

Development of a Digital Textbook on ‘Excretion and Filtration’ with the Learning Model for Biomimicry-based Convergence

Min-Gyu Joo¹⁾(Teacher) · Yong-Ju Kwon²⁾(Professor)

¹⁾Songnae-Jungang Junior High School · ²⁾Korea National University

생체 모방 기반 융합 수업 모델을 적용한 ‘배설과 여과작용’ 디지털 교재 개발

주민규¹⁾(교사) · 권용주²⁾(교수)

¹⁾송내중앙중학교 · ²⁾한국교원대학교

<ABSTRACT>

The purpose of this study is to develop digital textbooks on ‘excretion on filtration’, a part of Science in junior high school, using the learning model for biomimicry-based convergence. The digital textbook was used the iBooks Author as the authoring tool with the gallery widget, video widget, texting image widget and other basic functions. Three phases of learning processes in the digital textbook were composed of scientific exploration, convergent design, and convergent creation, which are provided students to facilitate learning for self-directed and active collaboration. In the scientific exploration stage, the students are able to build knowledge on the principle of excretion in kidney and production of a simple water purifier using filtration principle. In the convergent design stage, the students learn about 3D modeling to design a products using 3D printer. In the convergent creation, the students make a actual 3D objects using the 3D printer. Through designing the digital textbooks on excretion filtration, this study are expected students to raise the level of interest and immersive experience on the topic. Furthermore, the learning process of the digital textbook is expected to improve students’ convergent thinking skills.

Key words : Biomimicry convergence. digital textbooks, excretion and filtration, 3D printer, iBooks Author

I. Introduction

인공지능, 빅데이터 분석, 사물 인터넷 등과 같

은 정보통신기술의 발달로 빠르게 변화하는 21세기
는 문화, 예술, 과학, 기술 등의 특정 분야가 독립적
으로 존재하는 시대가 아니다. 오히려 모든 분야가

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

Received February 26, 2019; Reviewed February 28, 2019; Accepted March 9; Published March 31, 2019

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

상호 간에 유기적 관계를 맺고 영향을 주며 변화해 간다. 이러한 사회 변화에서 미래를 이끌어 나갈 인재상은 아이디어를 기반으로 문제를 해결하고 통합할 수 있는 창의 융합형 인재로 변화되고 그러한 인재상을 기르기 위해 교육의 방향도 변화하고 있다. 이에 교육부는 창의 융합형 인재를 길러내기 위해 인문학적 소양 교육과 과학기술 소양 교육을 중점적으로 추진하고 융합될 수 있는 2015 개정 교육 과정을 제시하였다.

따라서 학교 현장에서도 더 이상 기존의 교육 방법대로 교사는 단순 지식을 전달하며, 학습자들은 수동적인 학습자로만 남는 교육 방법을 개선해야 한다. 구체적으로, 3D 프린터, 디지털교과서, 아두이노와 같은 디지털 기반의 최신 기기들을 활용하여 활발한 의사소통과 협력을 통해 새로운 지식을 만들어내고, 문제해결력을 갖춘 창의융합형 인재를 기르도록 시도해야 한다(Eom & Kwon, 2016). 이에 본 연구에서는 문제해결과정에 따라 발산적 사고와 수렴적 사고의 연계를 통하여 융합수업이 가능한(Byeon, Lee, & Kwon, 2012) 생체모방수업 모델을 적용하여 실제 학교 현장에서 수업시간에 사용할 수 있는 배설의 원리에 대한 디지털 교재를 개발하였다.

배설의 원리 중 여과의 작용을 이용한 디지털 교재 개발의 필요성은 다음과 같다.

