



## 고등학생을 위한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램 개발 및 적용

한화정, 심규철\*  
공주대학교

### The Development and Application of a Science Education Program Based on Engineering Design Process for High School Students

Hwa-Jung Han, Kew-Cheol Shim\*  
Kongju National University

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 8 June 2023  
Received in revised form  
12 June 2023  
Accepted 13 June 2023

##### Keywords:

high school students, engineering design process, science-related attitudes, engineering design abilities

#### ABSTRACT

This study aimed to develop an engineering design-based science education program for high school students and to investigate its effects on students' science-related attitudes and engineering design abilities. "Creating healthy shoes for maintaining proper posture program" was developed as an activity to come up with creative solutions using the methodology of an engineering design process to solve problems in daily life. The creating healthy shoes for maintaining proper posture program consisted of the following five stages: "defining the problem," "ingathering information related to the problem," "generating the solution," "implementing the best solution," and "evaluating the solution & reflecting." As a result of applying this engineering design-based science education program, it improved the high school students' science-related attitudes and engineering design abilities. Therefore, the program developed in this study has a positive effect on enhancing high school students' science-related attitudes and engineering design abilities. These findings imply that the continuous operation and expansion of activities incorporating an engineering design process in science education are necessary as a teaching and learning strategy for cultivating future science talents.

## 1. 서론

현재 세계 각국은 과학 기술의 대변혁이 일어나고 있으며, 국경 없는 무한 경쟁 속에서 국가의 생존과 발전을 위한 과학 기술 인재 양성에 많은 관심을 기울이고 있다(Jin, 2019; Kim & Shim, 2017; Lim, Ryu, & Kim, 2017; Song & Shim, 2017). 급격한 사회 변화 속에서 과학 기술 경쟁의 우위를 선점하기 위해서는 다양하고 변화되는 상황에 맞게 자신의 지식과 기술 등을 활용할 수 있는 인재가 우선적으로 필요하며, 단순 지식이나 경험에 의존하여 문제를 해결하기보다는 여러 사람의 협업으로 새로운 창의적인 아이디어를 만들어내고 이를 활용하여 문제를 해결할 수 있는 창의·융합형 인재 양성이 필요하다(Jo & Yun, 2014; Kim & Shim, 2017; Organisation for Economic Co-operation and Development[OECD], 2006; Shim, Lee, & Kim, 2015; Song, Son, & Song, 2017).

세계 각국은 창의·융합형 인재를 양성하기 위해 국가적인 차원에서 융합인재교육을 실시하고 있다. 융합인재교육은 과학, 기술, 공학, 수학, 예술 등의 학문들의 내용과 방법을 통합하고, 기술 및 공학의 문제 해결 과정인 공학 설계 과정을 방법론적으로 사용하는 것을 강조하며, 한국을 비롯한 세계 각국은 과학 교육에서 공학 설계를 새로운 교육 전략으로 사용하고 있다(Han & Shim, 2019). 특히 과학 교육에서 국가 차원으로 공학 설계 과정을 새로운 교육 전략으로 접목한

대표적인 시도는 미국의 차세대 과학표준(NGSS Lead States, 2013)과 한국의 2015 개정 과학과 교육과정이다. 미국의 차세대 과학표준은 과학과 공학을 과학 교육으로 통합하여 학제 간 연계 및 공학 설계를 강조하였으며, 공학자들이 모델이나 시스템을 실제로 설계할 때 수행하는 실천과 핵심 아이디어로 공학 설계를 강조하고 있다. 한국은 2015 개정 과학과 교육과정 과학 교과목으로 전통적인 과학 탐구 활동 뿐 만 아니라 문제의 발견과 해결을 포괄하는 프로젝트 형태의 과학 탐구 활동과 창의적 설계와 공학적 도구 제작을 학생들이 경험할 수 있는 과학탐구실험(Ministry of Education[MOE], 2015)을 개발하고, 이를 학생이 필수 이수하도록 하고 있으며, 이러한 기초는 2022 개정 교육과정에서도 이어지고 있다.

공학 설계는 기존의 과학 교육에서 강조하고 있는 과학 탐구와는 다른 특성을 가지고 있는데, 과학 탐구가 과학자가 자연 세계를 이해하고 자연 현상에 대한 질문의 올바른 답을 찾기 위한 과정(Chinn & Malhotra 2002; Hofstein & Lunetta 2004; National Research Council[NRC], 1996; Meier, Hovde, & Meier, 1996)인 반면, 공학 설계는 과학, 수학, 공학 지식을 이용하여 제한 조건과 사용자의 요구를 충족하는 창의적인 산출물을 제작하는 과정이다(Accreditation Board for Engineering and Technology[ABET], 2021; Asunda & Hill, 2017; Daugherty, 2009; Dym *et al.*, 2005; Haik & Shahin, 2011). 따라서 과학 탐구의 최종 산물은 과학 지식인 반면, 공학 설계의 최종

\* 교신저자 : 심규철 (skcshim@kongju.ac.kr)

이 논문은 2020년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2020S1A5B5A17091886)  
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2023.43.3.321>

산물은 제품이나 시스템 등과 같은 가공물이다(Burghardt, 2013). 이때 과학 탐구에서 자연 현상에 대한 의문에 대답하기 위해 특수하고 정확한 지식을 찾으려는 반면, 공학 설계에서는 제한 조건과 사용자의 요구를 충족하는 가장 좋은 제품이나 시스템 등을 만드는 최선의 방법을 찾으려고 한다(Burghardt & Hacker 2009). 여러 연구를 통해 공학 설계 과정이 다양한 형태로 제시되고 있지만, 전반적으로 공학 설계 과정은 문제를 명확하게 정의하고, 문제를 해결할 다양한 아이디어를 생성하고 이를 양질의 아이디어로 개발하여 제품 제작과 관련된 필요한 모든 정보를 고려하여 최종적으로 문제를 해결하기 위한 제품을 성공적으로 개발하는 과정으로 구성되어 있다(Budynas & Nisbett, 2015; Cross, 2000; Dieter & Schmidt, 2013; Dym, Little, & Orwin, 2013; Haik & Shahin, 2011; Hynes *et al.*, 2011; Khandani, 2005; Massachusetts Department of Education[MDE], 2006; NGSS Lead States, 2013; Pahl & Beitz, 1996). 따라서 공학자는 공학 설계 과정으로 인간의 필요와 요구에 따라 문제를 해결하기 위한 제품을 성공적으로 개발해야 하는데, 이를 위해 새롭고 혁신적인 아이디어를 도출하는 것이 매우 중요하다(Howard, Culley, & Dekoninck, 2008; Roy, 1993). 새롭고 혁신적인 아이디어를 바탕으로 제품을 제작하기 위해서는 과학, 수학 및 기술 등 다양한 지식을 융합하여 활용해야 하며(Brophy *et al.*, 2008; Burghardt & Hacker, 2004), 공학 설계 과정 전반에 걸쳐 창의성과 다양한 배경을 가진 사람들 간의 협업이 필수적이다(Haik & Shanin, 2011; Johri, Williams, & Pembridge, 2013; Pahl & Beitz, 1996).

최근 몇 년 동안 국내외 과학 교육에서 공학 설계를 적용한 과학 교육 프로그램을 개발하고 효과를 검증하였다. Apedoe *et al.*(2008)은 고등학생을 대상으로 난방 및 냉방 시스템을 설계하는 공학 설계 기반의 과학 교육 프로그램을 적용한 결과 학생의 과학 개념 이해도, 공학 수업과 공학 관련 직업에 대한 관심이 향상되었음을 증명하였다. Mehalik, Doppelt, & Schun(2008)은 중학생을 대상으로 전기 경보 시스템을 설계하는 과학 교육 프로그램을 실시하여 학생의 과학 개념에 대한 이해도 증가를 확인하였으며, Ellefson *et al.*(2008)도 고등학생을 대상으로 유전자 발현을 주제로 한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 실시하여 고등학생의 유전자 발현에 대한 이해도가 증가한 것을 확인하였다. Lee *et al.*(2013)은 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 중학생을 대상으로 적용하여 학생의 과학, 공학 등에 대한 인식, 능력, 중요하게 생각하는 정도, 흥미 향상에 효과적임을 보여주었다. Nam, Lee, & Paik(2016)은 공업계 고등학교 학생을 대상으로 온도계 개발, 펄스 모양의 얼음 조각을 녹이지 않고 유지할 수 있는 장치 개발 등의 교육 프로그램을 적용하여 학생의 과학 관련 태도와 공학에 대한 인식에 긍정적인 영향을 주는 것을 확인하였다. Han(2018)은 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램이 과학 영재의 과학 창의성과 협업 능력 향상에 효과적임을 확인하였으며, Yi & Nam(2019)은 중학생을 위한 빛과 소리 관련 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 개발하여 학생의 동기, 공학 설계, 공학적 사고 습관, 공학과 공학자, 소통 및 협업 능력과 같은 창의적 공학 문제해결성향과 공학에 대한 인식에 긍정적인 영향을 주는 것을 검증하였다. Lee, Yi, & Nam(2023)은 중학생을 대상으로 오션클립을 주제로 한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 적용하여 학생의 창의적 공학 문제 해결성향 뿐만 아니라 학생의 흥미, 배려, 소통, 유용성, 자아개념,

자아효능감, 진로 등의 태도 변화에도 긍정적인 영향을 주는 것을 확인하였다. Precharattana *et al.*(2023)은 중학교 학생을 대상으로 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 블렌디드 러닝 형식으로 진행한 결과, 학생의 문제 해결에 대한 자신감이 향상된 것을 보여주었다. 선행연구를 통해 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램은 학생의 창의성, 협업, 문제해결능력, 과학 및 공학에 대한 태도, 이공계 직업에 대한 관심 등을 향상시키는데 매우 효과적임을 알 수 있으며, 이는 공학 설계가 미래 사회에 필요한 과학 인재 양성에 성공적인 교수 학습 전략이며 과학 교육에서 중요한 위치를 차지하고 있음을 시사하고 있다(Capobianco & Rupp, 2014; Guzey, Moore, & Morse, 2016).

