

RESEARCH ARTICLE

The Effect of High School Students' Concept Perception Change & Affective Domain by The Experience of The Biology Class Convertible from Contact to Non-Contact Class

Jung-Ho Byeon¹ · Yong-Ju Kwon^{2*}

¹Samcheok High School

²Korea National University of Education

대면·비대면 전환 가능한 생명과학 수업이 고등학생의 개념 인식 변화와 정의적 영역에 미치는 영향

변정호¹ · 권용주^{2*}

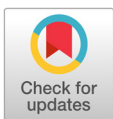
¹삼척고등학교 · ²한국교육대학교

*Corresponding Author : kwonyj@knu.ac.kr

ABSTRACT

The implementation of the online class by COVID-19 became a revealing period of the various problem in a school science class. However, the application of digital collaboration tools in the class could provide a solution to this problem like as Reduction of learning time, loss of motivation to learn, lack of interaction, the difficulty of concept change and etc. If a teacher applies the digital collaboration tool to his class, he could construct his science class convertible contact class to a non-contact class, In this context, the purpose of this study has focused development of a learning program that applied digital collaboration tools for the concept change of the human brain. The 45 high school students were recruited to attend two types of science classes (face class: 23, not face class: 22). The researchers tested the concept of the human brain, the motivation of biology activity, the motivation of biology learning, and the task commitment of biology learning between pre and post class period. As a result of this study, the concept change learning program of the human brain showed a positive effect on concept change from misconception to scientific concept and affective domain. Also, the effect of this program was statistically significant. Consequently, it could develop an effective learning program of concept change in the human brain to be able to convert the contact class into a non-contact class.

Key words: Concept change, contact class, non-contact class, biology learning, digital collaboration tool



OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning
2022, Vol. 12, No. 3, 541-565.

<https://doi.org/10.31216/BDL.20220033>

Received: September 05, 2022

Revised: September 16, 2022

Accepted: September 17, 2022

© 2022. 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

4차 산업혁명 및 디지털화로 대표되는 21세기 교육의 패러다임에서 중요하게 인식되는 학습자 역량 요소는 급격한 변화에 대응하고 적응할 수 있는 융합적 사고능력과 온오프라인 상에서의 정보활용 능력으로서 미래세대 교육을 위한 중심요소로 인식되고 있다(OECD, 2018). 그러나 COVID-19로 인한 세계적 수준의 감염병 확산은 교육을 포함한 사회 시스템이 급진적으로 변하는 계기가 되었으며, 전 세계적으로 비대면 온라인 수업이 일상화되는 수준에 이르렀다. 이에 따라 우리나라에서는 사회적 거리두기 단계를 감염병 확산 정도에 따라 조정해 왔으며, 학교의 감염병 발생 상황에 따라 비대면 수업과 대면 수업을 전환할 수 있도록 규정하고 있다(MOE, 2021).

팬데믹으로 인한 비대면 수업의 실시는 적절한 수업 설계 방안, 디지털 인프라 확보 등 준비가 부족한 상태에서 실시하는 상황이었기 때문에 교수자에 따른 수업 준비도, 운영 기술 등 디지털 수업 운영 역량에 따른 질적 차이가 명확하게 드러내는 계기가 되었다(Kim et al., 2020). 실제로 대부분의 교수자는 비대면 수업을 기획하고 운영해본 경험이 없었으므로, 기존의 대면 수업을 비대면 수업으로 전환하는데 어려움을 겪을 수밖에 없었다(Do, 2020). 원격교육 환경 및 학사규정에 대한 보완과 온라인 수업 유형에 대한 안내에도 불구하고 교육현장에서는 비대면 온라인 수업을 위한 인적, 물적 자원이 부족한 상황이었다. 무엇보다도 비대면 수업에 적합한 교수학습 방법이 미흡한 상태에서 진행됨으로써 교사가 무엇을 어떻게 준비하고 운영해야 하는지, 학생들이 어떤 것을 어떻게 학습해야 하는지에 대한 혼란을 겪을 수밖에 없는 실정이었다(Kim et al., 2020).

현재는 비대면 교육 확대로 인해 초기의 거부감은 감소하고 있으며, 비대면 수업을 통해 시공간적 제약을 벗어난 학습이 가능하다는 장점이 부각되고 디지털 교육의 새로운 가능성을 확인하는 계기가 되고 있다(Di Pietro et al., 2020; Petrie, 2022; Vincent-Lancrin, 2022). 그러나 비대면 수업의 일상화 및 안정화의 이면에는 학습시간 감소, 상호작용 방식 변화, 학습동기 상실, 상호작용 수업 경험 감소 등 다양한 문제 현상들이 보고되고 있다(Di Pietro et al., 2020; Petrie, 2022). 비대면 수업의 문제점에 대해 교사와 학생들의 인식이 일부 불일치하는 부분이 있으나, 공통적으로 상호작용을 통한 학습동기 유발 및 참여적 수업 방안의 제시와 같은 비대면 수업에 적용 가능한 교수학습 전략이 필요하다고 인식하고 있다(Pietrocola et al., 2021). 또한, 대면수업을 통해 얻을 수 있는 교육적 효과를 대체하기에 부족한 부분과 정의적 영역의 문제점들도 명확히 드러남으로써 새로운 방향성과 교수전략의 제시가 절실해지고 있는 실정이다(Fauville et al., 2021; Nadler, 2020; Peper et al., 2021). 특히 콘텐츠 위주의 비대면 수업과 같이 텍스트 위주의 단일 유형 의사소통이 이루어지게 되면 낮은 수준의 상호작용이 형성되며(Kim, 2004), 다양한 상호작용이 이루어지는 대면 수업에 비해 상호작용적 맥락 요소들이 소실되어 참여 동기가 낮아지는 경향이 있다(Lee & Lim, 2018). 그러므로 비대면 학습의 경우 대면 학습에 비해 학습자가 학습활동에 참여하고자 하는 동기를 유발하고 지속할 수 있도록 유발하는 교수학습 전략에 대해 더욱 초점을 맞추어야 한다(Kwon & Choi, 2018).

비대면 온라인 교육 관련 연구들에 대해 살펴보면, 과학영재의 온라인 교육 참여도와 교육 성취수준 사이에 긍정적 상관성이 존재하며(Kim & Min, 2020), 중학교 과학 수업에서 학생의 참여도를 높이기 위해서는 실제적 상호작용이 중요하다고 제시하고 있다(Lim & Kim, 2022). 또한 예비 과학교사의 원격수업 연구에서는 다양한 온라인 학습도구의 활용과 상호작용 방안의 중요성을 제시하였으며(Kim et al., 2021), 비대면 과학 수

업에 대한 초등 교사의 인식 연구에서는 대면기반 수업과 비대면 수업의 차이를 줄이기 위해서는 상호작용 요소가 추가되어야 함을 보고하였다(Kang et al., 2021). 또한 비대면 실시간 수업은 학습에 대한 접근성 및 상호작용에 핵심인 실재감이 유발될 수 있으며, 활발한 상호작용이 가능하므로 그룹 활동에 긍정적이라고 알려져 있다(Hwang et al., 2020; Kim, 2020). 따라서 대면 수업과 비대면 수업의 차이를 줄이고 별도의 교수학습 적용을 통한 비효율성을 제거하기 위해서는 대면 수업에서도 비대면 수업에서 사용 가능한 온라인 협업도구의 활용 등 디지털 교수자료를 적극적으로 활용함으로써 상호작용의 기회를 강화해야 한다.

대면 수업과 비대면 수업의 차이를 줄이고 상호작용이 강화된 수업 프로그램의 개발은 모든 수업에 적용되는 것일 수 있으나, 최근 디지털 교수자료의 증가에 따라 생명과학 수업에서 효과적으로 활용될 수 있는 가능성이 증가하고 있다(Akour et al., 2022; Kuznetcova et al., 2019). 생명과학 수업은 대상에 대한 실물을 이용한 탐구수업 등 직접적 경험과 체험이 중요하지만, 인간의 뇌 구조 탐구와 같이 실물을 사용하는 것이 교실 수업상황에서 불가능한 경우가 다수 존재한다. 기존에는 모형자료를 사용하는 방법이 일반적이었으나, 온오프라인에서 구동하는 다양한 앱(APP) 등이 교수자료로 활용이 가능해지면서 디지털 도구가 수업의 효과를 높일 수 있는 대안으로 제시되고 있다(Collins & Halverson, 2018; Lowenthal, et al., 2020; Vincent-Lancrin, 2022).

생명과학 분야 중에서도 뇌 과학영역은 분석법의 발달에 따라 사람의 학습에 관련된 다양한 새로운 사실들이 제시되고 있는 분야이다(Howard-Jones, 2014; Martin-Loeches, 2015). 특히 학습과 관련된 뇌의 구조와 기능에 대한 과학적 발견은 교육영역에 큰 영향을 미치고 있으나, 과학적 사실에 대한 오해, 오인으로 인해 형성된 오개념이 발생하는 부작용이 존재한다(Busso & Pollack, 2015; Howard-Jones, 2014). 신경신화(neruromyth)로 알려진 뇌에 대한 오개념과 잘못된 믿음은 뇌에 대한 과학적 지식을 교육분야에 적용하려는 시도가 성행하던 21세기 초에 급증하기 시작하였으며, 교사와 학생에게 광범위하게 발생하고 있어 반드시 교정되어야 하는 대상이다(Dekker et al., 2012; Feiler & Stabio, 2018; Kim & Sankey, 2018; OECD, 2002; Park et al., 2017).

뇌에 대한 오개념의 견고성과 교육 전반에 미치는 부정적 영향으로 인해 해외에서는 다양한 연구들이 진행되고 있으나, 국내에서는 교사를 대상으로 한 제한적인 연구가 주로 이루어져 왔다(Feiler & Stabio, 2018; Kim & Sankey, 2018; Park et al., 2016; Park et al., 2017). 선행 연구(Byeon, 2021)에서 고등학생은 뇌와 관련한 오개념을 지니는 수준이 높은 편이며, 다양한 오개념들을 보유하고 있다는 사실을 확인하였다. 또한, 생명과학 교과에 대한 학습 여부에 따른 뇌에 대한 오개념 수준의 차이를 확인하였으며, 교과를 통한 뇌에 대한 학습 여부가 오개념 교정에 영향을 줄 수 있음을 발견하였다. 뇌에 대한 오개념의 교정 가능성은 유형에 따른 차이가 존재하며, 특히 뇌의 학습과 구조 관련 오개념은 견고한 반면 뇌의 기능 관련 오개념은 교정 가능성이 크다고 제시하였다.

생명과학 오개념 관련 국내 연구들은 살펴보면, 생명 자체에 대한 개념, 생물과 무생물의 구분, 식물, 동물의 생리, 진화 개념, 생태와 같이 생명과학의 기본적인 개념에 초점을 맞춘 연구들이 주를 이루며, 뇌에 대한 오개념 교정 연구는 미비한 실정이다(Byeon, 2021; Ha, 2016; Lee et al., 2021; Lee & Kim, 2017; Lee et al., 2006; Park, 2018; Park et al., 2017; Youn & Jeong, 2019). 학생들에게 적절한 학습활동을 제시함으로써 과학적 개념을 학습하도록 교수전략을 수립하기 위해서는 학생이 지니고 있는 직관개념인 오개념 분석이 이루어져야 한다(Dekker et al., 2012; Ha, 2016; Park et al., 2016). 특히 구성주의 관점에서 학습자의 선행개념을 과학 개념으로 교정하는 것은 학습의 주요 목표에 해당하며, 성공적인 학습자 중심 과학학습을 위해서도 필수적으로 반영

되어야 하는 학습 전략에 해당한다(Driver & Oldham, 1986; Novak & Gowin, 1984; Renner, 1982). 따라서 이 연구에서는 디지털 협업도구를 활용한 상호작용 및 협력적 의사소통을 강화한 뇌에 대한 오개념 교정 생명과학 수업 프로그램을 비대면 수업 상황에서도 활용이 가능하도록 구성하고자 하였다. 또한, 대면 수업상황과 비대면 수업 상황에 적용함으로써 수업을 경험하기 전·후 학생들의 뇌에 대한 개념 인지 수준 변화와 정의적 영역에 미치는 영향을 분석하였다.