첫째, 디지털 교재의 다양한 학습 자료들을 바탕으로 기존의 서책형 교과서 보다 효율적으로 학습이 이루어질 수 있다. 배설이 일어나는 과정을 이해하기 위해서는 배설기관에 대한 충분한 자료가 필요하다. 예를 들어 콩팥의 여과 과정을 이해하기 위해서는 여과가 일어나는 사구체의 구조와 보먼주머니의 구조적인 이해가 뒷받침 되어야 하는데, 서책형 교과서에 실린 자료들은 학생들에게 학습과정에서 실제로 콩팥의 구조를 보는 듯한 현실적인 경험을 제공해주기 어렵다. 반면, 디지털 교재의 다양한 멀티미디어 자료는 이러한 부분에서 학습자들에게 많은 도움을 줄 수 있다. 갤러리 위젯, 동영상 위젯, 3D 이미지 위젯 등을 통하여 학생들에게 좀 더 현실감 있는 자료들을 제공하여 학습자들에게 학습하는 과정에서 이해력을 높여줄 수 있으며, 학습의 흥미와 몰입도를 증가시킬 수 있다. 기존의 연

구결과에서도 디지털 교재를 활용한 수업에서는 학습자들이 학습을 하는 과정에서 학습 스트레스가 낮아지고, 학습 과제에 대한 집중도가 높아졌음을 볼 수 있었다(Kwon, 2015).

둘째, 3D 프린터를 활용한 디지털 교재는 학생들의 문제해결력을 신장시킬 수 있다. 본 연구에서 개발된 디지털 교재는 다른 교과서와 차별화를 위하여 과학적 탐구를 거친 뒤 문제를 해결하기 위한 창의적인 산출물을 제작하는 과정에서 디지털 교재를 통해 실제 학생의 아이디어를 3D 프린터로 구현할 수 있도록 구성하였다. 3D 프린터를 활용한 생체모방 융합수업은 문제해결력 측면에서 기존의 STEAM 프로그램과 달리 산출물 제작이 용이한 특징이 있는데(Eom, 2016), 학생들은 문제를 해결하기 위해 자신의 과학적 아이디어에 기반하여 3D 모델링과 창의적인 산출물을 제작하는 과정을 거치면서 자신의 아이디어를 정교하게 할 수 있다. 또한 자신들의 산출물을 다른 학습자들과 공유하면서 다양한 방식으로 문제에 대해 접근하여 새로운 접근 방법을 얻을 수 있으므로 문제해결력을 높일 수 있다.

셋째, 디지털 교재를 통하여 학습자들을 능동적으로 이끌어 낼 수 있다. 디지털 교재 내부의 다양한 기능들을 통해 학습자가 학습 내용과 관련하여 질문이나 내용을 스스로 정리해볼 수 있으며, 학생이 자신의 학습과정에서 피드백을 즉시적으로 받을 수도 있다. 또한 무엇보다도 인터넷 환경이 구축되어있는 환경에서 디지털 교재를 통해 교사와 학생, 학생과 학생 간의 의견 교환 및 자료 공유가 가능해지므로 학습과정에서 학습자가 수동적으로 지식을 받아들이기 보다는 학습자 스스로가 학습의 주체가 되어 지식을 쌓아 나갈 수 있다.

II. Methodology

1. Process of Development

디지털 교재 개발에 필요한 과정에서 먼저, 선행연구를 분석하여 디지털 교재가 서책형 교과서와 비교하여 어떠한 점이 다른지, 기존에 만들어진 디지털 교재는 어떠한 종류가 있는지 살펴보고 디지

털 교재 개발에 대한 전체적인 계획을 수립하였다. 그 후 교육과정 분석을 통하여 새로 도입되는 2015 개정 교육과정에 맞춘 교과서를 개발하고자 하였으며, 생체모방융합적인 요소가 풍부하며 아직 개발이 되지 않은 배설내용과 연관된 단원으로 교재의 단원을 선정하였다.