공학 설계가 과학 교육 개혁의 새로운 추세로 떠오르고 있으며, 세계 각국이 국가 수준 교육과정에서 유아부터 중등까지 학생이 대학 진학 전에 공학 설계 과정을 충분히 경험할 수 있는 기회를 제공하는 것을 우선 과제로 삼고 있는 가운데(Harris & Rogers, 2008; Lammi, Denson, & Asunda, 2018; NRC, 2012) 여전히 학생은 공학 설계를 대학 교육에서 접하게 되고, 초중등교육에서 경험할 수 있는 기회가 부족하며(Ellefson. *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2013; Kim, Kang, & Heo, 2015), 과학 교육으로 범위를 좁히면 더욱 부족하다(Aldahmash & Alfarraj, 2022). 특히 한국은 과학 교과목 중 창의적 설계와 공학적 도구 제작을 강조하는 과학탐구실험을 고등학생이 필수 이수하도록 하여, 과학 교육에서 공학 설계 과정을 학생이 수행하여 창의적인 산출물을 만들어내는 경험을 할 수 있도록 안내하고 있으나, 7종의 과학탐구실험 교과서의 공학 설계 과정을 활용한 43개의 탐구활동 중 문제 정의, 정보 수집, 창안, 구현, 평가 등과 같은 공학 설계 과정 요소를 빠짐없이 다루고 있는 탐구활동은 10개에 불과하였다(Han & Shim, 2021). 그리고 많은 과학 교사가 여전히 공학 설계 과정을 지도한 경험이 미흡하고 공학 설계 과정을 과학 수업에서 적용한 경험이 있는 교사도 공학 설계 과정에 대한 이해가 부족하여 과학 교육에서 공학 설계 과정을 적용하는 것을 어려워하고 있다(Capobianco & Rupp, 2014; Choi, 2021; Shahat, Al-Balushi, & Al-Amri, 2022; Winarno *et al.* 2020). 따라서 학교 현장에서 공학 설계 과정 기반의 과학 교육을 보다 활성화시키기 위해서는 교사가 공학 설계 과정을 실질적으로 구현하는데 참고하고, 학생이 흥미를 가질만한 다양한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램 개발이 필요하다. 이에 본 연구에서는 고등학생을 위한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 개발 및 적용하여, 프로그램의 효과를 살펴보고자 하였으며, 이를 바탕으로 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램의 활용 가능성을 탐색하고자 한다.

## II. 연구 내용 및 방법

### 1. 연구 내용

본 연구는 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 적용하고, 고등학생의 과학 관련 태도와 공학 설계 능력에 미치는 효과를 알아보고자 하였다. 이에 본 연구에서는 실생활에서 쉽게 접할 수 있는 친숙한 소재를 선정하여 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 개발하고자 하였으며, 개발한 프로그램을 고등학생에게 적용하여 고등학생의 과학 관련 태도와 공학 설계 능력 변화를 분석하였다.

## 2. 연구대상

본 연구에서 개발한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램은 C지역 소재 인문계 고등학교 2학년 여학생 56명을 대상으로 진행하였다. 이들은 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 1학년 과학탐구실험 교과를 통해 경험한 적이 있지만, 아이디어 수준의 해결방안을 고안하는 정도만 수행하였으며 시제품을 제작하고 평가한 경험은 없었다. 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램은 총 6차시로 개발하였으며, 프로그램 적용은 3~4인씩 학생이 모둠을 구성하도록 하여 모둠 활동 형태로 이루어졌다.

## 3. 연구 방법

### 가. 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램 개발

본 연구에서 개발한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램은 Han & Shim(2019)이 제안한 문제 정의, 정보 수집, 창안, 구현, 평가 및 반성 등의 단계로 구성된 공학 설계 기반 교수 학습 모형 절차에 따라 개발하였다. Han & Shim(2019)이 제안한 공학 설계 기반 교수 학습 모형은 일상생활의 문제를 해결하기 위해 공학 설계 과정을 방법론적으로 사용하여 창의적인 해결방안을 창안하는 활동으로 구성하였으며, 모든 단계에서 학생이 과학 창의성과 협업 능력을 신장할 수 있도록 개발된 것으로 이미 국내외 과학 교육에 적용되어 과학 교육에서의 적합성과 가능성이 확인되었다(Duong et al., 2022; Han, 2018).

현장 과학 교사 1인, 과학교육 전공 교수 2인과의 지속적인 논의를 통해 프로그램의 단계별 활동 내용을 구체화하였다. 본 연구에서 개발한 프로그램인 ‘바른 자세를 유지할 수 있는 건강 신발 만들기’의 단계별 활동 내용은 <Table 1>과 같다. 나쁜 자세는 청소년기에 흔하게 나타나는 건강 문제이며(Cho, 2008; Park & Park, 2003) 청소년기 학생의 나쁜 자세는 건강상에 여러 가지 문제를 일으키는 요인이기 때문에 신체 건강을 도모하기 위해서는 바른 자세를 유지하는 것이 매우 중요하다(Jung & Kim, 2006). 따라서 바른 자세 유지는 청소년기 학생의 삶과 밀접한 관련이 있는 건강 문제 소재이며, 청소년기 학생은 자기 자신의 자세에 대한 인식도 제대로 하지 못하고 있기 때문에(Bang & Leem, 2015), 학생 본인의 평소 자세를 살피는 것이 필요하다. 따라서 문제 정의 단계에서 학생이 본인의 평소 자세를 살펴보고, 나쁜 자세가 유발하는 질병에 대해 생각해보도록 하여 나쁜 자세에 대한 경각심을 가지도록 하였다. 학생은 본인의 걷기 자세와 전문가들이 제안하는 올바른 걷기 자세를 비교하여 그 차이를 정리하고, 왜 바른 자세로 걷기가 어려웠는지 본인의 신발과 연관지어 생각해 보는 토의 활동을 통해 본인의 신발에 불만족을 가지게 하여 바른 자세를 유지할 수 있는 건강 신발을 만들어야 한다는 필요성을 깨닫도록 하였다. 활동에서 얻은 정보를 바탕으로 학생은 모둠원들과 함께 어떤 기능과 형태가 신발 제작에 필요한지 논의하고, 어떤 기능과 형태를 가진 신발을 만들지 설계 목표를 설정하도록 하였다. 즉, 학생들은 가상이 아닌 현실의 실생활과 관련 있는 문제 상황을 인식하고, 제작할 제품의 특징을 구체적으로 명료화하는 활동으로 구성하였다. 정보 수집 단계는 학생이 활동지의 지침에 따라 전자기기(스마트폰, 패드, 노트북 등)의 검색 기능을 사용하여 기존의 바른

자세를 위한 신발에 대한 정보를 검색하여 수집하도록 하였다. 수집한 정보는 활동지에 정리해보게 하여 개발해야 할 건강 신발의 기능과 형태 등과의 관련성을 점검하여 관련 정보를 선별하도록 하였다. 즉, 정보 수집 단계는 문제와 관련된 정보를 수집하는 단계로 학생들은 문제 해결을 위해 다양한 정보원을 이용하여 문제 해결을 위한 다양한 정보를 수집하고, 수집한 정보와 제품과의 관련성을 점검하여 최적의 정보를 선별하는 활동으로 구성하였다.

