

Development of A Digital Textbook on Metabolism and Digestion System Applying the 5E Learning Cycle Model in High School Life Science

Tae-Hoon Kim(Teacher)¹⁾, Yong-Ju Kwon(Professor)²⁾

¹⁾Chi-Ak High School · ²⁾Korea National University of Education

고등학교 생명과학에서 5E 순환 학습 모델을 적용한 물질대사 및 소화계에 대한 디지털교과서 개발

김태훈¹⁾(교사), 권용주^{*2)}(교수)

¹⁾치악고등학교 · ²⁾한국교원대학교

<ABSTRACT>

The purpose of this study was to develop a digital textbook on metabolism and digestion system using 5E learning cycle model in high school Life Science I. The iBooks Author was used as an authoring tool to develop the digital textbook. The digital textbook was composed of 10 periods of lessons on metabolism, digestive organ, and digestive enzyme. The digital textbook was also involved in diverse digital contents using interactive and motivation-evoking tools, such as drawing, gallery, media, dialogue-based images, highlight, and form-bulder widgets. The developed digital contents have been provided abundant multimedia and interactive simulation materials for student's better understanding on biological concepts of the topics. The results were shown that students were highly motivated in the digital contents, specifically in the given pictures and video clips. The digital textbook has been also evaluated as an intuitive and interactive teaching and learning materials by teachers and students. This study might be suggested that the digital textbook can be an alternative textbook for future generation which is sensitive to digital environment.

Keywords : Digital textbook, high school life science, metabolism & digestion system, 5E learning cycle, interactive contents.

I. Introduction

최근의 청소년은 서책형 만화보다는 모바일 기

기를 이용한 웹툰(webtoon)같은 디지털 콘텐츠를 압도적으로 선호하며, 디지털 디바이스를 통해 최신의 정보를 얻는 디지털 네이티브(digital native) 세대이다. 이들은 서책 등을 통해 얻었던 전통적인 지

* Corresponding Author : Yong-Ju Kwon (kwonyj@knue.ac.kr)

Received April 30, 2019; Reviewed May 21, 2019; Accepted May 28; Published June 30, 2019

* 이 논문은 제1저자의 석사 학위논문 데이터를 바탕으로 수정 · 보완하여 재구성하였음.

© 2019. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

식 획득 방법과는 다르게 디지털 기술과 연결망을 자유자재로 활용하고, 집단 지성으로 새로운 콘텐츠를 창조해내는 생활이 일상화된 세대이기도 하다. 더 나아가, 이들은 학습에서도 VR 및 AR을 포함하는 디지털 기반 콘텐츠에 대한 다양하고 강한 요구가 나타나고 있는 세대이다(Kim & Kwon, 2018). 이러한 특성으로 인해 디지털 세대의 학습자는 전통적인 강의식 수업보다는 상호작용이 이루어지는 멀티미디어 환경에 친숙함을 느끼며, 자신이 습득한 것에 대해 온라인 등을 통해 즉각적인 피드백 및 의견을 나누기를 좋아한다(Jung, 2008). 따라서, 학교교육에서도 학습자의 변화에 기반하여 교수-학습 방법이나 매체의 제공을 디지털 세대에 맞게 제공할 필요성이 대두되고 있다(Kwon, Eom & Kwon, 2014; Lee, Kwon, & Kwon, 2014).

전통적으로 교육에 이용되어 온 서책은 지식을 압축적으로 나열하여 지식을 효율적으로 전달하는 데는 유용하지만, 자기주도적으로 지식을 탐구하고 적용하는 데는 미흡하다(Eom & Kwon, 2016; Kim & Kwon, 2017; Lee et al., 2014). 따라서, 서책형 교과서는 인터넷과 같이 즉각적으로 반응을 얻을 수 있는 현재 학생들에게 흥미를 유발하기에는 제한이 따른다(Kwon et al., 2014). 또한 한번 뒤쳐지기 시작하면 다음에 배우는 내용들을 제대로 습득하기 어렵기 때문에, 수준별 자기주도 학습에도 잘 활용되지 못할 수 있다. 그러므로 디지털 세대를 위해 이러한 단점들을 보완할 수 있는 콘텐츠의 개발이 시급한 과제이며, 디지털 교과서는 이러한 콘텐츠로서 충분한 역할을 담당할 수 있을 것이다. 그러므로 디지털 교과서는 시대의 흐름에 맞추어 사용자 중심적이어야 하며, 직관적인 조작과 호기심 유발이 가능한다면 효과적인 학습 성과를 달성할 수 있는 매체가 될 수 있다(Jang & Kim, 2012).