특히, 디지털 교재의 다양한 학습 자료들을 바탕으로 기존의 서책형 교과서 보다 효율적으로 학습이 이루어질 수 있도록 구성하였다. 배설이 일어나는 과정을 이해하기 위해서는 배설기관에 대한 충분한 자료를 활용하였다. 예를 들어 콩팥의 여과 과정을 이해하기 위해서는 여과가 일어나는 사구체의 구조와 보먼주머니의 구조적인 이해가 뒷받침 되도록 하였다. 서책형 교과서에 실린 자료들은 대체로 학생들에게 학습과정에서 실제로 콩팥의 구조를 보는 듯한 현실적인 경험을 제공해주기 어렵다. 그러므로, 이 연구에서 개발되는 디지털 교재에 다양한 멀티미디어 자료를 구현하여 학습자들에게 도움을 줄 수 있도록 하였다.

디지털 교재 내 멀티미디어 자료로 사용된 사진과 동영상 등은 인터넷을 통해 구하거나 직접 촬영을 하는 방법을 통하여 편집하였다. 스토리 보드를 구성한 후 이를 바탕으로 디지털 교재를 개발하였다. 개발된 디지털 교재를 7차시에 걸친 수업으로 학생들에게 적용하였고, 그 후 학생들에게 설문지를 받아 디지털 교재에 대한 평가 및 보완점에 대한 의견을 받았다. 그 과정에서 나타난 디지털 교재 내 기능적인 부분, 내용적인 부분에 대한 잘못된 점을 수정, 보완하여 완성도를 높였다.

2. Learning Model and Digital Textbook Development

개발된 디지털 교재는 생체모방 기반 융합학습 모델의 학습 단계에 따라 구성하였다. 생체모방 기반 학습모델은 과학적 탐구, 융합적 설계, 융합적 창작 3단계로 나뉘어진다(Byeon, Lee, & Kwon, 2012). 먼저 과학적 탐구 단계에서는 과학적·공학적인 지식을 쌓기 위한 단계로 탐구활동, 문제해결 활동 등을 통해 생물학적 지식을 쌓아가는 단

계이다. 융합적 설계 단계에서는 이전 단계에서 쌓은 과학적·공학적인 지식의 생성을 바탕으로 자신만의 창의적인 산출물을 만들기 위한 기본적인 디자인이나 설계를 하는 단계로 융합적 설계 단계에서는 설계 활동 과정에서 문제 해결 활동을 통해 수렴적 사고와 발산적 사고를 경험할 수 있게 된다. 마지막으로 융합적 산출 단계에서는 융합적 설계 단계에서 만들어낸 지식을 바탕으로 산출물을 제작하는 단계로 앞서 두 단계에서 생성한 지식들을 융합하여 창의적 산출물 제작이라는 목표를 달성하면서 융합적 창작 지식을 생성할 수 있다. 생체모방 융합수업 모델의 각 단계에 따른 배설의 과정 내용의 학습 체계 및 학습목표는 <Table 1>과 같다.

과학적 탐구 단계에서는 과학적·공학적인 지식을 쌓기 위한 단계로 탐구활동, 문제해결 활동 등을 통해 생물학적 지식을 쌓아가는 단계이다. 신체 내 콩팥에서 배설이 진행되는 과정을 탐구활동을 통해 알아가며, 여과, 재흡수, 분비에 대한 지식을 쌓아가는 등의 활동을 진행할 수 있다. 즉 과학적 탐구 단계에서 학습목표는 탐구 기반의 과학적·공학적인 지식의 생성이라고 볼 수 있다. 다음으로 융합적 설계 단계에서는 이전 단계에서 쌓은 과학적·공학적인 지식의 생성을 바탕으로 자신만의 창의적인 산출물을 만들기 위한 기본적인 디자인이나 설계를 하는 단계이다. 예를 들어 여과의 원리를 이용하여 일상생활 속에서 유용하게 사용할 수 있는 여과기, 간이정수기 등과 같은 산출물을 설계한다. 이러한 융합적 설계 단계에서는 설계 활동 과정에서 문제 해결 활동을 통해 수렴적 사고와 발산적 사고를 경험할 수 있게 된다. 마지막으로 융합적 산출 단계에서는 융합적 설계 단계에서 만들어낸 지식을 바탕으로 산출물을 제작하는 단계로 앞서 두 단계에서 생성한 지식들을 융합하여 창의적 산출물 제작이라는 목표를 달성하면서 융합적 창작 지식을 생성할 수 있다.

