

초등학생의 호흡 개념 이해에 대한 연구

성정희 · 김영수

서울대학교 생물교육과

A Cross-age Study on Elementary Students' Understanding of the Concept of Respiration

Sung, Jung-Hee and Kim, Young-Soo

Dept. of Biology Education, Seoul National University

ABSTRACT

Students' concepts of scientific phenomena have become a point of focus in science education research. This study investigated into developmental process and mechanism of the students' respiration concept through a cross-age study. This study utilized the 1st, 3rd, 6th grade elementary students to find out changes in student's understanding of the concept of respiration. The 1st and 3rd grade level students were interviewed what the respiration mean and whether each of living things respire, etc. The 6th grade students were interviewed and tested.

Respiration is a word that students come across often in everyday life. It was found that they were more likely to associate respiration with its more common concept of breathing or gas exchange as opposed to its more scientific definition as the process in which nutrients are oxidized to provide energy. This trend didn't improve as they advanced grade. This is an indication that the knowledge system of student is split into a generic knowledge system and scientific knowledge system.

Understanding of concept increased and differentiated across grade levels but that understanding was limited. They overcome their tendency to base their understanding of respiration on their understanding of human phenomena and learn to integrate their understanding of biological phenomena through a one organ - one role type of logic. They also intuitively explain everything based on their own experience.

Key word: respiration, conceptual development, cross-age study

I. 서론

과학교육 연구의 중요한 목적 중의 하나는 학생들에게 효과적으로 교수하여 과학학습을 돕는데 있다. 그러므로 과학교육 연구의 많은 부분이 교수-학습에 관련된 연구일 것이다. 그런데 현대의 학습이론은 학습자가 과학 지식을 단순히 수용하거나 동화하는데 그치지 않고 능동적으로 의미를 재구성함으로써 학습이 일어난다고 가정한다(조희형, 1984; Driver & Easley, 1978). 즉 교사가 가르치는 것과 학생이 이해하는 것은 차이가 날 수 있음을 의미한다. 그런데 이러한 잘못된 이해는 아주 특별한 개념들에서만 나타나는 것이 아니라 예를 들어 속도, 힘과 같은 매일 쓰는 용어에서도 나타난다. 이러한 용어는 일상에서뿐만 아니라 과학에서도 다루어지고 있는 말인데 이들은 실재 다른 의미로 해석되기도 한다. 그런데 이러한 차이가 후속 학습의 장애가 될 수 있다(Gilbert & Osborne, 1980). 학생에게 가르치지 않은 것에 대해서는 아무 것도 모른다는 생각은 잘못이다. 학교에서 가르치지 않아도 학생들이 일상적인 생활 과정이나 자연에 대한 경험을 통해서 획득한 직관적 관념이 있다. 어린아이들이 가지고 있는 직관적 관념은 그들이 자연을 보고 해석하는데 기초가 되기도 한다. 이러한 직관적인 지식이 실제 교수 시에 문제가 된다.

그러므로 오늘날 과학 교육계에서는 학생들이 알고 있는 선행 지식이 학습에 어떻게 영향을 미치는가에 대한 연구를 활발히 수행하고 있는데 그 결과를 기초로 구체적인 과학 개념뿐만 아니라 추상적인 지식을 학습하는 과정을 밝히고자 노력하고 있다. 그런데 지금까지의 학습론은 대부분이 인식론이나 단순한 심리학적 현상에 기초한 연구로서 실제 과학 학습에 적용하는데에는 한계가 있었다. 그러므로 과학 개념이 실제 학습되는 과정에 바탕을 둔 보다 실제적인 학습론이 필요하다.

1970년 중반부터 과학교육에서는 오개념에 대

한 연구가 시작되었다. 국내에서도 1980년대 후반부터 이 분야에 대한 연구가 시작되었다. 생물 분야의 연구에는 유전(박종석과 조희형, 1986; 이경숙, 이길재, 정완호, 1994; Clough & Robinson, 1985; Cho, Kahle, & Nordland, 1985; Kindfield, 1991), 광합성(전태식, 1987; 조정일, 1988; Wandersee, 1983), 진화(Lawson & Thompson, 1988), 생명 개념(정완호, 차희영, 1992), 생리(Arnaudin & Mintzes, 1985; Westbrook & Marek, 1992), 동·식물 분류(정완호, 허명, 차희영, 1991a, 1991b; Braund, 1991; Trowbridge & Mintzes, 1988), 호흡(박강훈, 1992; Haslam & Treagust, 1987) 분야 등에서 광범위하게 연구되었다.

그런데 지금까지의 오개념에 관한 연구는 어떤 오개념이 형성되어 있는지를 확인하는 수준의 연구가 대부분이었고, 근본적인 개념의 습득이나 발달, 분화 과정과 이에 영향을 미치는 요인에 대한 연구가 부족하였다. 그리고 특정 학년에 국한된 연구가 대부분이었고 오개념을 동정해 내는 연구에 중점을 두었기 때문에 구체적인 개념 형성과 변화에 요구되는 인지 능력을 동정해내지 못했다. 그리고 하나의 개념에 대한 지속적인 발달 과정을 살펴본 연구가 부족하여 개념 발달에 대한 체계적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 그래서 과학 개념 습득의 초기 단계인 초등학교 학생의 호흡 개념의 형성 과정에 대한 정량적 및 정성적 분석을 통해 후속 되는 개념 형성 과정의 기초를 제공하고자 했다.

따라서 본 연구의 목적은 초등학생의 호흡에 관련된 개념을 조사하여 개념 형성과정의 특징을 기술하고 나아가 개념의 습득과 발달 과정을 알아보는 데 기초를 마련하고자 했다. 또한 이러한 연구를 통해 호흡에 관한 오개념을 동정하고 오개념의 형성 기원을 알아보아 효과적인 교수-학습이 일어날 수 있도록 하는데 있다.

위의 연구 목적에 따라 본 연구의 문제는 다음과 같다.

1. 초등학교 1, 3, 6학년 학생이 가지고 있는

호흡개념의 특징은 무엇인가?

2. 학생들의 호흡 개념 형성과정에 영향을 미치는 요인이 무엇인가?

3. 초등학생의 호흡 개념 발달과정의 특징은 무엇인가?

II. 연구방법 및 절차

본 연구는 호흡 개념의 발달 과정을 알아보기 위해 초등학교 1학년, 3학년, 6학년 학생들에게 호흡에 대한 지필 검사와 면담을 실시하였다.

1. 연구 대상

서울 특별시내에 위치한 공립 초등학교 1개교에서 초등학교 1학년(남: 25명, 여:14명), 3학년(남:22명, 여:17명)은 각각 1학급씩, 초등학교 6학년(남:45명, 여:40명)은 2학급을 무선 표집하여 남학생 92명, 여학생 71명으로 총163명을 연구 대상으로 선정하였다.

초등학교 1, 3 학년의 경우에는 지필 검사로 학생의 생각을 정확하게 파악하기 힘들 것으로 생각되어 모두 면담을 실시하였다. 그리고 초등학교 6학년 학생들의 경우에는 호흡에 대한 지필 검사를 실시하고 학생들이 가지고 있는 호흡 개념을 좀더 자세히 알아보기 위해 면담을 실시했는데 초등학교 6학년은 호흡 개념에 대한 지필 검사 결과 상, 하위 각각 27%에 해당되는 학생 중 각각 5 명씩 10명을 표집하여 면담을 실시하였다.

2. 검사 도구

1) 지필검사

학생들의 호흡 개념의 형성 정도를 알아보기 위해 초등학교 6학년 학생에게 지필검사를 실시했다. 지필 검사 문항 개발 과정은 다음과 같다. 먼저 교과서에서 호흡 관련 내용을 명제로 진술하고 유목화(類目化)하였다. 하위 유목은 호흡의

정의, 생물의 호흡여부, 호흡장소, 호흡기관, 호흡운동, 가스교환과 운동, 호흡기질과 산물로 총 7개로 되어있다. 하위 유목별로 몇 문항씩 총 20 문항을 개발하였다. 문항의 형태는 진위형 또는 선다형으로 구성되어있다.

작성된 문항은 본 검사에 사용되기 전에 초등학교 교사 및 생물 교육 전공자에 의해 타당도를 검토 받은 후 각 학년 별로 소집단 검사를 통해 수정하여 사용하였다.

