

초·중등학교 과학 교과서에서의 시각(eye vision) 개념의 연계성과 표현 방식 분석 및 연계성을 고려한 시각 개념 구성의 한 가지 제안

김영민

부산대학교

An Analysis on Conceptual Sequence and Representations of Eye Vision in Korean Science Textbooks and a Suggestion of Contents Construct Considering Conceptual Sequence in the Eye Vision

Kim, Youngmin

Pusan National University

Abstract: The aims of this research are to analyze the representations and conceptual sequence of eye vision in Korean science textbooks and to suggest a contents construct about eye vision where the conceptual sequence is considered. Research method was literature review, and the literatures that were used for analysis were the 7th Korean science curriculum which was revised in 1997, and the science and physics textbooks developed based on the 7th Korean science curriculum. The research results are as follows: 1) Although the science curriculum seems to have no problem on sequence in the eye vision concepts, the science and physics textbooks based on the curriculum reveal problems on the sequence in the eye vision concepts; 2) Some Korean science textbooks explain retinal image formation according to the Alhazen's idea, except in inverse image; 3) Some Korean science textbooks explain about the reasons of near- and far-sightedness without consistency between the textbooks for 7th and 8th grade students; 4) A few Korean science textbooks give an inappropriate explanation about the principle of eye sight correction by eye glasses; 5) According to the analysis result, the concepts related to eye vision should be presented in the order of explanation about light refraction phenomena, image formation process by convex lens, structure of human eye and retinal image formation process, correction of eye sight using lens.

Key words: science textbook, eye vision, conceptual sequence, near-sightedness, far-sightedness, science curriculum, eye glasses

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

우리가 눈으로 물체를 어떻게 지각하는가의 문제는 과학의 어느 한 분야의 지식만으로는 이해하기 어려운 개념이다. 그것은 과학사적으로 볼 때에도 현대적 시각 이론으로 발전하기까지 매우 오랜 시간이 걸린 것에서도 이해할 수 있다. 즉, 우리가 물체를 어떻게 지각하는가의 문제는 고대 Plato의 ‘눈 속에 불’(fire in the eye)이 있다는 생각으로부터 나온 ‘눈에서 빛이 나와 물체를 본다’는 이론(Plato, 1965)과 ‘눈으로 빛이 들

어와서 물체를 보게 된다’는 Aristotle 이론의 대립으로부터 시작하여, Ptolemy와 Euclid의 생각을 거치면서 Alhazen에 이르러 잘 통합되고 정리된 것처럼 보였다(Lindberg, 1976; Crombie, 1990). Alhazen은 그때까지의 시각 이론과 상이 수정체 앞면에 맺힌다는 Galen의 생각을 바탕으로 시각 이론을 정리하였다(Lindberg, 1976). Alhazen으로부터 Witelo에게 이어져 16세기 말까지 보편적으로 이해되었던 시각 이론은 물체의 한 점에서 반사된 빛이 진행하면서 각막에 수직으로 입사하는 빛만 각막을 통과하여 수정체와 반응하여 수정체 앞면에 그 점의 상을 맺는다는 것이며, 그렇기 때문에

*교신저자: 김영민(minkyio@pusan.ac.kr)

**2007.05.27(접수) 2007.08.10(1심통과) 2007.08.15(2심통과) 2007.08.16(최종통과)

도립 상이 생기지 않고 정립 상이 맺힌다는 것이다. 그리고 그 상이 수정체를 통과하여 그대로 시신경으로 전달되어 상을 인식한다는 것이었다(Lindberg, 1976; Crombie, 1990).

1600년경에 이 설명에 접한 Kepler는 그들의 시각 과정에 대한 설명이 광학적으로 불가능함을 렌즈를 이용한 실험의 분석에서 밝히고 현대적인 시각 이론을 세우게 된다(Ferguson, 2002). 그의 이론의 핵심은 물체의 한 점에서 반사된 빛이 각막에 수직인 빛뿐만 아니라 각막 전체를 통해 입사하고 수정체에서 굴절한다음 망막의 한 점에 모이게 되어 물체의 상이 맺히며, 따라서 물체의 상은 망막에 도립으로 생긴다는 것이다(Kepler, 1990). Alhazen의 생각과 Kepler의 생각을 비교하여 제시하면 그림 1과 같다.

이러한 Kepler의 이론은 물리학에서의 광학과 생물학에서의 생리학이 함께 관련되어 있다. 즉, 빛이 렌즈에서 어떻게 진행하고 물체의 상이 어떻게 형성되는가에 관한 지식과 눈의 구조 및 눈에서의 상 형성과 신경에 의한 시각에 관련되어 있어서 시각 개념의 이해를 위해서는 이들 지식의 연계적인 구성이 매우 중요하다. 특히, 한국의 과학 교육과정과 교과서에서는 시각과 관련된 내용이 물리 관련 단원과 생물 관련 단원의 두 영역에 관련되며, 두 영역의 여러 학년에 걸쳐 제시되어 있으므로 연계적 개념 구성은 더욱 중요하게 고려되어야 한다.

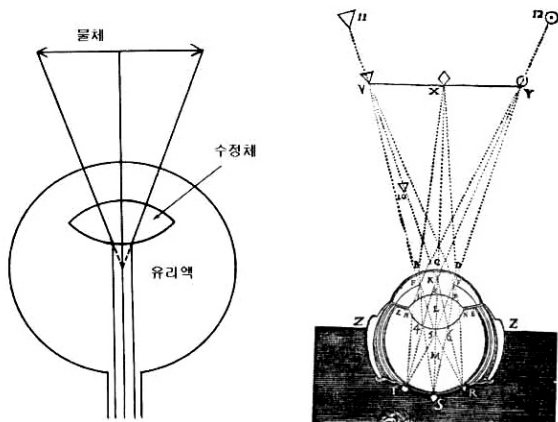
한편 시각 개념에 대한 한국 학생들의 개념 연구를 보면, 빛이 사람의 눈에 들어오기까지 어떻게 진행되는가에 대한 개념 연구가 있고, 사람 눈으로 들어온 빛이 어떻게 진행되는가에 대한 개념 연구가 있다. 전자에