Theoretical Background

온라인으로 진행되는 비대면 교육은 공간적으로 분리된 교수자와 학습자가 정보통신 기술을 활용하여 실시간 또는 비실시간 상호작용 형태로 진행되는 교수학습 활동을 의미한다(Saykili, 2018). 또한 시공간적 확장이 가능하므로 학습자의 인지적, 정의적, 심체적 영역에 대한 교수학습 활동이 개별적으로 이루어지는 비연속적 상호작용을 특징으로 한다. 이로 인해 비대면 수업은 대면 수업과 달리 복잡한 문제를 지니므로, 대면 수업에서 정의되지 않는 유형의 수업 설계가 필요하다(Yanagata-Lynch & Luetkehans, 2014). 특히 대면 수업을 비대면 수업으로 전환할 때 새로운 디지털 매체를 활용하게 되므로, 대면수업을 온라인으로 전환하는 것은 단순 전환의 의미가 아닌 새로운 형태의 교수학습 전략과 수업 운영 방법이 적용되어야 한다(Kim et al., 2020; Rose, 2006).

일반적으로 수업 운영은 적용되는 교수전략과 교사의 교수역량이 영향을 미치며, 교수역량은 교과를 가르치기 위한 지식, 기술, 태도 등 전문적 능력들의 총체를 의미한다(Fauth et al., 2019). 대면 수업을 진행하는 교수역량에 따라 학습자 배움의 질적 차이가 발생하는 것처럼, 비대면 수업에서도 교수 역량은 학습결과에 영향을 미치는 중요한 요인으로 작용한다(Saykili, 2018). 교수역량은 인지적 활성화, 지지적 분위기, 수업관리 능력으로 범주화되며, 과학교육의 맥락에서는 인지적 활성을 통해 인지적 변화에 대한 중요성이 교수학습 설계 시 고려되어야 한다(Fauth et al., 2019; Vosniadou, 2013; Wandersee et al., 1994). 과학교육 맥락에 있어 인지적 활성화는 학생들이 지니고 있는 사전개념을 교사의 수업 중 안내와 활동을 통해 변화시키는 것을 의미한다(Leuchter, Saalbach & Hardy, 2014). 이와 함께 과학교과의 교수 전문성 역시 학생의 성취와 관련된 것으로 교수학습 측면에서 학생들에게 제시되는 과제에 대한 지식, 교수 전략에 대한 지식뿐만 아니라, 학생의 오개념에 대한 지식 전문성을 의미한다(Förtsch et al., 2016; Keller et al., 2016; Mahler et al., 2017). 그러므로, 과학수업에서 교사는 학생들이 지닌 오개념에 대한 지식과 교수 전략 및 적용에 대한 지식 등 교수역량을 발휘하여 오개념을 과학적 개념으로 변화시키도록 노력해야 한다(Meschede et al., 2017). 이런 관점에서 대면 수업과 비대면 수업을 통해 학생들의 오개념을 변화시킬 수 있는 적절한 교수전략 및 매체의 활용 방안이 제시되어야 한다.

뇌에 대한 오개념 관련 연구들을 살펴보면 인간의 학습 관련 오개념, 뇌 기능 관련 오개념, 뇌 구조 관련 오개념으로 범주화할 수 있다(Byeon, 2021; Dekker et al., 2012; Gilmore et al., 2007; Owen et al., 2010). 특히 인간의 학습과 관련된 오개념은 최적 학습유형의 개별성, 외국어 학습의 결정적 시기, 자극 다양성과 뇌 발달에 대한 것들이 대표적이다(Dekker et al., 2012; Sharp et al., 2008). 뇌의 기능과 관련하여 반구 우세성과 기능분화, 뇌의 사용비율, 이중언어 경쟁, 운동과 인지기능 상관성, 주의집중 영향요인, 기억저장 메커니즘에 대한 오개념들이 알려져 있다(Dekker et al., 2012; Nielsen et al., 2013). 뇌 구조 관련 오개념은 지능과 뇌의 크기 관련성, 뇌 세포의 재생성, 뇌 발달의 제한시기, 음식 섭취와 뇌 구조 변화에 대한 것들이 대표적인 내용이다(Howard-Jones

et al., 2012). 이러한 오개념들은 일상생활에서 접하는 다양한 매체의 영향으로 인해 지속적으로 오개념이 강화되는 현상이 발생하고 있으므로(Nehm & Ha, 2011; Youn & Jeong, 2019), 다른 오개념에 비해 교정이 매우 어렵다는 특징을 지니고 있다(Feiler & Stabio, 2018; Howard-Jones, 2014; Pasquinelli, 2012). 그러므로 생명과학 영역 중 뇌 과학에 대한 오개념이 고착화되는 것을 최소화하고 과학적 개념으로의 교정 기회를 제공하기 위한 오개념 교정 교수학습 프로그램의 개발이 필수적이다(Song, 2017).

학습자가 지니는 직관개념 또는 오개념은 생애사적으로 형성되거나 일상에서 접하는 다양한 정보들의 오인 등으로 인해 발생하기 때문에 일시적 학습활동이나 간접 경험을 통해 쉽게 교정되지 않는 특징을 지니고 있다(Lee et al., 2006; Parker & Heywood, 2000; Ha, 2016; Kim et al., 2010; Youn & Jeong, 2019). 특히 뇌과학 관련 오개념은 미디어 등 다양한 경로를 통해 잘못 해석된 내용을 지속적으로 접하게 되므로 더욱 교정이 쉽지 않은 것으로 알려져 있다(Busso & Pollack, 2015; Howard-Jones, 2014; Feiler & Stabio, 2018; Kim & Sankey, 2018). 그러므로 제한된 학습활동 시간을 효과적으로 활용하기 위해서는 입체적인 교수매체를 활용함으로써 학습자가 과학적 개념을 다양하게 접하고 스스로 오개념에 대한 인식과 교정의 기회를 제공받을 필요가 있다. 이런 맥락에서 에듀테크로 알려진 다차원적인 디지털 학습도구를 활용한다면 학습자의 학습관련 정보탐색 효율성을 확대하고 학습자 맞춤형 학습활동을 구현할 수 있다(Collins & Halverson, 2018). 또한 디지털 도구의 활용을 통해 시공간 제한을 극복함으로써 온오프라인에서 효율적으로 학습자의 상호작용을 지원할 수 있으며(Verkijika, 2019), 학습자에게 더 많은 참여와 공유의 기회를 제공할 수 있다(Vincent-Lancrin, 2022). 따라서 이 연구에서는 대면 상황에서 비대면 상황으로 전환이 가능한 수업 프로그램을 대면 상황과 비대면 상황에 각각 적용하였을 때 나타나는 학생들의 변화를 확인하였다.

Research Methods

Participants

디지털 협업도구를 활용한 온라인 상호작용이 강화된 생명과학 수업 적용이 고등학생의 뇌에 대한 개념 인식 수준의 변화와 정의적 영역에 미치는 영향을 확인하기 위해 강원 소재 A 일반계 고등학교에서 생명과학 I을 이수하는 학생 47명이 참여하였다. 생명과학 I의 동일 교과내용에 대해 1학기 동안 집중 이수하는 학생 집단 24명은 대면으로 진행되는 수업에 참여하였으며, 2학기 동안 집중 이수하는 독립된 학생 집단 23명은 코로나 확산에 따른 사회적 거리두기 단계 조정으로 비대면으로 진행되는 수업에 참여하였다. 수업 전후에 실시한 개념 검사 및 정의적 영역 검사를 실시하기 전에 수업에 참여한 모든 학생들에게 연구목적과 관련 내용을 설명하였으며, 자발적으로 작성하여 제출한 검사지를 분석 대상으로 설정하였다. 검사지를 제출한 학생들 중 결석 등으로 수업에 일부만 참여하였거나, 일부 검사 문항에 대한 누락이 있는 경우는 분석대상에서 제외함으로써 최종적으로 45명(평균 나이: 16.58세, SD: 0.58)의 검사 결과를 분석에 활용하였다. 대면 수업에 참여한 학생 중 23명, 온라인으로 실시된 비대면 수업에 참여한 학생 중 22명의 응답결과를 분석하였다.

Procedure

대면·비대면 전환이 가능한 생명과학 개념변화 수업 프로그램을 개발하기 위해 과학 교수학습 관련 선행 연구들과 비대면 온라인 교수학습 관련 연구들에 대한 고찰을 바탕으로 학습과정과 교수학습 전략을 도출하였으며, 뇌에 대한 개념 연구 결과를 바탕으로 학생들의 개념 변화를 위한 학습내용과 학습목표를 제시하였다. 대면 수업뿐만 아니라 비대면 수업에도 적용이 가능하도록 동일한 학습과정과 학습내용의 경험이 가능한 교수학습 프로그램을 개발하기 위해서는 상호작용의 강화와 오개념 교정을 위한 디지털 교수매체 활용 교수학습 전략의 적용이 이루어져야 한다. 이를 위해 관련 영역에 대한 문헌분석을 통해 학습과정, 학습목표, 교수학습 전략을 도출하였으며, 정기적인 전문가 세미나 및 타당성 검토를 거쳐 교수학습 프로그램을 구성하였다. 개발한 수업 프로그램은 대면 수업 집단과 비대면 수업 집단에 각각 독립적으로 적용하였으며, 수업 전후 뇌에 대한 개념 수준 변화와 정의적 영역 변화를 분석함으로써 수업 경험에 따른 효과를 확인하였다.

Development & Application of Learning Program

비대면 전환이 가능한 뇌에 대한 개념 변화 수업 프로그램을 개발하기 위해 과학교육과정에서 뇌에 대해 가장 많은 내용을 다루는 고등학교 일반선택 교과 중 생명과학 I 교과 이수 학생들을 대상으로 하는 수업 내용을 구성하였다. 특히 비대면 전환을 위해서는 대면 수업 내용 및 활동이 비대면 수업에서도 운영 가능한 디지털 기반 활동으로 구성되어야 한다. 이를 위해 온라인 교수학습 전략과 관련된 연구들에 대해 고찰함으로써 대면 수업을 비대면 수업으로 전환했을 때 적용하기 위한 수업 전략을 도출하였으며, 학습내용은 뇌에 대한 오개념과 과학적 개념과 교육과정에서 제시하는 내용요소를 고려하여 구성하였다. 또한 활용 가능한 에듀테크 도구의 특징을 검토하여 실제 수업상황에서 학생들이 손쉽게 활용할 수 있는지 확인함으로써 수업 프로그램을 구성하였다. 뇌에 대한 개념 변화를 위한 수업은 대면 수업과 비대면 수업 상황이 발생할 경우 바로 전환 할 수 있도록 동일한 학습과정, 학습내용, 학습활동으로 구성하였다. 비대면 수업 상황의 경우 온라인으로 수업맥락이 전환되므로 토의 활동 등 모둠 활동 역시 온라인으로 전환되는 차이만을 지니도록 하였으며, 온라인에서 사용하는 협업도구는 오프라인에서도 동일하게 사용하였다. 수업 프로그램 개발을 위해 도출한 수업 주제, 학습목표 및 내용, 학습전략은 과학교육 전문가 7인이 참여하는 정기 세미나에서 타당도를 검토 받았으며, 최종적으로 구성한 수업지도안에 대해 비대면 전환 및 과학 교수학습적 타당성을 확인하였다. 또한 과학교사 5인에게 6차시 분량의 수업지도안과 비대면 수업 시 사용하는 에듀테크의 활용성에 대해 검토를 의뢰하여 산출한 타당도 지수는 94.5%로 나타났다. 수업에 참여한 학생들은 생명과학 I 을 이수 중이었으며, 대면 수업 집단과 비대면 수업 집단의 학생 모두 정규 교육과정 시간을 이용하여 총 6차시 동안 참여하였다. 비대면 수업에 참여한 학생들은 평상시 온라인 수업에서 활용하는 화상회의 프로그램을 통해 접속하였으며, 수업자료는 참여 학생이 소속된 학교에서 지정한 학습관리시스템을 통해 수업 전 클라우드 링크 형태로 배부하였다.

Construction of Teaching & Learning Program

뇌 과학에 대한 개념을 과학적으로 변화시킬 수 있는 학습경험을 제공하는 생명과학 교수학습 프로그램을 개발하기 위해서는 개념변화와 관련된 교수학습 전략 고찰이 요구되며, 대면 수업뿐만 아니라 비대면 수업에도 적용하기 위해 필요한 비대면 수업에서의 상호작용 강화 방안에 대한 분석을 실시하였다. 문헌분석 결과를 바탕으로 개념 변화를 위한 교수학습 과정과 전략, 학습목표를 설정하였으며, 세부적인 교수학습 방법에 상호작용을 강화하는 방안을 디지털 교수활용 측면에서 제시하였다.

