

RESEARCH ARTICLE

Development of A Digital Textbook for Remote Class with Realtime Interaction on 'Genetics' in Life Science I

So-Young Jeon¹ · Yong-Ju Kwon^{2*}

¹Kwangyoung High School

²Korea National University of Education

생명과학 I 의 '유전' 영역에 대한 실시간 상호작용 가능 원격 수업을 위한 디지털 교재 개발

전소영¹ · 권용주^{2*}

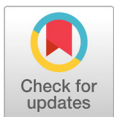
¹광영고등학교 · ²한국교원대학교

*Corresponding Author: kwonyj@knue.ac.kr

ABSTRACT

The purpose of this study was to develop a digital textbooks of the 'Genetics' unit, a part of Life Sciences I in high school to evoke students' motivation to learn the micro object. In addition, the digital textbook was designed to be applied in the remote class with realtime interaction based on the iBooks Author as a authoring tool with diverse widgets. Specifically, the realtime remote class was applied the Zoom platform as the online teaching and learning tool with a realtime interaction among teacher and students. The introduction section of the digital textbook was made and provided a Zoom button to interact among teacher and students and some video clips related to life science curriculum contents to enhance students' immersion in learning. Each page was included digital contents such as gallery widgets, media widgets, presentation widgets, and interactive widgets for learning genetics. Furthermore, a bingo game using the Hype 3 was developed to evoke student's learning motivation on the Mendel's laws of independence. At the end of the section, the digital textbook was provided a page to summarize the learning content using the sketch widget. The developed digital textbook has been evaluated as a positive educational material for learning the "genetic" in the untact and remote class situation with realtime interaction. Furthermore, the digital textbooks could be provided a useful and valuable learning resource for self-directed learning in life science.

Key words: Digital textbook, remote class, realtime interaction, genetics, life science I, Zoom platform



OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning
2021, Vol. 11, No. 2, 245-258.

<https://doi.org/10.31216/BDL.20210016>

Received: May 18, 2021

Revised: June 07, 2021

Accepted: June 07, 2021

© 2021. Institute of Brain based Education,
Korea National University of Education



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

COVID-19 팬데믹의 확산으로 인해 학교 교육에서 많은 변화가 일어났다. 2020년 3월 전 세계 모든 교육기관은 감염병 확산을 방지하기 위해 대면 수업을 제한하게 되었고, 우리나라 역시 사회적 필요에 의해 온라인 개학을 포함하는 본격적인 비대면 원격수업(untact online-class)이 학교 정규교육에 도입되기 시작하였다. 특히, COVID-19 감염병이 급속도로 확산되면서 교실현장은 그동안 간헐적으로 추진해오던 디지털 기술 기반 온라인 교육을 전면적으로 실시하게 되었다. 하지만, 충분한 준비없이 실시된 비대면 원격수업은 교육인프라, 콘텐츠, 수업의 질 측면에서 교수자와 학습자 모두를 혼란스럽게 하였다고 평가되고 있다(Jeong, 2020). 이러한 사회적 변화를 바탕으로 Post-Corona 시대의 교실 현장은 변화에 대비하는 교육의 기능과 범위, 학교 환경과 공식적 학교 교육의 의미에 이르기까지 전체적인 ‘교육 패러다임’에 대한 근본적인 기능과 역할 변화를 재고하는 시점에 이르렀다(Cho, 2020).

Post-Corona 시대에서 교실 현장에서 일어난 가장 큰 변화 중 하나는 비대면 원격수업일 것이다. 특히 감염병 확산으로 인해 교실현장의 대면 수업의 대안으로 제시된 비대면 원격수업은 Post-Corona 시대의 New Normal로 일컬어지면서 새로운 학교 교육의 일상이 되어가고 있다. 그러나 이렇게 급작스럽게 시작한 비대면 원격수업은 시스템 구축, 콘텐츠 개발, 교원 역량 개발, 가정의 학습 지원 등의 측면에서 많은 문제점을 노출했고, 이에 따라 학습효과를 담보할 비대면 원격수업의 시스템 구조에 대한 체계적인 보완의 필요성이 대두되었다. 특히, 이러한 문제점으로 인하여 비대면 원격수업에서 심각한 학습격차 문제가 부각되면서(Kim, 2020, October 2), 학습격차를 줄일 수 있는 효과적인 원격수업의 방법이 중요한 과제로 떠올랐다.

원격수업은 일반적으로 실시간 쌍방향 수업, 강의형 콘텐츠 활용 중심 수업, 강의+활동형 콘텐츠 활용 수업, 과제 수행 중심 수업 등으로 구분할 수 있다(Gye et al., 2020). Gye et al. (2020)의 연구에 따르면, 교사 487명을 대상으로 유형별 학습효과에 대한 인식을 평가한 결과 강의+활동형 콘텐츠 활용 수업이 평균 4.21점/5점으로 가장 높게 나타났다. 학교에서는 학습 내용을 전달하기 위해서 다양한 유형의 원격수업 방식을 이용하였지만, 학생들은 온라인 수업 시 집중력이 저하된다는 점과 선생님 혹은 친구들과의 소통 부족으로 인해 원격수업 수업을 어려워하였다. 특히, 대면 교육 환경에 익숙한 학생들은 원격수업에 대한 경험이 미미한 상황에서 비대면 원격학습 환경으로 급격히 전환상황에서 수업을 듣게 됨으로써 쌍방향 상호작용의 부족함이 두드러졌다고 반응하였다.

