

# 2007·2009 개정 초등 과학 교과서 ‘우리 몸의 구조와 기능’ 단원의 편집디자인에 따른 초등학생들의 시각적 주의 분석

신원섭<sup>†</sup>

(서울송천초등학교)

## Analysis of Elementary School Students' Visual Attention on the Editorial Design of 'Structure and Function of Our Body' in the 2007·2009 Revised Elementary Science Textbook

Shin, Won-Sub<sup>†</sup>

(Seoul Song-Cheon Elementary School)

### ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the visual attention of elementary school students according to the editorial design of the 2007·2009 revised elementary science textbook 'Structure and function of our body'. For this purpose, eye movements were collected while elementary school students were watching real textbooks wearing mobile eye tracker. The BeGaze 3.7 program of SMI company was used analyzing eye movements. Twenty-six elementary school students participated voluntarily in mobile tracking research. Elementary students learned the contents of textbook related to 'digestive organ' and 'respiratory organ' by using double reading learning strategy. The results of this study are as follows. First, as a result of pre- and post-knowledge tests, there was no statistically significant difference in learning effect between 2007 revised and 2009 revised textbook editing design. Second, elementary school students tended to give more visual attention to text than textbook illustrations. Third, the selective attention and persistent attention of elementary students showed a very strong positive correlation (.940), but the selective attention and self-control showed a strong positive correlation (.499). Fourth, students with high level of attention and low level showed high visual occupancy in text than in illustrations. Fifth, elementary school students preferred the 2009 revised science textbook to the 2007 revised.

**Key words:** visual attention, editorial design, textbook, mobile eye tracker

### I. 서 론

우리나라의 교육과정과 교과서의 개발 및 적용기간은 7차 교육과정 이후 교육과정의 수시 개정으로 인해 짧아지고 있다. 현재 2009개정 과학 교과서를 학교 현장에 적용한 지 5년에 불과하지만, 2015개정 교육과정의 개발로 인해 새롭게 적용될 교과서가 개발 중에 있다. 초등 과학 교과서는 학교교육의 교수자료로서 매우 중요한 역할을 하고 있고(Shin &

Shin, 2014; Priya & Yadava, 2017), 우리나라의 경우 국정교과서로 교사의 교과서와 교사용 지도서에 대한 의존도가 높다(KOFSES, 2016). 또한 초등 과학 교과서는 학습 동기 유발, 학습 내용 안내, 탐구 활동 안내, 학습한 내용의 정리, 단원 학습 내용의 구조화와 평가 등을 모두 제시하기 때문에 초등학생들의 학습에도 중요한 영향을 미친다(Shin & Shin, 2014). 초등 과학 교과서는 텍스트보다 시각적 자료의 비중이 높으며, 사진, 삽화, 만화, 표, 그래프 등 다

양한 외적 표상으로 구성되어 있다(Kwon *et al.*, 2007). 따라서 새로운 교과서 개발에 앞서 현재 사용하고 있는 초등 과학 교과서의 시각자료, 편집디자인, 텍스트의 수준과 양, 교육적 효과 등에 대한 연구가 지속적으로 필요하다.

최근 과학 교과서에 대한 연구는 텍스트에 관한 연구(Kim & Kwon, 2017; Lim *et al.*, 2015), 시각자료에 대한 연구(Kwon *et al.*, 2007; Koh *et al.*, 2017), 삽화에 대한 연구(Kim *et al.*, 2016a; Sung *et al.*, 2016), 레이아웃과 디자인에 대한 연구(Kim & Park, 2016; Choi, 2016), 외국교과서와 비교 연구(Back, 2012; Lee, 2015), 평가에 대한 연구(Han *et al.*, 2016) 등의 분야에서 이루어져 왔다. 텍스트, 삽화, 시각자료, 디자인 등에 대한 내용과 구성에 대한 연구들은 연구자가 직접 개발하거나 선행연구의 분석틀을 사용하기 때문에 연구자의 주관적인 관점에 국한된 경우가 있다. 또한 교과서를 직접 사용하고 있는 교사와 학생에 대한 선호도 연구는 자기보고식 설문 조사나 면담에 의한 것이 대부분이다. 과학 교과서를 구성하는 텍스트, 삽화, 캐릭터, 내비게이션 등의 레이아웃이 학생들의 이해와 학습에 중요한 영향을 미치지만(Keum *et al.*, 2009; Yang *et al.*, 2007), 자기보고식의 기존 연구방법으로는 교과서의 편집디자인이 학생들의 학습에 어떠한 영향을 미치는가를 연구하는데 제한이 따른다. 따라서 2009개정 과학 교과서의 편집디자인에 따라 초등학생들이 어디에 주의를 집중하고, 어떻게 내용을 이해하는가에 대한 객관적인 연구가 필요하다.

교육 연구에서 학습과 관련된 뇌 영역과 뇌 연결 지도를 연구하기 위해서 EEG, MEG, fMRI 등의 신경과학적 연구방법들을 적용되고 있다(Shin, 2016). 하지만 국내에서는 고가의 장비, 전문연구 인력의 부족, 실험실에 국한된 연구, 장비 대여의 어려움 등의 문제로 실제 교육 분야에 신경과학적 연구방법을 적용하는데 많은 어려움이 따른다. 이로 인해 최근에는 다른 신경과학적 연구방법에 비해 접근성이 높은 시선추적기법을 활용한 초등 과학 교육 연구가 증가하고 있다(Shin, 2016). 시선추적기법은 높은 시간적 해상도, 유아에서 성인까지의 높은 접근성, 연구 참여자에 대한 안전성, 자료수집의 안정성과 객관성, 연구 장비 착용의 편의성 등의 장점이 있다(Shin, 2016). 앞으로 초등 과학 교육연구에서 기존의 자기보고식 연구방법의 단점을 개선하기 위한

지속적인 노력이 필요하며, 시선추적기법이 하나의 대안이 될 수 있다.