대한 연구로, 송진용 등(2004)은 물속의 물체가 떠 보이는 현상이라든지, 사각형 수조 속의 물고기가 커 보이는 현상에 대한 정성적 이해도가 중학교 3학년 학생의 경우는 각각 15%와 36%, 고등학교 2학년 학생들의 경우는 각각 28%와 29%인 것으로 보고 하였으며, 이재봉 등(2004)은 중학생의 개념 분석에서 거울로 물체를 보게 되는 것을 광선 추적으로 바르게 이해하는 학생은 상황에 따라 2-5%이며, 권경필 등(2006)은 7학년 학생들의 상당수가 거울에 의한 상에 대한 오개념을 가진 것으로 보고하였다. 이들 연구는 모두 빛이 사람의 눈에 들어오기까지의 진행에 대한 학생들의 개념을 조사한 것이다. 후자에 대한 연구, 즉, 눈의 망막에 상을 맺는 기작에 대한 학생들의 개념을 조사한 연구들에 의하면, Kim(2006)은 한국의 중학생들, 특히 중학교 2학년의 ‘자극과 반응’에서 시각 개념에 대한 학습을 마친 중학교 2학년 학생들의 6% 정도만이 시각 개념을 이해하고 있음을 발견하였으며, 교과서에서 망막에 상을 맺는 과정을 어떻게 표현했는가에 따라 학생들의 망막 상 작도가 영향을 받는다고 주장하였다. 또 Kim & Kim(2006)의 조사에 의하면 한국의 고등학생들 특히, 물리 1에서 렌즈에서의 상의 작도에 대해 학습한 학생들도 5% 정도만이 망막에서의 상 형성에 대한 개념을 바르게 이해하고 있는 것으로 나타났다.

이렇게 한국의 중·고등학생들의 눈에서의 시각 개념에 대한 이해도가 낮은 것과 망막 상 형성에 대한 개념이 교과서 표현 방식에 의존함을 볼 때, 한국의 현행 과학 교육과정 및 교과서에서의 시각 관련 개념의 표현 방식과 개념적 연계성을 심층적으로 분석해 볼 필요가 있다. 최근에 제7차 중등학교 과학과 교육과정의 적정성 분석 연구(이양락 외, 2006)가 있었으나 포괄적인 분석이었기에 세부적인 개념들의 연계성 분석은 들어 있지 않았으며, 시각 관련 개념의 표현 방식에 대해서도 분석되지 못했다. 따라서 본 연구에서는 한국의 현행 초·중등학교 과학 교육과정과 교과서를 분석하여 시각 개념의 표현 방식과 개념적 연계성은 어떠한지를 조사하고, 개념의 수준을 고려하여 시각 개념을 이해시키기 위한, 연계성 있는 시각 개념 구성을 제안하는 것을 목적으로 하였다.

2. 연구의 방법

연구의 방법은 문헌 분석 방법을 사용하였다. 문헌 분석은 한국의 과학 교육과정과 교과서를 분석하는 것으로 하였으며, 분석에 사용한 문헌들은 표 1과 같다. 분석에 사용된 교육과정은 제7차 과학 교육과정이



<Alhazen의 생각> <Kepler의 생각>
 그림 1 Alhazen과 Kepler의 물체의 상이 망막에 맺히는 과정 도식 비교

표 1
본 연구의 분석 대상 문헌

학교급	구분	종류	비고
초등학교	교육과정	제7차 초등학교 교육과정	* 교육과정은 교육부(1997) 고시 국가 교육과정 ‘과학’ 영역
	교과서	초등학교 ‘과학’	* 교과서는 국정 교과서 ‘5학년 과학’
	교육과정	제7차 중학교 교육과정	교육부(1997) 고시 국가 교육과정
중학교	교과서	중학교 과학 1 (9종)	출판사: (주)교학사 2종, (주)금성출판사, 도서출판 대일도서, (주)동화사, (주)두산, (주)도서출판 디딤돌, (주)블랙박스, (주)지학사
		중학교 과학 2 (9종)	출판사: (주)교학사 2종, (주)금성출판사, 도서출판 대일도서, (주)동화사, (주)두산, (주)도서출판 디딤돌, (주)블랙박스, (주)지학사
고등학교	교육과정	제7차 고등학교 교육과정(1)	교육부(1997) 고시 국가 교육과정
	교과서	고등학교 과학 (2종)	출판사: (주)금성출판사, (주)지학사
		고등학교 물리I (4종)	출판사: (주)금성출판사, 대한교과서(주), (주)교학사, (주)중앙교육진흥연구소

며, 교과서는 초등학교 과학 교과서는 국정 교과서이므로 1종을 분석하였고, 중학교 과학 교과서는 7학년과 8학년 과학 교과서 9종을 모두 분석하였으며, 고등학교 과학은 설명에 큰 차이가 없어서 10학년 과학은 2종을, 고등학교 물리I은 4종을 분석 대상으로 하였다. 본 연구에서 시각 관련 개념은 눈의 구조, 망막에 상이 맺히는 과정, 볼록렌즈에 의한 상(눈의 수정체에 의해 상이 맺히는 과정), 렌즈에 의한 시력 교정 등으로 한정하였으며, 이 내용에 대해 다음과 같은 관점에서 분석하였다.

- 첫째, 어떤 시각 관련 내용이 서술되어 있는가?
- 둘째, 학년간의 중복이나 개념적 비약은 없는가?
- 셋째, 상위 개념을 학습하기 위한 하위 개념 수준은 적절한가?
- 넷째, 시각 관련 개념의 표현 방식은 어떠한가?