학습에 대한 구성주의적 관점에 따라 교사는 학생이 스스로 학습에 대한 경험을 활용하여 개념을 구성하도록 지원하고 안내할 수 있어야 한다. 특히 학습자가 현상을 설명하기 위해 스스로 구축한 설명체계에 해당하는 직관개념 혹은 선개념을 과학적 개념으로 변화시키는 것은 과학 교육의 맥락에서 필수 목표에 해당한다(McLure et al., 2020; Mills et al., Yip, 2004). 특히 피아제의 인지적 상호작용에 기반을 둔 개념변화와 관련된 교수학습 전략은 인지갈등을 기초로 하여 학습자가 스스로 조절, 동화 과정을 거쳐 개념을 변화시키고 정교화하며, 적용 및 확인하기 위한 학습방법을 다양하게 제시하고 있다(Georgiades, 2000; Howe et al., 2013; Nadelson et al., 2018; Vaughn et al., 2020).

학습자의 개념 분화 혹은 발달의 관점에서 제시된 교수학습 전략에서는 학생의 대체적 개념 제시, 인지적 갈등 유발, 인지적 조절을 통한 개념의 확장과 발달에 초점을 맞춘다(Nussbaum & Novick, 1982; Cho et al., 2010). 학습자의 개념은 과학적 개념으로 교환되어야 한다는 관점에서 제시된 교수학습 전략들은 유사하지만 개념의 교환에 초점을 맞추어 선개념 혹은 대체적 개념의 표현, 과학적 개념을 통한 새로운 개념의 재구성, 재구성된 개념의 적용 및 검토를 주요하게 제시하고 있다(Cho et al., 2010; Driver & Oldham, 1986; Kim, 2009; Posner et al., 1982; Vaughn et al., 2020). 순환학습에서는 가설생성 및 실험을 수행하는 탐색, 결과를 분석하고 가설을 검증하고 새로운 용어를 제시하는 용어도입, 유사상황에 개념을 사용하는 개념 적용의 교수전략을 제시한다(Lawson et al., 1993; Lawson, 2003).

개념의 발달과 교환을 모두 고려하는 교수학습 전략은 현상이나 활동의 경험, 개념 관련 활동 수행, 적용 전략을 제시하며, 생명과학 개념 변화를 위한 전략으로 개념 유발, 불일치 아이디어에 대한 도전, 새로운 개념을 구성하는 확장, 적용을 통한 추상적 개념 형성을 제시하기도 한다(Howe et al., 2013; Yip, 2004). 학습심리학의 관점에서 개념변화의 동적 모델은 개념변화가 일어나기 위해서는 주의집중을 유발하고 유지하는 요인이 제공되어야 하며, 동기유발 요인을 제공함으로써 개념변화에 참여하도록 하고, 개념변화의 결과물을 표현의 중요성을 제안하고 있다(Nadelson et al., 2018). 학습자의 개념을 변화시키기 위한 다양한 교수학습 전략들은 개념변화 또는 인지갈등과 같은 세부적 용어와 설명에 일부 차이가 존재하나, 일반적으로 학습자의 선개념 드러내기, 과학적 개념을 통한 개념 재구성, 개념의 적용 및 평가의 과정으로 수렴된다(Brown & Hammer, 2013; Driver & Oldham, 1986; Gil-Perez, 1996; Nussbaum & Novick, 1982).

과학학습에 있어 학습자의 개념변화가 차지하는 중요도의 인식에 따라 무수히 많은 개념변화 교수학습 전략과 학습모델이 제시되어 있으나, 공통적으로 수렴되는 학습과정과 요소들을 지니고 있다(Potvin et al., 2020). 첫째, 공통적으로 학습자가 지니고 있는 직관개념이나 선개념을 표현하고 현상이나 대상을 설명하는 과정을 통해 학습자가 스스로 자신의 개념에 대해 인식할 수 있는 기회를 제공하는 개념의 표현 및 탐색 과정이다. 이때 학습자의 동기를 유발하고 주의집중을 이끌어내기 위한 정의적 영역에 대한 전략들이 세부적으로 요구되며, 탐구활동 혹은 문제해결과정을 경험함으로써 학습자가 직접적으로 자신의 개념을 활용한 설명 활동을 수행한다. 둘째, 과학적 개념의 제시를 통해 인지적 불일치를 인식하도록 함으로써 과학적 개념으로의 변화를 위한 내재적 동기를 유발함으로써 학습자 스스로 개념을 재구성할 수 있는 기회를 제공하는 개념의 비교 및 재구성 과정이다. 즉, 과학적 개념과 비교 분석함으로써 학습자 주도적으로 재구성한 개념에 대한 결과물을 제작하고 상호작용 과정을 통해 논의함으로써 새로운 개념과 과학적 개념을 반복적으로 비교 분석할 수 있도록 한다. 셋째, 학습자가 스스로 재구성한 새로운 개념을 활용하여 학습 활동을 수행하며, 개념 적용 결과를 공유하고 의사소통함으로써 변화된 개념을 통한 대상이나 현상의 설명 가능성을 검증하도록 안내하는 적용 및 의사소통 과정이다. 특히 재구성한 개념을 적용하기 위한 관련 학습 활동의 내용은 이전 학습과정에서 경험하지 않은 상황이나 현상을 제공하도록 하며, 학습자의 의사소통 과정을 통해 새로운 개념의 정착을 확인할 수 있도록 한다. 이상의 논의를 바탕으로 교수학습 프로그램의 학습 과정을 크게 세 가지 과정으로 범주화하였으며, 뇌 과학에 대한 개념 변화를 위한 학습목표와 내용을 Table 1과 같이 구성하였다.

Table 1. The teaching and learning method for concept change by applying digital collaboration tool

Process	Learning Object	Instruction & Learning
Expression & Exploration of Concept	Inquiry on the Structure & Function of the Human Brain	◎ Learning by comparison with video clip & textbook about the conception of the brain structure & function
		◎ Announcement of self opinion with online discussion board about the result of learning
		◎ Providing mobile app. of the brain structure & function
		◎ Problem solving about correlated regions on brain by mobile app.
		◎ Discussion of questionnaire for conceptual change & presentation of self opinion at online conference room
		◎ Providing scientific idea (concept) at online discussion board for problem solving of the brain structure & function
Comparison & Reconstruction of Concept	Analysis of the Neuromyth & Generation of Scientific Infographic on the Human Brain	◎ Presentation & announcement of the each students' concept about brain structure correlated the function at online conference room
		◎ Comparison between scientific concept & student's concept by team discussion
		◎ Construction of self idea using the result of comparison concepts
		◎ Generation of team infographic by application scientific concept of brain structure & function
Sharing & Communication of Concept	Investigation & Communication of the Brain Disease	◎ Sharing of the team infographic at online board for checking among team's infographic
		◎ Presentation & evaluation of the team infographic at online board & video conference room
		◎ Inquiry of the reason and symptom by supplement or Intensifying video clip about a brain disease
		◎ Linguistic communication of idea for the scientific concept about brain disease's diagnosis, symptom, & cure at conference room
		◎ Checking & broad scanning the learning material (video clip) for modify the concept

온라인 접속이 가능한 디지털 도구를 활용한 비대면 학습은 학습자와 콘텐츠, 학습자와 학습자, 학습자와 교수자 사이의 상호작용을 제공함과 동시에 구조화된 학습 활동을 촉진하고, 공간적으로 분리된 사용자들 간의 실시간 대면상황을 온라인에서 구현하는 장점을 지닌다(Saykili, 2018). 또한 시간적 공간적 제한을 넘어 학습 효율성과 효과성을 증진 시킬 수 있는 다양한 디지털 도구를 실시간으로 사용함으로써 학습자의 인지적 영역뿐만 아니라 학습동기와 같은 정의적 영역 향상에도 효과적이다(Kara et al., 2018; Karatas et al., 2017). 특히 디지털 학습도구의 장점을 수업에 적용하기 위해서는 상호작용, 친밀한 대화 기회, 협력적 의사소통 등 사회적 상호작용 활동이 가능하도록 학습을 구성할 때 학생들은 수업상황의 실재감을 인식할 수 있도록 해야 한다(Cobb, 2009; Garrison, 2016). 이런 맥락에서 대면 수업과 비대면 수업의 차이를 최소화하기 위해서는 두 가지 학습상황에서 협력적 상호작용이 가능한 디지털 도구를 활용하는 것이 필요하다.

시공간의 제약을 벗어나 실시간으로 상호작용할 수 있는 온라인 협업활동이 가능하도록 하는 도구로는 매우 다양한 것들이 제시되어 있으나, 별도의 인앱 결제나 사용횟수의 제한이 요구되는 도구들의 경우 학습 활용성이 낮다고 할 수 있다. 반면, 구글(Google) 워크스페이스, 캔바(Canva), 미리캔버스 등은 간단한 가입을 통해 별도의 비용없이 다양한 학습용 협업활동에 활용할 수 있는 장점을 지니고 있다. 그러므로 온오프라인 수업 상황에서 모두 적용할 수 있는 디지털 협업도구들을 수업활동의 과정과 내용에 따라 학습자가 사용하도록 제시하고 수업 활동 시 학생들이 실시간 팀 활동에 활용하도록 하였다.

비대면 수업에서 클라우드 협업활동이 가능하도록 구글 워크스페이스의 문서작성 기능을 활용하여 학생용 워크시트와 팀 활동 워크시트를 클라우드 디지털 교재 형태로 제작하였다. 해당 워크시트에는 대면 수업과 비대면 수업에서 모두 사용 가능한 클라우드 토의 보드 링크, 탐구활동용 자료 접근 링크 등을 사전에 제공하였으며, 비대면 수업에 참여하는 학생들의 팀별 실시간 의사소통을 위한 화상회의 소회의실 참가 링크도 함께 제시하였다. 클라우드 워크시트 내에서 학생들이 실시간으로 온라인 토의장소로 이동할 수 있도록 링크를 미리 제시하는 것은 조작에 소요되는 시간을 절약하고 팀별로 대면 상황과 유사한 상호작용을 시작할 수 있도록 실재감을 제공할 수 있다. 매 차시마다 사용하는 팀별 클라우드 워크시트를 독립적으로 제작 및 제공함으로써 학생은 자신이 속한 팀의 워크시트만을 활용하여 실시간 화상회의실, 토의용 온라인 보드, 인포그래픽 제작용 클라우드 공간으로 즉시 이동할 수 있도록 하였다.

클라우드 상호작용 활동 중 온라인 토의보드로는 구글 워크스페이스 내의 잼보드(Jamboard)를 사용하여 호환성을 고려하였으며, 다른 팀의 보드 활동을 실시간으로 관찰할 수 있도록 구성하였다. 이때 다른 팀의 보드 내용을 기록, 수정, 삭제할 수 없도록 사전 교육하는 것이 필요하며, 실시간으로 교사는 보드에 기록되는 내용들과 화상 소회의실에서의 의사소통이 원활하게 진행되고 있는지 점검하였다. 만약 팀별 토의진행에 어려움을 겪는 경우 실시간으로 교사가 피드백을 제공함으로써 대면 수업과 유사한 실재감을 느끼도록 하였다. 또한 클라우드 협업이 가능한 캔바의 인포그래픽 제작 링크를 제공함으로써 팀별로 협업활동을 통해 뇌에 대한 학습결과를 통해 재구성한 개념변화 결과를 인포그래픽으로 제작하도록 하였다(Fig. 1).