이 연구와 관련된 시선추적연구로는 초등학생의 텍스트 이해에 대한 그림의 효과 분석(Herrlinger *et al.*, 2016), 초등 과학 교과서 삽화의 유형에 따른 학생들의 안구운동 분석(Jang & Shin, 2013), 초등 4학년의 생물 삽화 텍스트를 읽는 인지과정과 학습전략 분석(Jian, 2016), 초등 과학 교과서의 편집 디자인에 관한 안구운동과 인지 부하 분석(Kim *et al.*, 2016b), 2007·2009개정 과학 교과서의 ‘식물의 한살이’ 단원에서 초등 예비교사들의 안구운동 분석(Shin & Shin, 2014) 등이 있다. 하지만 과학 교과서와 관련된 국내외 시선추적 연구들은 실험실 상황에서 고정형 시선추적기를 이용하여 교과서의 글, 삽화, 복합 자극 등을 컴퓨터 모니터를 제시한 경우가 대부분이었다. 학생들은 실제 서책형 교과서로 학습하고 있는데, 교과서를 영상매체로 제시하였기 때문에 이들 연구들은 영상매체에 따른 간접 효과를 배제할 수 없다. 또한 과학 교과서의 가장 중요한 연구대상은 해당 학년 학생임에도 불구하고, 현장 교사나 예비교사만을 대상으로 한 연구들도 있다. 따라서 실제 교육 환경에서 이동형 시선추적기를 활용하여 초등학생들이 서책형 과학 교과서를 어떻게 보고 이해하는가에 대한 연구가 필요하다.

이 연구에서는 이동형 시선추적기를 활용하여 2007개정 및 2009개정 초등 과학 교과서 ‘우리 몸의 구조와 기능’ 단원의 편집디자인에 따른 초등학생들의 시각적 주의를 분석하였다. 이를 통해 초등 과학 교과서의 효과적인 편집디자인에 대해 논의하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 참여자

이 연구의 실험 자극은 초등 5~6학년군 ‘우리 몸의 구조와 기능’ 단원으로 사전 학습효과를 배제하기 위해서 이 단원을 학습하지 않은 초등 4학년 학생을 연구 참여자로 하였다. 실험 적용 단원에 대한 사전 지식 검사에는 ○○초등학교 4학년 46명이 참석하였고, 이들 중 이동형 시선추적기 실험에 자발적으로 참여하기를 원하고, 학부모 동의서를 제출한 26명만을 연구 참여자로 선정하였다.

## 2. 연구 장비

이 연구에서는 SMI사의 ETG(eye tracker glasses) 2 w를 사용하였다. ETG는 양안 추적방식이고, 샘플링 속도는 60 Hz이다. 응시 정확도는 0.5°이고, 조도에 따른 간섭효과가 적은 HDR(high dynamic range)을 지원하는 제품이다. 또한 연구 참여자의 머리 움직임에 따른 거리와 방향에 따른 시차를 자동으로 보정하는 기능이 제공되어 학생들의 시선을 안정적으로 추적할 수 있다. 연구 참여자가 바라본 시선 영상은 ETG 전면의 카메라를 통해 녹화하였다.

## 3. 연구 설계

### 1) 실험 설계

시선추적 실험에 앞서 모든 연구 참여자들에게 연구 장비의 적응시간을 제공하였다. 사전 적응 단계에서 연구 참여자들이 연구 장비를 직접 착용하게 하였고, 불편한 점이 있는지와 연구 참여 의사를 재확인하였다. 시선추적 실험 설계는 Fig. 1과 같다.

첫 번째, 연구 참여자가 연구 장비를 착용한 후 눈 이미지를 확인하는 과정을 거쳤다. ETG는 연구 참여자의 눈에 적외선 조명을 조사하여 동공의 정확한 위치를 추적하는 것으로 눈 이미지 확인에서 5~6개의 추적점이 확인되어야 안정적인 시선추적이 가능하다. 두 번째, 연구 참여자의 시선을 보정하는 단계를 거쳤다. 이 연구에서는 연구 참여자의 의자에 앉아서 서책형 교과서를 보는 것이기에 1포인트로 시선을 보정하였다. 세 번째, 연구 참여자는 13명씩 두 집단으로 구성하였고, 집단별로 2007개정 또는 2009개정 교과서를 자기 주도적으로 학습하였다. 이 과정에서 학생들의 개인별 학습전략의 간섭효과를 최소화하기 위해서 두 번 읽기 전략만을 사용하였다. 연구 참여자의 두 번 읽기가 끝난

동시에 시선추적은 종료되었고, 즉시 사후 지식 검사를 실시하였다. 시선추적 실험 전에 모든 연구 참여자에게 교과서를 두 번 읽기로 학습한 후 사후 검사를 한다는 것을 알려 주었다.

### 2) 실험 자극

실험 자극은 2007개정과 2009개정 ‘우리 몸의 구조와 기능’ 단원에서 학습 내용과 수준이 비슷한 소화기관과 호흡기관을 Table 1과 같이 선정하였다.

소화기관은 2007·2009개정 모두 2쪽 펼침으로 편집되어 있다. 빵을 소화의 주제로 동일하게 사용하였고, 강의형으로 구성되었다. 2007개정의 경우 삽화에서 소화기관의 위치와 명칭만 제시하였고, 본문에서도 각 소화기관의 기능은 별도로 설명하지 않았다. 반면, 2009개정은 소화기관 삽화를 오른쪽 한 페이지로 크게 구성하였고, 삽화에서 입, 식도, 위, 작은창자, 큰창자, 항문의 기능에 대해 추가적인 글을 제시하였다. 또한 소화를 도와주는 기관으로 2007개정은 간과 쓸개만 제시하였지만, 2009개정은 이자를 추가로 제시하였다. 본문의 내용은 소화의 뜻과 소화의 과정, 소화기관과 소화를 돕는 기관을 설명하고 있고, 2007개정과 2009개정의 본문 내용은 동일한 수준이다.

