Journal of the Korean Association for Science Education
Journal homepage: www.koreascience.org

과학 학습 동기가 높은 학생이 과학 학업 성취도가 높아지는가, 또는 그 역인가? –양자가 지닌 교차지연 효과 및 이공계 진로 동기에 미치는 효과–

이경건[1], 문선영[1], 한문정[2], 홍훈기[1*]
[1]서울대학교, [2]서울대학교사범대학부설여자중학교

Does Science Motivation Lead to Higher Achievement, or Vice Versa?: Their Cross-Lagged Effects and Effects on STEM Career Motivation

Gyeong-Geon Lee[1], Seonyeong Mun[1], Moonjung Han[2], Hun-Gi Hong[1*]
[1]Seoul National University, [2]Seoul National University Girls' Middle School

ARTICLE INFO

Article history:
Received 9 May 2022
Received in revised form
8 June 2022
20 June 2022
Accepted 27 June 2022

Keywords:
high school, science learning motivation, science academic achievement, STEM career motivation, autoregressive cross-lagged model

ABSTRACT

This study causally investigates whether high school student with high science learning motivation becomes to achieve more or vice versa, and also how those two factors affect STEM career motivation. Research participants were 1st year students in a high school at Seoul. We surveyed their science learning motivation three times in the same time interval in the fall semester of 2021, and once a STEM career motivation in the third period. We collected data from 171 students with their mid-term and final exam scores, with which, we constructed and fitted an autoregressive cross-lagged model. The research model shows high measurement stability and fit indices. All the autoregressive and cross-lagged paths were statistically significant. However, standardized regression coefficients were larger in path from motivation to achievement compared to the opposite. Only science learning motivation shows significant direct effect on STEM career motivation, rather than achievement. For indirect effects, the first science learning motivation affected the final exam score and STEM career motivation, and the final exam score affected STEM career motivation. However, the final exam score did not have a total effect toward STEM career motivation. The result of this study shows reciprocal and cyclic causality between science learning motivation and achievement - in comparison, the effect of motivation for the opposite is larger than that of achievement. Also the result of this study strongly reaffirms the importance of science learning motivation. Instructional implications for strengthening science learning motivation throughout a semester was discussed, and a study for the longitudinal effect of science learning motivation and achievement in high school student toward future STEM vocational life was suggested.

Ⅰ. 서론 및 이론적 배경

우리나라 교육은 1981년의 제4차 교육과정 이래 줄곧 전인(全人) 교육을 지향해 왔다(KMOE, 1981). 전인, 곧 온전한 사람을 길러내기 위하여는 인지적(cognitive)으로 우수할 뿐만 아니라 정의적(affective)으로도 원만하게 발달된 인격을 육성하여야 하며, 학생들은 이를 통해 미래 사회에서의 성공적인 삶을 살아갈 수 있을 것으로 기대된다(Moon, 2001). 과학교육에서도 인지적 요소와 정의적 요소의 중요성은 대체로 함께 강조되어 왔다. 20세기 중반에 등장한 과학적 소양 담론은 미래 사회를 살아갈 학생들이 과학적 소양(scientific literacy)을 갖추어야 한다는 슬로건 하에, 이러한 과학적 소양의 요소로서 지식, 기능, 태도와 가치 등을 제시하였다(NSTA, 1971, pp. 47-48). 한편 21세기를 주요 배경으로 삼는 역량기반 교육과정(competency-based curriculum) 담론에서는 미래 사회가 과학기술의 발달이 주도하는 빠른 변화라는 특징을 지닌다고 보며, 이에 따라 미래 사회에서 요구되는 역량을 기르기 위한 과학교육의 역할을 강조하고 있다(OECD, 2019). 여기서 역량이란 실생활의 '복합적인 요구를 충족시키기 위한 지식, 기능, 태도와 가치의 동원'으로 정의되는 바(OECD, 2019), 학습 결과로서의 인지적인 요소와 정의적인 요소가 두루 강조되고 있으며 그것이 학생의 추후의 진로 및 직업 선택에도 영향을 미치는 것으로서 제시되고 있다. 현재 개발 중인 우리나라 2022 개정 교육과정에서 중등 교육과정 내 자유학기(년)제 및 선택과목 체제가 강화되어가는 추세 역시 학생들이 자신의 적성과 흥미를 중심으로 진로를 탐색해나가는 과정을 지원하기 위한 일환으로 이해할 수 있다(KMOE, 2021). 이처럼, 학생의 인지적 성취와 정의적 성취를 함께 살펴보는 일은 바람직한 교육의 방향을 설정하는 데 있어 매우 중요하며, 그것들은 미래 사회에서 학생의 성공적인 삶을 위한 진로의 문제와도 불가분하다.

우리나라 과학교육 연구에서 특정 교수학습의 효과를 알아보기 위한 교육 목표 변인으로서 가장 빈번히 다루어진 변수는 아마도 과학 학업 성취도와 과학 학습 동기일 것이다. 상당수의 논문에서 과학 일기 쓰기(Lee & Lee, 2019), 가상현실(Lee & Kim, 2020), 게이미피케이션(Cho & Kim, 2020), 협동적 플립 러닝(Lee *et al*., 2021) 등

* 본 연구의 자료 수집에 도움을 주신 서울대학교사범대학부설고등학교 이화성 교장 선생님과 정은주 교무부장 선생님께 감사드립니다.
교신저자 : 홍훈기 (hghong@snu.ac.kr)
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2022.42.3.371