창안 단계에서는 학생들은 정보 수집 단계에서 얻은 정보를 기반으로 건강 신발 디자인을 개별적으로 고안하고, 활동지에 글이나 그림으로 자신의 디자인을 작성하도록 하였다. 이후 모둠원들은 서로의 건강 신발 디자인을 모둠 내 발표를 통해 공유하고, PMI 기법을 이용하여 건강 신발 디자인의 긍정적인 측면, 부정적인 측면, 흥미로운 측면을 고려하여 평가하고, 자신들이 건강 신발 디자인이 논리적이고 합리적인지 검토하도록 하였다. 평가 결과를 바탕으로 모둠별 건강 신발 디자인을 고안하고 활동지에 그림과 글로 작성하도록 하였다. 즉, 창안 단계는 제품과 관련된 최적의 정보를 바탕으로 학생들이 다양한 제품 제작 방안을 창안하고, 이를 모둠 내 발표를 통해 공유하며, PMI 기법을 활용한 평가를 통해 모둠별 제품 제작 방안을 창안하는 활동으로 구성하였다. 구현 단계는 모둠별로 창안한 건강 신발 디자인에 따라 건강 신발을 제작하고, 건강 신발의 특징을 정리하도록 구성하였다. 즉, 모둠별 제품 제작 방안에 따라 시제품을 제작하고, 시제품의 특징을 정리하는 활동으로 구성하였다. 평가 및 반성 단계는 전체 모둠이 모둠별 건강 신발 디자인에 따라 제작한 건강 신발의 특징을 발표하고, 제작한 건강 신발의 기능과 형태를 평가하도록 하였다. 다른 모둠으로부터 받은 피드백을 바탕으로 각 모둠은 제작한 건강 신발을 개선할 수 있는 방안을 도출하고, 이를 바탕으로 새로운 건강 신발 디자인을 창안하도록 구성하였다. 즉, 평가 및 반성 단계는 모둠별 제품 제작 방안이 잘 구현되었는지를 평가하고 모둠 간 피드백을 통해 새로운 제품 제작 방안을 창안하는 단계로 각 모둠별 발표 평가를 통해 모둠원들이 함께 시제품에 대한 개선점을 파악하고 새로

Table 1. Stages and activities of creating healthy shoes for maintaining proper posture program

단계	활동
문제 정의	전문가들이 제안하는 올바른 걷기 자세와 본인의 걷는 자세를 비교하기 바른 자세로 걷기 어려운 이유가 무엇인지 생각해보기 새롭게 제작할 바른 자세를 유지할 수 있는 건강 신발의 특징에 대해 토의 바른 자세를 유지할 수 있는 건강 신발의 특징을 규정하여 설계 목표 설정을 구체화
정보 수집	시중에 있는 바른 자세를 위한 신발을 전자기기 검색 기능을 활용하여 정보 수집 수집한 정보를 제작한 건강 신발과의 관련성을 점검하여 정리
창안	모둠원별 건강 신발 디자인 창안 모둠원별 건강 신발 디자인을 활동지에 표현 모둠원들의 건강 신발 디자인 발표 및 평가 평가 결과를 토대로 모둠별 건강 신발 디자인 창안 모둠별 건강 신발 디자인을 활동지에 표현
구현	모둠별 건강 신발 디자인에 따라 건강 신발 제작 건강 신발의 특징 정리
평가 및 반성	모둠별 건강 신발 특징 발표 및 평가 모둠별 건강 신발의 문제점에 대한 개선점 도출 새로운 건강 신발 디자인 창안

Table 2. The instrument to survey the science-related attitudes

영역	문항	문항 수
과학 수업의 즐거움	나는 과학 수업이 재미있다.	4
	나는 과학 수업이 기다려진다.	
	학교에서 과학 수업 시간을 늘려야 한다.	
	과학 시간이 있어서 나의 학교생활이 더 즐겁다.	
과학 투자의 중요성	정부는 과학 연구를 위한 예산을 늘려야 한다.	3
	우리나라는 과학에 투자를 더 해야 한다.	
	과학에 투자하면 우리 사회에 더 큰 혜택으로 돌아온다.	
과학의 사회적 가치	과학은 우리 생활을 편리하게 만든다.	2
	과학은 세상을 더 살기 좋게 만드는데 도움이 된다.	
과학적 탐구 태도	나는 과학에 대해 선생님이나 다른 사람이 설명해주는 것보다 직접 실험해보는 것을 더 좋아한다.	8
	나는 책이나 잡지를 통해 과학지식을 얻는 것보다는 직접 실험해보는 것을 더 좋아한다.	
	나는 과학에 대해 다른 사람에게 물어보기보다는 직접 실험을 통해 알아보는 것을 더 좋아한다.	
	나는 의문 나는 것이 있으면 해답을 얻기 위해 자료를 찾아본다.	
	나는 의문 나는 것이 있으면 실험을 통해 해결하는 것을 좋아한다.	
	나는 새로운 현상을 보면 왜 그런지 알아보고 싶다.	
과학에 대한 직업적 관심	나는 과학 실험을 할 때 전에 써보지 않았던 새로운 방법을 사용해보고 싶다.	5
	나는 과학 실험에서 예상했던 결과뿐만 아니라 예상하지 못했던 결과도 기록한다.	
	나는 과학 관련 직업에 관심이 있다.	
	나는 졸업 후 과학을 가르치거나 연구하고 싶다.	
	나는 미래에 과학과 관련된 분야에서 일하고 싶다.	
	나는 과학 분야와 관련된 직업을 알고 있다.	
	나는 과학 분야 관련 직업을 찾아본 적이 있다.	

Table 3. The instrument to survey the engineering design abilities

영역	문항	문항 수
문제 정의 능력	나는 일상생활이나 자연에서 탐구 주제를 찾을 수 있다.	3
	나는 탐구 주제로부터 탐구 문제를 분명하게 제시할 수 있다.	
	나는 탐구를 수행하여 나타나리라 기대되는 결과를 제시할 수 있다.	
정보 수집 및 활용 능력	나는 인터넷이나 도서를 이용하여 탐구 주제와 관련된 자료를 찾을 수 있다.	4
	나는 탐구 문제 해결을 위해 새롭게 찾은 정보가 유용한지 확인할 수 있다.	
	나는 탐구 문제를 해결할 수 있는 해결방법을 고안할 수 있다.	
아이디어 도출 능력	나는 자료를 찾거나 해결 방법을 고안할 때 과학지식을 활용할 수 있다.	2
	나는 여러 가지 해결 방법들의 장점과 단점을 비교한 후 가장 좋은 해결 방법을 선택할 수 있다.	
	나는 여러 가지 해결 방법들의 장점과 단점을 고려하여 새로운 해결 방법을 고안할 수 있다.	
탐구 수행 능력	나는 고안한 탐구 문제 해결 방법을 제대로 수행할 수 있다.	4
	나는 탐구 문제 해결 방법을 수행하면서 얻은 자료를 해석하고 결론을 내릴 수 있다.	
	나는 탐구 문제 해결 방법을 수행할 때, 다양한 실험 도구와 기기를 올바르게 사용할 수 있다.	
의사소통능력	나는 탐구 결과를 토대로 해결 방법이나 결론이 적절한지 평가할 수 있다.	3
	나는 탐구 문제를 해결하는 과정에서 자신의 의견을 이해하기 쉽게 표현할 수 있다.	
	나는 탐구 문제를 해결하는 과정에서 다른 모둠원들의 의견을 경청하고 조리 있게 나의 의견을 말할 수 있다.	
협업 능력	나는 탐구 문제를 해결하는 과정에서 다른 모둠원들과 의견을 교환하여 합의할 수 있다.	3
	나는 다른 모둠원들과 협력하여 탐구를 수행할 수 있다.	
	나는 다른 모둠원들과 협동능력	
리더십	나는 모둠 내에서 내가 맡은 역할을 충실히 이행하면서 탐구를 수행할 수 있다.	3
	나는 나와 의견이 다른 모둠원들과도 협력하여 탐구를 수행할 수 있다.	
	나는 탐구 문제를 해결하는 과정에서 모둠원들의 의견이 다를 때 의견을 조정할 수 있다.	
	나는 탐구 문제를 해결하는 과정에서 모둠원들이 본인의 의견을 표현하도록 도울 수 있다.	
	나는 탐구문제를 해결하는 과정에서 다른 모둠원들이 하고 싶어 하지 않는 일도 할 수 있다.	

운 제품에 대한 아이디어를 도출하여 새로운 제품 제작 방안을 창안하는 활동으로 구성하였다.

### 나. 검사도구

본 연구에서 개발한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램이 학생의 과학 관련 태도와 공학 설계 능력에 미치는 효과를 알아보기 위해 사용한 검사도구는 Song, Han, & Shim(2017a, b)이 개발한 과학 관련 태도 검사 도구와 공학 설계 능력 검사 도구를 사용하였다. 과학 관련 태도 검사 도구는 총 22개의 문항으로 과학 수업의 즐거움, 과학 투자의 중요성, 과학의 사회적 가치, 과학적 탐구 태도, 과학에 대한 직업적 관심 등 총 5개 영역으로 구성되어 있다(Table 2). 공학 설계 능력 검사 도구는 학생이 공학 설계 과정을 수행하는 능력에 대한 인식 수준을 조사하는 검사 도구이며 총 22개의 문항으로 문제 정의, 정보 수집 및 활용, 아이디어 도출, 탐구 수행, 협업 등의 총 5개 영역으로 구분하여 구성되어 있다(Table 3). 특히 협업 능력은 의사소통능력, 협동능력, 리더십이 어려워져 시너지 효과를 발휘하여 좋은 협업 능력이 발휘될 것으로 기대되기 때문에(Song, Han, & Shim, 2017b), 협업은 의사소통, 협동, 리더십 등 3개의 하위 영역으로 구성되어 있다. 과학 관련 태도 검사 도구와 공학 설계 능력 검사 도구는 매우 일치하면 5점, 조금 일치하면 4점, 보통이면 3점, 조금 일치하지 않으면 2점, 매우 일치하지 않으면 1점 등 1~5까지의 리커트 5점 척도를 이용하여 응답하도록 구성되었으며, 검사 도구는 사전 및 사후 검사에서 동일한 것을 사용하였다. 과학 관련 태도 검사 도구의 Cronbach  $\alpha$ 계수는 사전 .937, 사후 .905 이며, 공학 설계 능력 검사 도구의 Cronbach  $\alpha$ 계수는 사전 .971, 사후 .976으로 검사 도구의 신뢰 수준은 높았다.