호흡기관은 2007·2009개정 모두 2쪽 펼침으로 편집되어 있고, 호흡과정에서 나타나는 현상을 탐구활동으로 제시하였다. 2007개정은 삽화에서 호흡기관의 위치와 명칭만을 소개하였고, 본문에서도 각 기관의 기능은 설명하지 않았다. 반면, 2009개정은 소화기관의 위치와 명칭뿐만 아니라, 코, 기관, 기관지, 폐의 기능을 글로 제시하였다. 본문의 내용은 2007·2009개정 모두 호흡의 뜻과 호흡기관, 호흡의 과정을 설명하고 있었다. 차이점으로 2007개정은 호흡의 과정을 ‘코 → 기관 → 기관지 → 폐’와 같이 화살표를 이용하여 숨을 들이마실 때와 내릴 때의 과정을 설명한 점이다.

### 3) 자료수집 및 분석

연구 참여자가 2007개정 또는 2009개정 과학 교과서를 두 번 읽기로 학습하는 동안 실시간으로 연구 참여자의 안구운동을 수집하였다. 연구 참여자가 교과서를 두 번 읽는 시간은 모두 달랐으며, 연구 참여자 중 한 번 읽고 그만 두려는 경우에는 두 번 읽으라고 즉시 알려 주었다.



Fig. 1. Experimental design.

Table 1. Experimental stimulus

	2007 revised science textbook	2009 revised science textbook
Digestive organ		
Respiratory organ		

이 연구에서는 BeGaze 3.7 프로그램을 이용하여 안구운동을 분석하였다. 모든 연구 참여자의 안구추적 비율은 90% 이상으로 분석대상으로 적합하였다. 연구 참여자의 안구운동은 Fig. 2와 같이 교과서 양쪽 펼침 참고 이미지에 맵핑하였다. 이 연구에서는 탐구아이콘, 차시 주제, 차시 안내, 준비물, 탐구안내, 삽화 제목과 삽화, 본문, 생각해보기, 창의활동, 내비게이션 등을 관심영역으로 설정하여 시각적 주의를 분석하였다.

### III. 결과 및 논의

#### 1. 소화 및 호흡기관의 사전·사후 지식 검사 결과



Fig. 2. Semantic gaze mapping.

이 연구 참여자 중 A 집단은 2007개정 과학 교과서의 소화기관을, B 집단은 2009개정 과학 교과서의 소화기관을 각각 두 번 읽기전략으로 학습하였다. 호흡기관에서는 소화기관에서 2007개정을 학습한 A 집단은 2009개정, 2009개정을 본 B 집단은 2007개정으로 학습하였다. 사전·사후검사 모두에서 두 집단 간 평균점수는 통계적으로 유의한 차이는 없었다( $t=-.401, df=25, p=.692$ ). 따라서 두 집단은 동질 집단이고, 2007개정과 2009개정의 학습효과 차이는 없었다.

두 집단의 소화기관과 호흡기관에 대한 사전·사후검사 대응표본  $t$  검정 결과는 Table 2와 같다. 2007·2009개정 소화기관과 호흡기관에 대한 사후 점수가 사전보다 통계적으로 유의하게 높았기 때문에, 두 교과서 모두 연구 참여자에게 학습효과가 있었다. 단, 큰창자의 기능에 대해서는 통계적 유의한 차이가 없었다( $t=-1.806, df=25, P=.083$ ). 이는 초등학생들은 삽화를 구성하는 요소를 유기적으로 통합하여 이해하는 능력이 부족하며(Yang et al., 2015), 삽화의 기능이나 구성 요소를 학생들에게 안내할 필요가 있다(Kim, 2016). 또한 시각 자료에 대한 글의 추가 정보는 학습 내용의 이해도를 높인다고 하였는데(Kim et al., 2016a), 이 연구에서는 유의한 차이

Table 2. Paired sample *t*-test (*df*=25) of pre-post test

Organ	Mean (pre-post)	SD	<i>t</i>	<i>p</i>	
Location	-2.6154	2.4832	-5.371	.000***	
Meaning	-.5385	.8593	-3.195	.004**	
Kinds	-2.3462	1.9379	-6.173	.000***	
Digestive organ	Helping organ	-1.0769	1.3542	-4.055	.000***
	Process	-1.3462	2.3823	-2.881	.008**
	Big crow	-.1154	.3258	-1.806	.083
	Small intestine	-.2692	.4523	-3.035	.006**
Respiratory organ	Location	-2.0385	1.3706	-7.584	.000***
	Function	-.8846	.7114	-6.340	.000***
	Meaning	-.6923	.8376	-4.215	.000***
	Process	-.8846	.9089	-4.963	.000***

\*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

가 없는 경우도 있었다.

인터뷰 결과, '본문이 삽화보다 더 많은 정보를 제공하고, 삽화보다 본문이 더 중요하다'라고 응답한 연구 참여자가 19명(73%)으로 초등학생들은 과학적 사실에 대한 정보를 얻는데 삽화보다 본문을 더 중요하게 인식한다는 것을 알 수 있다. 하지만 2009개정과 같이 삽화에 각 기관의 기능을 추가 글상자를 제시하는 것과 본문에서 각 소화기관의 기능을 설명하는 것 중 어느 것이 더 효과적인인지에 대한 후속 연구가 필요하다.

소화기관과 호흡기관의 위치에 대한 사후 검사의 평균은 2007개정이 더 높았다. 이는 각 기관의 명칭, 위치, 기능을 모두 삽화에 제시한 2009개정이 학생들에게 인지부담을 주어서 호흡기관의 위치를 이해하는데 간섭효과를 준 것으로 판단된다. 숨을 들이마실 때와 내쉴 때의 호흡과정에 대한 사후 검사 결과, 2007개정과 2009개정의 통계적으로 유의한 차이가 없었고, 이는 어떠한 과정을 나타내기 위해 2007개정과 같이 화살표(→) 기호를 사용한 편집디자인이 효과적이지 않다는 것을 의미한다.

## 2. 안구운동 분석결과

### 1) 2007·2009개정 소화기관의 안구운동 분석

2007·2009개정 소화기관에 응시를 기준으로 한 시각적 주의는 Fig. 3과 같다. 2007개정은 '본문' 영

역에 43.63%, '탐구활동안내' 영역에 12.72%, '생각해보기' 영역에 5.87%, '준비물' 영역에 5.67%, '차시안내' 영역에 3.78%, '이미지' 영역에 3.44%로 시각적 점유도가 나타났다. 2007개정 소화기관에서 전체 이미지에 대한 시각적 점유도는 6.02%, 전체 텍스트에 대한 시각적 점유도는 74.88%로 초등학생들은 이미지보다 텍스트에 더 많은 시각적 주의를 한다는 것을 알 수 있다.