특정 교수학습 방법을 적용한 집단이 그렇지 않은 비교 집단에 비하여 과학 학업 성취도나 과학 학습 동기가 증가하였는지 사전-사후 검사를 통해 검증하였다(cf. Nichols, 1996; Holmes, 2011; Wyk, 2011). 그러나, 이러한 연구들은 의외로 과학 학업 성취도와 과학 학습 동기 사이의 인과적 관계가 어떠한지에 천착하지는 않아 왔던 것으로 보인다. 근래의 연구 동향에서는 시간의 흐름에 따라 과학 학습 동기가 높은 학생이 과학 학업 성취도가 높아지게 될 것인지, 또는 역으로 과학 학업 성취도가 높은 학생이 과학 학습 동기가 높아지게 될 것인지에 대하여 고찰해볼 필요가 있다는 점이 제시되고 있다(Vu *et al*., 2021). 이는 학교 일선의 교사들이나 학생들, 그리고 과학교육 연구자들에 이르기까지 많은 사람이 품을 만한 질문이다. 더 나아가 이는 과학 교과뿐만 아니라 여타의 교과에도 해당할 수 있는 질문이며(Vu *et al*., 2021), 대중적 담론에서 종종 언급되듯 '잘하는 것과 좋아하는 것 사이에서 어떤 것을 선택해야 하는가' 하는 진로 선택의 문제와도 맞닿아 있다(cf. Shin & Je, 2019).[1] 만약 자신이 '좋아하는 것'이 '잘하는 것'으로 이어질 수 있다거나 혹은 그 역이 가능하다면 그 분야와 관련한 학습을 지속하고 진로를 결정하는 데 도움을 얻을 수 있을 것이다. 하지만 만약 '좋아하는 것'과 '잘하는 것' 사이에 괴리가 존재한다면, 개인은 양자 간의 균형을 고려하며 진로 선택에 나서야 할 것이다. 곧, 과학교육에서 인지적 성취와 정의적 성취 각각을 서로를 통해 어떻게 이끌어낼 수 있을지, 그리고 그것들이 진로 선택에 어떠한 영향을 미치는지를 탐구하는 일은 과학교육에서 학생의 발달과 앞으로의 삶을 위하여 중요하다고 할 수 있으며(Kang *et al*., 2014), 결과적으로 과학교육에 이론적 함의와 교수학습적 함의 모두를 지니는 일이 될 수 있다(Vu *et al*., 2021).

과학 학업 성취와 과학 학습 동기 사이에 인과적 관계가 있다는 점은 학습 동기의 정의에서 잘 드러난다. 과학 학습 동기란 과학 학습을 위한 학생의 '행동을 유발하고, 그 행동을 유지하며 목표를 향해 나아가도록 하는 힘'(Pintrich & Schunk, 2002)을 의미한다. 과학 학습 동기를 설명하는 이론으로서는 사회인지이론(social cognitive theory)과 자기결정이론(self-determination theory) 등이 있다. Bandura (1986)가 제안한 사회인지이론은 인간 기능이 '환경', '사람의 생각', '행동', 이 세 가지 요소의 상호작용에 의존한다고 제안한다. 사람은 단순히 외부 요인에 의해 행동하기보다는 자신의 학습에 도움이 된다고 생각하는 환경을 선택하는 자기조절(self-regulation)을 거친다(Bandura, 1997). Schunk & DiBenedetto (2020)는 사회인지이론을 개인적, 행동적, 환경적 영향으로 나누어 분석하였는데 동기적 과정(motivational process)은 그중 개인적 영향의 유형으로, 목표(goal)와 발달(progress)의 자기 평가(self-evaluation), 자기효능감(self-efficacy), 사회적 비교(social comparison), 가치(value), 결과 기대(outcome expectation), 기여(attribution)가 여기에 속한다. 특히 자기효능감은 Bandura (1997) 모델에서 동기로 인한 성취에 영향을 미치는 개인적 영향의 하나로서, 학습에 대한 자기효능감은 학습 동기와 학습 결과에 대한 예측력을 지닌다(Schunk & Hanson, 1989). 한편 자기결정이론은 자기결정에 의한 동기 행동과 통제된 동기 행동을 구분한다(Deci & Ryan, 1991; Deci *et al*., 1991). 외재 동기는 자기결정이 아닌 것으로 생각되기도 하였으나 Deci *et al*. (1991)은 어떤 동기 행동은 내면화 과정을 통해 자기결정이 될 수 있는 외재 동기의 일종임을 보였다. 여기서 내면화(internalization)는 사람이 능동적으로 외부 통제(regulation)를 내부 통제로 바꾸는 과정을 말한다(Schafer, 1968). 내면화는 단순한 순응이 아니라 조절하는 과정 및 구조(regulatory process and structure)에 완전히 동화되어 이를 다른 욕구나 과정, 가치 평가에 일관되게 적용하는 것이다(Deci & Ryan, 1991) 이렇게 내재 동기와 결합하여 내면화된 동기 행동은 학생이 학습에서 흥미를 느끼도록 촉진할 수 있다(Deci *et al*., 1991).

이러한 이론적 기반에 따르면 과학 학습 동기가 높은 학생이 과학을 더 많이/지속적으로 공부하여 더 높은 과학 성취를 얻게 될 것이라는 점이 명백해 보인다. 하지만 다양한 연구 맥락에서 학업 성취도가 학습 동기를 증진하는 효과가 있음 역시 보고되어 왔다(Vu *et al*., 2021; e.g., Gibbons & Raker, 2019). 이러한 현상은 학습 동기가 학업적 자기 개념(self-concept)을 포함한다는 점에서 이론적으로 설명 가능하며, 몰입(flow) 이론에서도 성취가 동기로 이어질 수 있다는 점을 중요시한다(Vu *et al*., 2021). 곧, 높은 과학 학업 성취를 보인 학생은 스스로가 과학을 잘할 수 있다고 여기게 되며, 이것이 과학 학습 동기를 증진하는 결과를 낳는다는 것이다. 이를 종합할 때 과학 학업 성취도와 과학 학습 동기는 양자가 모두 높게 나타나거나 모두 낮게 나타나는 것이 자연스러워 보인다. 그러나 21세기 들어 우리나라를 비롯한 동아시아 국가의 학생들의 높은 과학 학업 성취도를 보이면서도 낮은 과학 학습 동기를 보인다는 점이 Programme for International Student Assessment (PISA)나 Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) 등의 국제비교평가에서 나타났다(Komatsu & Rappleye, 2017). 이는 과학 학습 동기의 정의 및 이론적 배경과 상충되어 보이며 국가별로 나타나는 현상이므로, 특히 우리나라 맥락에서 과학 학업 성취도와 과학 학습 동기의 관계를 살펴보는 연구가 필요하다고 할 수 있다.