모든 하위 문항별로 각각 1점씩 부과하여 총점을 구했다. 이 검사의 신뢰도는 Cronbach α 계수가 0.79이었다. 그리고 검사 시간은 40분이었다.

2) 면담

초등학생이 가지고 있는 호흡에 대한 개념을 좀더 자세히 살펴보기 위해 1, 3, 6학년을 대상으로 면담을 실시했다. 면담시간은 15-20분 정도이며, 모든 면담은 녹음되었다. 면담은 연구자와 과학 교육을 전공하고 있는 대학원생의 도움으로 실시되었다. 면담을 담당한 대학원생은 실제 면담이 실시되기 전에 면담 내용을 교육받았고 연습을 거친 후 면담을 실시하였다. 초등학교 1학년과 3학년의 경우는 지필 검사는 실시하지 않고 면담만 실시했다. 그 이유는 초등학교 1학년의 경우 학교에서 지필 검사 방식을 실시하지 않고 있었으며, 학생들이 지필 검사를 제대로 수행할 수 없을 것으로 판단되었기 때문이다. 3학년의 경우에도 자신의 생각을 지필 검사로 제대로 나타내는데 어려움이 있을 것으로 판단하여 면담으로만 실시했다. 면담 내용은 먼저 호흡에 대한 내용을 유목화(類目化)하여 학생들에게 물어 보는 형식을 취했다. 1학년과 3학년의 호흡에 대한 면담 내용은 크게 5가지 유목(類目)으로 나누어 물어 보았다. 그 내용은 호흡의 정의, 호흡 운동, 공기의 이동 경로, 호흡 기질과 산물, 생물의 호흡 여부에 관한 것이었다.

3. 분석방법

<표1> 호흡의 정의에 대한 계통도 및 초등학생의 응답 분포(면담)

계통도		초1 명(%)	초3 명(%)	초6 명(%)	
모른다		35 (89.7)	8 (20.5)	0 (0.0)	
에너지개념 없음	경험적이해	살기 위해	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (10.0)
		숨쉬기	4 (10.3)	31(79.5)	0 (0.0)
	추상적이해	흡수와 배출	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (50.0)
		교 환	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	허파와 조직에서의 가스교환	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	
에너지개념 있음	경험적이해	힘(에너지)을 내기 위해	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	추상적이해	숨쉬기+에너지생산	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (30.0)
		과정적표현	산소를 이용해 에너지생산	0 (0.0)	0 (0.0)
	결여	영양소를 흡수해 에너지생산	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
		영양소 흡수+산소→에너지생산	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (10.0)
	과정적표현	영양소 분해로 에너지생산	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
		영양소 산화로 에네지 생산	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
		존재	가스교환+영양소산화→에너지생산	0 (0.0)	0 (0.0)
무응답		0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	
합 계		39 (100)	39 (100)	10 (100)	

본 연구에서는 정량적인 연구와 더불어 정성적인 분석을 시도했다. 1, 3학년의 경우 면담을 통해 학생의 생각을 알아보았고 6학년 학생에게는 먼저 선다형 문항으로 만들어진 검사 도구를 사용하여 학생들이 문제에 대한 해답을 미리 고르게 했다. 이때 학생들이 동일한 답을 택했다고 학생들의 생각이 같은 것은 아니다. 비록 선택은 같게 했지만 선택의 이유를 밝혀보면 매우 다양한 설명들이 나온다. 그러므로 본 연구에서는 지필 검사 결과와 면담의 결과를 연결하여 분석하였다.

본 연구에서는 면담을 다음 세 가지 방법을 모두 사용하여 분석하였다. 첫째, 간단한 범주 체계로 분류하여 분석 둘째, 정성적 자료의 중요한 부분을 그대로 인용하여 그 자료들의 근본적인 성격을 나타내도록 하는 방법과 셋째, 위의 두가지 방식을 절충한 중간적인 성격을 띄는 체계적 계통법(Blis, Monk, & Ogborn, 1983; 박송재와 권성기, 1988)을 사용했다.

III. 연구 결과 및 논의

초등학교 1학년과 3학년은 지필 검사를 실시하지 않고 면담을 통해 호흡에 관련된 내용을 평가하였고, 초등학교 6학년은 지필 검사와 지필 검사를 보충하기 위해 면담이 실시되었으며 지필 검사 정답율은 46.7%이다. 결과는 호흡의 하위 영역별로 나누어 제시하고자 한다.

1. 호흡의 정의

본 연구에서는 호흡의 정의에 대한 면담을 계통도로 작성하여 분석하였다. 계통도 작성 시에는 먼저 에너지 획득에 대한 개념을 가지고 있는지 없는지에 따라 나누고 그 다음으로는 경험적으로 이해하고 있는 수준과 추상적 수준에서 이해하고 있는지를 알아보았다. 호흡의 정의에 대한 면담 결과를 다음과 같이 계통도로 분석했다(표1).

초등학교 1학년 학생의 경우 “호흡”이라는 단어를 아는가에 대해 물어보았다. 이 경우 “모른다”라고 응답한 학생이 전체 면담 학생 39명 가운데 35명(89.7%)이며, 나머지 4명은 호

흡은 숨쉬기라고 응답했다. 초등학교 1학년 학생의 경우에는 호흡이라는 추상적인 단어보다는 숨쉬기와 같이 일상 생활 용어로서 대답하고 있다. 다음으로 숨쉬기에 대한 역할이 무엇인가를 물어보았는데 그 결과는 다음과 같다(표2).

<표2> 숨쉬기의 목적에 대한 초등학교 1학년의 응답 유형

숨쉬기 목적	응답자수(%)
살기 위해	21 (53.8)
공기를 마시려고	17 (43.6)
모름	1 (2.6)
합계	39 (100)

1학년 학생은 숨쉬기를 생물학적인 기작으로 설명하려하지 않고 “살기 위해서”, “공기를 마시려고” 와 같이 행동에 대한 하나의 결과로 이해하고 있다.

초등학교 1학년 학생의 면담 예를 살펴보면 다음과 같다.

- I(면담자): 사람이 왜 숨을 쉰까?
 S(학생): 코가 있으니깐요.
 I: 숨을 쉬지 않으면 어떻게 될까?
 S: 죽어요.

초등학교 3학년 학생의 경우 총 면담 학생 39명중 호흡이라는 단어를 모른다고 응답한 학생은 8명(20.5%)이고, 호흡이라는 단어를 안다고 응답한 학생은 31명(79.5%)으로 31명 모두 호흡을 숨쉬기로 정의했다. 그 다음 숨쉬기의 역할에 대해서는 모두 살기 위해서 숨을 쉰다고 했다. 그러나 구체적인 호흡의 역할에 대해서는 전부 정확히 답을 하지 못했다.

즉 초등학교 1학년과 마찬가지로 3학년에서도 여전히 숨쉬기를 생명을 유지시켜 주는 기능적인 측면으로 설명하고 있으며, 먹는 것과 같은 수준으로 생각하고 있으며 원인과 결과를 찾으려고 하지 않고 목적론적으로 설명하고 표현하

고 있다.

초등학교 3학년 학생의 호흡에 대한 정의와 역할에 대한 면담의 예를 살펴보면 다음과 같다.

- I: 호흡이 뭐니?
 S: 숨을 쉬는 것이요.
 I: 왜 호흡을 하니?
 S: 살기 위해서요.
 I: 호흡을 하지 않으면 어떻게 되니?
 S: 죽어요.
 I: 왜 죽니?
 S: 숨을 못 쉬니까요.

6학년 학생을 상대로 한 지필 검사 결과를 살펴보면 다음과 같다.

초등학교 6-1 자연 교과서에는 “산소는 세포에서 영양소와 반응하여 에너지를 내며, 이 에너지를 생활하는데 사용한다”고 호흡을 정의하고 있다. 호흡을 단순한 숨쉬기 활동이 아니라 영양소 산화를 통한 에너지 생성과정으로 정의하고 있다. 그런데 실제 학생의 응답 유형을 살펴보면 호흡을 허파에서의 가스 교환 과정으로 생각하는 비율은 5.9%에 불과하지만, 산소를 들이마시고 이산화탄소를 내쉬기 위한 숨쉬기 과정으로 생각하는 학생의 비율은 67.1%로 응답 빈도가 가장 높게 나타났다. 그에 반해 호흡을 에너지를 생성하는 과정으로 생각하는 학생의 비율은 23.5%이다. 초등학교에서는 비록 교과서에서는 호흡을 에너지 생성 과정으로 설명하고 있지만 실제 학생들은 호흡을 숨쉬기 과정으로 생각하는 학생의 비율이 가장 높게 나타났다.

