 맞추어 가는듯한 재미와 성취감을 제공할 수 있는 효과적인 교수학습이다(Kwon *et al.*, 2011). 이런 시스템적 맥락에서 인체 내의 각기 다른 기관계들 사이의 연결들에 대한 이해도를 분석하는 것은 생물교육에 중요한 의미를 지닌다.

한편, 다른 영역의 교수와 마찬가지로 과학교수에서도 직면한 환경과 대결하면서 문제해결을 위해 사고하고 탐구해 가면서 경험을 재구성해 갈 수 있는 반성적 사고 적용경험이 필수적이며 이를 통한 과학교사로서의 자질 함양이 강조되고 있다(Ahn, 2002). 과학교사에게 있어 반성적 사고는 과학수업 상황에서 자신의 기존 지식이나 신념 그리고 실천 행위와 모순되는 갈등 요소를 해소하기 위한 사고과정이다(Cha, Choi & Noh, 2009). 반성적 사고를 위해 학습과정을 기록하고 정보를 수집하는 체계적인 방법인 반성저널은 현

직 및 예비교사에게 반성적 사고의 경험을 제공함으로써 여러 교육적 논점에 대한 교사 자신의 생각을 정리하는데 도움을 줄 수 있다(Cha, Choi & Noh, 2009). 교사들이 저널쓰기를 통하여 자신이 무엇을 알고 있는지 자신이 무엇을 느끼는지 자신이 무엇을 하고 있는지 그리고 왜 하는지의 이유를 알 수 있도록 하기 때문에 교수행위에 대한 반성적 사고 증진에 필수적인 조건이 된다(Ahn, 2002).

본 연구에서는 중학생들의 우리 몸 안의 구조들에 관한 시스템적 사고 수준을 조사하는 것을 목적으로 하였다. 또한 과학교사의 소화, 순환, 호흡, 배설 단원 수업의 반성적 저널쓰기를 통해 학생들의 시스템적 사고에 미치는 영향들에 대한 반성적 사고를 질적으로 파악하고자 하였다.

본 연구의 목적 하에 설정된 구체적인 연구 내용은 다음과 같다.

1) 소화, 순환, 호흡, 배설 단원의 수업을 받은 중학생들은 햄버거, 물, 진통제를 먹거나 공기를 들이마셨을 때, 우리 몸에서의 이동 경로를 어떻게 이해하고 있으며 시스템적 사고 수준은 어떠한지 알아본다.

2) 중학생들의 인체 구조 이해와 시스템적 사고 수준 분석 결과에 대한 수업 교사의 생각과 수업 개선에 대한 반성적 사고는 어떠한지 알아본다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 광역시 소재의 여자중학교 2학년 143명을 연구 대상으로 하였다. 소화, 순환, 호흡, 배설 단원이 중학교 2학년 교육과정에 배치되어 있고 이들은 소화, 순환, 호흡, 배설 단원을 8주 동안 연속적으로 학습을 받은 학생들이므로 시스템적인 사고를 조사하는데 적합하다고 판단되었다. 수업교사의 반성적 저널쓰기를 통해 교사의 반성적 사고를 분석하기 위해, 소화, 순환, 호흡, 배설 단원의 수업교사인 교사경력 11차의 박교사

를 선정하였다. 박교사는 2학년 과학을 전담하고 있으며, 생물1급 정교사와 환경2급 정교사 자격증을 가지고 있고 현재 지역교육청 과학영재담당 교사로 활동하고 있다.

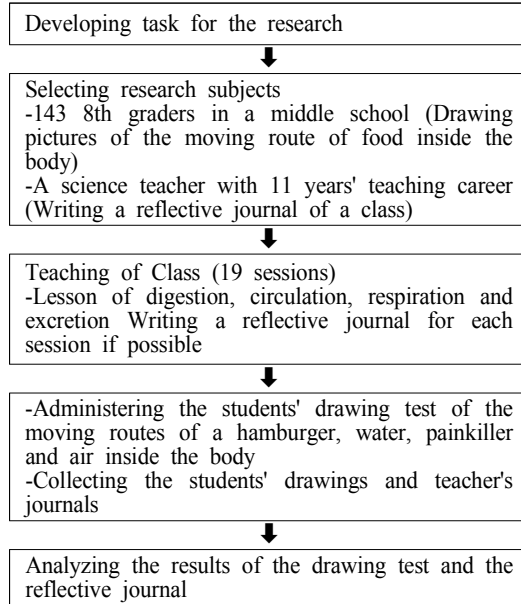
2. 연구 절차

본 연구의 목적은 소화, 순환, 호흡, 배설계의 기관들의 위치, 이름, 기관들이 서로 어떻게 연결되어 있는지 시스템적 관계에 대한 중학생들의 이해도를 알아보는 것이므로 이에 대한 검사지를 개발하였다. 검사문항은 햄버거, 물, 진통제, 공기가 우리 몸에서 어떻게 이동하는지 이동 경로를 그려보는 것으로 하였다. 소화, 순환, 호흡, 배설단원은 중학교 2학년에서 다루어지므로 중학교 2학년 학생을 선정하였고, 중학교 2학년 과학 전담교사에게 연구의 의도를 설명하고 학생 검사와 함께 교사 자신의 수업에 대한 반성적 저널쓰기에 대해 오리엔테이션을 하였다. 수업은 연구의 목적에 구애받지 않고 계획된 형태로 수업을 진행하도록 하였으며 가능한 매 교시마다 반성적 저널을 작성하도록 요청하였다. 19차시 수업 종료 후 수업교사의 진행에 의해 그리기 검사가 진행되었고 수업교사의 반성적 저널과 함께 취합 후 각각의 분석기준에 따라 분석하였다. 분석은 과학교육전문가 1인과 중학교 과학교사 1인에 의해 진행되었다(Fig. 1).

반성적 저널쓰기는 4단계를 통해 진행되었다 (Table 1).

우선 과학 교수학습 계획안을 작성하도록 하였는데 어떠한 수업내용으로 어떠한 방법으로 교수를 할 것인지에 대한 내용이 주가 되었다. 이어 연구자의 주도하에 반성적 저널쓰기의 의의와 선행연구를 중심으로 대표적인 과학 반성적 저널쓰기 사례를 제시하여 반성적 저널쓰기의 방향을 설명하였다. 이어서 교사는 매 차시마다 반성적 저널을 쓰기로 하였으나 차시별 주제가 서로 밀접한 관련이 있는 경우 2차시에 한 번씩 저널을 쓰도록

하였다. 1차시와 2차시 반성적 저널에 대해서는 피드백을 하였다. 피드백은 교사가 저널쓰기 과정에서 생기는 의문점이나 문제점들에 대한 연구자들과의 상호토의, 아이디어 제공 등으로 이루어졌으며, 교사가 작성한 반성저널은 총 11개였다.



[Fig. 1] Research Procedure

<Table 1> A Process of Writing a Reflective Journal

STEP	contents
1. Making a science teaching and learning plan	Teaching methods and interactive strategies for teachers Effective scientific activities
2. Orientation for the writing of a reflective journal	Introducing the significance of writing a journal, its effect on actual science teaching and typical cases of writing journals
3. Writing a reflective journal	Recommended to write a journal for each session, but a journal should be written for each topic, regardless of the quantity: Reaction-Expansion-Results
4. Providing feedback about a reflective journal	Functioning to expand teachers' ideas by supporting or asking questions about their ideas in their journals through feedback Discussing teachers' questions or problems about writing a journal

3. 소화순환호흡배설 단원의 수업 내용

박교사는 과학교과에서의 수업모형을 적용하기 보다는 본인이 원하는 수업방식에 따라 자유롭게 수업을 진행하였다. 전체적으로 수업의 초반부에서는 학습목표와 교과서의 전체적인 구성 내용을 학생들에게 소개하고 판서와 PPT 이미지 자료를 소개하면서 강의식 수업을 진행하였다. 실험이 있는 차시에서는 과학실에 가서 4-5명씩 조편성을 하고 실험 목표를 제시한 후 실험을 실시하고 실험보고서를 작성하도록 하였다. 실험보고서 내

용은 준비물, 실험과정, 결과, 토의로 구성되어 있었으며 실험 종료 5분 전에는 실험 결과를 칠판에 모둠별 대표가 나와서 적고 결과를 서로 비교해 보는 시간을 가졌다. 개별탐구와 조별탐구의 경우에는 주로 간단히 활동지(예: 종이를 활용한 심장모형을 만들거나 혈액의 순환이나 오줌의 생성과정을 그림으로 정리)를 배부하여 하였다. 18차시에서는 기관계의 통합적 연결을 위해 소화, 순환, 호흡, 배설 관계 짓기 활동지를 배부하여 음식을 먹었을 때 이동경로를 서로 연결하도