최근, 일부 개발된 디지털 콘텐츠는 전자책 개발 전문가가 아닌 일반교사도 쉽게 디지털 교과서를 제작할 수 있는 저작 도구를 사용하여 쌍방향 커뮤니케이션이 가능한 학습 도구로 활용되고 있다(Eom & Kwon, 2016; Kim et al., 2017; Kim & Kwon, 2018; Lee et al., 2014; Lee et al., 2016; Shin, Kim, & Kwon, 2017). 이들 디지털 교과서 개발에 적용된 저작툴인 'iBooks Author'는 쉽고 간단한 인

터페이스로 일반교사도 제작이 가능한 갤러리, 동영상, 3D, 대화식 이미지, html 위젯 등을 활용하여 사용자 경험을 극대화시킨 양질의 콘텐츠를 제공할 수 있는 디지털 교과서 저작도구로 평가되고 있다.

한편, 생명과학 교육과정에서 다루는 대부분 학습 내용은 시간적 변화에 따라 공간적 구조도 동시적으로 변화하는 특성을 갖는 역동적인(dynamic) 구조이다. 이처럼 시공간적 요소가 동시적으로 작동하는 역동적 구조의 학습 내용은 2차원적 평면 구조보다는 실감형 또는 입체적 표현으로 제시한다면 학습자의 이해에 훨씬 효과적이다(Kwon et al., 2014). 그러므로 서책형 교과서로 제시된 2차원적 구조의 표현된 그림이나 모델은 학습자가 직접 관찰하기 어렵기 때문에 내용 이해에 어려움을 갖는 대표적인 자료이다(Kim & Kim, 2007). 특히 고등학교 생명과학 I의 물질대사 및 소화계 주제는 시공간적 요소를 동시에 포함하는 복잡한 학습 내용으로 구성된 대표적인 학습주제이다. 그러므로, 이 주제의 학습은 학습 활동 단계별로 학습하는 내용이 다양한 역동적 콘텐츠로 제시되어야 하고, 학습 단계별 학습 내용에 대한 교사와 학생간의 활발한 상호작용을 제공해야 학습자의 이해도를 높일 수 있는 주제이다.

최근에 개발된 디지털교과서로 초등과학에서는 5E 학습모형 기반 작은 생물의 탐구(Bang et al., 2015)와 생명현상의 과학적 관찰 과정(Kim et al., 2017) 등이 있고, 중학교 과학에서는 5E 모델을 기반으로 혈액 순환에 대한 디지털 교재(Shin et al., 2017)이 있다. 또한 고등학교 생명과학에서 청각기관에 대한 융합 중심 학습(Lee et al., 2016), 세포분열에 대한 설명 중심 학습(Lim et al., 2017), 호르몬과 항상성 조절에 관한 융합 중심 학습(Lee et al., 2016), 골격근의 구조와 수축에 관한 융합 중심 학습(Kim & Kwon, 2018), 그리고 생체모방 기반 배설과 여과에 관한 디지털 교재(Joo & Kwon, 2019) 등이 있다. 이들 디지털 교재는 생명과학 영역의 다양한 주제를 다루었지만, 여전히 '물질대사 및 소화계' 주제로는 다루어지지 않았다.

따라서 이 연구에서는 디지털교과서 저작도구 iBooks Author를 활용하여 '물질대사 및 소화계' 주제에 대한 10차시 분량의 디지털교과서를 개발하였

다. 특히, 개발된 디지털 교과서는 호홉의 종류 실험, 무기 호홉을 이용한 빵 만들기, 쥐의 해부를 통한 기관계 관찰, 소화 효소 탐색, 소화 기관 모형 만들기 등과 같은 학습자의 흥미를 유발시킬 수 있는 콘텐츠도 포함하여 제작하였다. 또한 직관적이고 자기 주도적으로 학습을 진행할 수 있도록 관련 이미지, 동영상, 다양한 교육자료들을 풍부하게 탑재하여 학습자의 흥미를 유지시키도록 개발하였다. 그리고, 디자인 및 조작성은 단순하지만 통일성 있도록 하였으며, 학습자와 상호작용이 가능한 다양한 장치를 포함하였다. 또한, 학습의 단계는 학습 개념의 이해에 효과적인 학습 모델로 평가받고 있는 5E 순환학습 모델을 적용하였다(Bybee et al., 2008). 이는 물질대사 및 소화계의 학습 내용이 학습자에게 복잡하고 신체 내부의 과정이어서 이해에 효과적인 모델을 고안해야 할 필요성에서 선정된 모델이다. 특히, 최근의 일부 생명과학 디지털 교재도 학습자의 개념이해와 흥미를 고려할 때 5E 순환학습 모델을 적용한 사례(Bang et al., 2015; Shin et al., 2017)도 고려하였다. 5E 순환학습에서는 도입-탐색-설명-정효과-평가의 단계로 학습이 이루어지며, 각 단계별로 학습주제에 대해서 디지털 콘텐츠를 활용한 학생-교사, 학생학생, 그리고 학생-학습내용의 다양한 상호작용이 일어나도록 설계하였다.