초등학교 6학년 학생의 면담 결과를 살펴보면 에너지 개념을 가지고 있는 학생은 4명이고 6명의 학생은 에너지 개념이 없었다.

초등학교 6학년의 학생의 면담 예를 살펴보면 다음과 같다.

- I: 호흡을 정의하면?
 S1: 생물은 공기를 필요로 한다. 교과서에

도 산소와 영양소를 합쳐서 에너지를 낸다고 되어 있다.

I: 호흡이란?

S2: 산소를 들이마시고 이산화탄소를 내쉬고 에너지를 얻기 위해서 호흡을 하고 호흡해야 힘을 낼 수 있으니까요. 호흡하면 에너지가 나온다.

I: 호흡이란?

S3: 산소를 이산화탄소로 바꾸기 위해서 에너지를 내는데 이 과정이 필요하다. 이산화탄소와 찌꺼기는 몸에 이롭지 않다. 영양소랑 산소를 합쳐서 에너지를 낸다.

I: 들어간 공기가 어디서 사용되니?

S3: 폐에 들어가 산소가 이산화탄소로 바뀐다. 산소가 이산화탄소로 되고 이때 에너지가 생긴다.

그러나 위의 면담 예에서도 살펴보았듯이 초등학교 6학년 학생의 경우에 호흡을 정의할 때 “에너지”라는 추상적인 개념을 사용하고 있으나 이것을 이해하지는 못하는 것으로 생각된다. 단순히 교과서에서 진술된 내용을 외우는 정도에 지나지 않았다. 즉 아직까지는 에너지와 같은 추상적인 개념을 도입하는데는 어려움이 있는 것으로 생각된다.

위의 결과를 통해 첫째, 초등학교 1학년의 경우 생물학적인 지식의 결여와 더불어 호흡을 생물학적 이론이나 생리적인 대사 과정으로 이해하는 것이 아니라 격기, 잡자기, 배설하기 등과 같이 인간의 행동으로 이해하고 있다는 점이다. 아동들은 살아가는데 공기가 필요하다는 것을 알고 있지만 필수적인 신체 대사 과정으로서의 호흡과 연관시키지 못했다. 이러한 형태의 응답은 일부 초등학교 3학년의 아동에게서도 관찰된다. 그러나 초등학교 3학년의 경우에는 직관적이고 현상적인 면만을 생각해서 정보를 조직한다기보다는 좀더 생리적인 이론도 수용할 수 있는

시기에 도달했다고 생각된다. 최소한 숨쉬는 것이 몸의 기능을 유지시켜주는 기작의 일부라는 것을 알게 되는 시점으로 생각된다.

둘째, 초등학교 6학년의 경우에도 호흡을 산소를 들이마시고 이산화탄소를 내쉬는 숨쉬기 과정으로 생각(67%)하고 있으며, 에너지 생성 과정을 언급한 학생은 23%로 호흡을 가스 교환을 통해 에너지를 생산하는 과정으로 생각하고 있지 않았다. 단순히 호흡을 숨쉬기 과정으로 생각하는 학생이 우세하다.

셋째, 초등학생의 경우 호흡을 단순히 경험적으로 이해하고 있었다. 그래서 에너지라는 추상적인 개념을 수용하는데 장애가 있는 것으로 생각된다.

넷째, 학생들은 호흡을 과학적인 정의보다는 일상 생활 용어로서 이해하고 있었다. 초등학교 1학년이나 3학년의 경우 교육 과정에서는 호흡이라는 용어가 아직 사용되고 있지 않음에도 불구하고 면담을 통해 호흡이라는 용어를 아는지 물어보면 안다고 응답하는 학생이 있었다. 이는 호흡이라는 용어가 과학적인 용어로 먼저 학생들의 인지 구조 속에 자리 잡기 전에 일상 생활에서 사용되는 정의로 인지 구조 속에 자리를 잡고 있어서 실제 과학 수업에서 이러한 개념이 도입될 때에는 이러한 생활 중심의 개념이 과학적 개념의 도입을 방해하는 것으로 생각된다.

2. 각종 생물의 호흡

학생들이 가지고 있는 호흡 개념을 좀더 자세히 알아보기 위해 여러 가지 생물의 호흡여부를 통해서 그 이해 정도를 살펴보고자 한다. 문항에 사용된 생물은 동물, 식물, 원생생물이 모두 포함되었으며 학생들에게 친숙하면서도 분류학적으로도 다양한 생물을 포함시켰다.

초등학생의 학년별 응답은 <표3>에 제시되어 있다. 각 생물 중에 따라 호흡한다고 하는 비율이 최소 7.7%에서 최고 100%까지 다양하다.

<표3> 각종 생물의 호흡 여부

생물종류	응답자수(%)			생물종류	응답자수(%)		
	초1(n=39)	초3(n=39)	초6(n=85)		초1(n=39)	초3(n=39)	초6(n=85)
붕어	34(87.2)	39(100)	38(97.4)	개나리	15(38.5)	21(53.9)	26(30.6)
올챙이	29(74.4)	39(100)	74(87.1)	은행나무	10(25.6)	17(43.6)	34(40.0)
개구리알	11(28.2)	9(23.1)	25(29.4)	참나무	8(20.5)	16(41.0)	30(35.3)
조개	31(79.5)	21(53.9)	57(67.1)	소나무	10(25.6)	16(41.0)	34(40.0)
개미	27(69.2)	37(94.9)	75(88.2)	선인장	10(25.6)	19(48.7)	32(37.7)
메뚜기	28(71.8)	3(97.4)	79(92.9)	이끼	7(18.0)	5(12.8)	20(23.5)
바퀴벌레	21(53.9)	3(84.6)	69(81.2)	버섯	8(20.5)	15(38.5)	26(30.6)
개구리	33(84.6)	3(100)	83(97.7)	곰팡이	4(10.3)	3(7.7)	23(27.1)
개	33(84.6)	38(97.4)	38(97.4)	미역	8(20.5)	10(25.6)	17(20.0)
소	33(84.6)	36(92.3)	85(100)	물풀	6(15.4)	13(33.3)	14(16.5)
코끼리	34(87.2)	38(97.4)	38(97.4)	회충	14(35.9)	18(46.2)	37(45.3)
참새	34(87.2)	34(87.2)	80(94.1)	대장균	8(20.5)	9(23.1)	22(25.9)

먼저 식물과 동물, 원생생물로 나누어서 응답률을 비교해 보면 식물이 호흡한다고 응답한 것은 평균 28.5%, 동물은 평균 79.0%, 단세포 원생생물은 평균 23.2%로 나타났다. 동물에 비해 식물과 원생 생물이 호흡한다고 생각하는 비율이 낮은 원인을 다음과 같이 생각해 볼 수 있다.

먼저 학생들은 호흡을 일상 생활에서 사용하고 있는 생활 중심의 개념을 생물의 호흡 여부 판단에 적용하기 때문인 것으로 생각해 볼 수 있다. 호흡을 숨쉬기 과정으로만 생각하기 때문에 숨쉬기 즉 가스 교환을 직접 체험하거나 쉽게 관찰할 수 있는지가 중요한 판단 근거가 된다. 그러므로 식물이나 원생 생물의 경우는 가스 교환 과정을 쉽게 관찰할 수 없기 때문에 동물에 비해 호흡한다고 응답한 비율이 낮은 것으로 해석된다.

두번째 요인으로는 초등학교 교과서에서 주로 호흡을 사람 중심으로 배웠는데 이것을 다른 동물이나 식물로 투사(projection)하는데 어려움이 있을 수도 있다.

즉 교과서에서는 소화와 호흡을 주로 사람을 중심으로 다루고 있는데, 학년이 낮을수록 사람에서 다른 동, 식물로 투사할 수 있는 능력이 부족하기 때문에 학생들이 사람이외의 다른 동, 식

물의 호흡을 이해하는데 어려움을 느낄 것이다.

그 외 식물은 움직이지 않으므로, 살아있는 것이 아니므로, 등등으로 호흡을 하지 않는다고 생각하는 학생이 관찰되었다.