<Table 2> Contents of Mr. Park's Class

Session	Unit Name	Learning Contents	Teaching Method
1	1. Digestion and Absorption 1) Kinds and Functions of Nutrients	Three major nutrients and minor nutrients	Lecture
2	1) Kinds and Functions of Nutrients	[Experiment] Detecting nutrients	Experiment
3	2) We Need Digestion.	Reasons for digestion	Lecture
4	3) Nutrients and Digestion	Digestive process inside the mouth, small intestine and large intestine	Lecture
5	4) Absorption and Movement of Nutrients	Digestive processes in the stomach, Process between digestion and absorption	Lecture
6	2. Circulation 1) Composition of Blood	Components of blood Features and function of blood cells	Lecture
7	1) Composition of Blood	[Experiment] Observing blood cells	Experiment
8	2) Kinds and Features of Blood Vessels	Understanding kinds and features of blood vessels	Lecture
9	3) Structure and Functions of the Heart	Understanding the structure of the heart	Lecture
10	3) Structure and Functions of the Heart	[Quest] Making a model of the heart	Individual Quest
11	3) Circulation of Blood	Systemic circulation and pulmonary circulation [Drawing] Circulatory process inside the entire body	Lecture & individual quest
12	3. Respiration 1) Respiratory Organs and Movement	[Quest] Principles of the respiratory movement (a model of the lung)	Group quest
13	1) Respiratory Organs and Movement	Structure and functions of respiratory organs	Lecture
14	2) Gas Exchange	External respiration and internal respiration	Lecture
15	3) Cellular Respiration	Process of obtaining energy needed for life	Lecture
16	4. Excretion 1) Structure and Functions of Excretory Organs	Meaning of excretion Structures of excretory organs and the process of creating urine	Lecture
17	2) Creation of Urine	[Comparative picture] A factory producing urine	Individual quest
18	5. Cooperation of Different Organ Systems 1) Organic Relations among Digestion, Circulation, Respiration and Excretion	[Quest] Building relations among digestion, circulation, respiration and excretion	Individual quest & lecture
19	2) Organic Composition of Our Body	Organ systems inside our body (digestive system, circulatory system, respiratory system, excretory system, immune system and lymphatic system, endocrine system, nervous system, integumentary system, skeletal system, muscular system, and reproductive system)	Lecture & discussion

록 하였다. 또한 학생들에게 각 기관계별로 연결할 수 있는 부분을 그려보도록 하였다. 19차시에서는 11개의 기관계를 PPT로 제시하여 우리 몸의 기관계를 설명하고 관계성을 언어로 설명하였다(Table 2).

4. 검사 도구 및 분석 내용

가. 인체기관의 시스템적 사고 수준 분석 도구
그리기는 학습자들의 이전 경험들이나 그들이 어떤 한 과목에 대해 무엇을 배웠는지를 알아내는 방법이다(Korkmaz, 2004). 그리기 방법은 학생들에게 어떠한 제약도 주지 않은 채 학생들의 이전 지식이나 잘못된 인식을 밝혀내는 것을 가능케 하고 자신의 지식을 다른 방법들에 비해 더

자유로운 환경에서 표현하는 기회를 제공해준다(Ormanci & Oren, 2011).

본 연구에서 Enochson and Redfors(2012)의 빵을 먹을 때, 물을 마실 때, 진통제를 삼킬 때 우리 몸에서 이들의 이동 경로는 어떠한지에 대한 학생들이 가지고 있는 개념들과 그들의 개념들에 의해 발생된 관련 문제에 대한 설명들 사이에서의 수평적 이동을 찾고자 한 그리기 검사 도구를 일부 수정하여 활용하였다. Enochson and Redfors (2012)는 빵을 제시하였으나 본 연구에서는 3대 영양소를 고루 고려하여 햄버거로 수정하여 제시하였고 호흡계와 다른 기관계와의 통합적 연결을 위해 공기를 들이마셨을 때를 검사 문항에 추가하였다.

<Table 3> Evaluation Criteria for the Understanding of Digestive, Circulatory, Respiratory and Excretory Systems(Draw-A-Human Body System Test)

	Level 1 Insufficient Capability	Level 2 Limited Capability	Level 3 Sufficient Capability	Level 4 Complete Capability
Names of Organ	Able to name and draw one organ	Able to name and draw two to three organs	Able to name and draw four to five organs	Able to name and draw over six organs
Locations of Organs	Able to locate one organ exactly	Able to locate two to three organs exactly	Able to locate four to five organs exactly	Able to locate over six organs exactly
Forms of Organs	Able to draw one organ exactly	Able to draw two to three organ exactly	Able to draw four to five organ exactly	Able to draw over six organ exactly
Digestive organs: mouth, salivary glands, esophagus, stomach, small intestine (duodenum, jejunum, ileum), large intestine, appendix, pancreas, liver, gall bladder, anus				
Circulatory organs: heart (right atrium, right ventricle, left atrium, left ventricle, semilunar valve, viscupid valve, tricuspid valve), vessels (aorta, pulmonary artery, pulmonary vein, vena cava, capillary, renal artery, renal vein)				
Respiratory organs: nose, pharynx, larynx, lung, bronchus, bronchial tube, bronchiole, alveoli, diaphragm				
Excretory organs: kidney (pelvis, nephron, glomerulus, Bowman's capsule, renal tubule, collecting tube), ureter, bladder, urethra, sweat glands				

시스템적 사고는 4가지 영역으로 분석하였다. 기관의 위치, 기관의 이름, 기관의 모양을 Ormanci and Oren(2011)이 개발한 DADST(Draw-A-Digestive System Test)를 수정하여 4수준으로 분석(완전한 수행능력(4수준), 충분한 수행능력(3수준), 제한된 수행능력(2수준), 불충분한 수행능력(1수준))하였고(Table 3), 소화, 순환, 호흡, 배설계의 시스템적 사고를 기관계들간의 연결정도를 알아보기 위하여 각 물질들에 대해 각각 구분하여 그렸는지,

한 가지 기관계만 그렸는지, 2~4개의 기관계를 연결하였는지 알아보았다(Table 4).

연구 대상에 포함되지 않은 5명의 학생들을 대상으로 예비 테스트를 통해 검사지 언어 표현, 여백 및 분석 기준들을 검토하였고, 최종 중학교 과학교사 3인이 검토하여 문장과 사람 이미지 일부에 수정이 이루어졌다.

중학생들의 인체기관의 시스템적 사고 분석 도구의 답안을 작성하는데 30분이 소요되었으며 검

사결과들은 빈도 분석하였다. 자료 분석과정의 타당도를 높이고 객관적인 해석이 이루어질 수 있도록 과학교육전문가와 과학교사 1명이 각자 분석을 한 후 분석 결과를 서로 비교하여 일치하지 않는 부분은 협의를 통해 일관된 결과만을 최종 분석 대상으로 하였다.

<Table 4> Evaluation Criteria for the Systemic Thinking about the Movement of Food and Air inside the Body

		Level 1 Unable to distinguish	Level 2 Able to mark one organ system	Level 3 Able to make an organic connection between 2 organ systems	Level 4 Able to make an organic connection between 3 organ systems
Conne ction of Organs	Hamburger	·	1 out of the digestive, circulatory and excretory systems	2 out of the digestive, circulatory and excretory systems	3 out of the digestive, circulatory and excretory systems
	Painkiller	·	1 out of the digestive, circulatory and excretory systems	2 out of the digestive, circulatory and excretory systems	3 out of the digestive, circulatory and excretory systems
	Water	·	1 out of the digestive, circulatory and excretory systems	2 out of the digestive, circulatory and excretory systems	3 out of the digestive, circulatory and excretory systems
	Air	·	1 out of the respiratory and circulatory systems	2 out of the respiratory and circulatory systems	

* When a student can exactly express the name, location and form of over one organ in each organ system, it is acknowledged that he or she has expressed the relation with the organ system.

나. 반성적 저널쓰기 내용 및 분석 과정

Dewey(1933)는 반성적 사고 단계를 첫째, 특정 상황에 대하여 의문 가지기, 둘째 그에 대한 가설 세우기, 셋째 해결책 찾기의 3단계를 제안하였고 Surbeck(1991)은 Dewey의 반성적 사고의 단계를 기초로 저널을 쓰는 순서를 제시하였는데 그 순서는 반응-확장-결과이다. 본 연구에서는 Surbeck(1991)의 반성적 사고 과정에 따라 교사가 반성적 저널을 작성하도록 유도하였다.

먼저 ‘반응’ 단계에서는 교사가 자신이 수업을 통해 경험한 것이나 문제로 삼은 상황에 대해 있는 그대로 기술하고, ‘확장’ 단계에서는 기술한 내용에 대해 학생들이 그렇게 행동한 이유와 교사의 생각, 그리고 교사와 학생들의 상황을 서로 비교하기, 예를 제시하기, 이론(원리)적으로 설명하기 등과 같은 과정을 통해서 자신의 반응을 확대시킨다. ‘결과’ 단계에서는 이러한 문제들에 대해 그 원인을 다양한 각도로 분석하고 그 문제를

해결하기 위한 방안과 앞으로 같은 문제들이 반복된다면 어떻게 하겠는가를 생각해 보는 것이다.