II. 과학 교육과정 및 과학 교과서에 제시된 시각 관련 내용

첫 번째 분석 관점에 따라, 한국의 제7차 과학 교육

표 2
과학 교육과정 내용과 실제로 제시된 과학 교과서 내용 비교

학년	단원	과학 교육과정 내용	과학 교과서 내용	비고
5	거울과 렌즈	· 렌즈를 통해 본 물체의 상 · 렌즈를 이용한 사진기 만들기	· 오목렌즈와 볼록렌즈 구분 · 렌즈로 가까이 있는 물체와 멀리 있는 물체 보기 · 렌즈를 통과한 빛의 진행 관찰(빛의 퍼짐과 모임)[그림 2 참조] · 간이사진기 만들기(렌즈의 초점거리 재기)	
7	빛	· 빛의 굴절 현상 관찰 · 실생활 이용 예	· 빛의 굴절(입사각, 굴절각) · 안경(근시-오목렌즈, 원시-볼록렌즈로 시력 교정)[그림 3 참조]	* 망막 상 형성 과정에 대한 충분한 설명 없이 시력 교정을 설명함
8	자극과 반응	· 망막에 맺히는 상	· 눈의 구조 · 망막에 상이 맺히는 과정 · 렌즈에 의한 시력 교정	* 물체의 한 점에서 발산된 빛이 모여야 상이 생긴다는 설명 필요.
10	생명 (자극과 반응)	· 자극을 수용하는 방식	· 눈의 구조 · 색에 대한 인식	
11-12	파동과 입자	· 렌즈에 의한 상 작도	· 렌즈에 의한 상을 작도하여 설명	* 이 부분에서 안경에 의한 시력 보정 설명 필요함.

과정 내용과 과학 교과서에 시각 개념과 관련하여 어떤 내용들이 있는지를 분석하였다. 시각 개념과 관련된 과학 내용이 제시된 학년, 단원, 교육과정 서술 내용, 그리고 교과서 서술 내용은 표 2와 같다.

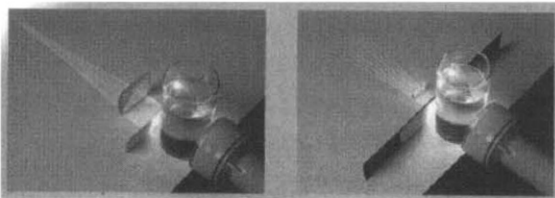
시각 관련 개념은 초등학교 5학년에서 처음 제시되며, 여기서 빛의 굴절과 관련하여 제시된 핵심적인 내용은 그림 2와 같다. 그림 2의 왼쪽은 볼록렌즈에 의한 빛의 굴절을 보여주는 것이고, 오른쪽은 오목렌즈에 의한 빛의 굴절을 보여주는 것이다. 그리고 이 두 가지 내용은 8학년에서 배우게 될 눈에서의 상 맺힘을 이해하기 위해서는 필수적으로 알고 있어야 한다. 그러나 이 내용만 가지고서는 볼록렌즈에 의해 물체의 상이 맺히는 현상을 이해하기는 어렵다.

초등학교 5학년에서 빛의 굴절 현상을 관찰한 후 학생들은 7학년에서 빛의 굴절 개념을 학습하게 된다. 7학년 교과서에서는 빛의 굴절 현상에서 입사각과 굴절각을 설명하고, 그 이용 예로서 거의 모든 교과서가 안경에서의 빛의 진행을 제시하고 있으며, 그 한 예는 그림 3과 같다. 즉, 볼록렌즈 안경을 쓰면 빛을 렌즈 중심 쪽으로 굴절시키기 때문에 원시안을 가진 사람이 물체의 상을 망막에 맺히게 할 수 있어서 잘 볼 수 있다는 것이며, 오목렌즈 안경을 쓰면 빛을 렌즈 중심에

서 멀어지는 방향으로 굴절시키기 때문에 근시안을 가진 사람이 물체의 상을 망막에 맺히게 할 수 있어서 잘 볼 수 있다는 것이다.

8학년 과학 교과서에서는 [자극과 반응] 단원에서 시각과 관련된 설명이 제시되어 있다. 여기서는 망막에 상이 맺히게 되는 원리를 설명하고 있으며, 본 연구자가 분석한 9종의 교과서 중에서 2종은 망막에 상이 맺히는 과정을 설명하고 있고, 2종은 망막에 상이 맺히는 과정과 근시 및 원시를 설명하고 있으며, 나머지 5종은 망막에 상이 맺히는 과정, 근시와 원시 및 이물렌즈를 이용하여 교정하는 원리까지 설명하고 있다. 10학년 ‘과학’에서는 [생명] 단원 중에 있는 ‘자극과 반응’에서 시각 관련 내용을 학습하게 되는 데 여기서는 주로 눈의 구조와 눈에서 색깔을 감각하는 원리가 설명되어 있다.

렌즈에 의해 물체의 상이 맺히는 과정에 대해 좀 더 체계적으로 학습하게 되는 것은 고등학교 물리1의 [파동과 입자] 단원에서의이다. 분석 대상으로 사용된 4종의 교과서 모두에서 굴절을 측정 실험을 하고 굴절의 법칙을 다루고 있다. 그리고 그림 4와 같이 렌즈에 의해 상이 맺히는 현상을 작도를 이용하여 체계적으로 설명하고 있다. 그러나 이 부분에서 굴절 현상을 이용하는 예로 안경을 제시한 것은 4종중 1종뿐이다. 안경을 이용하는 것은 수정체(볼록렌즈)에 의한 상이 이해되고 그 앞에 볼록렌즈나 오목렌즈를 두었을 때의 빛의 진행을 알 때 충분히 이해될 수 있는 과제이므로 이 부분에서 안경의 원리를 설명한다면 잘 이해할 수 있겠으나 중학교에서 이미 여러 부분에서 설명되었기 때문인지 물리 I에서는 거의 설명하고 있지 않았다.