### 다. 결과 분석

본 연구에서 개발한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램이 고등학생의 과학 관련 태도와 공학 설계 능력에 미친 영향을 알아보기 위해 대응표본 t-검정을 실시하여 과학 관련 태도와 공학 설계 능력의 사전 검사 점수와 사후 검사 점수를 비교하였다. 통계 프로그램은 SPSS 27.0 버전을 사용하여 분석하였다.

## III. 연구 결과 및 논의

### 1. 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램이 고등학생의 과학 관련 태도에 미치는 효과

본 연구에서 개발한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 고등학생에게 적용한 결과, 고등학생의 과학 관련 태도가 향상된 것으로 나타났다(Table 4). 고등학생의 과학 관련 태도 영역 중 과학 수업의 즐거움은 사전 2.98에서 사후 3.47로 가장 크게 유의미하게 향상되었다. 기존의 연구에서 고등학생은 학생과 교사의 소통이 원활하고, 잘 이해되고, 본인의 실생활과 관련 있고 주체적으로 참여할 수 있는 수업을 재미있는 과학 수업으로 인식한다는 연구결과(Shin, Ha, & Lee, 2018)에 비추어 볼 때, 고등학생이 실제 본인이 신고 있는 신발에

불만족을 느껴 신발 개선의 필요성을 깨닫고, 바른 자세를 유지할 수 있는 건강 신발을 제작하기 위해 모듈원들과 아이디어를 공유하고 상호작용하는 과정에서 직접적이고 실질적인 문제 해결의 경험을 가지게 된 것이 학생의 과학 수업의 즐거움에 긍정적인 영향을 미친 것으로 생각된다. 또한 기존의 연구에서 학생들은 교사의 질문에 대해 틀린 답을 말할까 봐 수업에 잘 참여하지 않는 경향을 보이는데 (Jeong *et al.*, 2022), 공학 설계 과정의 특성상 문제를 해결하기 위한 다양한 해결방안들을 잠정적인 정답으로 간주하고(Han & Shim, 2019), 문제를 해결하는 개인이 어떤 가치에 비중을 두느냐에 따라 최선의 해결방안이 달라지고 가장 적합한 해결방안을 창안하는 특성이 있기 때문에(Burghardt & Hacker, 2009), 학생이 고안하는 다양한 건강 신발 디자인을 정답과 오답으로 구분하지 않고, 최선의 건강 신발 디자인을 고안하도록 한 것이 고등학생의 과학 수업의 즐거움에 대한 인식에 긍정적인 영향을 미친 것으로 생각된다.

고등학생은 과학 투자의 중요성과 과학의 사회적 가치에 대해 사전 3.70, 사전 4.12로 다른 영역보다 이미 높게 인식하고 있는 것으로 나타났다. 이는 고등학생의 과학 투자의 중요성과 과학의 가치에 대해 매우 공감하고 있으며, 현재 과학에 대한 투자가 미래의 사회 발전과 밀접하게 관련되어 있고 과학의 사회에 대한 기여를 잘 이해하고 있다는 것을 의미한다. 또한 본 연구에서 개발한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 적용한 결과, 고등학생의 과학 관련 태도 영역 중 과학 투자의 중요성은 사전 3.70에서 사후 3.89로 유의미하게 증가하였으며, 과학의 사회적 가치는 사전 4.12에서 사후 4.31로 유의미하게 증가한 것으로 나타났다. 즉, 과학의 발전으로 인한 편리성과 효용성 등의 과학의 사회적 의미에 대한 고등학생의 인식 향상에 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램이 긍정적인 영향을 준 것으로 해석할 수 있다. 이는 공학 설계가 일상생활에서 직면하는 불편한 점들을 개선하고자 하는 설계 문제에서 시작되며(Johnson, 1987), 이러한 문제를 해결하는 과정에서 과학, 수학, 기술 등의 지식 등을 통합하고 응용하는 특성을 가지고 있는데(Burghardt & Hacker, 2004; Kwon & Park, 2009), 본 연구의 고등학생이 기존의 신발에 불만족을 가지고, 새로운 건강 신발 제작의 필요성을 인식하여 바른 자세를 유지할 수 있는 건강 신발을 제작하는데 인체공학 기술을 접하게 되는데, 이를 통해 과학의 실용적인 가치를 직접 경험함으로써(Lee *et al.*, 2014; Park *et al.*, 2012; Park & Baek, 2014) 과학이 사회와 밀접한 관련이 있으며, 과학이 사회에서 어떤 역할을 하는가를 인식하게 된 것이 과학의

Table 4. Results of a t-test on science-related attitudes

영역	시기	Mean	SD	t
과학 수업의 즐거움	사전	2.98	.744	-6.896*
	사후	3.47	.654	
과학 투자의 중요성	사전	3.70	.801	-3.044*
	사후	3.89	.682	
과학의 사회적 가치	사전	4.12	.738	-2.879*
	사후	4.31	.518	
과학적 탐구 태도	사전	3.39	.646	-4.771*
	사후	3.65	.602	
과학에 대한 직업적 관심	사전	3.00	1.041	-4.062*
	사후	3.30	.907	

\* $p < .05$

사회적 의미 인식 변화에 긍정적 효과를 가져온 것이라 생각된다 (Kang, Kim, & Kim, 2012).

고등학생에게 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 적용한 결과, 고등학생의 과학적 탐구 태도도 사전 3.39에서 사후 3.65로 유의미하게 증가하였다. 이는 기존에 개발된 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램 활동을 수행하면서 학생이 문제 해결을 위한 설계 아이디어를 창안하고, 이를 활용하여 이루어지는 제작 활동과 산출물을 검증하는 등의 활동이 과학 탐구 태도에 긍정적인 영향을 주었다는 연구 결과 (Lee & Jang, 2016; Lee & Shim, 2019)에 비추어 볼 때, 본 연구의 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램에서 건강 신발 디자인을 고안하고, 이를 바탕으로 건강 신발을 제작하고 신발의 형태와 기능을 평가하는 활동이 고등학생의 과학적 탐구 태도에 긍정적인 변화를 가져왔다고 할 수 있다.

고등학생에게 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 적용한 결과, 고등학생의 과학에 대한 직업적 관심은 사전 3.00에서 사후 3.30으로 유의미하게 증가하였다. 기존의 선행연구에서 공학 설계 과정에 기반한 과학 교육 프로그램 학습을 통해 학생은 직간접적으로 이공계 진로에 노출되고(Lee et al., 2022), 과학, 수학, 기술 등의 다양한 지식을 활용하여 문제를 해결하면서 적합한 산출물을 만들어내는 과정에 흥미와 보람을 느껴 이공계 관련 직업에 대한 인식이 긍정적으로 변화되었음이 보고되었다(Lee & Lee, 2014). 따라서 본 연구의 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램이 실제 상황의 문제로부터 시작되고 스스로 문제를 해결하고 건강 신발을 제작하는 일련의 과정에서 학생이 성공의 경험을 얻게 되고 이로 인해 과학에 대한 흥미와 동기가 부여되어 과학 관련 진로에 대한 관심을 증가시키는 데 긍정적인 영향을 미친 것으로 해석할 수 있다.

우리나라의 학생은 과학 학업성취도는 최상위이지만, 과학 정의적 성취 수준은 매우 낮은 수준이다(Cho et al., 2019; Lee et al., 2020). 이에 한국은 제4차 과학 교육 종합계획에서 학생의 과학에 대한 흥미, 동기, 자신감 등을 신장하고 과학 분야 진로 유입을 확대하기 위해 학생의 배움이 신나는 과학 교육 강화를 내세우고 있으며, 이를 위한 다양한 정책을 추진 중이다(MOE, 2020). 기존의 연구에서 과학 수업이 재미없는 이유로 교사의 이론 설명 위주의 강의식 수업을 하나의 원인으로 꼽으며 융합 수업, 문제해결 수업, 자기주도적 수업, 팀 프로젝트 활동 등과 같은 학생 참여형 활동을 확대하여 학생의 과학 관련 태도를 증진할 수 있도록 변화(Kwak et al., 2006; Shin et al., 2020)되어야 함을 고려할 때 본 연구의 고등학생의 과학 관련 태도가 유의미하게 향상된 것은 본 연구의 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램이 현재 과학 교육의 시류와 요구에 부합하고 있음을 알 수 있다.