반성적 사고를 평가하기 위한 도구는 교사의 반성적 저널이었으며 이를 위해 과학교수에 대한 반성적 사고를 차시별 노트에 기록한 자료를 수집하였다. 교사의 저널쓰기를 전사하여 전사본을 만들었고 과학교육전문가와 과학교사 1인이 저널을 읽으면서 기관의 위치, 기관의 이름, 기관의 모양, 기관의 연결성의 범주에 따라 관련된 내용을 추출하여 분류하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 음식물 및 공기의 이동 경로에 대한 분석

<Table 5>는 햄버거를 먹었을 때 우리 몸에서

이동경로를 중학생들이 그린 그림을 기관의 이 과이다.
름, 기관의 위치, 기관의 모양에 따라 분석한 결

<Table 5> Images of the Moving Route of Hamburger Eaten inside the Body Unit: n(%)

	Organ System	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Sum
Names of Organs	Digestive	27(18.9)	36(25.2)	45(31.5)	35(24.5)	140(97.9)
	Circulatory	25(17.5)	20(14.0)	2(1.4)	1(0.7)	48(33.6)
	Excretory	6(4.2)	10(7.0)	0(0.0)	0(0.0)	16(11.2)
Locations of Organs	Digestive	38(26.6)	48(33.6)	37(25.9)	17(11.9)	140(97.9)
	Circulatory	30(21.0)	15(10.5)	3(2.1)	0(0.0)	48(33.6)
	Excretory	9(6.3)	7(4.9)	0(0.0)	0(0.0)	16(11.2)
Forms of Organs	Digestive	37(25.9)	47(32.9)	37(25.9)	19(13.3)	140(97.9)
	Circulatory	33(23.1)	15(10.5)	0(0.0)	0(0.0)	48(33.6)
	Excretory	6(4.2)	10(7.0)	0(0.0)	0(0.0)	16(11.2)

햄버거를 먹었을 때 우리 몸에서의 이동경로는, 기관의 이름, 기관의 위치, 기관의 모양을 소화계와 관련해서는 4수준 학생이 각각 35명(24.5%), 17명(11.9%), 19명(13.3%)으로 순환계나 배설계보다 훨씬 많았다. 이는 학생들은 순환계나 배설계보다 소화계에 대해 더 많은 지식을 지니고 있다는 것을 의미하며 이는 몇몇 선행 연구들(Osborne *et al.*, 1994; Reiss *et al.*, 2002; Rowlands, 2004; Teixeira, 2000)의 결과와 비슷하다. 물론 이러한 결과는 순환계나 배설계를 4수

준까지 그리기 위해서는 세부구조까지 알아야 한다는 제한점이 있다. 이에 4수준 순환계와 배설계를 그린 학생은 거의 없는 것으로 분석되었다.

기관의 이름은 학습을 통해 습득한 결과로 보인다. 그러나 기관의 위치나 모양을 정확하게 그린 학생이 기관의 이름을 정확하게 표시한 수준보다 낮은 빈도를 보였다. 이는 수업 시간에 기관의 위치와 모양을 알아보기 보다는 기관의 이름이나 기능을 중심으로 학습한 결과로 판단된다.

<Table 6> Results of Analyzing the Systemic Thinking about the Moving Route of Hamburger

Unit: n(%)

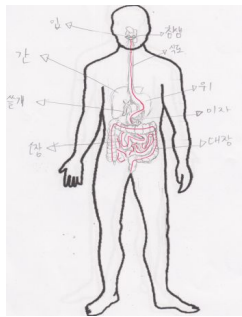
	Level 1: Unable to distinguish	Level 2: Able to draw the digestive system only	Level 3: Able to connect the digestive system to the circulatory system	Level 4: Able to connect the digestive, circulatory and excretory systems to each other	Sum
Connection of Organs	3(2.1)	76(53.1)	48(33.6)	16(11.2)	143(100)

<Table 6>은 햄버거를 먹었을 때 기관계들의 유기적 연결정도를 나타낸 시스템적 사고를 분석한 결과이다. 햄버거를 먹었을 때 이동경로를 소화순환배설계까지 연결한 학생은 16명(11.2%)이었으나, 대부분의 학생들이 소화계만 그린 것을 확인할 수 있었다. [Fig. 2]는 소화계만 그린 경우로 소화계의 기관 이름, 기관 위치, 기관 모양이

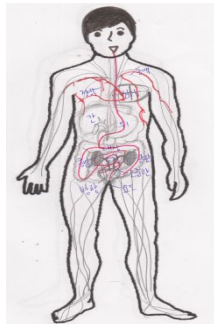
4수준에 해당되는 예이며, [Fig. 3]은 소화, 순환, 배설계를 모두 그려 세 가지 기관계의 유기적 관계를 표현한 학생의 그림이다.

시스템 사고의 중요한 측면은 시스템의 중요한 요소를 식별하고 이 요소들 사이의 다양한 상호 의존성을 인지하는 능력이다. 햄버거를 먹었을 때 소화, 순환, 배설계까지 연결하기 위해서는 세

포호흡에 관해 정확히 이해하고 있어야 한다. 즉, 세포 호흡을 하기 위해서는 소화계, 순환계, 호흡계, 배설계의 협동이 필요하다. 소화계는 음식물을 몸 안으로 흡수할 수 있는 저분자 영양소로 분해하며, 호흡계는 산소를 체내로 공급한다. 이렇게 몸 안으로 들어온 영양소와 산소는 순환계를 통해 온몸에 있는 세포로 운반되고 세포에서는 영양소와 산소를 이용하여 에너지를 생산하는데 이 과정에서 노폐물이 만들어지며, 노폐물을 몸 밖으로 내보내는 일을 배설계에서 담당한다 (Park *et al.*, 2012).



[Fig. 2] A Picture of the Digestive System Level 4 about the Moving Route of Hamburger



[Fig. 3] A Picture of the Systemic Thinking Level 4 about the Moving Route of Hamburger

진통제와 관련해서는 교과서에서 다루어지지 않은 관계로 학생들은 우리 몸에서 이동경로를 표시하는 것에 대해 다른 물질들보다 어려움을

겪는 것으로 나타났다. 소화계와 관련해서는 다른 물질들과 마찬가지로 기관 이름, 기관 위치, 기관들의 모양들 정확히 그린 학생들이 순화계나 배설계보다는 수준이 높았다. 특히 진통제의 이동경로에서는 다른 음식을 먹을 때와 달리 ‘간’을 많이 그렸다. 순환계나 배설계의 경우 4수준까지 도달하기 위해서는 기관들의 세부구조를 언급해야하기 때문에 중학교 수준에서는 어려움이 있는 것으로 나타났다(Table 7).

진통제를 먹었을 때 소화계와 순환계, 배설계와 연결할 수 있을 것으로 생각되었으나 단 8명만이 배설계를 그린 것을 확인할 수 있었다(Table 8).

햄버거를 먹었을 때와 마찬가지로 대다수의 학생들(138명(96.5%))의 소화계 수준에 이동경로는 표시하였으며 순환계는 표시하더라도 기관의 이름이나 위치의 1~2수준에서 표시하는 것이 대부분을 차지하였다. 진통제가 입, 식도로 그리고 이어 위로 간다는 생각을 하고 있었지만 순환계를 언급한 학생은 36명(25.2%)이었다. 즉, 중학생들은 소화순환호흡배설에 대해 통합적 관계까지 수업을 받았음에도 불구하고 기관계들의 유기적인 관계를 표현하는데 어려움을 느끼는 것으로 나타났다.

[Fig. 4]는 4수준에서 진통제를 먹었을 때 소화, 순환, 배설계의 연결을 표현한 그림의 예이며, [Fig. 5]는 가장 많은 유형인 소화계만 그린 예이다.

물을 마셨을 때는 다른 음식물과 달리 배설기관이 두드러지게 많이 표현하였다(Table 9). 이는 오줌의 대부분이 물이라는 평소 경험에서 나온 결과로 사료된다. 또한 교과서나 수업시간에도 물이 오줌의 대부분을 차지한다는 것을 학습하여 많은 학생들이 배설계를 많이 표현한 것으로 판단된다. 그러나 일부 학생들은 콩팥을 포함시키지 않은 학생도 있었다. 배설의 4수준 정도는 미세수준의 요소들에 해당되므로 그림에서 세심하게 그리지는 못하였다. 그러나 교과서에는 네프

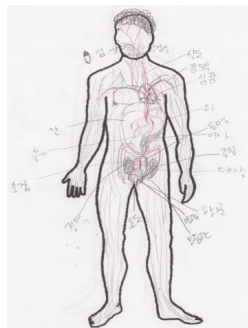
론의 자세한 구조와 혈관들이 표현되어 있으며 였지만 학생들은 자세하게 표현하기에는 어려움
수업시간에도 이와 관련된 학습이 이루어진 상태 을 겪는 것으로 나타났다.