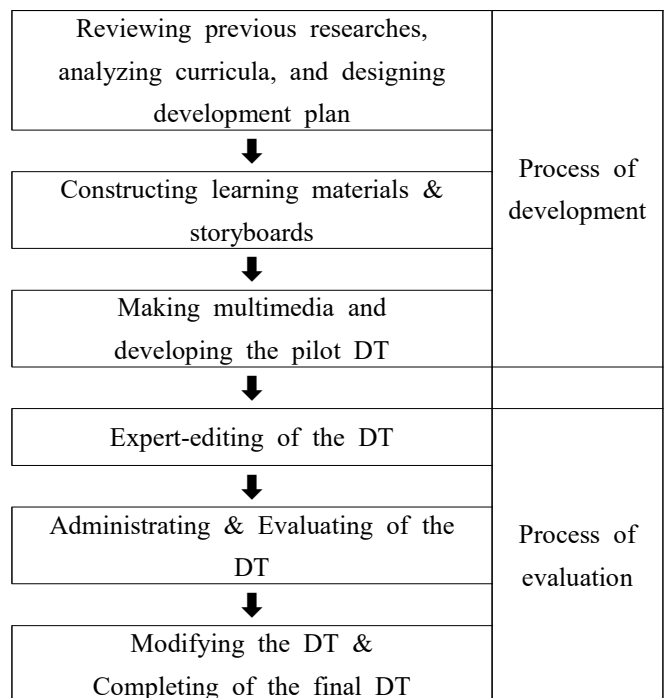
개발된 교재는 고등학생들에게 10차시 수업을 적용한 뒤, 인지적 효과성, 정의적 효과성, 학습 활동의 만족성, 의사소통의 만족성, 학습 및 검색의 용이성에 대한 평가와 더불어 서술형 문항을 통해 디지털교과서의 장점 및 단점에 대하여 평가하였다.

II. Methodology

1. Study Procedure

이 연구에서는 고등학교 생명과학 I의 ‘생명활동과 에너지’ 단원을 분석한 후, 물질대사와 소화계에 대해서 5E 순환학습 단계에 따라 10차시 분량의 디지털교과서로 제작하고, 고등학생들에게 적용한 후 그 효과를 알아보는 연구이다. 디지털교과서를

개발하는 과정은 Lee et al. (2014)이 제시하는 디지털교과서 개발 과정에 의거하여 교육과정과 학습 내용 분석, 학습지도안과 스토리보드작성, 디지털 콘텐츠 초안 개발, 전공자 검토 및 학생 적용과 평가를 거쳐 디지털 교재의 개발을 완성하였다. 특히, 멀티미디어 자료들은 다양한 제작 도구들을 이용하여 제작한 후, 책을 읽는 독자들의 가독성을 고려하여 적절하게 구성하였다. 전문가 검토는 생명과학 디지털교과서 개발 전문가 2인과 생명과학 교사 3인의 수정을 바탕으로 검토하였다. 현장 적용 및 평가는 개발된 디지털교과서를 고등학교 과학심화반 학생 30명을 대상으로 실시하여 디지털교과서의 학습 및 흥미 효과를 확인하였다. 디지털교과서의 개발에 대한 전체 연구 절차는 [Figure 1]과 같다.



[Figure 1] Study procedure of digital textbook development

2. Developmental Process of Digital Textbook

이 연구에서는 5E 순환 학습 모형에 의거하여 물질대사와 소화기관 및 소화효소에 대한 디지털교과서를 개발하였다. 5E 순환 학습 모형은 참여(Engagement), 탐색(Exploration), 설명(Explanation), 정교화(Elaboration), 평가(Evaluation)로 구성하였다

(Bybee et al., 2008). 물질대사와 소화에 대한 교육 과정을 살펴보면, 초등과학에서 ‘우리 몸의 구조와 기능’에서 각 기관들을 구조, 기능을 중심으로 학습하였으며, 중학교 2학년 ‘소화’ 단원에서는 기관의 구조와 기능 및 신체기관의 유기적 작용을 통합적으로 학습한다. 이 연구에서 개발된 디지털교과서에서는 세포가 생명 활동을 하는데 필요한 물질 및 에너지의 출입과 관련하여 우리 몸의 각 기관계의 작용을 통합적으로 다루는 내용인 고등학교 생명과학 I의 내용이다. 이렇게 선정된 학습내용은 학습지도안 형태로 디지털교과서에 포함될 내용을 체계적으로 구체화하였다. 이 연구에서 개발된 ‘물질대사와 소화계’에 대한 디지털교과서의 학습 주제 및 차시 구분은 <Table 1>과 같다.

또한, 개발된 디지털교과서에서는 ‘쥐의 해부’를 통한 소과기관 관찰을 탐구활동 콘텐츠로 제시하였다. 이 콘텐츠는 쥐를 직접 해부하는 것에 거부감이 있는 학생들을 위해 해부 과정을 담은 영상을 제시하여 관찰하도록 하였으며, 그렇지 않은 학생들은 직접 쥐의 해부에 참여함으로써 각 기관계를 구성하는 기관들의 모양을 직접 관찰하고 알 수 있다. 특히 일선 학교에서 해부 실험이 이뤄지기 어려운 점을 감안한다면 이 콘텐츠는 디지털 교과서의 큰 장점이 될 수 있다.