## 2. 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램이 고등학생의 공학 설계 능력에 미치는 효과

본 연구에서 개발한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 고등학생에게 적용한 결과, 문제 정의, 정보 수집 및 활용, 아이디어 도출, 탐구 수행, 의사소통, 협업, 리더십 등의 모든 영역에서 고등학생의 인식 수준이 유의미하게 향상되어, 고등학생의 공학 설계 능력 향상에 효과가 있음을 확인할 수 있었다(Table 5). 고등학생에게 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 적용한 결과, 고등학생의 문제 정의

능력에 대한 인식이 사전 2.86에서 사후 3.41로 유의미하게 증가하였다. 즉 고등학생은 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 경험한 후 일상생활이나 자연에서 탐구 주제를 찾거나 탐구 주제로부터 탐구 문제를 분명하게 제시하고 탐구 수행을 통한 예상 결과도 명확하게 제시하는 능력에 대한 인식이 유의미하게 향상되었다. 따라서 고등학생의 문제 정의 능력에 대한 인식이 유의미하게 신장된 것은 본 연구의 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램이 학생이 문제를 체계적으로 인식하고 이해를 이끌어주는 체계적인 활동을 제공하고 있으며, 문제 정의 능력 향상에 효과적임을 보여주고 있다. 현실 세계의 문제를 다룰수록 문제 발견에 효과적이라는 기존 연구 결과(Jay & Perkins, 1997; Runco & Nemiro, 1994)에 비추어 볼 때, 본 연구의 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램은 학생이 기존의 신발에 불만족을 가지고 새로운 신발 제작의 필요성을 인식하여 어떤 특징을 가진 새로운 건강 신발을 만들지 구체적으로 명료화할 수 있도록 구성한 것이 학생이 문제를 파악하고 구체적으로 명료화하는데 쉽게 접근할 수 있도록 하여 문제 정의 능력 향상에 긍정적인 영향을 미친 것으로 생각된다. 문제 정의가 잘 될수록 다양한 문제 해결을 위한 해결방안을 도출하고 문제를 해결할 가능성이 높아지며(Firesmith, 2007; Kwon, 2017), 우수한 해결방안을 만들어내기 위해서는 문제를 체계적으로 인식하고 올바르게 정의하는 것이 우선되어야 한다(Ryu & Park, 2008). 즉, 문제 정의 능력은 해결방안을 도출하는데 매우 중요한 능력이며, 단순히 문제를 해결하는 것이 아닌 새로운 문제를 발견하고 정의내릴 수 있는 능력이 미래 사회의 역량으로 대두되고 있는 상황에 (Hah & Kim, 2010) 학생의 문제 정의 능력이 향상된 것을 반길만한 결과라 할 수 있다.

고등학생의 공학 설계 능력 중 정보 수집 및 활용 능력에 대한 인식 수준은 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 수행한 후 사전 3.08에서 사후 3.81로 가장 크게 유의미하게 증가하였다. 즉 고등학생은 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 경험한 후 탐구 문제 해결을 위한 자료를 수집하는 능력, 유용한 정보임을 판단하는 능력, 과학 지식을 활용하여 탐구 문제에 대한 해결 방법을 고안하는 능력 등에 대한 인식이 유의미하게 향상되었다. 기존의 연구에서 학생은 공학

Table 5. Results of a t-test on engineering design abilities

영역	시기	Mean	SD	t
문제 정의 능력	사전	2.86	.855	-3.986*
	사후	3.41	.883	
정보 수집 및 활용 능력	사전	3.08	.841	-6.550*
	사후	3.81	.798	
아이디어 도출 능력	사전	3.19	.912	-6.268*
	사후	3.81	.877	
탐구 수행 능력	사전	3.19	.766	-4.710*
	사후	3.66	.789	
의사소통능력	사전	3.32	.813	-4.631*
	사후	3.80	.869	
협업 능력	사전	3.55	.795	-4.347*
	사후	3.93	.926	
리더십	사전	3.33	.752	-4.233*
	사후	3.72	.773	

\*p<.05

설계 과정을 진행하면서 문제와 관련된 정보를 수집하는 출처가 다양해지고, 보다 정교하고 심화된 정보를 수집할 수 있게 되어 정보 수집과 활용의 범주와 폭이 넓어지고 있음이 보고되었다(Han, 2011). 이러한 연구 결과에 비추어 볼 때, 본 연구에서 개발한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램이 정보 수집 단계에서 학생이 다양한 정보원을 활용하여 바른 자세를 위한 신발 관련 정보를 수집하고 이를 선별 및 관리할 수 있는 기회를 제공한 것이 학생의 정보 수집 및 활용 능력 향상에 긍정적인 영향을 미친 것으로 해석할 수 있다. 또한 학생이 해결방안을 고안하면서 다른 학생들과 지속적인 의사소통을 통해 아이디어를 교환하게 되는데, 이 과정에서 서로가 가지고 있는 일상적인 아이디어와 더불어 과학적인 아이디어가 서로 연결되어(Guzey & Aranda, 2017), 새로운 건강 신발 디자인을 창안하는 경험을 하게 된 것이 정보 수집 및 활용 능력에 긍정적인 영향을 미친 것으로 생각된다. 현재 우리 사회는 누구나 손쉽게 정보를 생산하고 공유할 수 있어 불확실한 정보가 손쉽게 노출되고 있으며(Kuk, 2021), 폭발적인 양의 정보를 다양한 정보원으로부터 접하고 있어 정보의 수집과 활용은 더욱 복잡해지고 있다(Han & Kim, 2016; Park & Choi, 2006). 따라서 본 연구의 고등학생의 정보 수집 및 활용 능력이 신장된 것은 본인에게 적합한 정보를 파악하고 활용하는 능력이 현 시대에 필요한 능력이라는 측면에서 긍정적인 의미를 가지고 있다.

고등학생에게 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 적용한 결과, 고등학생의 아이디어 도출 능력에 대한 인식 수준은 사전 3.19에서 사후 3.81로 유의미하게 증가하였다. 본 연구의 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램은 창안 단계에서 모둠원들이 개별적으로 건강 신발 디자인을 창안한 뒤, 이를 바탕으로 모둠별 건강 신발 디자인을 창안하고, 평가 및 반성 단계에서 모둠 간 피드백을 바탕으로 새로운 건강 신발 디자인을 창안하는 활동을 수행하여 본 프로그램을 순차적으로 진행하였을 때, 총 3번의 건강 신발 디자인을 창안하는 활동을 학생이 경험하도록 구성되어 있어 학생이 아이디어를 도출할 기회를 비교적 많이 제공받은 것이 학생의 아이디어 도출 능력 향상에 긍정적인 영향을 미쳤다고 할 수 있다. 또한, 학생이 본인이 창안한 아이디어를 PMI 기법을 이용하여 검토할 때 다양한 아이디어 중 문제를 해결하는데 가장 적합하고 혁신적인 아이디어를 도출해낼 수 있다는 기존 연구 결과(Kang, Yoon, & Kang, 2015)에 비추어 볼 때, 창안 단계에서 모둠원이 개별적으로 건강 신발 디자인을 고안하고, 각자의 디자인을 모둠 내 발표를 통해 공유하고, 의사결정기법인 PMI 기법을 이용하여 각자의 디자인의 긍정적인 측면, 부정적인 측면, 흥미로운 측면을 고려하여 평가하여 이를 바탕으로 모둠별 건강 신발 디자인을 고안하도록 한 것이 고등학생의 아이디어 도출 능력 변화에 긍정적인 영향을 미쳤다고 해석할 수 있다. 공학자가 공학 설계 과정을 통해 제품을 성공적으로 개발하려면 새롭고 혁신적인 아이디어를 도출하는 것이 매우 중요하다(Howard, Culley, & Dekoninck, 2008; Roy, 1993). 따라서 미래 이공계 인재가 될 학생에게도 아이디어를 도출하는 능력은 필수적인 능력으로 고등학생의 아이디어 도출 능력이 향상된 것은 국가의 경쟁력을 높이는데 새롭고 유용한 아이디어를 도출하여 창의적 성과를 만들어내는 능력이 현 시대에 필요한 능력으로 요구되고 있는 현 상황(Chong *et al.*, 2018)에 긍정적인 결과라 할 수 있다.

고등학생에게 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 적용한 결과, 탐구 수행 능력에 대한 인식이 사전 3.19에서 사후 3.66으로 유의미하

게 증가하였다. 이는 본 연구에서 개발한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램이 공학 계열 전문 교과가 아닌 과학 교육에 적용할 수 있도록 개발된 공학 설계 기반 교수 학습 모형을 토대로 제작되었기 때문에 탐구 수행 능력이 향상된 것은 당연한 결과라 할 수 있다. 즉, 모둠별로 창안한 디자인을 충실히 반영하여 건강 신발을 제작하고, 제작한 건강 신발을 기능과 형태를 평가하는 과정에서 문제 해결에 적합한 실험 도구와 기기를 사용하고, 평가 결과를 토대로 해결 방법이 적절한지 평가하는 등의 활동을 수행(Jeon & Shin, 2018; Park, Ju, & Jang, 2020; Vale *et al.*, 2022)한 것이 고등학생의 탐구 수행 능력 신장에 도움이 되었으며, 본 연구의 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램이 과학 교육에서 활용 가치가 있음을 보여주고 있다.