<Table 7> Images of the Moving Route of a Painkiller Taken inside the Body Unit: n(%)

Organ System		Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Sum
Names of Organs	Digestive	34(23.8)	56(39.2)	34(23.8)	14(9.8)	138(96.5)
	Circulatory	25(17.5)	10(7.0)	1(0.7)	0(0.0)	36(25.2)
	Excretory	3(2.1)	5(3.5)	0(0.0)	0(0.0)	8(5.6)
Locations of Organs	Digestive	40(28.0)	50(35.0)	37(25.9)	11(7.7)	138(96.5)
	Circulatory	25(17.5)	9(6.3)	2(1.4)	0(0.0)	36(25.2)
	Excretory	4(2.8)	4(2.8)	0(0.0)	0(0.0)	8(5.6)
Forms of Organs	Digestive	44(30.8)	47(32.9)	37(25.9)	10(7.0)	138(96.5)
	Circulatory	29(20.3)	7(4.9)	0(0.0)	0(0.0)	36(25.2)
	Excretory	4(2.8)	4(2.8)	0(0.0)	0(0.0)	8(5.6)

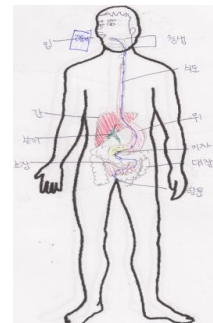
<Table 8> Results of Analyzing the Systemic Thinking about the Moving Route of a Painkiller Unit: n(%)

	Level 1: Unable to distinguish	Level 2: Able to draw the digestive system only	Level 3: Able to connect the digestive system to the circulatory system	Level 4: Able to connect the digestive, circulatory and excretory systems to each other	Sum
Connection of Organs	5(3.5)	94(65.7)	36(25.2)	8(5.6)	143(100)



[Fig. 4] A Picture of the Systemic Thinking Level 4 about the Moving Route of a Painkiller

물을 마셨을 때 일단 소화기관들을 거치는 그림이 교과서에 표현이 되어 있어 학생들은 소화계를 기본적으로 많은 학생들이 그렸고 또한 오줌이 생성되는 과정 학습을 통해 배설계를 표현하였으나 소화계에서 배설계까지 가는 과정 즉



[Fig. 5] A Picture of the Digestive System about the Moving Route of a Painkiller

유기적 연결을 표현하기는 어려워하는 것으로 나타났다. 즉, 소화계와 배설계를 연결하기 위해서는 순환계를 표시하는 것이 필수적이나 순환계 표현을 못한 학생들이 많아 소화계와 배설계간의 연결이 매끄럽지 못한 그림들이 많았다. 학생들

대부분은 입에서 콩팥으로 직접 연결된 한 개의 관을 그렸다. 따라서 3수준인 소화계와 순환계를 연결하는 학생보다는 소화계와 배설계를 바로 연

결한 학생들이 더 많았다. 소화순환배설계의 통합적 유기적 연결을 보인 학생은 19명(13.3%)으로 분석되었다(Table 10).

<Table 9> Images of the Moving Route of Water Drunk inside the Body Unit: n(%)

	Organ System	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Sum
Names of Organs	Digestive	34(23.8)	56(39.2)	37(25.9)	14(9.8)	141(98.6)
	Circulatory	25(17.5)	21(14.7)	2(1.4)	0(0.0)	48(33.6)
	Excretory	40(28.0)	33(23.1)	6(4.2)	0(0.0)	79(55.2)
Locations of Organs	Digestive	39(27.3)	53(37.1)	38(26.6)	11(7.7)	141(98.6)
	Circulatory	31(21.7)	15(10.5)	2(1.4)	0(0.0)	48(33.6)
	Excretory	52(36.4)	12(8.4)	15(10.5)	0(0.0)	79(55.2)
Forms of Organs	Digestive	43(30.1)	51(35.7)	37(25.9)	10(7.0)	141(98.6)
	Circulatory	33(23.1)	15(10.5)	0(0.0)	0(0.0)	48(33.6)
	Excretory	52(36.4)	20(14.0)	7(4.9)	0(0.0)	79(55.2)

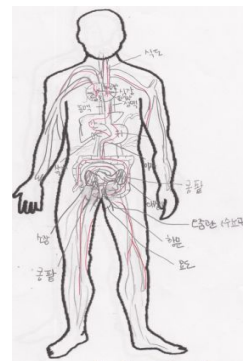
<Table 10> Results of Analyzing the Systemic Thinking about the Moving Route of Water Unit: n(%)

	Level 1: Unable to distinguish	Level 2: Able to draw the digestive system only	Level 3: 1)Able to connect the digestive system to the circulatory system 2)Able to connect the digestive system to the excretory system	Level 4: Able to connect the digestive, circulatory and excretory systems to each other	Sum
Connection of Organs	2(1.4)	33(23.1)	1)29(20.3) 2)60(42.0)	19(13.3)	143(100)

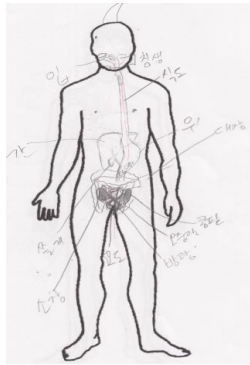
이 어려움과 관련하여 Schonborn and Bogeholtz (2009)는 대부분의 학생들이 기관들에 대한 구조적인 수준의 지식에 머물러 있는데, 그 원인으로 세포와 물 분자의 인체 내 경로에 대해 수업시간에 모듈별 토론이 부족한 원인과 연관 지을 수 있다고 보았다. 본 연구에서의 실제 수업교사와의 면담에 따르면, 생물학을 가르칠 때 미시적 수준의 설명이 사용되었음에도 불구하고 학생들은 미시적인 수준의 개념들을 전혀 사용하지 않았다. 그 이유 중 하나는 기관계통의 수준으로부터 세포 수준으로 자신들의 지식을 이동시키는데 있어서의 어려움 때문일 수도 있다.

[Fig. 6]은 물을 마셨을 때 소화, 순환, 배설계의 유기적인 관계를 4수준으로 그린 학생의 그림

의 예이며, 반면 [Fig. 7]은 소화계와 배설계로만 연결한 그림의 예이다.



[Fig. 6] A Picture of the Systemic Thinking Level 4 about the Moving Route of Water



[Fig. 7] A Picture of the Digestive System Connected to the Excretory System about the Moving Route of Water

공기와 관련해서는 중학교 교육과정에서는 호흡계와 순환계를 연결하여 학습하도록 되어 있다. 이동경로 그리기에서 학생들은 호흡계는 기본적으로 표현을 하였고, 2수준과 3수준이 많았

으며 4수준까지 가기 위해서는 매우 세부 수준까지 표현을 해야 하는 어려움이 있었다. 물론 중학교 교과서에서는 코, 기관, 기관지, 폐, 폐포, 횡격막 등의 기관들이 포함되어 있으나 학생들은 세심하게 그리지는 못하였다. 또한 대부분의 학생들이 폐포와 모세혈관 사이에서 일어나는 기체교환인 외호흡을 많이 표현하였으며 폐에서 모세혈관으로 들어온 산소는 혈액 순환을 통해 온몸의 조직세포로 운반되고 조직세포에서 발생한 이산화탄소는 모세혈관으로 이동하는 내호흡까지는 표현하기 어려운 것으로 나타났다.

물론 학생들은 외호흡과 내호흡에서 기체가 교환되는 과정과 호흡을 통해서 생활에 필요한 에너지를 얻는 과정에 대해 학습이 이루어진 상태였다. 전체적으로 호흡계와 달리 순환계의 표현이 미약하였다(Table 11).

<Table 11> Images of the Moving Route of Air Inhaled inside the Body Unit: n(%)

	Organ System	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Sum
Names of Organs	Respiratory	43(30.1)	56(39.2)	31(21.7)	7(4.9)	137(95.8)
	Circulatory	25(17.5)	22(15.4)	2(1.4)	0(0.0)	49(34.3)
Locations of Organs	Respiratory	49(34.3)	55(38.5)	27(18.9)	6(4.2)	137(95.8)
	Circulatory	31(21.7)	16(11.2)	2(1.4)	0(0.0)	49(34.3)
Forms of Organs	Respiratory	56(39.2)	50(35.0)	26(18.2)	5(3.5)	137(95.8)
	Circulatory	30(21.0)	16(11.2)	3(2.1)	0(0.0)	49(34.3)

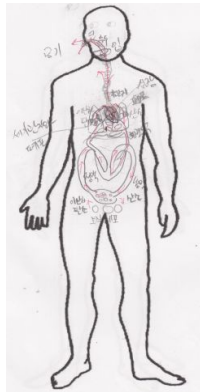
<Table 12> Results of Analyzing the Systemic Thinking about the Moving Route of Air Unit: n(%)

	Level 1: Unable to distinguish	Level 2: Able to draw the Respiratory system only	Level 3: Able to connect the Respiratory system to the circulatory system	Sum
Connection of Organs	6(4.2)	88(61.5)	49(34.3)	143(100)

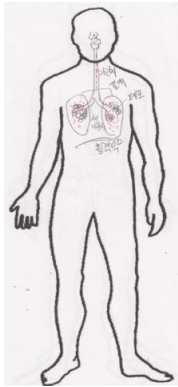
중학교 교육과정에서의 호흡단원은 크게 외호흡과 내호흡에서 기체교환에 관한 이해가 주요 학습 목표로 제시되어 있다. 이러한 목표에 따라 학습이 이루어졌음에도 불구하고 공기를 들이마셨을 때 이동경로를 호흡계 위주로 표현한 것은 학생들의 시스템적 사고가 부족했기 때문인 것으

로 판단할 수 있다(Table 12). 호흡계과 순환계를 연결하여 표현한 학생들은 49명(34.3%)이었다.