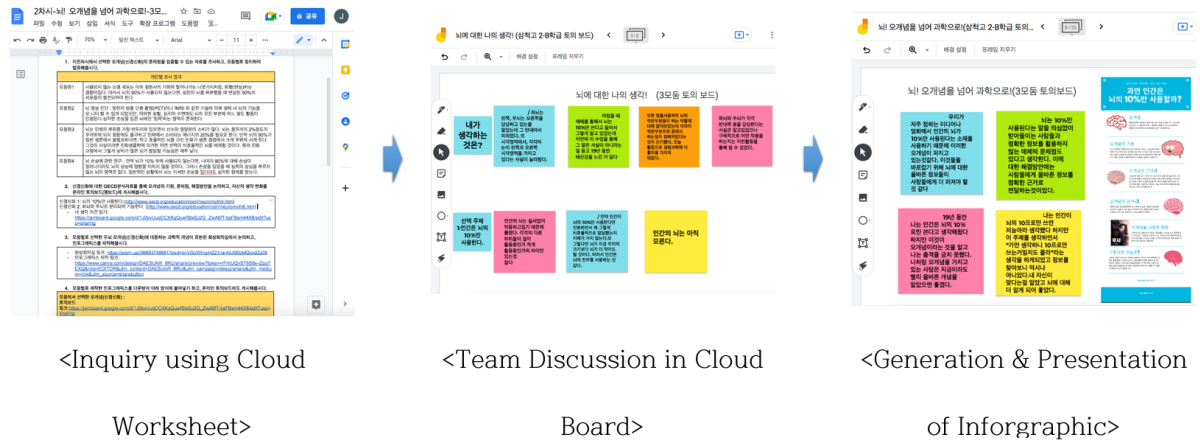


Fig. 1. The examples of class activities using the online cloud collaboration tool

Measurement of Learning Effects

수업 전후 학생들의 뇌에 대한 개념 변화를 확인하기 위해 Byeon (2021)에 의해 개발된 오개념 검사지를 수정하여 사용하였다. 검사지는 뇌에 관련된 개념의 인식 정도를 확인하는 것으로 학습 성향, 뇌에 대한 개념 검사 영역으로 구분되어 있으며, 개념 검사 영역은 뇌의 학습 관련 개념, 뇌의 구조 관련 개념, 뇌의 기능 관련 개념들로 구성되어 있다. 개념 검사 문항들은 중추 신경계 중 뇌에 대한 오개념과 과학적 개념에 대한 동의 수준을 확인하는 16문항은 OECD에서 경계해야 하는 대상으로 제시하는 신경신화 개념과 일반적인 뇌에 대한 오개념을 포함하고 있다(Dekker et al., 2012; Howard-Jones, 2014; Park et al., 2016). 특히 학습 관련 문항은 언어학습과 결정적 시기, 자극의 유형에 따른 학습 적합성, 자극 다양성과 뇌 발달로 구성되며, 구조 관련 문항은 뇌의 크기와 지능의 관련성, 뇌 세포의 재생성, 뇌의 발달 제한 시기, 음식과 뇌의 구조 변화에 대한 내용으로 이루어져 있다. 기능 관련 문항은 반구 우세성과 기능분리, 뇌의 사용비율, 이중언어 사용의 기능 경쟁, 운동과 인지력의 상관성, 주의집중 영향요인, 기억저장 과정에 대한 내용으로 구성되어 있다. 선행 연구에서는 검사 문항에 대한 동의 여부 확인을 통해 인식을 어떻게 하고 있는지 확인하였으나, 이 연구에서는 학생들이 지니고 있는 뇌과학 관련 개념 수준을 확인하기 위해 검사지의 개별 문항의 서술 내용에 대한 동의 정도를 학생들의 반응을 ‘매우 그렇다’와 ‘전혀 아니다’를 양극단으로 하는 5점 Likert 척도로 수정하였다(Kim & Sankey, 2018). 개념 검사에 대한 문항 반응을 확인하기 위해 고등학생 20명으로 구성된 독립된 학생 집단에 적용하여 내적신뢰도를 산출한 결과 Cronbach's α 는 0.93으로 나타났다.

대면·비대면 수업 프로그램의 경험에 따른 학생들의 정의적 영역 수준 변화는 생명과학에 대한 학습동기 수준, 생명과학 활동에 대한 동기 수준, 생명과학에 대한 과제집착력 검사지를 활용하여 측정하였다. 생명과학에 대한 학습동기 수준 측정과 활동에 대한 동기 수준 측정을 위해 Keller (2009)의 학습동기 검사와 활동 동기 검사를 번역 및 수정하여 사용하였다. 학습동기 검사는 34문항으로 생명과학 학습에 대한 주의집중 8문항, 학생과의 관련성 9문항, 생명과학 학습에 대한 자신감 8문항, 생명과학 학습에 대한 만족감 9문항으로 구

성되었다. 또한 활동 동기 검사는 36문항으로 생명과학 수업 활동에 대한 주의집중 12문항, 생명과학 수업 활동과 학생의 관련성 9문항, 활동에 대한 자신감 9문항, 수업 활동에 대한 만족감 6문항으로 구성되었다. 생명과학 학습에 대한 지속 성향의 변화를 확인하기 위해 Byeon(2022)의 과제집착 검사지를 수정하여 사용하였으며, 세 가지 검사지를 고등학생 20명으로 이루어진 독립집단에 적용하여 신뢰도를 산출한 결과 생명과학 학습동기 검사지의 Cronbach's α 는 0.91, 생명과학 활동 검사는 0.92, 생명과학 과제집착 검사는 0.89로 확인되어 수업 집단에 대한 측정에 활용하였다.

Analysis

학생들은 뇌에 대한 개념 변화 수업을 경험하기 전, 6차시 수업 종료 후에 온라인을 통해 각각의 검사지에 응답하도록 하였다. 학생들의 개념 검사지에 대한 사전·사후 응답 결과는 학습경험, 개념 영역으로 구분하여 평균값을 산출함으로써 분석하였다. 개념 영역 문항 중 학습 관련 5문항, 뇌 기능 관련 7문항, 뇌 구조 관련 4문항에 대한 응답 결과를 합하여 하위 영역별 점수를 산출하고, 통계적 분석에 사용하였다. 이 연구에서 개발한 대면·비대면 전환이 가능한 뇌에 대한 개념 변화 수업의 집단효과를 분석을 위해서는 개념변화 수업 프로그램의 경험이 학생들의 개념 수준 변화에 미치는 주효과를 확인할 필요가 있다. 그러므로 주효과 분석을 위해 수업활동에 참가한 학생 집단을 더미 변수로 설정하고 사전 개념 검사 결과를 독립변인, 사후 결과를 종속변인으로 설정하여 선형회귀분석을 실시하였다. 이후 각 집단에 독립적으로 적용된 수업 방법인 대면수업과 비대면 수업이 미치는 영향을 확인하기 위해 집단을 요인으로 하여 개념 수준 변화에 대한 일원배치 분산분석을 실시 확인함으로써 집단효과를 확인하였다. 뿐만 아니라, 대면수업과 비대면 수업의 경험이 생명과학 학습에 대한 정의적 영역에 미치는 영향을 알아보기 위해 생명과학 학습동기, 생명과학 학습 활동 동기, 생명과학 학습 과제집착력 수준 변화에 대해 집단을 요인으로 하여 일원배치 분산분석을 수행하였다.

Results & Discussions

Main Effect of Biology Learning Program on the Brain

대면 비대면 전환이 가능한 뇌에 대한 수업 프로그램의 경험이 학생들의 생명과학 학습 및 정의적 영역에 미치는 영향을 확인하기 위해서는 대면 수업 집단과 비대면 수업 집단 학생들의 뇌 과학 관련 개념을 포함하는 생명과학 학습 성향에 대한 분석이 선행될 필요가 있다. 이를 위해 학생들의 생명과학 학습 흥미, 생명과학 수업에 대한 관심, 자신감, 만족 수준에 대해 수업 집단별 학생들의 응답결과에 대한 독립표본 t검정을 실시한 결과는 Table 2에 제시하였다. 연구에 참여한 학생들의 생명과학 학습 성향에 대한 응답을 분석한 결과 대면 수업 집단과 비대면 수업 집단에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 또한 뇌를 포함하는 생명과학 관련 정보의 획득 방법과 접촉 빈도에 대한 응답결과에 대해 교차분석을 실시한 결과 정보 획득 방법에 대한 카이제곱검정 결과 $\chi^2 = 0.018, df = 4, p = 1.000$ 으로 나타났으며, 관련 정보 접촉 빈도에 대한 분석결과는 $\chi^2 = 0.089, df = 4, p = 0.999$ 로써 학습성향과 생명과학 과학 관련 정보에 대한 경험 측면에서 집단의 차이가 없다는 것을 확인하였다. 따라서 대면 집단과 비대면 집단에 미치는 생명과학 학습성향의 차이는 거의 없는 동질집단으로 간주할 수 있다.

Table 2. The result of the learning disposition differences between contact and non-contact groups

Learning Disposition	Mean Difference	SE	t	df	Sig.
Learning Interest to Biology Class	-.049	.274	-.180	43	.858
Attention to Biology Class	-.263	.291	-.904	43	.371
Confidence for Biology Class	-.514	.309	-1.663	43	.104
Satisfaction to Biology Class	-.148	.202	-.733	43	.467

대면 수업과 비대면 수업에 따른 집단효과 분석을 위해서는 개발한 수업 프로그램이 뇌에 대한 개념 변화를 유발할 수 있는지에 대한 주효과 확인이 선행되어야 한다. 이를 위해 대면 집단과 비대면 집단 학생 45명의 수업 프로그램 경험 전과 후의 개념 검사에 대한 응답 결과를 이용한 선형회귀분석을 통해 주효과 분석을 실시하였다. 사전 검사 결과를 독립변인, 사후 검사 결과를 종속변인으로 설정하고 집단을 더미 변수로 하여 선형회귀분석을 실시한 결과 생성된 모델에 대한 분산분석결과는 통계적으로 유의하게 나타났다(Table 3). 분석결과 도출된 회귀모델의 계수를 살펴보면, 사전 검사 결과가 유의하게 나타남으로써 대면 수업집단과 비대면 수업집단이라는 집단효과보다 수업 프로그램을 경험하기 전과 후의 차이에 해당하는 주효과가 더 크게 나타난다고 볼 수 있다(Table 4).

Table 3. The result of ANOVA for the regression model on the student's concept

Model	Sum of Square	df	Mean Square	F	p
Regression	399.138	2	199.569	6.560	.003**
Residual	1,277.662	42	30.421		
Total	1,676.800	44			

Independent Value: Post-Concept, Predictor: Pre-Concept

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Table 4. The coefficient of model about the change of student's concept perception

Model	B	SE	β	t	p
Constant	21.142	8.683	-	2.435	.019*
Group	-1.172	1.650	-.096	-.711	.481
Pre-Concept	.680	.189	.486	3.595	.001**

Independent Value: Post-Concept

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

뇌에 대한 개념 인식 수준의 사전·사후 평균을 살펴보면, 사전 평균 45.86에서 사후 평균 51.773으로 증가하였다. 또한 개념의 하위 요소인 학습영역의 평균은 사전 12.02에서 사후 12.89로, 기능영역의 평균은 사전 22.55에서 사후 25.73으로, 구조영역의 사전 검사 결과는 11.30에서 사후 13.16으로 증가하였다. 주효과에 대한 분석결과를 통해 이 연구에서 개발한 수업 프로그램을 경험하기 전에 비해 6차시 수업을 경험한 후의 오개념 수준 감소가 통계적으로 유의미하다는 것을 알 수 있었다. 또한 개념 검사의 하위영역인 학습, 기능, 구조 관련 오개념 수준의 변화 역시 사전검사 결과에 비해 사후검사 결과가 증가하였다. 그러므로 대면과 비대면 전환이 가능한 개념 변화 수업 프로그램의 경험은 학생들의 뇌와 관련된 오개념 수준을 감소시키고 과학적 개념으로 교정하는데 긍정적 효과를 나타낸다고 판단할 수 있다. 반면, 학습영역에서의 변화가 부족한 현

상은 과학교육과정에서 뇌의 기능과 구조에 초점을 맞춘 내용요소를 학교급에 따라 제시하며, 뇌에 대해 학습한 경우 기존에 지니고 있는 개념이 틀린 것이라 하더라도 해당 개념을 과신하는 경향이 있기 때문에 교정되지 않는 견고함을 유지한다고 볼 수 있다(Byeon, 2021; McCabe & Castel, 2008; Seo et al., 2020; Weisberg et al., 2007). 사전·사후 분석결과를 통해 수업 프로그램에 의한 주효과가 전반적으로 긍정적이라 볼 수 있었으나, 학습 관련 하위영역에서는 다른 영역에 비해 개념 변화 수준이 낮게 나타났다. 이와 관련하여 개발한 수업 프로그램이 학생들의 개념에 미치는 개별 효과를 확인하기 위해 문항별 사전 검사 결과를 독립변인으로 하여 사후 검사 결과에 대한 선형회귀분석을 수행하였다(Table 5).