디지털교과서 개발에서 스토리보드 작성은 Bang, Wee, & Kwon(2015)이 제안한 스토리보드 작성 과정에 의거하여 제작하였다. 스토리보드는 화면번호에 따라 화면단위로 구분하고, 화면단위로 학습내용과 디지털 자료의 배치를 설계하였다. 디지털교과서에 활용된 디지털 콘텐츠는 갤러리 위젯, 미디어 위

젯, 대화식이미지 위젯, 팝업 위젯, 스케치패드 위젯, 노트패드 위젯, 폼빌더 위젯, 복습 위젯 등을 통해 구성하였다.

이 연구에서 사용된 저작도구는 전자책을 손쉽게 만들 수 있도록 개발된 전자책 저작도구인 ‘iBooks Author 2’이다. 이 저작도구는 전문가가 아니어도 손쉽게 배울 수 있으며 각종 위젯(Widget), Apple Co. 제공 소프트웨어인 페이지(Page) 및 키노트(Keynote) 등과 호환이 자유로운 도구이다. 또한, 텍스트, 이미지, 동영상 콘텐츠를 Apple Co.에서 미리 제공하는 앱과 결합하여 상호작용이 원활한 디지털 교과서를 쉽게 제작할 수 있는 저작도구이다 (Eom & Kwon, 2016).

3. Administration and Evaluation of the Digital Textbook

이 연구에서 개발된 디지털교과서는 강원도 원주시 소재 C 고등학교 심화 과학반 2학년 학생 30명을 대상으로 수업에 적용한 후 그 효과성을 확인하였다. 아이패드를 활용하여 교사는 디지털교과서 내용을 미리링하여 수업을 진행하였고, 학생들은 자기주도적으로 디지털교과서 내용에 대한 학습을 수행하였다. 총 10차시의 수업이 종료된 후 디지털교과서 평가도구(Jung, 2008)를 이용하여 학습만족도를 평가하였다. 학습만족도 평가는 인지적 효과성, 정의적 효과성, 학습활동 만족도, 의사소통 만족도, 학습용이성에서 각각 2문항으로 구성되어 있고, 검색의 용이성에 대해서 1문항을 포함하고 있다. 각 문항에 대해 5점 리커트 척도를 이용하여 평균값을

<Table 1> Learning topics, learning Processes and Periods of the developed digital textbook

Learning Topic	Learning Processes	Periods
Metabolism	Engagement - burning of candle	0.5/10
	Exploration - cell respiration	0.5~3/10
	Explanation - cell respiration and ATP	4/10
	Elaboration - fermentation and yeast	5/10
	Evaluation	5/10
Digestion Organs and Enzymes	Engagement - process of digestion in cow	6/10
	Exploration - rat dissection / enzyme	7~8/10
	Explanation - digestion organs in rat and human / enzyme	9/10
	Elaboration - model of digestion organs	10/10
	Evaluation	10/10

구하였다. 또 이 연구에서는 디지털교과서에 대한 서술형 설문을 통해 디지털교과서의 효과성, 상호작용 활동, 개�점 등에 대해서 개방형 질문을 통해 조사하였다.