이와 같이 Post-Corona 시대의 교육에서 뉴노멀로 자리매김한 비대면 원격수업이 보완해야 할 가장 중요한 요소 중의 하나로 쌍방향 상호작용의 필요성이 제기되면서(Gye et al., 2020; Yoon, 2020), 쌍방향 상호작용을 향상시킬 수 있는 학습콘텐츠의 개발이 요구되고 있다. 디지털 환경에서 상호작용을 통한 창의·융합형 교육의 중요한 핵심 콘텐츠로 작용할 디지털 교재에서는 이러한 상호작용 기능이 더욱더 중요하다(Joo & Kwon, 2019; Kim et al., 2017). 그러나 현재 대부분의 원격수업에서는 서책형 교과서 또는 서책형 교과서를 pdf 파일로 변환시킨 ebook (전자책)형태의 교재를 사용하므로 상호작용이 매우 제한되어 있다. 이러한 서책형 교과서는 다양한 지식이 요약·압축되어 있어 지식 전달 중심의 주입식 교육에는 적합하지만, 학생들의 흥미와 학습 동기를 끌어내기에 부족함이 많다는 지적이 끊이지 않았다(Park et al., 2019).

특히, 생명과학의 학습 내용은 공간적 특성이 시간적 변인에 따라 변화하는 역동적인 구조이며 ‘유전(Genetics)’ 단원의 경우 미시적 대상에 관한 내용이 서술되는 특징을 갖는다. 이러한 내용적 특성으로 인해 2차원적 평면 구조의 서책형 교과서는 학습 내용의 많은 부분이 전달하지 못할 수 있다. 또한, ‘유전(Genetics)’ 개념은 개념의 구조가 나선형으로 구성되어 있어서 중학교에서 학습한 개념에서 출발해야 한다. 그러나, 서책형 교과서는 중학교 교육과정에서 다루는 내용에 대한 구체적인 설명과 활동이 없기 때문에 선행개념을 제공하면서 학습하는 것이 제한되어 있다.

이러한 서책형 교재의 단점을 보완할 수 있는 것이 디지털 교재이다. 디지털 교재는 생명과학 학습자가 시간과 장소에 구애받지 않고 원하는 학습을 할 수 있도록 해준다(Kim et al., 2015). 특히 디지털 교재는 생명과학의 역동적인 구조와 미시적 대상에 대한 현실감 있는 자료들을 갤러리 위젯, 3D 이미지 위젯, 동영상 위젯 등으로 제공하여 학습자의 이해력을 높여줄 수 있으며 학습 내용과 관련된 방대한 양의 자료를 포함하는 것이 가능하다(Lee et al., 2016). 디지털 교재는 다양한 자료를 활용하여 학습자 주도적 학습활동이 가능하며, 중학교 교육과정에서 학습한 개념에 대한 보충 학습 활동이 가능하다. 기존 연구 결과에서도 디지털 교재를 활용한 수업은 서책형 교재의 수업과 비교했을 때 학습 흥미 및 수업 참여도 그리고 학습 몰입도가 증가하는 것을 볼 수 있었다(Chun et al., 2014; Kim & Kwon, 2018; Lee et al., 2015).

더 나아가, 디지털 교재는 실시간 쌍방향 수업에 활용되어 학생들의 집중력을 향상시킬 수 있다. 하지만, 현재 개발된 대부분의 디지털 교재는 기본적으로 대면수업 상황을 위해서 개발된 교재이므로 쌍방향 수업을 위한 비대면 원격교육 플랫폼 연결이 가능한 디지털 기능은 제시되지 않고 있다. 그러나, 쌍방향 수업을 위한 원격교육 플랫폼의 도입은 디지털 교재에서 충분히 활용 가능한 기능이며, 이는 디지털 교재가 Post-Corona 시대의 교육에서 실시간 쌍방향 수업을 위한 효과적인 콘텐츠로 활용될 수 있음을 의미한다. 이렇게 쌍방향 상호작용이 가능한 디지털 교재를 활용한다면 실시간 토론 및 소통 등 즉각적인 피드백이 가능한 수업이 이루어질 것이다(Kim & Kwon, 2019).

아울러, 디지털 교재는 학습자들의 자기 주도적 학습에도 효과적으로 활용될 수 있다(Kim et al., 2017; Kim & Kwon, 2019; Lee et al., 2015). 과거 사회는 교사가 학생들에게 지식을 전달하고, 학생은 그 지식을 습득하는 것이 중요했지만, 지식과 정보가 넘쳐나는 미래 사회는 다양한 시각에서 지식을 선별할 수 있는 비판적인 사고가 중요하며, 다양한 분야의 지식을 융합하여 창의적으로 문제를 해결할 수 있는 능력이 중요하다. 따라서 코로나 19 이후의 교과용 도서는 학생들이 스스로 학습 목표를 설정하고, 자기평가를 통해 문제점을 진단할 수 있으며, 그것을 개선하기 위한 학습 경험과 학습 활동을 스스로 재구성하고 통제할 수 있도록 지원해야 한다(Jeong, 2008).

이외에도 디지털 교재는 형성적 피드백(formative feedback)이 가능한 콘텐츠를 활용함으로써 수업의 질을 향상시킬 수 있다. 원격수업에서 학습의 질에 대한 논의는 활발하게 이뤄지고 있으며(Gye et al., 2020), 수업의 질을 높이기 위해 중요한 것이 ‘교사의’ 피드백’임을 강조한다(Kim, 2020). 오래전부터 피드백(feedback)에 대한 교육적 효과는 다양한 연구를 통해 밝혀져 왔으며(Cohen, 1985), 피드백은 교수학습과정에서 가장 중요하고 매우 효과적인 요소로 제시되고 있다(Hattie & Clarke, 2018). 최근 과정중심 평가 패러다임으로의 전환을 맞이하여, 교육현장에서의 피드백은 ‘형성적 피드백’에 초점을 두기 시작했다(Seo & Park, 2020). 형성적 피드백은 학습 향상을 목적으로 사고와 행동을 수정하기 위해 의도적으로 학습자에게 전달된 정보를 의미한다

(Shute, 2008). Brookhart & Susan (2020)은 이러한 형성적 피드백이 강력한 효과를 지닌 이유는 학생들의 인지와 동기에 모두 영향을 미치기 때문이라고 하였으며, 학생중심, 과정중심 수업에서 점차 강조되고 있는 형성적 피드백에 관한 기초자료(Seo & Park, 2020)를 검토하여 피드백과 관련된 콘텐츠를 수정 및 보완하고자 한다. 또한, 이러한 형성적 피드백을 동료 피드백 또는 자기 피드백으로 이용하여 학습자의 학습 만족도와 학습 성취도를 향상하고자 하였다. 따라서, 비대면 원격교육 상황에서 형성적 피드백을 교육에 활용하려면 디지털 교재를 활용하여 적용할 수 있을 것이다.