Table 5. The result of misconception level change by main effect of learning program

No.	Contents of Pre-Post Test		Regression Model				
			Sum of Square	df	Mean Square	F	p
1	It could not learn for some field, if passed by the specific period.	L	2.694	2	1.347	1.103	.341
2	'Enriched environments' enhance the brain's capacity for learning	L	7.491	2	3.745	9.279	.000**
3	Individuals learn better when they receive information in their preferred learning style (e.g., auditory, visual, kinesthetic).	L	7.591	2	3.795	7.949	.001**
4	We only use 10% of our brain	F	.499	2	.249	.675	.514
5	Two languages compete for resources.	F	5.425	2	2.713	2.556	.090
6	Knowledge, acquired in one language, is not accessible in the other language.	L	24.500	2	12.250	15.399	.000**
7	The first language must be spoken well, before the second language is learnt.	L	15.443	2	7.722	7.480	.002**
8	Differences in hemispheric dominance(left brain, right brain) can help explain individual differences amongst learners.	F	9.043	2	4.521	3.620	.036*
9	Short bouts of co-ordination exercises can improve integration of left and right hemispheric brain functions.	F	1.963	2	.981	.691	.507
10	When you sleep, your brain stops functioning.	F	2.381	2	1.190	2.428	.101
11	Children are less attentive after consuming sugary drinks, and/or snacks.	F	1.850	2	.925	1.398	.258
12	Drinking less than 6 to 8 glasses of water a day can cause the brain to shrink.	S	14.428	2	7.214	7.860	.001**
13	The brain is plastic for certain information during 'critical periods', therefore childhood development has a decisive influence on the rest of development and success in life.	S	18.778	2	9.389	4.790	.013*
14	Memories are stored in small parts of the brain like computers.	F	3.820	2	1.910	3.275	.048*
15	Animals with larger brains show higher intelligence.	S	26.974	2	13.487	9.195	.000**
16	Brain cells are no longer produced in adulthood.	S	3.315	2	1.658	1.330	.275

L: Learning, F: Function, S: Structure

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

개념검사 문항 중 학습관련 항목인 1번 문항은 ‘학습의 결정적 시기’, 2번과 3번 문항은 ‘학습과 자극의 관련성’, 6번과 7번은 ‘언어 학습’에 대한 내용으로 구성되었다(Dekker et al., 2012; Howard-Jones, 2014). 이들 문항 중 사전·사후 검사 결과에 대한 회귀모델이 통계적으로 유의한 효과를 지니는 것은 2번, 3번, 6번, 7번 문항이었다. 학생들은 수업 프로그램을 통해 뇌에서의 자극 전달과 정보처리 메커니즘에 대해 탐구하고 학습함으로써 학습과 관련된 오개념들을 해소하였다고 볼 수 있다. 특히 읽기와 말하기에 관련된 뇌의 기능과 구조에 대해 학습함으로써 언어 학습뿐만 아니라 학습에 대한 일반 오개념의 교정이 가능하다는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 언어 학습과 관련된 6번, 7번 문항, 환경과 뇌의 학습능력에 대한 2번, 3번 문항 관련 개념은 교육과정에서 상세히 다루고 있지 않으나(MOE, 2015), 학생들이 브로카영역과 베르니케 영역에 대한 상호작용 탐구활동을 통해 개념 변화 기회를 경험할 수 있다는 것을 의미한다. 반면, 통계적으로 유의한 변화를 확인할 수 없었던 학습의 결정적 시기와 관련된 1번 문항은 학습을 위한 결정적 시기가 존재한다는 오개념으로 유아의 학습 메커니즘에 대한 오인에서 기인한 것으로 알려져 있다(Howard-Jones, 2014). 또한 일상적으로 접하는 매체인 인터넷 자료 등 과학교육과정 외적인 방법을 통해 관련 내용을 빈번하게 접하게 됨으로써 고착화되어 있기 때문에 교정효과가 낮은 것으로 알려져 있다(Byeon, 2021).

기능관련 문항 중 8번 ‘반구우세성과 기능분리’, 14번 ‘기억저장 메커니즘’에 대한 문항의 회귀모델에 대한 효과는 유의한 것으로 확인되었다. 즉, 수업 활동 경험을 통해 뇌의 기능에 대한 오개념 중 반구우세성과 기능분리, 기억저장 메커니즘에 대해서는 개념 변화에 효과를 나타내었다. 반면, 기능관련 문항 중 4번 ‘뇌의 사용 비율’, 5번 ‘이중 언어 경쟁’, 9번 ‘육체활동과 인지능력’, 10번 ‘수면과 뇌 기능’, 11번 ‘주의집중과 섭취물의 영향요인’과 관련된 개념들에 미치는 효과는 통계적 유의성을 확인하지 못하였다. 그러나 4번 문항의 사전 검사 결과 평균은 3.61, 10번 문항의 사전 결과는 4.00, 11번 문항의 사전 결과는 3.41로써 오개념을 지니는 비율이 상대적으로 낮았기 때문에 개념 변화에 미치는 효과가 작은 것으로 볼 수 있다. 반면, 상대적으로 사전 검사 결과가 낮은 5번 문항과 9번 문항의 경우 관련 오개념들이 일상에 널리 퍼져 있어 교육과정 외적 활동에서 암묵적으로 학습되는 경향성이 상대적으로 크기 때문에 교정 효과가 상대적으로 낮은 것으로 볼 수 있다(Dekker et al., 2012; Park et al., 2016). 즉, ‘이중언어 경쟁’과 ‘육체활동과 인지능력’ 관련 개념은 교정이 어려운 오개념이라는 것을 의미한다.

구조 관련 문항 중 12번 ‘수분과 뇌의 구조 변화’, 13번 ‘뇌의 발달 제한 시기’, 15번 ‘뇌의 크기와 지능’은 통계적으로 유의한 수준의 효과를 나타내었다. 그러나 16번 ‘뇌 세포의 재생성’ 관련 개념은 유의한 효과를 확인하지 못하였으며, 해당 개념의 경우 세포 재생이라는 교육과정 수준을 벗어나는 상위 개념에 해당하므로 개념 변화의 효과가 낮은 것으로 판단할 수 있다. 선행 연구에서는 생명과학 교과 이수 집단과 미이수 집단에서 뇌의 구조 관련 개념의 차이가 나타나지 않았으나, 이 연구에서 개발한 교수학습 프로그램의 경험 후 뇌의 구조 관련 개념에 대한 인식 변화 효과가 다수의 개별 문항에서 유의하게 나타났다. 그러므로 뇌의 구조 관련 개념은 교육과정이나 교과서에서 제시하고 있는 내용에 대한 일반적인 학습만으로는 교정이 어렵지만, 협업도구를 활용한 탐구중심 활동을 수행한다면 개념 변화의 주효과를 제공할 수 있다. 뇌에 대한 오개념들은 개별적 특성에 따라 교정 가능성의 차이가 존재하며, 교정이 어려운 것으로 알려진 것들도 다수 있다(Dekker et al., 2012; Park et al., 2016; Pasquinelli, 2012). 이 연구에서는 일부 고착화된 개념들을 제외하고 전반적으로 긍정적인 효과를 나타내었으므로, 개발한 수업 프로그램을 통해 오개념 수준을 감소시킬 수 있는 주효과를 지니고 있다고 판단할 수 있다.

Group Effect of the Biology Learning Program in Concept Change

뇌에 대한 오개념을 교정하기 위한 생명과학 수업 프로그램의 경험을 통해 오개념이 과학적 개념으로 변화될 수 있음을 확인함으로써 개발한 수업 프로그램이 뇌에 대한 오개념 교정의 효과를 지니고 있다는 것을 알 수 있었다. 이 연구에서는 대면 수업과 비대면 수업 모두에 적용할 수 있는 수업 프로그램을 개발하였으며, 대면 수업 집단과 비대면 수업 집단에 해당 프로그램을 제공함으로써 나타나는 집단효과에 대해 확인하였다. 대면 수업 집단과 비대면 수업 집단의 교수학습 프로그램 경험에 따른 개념 변화 수준의 평균을 산출하였으며, 개념 영역별 점수의 평균을 구하였다. 대면 수업 집단에 대한 사전검사 결과의 평균은 45.54, 사후검사 결과의 평균은 52.09로 6.55 증가하였으며, 비대면 수업 집단에 대한 사전검사 결과의 평균은 46.18, 사후검사 결과의 평균은 51.36으로 5.18 증가하였다. 두 집단 모두 사후검사 결과 평균이 사전검사 결과에 비해 높게 나타남으로써 학생들에게 적용한 수업 프로그램이 오개념을 교정하는데 효과를 나타낼 수 있다는 것을 알 수 있었다. 또한 영역별 개념 변화를 세부적으로 산출한 결과, 학습영역 개념에 대한 대면 수업 집단의 사전검사 결과는 11.52, 사후검사 결과는 13.09, 비대면 수업 집단의 사전검사 결과는 12.50, 사후검사 결과는 12.73으로 대면 수업 집단의 평균이 상대적으로 높게 증가하였다. 기능영역 개념에 대한 대면 수업 집단의 사전검사 결과는 22.65, 사후검사 결과는 25.70으로 나타났으며, 비대면 수업 집단의 사전검사 결과는 22.41, 사후검사 결과는 25.64로 두 집단 모두 사후검사 결과가 증가하였다. 구조영역 개념에 대한 대면 수업 집단의 사전검사 결과는 11.35, 사후검사 결과는 13.30으로 증가하였으며, 비대면 집단의 사전검사 결과는 11.27, 사후검사 결과는 13.00으로 증가하였다. 두 집단 모두 뇌에 대한 개념검사의 사후 결과가 높게 나타났으며, 세부 영역별 평균 변화 역시 사후 결과가 증가하는 것으로 확인되었다. 즉, 대면 수업 집단과 비대면 수업 집단 모두 개념 변화를 위한 생명과학 교수학습 프로그램의 경험을 통해 오개념이 교정될 수 있음을 의미한다(Table 6).

Table 6. The result of students' concept for brain on two groups

Test	Group	N	The Concept of Brain (SD)	The Concept of Learning (SD)	The Concept of Brain Function (SD)	The Concept of Brain Structure (SD)
Pre	Face	23	45.52 (4.93)	11.52 (3.04)	22.65 (2.66)	11.35 (2.14)
	Not Face	22	46.18 (3.89)	12.50 (1.92)	22.41 (2.56)	11.27 (2.27)
Post	Face	23	52.09 (5.66)	13.09 (2.41)	25.70 (2.91)	13.30 (2.51)
	Not Face	22	51.36 (6.79)	12.73 (2.99)	25.64 (2.65)	13.00 (3.35)

SD: Standard deviation

대면 수업 집단과 비대면 수업 집단 간의 개념 변화 차이가 통계적 수준에서 유의미한 것인지 확인하기 위한 목적으로 일원배치 분산분석(One way ANOVA)을 실시하였으며, 결과를 Table 7에 제시하였다. 뇌에 대한 개념검사에 대한 결과는 두 집단 모두 사전검사에 비해 사후검사 결과가 통계적으로 유의하게 증가하였으며, 집단 간 차이도 존재하는 것을 확인하였다. 즉, 대면 수업 집단의 사전·사후검사 결과의 변화가 비대면 수업 집단에 비해 통계적으로 유의한 수준에서 크게 증가하였다는 것을 의미한다. 이에 따라 이 연구에서 개발한 수업 프로그램의 경험을 통한 오개념 변화 효과를 확인하기 위해 사전 사후검사 결과를 이용하여 효과크기를 구하였다. 대면수업 집단의 Cohen's *d*는 1.238로, 비대면 수업 집단은 0.936으로 두 집단 모두 매우 높은 수준의 오개념 교정 효과를 나타내었다. 따라서 뇌에 대한 개념 인식 수준 변화를 위한 생명과학 수업의 경험은 대면 수업과 비대면 수업 중 어떤 유형을 제시하더라도 긍정적 효과를 유발한다는 것을 의미한다.