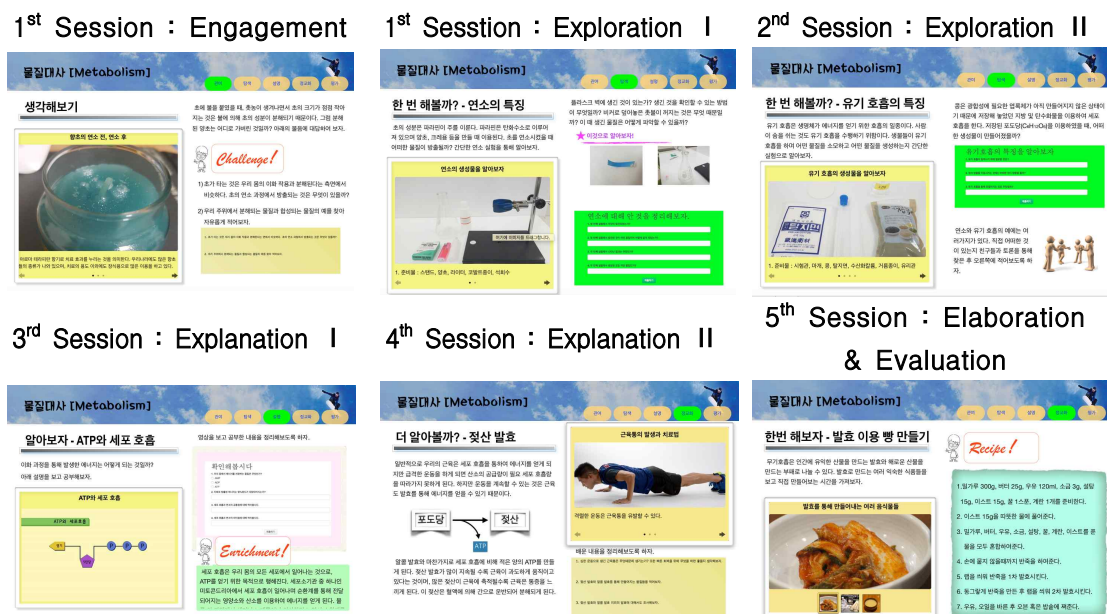
III. Results and Discussions

1. The Developed Digital Textbook

이 연구에서는 ‘물질대사 및 소화계’ 주제에 대해 총 10차시로 구성된 디지털교과서가 개발되었다. 먼저 ‘물질대사’에 대한 디지털교과서의 첫 과정은 학습에 참여하는 과정으로서, 향초의 연소와 물질대사의 유사성을 생각하며 학습동기를 유발시킨다. 이때 갤러리 위젯, 팝업 위젯, 노트패드 위젯 등을 활용한다. 다음 과정은 연소, 유기호흡, 무기호흡의 특징을 탐색하는 활동을 수행한다. 이 과정에서 갤러리 위젯, 노트패드 위젯, 스케치 위젯, 폼 빌더 위젯, SNS 앱 등을 사용하여 협력적 탐구학습을 수행하고 학습 결과를 공유한다. 이어서 연소, 유기호흡, ATP, 무기호흡 등에 대한 탐구 결과를 학생들이 토론하고 교사가 정리하여 설명한다. 이때, 스크롤바 위젯, 팝오버 위젯, 미디어 위젯, 강조 위젯, 폼 빌더 위젯 등을 적용하여 학습 결과에 대한 이해도를 증

진시킨다. 다음으로, 젖산 발효 조사와 효모를 이용한 빵 만들기 활동 등으로 학습 결과를 다양한 상황에 적용해 본다. 갤러리 위젯, 노트패드 위젯, 미디어 위젯 등을 활용한다. 마지막으로, 복습 위젯을 활용하여 학습 결과에 대한 확인 및 평가를 수행한다. 이런 과정으로 개발된 ‘물질대사’의 디지털교과서에 대한 예시는 [Figure 2]에 제시하였다.

‘소화계’에 대한 디지털교과서에서 학습에 참여하는 첫 과정은 소의 소화과정에 대해서 생각하며 학습동기를 유발시키는 과정이다. 이때 갤러리 위젯, 노트패드 위젯 등을 활용한다. 다음 과정은 쥐의 해부실험 활동과 해부실험 영상 및 사람의 소화기관 위젯을 탐색하는 활동을 수행한다. 계속해서 소화 효소를 조사하고, 소화 효소의 역할에 대해서도 탐구한다. 이 과정에서 미디어 위젯, 스케치 위젯, 노트패드 위젯, 대화식이미지 위젯, SNS 앱 등을 사용하여 협력적 탐구와 공유를 통해 탐구 결과를 정리하는 활동을 수행한다. 다음으로 탐색한 내용인 소화 기관의 특징과 소화의 과정, 소화 효소의 작용과 영양소 흡수에 대한 학습의 결과를 정리하고 설명한다. 이때, 폼 빌더 위젯, 대화식이미지 위젯, 하이라이트 위젯 등을 적용하여 자기주도적 학습을 수행하고 및 학습 결과에 대한 이해도를 증진시킨다. 이어서, 소화기관에 대해서 학습한 내용을 바탕



[Figure 2] Example contents of the developed digital textbook on metabolism

으로 소화기관 모형을 직접 제작해봄으로써 학습한 결과를 적용하고 정교화 할 수 있다. 이때 팝오버 위젯, 스케치패드 위젯, 북포인트 위젯 등을 활용한다. 마지막으로, 복습 위젯을 활용하여 학습한 결과에 대한 확인 및 평가를 수행한다. 이런 과정으로 개발된 ‘소화계’ 디지털교과서의 예시는 [Figure 3]에 제시하였다.

이렇게 개발된 디지털교과서는 학습 내용에 대해 고화질의 사진과 다양한 동영상 등을 활용하여 디지털 콘텐츠에 대한 학습 흥미도와 집중력을 높이고자 하였으며, 학습 결과 정리에서 교사의 실제 음성을 포함하여 학생들이 보다 친숙하게 학습 콘텐츠에 다가갈 수 있게 하였다. 또한, 다양한 유형의 위젯으로 구성된 디지털콘텐츠를 제공하여 스스로 학습하는 과정에서 발생하는 어려움을 최소화함으로써 자기 주도적 학습과 연습 및 복습에 유용한 교과서가 되도록 개발하였다.