상술한 이론적 배경에 상응하게, 우리나라에서 과학 학업 성취와 과학 학습 동기간의 관계를 고찰한 선행 문헌들은 다음과 같은 2가지 범주로 분류하여 정리할 수 있을 것이다. (1) 과학 학습 동기가 높은 학생이 과학 학업 성취도가 높아질 것이라는 관점을 견지한 문헌들이다(학습 동기 → 학업 성취도): 이는 상술하였던 이론적 배경들에 가장 부합하는 가설이라고 할 수 있다. 이에 따라, 대다수의 선행 문헌들은 사전-사후검사, 회귀모형, 경로(구조)모형 등에서 과학 학습 동기가 과학 학업 성취도에 영향을 줄 것이라는 가설을 설정하였으며 대부분의 경우 그러한 영향이 통계적으로 유의미하다는 점을 보고하였다(Lee & Chung., 2014; Kim, 2014; Bang, 2016; cf. Singh *et al*., 2002; Chik & Abdullah, 2018; Williams *et al*., 2018). 그런가 하면, 과학 교사와 동료 학생에 의해 강조되는 동기적 학습 환경에 대한

1) 과학을 '좋아하는 것'과 과학 학습 동기를 과연 동일선상에 놓을 수 있을 것인지에 관하여 이견이 있을 수 있다. 이는 과학 학습 동기를 어떻게 정의하느냐에 따라 달라지는 문제이다. 본 연구에서 과학 학습 동기를 정의하고 측정하는 데 사용한 Science Motivation Questionnaire (SMQ) Ⅱ (Glynn *et al*., 2011)는 후술할 바와 같이 과학 학습 동기를 내재 동기(intrinsic motivation), 자기 의지(self-determination), 자기 효능(self-efficacy), 직업 동기(career motivation), 과학 점수 동기(grade motivation)라는 5개 구인으로서 폭넓게 정의하였다. 또한 SMQⅡ에서 정의한 과학 학습 동기는 학생의 과학에 대한 흥미를 포함하는 성격을 지닌다(Ha & Lee, 2013). 이런 면에서 볼 때, 본 연구에서의 경우 과학을 '좋아하는 것'과 과학 학습 동기는 서로 유사한 면이 크다고 하겠다. 다만 심리측정의 측면에서 용어들을 혼용하는 것은 바람직하지 않을 수 있으며 논의의 엄밀성을 해칠 수 있다. 그러므로, 과학을 '좋아하는 것'이라는 표현은 본 논문에서 대중적 담론과의 연결을 의도하는 일부분에서만 제한적으로 사용하였으며, 논문의 다른 부분에서는 과학 학습 동기라는 용어를 사용하였다.

학생들의 인식이 성취 목적에 미치는 영향을 살펴보았던 Jeon *et al*. (2005) 또한 이러한 이론적 배경하에 놓여 있다고 볼 수 있을 것이다. (2) 과학 학업 성취가 높은 학생이 과학 학습 동기가 높아질 수 있다는 관점을 견지한 문헌들이다(학업 성취도 → 학습 동기): Kim *et al*. (1991)은 과학 학습 평가의 목적 중 하나로서 과학 학습 동기의 강화를 제시하여, 평가 결과로서의 성취도가 학습 동기를 증진할 가능성을 제시하였다. 그런가 하면 Park *et al*. (2007)은 대학생들의 회고를 통해, 과학 학업 성취도가 높은 학생들은 자신들이 경험한 평가 요소의 난이도와 타당도, 유형(과학 경연대회) 등에 의해 과학 학습 동기가 유발될 수 있음을 보고한 바 있다. 하지만 과연 (1)과 (2) 중 어떠한 것이 더 현실에 부합하는 설명인지, 혹은 양자 간에 상호적인 인과관계가 있는지를 구체적인 연구 문제로 삼은 경우는 많지 않았던 것으로 보인다.

구조방정식을 활용한 자기회귀 교차지연(autoregressive cross-lagged) 모형은 상호연관성이 높은 2개 이상의 변수 간의 인과관계를 추론하는 데 주효하다(Schlueter *et al*., 2017). 여기서 자기회귀(autoregressive)란 한 변수의 특정 시점에서의 측정값에서 다음 시점에서의 측정값으로 향하는 경로를 의미하며, 교차지연(cross-lagged)이란 서로 다른 변수의 특정 시점에서의 측정값에서 다음 시점에서 상대방의 측정값으로 향하는 경로를 의미한다. 자기회귀 교차지연 모형에서는 자기회귀 경로와 교차지연 경로를 함께 설정하므로, 자기회귀 효과가 고려된 이후에도 교차지연 효과가 여전히 유의미한지를 검증할 수 있게 된다. 자기회귀 교차지연 모형에서는 대체로 3회 이상의 종단적 측정을 통해 여러 변인 간의 인과관계를 보다 정교하게 추론해낼 수 있다. 예컨대, Gibbons & Raker (2019)는 자기 개념(self-concept)과 자기효능감(self-efficacy), 그리고 학업 성취도의 상호 인과 교차 지연 모델을 테스트하기 위해 420명의 대학 유기화학 수강생을 대상으로 2번의 시험 전후로 각각 총 4번의 설문 조사를 진행하였다. Höft & Bernholt (2019)는 9~11학년의 독일 학생 752명을 대상으로 중등 화학에서의 개념적 이해와 과학에 대한 흥미 간의 관계를 자기회귀 교차지연 모형으로 분석하였다. 우리나라에서도 교육학적 맥락에서 자기회귀 교차지연 모형을 활용하여 학업성취도와 자기결정성 동기(Shin & Sohn, 2015), 청소년의 사회적 관계성과 공동체의식(Park & Kim, 2016), 학생의 인터넷 중독과 부모와의 의사소통(Hong *et al*., 2007) 등의 인과관계를 종단적으로 살펴본 연구들이 보고되어 왔다. 하지만 자기회귀 교차지연 모형을 과학교육 연구에서 활용한 사례는 우리나라에서 매우 드물었으며, 특히 이를 통하여 과학 학업 성취도 및 과학 학습 동기와의 관계를 살펴본 연구는 지금까지 거의 보고되지 않았던 것으로 보인다.