2009개정 소화기관의 시각적 점유도는 '본문' 영역에 33.70%, '이미지' 영역에 20.41%, '차시안내만화' 영역에 4.36%, '생각해보기' 영역에 3.65%로 나타났다. 2009개정 소화기관에서 전체 이미지에 대한 시각적 점유도는 33.88%, 전체 텍스트에 대한 시각적 점유도는 38.36%로 초등학생들은 이미지보다 텍스트에 더 많은 시각적 주의를 기울였지만 그 차이는 2007개정에 비해 낮다는 것을 알 수 있다.

2009개정은 2007개정과 비교해 이미지영역에 대한 시각적 점유도가 높았는데, 그 이유는 삽화에서 소화기관에 따라 기능을 함께 제시한 글과 시각 자료의 큰 화면 편집이 시각적 점유도에 영향을 주었다. 이는 시각 자료에 대한 텍스트 추가 정보가 주의 집중시간을 증가시킨다는 선행 연구(Kim *et al.*, 2016b)와 일치한다. 하지만 이 연구에서는 삽화에 추가된 텍스트가 삽화와 텍스트의 유기적인 이해에 영향을 미쳤다고 보다는, 텍스트의 개별요소에 학생들의 시각적 주의가 집중된 것을 확인할 수 있었다.





Fig. 3. Heat map of 2007·2009 revised digestive organ.

2009개정 소화기관의 삽화는 소화기관의 모습과 위치를 나타내는데, 추가적인 텍스트에서는 각 소화기관의 기능을 모두 제시하고 있다. 연구결과 1에서 알 수 있듯이 소화기관의 위치에 대한 사후 검사에서 2009개정으로 학습한 학생보다 2007개정으로 학습한 학생이 더 높은 이해도를 보였다. 따라서 교과서를 디자인할 때 삽화와 텍스트의 근접성의 원리도 중요하지만, 텍스트의 길이가 시각적 주의에 영향을 미치기 때문에(Ryu, 2013) 삽화에 추가적인 텍스트를 제시할 때에는 적절한 텍스트의 양을 고려해야 한다. 또한 2009개정 소화기관의 삽화는 소화를 도와주는 기관과 소화기관의 기능 외에도 소화기관에 대한 범례, 뼈 모형의 내비게이션, 캐릭터 등의 다양한 시각 자료와 함께 편집하였다. 초등학생들이 작업 기억 내에서 처리할 수 있는 이상의 정보가 제시될 경우 인지적 부담으로 인해 오히려 학습에 방해가 되거나(Shin & Shin, 2014), 오히려 학습 효과를 떨어뜨릴 수 있다(van Merriënboer & Sweller, 2005). 따라서 2009개정의 소화기관에 대한 과도한 시각 자료의 편집디자인이 2009개정 교과서를 본 학생들의 소화기관의 위치에 대한 이해에 부정적인 영향을 준 것으로 판단된다.

과학 교과서에서 삽화가 텍스트보다 더 중심적인 역할을 하는 경우도 있지만(Kim *et al.*, 2016a), Fig. 3의 시각적 주의를 통해 초등학생들은 이미지보다는 본문 영역에서 더 많은 정보를 얻기 위해 노력했고, 글을 이미지보다 더 중요한 정보 자원으로 인식하고 있다는 것을 알 수 있다. 연구 참여자 A와 사후 인터뷰 결과는 다음과 같다.

책의 글에는 모든 내용이 설명되어 있어요. 저는 그림보다는 글에 어떤 내용이 나왔는지 먼저 읽어보고 그림을 그냥 훑어봐요. 글에서 중요한 내용이 있고, 그림에 대

한 설명을 글에서 다 해주기 때문에... (중략)

연구 참여자와 인터뷰에서 알 수 있듯이 초등학생들은 삽화의 역할을 설명적 기능보다 텍스트의 보충 자료로서 인식하는 경우가 많다는 것을 알 수 있다. 특히 삽화나 사진 등의 시각자료가 많이 사용되는 초등 과학 교과서에서는 삽화의 기능을 학생들에게 안내해서(Kim, 2016) 학생들이 삽화와 글을 유기적으로 연관 지어 이해할 수 있게 해야 한다(Yang *et al.*, 2015).

## 2) 2007·2009개정 호흡기관의 안구운동 분석

2007개정과 2009개정 호흡기관의 관심영역에 대한 시각적 점유도를 Fig. 4와 같다. 2007개정 호흡기관의 시각적 점유도는 ‘탐구활동안내’ 영역에 24.82%, ‘본문’ 영역에 19.73%, ‘차시안내’ 영역에 9.62%, ‘준비물’ 영역에 5.63%, ‘이미지’ 영역에 4.48%, ‘차시명’ 영역에 4.36%로 나타났다. 2007개정 호흡기관에서 전체 이미지에 대한 시각적 점유도는 6.53%, 전체 텍스트에 대한 시각적 점유도는 67.58%로 2007개정 소화기관과 유사하게 텍스트에 높은 시각적 점유도를 보였다. 2007개정 호흡기관은 탐구활동 수업으로 텍스트에 대한 점유도를 비교한 결과, ‘어떻게 할까요?’ 영역에 30.45%의 시각적 점유도가 나타났고, 이는 본문(19.73%)보다 높은 시각적 주의를 보였다.