<볼록렌즈에 의한 빛의 굴절> <오목렌즈에 의한 빛의 굴절>
 그림 2 초등학교 5학년 과학 교과서에 제시된 빛의 굴절 관찰

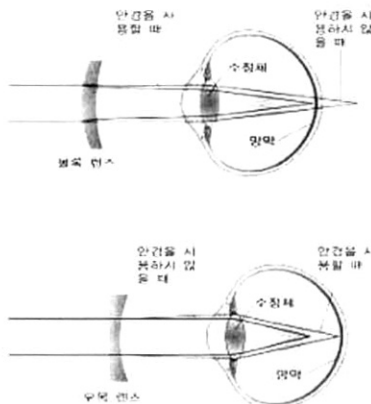


그림 3 7학년 교과서에 제시된 시각 관련 내용

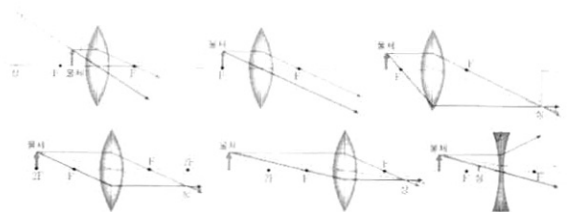


그림 4 물체의 위치에 따른 상의 종류

III. 시각 관련 개념 설명에 있어서의 연계성 분석

1. 학년간의 중복이나 개념적 비약 분석

앞에서 제시한 내용 분석에 기초하여, 두 번째 분석 관점인 학년간의 중복이나 개념적 비약은 없는지를 분

석하였다. 표 2에서 볼 때, 시각 개념과 관련된 단원은 5학년에서 12학년까지 펼쳐져 있으며, 교육과정 내용 상으로 보아서는 개념의 연계성에 문제가 없어 보인다. 즉, 5학년에서는 렌즈에 의한 상을 관찰하여 렌즈가 빛을 굴절시키는 작용을 한다는 것을 이해하며, 그것을 7

학년에서 개념적으로 설명한다. 그리고 그러한 개념의 이해를 통해 8학년과 10학년에서는 망막에 상이 맺히는 현상을 이해할 수 있도록 한다는 것이다. 그러나 이 내용들이 실제로 교과서로 집필되어 표현되었을 때, 표 2의 ‘과학 교과서 내용’에서 보는 바와 같이 7학년

표 3

7학년과 8학년의 시각 관련 내용에 대한 과학 교과서별 분석

교과서	7학년	8학년
교학사 (1)	<ul style="list-style-type: none"> · 평행광선의 초점이 망막에 맺히는 것처럼 표현[*] · 근시, 원시 원인: 눈의 조절능력 이상으로 설명 · 안경의 렌즈로 교정 설명(초점의 이동으로) 	<ul style="list-style-type: none"> · 물체 한 점에서 세 개 광선 나옴 - 각각 렌즈 중심, 렌즈 양끝을 지남 - 망막에 도립상 · 근시, 원시 원인: 상의 위치로만 설명
교학사 (2)	<ul style="list-style-type: none"> · 평행광선의 초점이 망막에 맺히는 것처럼 표현[*] · 근시, 원시 원인: 상의 위치로만 설명 · 안경의 렌즈로 교정 설명(초점의 이동으로) 	<ul style="list-style-type: none"> · 한 개 광선이 각각 물체 양 끝점에서 나옴- 수정체 양끝에서 굴절 - 망막 앞 초점을 지남 - 망막에 도립상 · 근시, 원시: 설명 없음
금성출판사	<ul style="list-style-type: none"> · 망막에 상이 맺히는 과정 설명 없음. · 근시, 원시 원인: 보는데 어려움으로 설명 · 안경의 렌즈로 교정 설명(그림 없이 설명) 	<ul style="list-style-type: none"> · 한 개 광선이 각각 물체 양 끝점에서 나옴 - 렌즈 중심에서 교차하여 나감 - 망막에 도립상 · 근시, 원시: 설명 없음
대일도서	<ul style="list-style-type: none"> · 망막에 상이 맺히는 과정 설명 없음 	<ul style="list-style-type: none"> · 한 개 광선이 각각 물체 양 끝점에서 나옴 - 렌즈 중심에서 교차 - 망막에 도립상 · 근시, 원시 원인: 안구 길이와 수정체 두께로 설명 · 렌즈로 교정: 망막 위치 변화로 교정 설명
동화사	<ul style="list-style-type: none"> · 평행광선의 초점이 망막에 맺히는 것처럼 표현[*] · 근시, 원시 원인: 수정체 이상으로 설명 · 안경의 렌즈로 교정 설명(초점의 이동으로) 	<ul style="list-style-type: none"> · 물체 양 끝점에서 각각 두 개 광선이 나옴 - 하나는 수정체 끝에서 굴절, 하나는 렌즈 중심을 지남 - 망막에 도립상 · 근시, 원시 원인: 수정체 두께 조절 이상으로 설명 · 렌즈로 교정: 상의 이동으로 설명
두산	<ul style="list-style-type: none"> · 망막에 상이 맺히는 과정 설명 없음 	<ul style="list-style-type: none"> · 두 개 광선이 물체 가운데 한 점에서 나옴 - 렌즈 양 끝점에서 굴절 - 망막에 도립상 · 근시, 원시 원인 - 수정체 조절 기능과 안구의 길이로 설명 · 렌즈로 교정 설명: 점상의 이동으로 설명(초점으로 오인 가능)
디딤돌	<ul style="list-style-type: none"> · 평행광선의 초점이 망막에 맺히는 것처럼 표현[*] · 근시와 원시 원인: 수정체 이상으로 설명 · 안경의 렌즈로 교정 설명(초점의 이동으로) 	<ul style="list-style-type: none"> · 물체 양 끝점에서 각각 두 줄기 광선이 나옴 - 하나는 수정체 끝에서 굴절, 하나는 렌즈 중심을 지남 - 망막에 도립상 · 근시와 원시 원인: 안구의 길이로 설명 · 렌즈로 교정 설명: 상의 이동으로 설명
블랙박스	<ul style="list-style-type: none"> · 두 개 광선이 각각 물체 양 끝점에서 나옴- 수정체 양끝에서 굴절 - 수정체 전과 후에 한 광선씩 교차 - 도립상 생김 · 근시와 원시 원인: 수정체 이상으로 설명 · 안경의 렌즈로 교정 설명(상의 이동으로) 	<ul style="list-style-type: none"> · 한 개 광선이 각각 물체 양 끝점에서 나옴 - 렌즈 중심에서 교차 - 망막에 도립상 · 근시와 원시 원인 - 수정체 두께 조절 이상으로 설명(상의 위치 설명시 두 개 광선 이용) · 렌즈로 교정 설명: 상의 이동으로 설명
지학사	<ul style="list-style-type: none"> · 망막에 상이 맺히는 과정 설명 없음 	<ul style="list-style-type: none"> · 물체의 상이 맺히는 과정 설명 없음 · 도립상 설명 없음 - 초점이 망막에 맺히는 것으로 설명 · 근시와 원시 원인 - 안구의 길이로 설명 · 렌즈로 교정: 초점의 이동으로 설명