디지털 교재 개발 도구로 'iBooks Author'를 이용하였다. iBooks Author는 다양한 템플릿을 제공해주며, 제작과정의 인터페이스가 쉬운 특징이 있다. 또한 iBooks Author에서 기본적으로 제공해주는 템

플릿과 다양한 위젯의 종류, 3D 개체 등으로 자료가 풍부하고 활동성이 높은 디지털 교재를 만들 수 있다. iBooks Author를 이용하여 만든 디지털 교재는 A사의 아이패드, 아이폰과 같이 iOS환경이 갖춰진 스마트 기기에서 iBooks 어플을 통하여 쉽게 구동이 되므로 학교에서 iBooks Author를 이용하여 만든 디지털 교재를 이용하여 수업을 진행하기 용이하다.

3D 프린팅을 위한 모델링 프로그램으로는 'Tinkercad'를 이용하였다(Autodesk, Inc. 2019) Tinkercad는 웹기반 상에서 모델링을 할 수 있는 프로그램으로 웹기반이므로 별도로 프로그램을 설치하거나, 작업을 한 후 저장을 할 필요가 없는 특징이 있다. 또한 기본으로 제공되는 3D shape 도형을 조작하여 모델링을 하기가 간편하므로 학습자들이 3D 모델링을 처음 하더라도 만들고자 하는 물체를 쉽게 모델링할 수 있다.

3. Application and Evaluation

본 연구에서는 개발한 디지털 교재를 평가하기 위하여 경기도 D시 소재 S중학교 단위학교 영재학급 학생 10명(남 5명, 여 5명)을 대상으로 방과 후 2시간씩 수업을 진행하여 약 3주간 총 7차시의 수업에 적용하였다. 해당 영재학급 학생들은 이전에

대한 만족도 조사는 정영식(2008)이 제시한 '디지털 교재 평가 준거'를 바탕으로 사용자 영역에 해당하는 디지털 교재의 효과성, 디지털 교재의 만족성, 디지털 교재의 용이성 부분으로 개발하였다. 평가 설문지는 5점 리커트 척도로 이루어졌으며, 평가 결과는 응답한 값을 평균하여 나타냈다.

III. Results and Discussions

1. The Developed Digital Textbook

개발된 디지털 교재는 총 1개의 '장', 3개의 섹션으로 구성되었다. 각 섹션은 디지털 교재 개발에 적용한 생체모방 융합수업의 단계를 적용하여 구성되었다[Figure 1].

먼저 생체모방 융합학습 모델 중 과학적 탐구 단계에 해당되는 1섹션에서는 생체모방 융합학습 모델에 따라 콩팥의 배설과정 및 배설의 원리에 대해 학습하며, 생체모방 요소로 사구체와 보먼주머니의 구조에 대해 여러 이미지를 통해서 학습할 수 있다. 또한 추가적인 학습 내용으로 콩팥의 배설과 관련된 질병들에 대해 학습할 수 있다. 섹션2에서는 섹션1에서 배운 콩팥의 배설 원리에 대해 학습하고 이 과정에서 쌓은 지식을 정교화하는 과정으로 간이 정수기를 직접 설계 해보고 제작한다. 섹션3에서

<Table 1> Phase of the learning model for biomimicry-based convergence on Filtration of Excretion

Theme	Phase	Session	Goal of study
Principle of excretion	Scientific exploration	1/7	• explain the process of excretion.
		2-3/7	• Various cases can be found and described using the principle of filtration • Simplified water purifier that applies the principle of filtration can be manufactured.
	Convergent design	4/7	• Implement creations in 3D by using Tinkercad
		5/7	• Designing applied the principle of filtration can be designed.
	Convergent creation	6-7/7	• 3D printing of the designed creation can be made by using 3D printer

디지털교과서를 사용해 본 적이 없는 학생들로 구성되어 있어 있었다. 수업 종료 이후 디지털 교재에

는 생체모방 융합수업 단계에서 '융합적 설계'와 '융합적 창작' 단계에 해당되는 내용이 담겨져 있다.