2009개정 호흡기관의 시각적 점유도는 ‘본문’ 영역에 30.98%, ‘이미지’ 영역에 15.2%, ‘생각해보기’ 영역에 10.76%, ‘탐구활동 안내’ 영역에 8.29%, ‘차시안내’ 영역에 7.70%로 나타났다. 2009개정 호흡기관에서 전체 이미지에 대한 시각적 점유도는 25.8%, 전체 텍스트에 대한 시각적 점유도는 60.95%로 초등학생들은 이미지보다 텍스트에 더 많은 시각

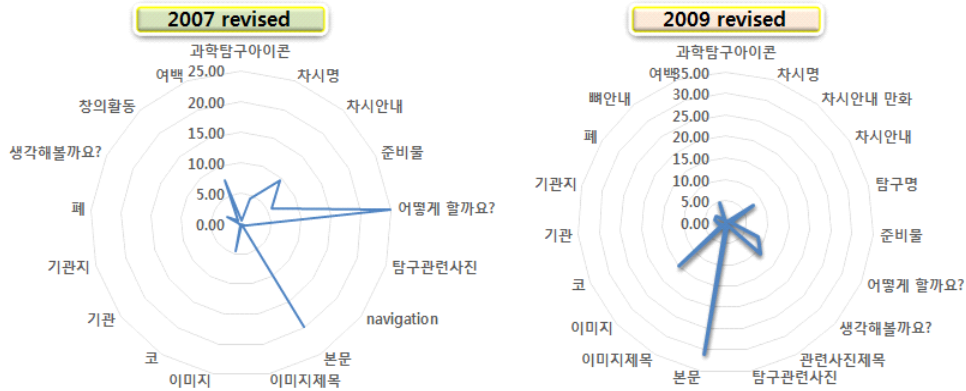


Fig. 4. ADI(fixation+saccade) of 2007 · 2009 revised respiratory organ.

적 주의를 기울였고, 그 차이는 2007개정에 비해 낮다는 것을 알 수 있다. 하지만 2007개정과 동일하게 2009개정에서도 이미지보다 텍스트에 대한 시각적 주의가 높았다.

2007개정은 삽화 제목을 삽화 상단 중앙에, 2009개정은 삽화 하단 중앙에 두었는데, 2007개정의 삽화 제목에 대한 평균 시각적 점유시간은 55.04ms이고, 2009개정은 70.39ms으로 큰 차이가 없었다. 이는 삽화의 제목은 위치에 따라 시각적 점유도에는 큰 영향을 주지 않는다는 것을 의미한다. 2009개정이 2007개정보다 삽화에 더 많은 시각적 주의를 발생하였는데, 그 이유는 코, 기관, 기관지, 폐의 호흡기관을 설명하는 추가적인 텍스트에 더 많은 시각적 주의를 발생하였기 때문이고, 이는 소화기관의 연구결과와 일치한다.

‘탐구활동 안내’ 영역에서는 2007개정이 2009개정보다 더 많은 시각적 주의를 발생하였고, ‘본문’ 영역에서는 2009개정이 2007개정보다 더 많은 시각적 주의를 발생하였다. 2007개정의 ‘어떻게 할까요?’ 5단계로 제시되었고, 2009개정의 3단계보다 텍스트량이 더 많았다. 이로 인해 2007개정이 2009개정보다 탐구활동 안내에 더 높은 시각적 주위가 나타났다. 2009개정 ‘생각해 볼까요?’의 시각적 점유도가 2007개정보다 높은 원인은 텍스트의 양과 관련이 있다. 따라서 교과서의 텍스트의 양이 초등학생들의 시각적 주위에 영향을 미치고, 초등학생들은 텍스트에서 유용한 정보를 얻기 위해 높은 시각적 주의를 보인다는 것을 알 수 있다.

연구 참여자의 주의력은 선택적 주의력, 자기 통제력, 지속적 주의력으로 구분하여 분석하였고, 상관관계는 Table 3과 같다. 각 상관계수를 Rea & Parker(2005)에 따라 해석하면 선택적 주의력과 지속적 주의력은 .94로 매우 강한 정적 상관관계이다. 선택적 주의력과 자기 통제력은 .499로 비교적 강한 정적 상관관계이고, 자기 통제력과 지속적 주의력은 .687로 강한 양의 상관관계이다. 자기 통제력이 선택적 주의력과 상관이 상대적으로 낮은 것으로 보아, 이 연구 참여자의 경우 자신의 일을 오류 없이 진행하는 메타인지가 완벽하게 형성되지 않은 것을 알 수 있다. 이는 초등학생들의 주의의 특성을 연구한 Shin & Shin(2016)의 결과와 일치한다.

지속적 주의력 7등급 이상인 2명과 지속적 주의력 3등급 이하인 2명을 각각 주의력 ‘상’ 수준과 ‘하’ 수준으로 구분하였고, 각 교과서가 제시되고 최초 2분 동안 관심영역에서의 평균 시각적 점유도와 평균 최초 응시시간을 분석하였다.

2007개정 소화기관에서 주의력이 높은 학생과 낮은 학생 모두 ‘본문’, ‘어떻게 할까요?’, ‘생각해 볼까요?’ 등의 텍스트에서 높은 시각적 점유도를 보였다.

Table 3. Attentional correlation

	SA	PA	SC
SA	1	.940**	.499**
PA	.940**	1	.687**
SC	.499**	.687**	1

\*\* p<0.01.

SA: selective attention, PA: persistence attention, SC: self control.

### 3. 주의력 수준에 따른 안구운동 분석

주의력이 높은 학생들은 '차시명'과 '차시안내'에서 7.5%의 시각적 점유도를 보였지만, 주의력이 낮은 학생들은 1.8%였다. 교과서 해당 페이지에 대한 대략적인 내용을 파악하기 위해서는 차시명과 차시 안내에 대한 이해가 선행되어야 하는데, 주의력이 낮은 학생들은 그렇지 않았다. 삽화에 대한 시각적 점유도 또한 주의력이 높은 학생이 주의력이 낮은 학생보다 높았다. 이는 주의력이 높은 학생들의 빠른 정보처리시간이 교과서를 읽는 초기에 삽화에 대한 시각적 점유도를 증가시킨 것으로 보인다.