또한 초등학교 1학년의 경우 정규 교육 과정을 통한 생물학적인 지식은 거의 없는 상태에서 사람이 호흡하는 것을 회상하고 사람과 유사한 정도에 따라 다른 생물들이 호흡하는지를 예측하면서 대답하는 것으로 생각된다.

초등학교 1학년의 면담 예를 살펴보면 다음과 같다.

I: 왜 개와 소는 숨을 쉬고 다른 것은 숨을 쉬지 않니?

S: 개와 소는 사람하고 비슷하니까요.

I: 어디가 사람하고 비슷하니?

S: 코

Piaget의 인지 발달 단계에서는 5-7세 사이에 자기 중심적 사고에서 객관적 사고로의 전이가 일어난다고 주장하고 있다. 즉 7세 이하의 아동(전 조작기에 해당하는 아동)은 타인의 관점을 받아들이지 못한다고 한다. 초등학교 1학년은 즉 자기 중심적 관점에서 이제 막 벗어나는 시

점으로 여전히 자기 중심적인 사고에서 벗어나지 못하기 때문에 사람 중심의 판단에 집착하는 것으로 생각된다.

그러므로 초등학교 1학년의 경우 사람과 비교하여 코와 입이 쉽게 관찰되는 개, 소, 코끼리에 비해 개미, 메뚜기, 개구리, 바퀴벌레는 호흡한다는 비율이 낮으며, 이러한 형태는 학년이 증가함에 따라 달라지는 것으로 관찰된다. 즉 초등학교 1학년과 초등학교 6학년과는 투사할 수 있는 능력에서 차이가 나는 것으로 생각해 볼 수 있다. 즉 지식이 재 조직화되는 과정에서 초기 아동기와 청소년기와는 다른 형태로 재조직이 일어난다고 생각된다.

위와 같은 결과를 종합해보면 학년에 따라 호흡하는 생물의 종이 차이가 있음을 관찰 할 수 있었다. 그러한 판단을 하는 이유를 물었을 때 호흡의 유무를 판별하는 기준이 명확하지 않고 다양했다. 예를 들어 식물이 호흡을 한다고 똑같이 응답했어도 그 이유를 물어보면 식물의 종이 다르므로, 꽃이 피는 식물만 호흡을 한다 등과 같이 다양하다. 이러한 현상은 식물뿐만 아니라 다른 생물에서도 마찬가지다. 학년에 따라 다소 차이를 보이거나 여전히 학생이 생각하는 “호흡”은 숨쉬기 즉 가스 교환의 수준에서 벗어나지 않았으며 과학적인 정의를 이용해서 판단하는 것으로 생각되지 않는다. 실제 호흡은 살아가는데 필요한 에너지를 제공하는 과정이므로 모든 생물에서 호흡이 일어난다고 응답한 학생은 극소수에 불과했다. 대다수의 학생은 앞의 면담 결과에서 살펴보았듯이 다양한 다른 이유들로 호흡 여부를 판단했다.

또한 비록 호흡의 정의를 과학적으로 한다 할지라도 실제 문제에 대한 답을 할 때에는 일상 생활이나 직관적으로 생각하는 정의에 따라 판단한다는 점이다. 여기서 관심을 가져야 할 것은 생물의 많은 개념들이 일상 생활에서 사용되는 생활 용어를 그대로 사용하고 있다는 점이다. 그리고 학생들은 과학적인 문제에 있어서도 일상 생활 용어를 이용해서 문제를 해결하려고 한

다는 점이다. 즉 과학적인 정의를 할 때와는 독립적으로 문제를 해결하려 한다. 그리고 이러한 생활 중심의 용어에 기초하여 파생되는 여러 개념들에서 오개념을 형성하게 된다. 이러한 생활 중심의 용어는 학교 학습에서 습득된 과학적인 개념들과는 분리되어 있다.

3. 호흡하는 장소

초등학교 1, 3학년의 경우 호흡하는 장소에 대한 면담은 하지 않았으며, 6학년 학생에게만 지필 검사와 면담을 실시하였고 그 결과는 다음과 같다.

호흡의 정의에 대한 문항에서 학생들은 호흡을 숨쉬기나 가스 교환 과정으로 인식하며, 에너지 생산 과정으로 이해하지 못하기 때문에 호흡이 일어나는 장소도 가스 교환이 일어날 것으로 생각되는 곳에서만 호흡한다고 판단할 것으로 생각되었다. 식물과 동물의 조직이나 기관별로 호흡이 일어난다고 생각하는 비율을 보면 다음과 같다(표4).

<표4> 조직 및 기관 별로 호흡한다고 응답한 6학년 학생의 비율(n=85)

식물의 조직 및 기관	응답자수 (%)	동물의 조직 및 기관	응답자 수(%)
잎	35 (41.2)	허파	80 (94.1)
뿌리	45 (52.9)	심장	79 (92.9)
줄기	27 (31.8)	근육	31 (36.5)
꽃	28 (32.9)	피부	50 (58.8)
열매	9 (10.6)		
씨	13 (15.3)		

초등학교 6학년의 경우 구체적으로 우리 몸에서 산소가 사용되는 부분에 관한 문항에 대한 응답 분포는 허파(87.1%), 심장(85.9%), 위(22.4%), 모든 세포(50.6%), 잘 모름(5.9%)으로 여기서도 허파와 심장은 산소를 사용해서 호흡이 일어난다고 생각하는 비율이 높게 나타났으나

상대적으로 위는 22.4%로 낮게 나타났다. 실제 호흡은 모든 세포에 일어나기 때문에 모든 세포에서 산소를 필요로 하지만 우리 몸의 모든 세포에서 호흡이 일어난다는 것을 아는 비율은 50.6%로 절반 정도의 학생만이 세포 수준에서 호흡이 일어나고 있음을 알고 있었다.

식물의 경우 잎에서 호흡한다고 생각하는 이유를 물어본 결과 대부분의 학생들이 공기의 출입을 호흡으로 생각하고 있었으며 일부 광합성의 결과 산소가 생기므로 이것을 호흡이라 생각하고 있었다.

뿌리에서 호흡한다고 생각하는 이유로는 예를 들어 일부 학생의 경우 식물을 심을 때 흙을 일구어 주는 이유가 뿌리에서 공기가 잘 통하게 하기 위해서라고 들었기 때문에 호흡한다고 응답을 한 학생도 있었다. 이는 일상 생활의 경험을 통해서 판단한 경우인데 학생들은 이러한 생활 중심의 지식 체계와 교과서에서 배우는 지식 체계가 이원화되어 있다고 생각된다. 특히 생물의 경우 일상 생활과 밀접한 부분에서 특히 이러한 이원화된 지식 구조 체계를 통해 판단하는 경우가 많은 것으로 생각된다.

뿌리가 호흡을 하지 않는다고 생각하는 학생의 비율이 52.9%를 차지하고 있는데 그 이유로는 식물이 호흡을 하지 않기 때문에 그렇게 생각하는 학생과 다른 이유에서 호흡을 하지 않는다고 생각하는 학생으로 나누어서 생각해 볼 수 있다.

초등학교 6학년 학생의 면담 예를 살펴보면 다음과 같다.

I: 왜 뿌리는 호흡을 하지 않니?
S: 수분을 받아들이는 것만 하므로

I: 왜 뿌리는 호흡을 하지 않니?
S: 뿌리는 땅속에 묻혀 있기 때문에.

동물의 조직과 기관에서 특징적인 것은 식물과 마찬가지로 호흡을 한다고 생각하는 기준이

되는 것이 공기와의 접촉 여부였다. 피부는 공기와 접촉하고 있으므로 호흡을 하고 심장과 근육은 공기와 접촉할 수 없어서 호흡을 할 수 없다고 응답한 학생들이 많았다. 예를 들어 피부가 호흡한다고 생각하는 이유로는 개구리와 같이 피부 호흡을 하는 동물을 상기하여 호흡을 한다고 응답한 학생이 있었고, 어떤 학생은 목욕탕에서 답답한 이유가 피부가 물 속에 잠겨 있어 공기와 접할 수 없어 그렇다고 응답한 예도 있었다.