상술하였던 전인교육, 과학적 소양, 역량기반 교육과정 담론에서 드러나듯이 학생들이 학교에서 학습한 결과는 미래의 직업 생활로 이어지게 마련이므로, 우리나라 학생들의 이공계 진로 동기를 살펴보는 연구 역시 적지 않게 이루어져 왔다. 비록 근래에는 이공계 진로의 인기가 점차 증가하고 있다고 하나(Hong, 2015) 2000년대에는 '이공계 기피 현상'이 사회적 문제로 빈번히 거론될 정도로 우리나라 학생들의 이공계 진로 동기는 높다고 하기 어려웠던 만큼(Jin & Yoon, 2002), 어떠한 요인들이 학생들의 이공계 진로 선택에 영향을 주는지가 탐색되어 왔으며 그 중 과학 학업 성취도와 과학 학습 동기가 주요 요인들로서 보고되어 왔다. Lee & Lim (2020)은 초등학생의 경우 성취도 인지 수준이 높을수록 과학 관련 진로를 희망하였다고 보고하였으며, Ahn & Park (2018)은 과학고 졸업생 중 수차례의 진로선택 단계를 거쳐 자연과학 계열의 직업을 가진 사람은 중학교 내신 성적이 높았다고 보고하였다. 반면 Yoon *et al*., (2006)은 초중고등학생 3,608명의 과학 진로에 관한 인식을 조사하였는데, 자신이 과학 진로를 선택한 이유에 관한 개방형 문항에서 학생들은 성적이나 적성 등보다는 과학에 대한 흥미에 의하여 그렇게 결정하였다고 응답한 비율이 높았다. 한편 Kang *et al*. (2014)은 일반계고등학생 142명을 대상으로 단일 시점에서의 경로 모형을 통해 과학 경험, 과학 학습 동기, 과학 성취도, 과학 진로 의향의 관계를 살펴보았다. 그들의 모형에서는 과학 학습 동기가 과학 성취도 및 과학 진로 의향에 미치는 경로가 설정되어 있었으며, 두 경로 모두 통계적으로 유의미한 정적(+)인 경로계수를 나타내었다. 그러나 선행 연구들은 과학 학습 동기 또는 과학 학업 성취도 중 어느 하나가 이공계 진로 동기에 미치는 영향을 살펴보았을 뿐, 각각이 이공계 진로 동기에 미치는 영향을 동시에 검증하고자 한 연구는 드물었던 것으로 보인다.

우리나라에서 고등학교 1학년은 공통 교육과정을 이수하는 마지막 시기에 해당하며, 본 연구가 수행된 2021년 현재 이른바 '문·이과 통합형'으로 여겨지는 2015 개정 교육과정 체제하에 '통합과학' 및 '과학탐구실험'을 이수하게 된다(KMOE, 2015). 이후 고등학교 2~3학년 때에는 학생의 선택에 따라 관습적으로 인문사회계열/자연과학계열/예체능계열의 주요 교과목들을 선택하여 이수하게 된다.[2] 이에 따라 고등학교 1학년 2학기는 학생이 고등학교 내에서 이루어지는 과학교육에 지속적으로 참여하게 될 것인지, 그리고 더 나아가 이공계열 진로를 선택하게 될 것인지를 본격적으로 탐색하는 시기라고 할 수 있다. 그러므로 우리나라 고등학교 1학년 학생의 이공계 진로 동기 및 그에 영향을 미치는 요인들을 살펴보는 일이 의미가 있다(e.g., Shin *et al*., 2018).

위와 같은 고찰을 바탕으로 본 연구에서 설정한 연구 문제는 다음과 같다.

1. 고등학생의 과학 학업 성취도와 과학 학습 동기의 교차지연 효과는 어떠한가?
2. 고등학생의 과학 학업 성취도와 과학 학습 동기가 이공계열 진로 동기에 미치는 영향은 어떠한가?

II. 연구 방법

1. 연구 현장 및 참여자

2021년 2학기에 서울시 소재 1개 일반계고등학교의 총 10개 학급에 재학 중인 1학년 학생 약 240명 중 10개 학급 212명이 연구에 참여하였다. 학생들은 2015 개정 교육과정에 따라 '통합과학'과 '과학탐구실험'을 배우고 있었다. '통합과학'과 '과학탐구실험'은 내용 요소가 서로 연계되어 있는 필수 교과목들이다. 학생들은 '통합과학'

2) '문과' 또는 '이과' 등으로 일컬어지는 일반계고등학교 내 계열은 이미 제7차 교육과정 시기부터 법적인 효력을 지니지 않고 있다. 하지만 본 연구가 수행된 2021년 현재까지도 고등학교 현장에서는 관습적으로 그러한 계열들이 남아 있었다는 점에서 이러한 표현을 사용하였다.

에서 강의식 수업, 조사, 발표, 실험, 실험 시연을 통해 해당 교과목을 학습하였으며 '과학탐구실험'에서는 매 시간 실험을 수행하거나, 조별 활동, 탐구, 프로젝트 수업을 통해 해당 교과목을 학습하였다. 자료 수집이 이루어진 2학기에 학생들은 통합과학에서 '화학 변화', '생태계와 환경'. '발전과 신재생 에너지'를 학습하였다. 통합과학에서는 교과서 위주로 수업을 진행하되 탄소 중립과 같은 기후변화와 관련한 최근 이슈들을 함께 다루었다. 또한, 과학탐구실험에서 지시약을 이용한 실험이 STEAM을 활용하여 다루어진 후 기후변화 주제를 중점으로 수업이 구성되었으며 모든 수업을 활동 중심으로 진행하고 있었다. 수업의 후반부에는 기후변화와 관련한 프로젝트를 진행하고 그 산출물을 카드뉴스, 영상, 작품, ppt 등으로 제작해 발표하는 기회를 가졌다.