2009개정 소화기관에서도 주의력 높은 학생과 낮은 학생 모두 '본문' 텍스트에 50% 이상의 시각적 점유도를 보였다. 하지만 '생각해볼까요?' 텍스트에서는 주의력이 높은 학생의 시각적 점유도는 12.2% 높았지만, 주의력이 낮은 학생은 1.4%로 낮게 나타났다. 삽화 영역에서는 주의력이 낮은 학생들의 시각적 점유도는 12.5%로 높게 나타난 반면에, 주의력이 높은 학생들은 6.2%로 낮게 나타났다. 그 원인은 주의력이 높은 학생들은 왼쪽 페이지의 텍스트를 끝까지 읽은 후 오른쪽 페이지로 시선을 이동하였고, 주의력이 낮은 학생들은 왼쪽 페이지의 텍스트를 끝까지 읽지 않고, 오른쪽으로 시선을 이동하였기 때문이다. 그 이유에 대한 인터뷰에서 주의력이 낮은 학생들은 '오른쪽 그림이 커서 자꾸 보게 되었어요.', '사람이 크게 나타나서'의 응답을 하였다. 따라서 주의력이 낮은 학생들이 주의력이 높은 학생보다 교과서의 편집디자인에 따라 대상의 존적인 시각적 주의 전환을 쉽게 한다는 것을 알 수 있다.

2007개정 호흡기관에서 주의력 높은 수준과 낮은 학생 모두 삽화보다 '차시안내', '어떻게 할까요?', '본문' 등의 텍스트에서 높은 시각적 점유도를 보였다. 주의력이 낮은 학생들은 '준비물'에서 10.7%의 높은 시각적 점유도를 보였다. 반면에, 주의력이 높은 학생들은 4.9%의 시각적 점유도를 보였다. 텍스트에서 평균 첫 번째 응시 시간은 150~250 ms 범위에서 발생하지만(Shin, 2016), 주의력이 낮은 학생들의 '준비물'과 '어떻게 할까요?'에서 평균 첫 번째 응시 시간은 각각 391.1 ms와 432.6 ms로 인지적 부담이 높았다는 것을 확인할 수 있다. 반면에 주의력이 높은 학생들은 평균 첫 번째 응시 시간은 258 ms로 인지적 부담이 주의력이 낮은 학생들에 비해 낮았고, 이는 일반적인 글에서 나타나

는 첫 번째 응시시간 범위에 속한다(Shin, 2016).

2009개정 호흡기관에서는 주의력 높은 수준과 낮은 학생 모두 삽화보다 '차시안내', '어떻게 할까요?', '생각해 볼까요?', '본문' 등의 텍스트에서 높은 시각적 점유도를 보였다. 주의력이 높은 학생들은 '차시 안내', '기관'에서 평균 첫 번째 응시 시간이 300 ms를 초과하였고, 주의력이 낮은 학생 또한 '차시안내', '본문'에서 평균 첫 번째 응시 시간이 300 ms를 초과하였다. 이는 소화기관과 달리 호흡기관에서는 학생들이 처음 접하는 용어들이 인지 부하를 증가시켰고, 이로 인해 첫 번째 응시시간이 300 ms 초과하였다. 2009개정 5~6학년군 '우리 몸의 구조와 기능' 단원은 다른 단원에 비해 개념의 수가 많고, 언어 네트워크가 복잡하기 때문에(Kim & Kwon, 2017) 초등학생들의 인지적 부담을 줄여 줄 필요가 있다. 또한 지도 교사는 이 단원을 지도할 때 많은 과학 용어와 어려운 개념을 초등학생들의 수준에 맞게 보충 설명할 필요가 있다.

#### 4. 학생설문 결과

2007·2009개정 소화기관과 호흡기관에 대해 각 기관의 생김새, 위치, 기능, 과정, 삽화, 본문에 대해 연구 참여자를 대상으로 5점 리커트 척도 평가를 실시하였다. 2007·2009개정 소화기관과 호흡기관의 평가에 대한 대응표본 *t* 검정 결과는 Table 4와 같다. 호흡과정을 제외한 모든 영역에서 2009개정이 2007개정보다 통계적으로 유의하게 높은 평가를 받았다. 호흡과정에 대해서는 2007개정과 같이 화살표(→)로 간단히 과정만을 나타낸 것을 2009개정의 글 설명보다 높게 평가한 참여자(7명, 26.9%)가 있었기 때문이다. 기타 의견으로 2009개정은 삽화의 제목에 '숨을 들이마실 때'만 제시하고 있어서 숨을 내쉴 때의 호흡과정을 설명하지 못한다는 의견도 있었다.

초등학생 입장에서 과학 교과서가 어떻게 개선되었으면 좋겠느냐는 주관식 응답에서는 삽화를 크게 하고, 설명은 자세히 해달라는 의견이 18건(69.2%), 만화로 구성하거나 게임, 유머 요소를 넣어달라는 의견은 6건(23.1%), 글은 짧게 쓰고 이해가 쉽게 해달라는 의견이 2건(7.7%) 순으로 나타났다.

대응표본 *t* 검정과 개선에 대한 주관식 응답 결과에서 알 수 있듯이 초등학생들은 각 기관에 대한 구체적인 설명과 삽화를 크게 나타낸 2009개정 교과



Table 4. Paired sample *t*-test (*df*=25) of 2007 · 2009 revised

Organ	Mean (2007~2009)	S.D.	<i>t</i>	<i>p</i>	
Digestive organ	Appearance	-1.7308	.7776	-11.350	.000***
	Location	-1.5000	.9055	-8.446	.000***
	Function	-1.5000	1.4491	-5.278	.000***
	Process	-.8462	1.4613	-2.953	.007**
	Illustration	-1.4615	1.4760	-5.049	.000***
	Text	-1.1154	1.2434	-4.574	.000***
Respiratory organ	Appearance	-1.154	1.084	-5.427	.000***
	Location	-.885	1.275	-3.537	.002**
	Function	-1.385	1.444	-4.888	.000***
	Process	-.500	1.556	-1.639	.114
	Illustration	-1.423	.945	-7.675	.000***
	Text	-1.000	1.497	-3.407	.002**

\*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

서를 2007개정보다 더 높게 평가하고 있다. 또한 이는 연구 결과 2에서 초등학생들은 삽화보다 텍스트를 더 유용한 정보자원으로 인식하여 텍스트에 더 높은 시각적 주의가 발생한 것에 대한 근본적인 원인이다. 그리고 초등학생들은 사진이나 삽화보다 만화를 선호한다는 것을 알 수 있다(Koh *et al.*, 2017).