특히, 이 디지털교과서에서 제공하는 다양한 유형의 위젯 콘텐츠를 활용한다면 학습내용에 대한 흥미와 함께 다양한 상호작용을 제공함으로써 학생들의 학습 이해도와 참여도 증진에 기여할 수 있도록 설계하였다. 이는 입체적인 학습 모델을 활용했을 때 학습 이해도에서 효과적이라는 Kim & Kim(2007)의 연구 결과를 적용한 것으로 볼 수 있다. 더 나아가, 생물학습에서 다양한 유형의 위젯으

로 구성된 디지털콘텐츠를 활용하는 것이 학습 효과에 긍정적이라고 제시한 Lee et al.(2016), Kim & Kwon(2018) 등의 연구 결과도 고려한 디지털교과서의 개발이라고 할 수 있다.

2. Learning Effectiveness of Digital Textbook

개발된 디지털교과서에 대한 학습자 만족도 및 학습효과성 평가한 결과는 <Table 2>와 같다. 학습자들은 디지털교과서의 사용에 대해서 대체로 긍정적인 반응을 보였으며, 특히 ‘멀티미디어 자료가 학습에 도움이 되었는가?’ 질문과 ‘학습에 대한 흥미가 유지되었는가?’ 질문에서 4.8, 4.7로 높게 나타났다. 또 ‘디지털교과서를 사용한 학습활동에 만족하는가?’, ‘혼자서 학습하는데 디지털교과서가 도움이 되었는가?’, 그리고 ‘디지털 교재의 사용이 쉽고 편리했는가?’에서 4.6임을 볼 때, 개발된 디지털 교과서가 자기 주도적 학습에 매우 효과적임을 알 수 있었다. 기타 항목에서도 비교적 만족한다는 반응이 나타났다. 이는 최근에 연구된 디지털교과서의 만족도와 효과성에 대한 연구 결과와 일치하는 결과이다(Eom & Kwon, 2016; Kim et al., 2017; Lee et al., 2016; Shin et al., 2017). 더 나아가, 개발된 디지털교과서가 역동적 구조의 디지털 콘텐츠를 포함하고 있다는 점을 고려할 때, 서책형 교재의 고정적



[Figure 3] Example contents of the digital textbook on digestion system

표현보다 디지털교과서의 역동적인 멀티미디어를 활용한 표현이 학습자의 학습 내용 이해와 흥미도 증진에 보다 효과적이라는 것을 보여주고 있다(Kim & Kwon, 2018). 이러한 반응을 고려할 때 디지털교과서는 학생들이 자기주도적으로 디지털 정보를 분석하고 활용함과 동시에 자신의 학습에 흥미를 느끼게 해줄 수 있는 효과적인 수업자료로 활용될 수 있을것으로 보인다(윤정현, 2016). 더 나아가, 개방형 설문에서도 학습자들은 디지털교과서의 활용이 대체로 수업에 도움이 된다고 응답하였다. 학습자들은 디지털교과서가 학습내용을 잘 이해하는데 도움이 되며, 직접 조작이 가능해서 학습 흥미가 높았다고 응답하였다.

다만, 개발된 디지털교과서를 사용한 학습자들은 ‘원하는 학습 내용을 쉽고 편리하게 검색하였는가?’에서 3.9점, ‘원하는 자료를 쉽고 편리하게 검색하였는가?’에서 3.8점의 비교적 낮은 반응을 나타내었다 <Table 2>. 또한 의사소통의 만족성 영역에서도 ‘학습에 대한 피드백에 만족하였는가?’ 항목이 4.1/5 점으로 비교적 낮은 점수를 보였다. 이는 추가적인 개방형 질문에 대한 학생들의 반응에서 “무선 인터넷 문제로 화면이 자주 끊어지면서 수업이 중단되는 점이 아쉽다.”라는 학생들의 반응을 고려할 때, 교실현장에서 무선 인터넷 환경이 미흡하고 스마트 패드가 팀별 1대만 제공됨으로 인해서 자료 검색이나 상호작용 활동에서 갖는 학습자들의 불편에서 기인한 것으로 보인다. 이는 인터넷 환경과 디지털

디바이스의 제공이 디지털교과서의 활용에 필수적인 요인임을 보여주고 있다. 아울러, 학교 현장에서는 디지털 환경의 구축이 여전히 부족함을 다시 한번 보여주는 결과이다(Kim & Kwon, 2018; Shin et al., 2017).

더 나아가, 개방형 질문에서 학습자들은 디지털교과서의 활용은 학생 간 및 학생과 교사 간 상호작용에서 효과적인 도구라고 응답하였다. 상호작용 방법은 주로 디지털교과서에 제공된 이메일과 에버노트를 이용한 것으로 나타났다. 특히, 디지털교과서는 각종 위젯을 통하여 자신의 생각, 사진 등을 교사와 동료들에게 이메일로 보낼 수 있었으며, 이는 교사와 동료들의 즉각적인 피드백으로 이어지는데 도움이 되었다고 반응하였다. 또한 뽕 만들기과 같은 결과물을 공유할 때 에버노트를 사용함으로써, 주위 학생들과 결과를 공유하며 자신의 잘된 점과 잘못된 점을 파악할 수 있었다고 응답하였다. 이러한 연구결과는 종이 교과서와 달리 디지털교과서에서 클라우드 기반 협업도구를 활용하여 친구들과 의사소통이 가능하므로 상호작용이 효과적이라는 선행연구들과도 일치하는 결과이다(Bang, Wee & Kwon, 2015 Lee, Kwon & Kwon, 2016 · Kim & Kwon, 2017; Kim & Kwon, 2018). 이는 디지털교과서가 기존의 서책형 교과서와 다르게 학습자간 및 교사와 학습자간 상호 작용에 많은 도움이 된다는 점에서 교실현장에 효과적으로 적용할 수 있는 도구임을 보여주었다.