[Fig. 8]은 호흡계와 순환계를 유기적으로 연결한 학생의 그림이며, [Fig. 9]는 가장 많은 학생들의 유형인 호흡계만 표현한 학생의 그림이다.



[Fig. 8] A Picture of the Organic Relation between the Respiratory System and the Circulatory System about the Moving Route of Air



[Fig. 9] A Picture of the Respiratory System about the Moving Route of Air

시스템 사고 접근법은 일반적으로 수용되는 생물학의 원리 이해에 핵심적인 부분이며, 모든 생물학적 분야 연구의 한 부분이다(Campbell & Reece, 2003). 시스템적 사고는 보다 복합적인 생물 시스템을 받아들이고 궁극적으로는 전체 생물권(biosphere)에 속하는 구성요소들을 이해하는데 효과적이다(Riess & Mischo, 2010).

Ben-Zvi Assaraf and Orion(2005)는 시스템 사고를 위한 필요 능력으로 8가지를 제시하였는데(1. 시스템의 구성요소를 인식하고 시스템 내의 프로세스를 식별할 수 있는 능력, 2. 시스템 구성요소

사이의 관계를 식별할 수 있는 능력, 3. 시스템 구성요소와 프로세스를 관계틀(-framework) 안에서 체계화시킬 수 있는 능력, 4. 일반화 능력, 5. 시스템 내의 역학적 관계(dynamic relationship)를 식별할 수 있는 능력, 6. 시스템의 잠재적인 차원(hidden dimension)을 이해할 수 있는 능력, 7. 시스템의 순환과정이 갖는 특성을 이해할 수 있는 능력, 8. 시간적으로 오가며 사고할 수 있는 능력(think temporally): 회고(retrospection)와 예측(prediction)) 이 요소 중 본 연구의 대상들은 시스템 구성요소 사이의 관계를 식별할 수 있는 능력이 가장 부족한 것으로 판단되므로 이 요소의 능력을 기를 수 있는 수업 프로그램 개발과 수업시간에 이 부분과 관련하여 교사의 세심한 관심이 필요할 것이다.

2. 박교사의 소화순환호흡배설 수업에 대한 반성적 저널쓰기를 통한 반성적 사고 분석 결과

박교사의 반성적 저널쓰기에 나타난 소화, 순환, 호흡, 배설 단원의 수업에 대한 반성적 사고를 소개하면 다음과 같다. Surbeck(1991)의 반성적 사고의 단계(반응-확장-결과)에 따라 수업 후 교사가 반성적 저널을 작성하도록 유도하였으며, 기관의 이름, 기관의 위치, 기관의 모양, 기관의 유기적 연결성 범주에 따라 저널 내용을 추출하여 정리하였다.

가. 기관의 이름: 학생들에게 친숙한 정도에 따라 아는 수준이 다르다.

기관 이름과 관련된 박교사의 반성적 저널의 내용은 다음과 같다.

소화계는 입에서 위 소장 대장까지 일어나는 소화를 이미지(ppt)를 사용하여 수업을 진행하였다. 이 부분은 평소에 학생들이 많이 접하고 많이 듣는 기관들이라 기관 이름에 관해서는 큰 무리 없이 진행할 수 있었다. 소화계와 관련된 다양한 책을 읽고 그에 대해 설명하는 학생도 있었다. 다른 기관들을 설명할 때 실생활과 관련된 내용을 연결하

여 설명을 하거나 관련 자료들을 제시하면 학생들의 기관의 이름을 잘 기억할 것이다. 다음번에는 친숙한 자료들을 준비를 해야 겠다(3차시 후).

오늘 순환계에서는 심장의 외부구조에 대해서는 큰 어려움이 없이 진행하였으나 2심방 2심실의 구체적인 구조와 혈액의 이동에 대해 설명하는 데 애를 먹었다. 학생들이 내부구조에 대해서는 명칭을 이해하기 어려워했고 동맥혈관에서는 동맥혈만 흐르는 것으로 아이들이 받아들여 순환을 설명하기에 많은 어려움이 예상되었다. 다행히 심장모형 만들기들 통해 심장의 명칭을 좀 더 알아가는 모습을 볼 수 있었다. 실제 심장모형을 사용하면 학생들이 더 잘 이해할 수 있을 것이다. 그리고 나의 수업방식이 교과서나 사진 의존이 아닌지 한번 고려했다(10차시 후)

박교사는 교과서에 소개되어 있는 기관체들을 위주로 수업을 진행하였으며 가능하면 학습목표에 도달하기 위해서 학생들이 기관체들에 대한 기본적 구조와 기능을 이해할 수 있도록 노력하였다. 학생들이 기관의 이름을 잘 알고 있는 경우는 평소 많이 들어보았거나 책을 통해 접할 기회가 많은 것들을 잘 기억하고 있는 것으로 확인했다. 그러나 학생들이 접하는 내용들은 외부 구조적인 측면의 예들이나 사진들을 많이 보았기 때문에 세부적인 내부구조까지는 학생들이 모르는 경우가 많다고 하였다. 특히 심장의 내부구조는 경험의 부족으로 친숙하지 못하여 어려워하며 혈관에 대해서는 오개념도 있는 것으로 확인하였다. 박교사는 이러한 수업 경험을 통하여 친숙한 소재를 활용하면 좋을 것이라는 생각을 계속하게 되었다.

친숙한 정도는 학습의 결과에 매우 중요하다. 예를 들어 진통제의 이동경로를 설명 하는데 학생들은 다른 음식물보다 소화계통에 대한 개념을 사용하는 것을 훨씬 더 어려워하였다. 학생들에게 상대적으로 잘 알려진 햄버거와 대조적으로 진통제 시나리오를 교과서에 제시되어 있지 않아 학생들이 학습한 경험이 없기 때문이다. 따라서 학습경험의 여부가 학습 결과에 중요한 영향을

미친다는 것을 알 수 있다.

학생들은 소화계가 다른 기관체들보다 이름을 더 잘 알고 있다고 박교사는 반성적 저널에서 자주 표현을 하였다. 이는 다른 선행연구들에서도 소화계에 대한 이해 수준이 높다는 결과와 일치하는 부분이다(Carvalho *et al.*, 2004; Clement 2003; Rowlands, 2004).

그러나 박교사는 친숙한 소재를 활용하면 좋다는 생각을 하면서도 다음에 자료를 준비해야 하는 식의 막연한 해결책을 제시하면서 저널을 마무리 짓는 경우가 많았다. 따라서 박교사는 직접 실천에 옮기지 못하는 본인의 모습에 대해 그 원인과 대책을 세울 필요가 있었다. 또한 본인의 수업방식에 대한 문제점들은 반성적 저널 초기에서는 나타나지 않고 있으나 후기 반성적 저널로 갈수록 자신의 수업방식에 대해 고민하는 모습도 볼 수 있었다.

나. 기관의 위치: 원리 위주의 설명은 실제 우리 몸에서 기관들의 정확한 위치를 놓친다.

박교사는 순환의 과정을 설명하기 위해 기관의 위치를 고려하지 않은 채 설명하기 쉬운 형태로 그림을 그리고 순환 과정을 설명을 하다 보니 학생들이 기관의 위치에 대해 많은 의문을 가진다는 것을 알게 되었다. 특히, 기관의 위치가 중복되는(기관이 앞뒤로 위치) 것들은 학생들이 더욱 궁금해 하는 것을 알게 되었다. 따라서 박교사는 원리 설명에 너무 치중하다 보면 기관의 위치를 고려하지 않게 되고 학생들이 실제 기관의 위치에 대해 혼란을 느끼게 될 수 있을 것이라는 것을 수업을 통해 인지하고 있었다. 이에 박교사는 실제 인체 모형을 수업에 활용하는 것이 학생들이 기관의 위치를 정확히 알 수 있는 방법으로 생각하였다.

한편, 박교사는 소화순환호흡배설에 대해 지도할 때 학습목표를 기관의 위치보다는 기관의 역할에 대해 학습목표에 초점을 두다보니 학생들의 관심이나 흥미를 고려하지 않은 채 자신의 계획

에만 치중하여 많은 양의 학습 내용을 준비하고 이를 학생들에게 전달하려고 항상 시간에 쫓기는 모습을 쉽게 확인할 수 있었고 고민하는 내용도 저널에 담겨 있었다.