* 멀리 있는 한 점에서 오는 광선들이 평행하게 오는 것을 표현한 것이지만 굴절 후 모인 점을 초점으로 오인하게 할 수 있음.

[빛] 단원과 8학년 [자극과 반응] 단원에서 오목렌즈와 볼록렌즈에 의한 시력 교정 내용이 중복 설명 되어 있다. 또한, 7학년 [빛] 단원에서 망막에 상이 어떻게 형성되는가에 대한 충분한 설명 없이 렌즈를 이용한 시력 교정을 설명하는 것은 개념적 비약이라고 보아야 할 것이다.

2. 상위 개념을 학습하기 위한 하위 개념 수준의 적절성 분석

표 2에서 보면 초등학교 5학년에서 7학년(중학교 1학년)으로 연결되는 것은 문제가 없으나 7학년에서 8학년으로 시각 개념이 연결되는 데에는 몇 가지 연계성 문제를 가질 수 있음을 볼 수 있다. 이를 좀 더 구체적으로 살펴보기 위해 7학년 ‘빛’ 단원과 8학년 ‘자극과 반응’에서 시각과 관련된 내용을 교과서 별로 분석한 결과는 표 3과 같다.

표 3에서 보면 시각 개념의 연계적 구성에 몇 가지 문제점이 있음을 발견할 수 있다.

첫째는 7학년의 경우 9종중 6종의 과학 교과서에서 근시와 원시를 다루고 있으며, 이를 교정하기 위한 오목렌즈 안경과 볼록렌즈 안경에 관한 설명을 다루고 있다. 그러나 안경을 이용한 시력 교정을 이해하기 위해서는 이미 학생들이 눈의 구조와 눈의 수정체에서 빛이 굴절하여 망막에 맺힌다는 것을 알고 있어야 한다. 그러나 초등학교 과학 교과서 분석에서 제시한 바와 같이 학생들은 눈의 구조와 수정체에서 빛이 굴절하여 망막으로 간다는 것을 학습하지 않은 상태이다. 그러므로 이 내용은 사실상 7학년 학생들이 이해하기에는 무리가 있다. 안경에 의한 시력 교정을 이해하기 위해서는 이 단원의 시작 부분에서 눈의 구조와 수정체의 역할을 먼저 학습할 필요가 있다. 즉, 8학년 자극과 반응에서 가르쳐지는 눈의 구조와 수정체의 기능이 먼저 학습된 후에 안경에 대한 설명이 주어져야 개념의 연계성에 무리가 없다는 것이다. 그렇기 때문에 어떤 과학 교과서는 눈의 구조와 수정체의 기능을 간략하게 설명한 후 안경의 이용에 대해 설명하고 있었다. 그러나 이것은 과학 교육과정 내용과 다르며 8학년 ‘자극과 반응’ 설명 내용과의 중복을 피할 수가 없다.

둘째, 같은 출판사에서 같은 저자들에 의해 발행된 교과서인데도 근시와 원시의 원인에 대한 설명에서 개념 수준이 역전되었거나 일관성이 없는 경우가 있다. 예를 들면, 7학년 교과서에서는 ‘눈의 조절 능력 이상’으로 근시와 원시의 원인을 설명했는데 8학년에서는 단순히 ‘상의 위치가 망막에 맺히지 않기 때문’으로 설

명하거나, 근시와 원시에 대한 설명이 7학년 교과서에는 있으나 오히려 8학년 교과서에서는 다루지 않아, 개념 수준이 8학년에서 더 낮아진 경우가 있고, 7학년에서는 근시와 원시의 원인을 수정체의 두께 조절 기능의 이상으로 설명했는데, 8학년 교과서에서는 안구의 길이 때문으로 설명하여, 학년 간 설명의 일관성이 결여된 경우도 있다.

IV. 시각 관련 개념 표현 방식 분석

네 번째 분석 관점에 따라 시각 관련 개념의 표현 방식을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 볼록렌즈의 초점 표현과 볼록렌즈에 의한 상 표현의 구분 모호성

7학년과 8학년 과학 교과서의 시각 관련 설명에서 빛이 망막의 한 점에 모여 상을 맺는다고 하는 표현이 초등학교 5학년 교과서에서 설명한 초점 거리에 대한 표현과 같다(그림 2, 그림 3 참조). 이렇게 표현하는 것은 볼록렌즈의 초점 거리 위치에 상이 생긴다는 것으로 잘못 이해하게 할 수 있다. 실제로 Kim(2006)의 연구에서 제시된 바와 같이 7학년의 ‘자극과 반응’ 학습을 마친 학생들을 대상으로 ‘우리 눈의 망막에 상이 형