Post-Corona 시대의 디지털 전환 사회에서 교육은 양질의 다양한 학습 콘텐츠가 시간과 장소에 구애됨 없이 제공되고, 1대1 피드백이 가능한 디지털 기반 교재의 개발이 필요하다. 이러한 필요성에 의해 이 연구에서는 고등학교 생명과학 I ‘유전’ 단원의 비대면 원격교육 환경에서도 효과적인 상호작용이 가능한 디지털 교재를 개발하고자 한다. 이 연구에서 개발된 디지털 교재는 실시간 쌍방향 상호작용 수업을 가능하게 하여 수업의 질을 향상함으로써 비대면 원격수업 상황에서도 효율적인 피드백을 진행할 수 있도록 구성하였다. 또한, 이 연구를 통해 비대면 학습상황에서 학습자의 흥미와 학습 동기를 끌어낼 수 있고, 자기 주도적 학습이 가능하며, 학생이 학습 활동을 스스로 재구성 할 수 있는 디지털 교재를 개발하고자 하였다.

Methodology

Research Procedure

디지털 교재와 관련된 선행 연구와 2015 개정 교육과정 교재를 분석하여 학생의 자기 주도적 학습에 도움이 될 수 있는 디지털 교재 개발 계획을 수립하였다. 고등학교 생명과학 I의 ‘유전’ 부분을 디지털 교재의 단원으로 선정하였고 교재의 분량은 총 4부분의 소단원으로 Table 1과 같이 계획하였다. 각 소단원에 필요한 멀티미디어 자료는 직접 촬영하거나 제작하여 수집하였으며 2015 개정 교재를 모델로 하여 지도안을 작성한 후 세부 스토리보드를 작성하여 디지털 교재를 제작하였다. 제작 과정에서 디지털 교재 개발의 연구 경험이 풍부한 생명과학 디지털 교재 개발전문가 2명의 조언을 얻어 교재의 검토 및 수정이 이루어졌으며, 고등학교 과학 실험 동아리에 속해있는 1,2학년 23명을 대상으로 그 효과성을 확인하였다.

Table 1. Organizing digital textbook sections

Unit	Main contents	Keyword
1. The fundamental principles of heredity-1	- Mendel's life - Pea experiment	- Mendel - Genes
2. The fundamental principles of heredity-2	- Adversarial traits - Genetic law	- Allelomorphous character - Phenotype - Law of segregation - Law of independence
3. The formation and genetic diversity of reproductive cells	- Formation of reproductive cells - Genetic diversity	- Mitosis - Meiosis
4. Human heredity	- Human heredity	- Genogram analyse - Multiple alleles - Sex-linked inheritance

Curriculum Analysis

본 연구에서 디지털 교재를 개발하기 위해 선정한 단원은 2015 개정 교육과정 고등학교 '생명 과학 I'의 '유전' 단원이다. '유전' 단원은 중학교 3학년의 '유전과 진화'의 내용을 연계 및 심화한 내용이며 '생명 과학 II'의 '유전자의 발현과 조절' 부분과 연계된다(MOE, 2015).

개발된 디지털 교재의 기본 내용은 '생명과학 I'의 '유전' 부분으로 구성하였다. '생명과학 I'은 사람의 몸을 중심으로 나타나는 생명 현상에 대한 이해를 통해, 생활 속에서 나타나는 다양한 의문점들을 창의적으로 해결할 수 있도록 생명과학의 기초 소양을 기르는 과목이다(MOE, 2015). 급속도로 발전하고 있는 첨단 생명공학 기술에 대한 기초 소양을 갖추기 위해서는 생명과학의 기본원리, 특히 유전학 분야에 대한 이해가 필수적으로 선행되어야 한다(Yoo & Cho, 2016). 생명과학의 학습 내용은 공간적 특성이 시간적 변인에 따라 변화하는 역동적인 구조이며 '유전' 단원의 경우 미시적 대상에 관한 내용이 서술되는 특징을 갖는다. 학생들은 이와 같은 특징을 갖는 생명과학의 '유전학'과 같이 눈에 보이지 않는 추상적인 개념을 다루는 분야의 학습을 어려워하기 때문에 각 개념을 구체화하고 통합적으로 이해할 수 있도록 도와주는 자료들이 필요하다. 또한 '유전' 단원의 경우 개념 사이의 의존도가 높아 학생들이 어려워하는 점을 감안 하였을 때 유전의 원리를 정확하게 이해할 수 있도록 중학교 3학년의 '유전과 진화' 단원의 학습이 선행되어야 한다(Kim, H. 2017). 개발된 디지털 교과서는 여러 위젯(갤러리 위젯, 3D 이미지 위젯, 동영상 위젯 등)을 이용한 다양한 자료 및 콘텐츠(독립의 법칙 빙고 게임 등)와 중학교 3학년의 '유전과 진화' 단원의 개념을 학습하기 위한 내용 및 활동을 제공하여 '유전' 단원에 대한 이해를 단계적으로 돕고자 하였다. 또한 심화 학습을 위해 생명과학 II의 '유전자 발현과 조절' 부분을 부분적으로 추가하였다.

최종적으로 구성된 단원은 Table 1과 같이 소단원 1과 2인 유전의 기본원리-1과 유전의 기본원리-2와 소단원 3 - 생식세포의 형성과 유전적 다양성, 소단원 4 - 사람의 유전이다. 기초 단원인 소단원 1과 2는 멘델의 생애와 완두콩 실험, 대립형질, 유전 법칙에 관한 내용으로 구성하였으며 소단원 3과 소단원 4는 생식세포의 형성과 유전적 다양성, 사람의 유전에 관한 내용으로 구성하였다.