개념 인식 수준 변화 하위 영역에 대해 세부적으로 분석한 결과, 뇌에 대한 학습영역의 사전·사후검사 결과에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과가 두 집단 모두에서 효과를 나타내지 못하기 때문인지 혹은 특정 집단에서만 낮은 효과를 나타내기 때문인지 확인하기 위해 집단별 효과크기를 분석하였다. 대면 수업 집단의 오개념 중 학습영역 변화의 효과 크기를 산출한 결과 Cohen's d 는 0.572로 높은 수준으로 나타났으나, 비대면 수업 집단의 효과 크기는 0.091로 상대적으로 낮게 나타났다. 즉 비대면 수업 집단의 오개념 변화 수준은 통계적으로 유의하지 않으며 효과가 낮은 반면, 대면 수업 집단의 오개념 변화에 대한 효과는 통계적으로 유의한 수준이라는 것을 의미한다. 따라서 비대면 수업 집단의 효과가 유의하지 않기 때문에 일원배치 분산분석에서 통계적으로 유의하지 않다는 결과가 나타난 것으로 볼 수 있다.

뇌에 대한 오개념 영역 중 기능에 대한 개념 인식 수준 변화를 살펴보면, 사전·사후 검사 결과의 차이가 집단 간, 집단 내에서 모두 통계적으로 유의하다는 것을 확인하였다. 또한 대면수업 집단의 뇌 기능 관련 오개념 변화의 효과 크기를 산출한 결과 Cohen's d 는 1.094로 매우 높은 수준이었으며, 비대면 수업 집단에서도 효과 크기는 1.240으로 매우 높게 나타났다. 즉, 두 집단 모두 수업 프로그램의 경험을 통해 오개념 교정 효과가 유의한 수준이라는 것을 확인할 수 있었다.

마지막으로 오개념 영역 중 구조에 대한 개념 인식 수준 변화 결과를 분석한 결과 두 집단 모두 사전·사후 검사 결과의 차이가 통계적으로 유의한 수준으로 나타났다. 대면 수업 집단의 뇌 구조 관련 오개념 변화에 대한 효과 크기를 구한 결과 Cohen's d = 0.836, 비대면 수업 집단의 Cohen's d = 0.605로 높은 수준의 효과 크기가 확인되었으므로, 두 집단 모두 구조 관련 개념 변화에 미치는 효과는 매우 긍정적이라는 것을 알 수 있었다.

Table 7. The result of one way ANOVA for the change of students' concept

			Sum of Square	df	Mean of Square	F	Sig.
Sub Domain	The Concept of Brain	Between group	791.060	3	263.687	8.992	.000**
		Within group	2,521.929	86	29.325	-	-
	The Concept of Learning	Between group	30.893	3	10.298	1.482	.225
		Within group	597.429	86	6.947	-	-
	The Concept of Brain Function	Between group	221.604	3	73.868	10.140	.000**
		Within group	626.496	86	7.285	-	-
	The Concept of Brain Structure	Between group	77.649	3	25.883	3.809	.013*
		Within group	584.451	86	6.796	-	-

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

이상의 결과를 종합해보면, 대면 수업 집단과 비대면 수업 집단에 대해 디지털 협업도구를 사용함으로써 두 가지 유형의 수업에서 상호작용이 가능하도록 구성한 수업 프로그램의 경험을 통해 효과적으로 오개념 교정이 가능하다는 것을 알 수 있었다. 대면 수업 집단의 경우 하위 영역에서 모두 유의한 효과를 확인하였으며, 비대면 수업 집단에서도 학습 영역을 제외한 나머지 영역에서는 유의한 효과를 확인할 수 있었다. 따라서 이 연구에서 개발한 대면 비대면 전환이 가능한 생명과학 수업 프로그램은 학생들의 뇌에 대한 개념 인식 수준 변화에 효과적이라는 것을 확인할 수 있었다.

Group Effect of the Biology Learning Program in Affective Domain Change

대면 수업에 비해 비대면 수업은 실재감이 떨어지고 상호작용 기회가 현저히 감소함으로 인해 정의적 영역에 부정적 효과를 나타낼 수 있다는 우려를 지니고 있으며, 최근 연구들에서는 학업역량 감소 및 학습 동기 감소 등의 문제점이 제기되고 있다(Fauville et al., 2021; Nadler, 2020). 반면, 클라우드 기반 디지털 협업도구를 효과적으로 활용한다면 시간적·공간적 제약을 극복하고 대면 수업과 유사한 수준의 상호작용이 가능하다(Lowenthal et al., 2020; Peper et al., 2021). 또한 이러한 디지털 협업도구는 대면 수업에서도 활용 가능하기 때문에 수업에 활용한다면 학습자의 학습 효율성을 제고하고 제한된 시간에 더욱 다양한 유형의 학습활동을 가능하고 학습자의 정의적 영역에 긍정적 효과를 제공할 수 있다. 이 연구에서 개발한 생명과학 수업 프로그램의 경험을 통해 학생들이 인지적 영역인 개념 인식 수준 변화에서 긍정적 효과를 확인하였으므로, 정의적 영역에 미치는 영향을 확인하기 위해 수업에서 경험한 생명과학 활동에 대한 동기수준, 생명과학 학습에 대한 동기수준, 생명과학 학습에 대한 과제집착수준의 사전·사후검사 결과를 분석하였다(Tabel 8).

Table 8. The result of affective effect for biology learning between two groups

Test	Group	N	Motivation of Biology Class Activity (SD)	Motivation of Biology Learning (SD)	Task commitment of Biology Learning (SD)
Pre	Face	23	118.78 (16.13)	113.04 (10.04)	87.00 (15.87)
	Not Face	22	119.18 (17.47)	114.41 (13.15)	89.50 (7.20)
Post	Face	23	141.04 (14.06)	130.35 (13.89)	99.35 (10.52)
	Not Face	22	135.50 (15.14)	134.00 (10.36)	98.41 (11.95)

SD: Standard deviation

생명과학 수업에서 경험한 활동에 대한 동기수준 변화를 살펴보면, 대면 수업 집단의 사전검사 결과 111.78 사후검사 결과 141.04로 평균 29.26 증가하였으며, 비대면 수업 집단의 사전검사 결과 119.18에서 사후검사 결과 135.50으로 평균 16.32 증가하였다. 대면 수업과 비대면 수업으로 진행된 활동에 대한 동기수준의 하위 요소별 변화 정도를 세부적으로 분석해보면, 주의집중(Attention) 요소에 대한 대면 수업 집단의 평균은 사전검사 결과 38.91에서 사후 47.61로, 비대면 수업 집단의 평균은 사전 39.64에서 사후 45.05로 대면 집단이 비대면 집단에 비해 더 증가하였다. 관련성(Relevance) 요소에 대한 대면 수업 집단의 평균은 사전 29.91에서 사후 34.96으로, 비대면 수업 집단은 사전 30.23에서 사후 34.36으로 역시 대면 집단이 상대적으로 더 큰 변화를 보였다. 자신감(Confidence) 요소에 대한 대면 수업 집단의 평균은 사전 27.35에서 사후 32.65, 비대면 수업 집단은 사전 27.77에서 사후 31.95로 증가하였다. 만족감(Satisfaction) 요소에 대한 대면 수업 집단의 평균은 사전 22.61에서 사후 25.83, 비대면 수업 집단은 사전 21.55에서 사후 24.14로 자신감과 만족감에서는 다소 대면 집단이 더 큰 변화를 나타내었다. 두 집단 모두 학습 프로그램 경험 후 수업에서 경험한 활동에 대한 동기수준이 증가하였으나, 생명과학 수업 활동에 대한 동기수준 변화의 하위 요소에서 대면 집단의 변화가 상대적으로 더 크게 나타났다. 이를 통해 대면 수업의 경우 학생들의 상호작용과 교사의 수업 운영에 대한 주의집중 및 관련성 인식 정도가 더 높다는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 대면적 상호작용이 온라인을 통한 비대면 상호작용에 비해 주의집중을 더 유발하고 적극적인 참여를 유발하기 때문으로 볼 수 있다(Lowenthal et al., 2020; Nadler, 2020; Peper et al., 2021).

생명과학 학습에 대한 동기 수준에 대한 대면 수업 집단의 사전검사 결과 113.04에서 사후검사 결과 130.35로 평균 17.31 증가하였으며, 비대면 수업 집단의 사전검사 결과 114.41에서 사후검사 결과 134.00으로 평균 19.59 증가하였다. 학습동기 수준 변화에 대해 하위 요소별 변화 정도를 세부적으로 확인한 결과, 주의집중(Attention) 요소에 대한 대면 수업 집단의 평균은 사전검사 결과 25.04에서 사후 29.09로, 비대면 수업 집단의 평균은 사전 결과 26.00에서 사후 29.05로 대면 집단이 비대면 집단에 비해 더 증가하였다. 관련성(Relevance) 요소에 대한 대면 수업 집단의 평균은 사전 31.13에서 사후 36.17, 비대면 수업 집단은 사전 31.91에서 사후 38.59로 비대면 집단의 변화가 다소 크게 나타났다. 자신감(Confidence) 요소에 대한 대면 수업 집단의 평균은 사전 26.91에서 사후 29.57, 비대면 수업 집단은 사전 26.32에서 사후 30.45로 비대면 수업 집단의 변화가 더 크게 나타났다. 만족감(Satisfaction) 요소에 대한 대면 수업 집단의 평균은 사전 29.96에서 사후 35.52, 비대면 수업 집단은 사전 30.18에서 사후 35.91로 다소간의 차이는 있으나 두 집단에서 유사한 수준의 증가를 보였다. 두 집단 모두 학습 프로그램 경험 후 생물학습 동기수준이 증가하였으며, 주의집중 요소는 대면 집단이, 관련성 요소와 자신감 요소는 비대면 집단이 상대적으로 더 큰 변화를 보였다. 수업 활동 자체에 대한 동기수준 변화와 달리 생명과학 학습 자체에 대한 관련성과 자신감에 있어 비대면 집단에서 더 큰 변화가 관찰된 것은 상호작용 맥락의 감소로 인해 정의적 효과가 감소한다는 연구와 일부 상반된 결과를 제시한다(Lee & Lim, 2018). 이러한 결과는 디지털 협업도구를 활용하여 온라인 수업 상황에서도 상호작용 활동중심 생명과학 학습을 경험함으로써 학습에 대한 해당 요소들이 긍정적으로 변화하였기 때문으로 볼 수 있다(Pietrocola et al., 2021).

생명과학 학습을 지속하고자 하는 성향인 과제집착에 대해 대면 수업 집단의 사전검사 결과 87.00에서 사후검사 결과 99.35로 평균 12.35 증가하였으며, 비대면 수업 집단의 사전검사 결과 89.4에서 사후검사 결과 98.41로 평균값은 8.91 증가하였다. 수업에서 경험한 생명과학 활동 대한 동기, 생명과학 학습동기와 과제집착에 대한 사전검사 결과에 비해 두 집단 모두 사후검사 결과의 평균이 큰 폭으로 증가하였다. 또한 하위요소별로 집단의 특성에 따라 변화의 차이가 나타났으므로 이러한 차이가 통계적으로 유의한 수준에서 나타난 것인지 확인하기 위해 사전·사후검사 결과를 활용하여 일원배치 분산분석을 실시하였으며, 각 집단별 검사 결과에 따른 효과크기를 산출하였다(Table 9).