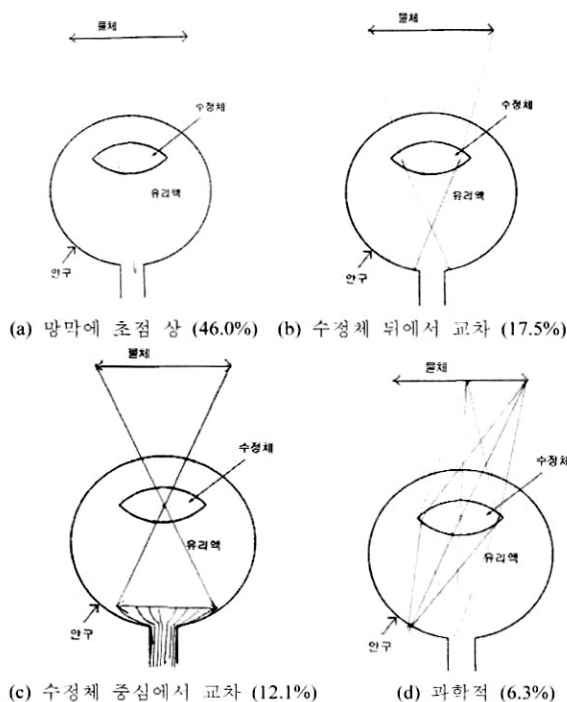


그림 5 ‘물체를 어떻게 보는가’에 대한 중학생들의 생각

성되는 과정'을 그려보게 했을 때 중학생들의 46%가 그림 5의 (a)와 같이 그린 것을 보면 이러한 개연성을 추론할 수 있다.

2. 상이 맺히는 과정 설명의 지나친 단순화

8학년의 경우에는 모든 과학 교과서에서 망막에 상이 맺히는 과정을 설명하고 있다. 그런데 망막에 상이 맺히는 과정은 교과서에 따라 그림 6과 같이 두 가지 방식 중의 하나로 설명하고 있다. 즉, 9종중 4종의 교과서는 그림 6의 오른쪽과 같이 물체의 한 점에서 나온 한 개 광선이 진행하여 망막의 한 점에 상을 맺는 것으로 설명하고 있고, 9종중 5종의 교과서는 왼쪽과 같이 물체의 한 점에서 나온 두 개 이상의 광선이 진행하여 망막의 한 점에 상을 맺는 것으로 설명하고 있다. 이 그림에서 오른쪽 것은 과거 Alhazen의 생각에서 망막에 도립상이 맺힌다는 표현이 추가된 것일 뿐 크게 다른 것이 없음을 볼 수 있으며, Kepler가 Alhazen의 설명에서 문제를 발견했다는 과학사적 사실을 고려한다면, 오른쪽과 같이 지나치게 단순화하여 표현하는 것은 적절하지 않은 표현이라고 보아야 할 것이다. Kim(2006)의 연구에서 상당수의 학생들이 그림 5의 (c)와 같이 망막 상 형성 과정을 그린 것에서도 그 이유를 찾을 수 있다. 그림 6의 왼쪽 그림은 Kepler의 설명을 간략하게 표현한 것으로 이해할 수 있다.

3. 근시와 원시 교정 원리 설명의 비밀관성

8학년 과학 교과서 9종중에서 7종의 교과서가 망막에 상이 맺히는 원리 외에 근시와 원시의 원인 및 렌즈를 이용하여 근시와 원시를 교정하는 원리를 설명하고 있다. 그런데 그 설명이 교과서에 따라 3 가지 방식으로 설명하고 있다는 것이다. 7종중 2종의 교과서에서는 수정체 두께 조절에 이상이 생긴 것으로 설명하고 있고, 2종의 교과서에서는 안구의 길이가 보통보다 길거나 짧기 때문으로 설명하고 있으며, 2종의 교과서에서는 안구의 길이와 수정체 두께 조절 이상의 두 가지

를 모두 설명하고 있으며, 나머지 1종의 교과서에서는 단순히 상이 망막에 정확히 맺히지 않기 때문으로 설명하고 있다.

이러한 근시와 원시를 교정하기 위해 안경을 쓰게 되는데, 안경에 의해 시력이 교정되는 원리에 대한 설명도 교과서에 따라 3가지로 설명하고 있다. 오목렌즈나 볼록렌즈 안경을 써서 망막의 위치에 정확히 상이 맺히도록 한다는 설명을 하면서 7종중 2종은 그림 7과 같이 여러 평행 광선이 렌즈를 지나 한 점에 모이는 것으로 표현(렌즈의 초점이 망막에 맺히는 것으로 오인 가능)하고 있으며(7학년의 경우에는 4종이 이와 같이 설명), 4종은 그림 8과 같이 도립상이 망막에 맺히는 것으로 설명하고 있고(7학년의 경우는 1종이 이와 같이 설명), 나머지 1종은 그림 9의 설명과 같이 볼록렌즈나 오목렌즈 안경을 써서 망막의 위치를 변경시켜 상을 뚜렷이 볼 수 있게 한다고 설명하고 있다.