이러한 내용 구성은 2015 과학과 교육과정을 기반으로 검토하였으며, 교육과정에 제시된 내용인면서 여러 교과서에 포함된 내용으로 구성하였다. 그런 다음, 이 구성 내용을 생명과학 디지털 교재 개발전문가 2인의 검토를 받은 후, 디지털 콘텐츠에 적합하도록 수정하여 지도안으로 구성하였다.

The Development Process of Digital Textbooks

교재 초반부에 디지털 교재를 이용한 실시간 원격교육이 가능하도록 원격교육 플랫폼에 접속할 수 있는 버튼을 제시하였다. 원격교육 플랫폼은 다른 플랫폼과 비교하였을 때 사용이 간편하고 실시간으로 시간 차 없이 영상이 전송된다는 장점이 있는 Zoom으로 선정하였다. Zoom 버튼을 클릭하면 수업 ID와 비밀번호를 작성하는 페이지가 나오며 제시된 학습 활동은 학습자의 학습 동기를 유발할 수 있는 고화질의 2D 이미지 및 3D 이미지, 동영상을 다양하게 이용하여 적절하게 구성하였다. 학생들이 학습에 흥미를 느낄 수 있도록 활동 위주의 위젯을 제작하고 적용하였다. 각 단원에서 사용되는 모든 멀티미디어 자료는 직접 제작하거나 저작권 문제가 발생하지 않는 무료사이트(Pixabay)에서 받아 사용하였다.

디지털 교재의 저작 도구는 Mac OS 기반의 프로그램인 iBooks Author를 사용하였다. iBooks Author는 초보자도 쉽게 사용할 수 있도록 메뉴가 직관적으로 구성되어 있으며 다양한 기능을 이용하여 높은 수준의 콘텐츠를 개발 할 수 있다는 점에서 효과적인 저작도구로 평가받고 있다. 또한 이 연구에서 개발한 디지털 교재의 각 단원에는 다양한 활동이 가능한 콘텐츠를 직접 제작하여 제시하였다. 콘텐츠 제작은 Hype3와 Lifeworksheet, Bookry 사이트를 이용하였다. 특히 Hype3 프로그램의 경우 Illustrator를 이용하여 제작한 그림을 이용하여 움직임 하나하나에 대한 명령어를 정하여 클릭했을 때 원하는 움직임이 가능했으며 이를 이용하여 멘델의 독립법칙을 게임으로 제작하여 수록하였다.

Application of Developed Digital Textbook

개발된 디지털 교재는 서울시 양천구의 한 고등학교 동아리 수업에 참여한 23명의 1, 2학년 학생을 대상으로 적용하여 그 효과를 평가하였다. 디지털 교재를 사용해본 경험이 없는 학생들로 평가 집단을 구성하였으며, 2인 또는 1인으로 구성된 모둠이 총 12대의 iPad 이용하여 학습하도록 하였다. COVID-19 상황에 따른 격주 등교로 인해 첫 번째 수업은 등교 수업, 두 번째 수업은 Zoom을 이용한 온라인 수업으로 계획하였고, 각각의 수업이 진행되는 동안 개발된 디지털 교재를 이용하여 2시간씩 학습할 수 있도록 수업을 구성하였다.

디지털 교재에 대한 평가 문항은 Jeong (2008)이 개발한 디지털 교재 평가 준거 개발의 ‘사용자 평가 문항’을 전문가의 검토를 거쳐 수정하여 사용하였다. 평가는 총 4차시 수업 후, 구글 설문지를 이용하여 진행하였으며, 디지털 교재 사용자에게 대한 평가 영역의 3가지 평가 요소인 ‘효과성’, ‘학습 만족성 및 용이성’ 분야에 대하여 리커트 5점 척도로 응답하게 한 후 분석하였다.

Results

The Developed Digital Textbook

개발된 디지털 교재는 Fig. 1과 같이 총 4개의 소단원으로 구성하였다. 1, 2단원은 중학교 3학년 과학의 ‘유전과 진화’의 내용으로 기초를 복습할 수 있도록 구성하였고 소단원 3과 4는 ‘유전적 다양성’, ‘생명의 연속성’, ‘사람의 유전’ 등에 관한 내용으로 구성하였다.

각 소단원의 첫 화면에는 소단원의 내용과 어울리는 고화질의 이미지를 여러 장 제공하였고 소단원의 내용을 짧게 요약하여 설명하였다. 또한 내용과 관련된 인포그래픽 동영상도 넣어 학습 동기가 생길 수 있도록 하였다. 또한, 모든 소단원의 두 번째 화면 왼쪽 아래에는 ‘Zoom’이라고 적힌 버튼을 제시하였으며 클릭이 가능한 곳에 손가락 모양을 붙여 편의성을 높였다[Fig. 2]. 버튼을 클릭하면 교사와 정한 시간에 언제든지 쌍방향 수업 플랫폼에 접속하여 비대면 수업을 진행할 수 있도록 구성하였다. 소단원의 마지막 부분에는 복습 위젯, 브레인스토밍 화면, 활동지와 문제 풀이 사이트를 제공하여 학습자가 내용을 복습하고 정리한 후 평가할 수 있도록 구성하였다.