협업 능력의 하위 요소인 의사소통능력, 협동 능력, 리더십 등에 대한 고등학생의 인식은 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 경험한 후 각각 사전 3.32, 3.55, 3.33에서 사후 3.80, 3.93, 3.72로 모두 유의미하게 증가하였다. 본 연구에서 개발한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램이 모든 단계에서 공동의 목적을 달성하기 위해 모둠원들의 협동, 의사소통, 리더십 등이 유기적으로 어우러지도록 활동을 구성되어 있으며, 이에 따라 학생이 끊임없이 활발한 상호작용을 할 수 있는 기회를 많이 가진 것이 학생의 협업 능력 향상에 긍정적인 영향을 미친 것으로 생각된다. 단순히 여러 명의 개인이 함께 일하는 것을 넘어, 모둠원이 가진 지식, 모둠원 간의 신뢰 및 의사소통, 모둠원의 리더십과 협동, 모둠원의 적극적인 참여 등 모둠원 개인이 가지고 있는 지식, 기술, 태도 등이 유기적으로 서로 어우러질 때 시너지 효과가 발휘되어 좋은 협업이 형성되고 모둠의 성과도 향상된다(Choi, 2009; Han & Bang, 2011; Hwang, 2017). 특히, 현대 사회에 파생되는 일상문제나 다양한 사회문제들은 학문 간의 경계를 뛰어넘어 서로 융합된 복합적인 문제(Kim, 2012; Kim & Shim, 2017; Lee & Shim, 2019)들로 개인의 능력만으로 해결할 수 없을 정도로 복잡해져(Lee, Yoon, & Kang, 2014), 실제 사회에서 다양한 사람 간의 협업을 통한 문제 해결이 중요해지고 있다(Kim & Chung, 2015; You & Ryu, 2016). 따라서 본 연구의 고등학생의 의사소통능력, 협동 능력, 리더십 등이 신장된 것은 다른 사람들과의 협업을 통해 창의적인 아이디어를 함께 생산해낼 수 있는 인재가 요구되는 현 교육의 시류에 부합되는 결과라 할 수 있다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구는 고등학교 학생을 위한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 개발하고, 이를 적용하여 고등학생의 과학 관련 태도와 공학 설계 능력에 미치는 효과를 알아보고자 하였다. 본 연구의 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램은 ‘바른 자세를 유지할 수 있는 건강 신발 만들기’로 실생활에서 쉽게 접할 수 있는 친숙한 소재와 청소년기의 학생과 밀접한 관련이 있는 건강 문제를 바탕으로 개발하였으며, 공학 설계 과정인 문제 정의, 정보 수집, 창안, 구현, 평가 및 반성 등의 단계로 이루어져 있다. 또한 공학 설계 과정의 모든 단계에서 각 모둠이 공동의 목적을 달성하기 위해 모둠원들이 서로 끊임없이 상호작용할 수 있도록 활동을 구성하였으며, 총 6차시로 구성하였다.

본 연구에서 개발한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 고등학생에게 적용한 결과, 고등학생의 과학 관련 태도가 유의미하게 향상

되었다. 즉, 고등학생의 과학 수업의 즐거움, 과학 투자의 중요성, 과학의 사회적 가치, 과학적 탐구 태도, 과학에 대한 직업적 관심 등의 과학 관련 태도는 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 경험한 후 유의미하게 향상되었다. 이는 고등학생이 본인의 실생활과 관련 있는 직접적이고 실질적인 문제를 인식하고 모둠원들과 서로 끊임없이 상호작용하면서 다양한 건강 신발 디자인을 고안하고, 이에 따라 제품을 제작하고 평가하는 일련의 과정에서 학생이 성공의 경험을 얻으면서 과학에 대한 흥미와 동기가 부여되고 과학의 실용적인 가치를 직접 인식하게 된 것이 학생의 과학 관련 태도에 긍정적인 영향을 준 것이라 할 수 있다. 이는 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램이 학생의 과학에 대한 흥미, 동기, 자신감 신장과 더불어 과학 분야 진로 유입을 확대하기 위해 학생의 배움이 신나는 과학 교육을 강화하는 현재 한국 과학 교육의 시류와 요구에 부합한다는 측면에서 긍정적인 의미를 가지고 있다고 할 수 있다.

또한 본 연구에서 개발한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 고등학생이 경험한 후 고등학생의 공학 설계 능력이 유의미하게 향상되었다. 즉, 고등학생의 문제 정의 능력, 정보 수집 및 활용 능력, 아이디어 도출 능력, 탐구 수행 능력, 의사소통능력, 협동 능력, 리더십 등의 협업 능력이 모두 유의미하게 향상되었다. 이는 본 연구의 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램이 학생이 문제를 파악하고 구체적으로 명료화하는데 쉽게 접근할 수 있도록 가상이 아닌 학생이 본인의 신발에 불만족을 느끼게 하여 제작할 건강 신발의 특징을 도출하였으며, 제작할 건강 신발과 관련된 정보를 수집하고, 수집한 정보와 제작할 건강 신발과의 관련성을 점검하여 최적의 정보를 선별하는 기회를 제공한 것이 문제 정의 능력과 정보 수집 및 활용 능력 변화에 긍정적인 영향을 미친 것으로 보인다. 또한 본 연구에서 개발한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램은 총 3차례의 건강 신발 디자인을 창안하도록 하였으며, 모둠별로 창안한 디자인을 충실히 반영하여 건강 신발을 제작하고 제작한 건강 신발의 기능과 형태를 평가하도록 활동을 구성한 것이 고등학생의 아이디어 도출 능력과 탐구 수행 능력 향상을 가져온 것으로 판단된다. 공학 설계의 전 과정에서 필요로 하는 협업 능력은 모든 단계에서 모둠원들이 공동의 목적을 달성하기 위해 끊임없이 협력적인 상호작용을 할 수 있도록 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 구성하여 학생이 본인이 맡은 임무를 성실히 수행하면서 모둠 전체에 미치는 상호 영향력을 긍정적으로 발전시키기 위해 서로의 활동을 지원 및 독려하는 경험을 한 것이 긍정적인 영향을 미친 것으로 생각된다.

고등학생의 과학 관련 태도와 공학 설계 능력이 향상된 결과는 본 연구에서 개발한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램이 미래 사회에 필요한 과학 인재 양성에 성공적인 과학 교육 프로그램으로서 활용 가치가 있음을 보여주고 있으며, 공학 설계 과정을 과학 교육에 접목시켜 교육적 효과를 충분히 기대할 수 있는 교수 학습 전략임을 다시 한번 증명하고 있다. 즉 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램은 고등학생의 과학 관련 태도와 공학 설계 능력 향상에 긍정적인 영향을 미치고 있어, 앞으로의 과학 교육에서 공학 설계 과정을 교수 학습 전략으로 활용한 교육 프로그램의 지속적인 운영과 확대가 필요함을 시사한다.

한편, 이공계 분야에 여성의 진출이 남성보다 부족한 것은 전 세계적인 현상으로 각국은 여성의 이공계 진출을 위해 과학, 공학 등과

같은 이공계 분야에 관심을 갖도록 많은 노력을 기울이고 있다 (Cheryan *et al.*, 2017; Ryu & Kim, 2021). 그럼에도 불구하고 여전히 한국은 여학생의 이공계 진출 비율은 다른 나라에 비해 여전히 낮은 수준으로 여성인력의 활용과 진출은 미흡한 실정이다(Kim & Park, 2018; Ryu & Kim, 2021). 따라서 기존의 선행연구에서 여학생의 이공계 진출 비율이 낮은 것은 이공계 분야에 대한 본인의 능력에 대한 낮은 자신감과 과학에 대한 흥미 부족 등을 원인으로 꼽고 있는데(Cheryan *et al.*, 2017), 여학생의 과학 관련 태도와 공학 설계 능력이 향상된 것은 본 연구의 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램이 여학생에게 의미 있는 교육 프로그램임을 시사한다.

## 국문요약

본 연구는 고등학교 학생을 위한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 개발하고, 이를 적용하여 고등학생의 과학 관련 태도와 공학 설계 능력에 미치는 효과를 알아보려 하였다. 본 연구에서 개발한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램은 ‘바른 자세를 유지할 수 있는 건강 신발 만들기’이며 공학 설계 과정인 문제 정의, 정보 수집, 창안, 구현, 평가 및 반성 등의 과정을 거쳐 학생이 일상생활의 문제를 해결하기 위해 공학 설계 과정을 방법론적으로 사용하여 창의적인 해결방안을 창안할 수 있는 활동으로 구성하였다. 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램을 적용한 결과, 고등학생의 과학 관련 태도와 공학 설계 능력이 향상되었다. 따라서 본 연구에서 개발한 공학 설계 기반 과학 교육 프로그램은 고등학생의 과학 관련 태도와 공학 설계 능력 향상에 긍정적인 영향을 주고 있으며, 앞으로의 미래 과학 인재 양성을 위한 교수 학습 전략으로서 과학 교육에서 공학 설계 과정을 접목한 활동의 지속적인 운영과 확대가 필요함을 시사한다.