<Table 3> Questionnaire results on the satisfaction and facility of digital textbook

Questionnaire content [Learning effectiveness]	mean score/5 point
• Are you satisfied with learning activities using the digital textbook?	4.6
• Did you have confidence about your learning?	4.4
• Did multimedia materials(pictures, videos, etc.) in digital textbook help you learn?	4.8
• Is the digital textbook helpful to study yourself?	4.6
• Did you keep the interesting in your learning with digital textbook?	4.7
• Did you have enough feedback on your learning?	4.1
• Was it easy and convenient to use the digital textbook?	4.6
• Was it convenient to watch and read the contents presented on the screen of the digital textbook?	4.2
• Was it easy and convenient to find the contents you wanted in the digital textbook?	3.9
• Was it easy and convenient to find the materials you wanted in the digital textbook?	3.8

IV. Conclusions and Educational Implications

이 연구에서는 디지털교과서 저작도구인 ‘iBooks Author 2’를 이용하여 고등학교 생명과학 I의 ‘물질대사 및 소화계’ 주제에 대해 5E 순환학습 과정에 따라 총 10차시로 구성된 디지털교과서를 개발하였다. 이 연구에서 개발된 디지털교과서는 다양한 위젯을 이용해 이미지, 동영상, 평가문항 등 많은 학습 콘텐츠를 구현하였으며, 특히 HTML위젯을 이용하여 자기주도적 학습에 유용한 사용자 친화적이고 상호작용이 가능한 디지털 교과서를 개발하였다. 개발 대상 학습주제는 고등학교 생명과학 I의 내용 중 여러 기관이 결합된 복잡계로 구성되어 있으면서 구성요소가 역동적으로 변화하는 물질대사와 소화계 부분이다. 학습 모델로 적용된 5E 순환학습의 각 단계에 따라 개발된 디지털교과서는 학생들에게 수업 처치 과정을 거친후 그 효과를 검증하였다. 이러한 과정을 통해 이 연구에서 도출된 결론과 교육적 함의는 다음과 같다.

첫째, 이 연구에서 개발된 디지털 교과서는 학생들이 물질대사와 소화계에 대해서 입체적 구조와 기능을 직관적으로 탐색할 수 있도록 구성되었으며, 이는 학습자의 흥미 유발과 이해 증진으로 이어져 학습 효과를 높일 수 있다. 이 연구에서 개발된 디지털교과서는 기존의 교과서에 비해 동영상, 팝업, HTML 등으로 구성된 위젯으로 흥미를 유발할 수 있는 부분이 많으며 또한 iBooks 파일로 가지고 있다면 언제 어디서나 교과서를 열어볼 수 있어서 학습자의 자기주도적 학습에 유용하게 활용될 수 있어 학습 효과가 크다.

둘째, 이 연구를 통해 개발된 디지털 교과서는 에버노트, 이메일, SNS 등의 앱과 실시간으로 이용될 수 있으므로 교사-학생간 및 학생-학생간 상호작용의 효과를 향상시킬 수 있다. 즉, 클라우드 공유를 통해 학습 활동 결과에 대한 온라인 상호작용이 가능하며, 이에 대한 실시간 피드백도 가능하다. 이러한 기능은 서책형교과서로 학습하는 전통적 수업에서 제공될 수 없는 학습활동의 시공간적 제한을 극복하는 효과적인 교수학습 매체로 활용될 수 있다.

또한, 이 기능을 활용한다면 학습자들의 탐구 과정과 결과, 의사소통, 개념 구성 정도를 실시간으로 손쉽게 파악할 수 있으며, 이는 즉각적인 피드백과 상호작용으로 이어지면서 맞춤형 학습과 집단협업 학습에도 효과적인 교수학습 도구로 적용될 수 있다.