오늘 우리 몸에서 체순환과 폐순환의 경로를 그리는 과정에서 칠판에 위쪽부분에는 심장 아래쪽에는 폐를 그리고, 대동맥과 대정맥 폐동맥과 폐정맥을 그려 혈액의 순환과정을 학생들과 함께 그려보았다. 그런데 수업시간에 2반 반장이 자신의 몸을 가리키며 ‘여기 안에서 심장과 폐가 어떻게 위치하여 서로 연결되어 있는지 모르겠어요’ 라고 의문을 제기했다. 실제 내가 이 차시를 수업하면서 우리 몸 안에서 심장과 폐를 정확한 위치와 그 속에서 혈액의 순환을 제시하지 못했다. 교과서에서도 단순히 왼쪽에는 심장 오른쪽에서는 폐를 그냥 그려놓고 순환을 그리고 있다. 다음 시간에 이 부분의 실제 사진을 구해 학생들에게 보여주어야 하는데 참 걱정이이다(11차시 수업 후).

오늘은 소화순환호흡배설의 협동적 역할을 설명하였다. 그리고 각 기관계들의 관계성을 그림으로 표현해보도록 하였다. 학생들은 입에서부터 식도를 거쳐 위, 십이지장, 소장, 대장이 그려진 소화계 그림 다음에 배설계인 콩팥의 위치가 어딘지 궁금해하는 학생이 많았다. 지금 생각해 보니 콩팥의 위치가 소화기관들의 위치와 중복되게 표시하고 설명했다는 것을 알게 되었다. 각 기관계들을 따로 따로 설명을 하다 보니 함께 표시를 할 때는 겹치는 부분이 있어 학생들이 더 어려움을 느끼는 것 같다. 이런 상황이 또 생긴다면 실제 인체 모형을 가지고와서 하나하나 조립하거나 조립된 모형에서 기관들을 하나하나 꺼내어 설명하는 것이 좋겠다. 그러나 다른 단원을 고려한 짜여진 계획대로 진행을 한다면 시간이 부족할 텐데 이에 대해서도 고민을 해 보아야겠다(18차시 후).

교사가 사전에 의도한 교수계획이 있을 때 그에 따른 수업준비가 뒷받침 될 수 있으며 수업준비는 곧 적절한 환경을 구성하고 학생들의 동기를 유발시키고 이끌 수 있는 바탕이 되며 결과적으로 효과적인 과학교수를 가능하게 해준다(Ahn, 2002). 박교사의 위의 사례들은 사전 교수계획이 기관의 위치에 대해 학생들의 이해에 큰 영향을 미칠 수 있음을 잘 보여준다고 볼 수 있다.

학습자는 시스템에 관련된 주제를 학습함에 있어서 학생들의 사고에 유기적으로 연결되지 못하고 떨어져 존재하는 개념을 하나하나 학습하는 것이 아니라 자신의 직접적인 활동으로 개념들을 터득하고 이러한 개념들을 하나의 시스템이라는 틀 안에서 어떻게 상호작용하며 그 순환이 이루어지는 과정을 지식 통합 활동을 통해 배우는 것이다(Ben-zvi-Assaraf & Orion, 2005). 이렇게 학습한 지식 체계는 하나의 전체로서의 사고에 기여하여 변화하는 사회, 지식에 능동적으로 대처할 수 있는 유연한 사고를 할 수 있도록 해주며 피드백 루트를 스스로 인식하여 하나의 순환적인 맥락을 파악할 수 있게 한다(Lee et al., 2011). 따라서 기관의 위치가 중복되는 것도 몸의 앞뒤에 어떻게 위치하는지 그리고 어떻게 유기적인 연결을 보이는지에 대해 지도하는 것이 학생들이 통합적 인체구조에 대한 개념을 잡는데 도움이 될 것이다.

다. 기관의 모양: 비유물을 활용하면 기관의 모양을 잘 이해할 것이다.

박교사는 기관의 모양을 실제 모양과 똑같이 그리는 것에 대해 실제 어려움이 있다는 것을 알고 있었다. 그래서 설명을 할 때는 학생들이 기관의 역할을 이해 하는데 초점을 두어 간단히 표현을 하거나 기능을 설명하기에 적합한 형태로 그려 학생들에게 이해시키고자 하는 경우가 많았다. 이렇게 수업을 했을 때 학생들이 혼란이 생겨 오히려 기관 모양에 대해 특정한 모양으로 고정된 정형화된 인식을 보이는 경우도 있었다. 이에 박교사는 비유물을 사용하면 기관의 모양을 이해하기에 좋을 것이라고 생각하였다. 그러나 계속적으로 앞으로 하겠다는 의지만 보여줄 뿐 실제 실천에 옮겨 비유물을 제시하는 경우는 없었다. 교사의 적극적인 수업에 대한 태도는 학생들의 수업에 대한 태도와 밀접한 관련이 있으므로 계획하고 생각하는 것을 실천에 옮기는 것이 무엇보다도 중요한 것임을 박교사는 인식할 필요

가 있었다.

오줌의 생산 공장인 콩팥에 관해 설명을 하는데 콩팥이 2개라는 것을 많은 학생들이 모르고 있었다. 그래서 우리 몸을 그리고 2개의 신장을 가슴의 왼쪽 오른쪽에 그렸으나 수노관에서 방광까지 연결하기가 곤란한 표정을 지었다. 콩팥의 모양은 실제 콩팥(곡물)사진을 보여주면서 이렇게 비슷하게 생긴 것이 콩팥 모양이라고 설명하니 학생들이 이해하기 쉬워했고 그림도 그렇게 그렸다. 기관의 모양을 설명할 때는 ‘~와 비슷하다’ 와 같은 비유 활용 수업을 하면 좋겠다는 생각이 들었다(16차시 수업 후).

심장을 칠판에 그리고 심장의 구조에 관해 설명을 하였다. 그러나 심장을 동그랗게 그려놓으니 학생들이 하트모양이 아니라고 하는 학생도 있었다. 실제 심장의 모양을 구체적으로 생각하여 그려본 적이 없는 것 같다. 그냥 순환의 원리를 이해하기에 급급했던 것 같다. 그리고 보니 호흡을 설명할 때 폐를 어떻게 그렸는지도 모르겠다. 포도송이 모양...비유물을 잘못 사용하면 오히려 오개념이 생길 수 있으므로 심장과 폐에 관련해서도 적절한 비유물을 찾아보아야 겠다.(9차시 수업 후)

전통적 교육에서는 단편적이고 제한된 원인 결과의 맥락에서 과학현상을 해석하려는 분석적 사고가 강조되어 학생들이 과학현상을 이해함에 있어서 단편적인 결과의 원인을 특정 부분에 한정시키는 집중적 사고에 익숙하다는 것이다 (Moon et al., 2004). 따라서 주변의 소재를 활용하여 연관하여 종합적으로 과학현상에 대한 원인을 생각하고 다른 인체 기관들과의 복잡한 상호 관계를 고려할 수 있도록 하는 교육과정이 필요하다. 그러나 복잡한 인체 시스템을 단편적인 편리함을 생각하여 지도하거나 학생들이 학습하는 것은 인체 시스템 자체의 특성을 바르게 이해하는데 한계가 있다는 것을 교육자들은 인식할 필요가 있다.

라. 기관의 유기적 연결: 실제 수업에서도 기관계별 유기적 연결을 의식하여 활동을 하는 것이 중요하다.

박교사는 매 차시별 기관계별 유기적 연결에

대해 고려를 못했음을 반성적 저널쓰기에서 확인할 수 있었다. 이러한 결과의 원인은 각 차시는 그 차시의 기관에 관한 이해에 초점을 맞추고 있고 이를 달성하기 위해서는 각 기관계별을 연결시킬 수 있는 상황을 만들기가 어렵기 때문이다. 또한 제한된 시간 동안 많은 내용을 다루어야 하기 때문에 더욱 이러한 문제점이 발견된다고 볼 수 있다.

따라서 교과서에서 각 기관계별 마지막 차시에 다른 기관계와 연결해 볼 수 있는 활동이나 토의문제가 제시되어야 할 것이다. 그렇게 된다면 교사도 수업시간에 자연스럽게 기관계들의 유기적 연결에 대해 의식하고 수업을 진행할 수 있다. 현 교과서는 기관계의 통합을 대단원의 처음에 제시하거나 단원의 마지막 부분에 제시하고 있다. 이럴 경우 박교사처럼 각 기관별 통합적 연결에 대한 기회를 놓칠 가능성이 높다고 볼 수 있다.

Carvalho et al.(2004)는 각기 다른 인체 기관계들의 부분들이 어떻게 상호 연결되어 있는지 교과서들은 명확하게 설명하는 경우가 드물다고 지적한다. 예를 들어 순환계통은 소화계통과 분명하게 관련되어 있는 예시 활동들이 거의 없다는 것이다.

한편, 박교사는 반성적 저널쓰기를 통해 새로운 교수학습방법을 다양하게 제시하고 있다. 이러한 전략들이 내년에 사용하기 보다는 시간을 할애하여 바로 시행하고자 하는 인식이 학생들의 시스템적 사고 향상에 도움이 될 것으로 사료된다.