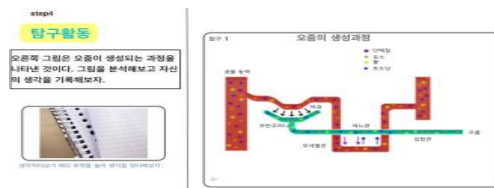
이 연구에서 구현된 갤러리 위젯, 동영상 위젯, 3D 이미지 위젯 등은 학생들에게 좀 더 현실감 있는 자료들을 제공하였다. 이는 학습자들에게 학습하는 과정에서 이해력을 높여줄 수 있으며, 학습의 흥미와 몰입도를 증가시킬 수 있을 것이다. 기존의 연구결과에서도 디지털 교재를 활용한 수업에서는 학습자들이 학습을 하는 과정에서 학습 스트레스가

결하기 위한 창의적인 산출물을 제작하는 과정에서 디지털 교재를 통해 실제 학생의 아이디어를 3D 프린터로 구현할 수 있도록 구성하였다. 3D 프린터를 활용한 생체모방 융합수업은 문제해결력 측면에서 기존의 STEAM 프로그램과 달리 산출물 제작이 용이하다(엄중태 등, 2016). 개발된 디지털교재 역시 학생들은 문제를 해결하기 위해 자신의 과학적 아

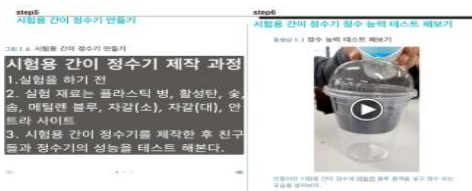
Exploration



Introduction of Excretion



Exploration of Excretion



Producing simplified water purifier



Design a simplified water purifier

Implementation



3D design guide video



3D modeling widget

[Figure 1] Content example of the developed digital textbook

낮아지고, 학습 과제에 대한 집중도가 높아졌음을 볼 수 있었다(Kwon, Kwon et al., 2015).

또한 이 연구에서 적용된 3D 프린터를 활용한 학습 모델은 학생들의 문제해결력을 신장시킬 수 있을 것이다. 이 연구의 디지털 교재는 다른 교과서와 차별화를 위하여 과학적 탐구를 거친 뒤 문제를 해

이디어에 기반하여 3D 모델링과 창의적인 산출물을 제작하는 과정을 거치면서 자신의 아이디어를 정교하게 구현할 수 있다. 또한 자신들의 산출물을 다른 학습자들과 공유하면서 다양한 방식으로 문제에 대해 접근하여 새로운 접근 방법을 얻을 수 있으므로 문제해결력을 높일 수 있다.

[Table 2] Results of the Evaluation on the Effectiveness of Digital Textbooks

Assessment Content <Digital Textbooks Effectiveness>	average score
Was it easy to learn from your digital textbooks?	4.8
Did you have any difficulty learning your digital textbooks by yourself?	4.5
Have you been able to understand what you have learned by learning from your digital textbooks?	4.7
Have you gained confidence in what you learn by learning with your digital textbooks?	4.8
Did digital teaching aids in solving problems in the learning process of creating new creations?	4.7
Are you interested and curious enough about what you learn in the course of learning with digital textbooks?	4.9
Do digital textbooks have enough factors to motivate learning?	4.9

2. Evaluation of the Digital Textbook

디지털 교재에 대한 효과성에 대한 조사 결과는 Table 2와 같다. 학생들의 흥미나 동기에 관한 문항의 응답 점수가 4.9점으로 나왔다. 실제 수업을 할 때에도 학생들이 디지털 교재 내에 수록된 여러 사진 자료, 동영상 자료 등을 활용하여 학습을 하며 긍정적인 반응을 보이고, 디지털교과서에 집중을 잘하는 모습을 보였다. 이러한 결과는 이 연구에서 개발된 디지털교과재가 학습의 효과성 측면에서 효과적이라는 결과를 의미하며, 이는 최근의 디지털 교재 개발 연구와도 일치하는 결과이다(Choi & Eom,