2. 측정 도구

가. 과학 학습 동기

과학 학습 동기 검사지로 Science Motivation Questionnaire (SMQ) Ⅱ (Glynn *et al*., 2011)의 한국어 번역본(Ha & Lee, 2013)을 사용하였다. SMQⅡ는 내재 동기(intrinsic motivation), 자기 의지(self-determination),[3] 자기 효능(self-efficacy), 직업 동기(career motivation), 과학 점수 동기(grade motivation)라는 5개 구인이 각 5개의 5점 리커트 척도 문항을 포함하여 총 25개 문항으로 이루어져 있다. 그런데 후술할 연구 모형에서와 같이 과학 학습 동기 점수를 관측 변수(observed variable)로 나타내기 위해서는 SMQⅡ가 측정하는 과학 학습 동기가 단일차원성(unidimensionality)을 지닌다는 점이 보장되어야 한다. You *et al*. (2018)은 미국 대학생을 대상으로 한 연구에서 Rasch 분석을 통해 SMQⅡ의 단일차원성을 저해하는 2개 문항을 밝혔으며(Q8: "내가 과학에서 좋은 성적을 받는 것은 중요하다"; Q20: "나는 내가 과학 교과에서 받을 성적에 대해 생각한다"), 이러한 2개 문항이 제거된 후에는 SMQⅡ의 단일차원성이 확보됨을 보였다. 이에 본 연구에서도 해당 2개 문항을 제외하고 23개 문항의 평균값을 과학 학습 동기에 대한 단일차원적 측정값으로 삼았다. 과학 학습 동기 검사에서의 측정안정성은 확인적 요인 분석(confirmatory factor analysis)을 통해 검증하였으며 검사 시점에 따른 측정동일성은 다중집단 분석(multiple group analysis)을 통해 검증하였다.

나. 과학 학업 성취도

고등학생들의 과학 학업 성취도는 중간고사 및 기말고사 성적으로 대체하였다. '통합과학'의 중간고사 범위는 '화학변화' 단원 전체와 8단원의 '생물과 환경', '생태계의 평형'까지에 해당하였으며, 기말고사 범위는 8단원의 '지구 환경의 변화', '에너지의 사용과 환경'과 '발전과 신재생에너지' 단원 전체까지에 해당하였다. 문제는 모두 객관식 문항 24개로 구성되어 총점 100점으로 구성되었다. 해당 학교의 중간고사 및 기말고사 출제 과정에서 문항들의 이원목적분류는 따로 이루어지지 않았으므로, 이를 단일차원성을 지닌 측정 변수로 처리하였다. 중간고사와 기말고사는 모두 50분간 치러졌다. 해당 중간고사 및 기말고사 문항은 해당 학교에 근무하고 있는 과학교육 박사학위를 지닌 교사 1인 및 석사학위를 지닌 교사 3인이 함께 출제하고 교과협의회를 거쳐 검토하는 과정을 거쳐 확정되었다. 그러므로 본 연구에서 활용된 학업 성취도 평가 문항은 학생들의 인지적 성취를 측정하는 데 있어 높은 타당성을 지녔다고 볼 수 있다.

다. 이공계 진로 동기

이공계 진로 동기 검사를 위해 Shin *et al*. (2016)이 개발 및 타당화한 이공계 진로 동기 검사 도구를 활용하였다. 해당 검사 도구는 본래 7개 구인 32개 문항으로 이루어져 있었으나, 본 연구에서는 그중에서 보다 직접적으로 이공계 진로 동기 구인을 검사하는 4개 문항을 활용하였다. 해당 검사지에서 이외의 6개 구인들은(교과 시간에서의 이공계 진로 교육 경험, 부모의 지지, 이공계 진로의 가치, 교과 자아효능감, 진로 자아 효능감, 진로 흥미) 상당 부분 SMQⅡ를 참조하여 변용한 문항들로 구성되어 있었으므로, 과학 학습 동기 검사를 위해 이미 SMQⅡ를 활용하는 본 연구에서 함께 사용하는 것은 혼동의 여지를 만들 수 있다고 보았기 때문이다. 여기서 이공계 진로 동기라는 구인이 SMQⅡ의 직업 동기와 구인의 의미가 유사해보일 수 있으나, 후자는 과학 학습이 '좋은 직업'을 갖는 데 '도움'과 '이점'을 제공한다는 외재적 측면을 중시한다면(Glynn *et al*., 2011; Ha & Lee, 2013) 전자는 이공계 직업에 대한 '분명한 목표'가 있거나 그 '모습을 뚜렷하게 파악'하는지를 통해 학생들이 구체적이고 현실적인 이공계 진로 목표를 지니고 있는지를 살펴본다는 점에서(S*hin et al*., 2016) 서로는 그 성격이 전혀 다른 별개의 구인이다. Shin *et al*. (2016)에서는 확인적 요인 분석과 경로 모형에서 이공계 진로 동기 구인을 측정하는 4개 문항이 단일차원성을 지님을 보인 바 있으며, 여타 구인들로부터 이공계 진로 동기 구인 4개 문항의 평균으로 정의된 관측 변수로 향하는 경로를 살펴보는 일이 가능함을 보인 바 있다. 이공계 진로 동기 문항의 측정안정성은 3차 과학 학습 동기 점수와 함께 확인적 요인 분석을 통해 검증하였다.

3. 자료 수집

과학 학습 동기에 관한 설문은 Google 설문 조사를 통해 수행하였다. 고등학교에서 2021년 2학기 개학 후 8월 하순에 1차 검사를 진행하였다. 고등학교에서 중간고사가 끝난 후 10월 하순에 2차 검사를 진행하였다. 2학기 기말고사가 끝난 후 12월 하순에 3차 자료 수집을 진행하였다. 3차 자료 수집 시기에는 과학 학습 동기와 이공계 진로 동기를 함께 조사하였다. 과학 학습 동기 검사는 최대한 같은 시간 간격으로(2개월) 3회에 걸쳐 자료를 수집하였고, 연구 모형에 알맞은 자료를 구성할 수 있었다. 학생들이 설문 조사에 응답하는 데에는 약 10분의 시간이 소요되었다. 학생들의 과학 학업성취도 점수는 익명화된 형태로 수집하였다.

3) 'self-determination'은 SMQⅡ의 한국어 번역본(Ha & Lee, 2013)에서는 '자기 의지'로 번역하고 있는가 하면, 이론적 관점에 따라 '자기결정'으로 번역되어 있기도 하다. 본 연구에서는 용어의 혼동을 피하고자 되도록 '자기 의지'라는 용어를 사용하되, '자기결정이론'과 관련한 부분에서는 인용되는 문헌의 용례를 일부 따른다.