우리가 물을 마셨을 때 소화계와 순환계, 배설계를 거쳐 몸 밖으로 빠져나가야 하는 것을 앞 차시들에서는 설명을 못하고 넘어 갔다. 큰 전지에 우리 몸을 그린 후 물의 이동 경로를 학생들에게 그려 보라고 했으면 더 좋았을 것 같다. 내년에 이 부분을 수업을 하게 된다면 모듈별로 우리 몸을 그려 놓고 토의를 통해 특정 음식물의 이동 경로를 소화순환호흡배설계를 서로 연결시켜가며 학습이 마무리 되도록 해야 겠다. 올해는 교과서에 나오는

탐구활동으로 소화순환호흡배설과 관련하여 서로 연결할 수 있는 상황을 설명하고 서로 연결해 보라고 한 정도로 진행하였는데 아쉬움이 많다. 학생들도 통합적 이해를 하는데 어려움 있었던 것 같다(18차시 이후).

소화, 순환, 호흡, 배설계의 기능에 대해 어느 정도 알고 있는지 수업에 들어가기 전에 질문을 해 보았다. 특히 순환계의 기능은 혈관을 통해 혈액이 순환하면서 산소와 영양분을 전달하는 역할을 하는 것인데 단순히 혈액이 통과한다고만 생각하는 학생이 많았다. 즉, 순환계와 소화계의 연결이 거의 이루어지지 않았다. 그래서 배운 소화 과정을 다시 상기시켰다. 각각의 기관계들은 서로 협동을 한다는 것을 교사가 항상 기억하고 수업을 진행한다면 학생들은 각 기관계들의 기능의 이해를 좀 더 폭넓게 이해할 수 있을 것이다(19차시 이후).

시스템은 부분의 상호작용을 통해 그 존재와 기능을 전체로서 유지하는 독립체이다. 하지만, 복잡적이며 통합된 전체를 이루는 이 상호작용의, 상호 연관된 또는 상호의존적인 부분들의 집합은 특정한 목적이 있어야 하며, 시스템이 최적으로 그 목적을 수행하기 위해서는 모든 부분들이 존재하여야 한다. 즉, 시스템은 피드백을 통해 그 안정성을 유지하고자 한다. 변수들 사이의 상호 연관성은 인과관계의 피드백 고리로 연결되어 있으며, 그에 따라 하나 또는 그 이상의 변수들의 상태가 하나 또는 그 이상의 변수들의 상태에 영향을 끼치며, 다른 변수들의 상태에 영향을 미친다(Ben-Zvi Assraf & Orion 2005). 그럼에도 불구하고, 시스템에 전체적으로 귀속시킬 수 있는 속성들을 그 시스템을 구성하는 개별적인 구성요소의 속성들로 보고 학습이 이루어지는 것은 학습의 효과 측면에서 매우 위험한 일임을 교수자들은 인식하고 있어야 한다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 소화, 순환, 호흡, 배설 단원의 수업 후 학생들의 음식물과 공기의 이동에 대한 기관계별 유기적인 관계를 표현할 수 있는 시스템적

사고와 교사의 수업 후 반성적 저널쓰기를 통하여 교사의 과학교수에 대한 반성적 사고의 특성을 분석하는데 목적이 있다.

첫째, 중학생들의 인체 내의 서로 다른 기관계들의 이해와 이들 사이의 관계에 대한 이해를 파악하였다. 햄버거를 먹었을 때는 이동경로 검사 결과, 순환계나 배설계보다 소화계에 속하는 기관의 이름, 위치, 모양을 많이 그렸으며, 기관의 이름의 수준이 기관의 위치나 모양보다 높았다. 또한 햄버거를 먹었을 때 소화계 위주로 그린 학생들이 많았다. 진통제를 먹었을 때는 다른 음식들보다 기관계들을 표현하기에 어려워하였으며 햄버거와 마찬가지로 소화계 그림이 주를 이루었으며 시스템적 사고에 대한 학생들의 능력이 제한적인 것을 볼 수 있었다. 진통제는 순환계를 거치는 것을 필수적인 사항이나 의외로 순환계의 수준은 낮았다. 단 8명만이 소화계 순환계 배설계까지 유기적으로 연결하여 그렸다. 물을 마셨을 때는 소화, 순환, 배설계통을 연계할 수 있는 시스템적 사고를 기대하였으나 통합적 연계로 설명하는데 어려움을 겪는 것으로 나타났다. 물을 마셨을 때는 소화계를 기본적으로 그리고 배설계를 다른 음식들보다 많이 그린 것을 확인할 수 있었다. 이는 평소 경험에서 나온 결과로 판단된다. 또한 소화계에서 순환계 배설계로 이어지는 것 보다는 소화계에서 배설계로 바로 연결하는 학생들이 많았다. 공기를 들이마셨을 때는 호흡계를 기본적으로 그린 반면에 순환계를 그린 비율은 낮았다. 수업시간에 내호흡과 외호흡까지 학습이 이루어졌음에도 불구하고 호흡계 위주로 그린 것은 학생들의 시스템적 사고 수준이 낮음을 의미한다. 인체 기관계에 관한 지식이 높으면 높을수록 해당 주제에 대한 그림들은 더욱 정확해지고 정교해 지므로(Ormanci & Oren, 2011), 결론적으로 학생들은 다른 기관계보다 소화계에 많은 지식을 갖고 있음을 알 수 있었고, 다른 기관계의 기관의 이름, 모양, 위치에 대해서는 불충분한 수행능력을 보여주었다. 본 연구의 중학생들

은 소화, 순환, 호흡, 배설에 대해 학습이 이루어졌다는 것을 고려해보면 해당 주제에 관한 인체 기관계를 시스템적 학습에 기반을 둔 방식이 아니라 단편적인 분리형 접근 방식으로 배웠기 때문에 이러한 결과가 나왔을 가능성이 높아보였다. 이러한 맥락에서 기관계 하나하나를 별개로 보고 학습하는 것 보다 통합적인 통찰을 제공하기 위해 여러 기관계를 연관하여 유기적으로 학습할 수 있는 역동적인 시스템 학습 자료의 제공이 필요함을 확인할 수 있었다.

둘째, 직접 수업을 진행한 교사의 이야기를 듣는 것은 학생들의 어려움을 알 수 있는 좋은 방법이 될 수 있다. 이를 통해 인체 기관계 관련 주제를 학생들에게 어떻게 가르칠 것인가에 대한 생각과 교수-학습방법, 학생들에 대한 이해, 교사의 역할 등에 대해 반성하게 된다. 박교사의 반성적 저널은 총 8편 작성되었으며, 이를 기관의 이름, 모양, 위치, 유기적 연결성과 관련하여 분류하여 분석한 결과, 기관의 이름은 학생들에게 친숙한 정도에 따라 이해 수준이 다르다고 보았으며, 친숙한 소재를 활용하는 것이 중요함을 알지만 직접 실천에 옮기는 것은 어려움이 있는 것으로 나타났다. 학생들의 그리기 분석 결과와 마찬가지로 박교사도 학생들은 다른 기관계보다 소화계를 더 잘 이해하고 있다는 의견을 제시하였다. 기관의 위치와 관련해서는 학습목표 도달에 목적을 두다보니 실제 우리 몸에서 기관들의 위치를 놓치는 경우가 많다고 하였다. 그렇다보니 학생들도 기관의 이름을 알지만 위치를 모르는 경우가 많다고 하였다. 이를 해결하기 위해 인체 모형을 가지고 수업을 진행하는 것을 제안하기도 하였다. 또한 기관계들간에 유기적 연결을 통한 이해가 기관의 위치를 더 잘 이해할 수 있다는 의견도 있었다. 기관의 모양은 기관들의 기능 위주로 설명을 하다 보니 실제 정확한 모양을 제시하지 못하는 경우가 많았다. 이런 수업의 경우 기관의 모형에 대해 오개념이 생길 수 있으므로 비유물을 통해 기관의 실제 모양을 이해할 수 있

도록 하는 것이 필요하다는 의견을 제시하였다. 실제 수업에서 기관계들의 연결을 의식할 수 있는 교과서 구성이 미비하여 마지막 차시에서 기관계들을 연결할 수 있는 기회를 제공한다하더라도 이미 각 기관계별 학습이 이루어진 상태이므로 학생들이 시스템적 사고를 촉진하기에 어려움이 있음을 이야기하였다.

학생들의 사전지식과 경험을 고려할 때, 유기생물체의 단계에서 시작하여 장기기관과 세포의 단계까지 밑으로 내려 간 후, 종개체군(population)과 군집(community)으로 올라가는 것이 통합적 이해를 위한 당연한 과정이다(Knippels, 2002). 시스템은 사물(object)로 분류, 정의할 수 있도록 하는 정체성을 가지고 있으며, 모든 생물학적 시스템이 뚜렷한 경계(system boundary)를 지닌 것은 아니다(Boersma et al., 2011). 불분명한 시스템 경계를 가진 시스템에서 시스템의 구성요소들 사이에는 상호작용이 존재하기 때문에, 학생들이 만약 서로 다른 단계의 생물학적 구성에 있는 대상들에서 동일한 특성을 인지할 수 있다면 생물체계를 포괄적인 측면으로 접근할 수 있다. 그러므로 생물에서는 학습하게 된 주제들의 관련성을 찾도록 시스템 사고의 기회를 지속적으로 제공하는 것이 무엇보다 중요하다.