소단원 1과 2는 소단원 3과 4를 학습하기 위한 기초 단계로 ‘멘델의 유전연구’, ‘대립형질’, ‘우성과 열성’ 등의 내용으로 구성하였다. 소단원 1은 유전의 기본원리-1 부분으로 1쪽에는 구글맵 위젯을 사용하여 멘델이 지냈던 수도원의 위치를 확인할 수 있게 하였다. 2쪽과 3쪽에는 스크롤 사이드바 위젯을 이용 멘델의 생애와 업적에 대해 자세하게 소개하였다. 또한 멘델이 지냈던 수도원에 직접 방문하여 촬영한 사진과 동영상은 4쪽에 제시하여 과학자에 대한 관심과 유전에 대한 흥미를 향상하고자 하였다. 그 밖에도 폴링 위젯, 팝오버 위젯, 3D이미지 위젯을 사용하여 학습자의 이해를 도왔다. 소단원 2에는 독립법칙 빙고 게임을 Hype3 프로그램을 이용해 제작하여 제공하였다. 클릭하면 각 칸에 숫자를 적을 수 있고 유전자형이 적힌 완두콩을 이동시킬 수 있으며 빙고 표시하기 버튼을 누르면 빙고 표시를 할 수 있게 된다. 학습의 흥미를 유발하는 콘텐츠이며 개별 수업에서 이용이 가능하고 대면, 비대면 수업 시 모두 활동 자료로 활용할 수 있도록 제작하였다. 단원의 후반에 제시된 브레인스토밍 화면은 모든 소단원이 연계되어있어 매시간 입력한 내용을 다른 소단원의 브레인스토밍 화면에서도 확인할 수 있다. 학습 후 정리한 내용을 교사의 메일 등으로 전송하여 피드백 받을 수 있다.

소단원 3과 4는 ‘생식세포의 형성과 유전적 다양성’, ‘사람의 유전’에 대한 내용으로 구성하였다. 각 소단원의 두 번째 화면에는 소단원의 전체 내용을 ppt로 정리하여 직접 수업한 동영상을 제공하여 자기 주도적 학습에 도움이 될 수 있도록 제공하였다. 또한 ‘Bookry 사이트’를 이용하여 만든 스케치 위젯과 메모 위젯을 제공하여 학습자가 학습 활동의 질문에 대해 직접 답을 작성하여 자기 피드백을 하거나 실시간으로 교사 및 친구들과 상호작용하며 동료 피드백을 할 수 있도록 구성하였다(Fig. 3).

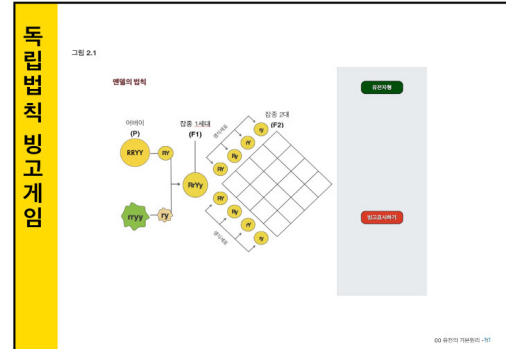


Fig. 3. Contents of sketch and memo widget with the feedback interaction in the digital textbook

소단원 2와 3의 마지막 부분에는 Live Worksheet 사이트를 이용한 문제 풀이가 제공되었다. ‘정리 활동지’, ‘문제’라고 적힌 버튼을 누르면 사이트로 이동하며 미리 준비되어있는 활동지 또는 문제 파일이 제공된다. 문제 풀이 후 왼쪽 위에 맞힌 답의 개수가 뜨게 되며 체크 박스, 드래그앤드롭, 선 잇기 등을 이용하여 답을 선택할 수 있도록 구성되어있다. 또한 학습 결과는 사이트에 연결되어있는 교사의 메일로 전송되어 쉽게 피드백 받을 수 있도록 구성되어있다. 이와 같은 과정으로 구성된 디지털 교재의 내용 일부를 Fig. 4에 제시하였다.



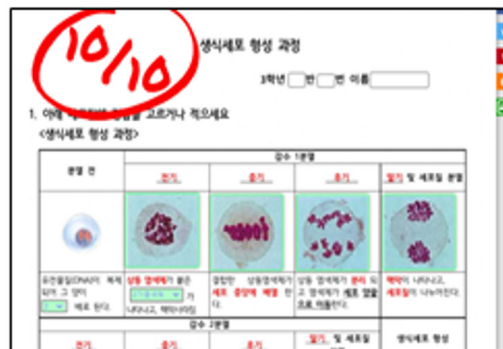
<Infographic image>



<Hype3-Bingo game>



<Brainstorming>



<Live worksheet>

Fig. 4. Contents of the infographic image, bingo game, brainstorming, and live worksheet in the digital textbook

지금까지 보고된 디지털 교재의 콘텐츠는 주로 대면 수업에서 직접 실시하기 어려운 실험이나 활동을 온라인상에서 대체할 수 있도록 제작되었다(Joo & Kwon, 2019; Kim et al., 2017; Kim & Kwon, 2019; Lee et al., 2015). 이들 디지털 교재는 비록 비대면 수업에서도 온라인 탐색 등의 방법으로 부분적으로 상호작용이 가능한 콘텐츠이지만, 비대면 원격수업에서 요구되는 실시간 쌍방향 수업과 즉각적인 피드백은 어려운 상황이다. 특히, 상호작용 피드백은 학습 만족도와 학습 성취도 향상에 도움을 줄 수 있으므로 정규 수업에 매우 중요한 수업 전략이다(Kim & Yun, 2017). 따라서, 비대면 원격 수업에서 상호작용의 제공은 매우 중요한 요소라고 할 수 있다.

이 연구에서 개발된 디지털 교재는 기존의 디지털 교재가 갖고 있던 이러한 제한점을 개선한 콘텐츠이다. 개발된 디지털 교재는 담당 선생님과 학습자의 1대1 실시간 수업 및 형성적 피드백이 가능하며, 동료 피드백 및 자기 피드백이 가능하다는 특징을 지닌다. 모든 소단원의 두 번째 화면 왼쪽 아래에 위치한 Zoom 버튼을 이용하여 실시간 수업을 진행할 때 앞서 설명한 여러 콘텐츠를 이용하여 학습 동기 및 흥미 유발과 형성적 피드백이 가능하도록 하였다. 실제로 진행했던 비대면 수업에서는 고화질의 이미지와 인포그래픽 동영상 등을 본 후 단원에서 배울 내용에 대해 확인하고, 각자의 의견을 나누는 시간을 통해 학습 흥미와 동기를 유발하였다. 또한, 소단원 2의 독립법칙 빙고 게임은 Zoom에서 모둠을 구성하여 수업하였으며, 게임을 이용한 활동이라는 특성상 학생들의 적극적인 모습이 돋보였다. 학생들은 게임을 이용한 활동을 통해 중학교에서 학습한 개념인 ‘유전자형’, ‘표현형’, ‘우열의 법칙’ 및 ‘분리의 법칙’에 대해 복습하고 개념을 정교화할 수 있었다. 더 나아가, 소단원 3과 4에서 제시된 활동들은 ‘Bookry 사이트’를 이용하여 제작한 스케치 위젯과 메모 위젯을 이용하여 구성하였다. 학생들은 활동을 통해 각자의 생각을 정리하고 모둠에서 의견을 나누는 후 발표하였고, 활동이 끝난 후 자기 피드백과 동료 피드백을 진행하였다. 모든 학습이 끝난 후 학습 정도를 확인할 수 있는 피드백은 각 단원 마지막 부분에 위치한 브레인스토밍과 Live Worksheet의 문제 풀이를 이용한 실시간 피드백으로 진행하였다.