지 물어보는 문항에서는 다른 항목과는 다르게 4.5점의 점수가 나왔다. 처음 디지털기기를 이용하여 디지털 교재를 활용해 수업을 진행할 때 학생들이 디지털 기기를 사용해본 경험이 없어 익숙하지 않아 어려움을 느끼며 많은 부담감을 보이기도 하였다. 또한 창작물을 만드는 과정에서도 일부 학생은 디지털 교재 설명만으로는 Tinkercad 프로그램을 작동시키기 어려워하는 모습을 보였다.

디지털 교재에 대한 만족도에 대한 조사 결과는 Table 3과 같다. 사진자료, 동영상 자료, 위젯 등이 학습에 도움이 된다는 문항에서는 4.9점으로 나왔다. 또한 위젯을 활용하여 모듈 간 평가 및 피드백

<Table 3> Results of the assessment on the satisfaction of the digital textbooks

Assessment Content <Digital Textbooks Satisfaction>	average score
Did your digital textbooks help you learn?	4.8
Did you feel like continuing to learn with your digital textbooks?	5
Did the photos and images inside the digital textbook help you learn?	4.9
Did the use of the internal digital textbook widget help you learn?	4.9
Did the video material inside the digital textbook help you learn?	4.9
Was it easy to use your digital textbook to evaluate and provide feedback between groups?	4.8
Did the feedback from the digital textbooks help?	4.8

2016; Eom & Kwon, 2016; Kim & Kwon, 2018).
하지만 혼자서 학습을 진행하는데 어려움이 있는

을 주는 활동 부분에 대한 항목에서는 4.8점으로 나왔는데, 이는 실제 수업에서도 디지털 교재 내 위젯

<Table 4> Results of an assessment on the ease of teaching in digital textbooks

Assessment Content <Ease of Digital textbook>	average score
Was it easy to manipulate your digital textbooks?	4.6
Was it easy to find the material you wanted in your digital textbook?	4.8
Were you able to easily find what you wanted with your digital textbook?	4.8
Was the material in your digital textbook easy to read?	5
Was the widget function inside the digital textbook convenient?	4.6
Was it easy to manipulate the widget in your digital textbook?	4.6

을 이용하여 구글 Docs에 결과를 공유하거나, 학습 과정 및 결과에 대한 설문을 하는 부분들이 많아 학습을 하는 과정에서 학생들에게서 많은 긍정적인 반응이 있었다. 또한 무엇보다도 학생들이 디지털 교재를 가지고 계속 학습을 하고 싶다는 생각이 들었다는 점에서 5점이 나오는 것을 통해 디지털 교재에 대한 학생들의 만족도가 높음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 이 연구에서 개발된 디지털 교재가 위젯 콘텐츠 다양성과 흥미도 측면에서 효과적이라는 선행연구의 결과와도 일치하는 부분이다(Kim & Kwon, 2018; Shin, Kim, & Kwon, 2017).

더 나아가, 이 연구에서 개발된 디지털 교재는 학습자의 학습활동을 능동적으로 이끌어 낼 수 있다. 디지털 교재 내부의 다양한 기능들을 통해 학습자가 학습 내용과 관련하여 질문이나 내용을 스스로 정리해볼 수 있으며, 학생이 자신의 학습과정에서 피드백을 즉시적으로 받을 수도 있다. 또한 무엇보다도 인터넷 환경이 구축되어있는 환경에서 디지털 교재를 통해 교사와 학생, 학생과 학생 간의 의견 교환 및 자료 공유가 가능해지므로 학습과정에서 학습자가 수동적으로 지식을 받아들이기 보다는 학습자 스스로가 학습의 주체가 되어 지식을 쌓아 나갈 수 있다. 이러한 연구 결과 역시 선행연구에서도 나타난 디지털 교재의 긍정적 측면으로 판단된다(Kim & Kwon, 2018).