심장에서 호흡한다고 응답한 생각하는 이유로는 심장이 뛰기 때문이라고 응답했다. 또한 심장이 호흡을 하지 않는다고 생각하는 이유로는 공기와 접촉하지 않기 때문에 호흡을 하지 않는다고 했다. 이러한 점으로 보아 학생들은 숨을 들이쉴 때 공기가 어떤 경로를 통해서 우리 몸속의 세포에까지 전달되는지를 모르는 것으로 생각된다. 즉 학생들은 우리 몸속에서 어떤 형태로 산소와 이산화탄소가 전달되는지 호흡계와 순환계를 연관지어 생각하지 않기 때문에 세포내 가스 교환을 이해할 수 없게 되고 아울러 폐와 같이 직접 공기가 닿는 부분에서만 호흡이 일어난다고 오개념을 갖게 된다. 그러므로 교사들은 호흡계와 아울러 순환계를 연관지어 설명할 수 있도록 고려해야 할 것이다. 그리고 현재 교과서에서는 소화계, 호흡계, 순환계, 배설계 등과 같이 각각이 독립적으로 배열되어 있는 교육과정에서 생기는 단절감으로 인해 실제 소화계를 통해 배운 영양분이 호흡에서 어떻게 이용되고, 배설되는지에 대한 연결이 부족하다. 그래서 학생들로 하여금 오개념을 갖도록 유발시킨다.

위의 결과를 종합해보면 호흡 여부를 판단하는 기준으로서 대부분의 학생이 첫째, 기체 출입을 할 수 있는가에 초점을 두었다. 둘째, 식물의 호흡을 광합성과 혼돈 하는 경우이다. 셋째, 1기관-1역할의 논리를 적용하는 사례가 나타난다. 초등학교 6학년 학생의 예를 보면 뿌리는 수분을 받아들이는 일만하므로 호흡을 하지 않고, 줄

기는 수분을 저장할 뿐이니까 호흡을 하지 않는다. 잎은 호흡을 한다고 들었다. 꽃은 꿀만 있으므로 씨는 번식하려고 있는 것이므로 호흡을 하지 않는다고 응답했다. 네 번째로는 여전히 호흡을 동물 중심의 시각으로 본다는 것이다. 즉 동물에서 식물로의 투사를 하지 못하는 경우로 생각해 볼 수 있다.

4. 호흡 기관

초등학교 1학년과 3학년의 경우 허파에 대해서 들어본 적이 있는지를 물어보았다. 대부분의 학생들이 들어본 적이 없다고 응답했는데 일부 학생이 그 단어에 대해 안다고 응답했으나 실제 위치나 역할에 대해서는 아는 내용이 없었다.

초등학교 3학년의 면담 예를 살펴보면 다음과 같다.

I: 공기는 코를 통해서 목, 배로 간다고 했지? 그럼 배 말고 구체적으로 공기는 어디로 가니?

S: 심장

I: 심장으로 들어가서 어떻게 되니?

S: 몰라요.

I: 허파라는 말 들어본 적 있니?

S: 없어요.

6학년 학생의 경우 순환계와 호흡 기관을 구분할 수 있는지를 알아보았는데 그 결과는 다음과 같다. 심장을 호흡 기관이라고 응답한 학생의 비율이 80.0%로 심장을 호흡 기관으로 잘못 알고 있는 비율이 높다. 그리고 혈관을 호흡 기관으로 답한 경우도 35.3%로 순환계와 혈관계를 혼돈 하는 학생이 많았다. 그러나 기관을 호흡 기관이라고 옳게 답한 경우는 25.9%에 불과해 학생들은 오히려 허파와 심장을 호흡 기관으로 생각하는 것으로 나타났다.

허파파리의 역할에 대해서는 산소와 이산화탄소의 교환을 빠르게 해준다고 바르게 응답한 학

생이 57.7%으로 비교적 많은 수의 학생이 정확히 알고 있는 것으로 나타났다.

사람의 가슴을 해부한 그림을 제시하고 호흡 기관의 위치를 묻는 문항의 경우 정답률은 다음과 같다(표5).

<표5> 호흡기관의 위치를 바르게 알고 있는 초등학교 6학년 학생의 비율(n=85)

호흡기관	기관	허파	허파파리	가로막
정답자수	4	37	30	22
(%)	(4.7)	(43.5)	(35.3)	(25.9)

허파의 위치를 정확히 알고 있는 학생의 비율이 43.5%이며 호흡 운동에 관련된 가로막의 위치를 제대로 알고 있는 학생은 25.9%에 불과했다. 기관의 경우는 4.7% 만이 올바른 위치를 알고 있었다. 전반적으로 호흡 기관의 위치를 잘 알고 있지 못한 것으로 나타났다.

위 결과를 종합해 보면 초등학교 1학년과 3학년의 경우에는 호흡 기관인 허파를 아는지 또는 안다면 해부학적으로 어느 곳에 위치하고 있는지를 대부분의 학생이 잘 모르고 있었다. 초등학교 6학년의 경우에도 허파의 위치를 정확히 알고 있는 학생의 비율이 43.5%에 불과해 초등학생의 경우 전반적으로 해부학적 지식이 결여되어 있었다. 즉 해부학적인 지식의 결여는 학생들이 공기의 이동 경로를 이해하는데 장애가 되고 이러한 문제는 중·고등학교에서도 호흡계와 순환계를 연관지어 생각하는데 문제가 있는 것으로 생각되며 이로 인해 중·고등학교에서 다루는 세포 수준의 호흡을 이해하는데 문제가 될 것으로 생각된다.

5. 호흡 운동과 조절

초등학교 1학년이나 3학년의 경우 대부분 경험에 의한 목적론적인 설명으로 답하고 있다.

예를 들어 초등학교 3학년 학생은 다음과 같이 응답하고 있다.

- S: 호흡할 때 배가 들어갔다, 나왔다 해요.
 I: 왜 그럴까?
 S: 숨을 쉬면 공기가 들어가 배가 나오고, 내쉬면 배가 들어가요.

초등학교 1학년의 면담 예를 살펴보면 다음과 같다

- I: 우리 몸의 무엇이 숨을 쉬게 만들까?
 S: 코
 I: 코 때문에 공기가 들어갔다 나오게 되니?
 S: 예
 I: 가만히 있어도 공기가 코로 들어갔다 나오게 되니?
 S: 숨이 들어가서 배가 나왔다 들어갔다 하는 것 같아요.

호흡 운동의 조절에 대한 초등학교 1, 3학년의 면담 결과는 다음과 같다(표6).

마음대로 조절할 수 있다고 생각하는 학생도 상당수가 되지만 초등학교 1학년에 비해 3학년에서는 그 비율이 낮아졌다. 그러나 마음대로 호흡을 조절할 수 없다고 대답한 학생은 모두가

자세한 기작은 모른다고 대답하고 있었다.

초등학교 3학년의 심장에서 숨을 조절한다고 생각하는 학생의 면담을 살펴보면 다음과 같다.

- I: 호흡 운동을 마음대로 조절할 수 있니?
 S: 없을 것 같아요.
 I: 왜?

S: 조금은 조절할 수 있지만 오랫동안은 안돼요.

- I: 숨을 조절해 주는 것이 무엇인지 아니?
 S: 공기를 빨리 빨리 하기 위해서 심장이 해줘요.

I: 들어간 공기와 나온 공기는 같을까? 다를까?

S: 달라요. 심장이 분리해서 나쁜 공기가 나오니까요.

I: 산소, 이산화탄소는 숨쉴 때 어떻게 되니?

S: 함께 들어가서 나올 때는 이산화탄소만 나와요.

I: 들어간 공기가 몸 속에서 무슨 일을 할까?

S: 심장, 장에 전달해서 영양분을 정확하고 신속하게 전달할 것 같아요.

위의 면담은 심장에서 호흡 운동을 조절한다고 응답한 학생의 예인데, 이 학생은 심장 박동을 통해 혈액을 순환시켜서 산소를 공급해야 하

<표6> 호흡 운동의 조절에 대한 초등학교 1, 3학년의 응답 분포

응답 유형	응답자수(%)	
	1학년	3학년
마음대로 호흡 운동을 조절할 수 있다.	9 (23.1)	5 (12.8)
마음대로 조절할 수 없다. 그러나 기작은 모른다.	16 (41.0)	25 (64.1)
심장에서 조절한다.	5 (12.8)	2 (5.1)
허파에서 조절한다.	1 (2.6)	1 (2.6)
머리에서 조절한다	1 (2.6)	0 (0.0)
코나 입에서 조절한다.	0 (0.0)	2 (5.1)
모른다.	7 (17.9)	4 (10.3)
합계	39 (100)	39 (100)

므로 심장이 호흡 운동을 조절하는 것으로 생각하고 있다. 이 학생의 경우는 호흡계와 순화계를 연관지어 설명하려는 것으로 해석된다.