Evaluation of Digital Textbooks

이 연구에서 개발된 디지털 교재의 학습 효과성과 만족성 및 용이성을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 전체 문항의 평균 응답 점수는 4.9점으로 나타났다. 학습자는 개발된 디지털 교재로 학습할 때 ‘멘델’과 ‘유전’에 대한 관심도가 평소보다 높아졌다는 것을 평가 결과를 통해 알 수 있었다. 디지털 교재로 학습할 때 ‘유전’과 ‘유전자’에 대한 이해도도 높아진다고 응답하였다. 이는 디지털 교재를 이용하여 ‘유전’에 대해 학습할 때 서책형 교재에서는 확인하기 어려운 다양한 자료를 볼 수 있고, 각 단원의 정리한 내용을 교사와 실시간으로 상호작용하여 평가받을 수 있는 부분으로 인해 나타난 결과로 분석된다. 또한, 다른 디지털 교재와 차별적으로 구성된 수업 영상과 게임 형태의 콘텐츠로 인해 흥미와 학습 동기가 유발에 도움이 되었느냐는 문항에 대한 점수가 높게 나타났다. 특히 모든 학생이 디지털 교재를 이용하여 스스로 학습하는 데에 매우 도움이 된다고 응답하였다. 이는 소단원 초반에 교사가 직접 촬영한 수업 동영상을 제공한 것과 다양한 형식으로 제공되는 콘텐츠가 학습에 많은 도움을 준 것으로 판단된다. ‘문제 해결에 대한 자신감’과 ‘학습에 대한 지속성’에 관한 질문의 응답 결과가 다른 결과에 비해 다소 낮은 것은 학습자가 디지털 교재를 이용한 시간이 짧았고 개발된 디지털 교재의 주요 내용인 ‘유전’의 학습 난이도가 높기 때문에 나타난 결과로 분석된다.

Table 2. Questionnaire results on the learning effectiveness of the digital textbook

Questionnaire content [Learning effectiveness]	Mean score/ 5 point
- Were you interested in Mendel when you studied with the digital textbooks?	4.82
- Were you interested in genetics when you studied with the digital textbooks?	4.91
- Did the digital textbooks help you understand genes?	4.95
- Did the digital textbooks help you understand a person's heredity?	4.95
- Did the digital textbooks help you analyze genetic family tree?	4.95
- Did you think that the digital textbooks helped organize the contents of each unit?	4.86
- Did you think the digital textbook increased confidence in solving the genogram analysis problem?	4.78
- Did you want to continue to learn about genetics while studying with the digital textbooks?	4.78
- Did the digital textbook help you learn on your own initiative?	5.00
- Did you think the digital textbooks helped you get feedback from your study?	4.95

디지털 교재의 만족성 및 용이성을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 전체 문항의 평균 응답 점수는 4.9점으로 나타났다. 디지털 교재에서 제공되는 다양한 멀티미디어 자료로 인해 쉽고 편리한 학습이 이루어졌음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 Joo & Kwon (2019), Kim et al. (2017), Kim & Kwon (2018), Kim & Kwon (2019), 그리고 Lee et al. (2016) 등이 지금까지 보고한 디지털 교재 개발에 연구 결과들과 유사한 결과이다.

Table 3. Questionnaire results on the satisfaction of the digital textbook structure and function

Questionnaire content [Learning effectiveness]	Mean score/ 5 point
- Do you want to continue using the digital textbooks for future learning?	4.95
- Did multimedia materials(pictures, videos, etc.) in the digital textbook help you learn?	4.95
- Did the various communication functions (Zoom, Sharing, Searching, etc.) in the digital textbooks help you learn?	5.00
- Are you satisfied with the amount of time or frequency of communication through the interaction function of the digital textbooks?	4.78
- Are you satisfied with your feedback on what you have learned from the digital textbooks?	4.86
- Was it easy and convenient to use the digital textbooks?	4.95
- Was it convenient to read and see what you learned in the digital textbooks?	4.86
- Was it easy and convenient to find the contents you wanted in the digital textbook?	4.86
- Was it easy and convenient to find external materials using search function in the digital textbooks?	4.78

더 나아가 학습에 대한 흥미, 자기 주도적 학습을 수행한 후 궁금한 점을 실시간 쌍방향 수업을 통해 질의 응답 등의 내용에서 긍정적인 반응을 확인하였다. 또한, 개방형 질문을 통해 수정되어야 할 부분을 확인하여 '클릭이 가능한 부분 표시', '그림의 크기 조절', '모의고사 파일 업로드를 통한 부족한 문제 보완' 등의 수정을 하였다. 또한, 학생들은 실시간 수업에 접속하는 것이 쉽다고 평가했으며 Zoom 버튼을 클릭하고 회의 ID와 회의 비밀번호를 작성하여 들어가면 시간, 공간 및 교사에 제한 없이 실시간 수업 또는 피드백을 받을 수 있다는 것이 가장 큰 장점이라고 답했다. 학생들은 Zoom을 이용하여 실시간 토론 및 소통을 통해 즉각적인 피드백이 가능하였고 이로 인해 학습 만족도가 향상되었다고 답했다.