2009개정 뼈 모형의 내비게이션 역할에 대한 질문에서 연구 참여자의 4명(15.4%)만 ‘무엇을 알려주거나 안내하는 역할’이라고 설명하였고, 22명(84.6%)은 잘못된 역할을 말하거나 모른다고 응답하였다. 잘못된 응답으로는 ‘우리 몸의 뼈의 생김새나 기능을 나타낸다.’는 의견이 14명(63.6%)으로 가장 많았고, ‘춤을 춘다거나 신체표현’이라고 응답한 경우가 5명(22.7%)이었다. 연구결과 2에서 2007개정 소화기관에서 내비게이션의 평균 시각적 점유 시간은 129.09 ms이었고, 2009개정의 평균 시각적 점유 시간은 1,972.33 ms이었다. 2007개정 호흡기관의 내비게이션의 평균 시각적 점유시간은 30.72 ms이었고, 2009개정의 평균 시각적 점유시간은 1,143.03 ms이었다. 전체적으로 내비게이션이 크고, 식별력이 뛰어나게 배치하는 것이 효과적인 시각적 주의를 이끈다는 것을 알 수 있다(Lee, 2015). 하지만 초등학생들은 교과서의 시각 자료의 기능에 대한 안내가 없을 경우 시각자료의 기능을 다르게 인식할 수 있다. 따라서 교과서에서 사용하는 다양한 시각 자료

의 기능을 초등학생들에게 안내하여 시각 자료를 보다 효과적으로 활용할 수 있게 해야 한다(Kim, 2016).

#### IV. 결론 및 제언

이 연구의 목적은 2007 · 2009개정 초등 과학 교과서 ‘우리 몸의 구조와 기능’ 단원의 편집디자인에 따른 초등학생들의 시각적 주의를 분석하는 것이다. 이를 위해서 이동형 시선추적기를 활용하여 초등학생들이 실제 서책형 교과서를 보는 동안 안구운동을 수집하여 분석하였다. 또한 초등학생들의 주의력 수준에 따른 교과서 편집디자인에 대한 시각적 주의의 차이를 분석하였고, 2007 · 2009개정 소화기관과 호흡기관의 교과서 구성에 대한 학생 설문조사를 실시하였다. 이러한 연구 결과로부터 얻은 결론과 제언은 다음과 같다.

첫째, 2007개정과 2009개정 교과서 소화기관과 호흡기관의 편집디자인에 따른 학습 효과는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 2009개정에서는 소화기관의 각 기능을 삽화와 함께 제시하였는데, 초등학생들은 삽화와 추가 텍스트를 유기적으로 통합하여 이해하는 능력이 낮기 때문에 각 기관의 기능에 대한 학습 효과는 높지 않았다. 따라서 삽화에 각 기관의 기능을 추가 글상자로 제시하는 것과 본문에서 각 소화기관의 기능을 설명하는 것 중 어

는 것이 더 효과적인지에 대한 후속 연구가 필요하고, 이를 근거로 교과서의 편집디자인을 개선해야 한다.

둘째, 초등학생들은 교과서의 삽화보다 텍스트에 더 많은 시각적 주의를 기울이는 경향이 있었다. 초등학생들은 소화기관과 호흡기관 모두에서 삽화보다 본문의 텍스트에 더 높은 시각적 점유도를 보였다. 단, 삽화에 텍스트를 추가한 2009개정이 2007개정보다 삽화 전체에 대해 높은 시각적 점유율을 보였다. 하지만 안구운동을 분석한 결과, 삽화와 텍스트 간 유기적인 시각적 주의를 증가한 것이 아니라, 개별 텍스트에 대한 시각적 점유도가 증가했다. 따라서 초등학생들에게 삽화와 추가 텍스트를 연관지어 통합적인 이해를 돕기 위해서는 삽화와 텍스트의 근접성뿐만 아니라, 텍스트의 양도 함께 고려해야 한다.

셋째, 이 연구에 참여한 초등학교 4학년 학생들의 주의력 검사 결과, 선택적 주의력과 지속적 주의력은 매우 강한 정적 상관관계(.940)였지만, 선택적 주의력과 자기 통제력은 비교적 강한 정적 상관관계(.499)를 보였다. 이는 초등학생들은 자신이 하고 있는 일에 대한 모니터링 능력이 낮고, 메타 인지와 같은 사고 능력이 완벽히 형성되지 않았다는 것을 의미한다. 초등학생들은 과학 교과서를 혼자 보면서 유용한 정보에 집중적인 주의를 지속하기 어려울 뿐만 아니라, 어떠한 정보가 유용한 지를 판단하는 데에도 어려움이 있다. 따라서 교과서에 제시되는 다양한 시각 자료와 교과서 활용 방법을 초등학생들에게 자세히 안내할 필요가 있다.

넷째, 초등학생들의 주의력 수준에 따른 안구운동을 분석한 결과, 주의력이 높은 학생과 낮은 학생 모두 삽화보다 텍스트에서 높은 시각적 점유도를 보였다. 차시의 성격과 교과서의 편집디자인에 따라 차이가 있었지만, 주의를 높은 학생들이 낮은 학생들보다 학습과 관련된 영역에서 높은 시각적 주의를 보였다. 또한 주의력이 낮은 학생들은 교과서 편집디자인에 따라 대상에 의존한 상향식 주의 전환을 쉽게 하였다. 따라서 교과서를 편집디자인할 때 초등학생의 주의 수준을 고려할 필요가 있고, 시각 자료에 지나친 강조나 불필요한 장식기능을 부여하지 않는 것이 좋다. 또한 과학 교과서에 제시되는 용어에 대한 초등학생의 인지적 부담을 조사하여 어려운 용어에 대해서는 초등학생들의 수

준에 맞는 보충 설명을 추가해야 한다.