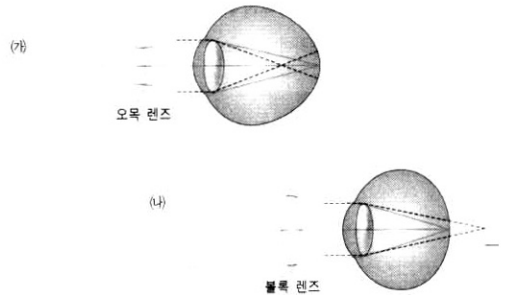


그림 7 망막에 초점이 맺히는 것으로 시력 교정 설명

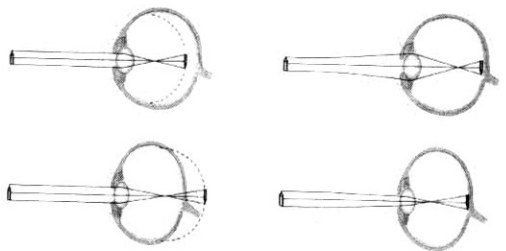


그림 8 망막에 도립상이 맺히는 것으로 시력 교정 설명

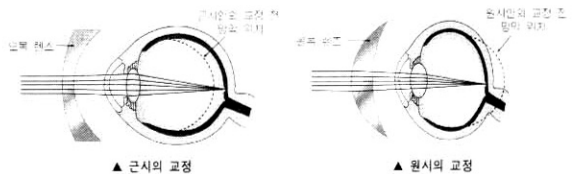


그림 9 망막의 위치 변화로 설명된 근시와 원시의 교정 원리

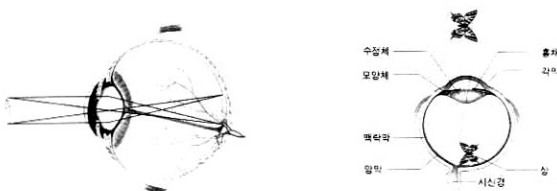


그림 6 8학년 '자극과 반응'에 제시된 시각 관련 그림

V. 시각 관련 과학 개념의 표현 및 연계적 구성을 위한 제안

이상의 현행 과학 교육과정과 교과서에서의 연계성의 문제와 오인의 문제를 해결하기 위해서는 시각 관련 개념들이 다음과 같이 구성될 필요가 있다.

첫째, 7학년과 8학년의 시각 관련 설명에서 빛이 망막의 한 점에 모여 상을 맺는다고 하는 설명이 초등학교 5학년 교과서에서 설명한 초점 거리에 대한 설명과 같다는 점을 해결하기 위해서는 물체의 한 점에서 나오는 여러 빛이 망막의 한 점에 모여 상을 맺는 그림과 설명이 있어야 한다. Breithaupt(1994)의 과학 교과서에서는 눈으로 물체를 보게 되는 과정을 그림 10과 같이 물체의 한 점으로부터 한 개 광선이 아니라 두 개 광선이 나와 망막에 모일 때 그 점의 상이 맺히는 것으로 설명하고 있으며, 우리나라의 몇 개 교과서에서도 이같이 설명하고 있다. 이들 교과서에서는 Kepler의 설명 방식처럼 물체의 한 점으로부터 한 개 광선이 아니라 여러 개 광선이 나와 망막의 한 점에 모일 때 그 점의 상이 맺히는 것으로 설명하고 있다.

둘째, 7학년의 경우 대부분의 과학 교과서에서 근시와 원시를 다루고 있으며, 이를 교정하기 위한 오목렌즈 안경과 볼록렌즈 안경에 관한 설명을 다루고 있는데, 눈의 수정체(볼록렌즈)에 의해 망막에 상이 형성되는 것을 배우지 않은 상태에서 이 내용을 다루는 것은 개념적 비약이라고 볼 수 있다. 그러기 때문에 어떤 교과서에서는 눈의 구조와 망막에 상이 맺히는 과정을 7학년에서 다루고 있는데, 이 내용은 결국 8학년 [자극과 반응]에서 다루는 내용과 대부분 중복되어 있었다. 따라서 7학년에서는 근시와 원시 및 이의 교정을 다루지 않는 것이 바람직하다고 생각된다.

셋째, 근시와 원시의 원인 및 렌즈를 이용하여 근시와 원시를 교정하는 원리 설명이 교과서에 따라 3 가지 방식으로 설명하고 있는 것은 어떤 교과서로 학습했는가에 따라 다른 개념을 가질 수 있으므로 근시와

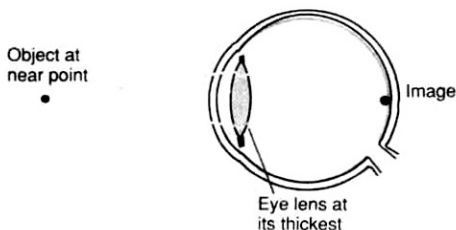


그림 10 Breithaupt(1994)의 교과서에 제시된 시각 설명

원시의 주된 원인이 설명되고 다른 가능성 있는 원인이 부가적으로 설명될 필요가 있다.

넷째, 같은 출판사에서 같은 저자들에 의해 발행된 교과서인데도 근시와 원시의 원인에 대한 설명에서 개념 수준이 역전되었거나 일관성이 없는 경우가 있는 것은 교과서 개발 과정에서 집필진 사이에 충분한 협의가 이루어지지 않았기 때문일 것이다. 중학교 과학 교과서는 물리, 화학, 생물, 지구과학의 개념들이 모두 관련되므로 개념 수준의 역전이나 일관성의 문제가 발생하지 않도록 충분한 협의와 조절이 이루어져야 할 것이다.

지금까지의 개념적 연계성의 문제와 개념 수준을 고려해 볼 때, 새 교과서 구성에서는 그림 11과 같은 연계적 구성을 고려할 필요가 있다.

그림 11의 연계적 개념 구성에서 현행 제7차 교육과정 및 교과서 내용과 다른 것은 망막에 상이 생기는 것을 이해하기 위해서는 볼록렌즈에 의해 상이 생기는 과정에 대한 이해가 선행되어야 하는 점, 인간의 정상적인 눈의 수정체는 조절 가능한 볼록렌즈이기 때문에 물체의 거리에 관계없이 망막에 도립 실상을 맺는다는 내용이 추가되었고, 안경의 이용은 두 개의 렌즈를 지나는 빛의 굴절과 관련되므로 그 도입에 있어서 수준의 문제를 고려해야 하고, 근시와 원시를 학습한 후에 도입된다면 그 원리를 이해하는 데 훨씬 도움이 될 것 이므로 근시와 원시에 대한 학습 후에 제시하였다.