**주제어** : 고등학생, 공학 설계 과정, 과학 관련 태도, 공학 설계 능력

## References

- Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET). (2021). Criteria for accrediting engineering program. Retrieved from Accreditation Board for Engineering and Technology website: <https://www.abet.org/wp-content/uploads/2022/01/2022-23-ETAC-Criteria.pdf>
- Aldahmash, A. H., & Alfarraj, Y. F. (2022). Exploring the integration of engineering design practices in tenth-grade chemistry activities. *Frontiers in psychology*, 13, 774022. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.774022>
- Apedoe, X. S., Reynolds, B., Ellefson, M. R., & Schunn, C. D. (2008). Bringing engineering design into high school science classrooms: the heating/cooling unit. *Journal of Science Education and Technology*, 17(5), 454-465.
- Asunda, P. A., & Hill, R. B. (2017). Critical features of engineering design in technology education. *Journal of STEM Teacher Education*, 44(1), 25-48.
- Bang, H. K., & Leem, Y. M. (2015). A study on shirts design for postural stability of teenagers considering human sensibility ergonomics. *Journal of Korea Safety Management & Science*, 17(1), 139-148.
- Burghardt, M. D. (2013). Interconnected STEM with engineering design pedagogy. Paper presented at 2013 ASEE Annual Conference, Atlanta, Georgia. Retrieved from <https://peer.asee.org/19811>.
- Burghardt, M. D., & Hacker, M. (2004). Informed design; A contemporary approach to design pedagogy as the core process in technology. *Technology Teacher*, 64(1), 6-8.
- Burghardt, M. D., & Hacker, M. (2009). Perspectives on K-12 engineering. Retrieved from <http://www.hofstra.edu/academics/colleges/seas/ctl/>



- ctl\_k12enr.html.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2015). Shigley's mechanical engineering design (10th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Burghardt, M. D., & Hacker, M. (2004). Informed design; a contemporary approach to design pedagogy as the core process in technology. *The Technology Teacher*, 64(1), 6-8.
- Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C. (2008). Advancing engineering education in P-12 classroom. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 369-387.
- Capobianco, B. M., & Rupp, M. (2014). STEM teachers' planned and enacted attempts at implementing engineering design-based instruction. *School Science & Mathematics*, 114(6), 258-270.
- Cheryan, S., Ziegler, S. A., Montoya, A. K., & Jiang, L. (2017). Why are some STEM fields more gender balanced than others?. *Psychological bulletin*, 143(1), 1-35.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86, 175-219.
- Cho C. Y. (2008). Survey of faulty postures and associated factors among Chinese adolescents. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 31(3), 224-229.
- Cho, S., Ku, N. W., Kim, H., Lee, S., & Lee, I. (2019). OECD Programme for international students assessment: An analysis of PISA 2018 Result. (RRE 2019-11). Chungbuk: Korea Institute for Curriculum and Evaluation.
- Choi, Y. (2009). Graduate students' perceptions on the characteristics and types of good teamwork. *Asian Journal of Education*, 10(3), 257-283.
- Choi, Y. (2021). Exploring the perception of integrated STEAM secondary teachers on engineering design. *Journal of Science Education*, 45(3), 364-378.
- Chong, H. R., Hong, S. H., Lee, M. K., & Kwon, H. M. (2018). Quality strategy in the age of the 4th industrial revolution by technological evolution. *Journal of Korean Society for Quality Management*, 46(3), 483-496.
- Cross, N. (2000). *Engineering design method: strategies for product design* (3rd ed.). Chichester: Wiley.
- Daugherty, M. K. (2009). The "T" and "E" in STEM. in international technology education association (Ed.), *The overlooked STEM imperatives: technology and engineering K-12 education* (pp. 18-25). VA: International Technology Education Association.
- Dieter, G., & Schmidt, L. C. (2013). *Engineering design* (5th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Dym, C. L., Little, P., & Orwin, E. (2013). *Engineering design: a project-based introduction* (4th ed.). Hoboken: Wiley.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103-120.
- Duong, X., Nguyen, N., Nguyen, M., & Thao-Do, T. (2022). Applying STEM engineering design process through designing and making of electrostatic painting equipment in two rural schools in Vietnam. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(1), 1-10.
- Ellefsen, M. R., Brinker, R. A., Vernacchio, V. J., & Schunn, C. D. (2008). Design-based learning for biology. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 36(4), 292-298.
- Firesmith, D. (2007). Common requirements problems, their negative consequences, and the industry best practices to help solve them. *Journal of Object Technology*, 6(1), 17-33.
- Guzey, S. S., & Aranda, M. L. (2017). Student participation in engineering practices and discourse: An exploratory case study. *Journal of Engineering Education*, 106(4), 585-606.
- Guzey, S. S., Moore, T. J., & Morse, G. (2016). Student interest in engineering design based science. *School Science & Mathematics*, 116(8), 411-419.
- Hah, J., & Kim, M. S. (2010). The development of creative problem finding/problem solving model for scientific gifted student. *The Journal of the Korean Society for Gifted and Talented*, 6(1), 17-33.
- Haik, Y., & Shahin, T. (2011). *Engineering design process* (2nd ed.). Stamford: Cengage Learning.
- Han, H. J. (2018). Development and application of an engineering design process-based teaching and learning model for scientifically gifted students. (Unpublished doctoral dissertation, Kongju National University of Education, Gongju, South Korea). Retrieved from <http://dcollection.kongju.ac.kr/jsp/common/DcLoOrgPer.jsp?stItemId=000000027992>.
- Han, H. J., & Shim, K. C. (2019). Development of an engineering design process-based teaching and learning model for scientifically gifted students at the Science Education Institute for the Gifted in South Korea. *Asia-Pac. Sci. Educ.* 2019, 5, 1-18.
- Han, H. J., & Shim, K. C. (2021). An analysis of elements of an engineering design process presented in inquiry activities in high school scientific inquiry-experiment textbooks. *Teacher Education Research*, 60(1), 157-170.
- Han, J. (2011). Improvement of self-directed learning ability through engineering design education. *Journal of Engineering Education Research*, 14(1), 67-76.
- Han, J. Y., & Bang, J. H. (2011). A Study on estimating the weight of teamwork skill components for engineering Students. *The Korean Journal of Technology Education*, 11(2), 18-37.
- Han, S. W., & Kim, W. J. (2016). A study on the effects of communicative competence on Information literacy of undergraduates. *Journal of the Korean Society for Library and Information Science*, 50(1), 377-394.
- Harris, K., & Rogers, G. E. (2008). Secondary engineering competencies: A delphi study of engineering faculty. *Journal of Industrial Teacher Education*, 45(1), 5-25.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54.
- Howard, T. J., Culley, S. J., & Dekoninck, E. (2008). Describing the creative design process by the integration of engineering design and cognitive psychology literature. *Design studies*, 29(2), 160-180.
- Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D., & Carberry, A. (2011). Infusing engineering design into high school STEM courses (report no. 165). Retrieved from May 23, 2023 from [https://digitalcommons.usu.edu/ncete\\_publications/165](https://digitalcommons.usu.edu/ncete_publications/165)
- Hwang, S. (2017). Relationships between teamwork skills and thinking styles in engineering students. *Journal of Engineering Education Research*, 20(2), 39-49.
- Jay, E. S. & Perkins, D. N. (1997). Problem finding: the search for mechanism. In M.A. Runco(Ed), *The Creativity Research Handbook Volume One*(pp.257-293). Hampton Press, NJ; Cresskill.
- Jeon, J. H., & Shin, Y. J. (2018). Qualitative Analysis of the Creative Design Process of Elementary School Students in STEAM Class. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 37(2), 93-109.
- Jeong, E., Park, J., Lee, S., Yoon, H. G., Kim, H., Kang, H., Lee, J., Kim, Y., & Jeong, J. (2022). A qualitative study on the cause of low science affective achievement of elementary, middle, and high school students in Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 42(3), 325-340.
- Jin, S. A. (2019). Case Study and Industry Demand Investigation on technological convergence education related to the 4th industrial revolution: Focused on electronics, software, and automobile. *The Journal of the Korea Contents Association*, 19(2), 36-48.
- Jo, Y., & Yun, Y. (2014). A comparison of the mathematics curriculum of Korea and Japan in viewpoint of promotion of key competencies. *Journal of Educational Reserach in Mathmatics*, 24(1), 45-65.
- Johnson, S. D. (1987). Teaching problem solving. *The Technology Teacher*, 46(5), 15-17.
- Johri, A., Williams, C.B., & Pembridge, J.J. (2013). Creative collaboration: A case study of the role of computers in supporting representational and relational interaction in student engineering design teams. *International Journal of Engineering Education*, 29, 33-44.
- Jung, H. M., & Kim, Y. S. (2006). High school students' posture management behavior and related factors. *Journal of the Korean Society of Maternal and Child Health*, 10(1), 21-30.
- Kang, I., Kim, H., & Kim, D. (2012). A case study on the learning effects of the STEAM education using open-source softwares in terms of students' interest in and attitudes toward science. *Secondary Education Reserach*, 60(4), 1105-1134.
- Kang, G. A., Yoon, J., & Kang, S. J. (2015). Exploration of problem solving program including creative thinking skills in the idea generation and verification stages as method for fostering creativity of elementary school student. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 34(1), 95-108.
- Khandani, S. (2005). Engineering design process. Retrieved from May 23, 2023 from <http://saylor.org/site/wp-content/uploads/2012/09/ME101-4.1-Engineering-Design-Process.pdf>
- Kim, H. J., & Park, S. S. (2018). Operational implication of R-WeSET program through women students and companies' perception and assessment on the basis of NCS key competency. *Journal of Engineering Education Research*, 21(1), 27-36.
- Kim, J., & Chung, J. (2015). Analyzing structural relationships between team leadership, team process and team effectiveness in project-based learning for engineering students. *Journal of Educational Technology*, 31(4), 909-948.
- Kim, N. H., & Shim, K. C. (2017). Educational implications for science education of STEAM-based research and education(STEAM R&E)