다섯째, 학생설문조사 결과, 초등학생들은 2009개정 과학 교과서를 2007개정보다 더 높게 평가하였다. 그 이유는 초등학생들의 경우 과학 교과서에서 삽화를 크게 나타내고, 설명을 구체적으로 제시하는 것을 선호하기 때문이다. 또한 초등학생들은 내비게이션의 기능에 대한 이해가 낮았고, 과학 교과서에 사용되는 다양한 시각 자료의 기능을 초등학생들에게 자세히 안내할 필요가 있다.

이 연구는 '생명' 영역의 소화기관과 호흡기관에 대해 초등학교 4학년을 대상으로 한 연구이기에 연구결과를 일반화하는데 제한이 있다. 따라서 생명 영역뿐만 아니라 다른 영역에서도 서책형 과학 교과서의 편집디자인에 대한 후속연구가 실제 교육 상황에서 이루어져야 한다. 또한 다양한 시각 자료에 대한 초등학생들의 인식과 시각적 주의에 대한 후속 연구도 필요하다. 이러한 연구를 근거로 과학 교과서의 다양한 시각 자료를 그 기능(장식적, 예시적, 설명적, 보충적 등)에 따라 텍스트와 유기적으로 디자인할 것을 제안한다.

마지막으로 이 연구 결과가 앞으로 개발될 초등 과학 교과서 집필에 기초자료로 활용되기를 기대하고, 교육 연구 방법의 과학화와 다양한 후속 연구로의 파생효과가 있기를 기대한다.

## 참고문헌

- Back, N. (2012). The comparison study on illustrations of elementary science textbooks in Korea and Japan. *Korean Journal of the Japan Education*, 16(2), 43-60.
- Choi, B. (2016). A study on improvement direction of editorial design for science textbook of primary school. *Journal of Korean Institute of Culture Product Art & Design*, 44, 93-104.
- Herrlinger, S., Höffler, T. N., Opfermann, M. & Leutner, D. (2016). When do pictures help learning from expository text? Multimedia and modality effects in primary schools. *Research in Science Education*, 26, 1-20.
- Jang, K. & Shin, D. (2013). An analysis of understanding and eye movement of elementary school students according to the types of science textbook illustration. *The Journal of Korea Elementary Education*, 24(4), 127-146.
- Jian, Y. C. (2016). Fourth graders' cognitive processes and learning strategies for reading illustrated biology texts: Eye movement measurements. *Reading Research Quar-*

- terly, 51(1), 93-109.
- Keum, C., Boo, G., Lee, M., Moon, S. & Park, J. (2009). The study on the evaluation of textbook editing design. *Korean Journal of Publishing and Periodical Studies*, 17(1), 7-61.
- Kim, D. (2016). An analysis of elementary pre-service teachers' analytic perspectives on illustrations in the science textbook. *Biology Education*, 44(1), 1-12.
- Kim, J. & Park, I. (2016). Analysis of elementary science textbooks front covers and elementary school students' interest in them. *School Science Journal*, 10(3), 294-318.
- Kim, J., Ha, J. & Lim, H. (2016a). An analysis of illustrations in the 2009 revised elementary school science textbooks: Focus on functions of illustrations and roles on 5E inquiry learning process. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 35(3), 305-315.
- Kim, S. U., Lim, S. M., Kim, E. A. & Yang, I. H. (2016b). An analysis of eye movement and cognitive load about the editorial design in elementary science textbook. *Universal Journal of Educational Research*, 4(3), 570-575.
- Kim, Y. & Kwon, H. (2017). An comparative study of articulation on science textbook concepts and extracted concepts in learning objectives using semantic network analysis - Focus on life science domain. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 35(3), 377-387.
- KOFSES. (2016). 2016 Science conference. *The Korean Federation of Science Education Societies*, 1, 176.
- Koh, H., Seok, J. & Kang, S. (2017). Analysis of the reading materials in elementary school science textbooks developed under the 2009 revised national science curriculum. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 36(2), 129-142.
- Kwon, C., Kim, J., Jang, S. & Jhun, Y. (2007). A study on the improvement and organization of the visual material in elementary science textbook for enhancing learning effects. Kumsung Publishing Image & Vision laboratory.
- Lee, K. (2015). A study on proposing development direction of textbook visual system by international comparing analysis - Focusing on science textbook for 5th grade elementary student -. *Communication Design Association of Korea*, 53, 491-505.
- Lim, Y., Cho, E. & Hong, H. (2015). Analysis of the demonstration unit of science textbooks developed according to core achievement standards. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 15(6), 389-412.
- Priya, M. R. & Yadava, S. (2017). Elementary school science textbooks: A framework for analysis. *International Education and Research Journal*, 3(7), 30-31.
- Rea, L. M. & Parker, R. A. (2005). Designing & conducting survey research a comprehensive guide (3rd edition). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Ryu, J. H. (2013). Eye-tracking study of types of tasks, line length, and contiguity in comprehension of text and illustration. *The Korean Society for Educational Technology*, 29(3), 573-597.
- Shin, W. & Shin, D. (2014). Analysis of eye movement of pre-service elementary teacher about "life cycle of plant" external representation in 2007, 2009 reform science textbook. *Biology Education*, 42(2), 115-131.
- Shin, W. (2016). A review of eye tracking method in elementary science education research. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 35(3), 288-304.
- Shin, W. & Shin, D. (2016). An analysis of elementary students' attention characteristics through attention test and the eye tracking on real science classes. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 36(4), 705-715.
- Sung, S., Chae, H. & Lim, H. (2016). Analysis of the characters' role presenting elementary school science textbook: Targeting the 2009 revised science 4th-grade textbook. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 36(1), 167-175.
- van Merriënboer, J. J. G. & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational Psychology Review*, 17(2), 147-177.
- Yang, I., Kim, J. & Lim, S. (2015). Elementary school 5<sup>th</sup> students' understanding of the illustrations on the phase change of the moon in science textbook of 2007 and 2009 revised national curriculum. *Journal of Korean Society of Earth Science Education*, 8(1), 56-65.
- Yang, I., Lee, J. & Lim, S. (2007). How does elementary students understand illustrations in science textbook? *Journal of Korean Elementary Science Education*, 26(5), 475-488.