초등학교 6학년의 경우 호흡 운동에 관련된 것 4문항, 호흡 운동의 조절에 대한 것 1문항으로 총 5문항이다.

먼저 호흡 운동의 기작에 대한 문항을 살펴보겠다.

숨을 쉴 때 공기를 드나들게 하는 것은 어느 것인가? 하는 문항으로 초등학교 1학년, 3학년의 면담 결과를 토대로 작성된 것인데 초등학교 1, 3학년 학생의 경우에는 심장을 호흡 운동과 연관시켜 설명하는 학생들이 많아서 이러한 오개념이 지속되고 있는지를 살펴보기 위해서 이 문항을 투입했다. 응답 분포는 다음과 같다(표7).

초등학교 1,3 학년의 면담 결과와 유사하게 심장이 공기를 드나들게 해준다고 생각하는 오개념 비율이 높았다(45.9%). 그에 반해 호흡 운동에 직접적으로 관련된 가로막과 갈비뼈를 선택한 학생의 비율은 낮게 나타났다.

그러나 허파는 어떻게 커지고 작아지는가? 라고 질문했을 때는 49.1%의 학생이 가로막이 움직여서 허파가 커지거나 작아진다고 대답하고 있었으며, 32.9%의 학생은 배가 부풀거나 내려가서 허파가 움직이는 것으로 잘못 알고 있었다.

구체적인 호흡 운동과 원리를 묻는 문항에서 가로막의 기능에 대해 바르게 알고 있는 학생은 37명(43.53%)이며, 허파 자체가 스스로 부풀다고 생각하는 학생의 비율도 36.5%로 여전히 높게 나타났다.

호흡 운동의 조절에 대한 문항에서 마음대로 호흡 운동을 조절할 수 있다고 생각하고 있는 학생도 29명(34.1%)에 달했으며, 또한 호흡은 심

장에서 조절되며 심장이 빨리 뛰면 호흡 운동도 빨라진다고 생각한 학생의 비율은 91.8%에 달했다.

초등학교 1, 3학년은 대부분이 호흡 운동의 원리나 조절에 대한 지식이 부족했다. 숨쉬기가 어떻게 일어나는지를 알고 있지 않았으며 아울러 숨쉬기에 대한 원리를 알지 못했다. 그러나 일부 학생의 경우는 숨쉬기와 순환계를 연결시키려는 시도를 하고 있었으나 그 관계를 명확히 알지는 못했다. 초등학교 6학년의 경우에도 구체적인 호흡 운동의 원리나 조절에 대해서는 잘 알고 있지 않았으며 심장이 호흡 운동을 조절한다는 오개념을 가진 비율이 높게 나타났다.

6. 가스 교환

초등학교 1학년과 3학년의 공기 이동에 대한 면담 결과 공기의 이동에 대한 지식이 세포내 호흡을 이해할 수 있는 기초가 되기 때문에 중요하다 생각되었다. 그래서 들이마신 공기가 체내에서 어떤 경로를 거쳐 이동하는지 알아보았다(표8).

초등학교 1학년과 3학년 학생의 경우에는 우선 들어온 공기가 몸 속에서 어디로 가는지에 대한 설명이 정확하지 못했다. 1학년 학생의 경우 13명(33.3%)의 학생이 공기가 코에서 어디로 가는지를 몰랐다. 대부분의 학생이 허파와 같은 호흡 기관을 알지 못했으며 숨을 들이 쉴 때 가슴이 나오는 것을 경험하거나 공기가 배나 가슴으로 간다는 식의 직관적인 설명만 할 뿐이었다. 초등학교 1학년의 경우 보존 논리도 미약하여 들이마신 공기가 몸 속에 그대로 머무른다고 대답하는 학생도 많았다. 초등학교 3학년의 경우에도 공기가 코에서 어떻게 이동되는지 모른

<표7> 호흡 운동 조절 기관에 대한 초등학교 6학년 학생의 응답 분포

응답유형	가로막*	심장	모세혈관	갈비뼈*	갈모름	합계
응답자수(%)	14 (16.5)	39 (45.9)	20 (23.5)	4 (4.7)	8 (9.4)	85(100)

*는 정답표시

<표8> 공기의 이동에 대한 초등학교 1, 3학년의 응답 유형

응답 유형	응답자수(%)	
	1학년	3학년
코 다음부터 모른다	13 (34.2)	9 (23.9)
코→목까지 가서 다시 나온다.	2 (5.3)	0 (0.0)
코→목→배까지만 설명	5 (13.2)	4 (10.5)
코→목→배에서 다시 나온다.	8 (21.1)	3 (7.9)
코→몸 속에 머문다.	1 (2.6)	0 (0.0)
코→몸 속에서 다시 나온다.	2 (5.3)	3 (7.9)
코→목→배 또는 가슴→온몸	3 (7.9)	0 (0.0)
코→목→심장→배→온몸	1 (2.6)	0 (0.0)
코→목→심장→갈비뼈	1 (2.6)	0 (0.0)
코→산소통	1 (2.6)	0 (0.0)
배로 쐬다.	1 (2.6)	0 (0.0)
코→허파에서 다시 나온다.	0 (0.0)	4 (10.5)
코→심장	0 (0.0)	6 (15.8)
코→목→가슴에서 다시 나온다.	0 (0.0)	2 (5.3)
코→목→가슴에서 모른다.	0 (0.0)	5 (13.2)
코→머리→몸통	0 (0.0)	1 (2.6)
코→가슴→배→방귀	0 (0.0)	1 (2.6)
합계	38 (100)	38 (100)

다고 응답한 학생이 9명(23.1%)이나 되어 여전히 공기의 이동 경로에 대해 자세히 모르는 학생이 많았다. 초등학교 1학년의 경우에는 공기가 배로 간다고 생각한 학생이 많았으나 3학년으로 올라갈수록 공기가 배로 간다는 비율은 줄어들었다. 그 대신 일상 생활에서 사용하는 “가슴”이나 “몸통”이라는 용어를 사용하여 설명하고 있었다. 그러나 공기의 이동 경로에 대한 정교한 설명은 없었다. 학생들에게 숨쉬기를 통해 들어온 공기의 이동 경로를 질문했다. 초등학교 6학년 학생의 경우 허파파리, 기관지, 기관을 중심으로 물어 보았는데, 공기의 이동 경로를 정확하게 아는 비율이 30.6%로 나타났다.

공기의 이동 경로에 대한 초등학교 6학년 학생의 면담 결과 들어온 공기(산소)가 어떻게 세포내 호흡에 이용되는지를 이해하기 위해 먼저 선행되어야 할 것이 공기가 세포까지 어떻게 전달되는지를 먼저 알아야 할 것으로 생각된다. 초등학교 6학년의 경우 순환계를 도입하여 공기의 이동 경로를 설명하는 학생의 비율이 20%에 불

파했다.

세포 수준의 호흡을 이해하기 위해서는 먼저 들이마신 공기 즉 산소가 어떤 경로를 통해 세포에 전달되는지를 먼저 알아야 하므로 이점을 고려하여 가스 교환에 대한 지필 검사와 면담을 실시하였다. 검사 결과 초등학생들 전반에 걸쳐 공기의 이동에 대한 지식이 부족하였다. 들이마신 공기는 순환계의 도입이 없이는 세포까지 전달될 수 없으며 세포내 호흡을 설명할 수 없다. 또 호흡 기질로 사용되는 물질들은 소화계를 도입하지 않고서는 이해할 수 없는데도 이것을 연결 지어 설명할 수 있는 학생의 비율은 낮게 나타났다. 즉 순환계, 호흡계, 소화계와 같은 식의 수업보다는 이들의 관계를 연결시켜주는 설명이 병행되어야 할 것으로 생각된다.

7. 호흡 기질과 산물

호흡에 사용되는 기질과 호흡의 결과 생성되는 것에는 어떤 것이 있는지를 질문했다. 그 결

과 호흡의 정의에 대해서도 언급했지만 학생들은 호흡의 결과도 역시 기체 교환의 수단으로만 생각하고 있었다.

초등학교 1학년과 3학년의 경우는 면담을 통해 숨을 쉴 때 들어가는 공기와 나오는 공기가 어떻게 되는지, 그리고 에너지는 어떻게 생기는지에 대해서 질문하였다.