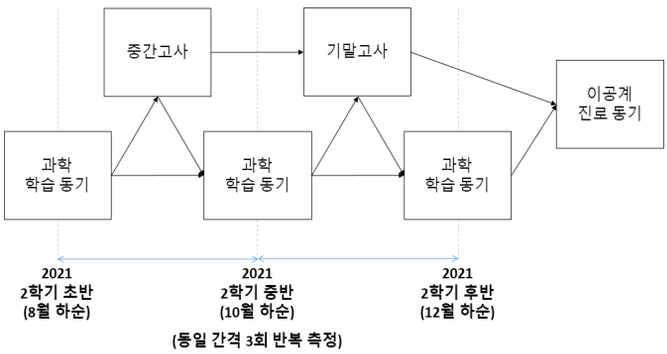

Figure 1. An autoregressive cross-lagged model of science motivation and achievement

4. 연구 모형

본 연구에서 설정한 경로 모형을 Figure 1에 나타내었다. 본 연구의 경로 모형은 일종의 자기회귀 교차지연 모형이다. 자기회귀 교차지연 모형은 시간에 따른 반복 측정을 통해 변수들의 안정성과 상호 인과적 효과를 검증하는 것을 핵심으로 한다. 자기회귀 경로는 동일 변수에 대한 반복된 측정에서 이전 시점의 측정값이 다음 시점의 측정값에 미치는 영향을 나타낸다(예: 중간고사 → 기말고사, 1차 과학 학습 동기 → 2차 과학 학습 동기). 교차지연 경로는 서로 다른 변수에 대한 측정에서 이전 시점의 특정 변수의 측정값이 다음 시점의 다른 변수의 측정값에 미치는 영향을 나타낸다(예: 1차 과학 학습 동기 → 중간고사, 기말고사 → 3차 과학 학습 동기). 본 연구에서 자기회귀 경로와 함께 설정된 교차지연 경로는 이전 시점에서의 과학 학습 동기가 다음 시점에서의 과학 학업 성취도에 영향을 주는지, 그리고 이전 시점에서의 과학 학업 성취도가 다음 시점에서의 과학 학습 동기에 영향을 주는지를 살펴볼 수 있게 해준다.

본 연구에서 과학 학습 동기와 학업 성취도의 측정 시점을 엇갈리게 한 것은 자기효능감을 포함하는 과학 학습 동기가 학업 성취도에 대한 예측 효과를 지니는지 살펴보고, 또한 학업 성취도가 다시 과학 학습 동기에 미치는 영향이 어떠한지를 살펴보기 위해서이다(cf. Gibbons & Raker, 2019). 연구자들은 과학 학습 동기 검사와 중간/기말고사 사이의 시간 간격을 최대한 동일하게 함으로써, 자기회귀 교차지연 모형을 통한 인과적 추론이 유효하게 하였다. 그리고 3차 설문에서 수집된 이공계 진로 동기에는 각각 마지막으로 수집된 과학 학습 동기 및 과학 학업 성취도가 어떠한 영향을 미치는지 살펴보기 위한 경로 또한 설정하였다.

수집된 자료 중에서 결측치가 존재하는 경우 해당 관측을 제거하였다(listwise deletion). 결과적으로 총 171명(남: 90, 여: 81)의 자료를 분석에 활용하였다. 경로모형 내 간접 효과의 유의미성은 최대가능도(maximum likelihood) 기반의 2,000회 부트스트래핑(bootstrapping)으로 검정하였다. 데이터 클리닝 및 기술통계 산출은 STATA 16에서 수행하였으며 통계 모형은 SPSS AMOS 21에서 적합하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 기술통계

1~3차 과학 학습 동기 검사 결과, 중간 및 기말고사 학업 성취도, 이공계 진로 동기의 기술통계는 Table 1과 같다. 1~3차 과학 학습 동기 평균 점수는 3.33~3.42(s.d. = .87~.90)에 해당하였고, 신뢰도(Cronbach's α)는 .97로 나타났다. 1~3차 과학 학습 동기 점수에 단선적인 증가나 감소는 관찰되지 않았다. 중간 및 기말고사 과학 학업 성취도 평균 점수는 각각 64.15(s.d. = 24.68)와 53.08(s.d. = 23.34)에 해당하였다. 이는 중간고사에 비하여 기말고사가 다소 어려웠을 수 있음을 암시한다. 이공계 진로 동기의 평균 점수는 2.77(s.d. = 1.31)이었고 신뢰도는 .97로 나타났다. 모든 변수들에서 왜도(skewness)가 절대값 3 미만, 첨도(kurtosis)가 절대값 10 미만으로 다변량 정규성 기준을 충족하였다(Kline, 2015).

연구 모형에 포함된 변수들의 상관관계는 Table 2와 같다. 모든 변수들 간의 상관관계는 통계적으로 매우 유의미한 것으로 나타났다($p < .001$). 1~3차 과학 학습 동기 간의 상관관계는 .78~.80으로 높은 편이었고, 중간 및 기말고사 학업 성취도 간의 상관관계도 .81로 높은 편이었다. 과학 학습 동기와 학업 성취도 간의 상관관계는 .55~.61에 해당하였다. 이공계 진로 동기와 과학 학습 동기의 상관관계는 .51~.65였으며, 이공계 진로 동기와 과학 학업 성취도의 상관관계는 .30~.38에 해당하였다. 여기서 과학 학습 동기와 이공계 진로 동기의 상관관계가 .70 미만이었다는 점은 허용 가능한 다중공선성(multicollinearity)의 측면에서 양자를 서로 구별되는 변수로 볼 수 있음을 지지한다(Yoo *et al.*, 2014).

2. 측정 모형

본 연구에서 측정 모형의 적합도를 Table 3에 나타내었다. 1~3차 검사 측정 모형 전반에서 χ^2/df는 2 초과 3 미만이었으며 RMSEA는

Table 1. Descriptive statistics of science learning motivation, science academic achievement, and STEM career motivation (N = 171)

	과학 학습 동기			과학 학업 성취도		이공계 진로 동기
	1차	2차	3차	중간고사	기말고사	
평균 (표준편차)	3.33 (.87)	3.42 (.88)	3.35 (.90)	64.15 (24.68)	53.08 (23.34)	2.77 (1.31)
최소값	1.09	1	1	14.4	8	1
최대값	5	5	5	100	100	5
왜도	-.16	-.34	-.18	-.17	.34	.22
첨도	2.69	3.07	3.09	1.89	2.05	1.87
신뢰도 (Cronbach's α)	.97	.97	.97	-	-	.97

Table 2. Pearson's correlations between science learning motivation, science academic achievement, and STEM career motivation (N = 171)