학생들이 수업에서 경험하는 생명과학 활동에 대한 동기수준 변화는 대면 수업 집단과 비대면 수업 집단 모두에서 통계적으로 유의한 차이를 확인하였다. 또한 각 집단의 변화가 나타내는 효과크기를 산출한 결과 대면 수업 집단의 Cohen's d 는 1.471, 비대면 수업 집단은 0.998로 높게 나타남으로써 두 집단 모두 수업 프로그램이 경험이 생명과학 활동 동기 수준 변화에 긍정적 효과를 주는 것을 알 수 있었다. 생명과학 학습에 대한 동기수준 변화를 분석한 결과 집단 간·집단 내 차이가 모두 유의한 수준임을 확인하였으며, 각 집단에 미치는 효과 크기를 산출한 결과 대면 수업 집단의 Cohen's d 는 1.43, 비대면 수업 집단은 1.65로 매우 높은 수준의 효과를 확인할 수 있었다. 생명과학 학습을 지속하고자 하는 성향인 과제집착수준 변화를 분석한 결과 역시 두 집단의 변화는 통계적으로 유의하였으며, 효과크기를 산출한 결과 대면 수업 집단의 Cohen's d 는 0.917, 비대면 수업 집단에서는 0.903으로 높게 나타났다. 따라서 이 연구에서 개발한 생명과학 수업 프로그램의 경험을 통해 학생의 정의적 영역 변화에 있어 매우 긍정적 효과를 유발할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

Table 9. The result of one way ANOVA for the change of students' affective domain

			Sum of Square	df	Mean of Square	F	Sig.
Motivation of Biology Class Activity		Between group	8,776.680	3	2,925.560	11.812	.000**
		Within group	21,299.642	86	247.670	-	-
Sub Factor	Attention of Biology Class Activity	Between group	1,210.439	3	403.480	10.530	.000**
		Within group	3,295.350	86	38.318	-	-
	Relevance of Biology Class Activity	Between group	481.163	3	160.388	7.821	.000**
		Within group	1,763.737	86	20.509	-	-
	Confidence of Biology Class Activity	Between group	516.347	3	172.116	12.573	.000**
		Within group	1,177.253	86	13.689	-	-
Satisfaction of Biology Class Activity	Between group	235.494	3	78.498	5.230	.002**	
	Within group	1,290.828	86	15.010	-	-	
Motivation of Biology Learning		Between group	7,806.963	3	2,602.321	18.125	.000**
		Within group	12,347.492	86	143.575	-	-
Sub Factor	Attention of Biology Learning	Between group	294.752	3	98.251	6.916	.000**
		Within group	1,221.737	86	14.206	-	-
	Relevance of Biology Learning	Between group	841.051	3	280.350	21.430	.000**
		Within group	1,125.049	86	13.082	-	-
	Confidence of Biology Learning	Between group	269.583	3	89.861	8.086	.000**
		Within group	955.706	86	11.113	-	-
Satisfaction of Biology Learning	Between group	719.102	3	239.701	16.900	.000**	
	Within group	1,219.787	86	14.184	-	-	
Task commitment of Biology Learning		Between group	2,640.187	3	880.062	6.276	.001**
		Within group	12,060.036	86	140.233	-	-

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

과학학습 측면에서 학습자는 스스로 주도적인 활동을 수행할 수 있으며, 활동의 자유도가 제공될 때 활동에 대한 동기수준이 향상될 수 있다(Choi & Kim, 2020; Dede et al., 1999; Karatas et al., 2017). 이러한 동기수준의 향상은 전반적인 학습영역으로 확대될 수 있다는 관점에서 학생들에게 제시한 클라우드 기반 디지털 협업도구의 활용이 학습자에게 자기주도성과 자유도를 제공함으로써 긍정적 효과를 유발하였다고 볼 수 있다.

Conclusions and Educational Implications

이 연구는 구글 워크스테이션과 캔바 등의 디지털 협업도구를 사용하여 대면 수업과 비대면 수업 전환이 가능한 뇌 개념 관련 생명과학 수업을 개발하여 고등학생들에게 처치한 후 뇌 관련 개념 변화와 정의적 영역에 미치는 효과를 조사하였다. 동일한 과정과 수업활동으로 구성된 서로 다른 유형의 뇌 개념 관련 생명과학 수업이 고등학생들에게 미치는 효과를 확인한 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 제시할 수 있었다.

먼저, 디지털 협업도구를 사용하여 대면·비대면 전환이 가능한 수업 프로그램을 개발할 수 있다. 최근 일상 생활을 포함한 다양한 분야에서 활용되고 있는 디지털 협업도구의 교육적 활용에 대한 요구가 증가되는 상황에서 적절한 교수학습 전략이 제시되어야 한다. 이 연구에서는 디지털 협업도구의 활용 방안을 실제 수업에 적용하는 방법을 구성함으로써, 학생들이 편리하게 활용하고 학생들의 상호작용 기회를 증가시킬 수 있는 수업을 개발하였다. 또한 대면 수업과 비대면 수업은 독립된 수업으로 구성되어야 한다는 고정관념을 벗어나 상호 전환이 가능한 수업을 개발하고 적용할 수 있었다.

둘째, 뇌에 대한 개념변화 수업 프로그램의 경험을 통해 오개념 교정이 가능하다. 일반적으로 널리 알려져 있는 뇌에 대한 개념들 중 뇌과학적 연구에 대한 오인이나 근거가 부족한 해석에 기반을 둔 오개념으로써 국제적으로도 경계해야 하는 내용으로 알려져 있다. 학생들에게 부정적 영향을 미치는 뇌 관련 개념을 과학적 개념으로 변화시킬 수 있는 경험을 제공하기 위해 상호작용이 강조된 수업 프로그램을 개발 및 적용함으로써 학생들의 개념 수준이 긍정적으로 개선되었다. 그러므로 정규 교육과정을 경험하는 학생들에게 뇌 관련 개념 변화 수업의 적용이 신경신화(neuromyths)로 알려진 오개념 개선에 효과적임을 확인할 수 있었다.

셋째, 대면·비대면 전환이 가능한 수업 프로그램은 정의적 영역에 긍정적 효과를 유발한다. 대면 수업 또는 비대면 수업은 서로 다른 맥락으로 인해 학생들에게 서로 다른 영향을 미칠 수 있다는 관점이 존재한다. 이 연구에서는 대면 수업과 비대면 수업으로 전환이 가능한 디지털 협업도구 활용 수업을 개발하여 학생들이 경험할 수 있도록 하였으며, 수업 중 경험하는 생명과학 활동에 대한 동기, 생명과학 학습 동기와 과제집착 수준에 대한 사전·사후검사를 통해 긍정적 효과가 있음을 확인하였다. 즉, 학습활동에서 대면 수업과 유사한 수준의 실재감을 제공하는 수업전략과 디지털 도구를 적용할 경우 학생들의 정의적 영역에 긍정적 효과를 유발한다는 것을 알 수 있었다.

전체적으로 이 연구는 뇌 관련 개념을 과학적 개념으로의 재구성을 가능하게 하며, 대면 수업과 비대면 수업에 모두 적용할 수 있는 생명과학 수업을 개발하고 적용함으로써 학생들의 인지적 영역과 정의적 영역에 긍정적 효과를 유발함을 확인하였다. 그러므로 다양한 결과들을 바탕으로 생명과학 학습 맥락의 측면에서 이 연구가 제공할 수 있는 교육적 함의를 다음과 같이 제시할 수 있다.

디지털 도구의 활용을 통해 독립적으로 인식되어 온 대면 수업과 비대면 수업은 상호전환이 가능하다는 인식의 변화가 필요하다. 디지털 도구는 학생들이 일상생활을 영유하는데 사용되고 있으며, 점점 다양화, 첨단화되고 있다. 교육현장에서도 이러한 사회문화적 변화를 반영하고자 노력하고 있으며, 세계적인 팬데믹으로 인한 온라인 수업의 확대로 관련된 인프라도 과거에 비해 높은 수준으로 확충되어 있다. 대면 수업 실시와 함께 교육현장에서 디지털 도구의 활용 또한 활용성이 감소한다고 인식할 수 있으나, 이러한 인식은 디지털 도구를 온라인 비대면 수업에 한정된 것으로 인식하기 때문이다. 이 연구에서는 대면·비대면 수업에 클라우드 기반 디지털 협업도구의 활용하여 동일한 과정과 활동의 수행이 가능하며, 효과적임을 제시하였다. 그러므로 적절한 교수전략을 통한 디지털 도구의 교육적 활용이 가능하다는 인식은 교육현장의 수업영역을 확장하고 학생들에게 긍정적인 경험을 제공할 수 있을 것이다.

둘째, 일상을 통해 획득한 뇌에 대한 직관개념의 변화 가능성에 대한 추가적 연구가 수행될 필요가 있다. 신경신화로 알려진 뇌에 대한 오개념은 어린 학생들이 일상적으로 접하는 문화적 경험들을 통해 획득되는 설명체계이자 고착화된 인식에 해당한다. 특히 미디어, 사교육 등을 통해 무분별하게 배포된 관련 내용들은 뇌 과학에 대해 전문적으로 학습하지 않은 성인 심지어 교사들도 오인하는 문제점을 유발할 수 있다. 또한 교육과정에서는 뇌를 포함하는 신경계의 해부학적인 구조와 단순한 기능만을 중학교 이상의 학교급에서 제시하고 있다. 그러므로 초등학교, 중학교 학생들에 대한 뇌 과학 개념 인식 조사와 함께 과학적 개념으로 변화시킬 수 있는 방안에 대한 연구가 추가적으로 필요하다.

Acknowledgements

This study was conducted on the government funding supported by the Korea Foundation for Science and Creativity in 2022.

References

- Akour, I. A., AlMaroof, R. S., Alfaisal, R., & Salloum, S. A. (2022). A conceptual framework for determining metaverse adoption in higher institutions of gulf area: An empirical study using hybrid SEM-ANN approach. *Computers & Education: Artificial Intelligence*, 3, 100052.
- Brown, D. E., & Hammer, D. (2013). Conceptual change in physics. In S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (2nd ed., pp. 121-137). New York, NY: Routledge.
- Busso, D. S., & Pollack, C. (2015). No brain left behind: Consequences of neuroscience discourse for education. *Learning, Media and Technology*, 40, 168-186.
- Byeon, J. H. (2021). The differences of the conception for human brain on high school students according to the completion of 'life science i'. *Brain, Digital, & Learning*, 11, 149-164.
- Byeon, J. H. (2022). The effect of biology inquiry program using metaverse platform on the affective field of elementary science gifted student. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 22, 641-657.
- Cho, H. H., Kim, H. K., Yoon, H. S., & Lee, K. Y. (2010). The theoretical review of the feature and application of science teaching models. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 30, 557-575.
- Choi, S., & Kim, H. B. (2020). Application and effects of VR-based biology class reflecting characteristics of virtual reality. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 40, 203-216.
- Cobb, S. C. (2009). Social presence and online learning: A current view from a research perspective. *Journal of Interactive Online Learning*, 8, 241-254.
- Collins, A., & Halverson, R. (2018). *Rethinking Education in the Age of Technology: The Digital Revolution and Schooling in America*. New York: Teachers College Press.
- Dede, C., Salzman, M. C., Loftin, R. B., & Spargue, D. (1999). Multisensory immersion as a modelling environment for learning complex scientific concepts. In W. Feurzeig, & N. Roberts(Eds.), *Modelling and Simulation in Science and Mathematics Education* (pp. 282-319). New York, NY: Springer.
- Dekker, S., Lee, N. C., Howard-Jones, P., & Jolles, J. (2012). Neuromyths in education: Prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Frontiers in Psychology*, 3, 1-8.
- Di Pietro, G., Biagi, F., Dinis Mota Da Costa, P., Karpinski, Z. & Mazza, J., (2020). The Likely Impact of COVID-19 on Education: Reflections Based on the Existing Literature and Recent International Datasets. EUR 30275 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Do, J. Y. (2020). Exploring design obstacles that arise during face-to-face classes' transition to online classes. *Journal of Education & Culture*, 26, 153-173.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Fauth, B., Decristan, J., Decker, A. T., Büttner, G., Hardy, I., Klieme, E., & Kunter, M. (2019). The effects of teacher competence on student outcomes in elementary science education: The mediating role of teaching quality. *Teaching and Teacher Education*, 86, 102882.
- Fauville, G., Luo, M., Queiroz, A. C. M., Bailenson, J. N., & Hancock, J. (2021). Zoom exhaustion & fatigue scale. *Computers in Human Behavior Reports*, 4, 100119.