먼저 들숨에 대한 질문에서 대부분의 학생이 공기, 바람과 같은 용어를 사용하여 설명하고 있었으며 초등학교 3학년의 몇몇 학생의 경우 들이마시는 공기 속에는 산소가 많고, 내뿜는 공기에는 이산화탄소가 많다고 응답한 학생도 관찰되었다. 그 외에는 들이마시는 공기는 좋은 공기, 또는 신선한 공기라고 응답하며, 내뿜는 공기는 나쁜 공기 또는 더러운 공기라고 답하는 학생이 많았다.

초등학교 3학년 학생의 면담 예를 살펴보면 다음과 같다.

I: 들어가는 공기와 나오는 공기는 같을 것 같니? 다를 것 같니?

S: 달라요

I: 왜 달라질까?

S: 들어가는 공기는 좋은 공기와 나쁜 공기 모두 들어가는데 나오는 공기는 나쁜 공기만 나올 것 같아요.

I: 그럼 어디서 공기가 그렇게 변했을까?

S: 허파에서요.

위 면담에서 알 수 있듯이 학생들은 일상 생활에서 보통 설명하는 신선한 공기를 마시고 나쁜 공기는 밖으로 나온다고 생각하는 수준이며, 구체적인 공기의 역할이나 노폐물의 기원에 대해서는 알지 못했다.

또한 호흡의 결과 생기는 에너지에 대해서는 에너지라는 용어를 사용하지 않고 대부분의 학생이 밥을 먹어야 힘이 생긴다고 대답함으로써 호흡의 결과 에너지가 생긴다고 생각하기보다는 소화의 결과 힘이 생긴다고 생각하고 있었다.

6학년 학생의 지필 검사 결과는 다음과 같다. 학생들에게 우리가 들이마시는 공기에는 어떤 기체가 들어 있는가? 라고 질문했을 때 산소, 이산화탄소와 그 외 다른 기체도 들어있다고 대답한 학생이 53(62.4%)명이고 그 다음으로 산소와 이산화탄소만 들어있다고 생각한 학생도 18(21.2%)명이었다. 또한 들숨의 성분은 공기 성분과 같다고 생각한 학생이 52(61.2%)명으로 앞의 결과와 일치한다. 그러나 날숨에는 이산화탄소만 들어있다고 생각하는 학생이 36(42.4%)명으로 나타났다.

초등학교 1, 3학년 학생의 면담 결과 학생들은 소화를 통해서 생활하는데 필요한 에너지를 얻는다고 대답한 것에 기초해서 학생들이 소화의 개념과 호흡을 어떻게 연관지어 생각하는지에 대해서 알아보았다. 동물은 소화를 통해서 생활에 필요한 에너지를 얻는다고 응답한 학생이 53(62.4%)명으로 나타났고, 호흡을 통해서 필요한 에너지를 얻는다고 응답한 학생은 38(44.7%)로 나타났다. 즉 학생들은 영양소의 개념과 에너지의 개념을 혼돈하고 있는 것으로 생각된다. 한편 세포에서 영양소와 산소가 작용하면 어떤 것이 생기는지 모두 고르라고 질문했는데 응답 유형은 다음과 같다(표9).

위 결과에서 영양소가 산소와 작용하여 에너지가 생성된다고 응답한 학생의 비율은 44.7%로 나타났으며 이산화탄소와 찌꺼기로 응답한 학생도 각각 36.5%, 27.1%로 나타났다. 또한 방귀

<표9> 호흡 신물에 대한 초등학교 6학년의 응답 유형(n=85)

응답유형	유형 찌꺼기	산소	방귀	이산화탄소	에너지	잘모름
응답자수(%)	23 (27.1)	16 (18.8)	11 (12.9)	31 (36.5)	38 (44.7)	20 (23.5)

라고 응답한 학생도 12.9%로 나타났다. 찌꺼기나 방귀라고 답한 학생의 경우는 소화와 호흡을 혼돈하여 생각하는 경우로 생각해 볼 수 있다.

위 결과를 통해 초등학교 1학년이나 3학년의 경우 대부분의 학생들이 “들이마시는 공기는 신선한 공기이고 내쉬는 공기는 더러운 공기이다”, 또는 “들이마시는 공기는 차가운 공기이고 내쉬는 공기는 더운 공기이다”는 식의 자신의 경험에 비추어서 대답하고 있었다. 구체적으로 들이 마신 공기의 성분이나 역할에 대해서는 알지 못했다. 또한 호흡의 결과 생기는 에너지에 대해서는 학생들 대부분이 밥을 먹어서 힘을 낸다는 식의 소화와 호흡을 혼돈하고 있었다. 이러한 점으로 미루어 보아 대부분의 초등학교 1, 3학년 학생의 경우는 경험에 바탕을 둔 판단을 한다는 점이다.

초등학교 6학년의 경우는 초등학교 1, 3학년에 비해 숨쉬기에 관련된 기체의 출입에 대해서는 좀더 구체적이고 과학적인 용어를 사용하고 있으나, 호흡의 결과 생기는 에너지에 대해서는 여전히 소화와 호흡을 혼돈하고 있는 학생이 많았다.

8. 식물의 호흡

식물의 호흡은 동물의 호흡과 달리 학생들이 이해하지 못하는 부분도 많고 오개념에 대한 연구도 비교적 활발하게 연구되었다.

구체적으로 광합성과 호흡의 개념을 대비시키는 문항을 제외하고 단편적인 식물의 호흡 여부를 묻어 보았다. 식물은 호흡하는가? 라는 문항의 응답 유형을 살펴보면 6학년 학생의 경우 식물의 호흡은 밤과 낮 모두 일어난다고 응답한 학생의 비율이 67.4%로 나타났다. 이러한 결과는 문항 2의 각 식물 별 호흡 여부를 물어 본 결과와 일치하지 않는 것으로 나타났다. 초등학교 6학년의 경우 각 식물 별로 호흡을 한다고 응답한 학생은 평균 30.7%에 불과했다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 초등학교 1, 3, 6학년 학생을 대상으로 호흡에 대한 개념을 조사하고 호흡 개념의 발달 과정의 특성을 밝히고자 하였다. 본 연구를 통해 얻어낸 결론은 다음과 같다.

첫째, 호흡의 정의에 대해 초등학교 1학년의 경우 생물학적 지식의 결여와 더불어 호흡을 생물학적 이론이나 생리적인 대사 과정으로 생각하는 것이 아니라 먹기, 잠자기, 배설하기 등과 마찬가지로 인간의 행동으로 이해하고 있다.

초등학교 3학년의 경우에는 초등학교 1학년 학생에 비해 좀더 발전하여 최소한 숨쉬는 것이 몸의 기능을 유지시켜주는 기작의 일부라는 것을 알고 있었다.

학년이 올라갈수록 숨쉬기와 같이 직접 관찰할 수 있는 면만을 생각하기보다는 점점 호흡기관에서의 가스 교환 과정으로 학생들의 호흡에 대한 정의가 분화되어가고 있다. 그러나 여전히 호흡을 영양소의 산화를 통한 에너지 발생 과정으로 생각하는 학생이 적은 것으로 보아 학생들은 호흡이라는 용어를 일상생활에서 사용하는 용어로 정의하고 있지 교육과정에서 제시하고 있는 과학적 용어로 학생의 인지구조 속에 자리잡고 있는 것이 아니었다. 즉 학생들은 생활 중심의 지식 체계와 학문 중심의 지식 체계가 이원화되어 있고 대부분이 생활 중심의 지식 체계를 사용하고 있다는 점이다.

둘째, 각종 생물의 호흡 여부를 물어본 결과 동물에 비해 식물이나 원생생물이 호흡한다고 생각하는 비율이 낮았으며, 식물이나 원생생물의 경우에는 학년이 높아짐에 따라 호흡한다고 생각하는 비율이 점점 높아지고 있다. 이러한 결과는 학생들이 일반적으로 호흡을 숨쉬기나 가스 교환 과정으로 생각하고 이를 통해 호흡 여부를 결정하기 때문으로 생각된다. 학년이 올라갈수록 인간 중심적 사고에서 다른 생물로의 투사할 수 있는 능력이 높아짐에 따라 호흡한다고 생각하는 생물이 늘어남을 알 수 있다. 그런데

학년이 올라가도 여전히 호흡을 숨쉬기나 가스 교환 과정과 같이 일상 생활에서 사용되는 정의를 통해서 판단하지 학교에서 제시하고 있는 학문 중심의 지식 체계를 사용하지 않기 때문에 이러한 결과가 발생한다.