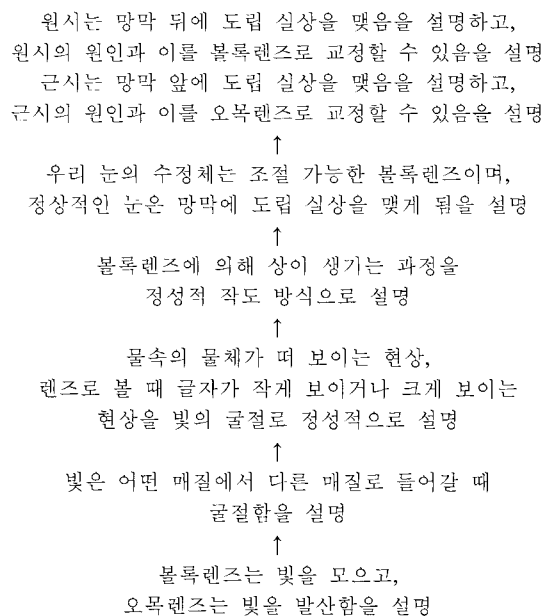


그림 11 시각 관련 개념 수준에 따른 연계적 개념 구성

국문 요약

본 연구에서는 한국의 중등학교 과학 교육과정과 교과서를 분석하여 시각 개념 표현 방식과 연계성은 어떠한지를 분석하고, 개념의 수준을 고려하여 시각 개념을 이해시키기 위한, 연계성 있는 시각 개념 구성을 제안하는 것을 목적으로 하였다. 연구의 방법은 문헌 분석 방법을 사용하였으며, 문헌 분석은 제7차 한국의 과학 교육과정과 제7차 과학 교육과정에 따라 개발된 과학 및 물리I 교과서를 분석하였다.

한국의 현행 교육과정과 현행 과학 교과서의 분석을 통한 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 과학 교육과정상으로 보면 시각 개념의 연계성에 문제가 없어 보이지만 교육과정에 따라 실제로 집필된 교과서 내용상으로는 시각 개념의 연계성에 문제가 있는 것으로 나타났다. 눈에서 수정체의 기능은 8학년에서 학습하도록 되어 있는데도 7학년에서 안경에 의한 시력 보정의 원리가 제시되고 있는 것은 개념 이해에 어려움이 있을 것으로 보인다. 둘째, Kepler는 Alhazen의 시각 개념에서 물체의 한 점에서 반사된 한 광선이 수정체의 한 점에 도달하여 그 점의 상을 맺을 수 있다는 설명에서 문제점을 발견하고 현대적인 시각 이론을 세웠지만 한국의 일부 과학 교과서는 여전히 Alhazen 방식의 망막 상 형성을 설명하고 있다. 셋째, 근시와 원시의 원인에 대한 설명의 일관성이 없는 경우가 있고, 대부분 두 가지 이유 중의 한 가지로만 설명하고 있다. 마지막으로, 개념 위계를 고려한 시각 개념의 연계적 구성에 있어서는 볼록렌즈에 의한 상에 대해 학습한 후에 우리 눈의 구조와 기능이 제시되어야 하며, 우리 눈의 구조와 기능을 학습한 후에 안경의 기능과 시력 보정이 제시될 필요가 있다.

참고 문헌

강만식 외 (2005). 중학교 과학 1, 2. 서울: (주)교학사.
 교육부 (1997). 초등학교 교육과정. 서울: 대한교과서주식회사.
 교육부 (1997). 중학교 교육과정. 서울: 대한교과서주식회사.
 교육부 (1997). 고등학교 교육과정[1]. 서울: 대한교과서주식회사.
 권경필, 방소윤, 이성목, 이경호(2006). 광학분야에서의 학생 개념의 상황의존성: 시각과 거울상을 중심으로. 한국과학교육학회지, 26(3), 406-414.
 권재술 외 (2006). 고등학교 물리 I. 서울: (주)교학사.
 김정률 외 (2007). 중학교 과학 1, 2. 서울: (주)블

랙박스.
 김찬중 외 (2006). 중학교 과학 1, 2. 서울: (주)도서출판 디딤돌.
 박봉상 외 (2007). 중학교 과학 1, 2. 서울: (주)동화사.
 박봉상 외 (2003). 고등학교 물리 I. 서울: 대한교과서(주).
 소현수 외 (2005). 중학교 과학 1, 2. 서울: (주)두산.
 송진웅, 김익균, 김영민, 권성기, 오원근, 박종원 (2004). 학생의 물리 오개념 지도. 서울: 북스힐.
 이광만 외 (2007). 중학교 과학 1, 2. 서울:(주)지학사.
 이면우 외 (2003). 고등학교 과학. 서울: (주)지학사.
 이문원 외 (2006). 고등학교 과학. 서울: (주)금성출판사.
 이성목 외 (2006). 중학교 과학 1, 2. 서울: (주)금성출판사.
 이양락, 박재근, 이봉우(2006). 제7차 중등학교 과학과 교육과정 내용의 적정성 분석. 한국과학교육학회지, 26(7), 775-789.
 이재봉, 남경운, 손정우, 이성목 (2004). 광선추적과 스펙트럼에 대한 교사와 중학생의 개념 분석 연구. 한국과학교육학회지, 24(6), 1189-1205.
 이춘우 외 (2006). 고등학교 물리 I. 서울:(주)중앙교육진흥연구소.
 정완호 외 (2007). 중학교 과학 1, 2. 서울:(주)교학사.
 채광표 외 (2006). 고등학교 물리 I. 서울: (주)금성출판사.
 최돈형 외 (2006). 중학교 과학 1, 2, 서울:도서출판 대일도서
 Breithaupt, J. (1994). Key Science - Physics. Cheltenham: Stanley Thomes Publishers.
 Crombie, A. C. (1990). Science, optics and music in medieval and early modern thought. London: The Hambledon Press.
 Ferguson, K. (2002). Tycho & Kepler. New York: Walker & Company.
 Kepler, J. (1990). De Modo Visionis, translated by A. C. Crombie. London: The Hambledon Press.
 Lindberg, D. C. (1976). Theories of vision from al-Kindi to Kepler. Chicago: University of Chicago Press.
 Kim, Y. (2006). How many Korean secondary school students find the same scientific problems as Kepler found in optics and physiology? 2006 International Conference on Science Education for the Next Society, Center for SENS, Seoul: Seoul National University.
 Kim, Y. & Kim, Y. (2006). Kepler's problem finding and students' responses in the same problem finding situation with Kepler in the eye vision. ASERA 2006 International Conference, Canberra: University of Canberra.
 Plato (1965). Timaeus and Critias, translated by D. Lee. London: Penguin Books.