		과학 학습 동기			과학 학업 성취도		이공계 진로 동기
		1차	2차	3차	중간고사	기말고사	
과학 학습 동기	1차	1					
	2차	.7903 ***	1				
	3차	.7803 ***	.7994 ***	1			
과학 학업 성취도	중간	.5739 ***	.5538 ***	.5593 ***	1		
	기말	.6093 ***	.5546 ***	.6088 ***	.8085 ***	1	
이공계 진로 동기		.5073 ***	.5069 ***	.6498 ***	.2978 ***	.3785 ***	1

*** $p < .001$

Table 3. Statistics of fitted measurement model and path model[4)]

모형	χ^2/df	CFI	TLI	SRMR	RMSEA
1차 검사 측정 모형	557.388/220 = 2.534 ***	.911	.897	.0549	.095
2차 검사 측정 모형	579.175/220 = 2.633 ***	.915	.902	.0467	.098
3차 검사 측정 모형	723.868/309 = 2.343 ***	.921	.907	.0462	.095
경로 모형	30.104/6 = 5.017 ***	.969	.918	.0386	.154
수용 기준 (Lee & Noh, 2013; Woo, 2012; Hong, 2000; Hu & Bentler, 1998)	< 2 ; p > .05	> .9	> .9	< .08	< .05

*** $p < .01$

Table 4. Result of measurement invariance examination via multiple group analysis

모형 내 제약	χ^2/df	CFI	TLI	SRMR	RMSEA
비제약 (unconstrained)	1697.211/660 = 2.572 ***	.915	.902	.0549	.056
요인부하량 (measurement weights)	1741.343/696 = 2.502 ***	.914	.907	.0497	.054
공분산 (structural covariances)	1762.682/726 = 2.428 ***	.915	.911	.0534	.053
오차분산 (measurement residual)	1840.060/772 = 2.383 ***	.912	.914	.0555	.052

*** $p < .01$

.095-.098로 다소 크게 나타났으나, CFI와 SRMR을 기준으로 살펴볼 때(Chen, 2007; Gibbons & Raker, 2019) 각각 .9 초과 및 .08 미만이라는 일반적인 기준을 충족하는 것으로 나타났으며, TLI 역시 .897-.907로 .9에 근접하거나 이를 초과하는 것으로 나타났다. 이를 종합할 때, 본 연구에서의 과학 학습 동기 및 이공계 진로 동기 측정 모형은 충분히 안정하였다.

본 연구에서 시점에 따른 과학 학습 동기의 측정 동일성을 다중집단 분석으로 확인하였다(Table 4). 비제약 및 제약 모형 전반에서 χ^2/df는 2 초과 3 미만으로서 다소 크게 나타났으나 RMSEA는 .052-.056으로 .05라는 기준에 근접하였으며, CFI와 SRMR을 기준으로 살펴볼 때 각각 .9 초과 및 .08 미만이라는 일반적인 기준을 충족하는 것으로 나타났을 뿐 아니라 TLI 역시 .9를 초과하였다. 비제약 모형을 기준으로 할 때, 요인부하량 제약 모형($\triangle\chi^2(36) = 44.132$)과 공분산 제약 모형($\triangle\chi^2(66) = 65.470$)은 χ^2분포에 따른 유의미한 차이가 존재하지 않았으며($p > .05$) 오차분산 제약 모형($\triangle\chi^2(112) = 142.849$)은 유의미한 차이가 존재하는 것으로 나타났다($p < .05$). 한편 비제약 모형을 기준으로 요인부하량 모형과 공분산 모형은 △CFI < .010 및 △SRMR < .030으로서 역시 유의미한 차이가 존재하지 않는 것으로 나타났다(Chen, 2007). 결과적으로 비제약 모형과 요인부하량 제약 모형 사이에 유의미한 차이가 존재하지 않으므로, 본 연구에서 1~3차 과학 학습 동기 검사는 측정 동일성을 지녔다.

위와 같이 측정 모형의 안정성과 측정 동일성이 확보되었으므로, 경로 모형의 계수들은 측정상의 문제가 없는 변수들 간의 종단적 효과로 해석할 수 있다.

3. 경로 모형

경로 모형의 적합도 지수 역시 Table 3에 나타내었다. 적합 결과 χ^2/df는 5.017 ($p < .001$)로 다소 높게 나타났으나 CFI = .969와 SRMR = .0386를 살펴볼 때 상당히 높은 적합도를 나타내었으며, 다소 엄격한 TLI 역시 .918로 충분히 높게 나타났다. RMSEA의 경우 .154로

4) CFI(Comparative Fit Index)와 TLI(Turker-Lewis Index)는 연구 모형이 영모형(null model)에 비하여 얼마나 높은 적합도를 지니는지를 상대적으로 나타내는 증분적합지수(incremental fit index) 중 표본 크기에 영향을 크게 받지 않으면서도 자료를 잘 설명하는 모형을 선택하는 2가지이다. SRMR (Standardized Root Mean Square Residual)은 표본 자료의 공분산행렬과 모형의 추정 공분산행렬 간 차이를 고려한 통계량을 표준화한 형태로서, 모형 간 차이를 검증하는 데 유용하다. RMSEA(Root Mean Square Error of Approxmation)는 표본집단이 아닌 모집단에서의 모형 적합도를 고려함으로써 표본의 크기에 영향을 덜 받는 지수이다. 일반적으로 구조방정식을 활용한 연구에서는 CFI, TLI, SRMR, RMSEA 각각의 장점을 갖는 지표들을 종합적으로 살펴보는 것이 권장되므로(Kline, 2015; Woo, 2012; Chen, 2007; Hong, 2000), 본 연구에서도 이를 따랐다.