셋째, 동, 식물의 조직 및 기관의 호흡 여부를 물어보았는데 공기와 접할 수 있는지 없는지에 따라 호흡 여부를 결정하고 있으며 또한 학년이 낮을수록 1기관-1역할의 논리를 적용하고 있음을 많이 관찰할 수 있었다.

넷째, 호흡기관에 대한 해부학적 지식은 가스 운반이나 세포내 호흡의 기초가 되기 때문에 중요한데 초등학교 1, 3학년의 경우 대부분의 학생이 허파의 위치를 제대로 알고 있지 않았으며 초등학교 6학년의 경우에도 호흡 기관에 대한 전반적인 해부 지식이 결여되어 있어서 학생들이 공기의 이동 경로를 아는데 장애가 될 것으로 생각되며 이러한 문제는 중, 고등학교에서 호흡계와 순환계를 연관지어 생각하는데 장애가 될 수도 있다.

다섯째, 호흡 운동의 조절에 대해서 초등학교 6학년 학생의 경우 모두 심장에서 호흡운동을 조절한다는 대체적 개념을 많이 가지고 있다. 이는 달리기를 한 직후 심장이 빨리 뛰고 숨이 가파르게되는 경험에서 비롯하는 것으로 생각된다.

여섯째, 들이마신 공기의 이동 경로를 정확히 아는 것이 외호흡 뿐만 아니라 세포내 호흡을 이해하는데 기초가 될 것으로 생각되는데, 초등학교 1, 3학년의 경우 들이마신 공기가 어떻게 이동하여 이용되는지에 대한 면담을 한 결과 1학년은 들이마신 공기가 어떻게 되는지 모르는 학생이 약 33%나 되었고 자신의 숨쉬기 경험에 비추어 배나 가슴으로 간다고 직관적인 설명만을 할뿐이었다. 특히 보존 논리도 미약하여 들이마신 공기가 몸 속에 그대로 머무른다고 대답하는 학생도 많았다. 그러나 3학년에서는 점점 이러한 생각에서 벗어나고 있다. 하지만 정교한 공기의 경로는 아직 발달되지 않았다.

초등학교 6학년부터는 숨쉬기 경험에 따른 직

관적 설명에서는 벗어나고 있으나 정확한 공기의 이동 경로를 알고 있는 학생은 많지 않았다. 그리고 숨쉬기와 세포내 호흡을 분리하여 생각하고 있으며 이는 순환계를 도입하여 공기의 이동 경로를 제대로 알고 있는 학생의 비율이 낮기 때문으로 생각된다. 그러나 초등학교에서는 순환계와 호흡계를 통합적으로 연결시켜 현상을 설명하지 못하기 때문으로 생각된다.

일곱째, 호흡의 기질과 산물에서 숨을 쉴 때 사용되는 공기가 무엇인지를 물어본 결과 초등학교 1학년의 경우는 좋은 공기를 마시고 나쁜 공기가 나온다고 설명하는 학생이 많고 3학년의 경우에도 이런 식의 표현이 많았다. 그러나 학년이 올라갈수록 좀더 구체적이고 과학적인 용어를 사용하고 있었다. 그러나 호흡의 결과 에너지가 생성되는 것은 초등학교 1, 3학년의 경우에는 힘과 에너지를 동일시하며 대부분의 학생이 밥을 먹어야 힘(에너지)이 생긴다고 생각하고 있었다.

이러한 결과를 통해 다음과 같이 제언할 수 있다.

호흡이라는 용어를 일상생활에서 사용하는 용어로 정의하고 있지 교육과정에서 제시하고 있는 과학적 용어로 학생의 인지구조 속에 자리잡고 있는 것이 아니었다. 즉 학생들은 생활 중심의 지식 체계와 학문 중심의 지식 체계가 이원화되어 있고 대부분이 생활 중심의 지식 체계를 사용하고 있으므로 교사는 학생들의 이중적 지식체계의 존재를 인식하고 이를 구분할 수 있는 교수법을 개발하고 또한 1기관-1역할의 사고에서 벗어나 학생들이 통합적인 학습이 될 수 있는 방안을 모색해야 할 것이다.

참고문헌

1. 박강훈 (1992). 중등학교 학생들의 호흡에 관한 개념 조사. 서울대학교 대학원 교육학 석사 학위 논문.
2. 박승재, 권성기 (1988). 교육연구에 있어서 계

- 통도를 이용한 정성적 자료 분석. 한국교육 개발원 연구방법론 연수자료.
3. 박종석, 조희형 (1986). 고등학생들의 유전에 대한 오인의 확인 및 유전학 지도방향. 한국과학교육학회지, 6(2), 35-40.
 4. 이경숙, 이길재, 정완호 (1994). 중학교 학생들의 멘델 유전에 관한 오개념 연구. 한국생물교육학회지, 22(1), 13-24.
 5. 전태식 (1987). 광합성과 진화에 대한 학생들의 개념과 오인에 관한 연구. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.
 6. 정완호, 차희영 (1992). 한국 초, 중, 고등학교 학생들의 생명개념에 관한 연구. 한국생물교육학회지, 20(2), 147-151.
 7. 정완호, 허명, 차희영 (1991a). 한국 초, 중, 고등학교 학생들이 식물분류 개념에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 11(1), 25-36.
 8. 정완호, 허명, 차희영 (1991b). 한국 초, 중, 고등학교 학생들이 동물분류 개념에 관한 연구. 한국생물교육학회지, 19(2), 95-114.
 9. 조정일 (1988). 광합성에 대한 5, 8학년 학생들의 오개념 조사. 한국과학교육학회지, 9(1), 101-111.
 10. 조희형 (1984). 선입관의 철학적 배경 및 오인과 학습과의 관계. 한국과학교육학회지, 4(1), 34-43.
 11. Arnaudin, M. W. & Mintzes, J. J. (1985). Students alternative conceptions of the human circulatory system: A cross-age study. *Science Education*, 69(5), 721-733.
 12. Bliss, J., Monk, M., & Ogborn, J. (1983). *Qualitative data analysis for educational research: A guide to uses of systemic networks*. Great Britain: Biddles Ltd.
 13. Braund, M. (1991). Children's ideas in classifying animals. *Journal of Biological Education*, 25(2), 103-110.
 14. Cho, H. H., Kahle, J. B., & Nordland, F. H. (1985). An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics. *Science Education*, 69(5), 707-719.
 15. Clough, E. E. & Robinson, C. W. (1985). Children's understanding of inheritance. *Journal of Biological Education*, 19(4), 304-310.
 16. Donaldson, M. (1978). Children's mind. In J. K. Gilbert, & R. J. Osborne. Identifying science students' concept: The interview-about-instances approach. In W. F. Archenthal, R. H. Driver, A. Orton and C. Wood-Robinson (Eds.). *Cognitive development research in science and mathematics*. Leeds: University of Leeds. 244-251.
 17. Driver, R. (1981). Pupils alternative frameworks in science. *European Journal of Science Education*, 3(1), 93-101.
 18. Driver, R. & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
 19. Gilbert, J. K, & Osborne, R. J. (1980). Identifying science students' concept: The interview-about-instances approach. In W. F. Archenthal, R. H. Driver, A. Orton and C. Wood-Robinson (Eds.). *Cognitive development research in science and mathematics*. Leeds: University of Leeds. 244-251.
 20. Haslam, F. & Treagust, D. F. (1987). Diagnosing secondary students misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological Education*, 21(3), 203-211.
 21. Kindfield, A. C. H. (1991). Confusing chromosome number and structure a common student error. *Journal of Biological Education*, 25(3), 193-200.
 22. Lawson, A. E., & Thompson, L. D. (1988).

- Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(9), 733-746.
23. Trowbridge, J. E. & Mintzes, J. J. (1988). Alternative conceptions in animal classification: A cross-age study. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(7), 547-571.
24. Wandersee, J. H. (1983). Students' misconceptions about photosynthesis: A cross-age study. In H. Helm and J. D. Novak(Eds). *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics*. Cornell University, Ithaca, N.Y. 441-446.
25. Westbrook, S. L., & Marek, E. A. (1992). A cross-age study of student understanding of concept of homeostasis. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(1), 51-61.