디지털 교재의 용이성에 대한 학생들의 평가를 리커트 5점 척도로 실시한 결과는 Table 4와 같다. 디지털 교재를 활용하여 원하는 자료를 찾는 부분과 디지털 교재를 이용하여 학습 내용을 찾는 부분에서는 4.8점이 나왔으며, 디지털 교재 조작과 관련된 부분에서도 4.6점이 나왔다. 실제로 수업에서도 학생들이 처음 접해 보는 디지털 교재의 적응시간

이 오래 걸리는 반응이 나타났다. 이러한 결과는 현재 개발된 디지털 교재가 갖는 공통적인 현상이며, 장차 시스템 및 하드웨어가 발전한다면 충분히 개선될 수 있을 것으로 판단된다.

IV. Conclusions

생체모방 융합수업 모델에 기반한 배설의 원리 과정에 대한 디지털 교재를 개발하였다. 제작 도구로는 iBooks Author 디지털 교재 제작 도구를 사용하였고, 내용적인 측면을 분석하기 위하여 2015 개정 교육과정을 분석하였다. 이러한 연구를 바탕으로 얻어진 결론은 다음과 같다.

첫째, 디지털 교재를 이용한 학습자들이 충분히 흥미를 느끼고 자발적인 동기를 가지로 학습할 수 있는 내용을 지닌 디지털 교재를 개발할 수 있었다. 개발된 디지털 교재는 기존의 서책형 교과서에서는 볼 수 없었던 차별화된 콘텐츠를 담을 수 있었다. iBooks Author에 기본으로 탑재된 동영상 위젯, 북습 위젯, 갤러리 위젯, 대화형 이미지 위젯, 팝오버 위젯 등은 학습 내용과 관련된 텍스트, 이미지 등을 제시할 수 있는 위젯들로, 학습 내용 제시해주는 역할을 하였다. 이외에도 bookry에서 제공해주는 스케치 패드 위젯, 노트 위젯 등은 학생들이 활동을 하는 과정에서 생각해낸 아이디어를 정리하거나, 그림을 그릴 수 있는 등 학습을 보조해주는 역할을 하였다. 마지막으로 구글 DOCS를 이용하여 실시간으로 학생들 간 활동에 대해 피드백을 주고받으면서 서로 상호작용하며 학습과정에서 활발한 의사소통 과정을 거칠 수 있었다. 이런 다양한 위젯 등은 학

습자들이 학습의 흥미를 높여주고, 학생들이 스스로 참여하며 자발적인 학습이 가능할 수 있도록 해주었다.

둘째, 학습자들이 생체모방 융합수업을 통한 콩팥의 여과 작용을 이해하고 이를 이용한 창의적 산출물을 제작할 수 있는 디지털 교재를 개발하였다. 디지털 교재를 이용하여 학습자들은 콩팥 내부 구조를 살펴볼 수 있었고, 그 구조에 대한 이해로부터 생체모방적 요소를 추출하여 공학적인 측면으로 접근할 수 있었다. 교과서는 총 7차시로 제작이 되었고, 생체모방 융합수업의 단계에 맞게 과학적 탐구, 융합적 설계, 융합적 창작 세 부분으로 나누어져 있다. 먼저 과학적 탐구 단계에서는 콩팥의 구조인 네프론으로부터 출발하여 네프론의 각 부분에서 일어나는 여과, 재흡수, 분비에 대한 지식을 쌓을 수 있도록 내용을 구성하였다. 또한 여과작용을 이용한 간이 정수기를 제작하는 내용을 구성하여 여과에 대한 지식을 좀 더 정교화할 수 있었다. 융합적 설계 단계에서는 직접 3D 모델링을 할 수 있도록 모델링 프로그램에 대한 내용을 구성하였고, 융합적 창작 단계에서는 학생들이 3D 모델링을 하며 일상 생활 속에서 직접 사용할 수 있는 산출물을 제작하였다. 이러한 단계를 통하여 학생들은 자신들이 배운 과학적 지식을 활용하며 문제를 해결하고, 창의적인 창작물을 만들어 내는 과정에서 융합적 사고력을 기를 수 있다.