이러한 평가 결과를 통해 개발된 디지털 교재가 기존의 디지털 교재 또는 서책형 교재보다 비대면 수업에 활용하기에 용이함을 확인하였다. 다만, 이 연구에서 개발된 디지털 교과서는 다음과 같은 제한점이 존재한다. 기존에 개발된 Shin et al., (2017), Kim et al., (2018), Joo & Kwon (2019) 등의 디지털 교재는 학교에서 진행하기 어려운 실험 또는 창의적 산출물 제작에 중점을 두었다. 이와 다르게 이 연구에서 개발된 디지털 교재는 실험 또는 산출물 제작 과정은 없고 미시적 대상에 대한 이해를 돕는 콘텐츠만 수록되었다. 따라서 유전 현상을 알아볼 수 있는 추가적인 활동(실험, 탐구 등)을 안내해주는 콘텐츠가 제공된다면 창의적 산출물의 제작 과정에서 나타나는 융합과학적 측면의 학습효과도 제공될 수 있을 것이다.

Conclusions and Implications

이 연구에서는 비대면 원격수업에서 자기 주도적 학습에 활용이 가능한 생명과학 I ‘유전’ 단원의 디지털 교재를 개발하였다. 제작 도구는 Mac OS 기반의 디지털 콘텐츠 저작도구인 iBooks Author를 사용하였고 추가적인 HTML 콘텐츠 개발을 위해 Hype3, Illustrator, Bookry 등의 저작도구를 이용하였다. 디지털 교재의 내용은 2015 개정 교육과정에 기반하여 여러 출판사의 교재를 분석한 후 다수의 교재에 포함되어 있는 내용으로 구성하였다. 이 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 이 연구에서는 기존의 서책형 교재 보다 학습 몰입도가 높아 효율적인 학습이 가능한 디지털 교재를 개발하였다. 디지털 교재는 학습자가 시간과 장소에 구애받지 않고 학습할 수 있도록 하였으며 서책형 교재에 제시된 2차원적 정적 구조보다 생명과학 I ‘유전’ 단원의 미시적 대상에 대한 이해를 도울 수 있는 다양한 콘텐츠를 제공할 수 있어서 학생들에게 많은 도움이 되었다. 또한 Bookry에서 제작 가능한 어플리케이션은 학생들의 활동 결과를 실시간으로 피드백할 수 있는 구조이기 때문에 학생들은 실시간으로 피드백을 받을 수 있도록 구성하였다. 더 나아가, 단계별 학습이 가능하도록 중학교 교육과정의 내용을 제공하여 ‘생명과학 I ‘유전’ 단원의 이해력을 증가 시켰다.

둘째, 실시간 쌍방향 수업이 가능하도록 디지털 교재를 제작하였으며, 제작된 디지털 교재는 학생들의 집중력을 향상시켰다. 디지털 교재의 단원 도입부에 쌍방향 수업 플랫폼인 Zoom의 접속 버튼을 넣어 학생들이 정해진 시간 또는 교사, 학생과 약속한 시간에 접속 할 수 있도록 하였으며 쌍방향 수업에서 활용 가능한 게임 콘텐츠, 토론·발표 콘텐츠는 소통 수업을 가능하게 하였다. 이를 통해 단방향 원격수업에서 생겼던 집중력 저하 문제가 해결하고자 하였다.

셋째, 개별 학습이 가능한 다양한 콘텐츠가 제공된 디지털 교재를 개발하였으며, 이 디지털 교재를 이용하여 자기 주도적 학습이 가능하도록 구성하였다. 단원의 도입부에 제공된 단원 정리 영상을 이용하여 학습하거나 검색을 통해 궁금한 과학적 지식을 알아보는 것 만으로도 개별 학습이 가능하다. 단원 전개 부분에 수록된 콘텐츠는 클라우드를 이용하여 담당 교사와 피드백이 가능하며 Live Worksheet를 이용하여 단원 정리 부분에 문제 풀이를 제공하여 스스로 학습 결과를 확인할 수 있도록 하였다. 개발된 디지털 교재는 지식과 정보가 넘쳐나는 미래 사회에서 지식을 선별할 수 있는 비판적인 사고를 기를 수 있도록 돕는다. 또한 브레인 스토밍을 통해 각 단원을 정리하면서 자기평가를 할 수 있다.

넷째, 개발된 디지털 교재는 형성적 피드백을 적용한 동료 피드백과 자기 피드백의 제공으로 학습자의 학습 만족도와 학습 성취도를 향상시켰다. 특히, 실시간 수업에서 동료 피드백을 실시하게 된 경우 동료학생을 의식하여 학습을 하는 모습이 관찰되었으며, 자기 피드백이 가능한 Brainstorming의 제공으로 수업 내용을 정리할 수 있으며 학습자의 학습 이해도를 도울수 있었다.

다섯째, 고등학교의 과학 동아리에 속해있는 23명의 학생들에게 적용된 이 디지털 교재의 평가는 효과성, 만족성, 용이성에서 효과적이라고 나타났다. 또한 개방형 질문에서 그림의 크기 수정과 클릭할 수 있는 콘텐츠들을 명확하게 표시하는 등의 피드백을 받았으며, 이를 반영하여 디지털 교재를 수정하였다.

이상의 결론을 토대로 생명과학 I '유전' 단원의 디지털 교재는 다음과 같은 교육적 함의를 제공할 수 있다.

첫째, 이 연구의 결과물은 대면 수업 뿐만 아니라 비대면 수업에서도 쌍방향 원격수업을 원활하게 진행할 수 있는 디지털 콘텐츠의 결과물과 함께 개발 방안을 제공하였다. 특히, 도입 부분에 제공된 쌍방향 수업 플랫폼은 기존에 제작된 디지털 교재보다 쉽게 비대면 원격수업을 진행할 수 있도록 해 준다.