본 연구의 결론을 바탕으로 후속연구를 위한 제언을 하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 수업 후에 학생들의 인체 기관계들의 시스템적 사고 수준을 분석하였으나 학생들이 수업의 참여 전후에 인체 내의 각기 다른 기관 계통들 사이의 연결들에 대한 그들의 이해도를 분석하는 것은 생물교육에 더 많은 시사점을 제공할 수 있을 것이다. 또한 본 연구는 단일 연구대상을 통해 인체의 내부 기관계에 대한 지식수준, 그리고 교사의 수업에 대한 의견을 알아내려고 연구를 진행하였으나, 이를 나이, 성별, 학년 수준에 따라 조사하는 것도 중요한 의미를 지닐 것이다.

둘째, 반성적 사고를 통해 과학수업 내용을 보

완하여 다른 연구대상들에게 수업을 적용하였을 때 저널쓰기 활동 전후의 학생들의 인체구조에 대한 이해 정도와 교사의 수업에 대한 자신감 정도를 분석하는 것도 의미가 있을 것이다.

Reference

- Ahn, Bu-Geum(2002). A study of the reflective thinking through teacher-training program for early childhood teachers' science education, based on the constructivism, *The Journal of Korea Early Childhood Education*, 9(2), 87~114.
- Ben-Zvi Assaraf, O. & Orion, N.(2005). Development of system thinking skills in the context of earth system education, *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 518~560.
- Ben-Zvi Assaraf, O. & Orpaz, T.(2010). The 'Life at the poles' study unit: Developing junior high school students' ability to recognize the relations between earth systems, *Research in Science Education*, 40(4), 525~549.
- Boersma, K. · Waarlo, A. J. & Klaassen, K.(2011). The feasibility of systems thinking in biology education, *Journal of Biological Education*, 45(4), 190~197.
- Campbell, N. A. & Reece, J. B.(2003). *Biology*. San Francisco, CA: Addison-Wesley.
- Carvalho, G. S. & Clement P.(2007). Relationships between Digestive, Circulatory and Urinary Systems in Portuguese Primary Textbooks, *Science Education International*, 18(1), 15~24.
- Carvalho, G. S. · Silva, R. · Lima, N. · Coquet, E. & Clement, P.(2004). Portuguese primary school children's conceptions about digestion: identification of learning obstacles, *International Journal of Science Education*, 26(9), 1111~1130.
- Cerrah-Ozsevgec, L.(2007). What do Turkish students at different ages know about their internal body parts both visually and verbally?, *Journal of Turkish Science Education*, 4(2), 31~44.
- Cha, Jeong-Ho. · Choi, Won-Soo. & Noh, Tae-Hee. (2009). Analysis of pre-service science teachers' web-based reflective journals written during teaching practicum, *Journal of Science Education*, 33(1), 133~141.
- Clement, P.(2003). Situated conceptions and obstacles: the example of digestion and excretion, In D. Psillos · P. Kariotoglou · V. Tselfes · E. Hatzikraniotis · G. Fasspouopoulos, & M. Kallery (Eds.) *Science education research in a knowledge-based society*, (89~98). Dordrecht, Kluwer Academic.
- Demirci-Guler, M. P.(2008). The opinion of preservice teachers' what the most important subject is which should be learned in science and technology lessons, *Ahi Evran University Journal of Kirsehir Education Faculty*, 9(1), 113~121.
- Dewey, J.(1933). *How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the*
- Sanchez, M, G.(1999). Science teachers views and practices in planning for teaching Osborne, J. · Black, P. · Wadsworth, P. and Meadows, J.(1994). *The Earth in Space (Primary SPACE Project Research Report)*, Liverpool: Liverpool University Press.
- Enochson, P. G. & Redfors, A.(2012). Students' ideas about the human body and their ability to transfer knowledge between related scenarios, *European Journal of Health and Biology Education*, 1(1&2), 3~29.
- Gunes, M. H. & Gunes, T.(2005). Difficulties and their reasons in learning biology concepts in primary school students, *Gazi University Kirsehir Faculty of Education*, 6(2), 169~175.
- Hogan, K.(2000). Assessing students' systems reasoning in ecology, *Journal of Biological Education*, 35(1), 22~28.
- Kim, Dong-Ryeul(2011). Effects of storytelling-based science class on middle school students' understanding of the structures and functions of a human body, *Biology Education*, 39(1), 18~30.
- Knippels, M. C.(2002). *Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education. The yo-yo learning and teaching strategy*. Utrecht, The Netherlands: CD-β Press.
- Korkmaz, H.(2004). *Alternative assessment approaches in science and technology education*, Ankara: Yeryuzu Publishing.
- Kwon, Yong-Ju · Kim, Won-Jeong · Lee, Hyon-Yong · Byun, Jung-Ho & Lee, Il-Sun(2011). Analysis of biology teachers' systems thinking about ecosystem, *Biology Education*, 39(4), 529~543.

- Lee, Hyo-Nyong · Kwon, Yong-Ju · Oh, Hee-Jin & Lee, Hyun-Dong(2011). Development and application of the educational program to increase high school students' systems thinking skills -focus on global warming-, *Journal of the Korean Earth Science Society*, 32(7), 784~797.
- Martinez-Losada, C. & Garrido, M.(2011). What do Children Aged Four to Seven Know about the Digestive System and the Respiratory System of the Human Being and of Other Animals?, *International Journal of Science Education*, 33(15), 2095~2122.
- Mathai S. & Ramadas J.(2009). Visuals and Visualisation of Human Body Systems, *International Journal of Science Education*, 31(3), 439~458.
- MOEST(Ministry of Education, Science and Technology) (2008). *Science curriculum for Middle school*. Seoul, Republic of Korea: Ministry of Education, Science and Technology.
- MOEST(Ministry of Education, Science and Technology)(2011). *Science curriculum*. Seoul, Republic of Korea: Ministry of Education, Science and Technology.
- Moon, Byoung-Chan · Jeong, Jin-Woo · Kyung, Jai-Bok · Koh, Yeong-Koo · Youn, Seok-Tai · Kim, Hai-Gyoung & Oh, Kang-Ho(2004). Related conceptions to earth system and applying of systems thinking about carbon cycle of the preservice teachers, *Journal of the Korean Earth Science Society*, 28(8), 684~696.
- Ornanci, U. & Oren, F. S.(2011). An Analysis of Pre-Service Teachers' Drawings about the Digestive System in terms of Their Gender, Grade Levels, and Opinions about the Method and Subject, *International Journal of Biology Education*, 1(1), 1~22.
- Osborne, J. · Black, P. · Wadsworth, P. & Meadows, J.(1994). *The Earth in Space (Primary SPACE Project Research Report)*, Liverpool: Liverpool University Press.
- Park. S · Kim, J · Chung, D · Shin, H · Jung, J · Hur, S · Hong, D · Kim, C · Im, Y · Lee, H · Yoon, S · Lee, E · Chun, S · Choi, B · Kim, M · & Oh, S.(2012). *Middle school science 2*, Seoul: Kyohaksa
- Riess, W. & Mischo, C.(2010). Promoting Systems Thinking through Biology Lessons, *International Journal of Science Education*, 32(6), 705-725.
- Reiss, M. J. & Tunnicliffe, S. D.(2001). Students' understandings of human organs and organ systems, *Research in Science Education*, 31(3), 383~399.
- Reiss, M. J. · Tunnicliffe, S. D. · Möller Andersen, A. M. · Bartoszeck, A. · Carvalho, G. S. · Chen, S.-Y. · Jarman, R. · Jonsson, S. · Manokore, V. · Marchenko, N. · Mulemwa, J. · Novikova, T. · Otuka, J. · Teppa, S. & Van Rooy, W.(2002). An international study of young people's drawings of what is inside themselves, *Journal of Biological Education*, 36(2), 58~64.
- Rowlands, M.(2004). What do children think happens to the food they eat?. *Journal of Biological Education*, 38(4), 167~171.
- Schoborn, K. J. & Boeholtz, S.(2009). Knowledge transfer in biology and translation across external representations: Experts views and challenges for learning, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(1), 931~955.
- Surbeck, E.(1991). Assessing Reflective Responses in Journals, *Educational Leadership*, 48(6), 25~28.
- Teixeira, F. M.(2000). What happens to the food we eat? Children's conceptions of the structure and function of the digestive system, *International Journal of Science Education*, 22(5), 507~520.
- Tunnicliffe, S. D.(2004). Where does the drink go?. *Primary Science Review*, 85(1), 8~10.

-
- 논문접수일 : 2014년 03월 18일
 - 심사완료일 : 1차 - 2014년 04월 07일
 - 게재확정일 : 2014년 04월 07일