셋째, 학생들에게 디지털 교재에 대한 효과성, 만족성, 용이성 영역에 대한 평가와 개방형 설문에 대한 평가를 받았다. 각각의 평가영역에서 긍정적인 답변이 많았다. 디지털 교재 내용에 대한 흥미성, 디지털 교재 내용에 대한 이해도와 관련되어 긍정적인 부분이 많다고 학생들은 설문에 응답하였다. 하지만 디지털 기기에 익숙하지 않은 학생들에게서는 개방형 설문에서 디지털 교재가 불편하다는 반응이 나타나기도 하였다. 이를 통해 디지털 교재가 오히려 학생들에게 학습에 대한 위축감을 줄 수 있으므로, 디지털 교재 내용과 구성도 중요하지만 디지털 교재를 직접 이용하는 학습자에 대한 고려도 중요함을 알 수 있었다.

이 연구를 통하여 서책형 교과서에 볼 수 없는, 디지털 기기만을 이용하여 실현할 수 있는 콘텐츠

를 바탕으로 디지털 교재를 개발하여 학습자의 학습동기 및 학습효과를 증진시킬 수 있었다. 또한 디지털 교재에 생체모방 융합수업 모델을 적용하여 학생들의 창의적인 산출물을 제작하는 교육적 활동을 할 수 있었으나, 디지털 기기를 사용해본 경험이 없는 학습자들을 대상으로 디지털 교재를 적용하기 위해서는 디지털 교재 사용법에 대한 안내가 포함되어거나, 단순한 구성의 편리한 사용이 가능한 디지털 교재 개발이 필요함을 알 수 있었다.

References

- Byeon, J., Lee, I., & Kwon, Y. (2012). Development of biomimicry convergence instruction model based on creative problem solving process. *Biology Education*, 40(3), 327-343.
- Byun, M., Jo, J., & Cho, M. (2015). The Analysis of Learner's Motivation and Satisfaction with 3D Printing in Science Classroom. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(5), 877-884.
- Choi, Y., & Eom, A. (2016). Development of a digital textbook on visual organs using iBooks author. *Brain, Digital, & Learning*, 6(2), 75-84.
- Eom, J., & Kwon, Y. (2016). Development of the biomimicry-focused convergence teaching program using 3D modeling & printing in life science. *Biology Education*, 44(4), 658~673.
- Kang, H., Seo, H. (2013). The Development and Application of a Life Science Based STEAM Program for Middle School Science Gifted Students. *Journal of Science Education for the Gifted*, 5(3), 162-173.
- 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(2), 95~105.
- Kwon, S., Eom, J., Lee, Y., & Kwon, Y. (2015).

Convergence thinking process in the invention of flight machine based on bio-mimicking flight of bird: Focused on the analysis of Leonardo Da Vinci Notes. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 15(10), 447-466.

Kwon, S., Kwon, Y., Yang, I., Byun, J., Lee, I., Kwon, S., Kim, S., Park, S., Kim, Y., Kye, B., & 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(02), 121-138.

Lee, S., Kwon, S., & Kwon, Y. (2014). Development of A Convergence-Oriented Digital Textbook on the Structure and Function of Plant using iBooks Author. *Biology Education* 42(4), 414-427.

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(3), 477-486.

Shimomura, M.(2010). The new trends in next generation biomimetics material technology: learning from biodiversity. *Quarterly Review*, 37, 53-75.

Shin, H., Kim, D., & Kwon, Y. (2017). Development of a digital textbook on blood circulation in junior high school science. *Biology Education*, 45(1), 117-124.