셋째, 이 연구에서 개발된 디지털교과서는 컴퓨터와 함께 무료로 제공되는 저작도구인 ‘iBooks Author 2’를 활용하여 개발자인 교사는 물론이고 사용자인 학생에게도 친화적인 교재를 제작하였다. 이 저작도구는 디지털교과서 개발에서 경험이 많지 않은 교사도 쉽게 효과적인 디지털 교재를 제작할 수 있고, 이미 개발된 디지털교과서도 교사들이 손쉽게 수정하고 재구성할 수 있다. 또한 이 도구에서 기본적으로 제공하는 위젯들은 사용자가 편리하게 사용할 수 있도록 설계되어 있으며, 활용할 수 있는 위젯의 종류도 기능에 따라 매우 다양하다. 이는 교사들이 필요로 하는 수업자료의 재구성 기능에 매우 유용한 장점으로 활용될 수 있다. 특히, 우리나라의 경우 안드로이드 또는 윈도우 기반 저작도구로 만들어진 디지털콘텐츠가 많지만, 이들은 수정 및 재구성을 위한 저작도구의 구입과 조작이 어렵다는 단점이 있다. 하지만 이 연구에서 만들어진 디지털교과서는 학교에 관련 iOS 활용 기기가 제공 되어 질 수 있다면 디지털 콘텐츠를 쉽게 수정 및 재구성 할 수 있어서, 디지털콘텐츠의 공유와 함께 양적 및 질적 향상에도 크게 기여할 수 있을 것으로 전망된다. 다만, 여전히 학교 현장에서는 iOS 기반 디바이스의 보급이 미미하다는 것은 이 디지털교과서의 활용과 추가적인 개발에 제한점이 되고 있다.

이와 같이 이 연구에서 개발된 디지털교과서는 학습자의 흥미 유발 및 학습효과 향상에 대체로 적합하게 제작되었으며, 학습자의 상호작용 증진에 효과적이므로 학교 현장의 교수학습에 유용하게 적용될 수 있음을 알 수 있다. 특히 소화, 순환, 호흡, 배설과 에너지 단원에 대한 통합적인 이해를 하는데 도움이 되며, 소화계의 역동적인 현상에 대한 학습 효과를 증대시키는데 도움이 됨을 알 수 있다. 따라서, 이러한 디지털교과서의 특성을 바탕으로 생명과학의 다른 주제에도 추가적으로 디지털교과서를 개발하고 적용함에 있어서 의미있는 가능성이 존재한다.

References

- Bang, H. S., Wee, S. M., & Kwon, Y. (2015). A case study for developing digital textbook on small organisms based on 5E learning model in elementary science. *Korean Journal of Teacher Education*, 31(special issue), 77~99.
- Bybee, R. W., Powell, J. C., & Trowbridge, L. W.(2008) *Teaching Secondary School Science : Strategies for Developing Scientific Literacy (9nd ed.)*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education Inc.
- Eom, J. T., & Kwon, Y. J. (2016). Development of the biomimicry-focused convergence teaching program using 3D modeling & printing in life science. *Biology Education*, 44(4), 658~673.
- Jang, J. W., & Kim, B. Y. (2012). Usability test on digital textbook of South Korea-based on analysis on middle school english textbook of Doosan Donga. *Digital Design Research*, 12(2), 429~438.
- Joo, M. & Kwon, Y. (2019). Development of a Digital Textbook on 'Excretion and Filtration' with the Learning Model for Biomimicry-based Convergence. *Brain, Digital, & Learning*, 9(1), 11~19.
- Jung, Y. S. (2008). Development of evaluation criteria on digital text-book. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 11(3), 13~20.
- Kim, B. M., Kwon, S. H., & Kwon, Y. J. (2017). Development and Application of a Digital Textbook on the Scientific Observation for Inquiry of Biological Phenomena in Elementary Science. *Biology Education*, 45(2), 259~267
- Kim, H. J., & Lim, H. S. (2013). Exploring on digital textbooks for teachers and students. *Journal of Digital Convergence*, 11(2), 33~42.
- Kim, M. Y., & Kim H. B. (2007). A multidimensional analysis of conceptual change for blood circulation in model based instruction. *Biology Education*, 35(3), 407~424.
- Kim, S. Y. & Kwon, Y. J. (2018). Development of a Digital Textbook on 'Structure and Contraction Mechanism of Skeletal Muscle' with the Learning Model for Biomimicry-Based Convergence. *Journal of Science Education*, 42(2), 95~105.
- Kwon, S. H., Eom, J. T., & Kwon, Y. J. (2014). Analysis of scientific questions generated by types of digital contents in learning biology. *Brain & Learning*, 4(2), 1~11.
- Lee, H. J., Kwon, S. H, & Kwon, Y. J. (2016). Development of a convergence-centered digital textbook on hearing organ using iBooks author. *Biology Education*, 44(1), 49~59.
- Lee, S. H., Kwon, S. H., Choi, S. Y., & Kwon, Y. J. (2016). Development of a digital textbook on hormone and homeostasis regulation based on convergence learning model for high school students. *Biology Education*, 44(3), 477~486.
- Lee, S. J., Kwon, S. H., & Kwon, Y. J. (2014). Development of a digital textbook on hormone and homeostasis regulation based on convergence learning model for high school students. *Biology Education*, 42(4), 414~427.
- Lim, K., Kwon, Y., & Eom, A. (2017). Development of a digital textbook on cell division using iBooks Author. *School Science Education*, 11(1), 129~139.
- Shin, H., Kim, D., & Kwon, Y. (2017). Development of a digital textbook on blood circulation in junior high school. *Biology Education*, 45(1), 117~124.