- projects for secondary school students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(1), 125-133.
- Kim, Y., Huh, H., Lee, C., & Kim, K. (2013). A study on engineering professionals' recognition about engineering education in primary and Secondary School. *Korean Institute of Industrial Educations*, 38(2), 136-155.
- Kim, Y., Kang, J., & Heo, N. (2015). An analysis on scientifically gifted students' image and perception of the engineering. *Journal of Gifted/Talented Education*, 25(1), 95-117.
- Kim, W. (2012). Building conceptual framework to bring up talents capable of creative fusion: From the perspective of fusion between science and technology and art. *The Journal of the Korean Society for the Gifted and Talented*, 11(1), 97-119.
- Kuk, S. (2021). Analyse der argumentationsstruktur und -typologie von fake news - am beispiel der fake news uber Covid-19. *Koreanische Zeitschrift fur Germanistik*, 62(1), 349-366.
- Kwak, Y., Kim, C. J., Lee, Y. R., & Jeong, D. S. (2006). Investigation on elementary and secondary students' interest in science. *The Journal of The Korean Earth Science Society*, 27(3), 260-268.
- Kwon, H., & Park, K. (2009). Engineering design: A facilitator for science, technology, engineering, and mathematics [STEM] Education. *Journal of Science Education*, 33(2), 207-219.
- Kwon, S. (2017). Exploring the background of integrating engineering design and technical writing. *Korean Journal of General Education*, 11(4), 203-241.
- Lammi, M., Denson, C., & Asunda, P. (2018). Search and review of the literature on engineering design challenges in secondary school settings. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 8(2), 49-66.
- Lee, D., Yi, H., & Nam, Y. (2023). The effect of engineering design based ocean clean up lesson on STEAM attitude and creative engineering problem solving propensity. *The Journal of The Korean Earth Science Society*, 44(1), 79-89.
- Lee, D., Yoon, J., & Kang, S. J. (2014). The introduction of design thinking to science education and exploration of its characterizations as a method for group creativity education. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(2), 93-105.
- Lee, H., Park, K., Kwon, H., & Seo, B. (2013). Development and implementation of engineering design and scientific inquiry based STEM education program. *Korean Journal of Teacher Education*, 29(3), 301-326.
- Lee, H., Kwon, D., Jeon, J., & Lee, H. (2022). Effect analysis on attitudes towards STEM and career perception according to the development and application of STEM thinking classroom program to improve math and science competency of secondary school students. *Teacher Education Research*, 61(2), 231-246.
- Lee, H., Kwon, H., Park, K., & Oh, H. (2014). Development and application of integrative STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) education model based on scientific inquiry. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(2), 63-78.
- Lee, J., & Jang, S. (2016). The effects of design-based learning on elementary students' interaction process, conceptual understanding, and attitude toward science. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 16(1), 1103-1124.
- Lee, J., Ku, J., Choi, W., Shim, K. C., & Shin, M. K. (2020). Analysis of achievement characteristics by achievement standard of the middle school curriculum based on the national assessment of educational achievement. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 40(5), 473-483.
- Lee, J. Y., & Shim, K. C. (2019). The effect of problem-based STEAM program on the science-related attitudes, and the perception about the STEAM instruction for high school students. *Biology Education*, 47(1), 59-71.
- Lee, Y. E., & Lee, H. (2014). The effects of engineering design and scientific inquiry based STEAM education programs on the interest, self-efficacy and career choices of middle school students. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, 18(3), 513-540.
- Lim, J., Ryu, K., & Kim, B. (2017). An Exploratory Study on the Direction of Education and Teacher Competencies in the 4th Industrial Revolution. *The Journal of Korean Education*, 44(2), 5-32.
- Massachusetts Department of Education (MDE). (2006). *Massachusetts science and technology/engineering curriculum framework*. Malden: Massachusetts Department of Education.
- Mehalik, M. M., Doppelt, Y., & Schunn, C. D. (2008). Middle-school science through design-based learning versus scripted inquiry: better overall science concept learning and equity gap reduction. *Journal of Engineering Education*, 97(1), 71-85.
- Meier, S. L., Hovde, R. L., & Meier, R. L. (1996). Problem solving: teachers' perceptions, content area models, and interdisciplinary connections. *School Science and Mathematics*, 96(5), 230-237.
- Ministry of Education (MOE). (2015). *Science national curriculum*. Sejong: Ministry of Education.
- Ministry of Education (MOE). (2020). *The master plan for science education (2020-2024)*. Sejong: Ministry of Education.
- Nam, Y., Lee, S. J., & Paik, S. H. (2016). The impact of engineering integrated science (EIS) curricula on first-year technical high school students' attitudes toward science and perceptions of engineering. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education* 12(7). 1881-1907.
- National Research Council (NRC). (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council (NRC). (2012). *A framework for k-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington D.C.: National Academies Press.
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: for states, by states*. Washington DC: National Academies Press.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2006). *Schooling for tomorrow: Think scenarios, rethink education*. Paris, France: OECD.
- Pahl, G., & Beitz, W. (1996). *Engineering design: a systematic approach (2nd ed.)*. (K. Wallace, L. Blessing & F. Bauert, Trans.). London: Springer-Verlag (Original work published 1984).
- Park, H. & Baek, Y. S. (2014). Content Standards for K-9 Engineering Education. *Journal of Engineering Education Research*, 17(4), 87-94.
- Park, H., Kim, Y., Noh, S., Jeong, J. S., Lee, E. A., Yu, E., Lee, D., Park, J., & Baek, Y. S. (2012). Developmental study of science education content standards. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(4), 729-750.
- Park, M. J., & Park, J. S. (2003). Effect of a posture training program on Cobb angle and knowledge of posture of elementary school students. *Journal of Korean Academy of Nursing*, 33(5), 643-650.
- Park, N. J., & Choi, E. J. (2006). A study of variables affecting the information literacy. *Journal of the Korean Society for Library and Information Science*, 40(3), 215-232.
- Park, S., Ju, E., & Jang, S. (2020). Analysis of creative ideas of elementary teachers in the "Designing a Vertical Farm" Activity. *Biology Education*, 48(4), 581-595.
- Precharattana, M., Sanium, S., Pongsanon, K., Ritthipravat, P., Chuechote, S., & Kusakunniran, W. (2023). Blended engineering design process learning activities for secondary school students during COVID-19 epidemic: Students' learning activities and perception. *Education Sciences*, 13(2), 159. <http://dx.doi.org/10.3390/educsci13020159>
- Roy, R. (1993). Case studies of creativity in innovative product development. *Design Studies*, 14, 423-443.
- Runco, M. A., & Nemiro, J. (1994). Problem finding, creativity, and giftedness. *Roeper Review*, 16(4), 235-241.
- Ryu, J., & Kim, J. (2021). Perspective of college Environment and Career of Gifted Female Students Majoring in Science and Engineering. *Journal of Gifted/Talented Education*, 31(4), 499-519.
- Ryu, S. G., & Park, J. S. (2008). Relationship Between Problem Finding Ability and Problem Solving Ability in Chemistry. *Journal of the Korean Chemical Society*, 52(2), 179-185.
- Shahat, M. A., Al-Balushi, S. M., & Al-Amri, M. (2022). Investigating Pre-Service Science Teachers' Self-Efficacy Beliefs for Teaching Science Through Engineering Design Processes. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 18(4), e2291. <https://doi.org/10.21601/ijese/12121>
- Shim, J., Lee, Y., & Kim, H. K. (2015). Understanding STEM, STEAM education, and addressing the issues facing STEAM in the Korean context. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(4), 709-723.
- Shin, S., Ha, M., & Lee, J. K. (2018). A comparative study of teacher and student's perception on 'interesting science class'. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 18(22), 451-476.
- Shin, Y., Kang, H., Kwak, Y., Lee, S., Lee, S. Y., Lee, I., & Ha, J. (2020). Research on ways to implement sustainable student-participating science curriculum to improve students' affective attitudes (Research Report BD2001001). Seoul: Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity.
- Song, S. C., Han, H. J., & Shim, K. C. (2017a). A study on the science related attitudes of scientifically middle school gifted students according to gender and talented division. *Biology Education*, 45(3), 355-370.
- Song, S. C., Han, H. J., & Shim, K. C. (2017b). A study on perceptions of scientifically gifted middle school students about engineering design process. *Journal of the Korean Association for Science Education*,

- 37(5), 355-370.
- Song, C., Son, Y., & Song, C. (2017). Self-management skill and labor market outcome of university graduates. *The Journal of Core Competency Education Research*, 2(1), 47-67.
- Song, S. C., & Shim, K. C. (2017). A study on the awareness of pre-service science teachers about secondary education in future intelligence information society. *Biology Education*, 45(3), 404-417.
- Vale, I., Barbosa, A., Peixoto, A., & Fernandes, F. (2022). Solving problems through engineering design: An exploratory study with pre-service teachers. *Education Sciences*, 12(12), 889. <https://doi.org/10.3390/educsci12120889>
- Winarno, N., Rusdiana, D., Samsudin, A., Susilowati, E., Ahmad, N., & Afifah, R.M.A. (2020). The steps of the engineering design process (EDP) in science education: A systematic literature review. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(4), 1345-1360.
- Yi, H., & Nam, Y. (2019). Development and application of engineering based engineering · science integrated program for teaching the concept of 'Light' and 'Sound'. *School Science Journal*, 13(3), 221-224.
- You, J. W., & Ryu, D. H. (2016). The effects of extracurricular participation, peer interaction, and student-faculty interaction on the teamwork competency of students majoring in natural sciences. *Journal of Educational Studies*, 47(2), 153-178.

### 저자정보

한화정(공주대학교 강사)  
심규철(공주대학교 교수)