- Feiler, J. B., & Stabio, M. E. (2018). Three pillars of educational neuroscience from three decades of literature. *Trends in Neuroscience and Education*, 13, 17-25.
- Förtsch, C., Werner, S., von Kotzebue, L., & Neuhaus, B. J. (2016). Effects of biology teachers' professional knowledge and cognitive activation on students' achievement. *International Journal of Science Education*, 38, 2642-2666.
- Garrison, D. R. (2016). *E-learning in the 21st Century: A Community of Inquiry Framework for Research and Practice*. New York, NY: Routledge.
- Georghiades, P. (2000). Beyond conceptual change learning in science education: Focusing on transfer, durability and metacognition. *Educational Research*, 42, 119-139.
- Gilmore, C. K., McCarthy, S. E., & Spike, E. (2007). Symbolic arithmetic knowledge without instruction. *Nature*, 447, 589-591.
- Gil-Pérez, D. (1996). New trends in science education. *International Journal of Science Education*, 18, 889-901.
- Ha, M. S. (2016). The comparative analysis of evolution conceptions in pre- and in-service biology teachers. *Biology Education*, 44, 277-288.
- Howard-Jones, P. A. (2014). Neuroscience and education: Myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience*, 15, 817-824.
- Howard-Jones, P. A., Washbrook, E. V., & Meadows, S. (2012). The timing of educational investment: A neuroscientific perspective. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2, S18-S29.
- Howe, C., Devine, A., & Tavares, J. T. (2013) Supporting conceptual change in school science: A possible role for tacit understanding, *International Journal of Science Education*, 35, 864-883.
- Hwang, Y. H., Mun, K. J., Kim, J. G., Jeon, S. H., Park, H. K., Lee, S. J., & Jeong, D. H. (2020). Non-face-to-face lab tour program entitled with "Online Open Lab". *The Korean Society for School Science*, 15, 91-98.
- Kang, E. G., Jeong, D. J., Park, J. H., Kim, J. N., Park, J. S., & Nam, J. H. (2021). Primary school teacher recognition for distance learning due to COVID-19-focusing on science classes-. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 40, 460-479.
- Kara, M., Kukul, V., & Cakir, R. (2018). Conceptions and misconceptions of instructional pertaining to their roles and competencies in distance education: A qualitative case study. *Participatory Educational Research*, 5, 67-79.
- Karatas, S., Bagriacik-Yilmaz, A., Dikmen, C. H., Ermis, U. F., & Grubuz, O. (2017). Interactions in distance education environments: A trend analysis. *Quarterly Review of Distance Education*, 18, 63-82.
- Keller, J. M. (2009). *Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model Approach*. NY : Springer.
- Keller, M., Neumann, K., & Fischer, H. (2016). The impact of physics teachers' pedagogical content knowledge and motivation on students' achievement and interest. *Journal of Research in Science Teaching*, 54, 1-29.
- Kim, D. Y. (2009). Effects of teaching based on Driver's conceptual change model on rectifying high school students' misconception of photosynthesis and respiration. *Journal of Korea Association Science Education*, 29, 712-729.
- Kim, H. J. (2004). Human relationships in the digital age: Implications toward Korean society. *Journal of Speech, Media & Communication Association*, 3, 7-30.
- Kim, H. J. (2020). Exploring non-face-to-face Korean class experience of foreign undergraduates: Focused on real-time online classes using Zoom. *The Journal of Humanities and Social Science* 21, 11, 1679-1692.

- Kim, I. S., Ryu, S. K., Byun, H. J., & Seo, Y. K. (2020). Analysis of interaction experience through instructional digital imagination in non-face-to-face synchronous classes. *Journal of Educational Technology*, 36, 873-904.
- Kim, K. S., & Min, M. K. (2020). Analysis of the results of online education for elementary gifted students in the Covid 19 environment. *Korean Journal of Elementary Education*, 31, 407-419.
- Kim, M. K., & Sankey, D. (2018). Philosophy, neuroscience and pre-service teachers' beliefs in neuromyths: A call for remedial action. *Educational Philosophy and Theory*, 50, 1214-1227.
- Kim, S. H., Gu, M. S., Lee, S. J., & Kim, H. D. (2021). Online teaching demonstration experience of pre-service science teachers in COVID-19. *Journal of Education & Culture*, 27, 565-587.
- Kim, Y. J., Son, J. W., & Song, Y. W. (2010). Analysis of the biology major teachers' misconceptions on the pathway of image formation in eye vision. *Biology Education*, 38, 331-341.
- Kuznetcova, I., Glassman, M., & Lin, T. J. (2019). Multi-user virtual environments as a pathway to distributed social networks in the classroom. *Computers & Education*, 130, 26-39.
- Kwon, S. Y., & Choi, T. J. (2018). The analysis of the relationship between participation motivation, learning engagement, and learning outcome of adult learners participating in online degree course. *Journal of Fisheries and Marine Science Education*, 30, 1421-1438.
- Lawson, A. E. (2003). The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications for science teaching. *International Journal of Science Education*, 25, 1387- 1408.
- Lawson, A. E., Baker, W. P., DiDonato, L., Verdi, M. P., & Johnson, M. A. (1993). The role of hypothetico-deductive reasoning and physical analogues of molecular interactions in conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1073-1085.
- Lee, B. R., & Kim, H. T. (2017). Analysis of university students' conceptions on the 'Gene', 'DNA' and 'Chromosome' concepts. *Biology Education*, 45, 418-426.
- Lee, J. K., & Lim, B. Y. (2018). A study on the process of reconstructing early childhood curriculum through teachers' imagination. *Journal of Early Childhood Education*, 38, 137-165.
- Lee, S. E., Hwang, H. J., Ha, M. S., & Park, E. J. (2021). Study on reliability of translation of AAAS ecological concept assessment and student's misconception. *Biology Education*, 49, 240-250.
- Lee, S. Y., Lim, Y. J., & Chung, H. S. (2006). An analysis of research trend on misconceptions in biology. *Biology Education*, 34, 174-184.
- Leuchter, M., Saalbach, H., & Hardy, I. (2014). Designing science learning in the first years of schooling. An intervention study with sequenced learning material on the topic of 'floating and sinking. *International Journal of Science Education*, 36, 1751-1771.
- Lim, K. M., & Kim, H. B. (2022). Exploring student engagement and sense of presence in online science classes due to COVID-19. *Biology Education*, 50, 107-124.
- Lowenthal, P., Borup, J., West, R., & Archambault, L. (2020). Thinking beyond zoom using asynchronous video to maintain connection and engagement during the COVID-19 pandemic. *Journal of Technology and Teacher Education*, 28, 383-391.
- Mahler, D., Großschedl, J., & Harms, U. (2017). Using doubly latent multilevel analysis to elucidate relationships between science teachers' professional knowledge and students' performance. *International Journal of Science Education*, 39, 213-237.
- Martin-Loeches, M. (2015). Neuroscience and education: we already reached the tipping point. *Psicologia Educativa*, 21, 67-70.
- McCabe, D. P., & Castel, A. D. (2008). Seeing is believing: the effect of brain images on judgments of scientific reasoning. *Cognition*, 107, 343-352.

- McLure, F., Won, M., & Treagust, D. F. (2020). A sustained multidimensional conceptual change intervention in grade 9 and 10 science classes. *International Journal of Science Education*, 42, 703-721.
- Meschede, N., Fiebranz, A., Möller, K., & Steffensky, M. (2017). Teachers' professional vision, pedagogical content knowledge and beliefs: On its relation and differences between pre-service and in-service teachers. *Teaching and Teacher Education*, 66, 158-170.
- Mills, R., Tomas, L., & Lewthwaite, B. (2016). Learning in earth and space science: A review of conceptual change instructional approaches. *International Journal of Science Education*, 38, 767-790.
- Ministry of Education (2021). *The Plan of Future Curriculum with the People*. Seoul: Ministry of Education.
- Ministry of Education. (2015). *2015 Revised Curriculum-Science-*. Seoul: Ministry of Education.
- Nadelson, L. S., Heddy, B. C., Jones, S., Taasobshirazi, G., & Johnson, M. (2018). Conceptual change in science teaching and learning: introducing the dynamic model of conceptual change. *International Journal of Educational Psychology*, 7, 151-195.
- Nadler, R. (2020). Understanding “zoom fatigue”: Theorizing spatial dynamics as third skins in computer-mediated communication. *Computers and Composition*, 58, 102613.
- Nehm, R. H., & Ha, M. (2011). Item feature effects in evolution assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 48, 237-256.
- Nielsen, J. A., Zielinski, B. A., Ferguson, M. A., Lainhart, J. E., & Anderson, J. S. (2013). An evaluation of the left-brain vs. right-brain hypothesis with resting state functional connectivity magnetic resonance imaging. *PLoS ONE*, 8, e71275.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning How to Learn*. NY: Cambridge University Press.
- Nussbaum, J., & Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11, 183-200.
- Organisation for Economic Cooperation, and Development. (2002). *Understanding the Brain: Towards a New Learning Science*. Paris: OECD.
- Organisation for Economic Cooperation, and Development. (2018). *The Future of Education and Skills: Education 2030. Position Paper*.
- Owen, A. M., Hampshire, A., Grahn, J. A., Stenton, R., Dajani, S., Burns, A. S., ... Ballard, C. G. (2010). Putting brain training to the test. *Nature*, 465, 775-778.
- Park, B. R., Chu, G. R., & Chu, B. W. (2017). The neuromyths of pre-service teachers in Korea. *Journal of Ethics*, 113, 1-23.
- Park, H. Y. (2018). Pre-Service elementary school teachers' understanding of the natural selection concepts. *Biology Education*, 46, 129-140.
- Park, S. W., Park, J. S., Lee, S. Y., & Shin, J. H. (2016). Prevalence and predictors of neuromyth among pre-service teachers. *Korean Journal of Teacher Education*, 32, 185-212.
- Parker, J., & Heywood, D. (2000). Exploring the relationship between subject knowledge and pedagogic content knowledge in primary teachers' learning about forces. *International Journal of Science Education*, 22, 89-111.
- Pasquinelli, E. (2012). Neuromyths: Why do they exist and persist? *MIND, BRAIN, AND EDUCATION*, 6, 89-96.
- Peper, E., Wilson, V., Martin, M., Rosegard, E., & Harvey, R. (2021). Avoid zoom fatigue, be present and learn. *NeuroRegulation*, 8, 47-56.
- Petrie, C. (2022), "Every child to flourish in a post-COVID-19 world: Eight lessons and visions for the future", In S. Vincent-Lancrin, C. C. Romání, & M. F. Reimers (Eds.), *How Learning Continued during the COVID-19 Pandemic: Global Lessons from Initiatives to Support Learners and Teachers*(pp. 91-105). OECD Publishing, Paris.

- Pietrocola, M., Rodrigues, E., Bercot, F. F., & Schnorr, S. M. (2021). Risk society and science education. *Science & Education*, 30, 1-25.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Potvin, P., Nenciovici, L., Malenfant-Robichaud, G., Thibault, F., Sy, O., Mahhou, M. A., ... Chastenay, P. (2020) Models of conceptual change in science learning: Establishing an exhaustive inventory based on support given by articles published in major journals. *Studies in Science Education*, 56, 157-211.
- Renner, J. (1982). The power of purpose. *Science Education*, 66, 709-716.
- Rose, E. (2006). Should you be a media ecologist? Bridging the gulfs of understanding between educational technology and media ecology. *Educational Technology*, Sep-Oct, 5-13.
- Saykili, A. (2018). Distance education: Definitions, generations, key concept and future directions. *International Journal of Contemporary Educational Research*, 5, 2-17.
- Sharp, J. G., Bowker, R., & Byrne, J. (2008). VAK or VAK-uous? Towards the trivialisation of learning and the death of scholarship. *Research Papers in Education*, 23, 293-314.
- Song, J. S. (2017). A review of conceptual change research(1984-2016): Current trends and implications for future research. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 17, 1-27.
- Vaughn, A. R., Brown, R. D., & Johnson, M. L. (2020). Understanding conceptual change and science learning through educational neuroscience. *Mind, Brain, and Education*, 14, 82-93.
- Verkijika, S. F. (2019). Digital textbooks are useful but not everyone wants them: The role of technostress. *Computers & Education*, 140, 103591.
- Vincent-Lancrin, S. (2022). "Educational innovation and digitalisation during the COVID-19 crisis: Lessons for the future". In S. Vincent-Lancrin, C. C. Romani, & M. F. Reimers (Eds.), *How Learning Continued during the COVID-19 Pandemic: Global Lessons from Initiatives to Support Learners and Teachers*(pp. 21-47). OECD Publishing, Paris.
- Vosniadou, S. (2013). Conceptual change in learning and instruction: The framework theory approach. In S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Ccange* (pp. 11-30). New York: Routledge.
- Wandersee, J. Mintzes, J., & Novak, J. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 177-210). New York: Macmillan Publishing Company.
- Weisberg, D. S., Keil, F. C., Goodstein, J., Rawson, E., & Gray, J. R. (2007). The seductive allure of neuroscience explanations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, 470-477.
- Yanagata-Lynch, L. C., & Luetkehans, L. M. (2104). Longitudinal design case of a university preservice technology integration curriculum. *International Journal of Design for Learning*, 5, 25-42.
- Yip, D. Y. (2004), Questioning skills for conceptual change in science instruction. *Journal of Biological Education*, 38, 76-83.
- Youn, Y. M., & Jeong, E. Y. (2019). Analysis on understanding and class contents of evolution of pre-service biology teachers. *Biology Education*, 47, 448-462.

Authors Information

Byeon, Jung-Ho : Samcheok High School, Teacher, First Author

ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-0109-7866>

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8283-1574>