둘째, 학습자의 수준별 자기 주도적 학습이 가능한 개발 방향을 제공할 수 있다. 기존 디지털 교과서처럼 교육과정을 그대로 반영할 수도 있었지만, 이 교재는 중학교 교육과정의 내용을 소단원 1,2에 미리 제공하여 기초적인 학습이 되어있지 않은 학습자들의 수준별 학습이 될 수 있도록 고안하였다. 특히 Hype3를 이용하여 제작한 멘델의 독립법칙에 대한 빙고 게임은 학습자가 생명과학의 법칙에 흥미를 느낄 수 있도록 하였다. 또한 기존의 디지털 교재보다 다양한 문제를 제공하여 심화 학습이 가능한 방안을 제시하였다.

이 연구에서는 COVID-19와 같은 상황은 물론이고 Post-Corona 이후 사회에서 쌍방향 소통 수업이 가능한 디지털 교재의 디자인을 제공하였을 뿐만 아니라, 실제 사례도 제공하였다. 기존 서책형 교재를 이용한 단방향 수업보다 실시간 쌍방향 수업에서 사용 가능한 디지털 교재를 이용한 수업은 학습자의 학습 몰입도를 향상시켜 효율적인 학습을 가능하게 하였다. 이렇게 개발된 디지털 교재는 개별 학습 및 자기 주도적 학습이 가능하다. 앞으로 학생이 다양한 지식을 스스로 선별할 수 있는 비판적 사고와 문제해결 능력, 자기 평가를 통한 문제점 진단 등을 도와주는 콘텐츠와 학생 개별 성향에 맞는 피드백 콘텐츠가 추가로 개발된다면 학습에 더욱 효과적인 디지털 교재가 될 수 있을 것으로 기대한다.

References

- Cho, E. (2020). Untact classes in POST COVID-19: The roles and challenges of educational technology. *Journal of Educational Technology*, 36, 693-713.
- Choi, Y., & Eom, A. (2016). Development of a digital textbook on visual organs using iBooks Author. *Brain, Digital, & Learning*, 6, 75-84
- Chun, S., Jeon, M., & Bang, I. (2014). Analysis of the effects on using digital textbook in the classroom for smart education. *Journal of Elementary Education*, 37, 137-161
- Eun, K., & Ryu, S. (2013). The development case of G-Learning based education contents. *Journal of Digital Convergence*, 11, 397-402.
- Gye, B., Kim H., Lee, Y., Kim, S., Son, J., & Baek, S. (2020). Analysis of Elementary and Secondary Remote Education Experiences and Perceptions in Accordance with COVID-19 - Focusing on basic statistical results. GM 2020-11, Korea Education And Research Information Service (KERIS).
- Im, Y., & Joo, J. (2015). Factors influencing learners' satisfaction of using digital textbooks in a middle school science class. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 19, 239-257.

- Jeong, Y. (2008). Development of evaluation criteria on digital text-book. *Journal of the Korean Association of Computer Education*, 11, 13-20.
- Jeong, Y. (2020). Exploration of the Direction of the Future Education in the POST- COVID-19. KISTI. <https://doi.org/10.22800/KISTI.KOSENEXPERT.2020.441>
- 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, 1-9.
- Kim, B., Kwon, S., & Kwon, Y. (2017). Development and application of a digital textbook on the scientific observation for inquiry of biological phenomena in elementary science. *Biology Education*, 45, 259-267.
- Kim, E., & Yun, J. (2017). A study of interaction design for smart learning feedback to promote learning effectiveness. *Journal of Design Convergence Study*, 16, 127-137.
- Kim, H. (2017). Analysis of concept level and connectivity of the genetic unit in the middle school science 3 and high school life science I textbooks. *Journal of the School Science*. 11, 302-313.
- Kim, S., & Kwon, Y. (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, 95-105.
- Kim, J. (2020, October 2). Teacher feedback is needed to improve the quality of online class. *Moneytoday*. Retrieved from <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2020092514555393009>
- Kim, T., & Kwon, Y. (2019). Development of a digital textbook on metabolism and digestion system applying the 5E learning cycle model. *Brain, Digital, & Learning*, 9, 9-17.
- Kwon, S., Kwon, Y., Yang, I., Byun, J., Lee, I., Kwon, S., Kim, S., ... Jung, K. (2015). The effects of using a digital textbook on learner's cognitive function - An EEG study. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction* 15, 121-138.
- Kim, Y., Kwon, S., & Kwon, Y. (2015). Analysis of high school students' visual attention at digital contents on biological science. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*. 15, 91-110.
- Lee, N., Kwon, S., & Kwon, Y. (2015). Development of a digital textbook on electric circuit in elementary science using iBooks Author. *Brain, Digital, & Learning*, 5, 1-13.
- Lee, S., Kwon, S., Choi, S., & Kwon, Y. (2016). Development of a digital textbook on hormone and homeostasis regulation based on convergence learning model for high school students. *Biology Education*, 44, 477-486.
- Min, E. (2014). Domestic and international case studies for effective infographic design in science digital textbooks. *Journal of Digital Design*, 14, 407-416.
- Oh, H., Gu, H., Yoo, H., Kang, H., Jung, J., & Kim, D. (2018). *Life Science I*. Seoul: Mirae-N
- Park, H. (2020). White Paper on ICT in Education in Korea. Korea Education And Research Information Service (KERIS).
- Shim, K., Oh, S., Hwang, U., Kim, M., Bae, M., & An, S. (2018). *Life Science I*. Seoul: Visang Education.
- Shin, H., Kim, D., & Kwon, Y. (2017). Development of a digital textbook on bloodcirculation in junior high school science. *Biology Education*, 45, 117-124.
- Yoo, S., & Cho, H. (2016). Analysis of analogies of high school life science textbooks in 2009 revised science curriculum-focusing on genetics field. *Journal of the School Science*, 10, 27-38.
- Yoon, D. (2020). Major Trends Leading to the New Normal in Post-Corona Education. 2020 KISA Report, 12.

Authors Information

Jeon, So-Young: Kwangyoung High School, Teacher, First Author

Kwon, Yong-Ju: Korea National University of Education, Professor, Corresponding Author