Table 5. Statistics of fitted path model

			비표준화 계수 (*B*)	표준오차 (S.E.)	표준화 계수 (*β*)
	자기회귀 경로				
학습 동기 1차	→	학습 동기 2차	.718 ***	.057	.705
학습 동기 2차	→	학습 동기 3차	.682 ***	.053	.667
중간고사	→	기말고사	.684 ***	.050	.723
	교차지연 경로				
학습 동기 1차	→	중간고사	16.340 ***	1.788	.574
중간고사	→	학습 동기 2차	.005 **	.002	.150
학습 동기 2차	→	기말고사	4.075 **	1.399	.154
기말고사	→	학습 동기 3차	.009 ***	.002	.239
	진로동기 경로				
기말고사	→	진로 동기	-.002	.004	-.027
학습 동기 3차	→	진로 동기	.967 ***	.107	.666

** $p < .01$, *** $p < .001$

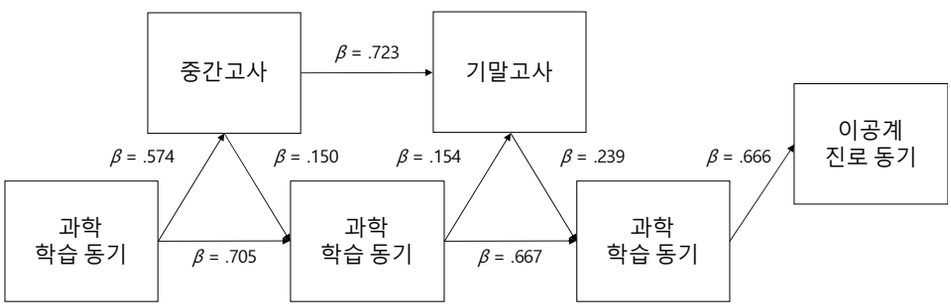

Figure 2. Path model with statistically significant standardized path coefficients

높은 값을 나타냈는데, 이는 변수의 수가 적고 자유도가 작은 모형일수록 불이익을 많이 가하는 RMSEA의 특성(Kline, 2015)에 기인하는 것으로 볼 수 있다. 본 연구에서 설정한 모형은 자유도가 6으로 상당히 작기 때문이다. 이를 종합할 때, 본 연구에서 설정한 경로 모형은 데이터를 잘 설명해주는 모형으로 받아들일 수 있다.

경로 모형의 적합 결과 산출된 통계량은 Table 5와 같다. Figure 2에는 통계적으로 유의미한($p < .05$) 경로만을 표준화 회귀 계수(β)와 함께 나타내었다. 이후로는 표준화 회귀 계수를 중심으로 결과를 제시한다.

1) 자기회귀 효과

연구모형에서 설정한 자기회귀 경로의 계수는 모두 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 다만 표준화 회귀 계수의 크기는 중간고사 성적에서 기말고사 성적으로 향하는 것이($\beta = .723$, $p < .001$) 과학 학습 동기 1차 점수에서 2차 점수로 향하는 경로($\beta = .705$, $p < .001$) 및 2차 점수에서 3차 점수로 향하는 경로($\beta = .667$, $p < .001$)보다 다소 큰 것으로 나타났다.

2) 교차지연 효과

연구모형에서 설정한 교차지연 경로의 계수는 모두 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 과학 학습 동기 1차 점수에서 중간고사로 향하는 표준화 회귀 계수는 교차지연 경로 중 가장 큰 것으로 나타났다($\beta = .574$, $p < .001$). 하지만 중간고사 성적에서 과학 학습 동기 2차 점수로 향하는 경로($\beta = .150$, $p < .01$) 및 과학 학습 동기 2차 점수에서 기말고사 성적으로 향하는 경로($\beta = .154$, $p < .01$)의 표준화 회귀 계수는 상대적으로 작은 편이었다. 기말고사 성적에서 과학 학습 동기 3차 점수로 향하는 경로의 표준화 회귀 계수는 직전에 언급한 2개의 계수보다는 큰 편이었지만($\beta = .239$, $p < .001$), 가장 앞서 언급한 교차지연 경로에 비하여는 계수의 크기가 작았다.

3) 이공계 진로동기에 미치는 효과

기말고사 성적과 과학 학습 동기 3차 검사 중 이공계 진로 동기에 유의미한 영향을 미치는 것은 과학 학습 동기였으며 그 경로 계수는 작지 않았다($\beta = .666$, $p < .001$). 반면 기말고사 성적은 학생의 이공계 진로 동기에 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다($\beta = -.027$, $p > .05$).

4) 간접 효과 및 총 효과

부트스트랩 검정 결과 본 연구 모형에서의 모든 간접 효과가 유의미하였다. 그 중 주목할 만한 것으로서 첫째, 과학 학습 동기 1차 검사 점수의 간접 효과는 기말고사 성적과($\beta = .537$, $p < .01$) 이공계 진로 동기에 이르기까지($\beta = .422$, $p < .01$) 통계적으로 유의미하였다.

둘째, 기말고사 성적은 과학 학습 동기 3차 검사 점수를 매개로 이공계 진로 동기에 통계적으로 유의미한 간접 효과를 지니는 것으로 나타났다(β = .159, p < .01). 그러나, 기말고사 성적은 이공계 진로 동기에 통계적으로 유의미한 총 효과를 지니지는 않았다(p > .05). 이외의 모든 총 효과는 통계적으로 유의미하였다(p < .05).

Ⅳ. 결론 및 논의

본 연구에서는 고등학교 맥락에서 과학 학습 동기가 높은 학생이 과학 학업 성취도가 오르게 되는지 또는 그 역으로 과학 학업 성취도가 높은 학생이 과학 학습 동기가 오르게 되는지의 인과관계를 살펴보고, 이러한 두 요인이 학생의 이공계 진로 동기에 미치는 영향을 살펴보았다. 2021년 2학기에 서울시 소재 1개 일반계고등학교 1학년 학생을 대상으로(N = 171) 동일 시간 간격으로 3회의 과학 학습 동기 검사를 실시하였고, 마지막 검사 시기에 이공계 진로 동기 검사 역시 실시하였다. 총 171명의 학생 중간고사 및 기말고사 성적을 포함한 자기회귀 교차지연 모형을 구성하고 적합하였다. 연구모형은 높은 측정안정성과 적합도를 지닌 것으로 나타났다. 자기회귀 경로와 교차지연 경로는 모두 통계적으로 유의미하였다. 이공계 진로 동기로 향하는 경로 중 과학 학업 성취도는 유의미한 직접 효과를 나타내지 않았으며, 과학 학습 동기만이 유의미한 직접 효과를 나타내었다. 간접 효과의 경우 1차 과학 학습 동기가 기말고사 성적 및 이공계 진로 동기에 이르기까지 유의미한 영향을 미쳤으며, 기말고사 성적은 3차 과학 학습 동기 점수를 매개로 이공계 진로 동기에 유의미한 영향을 미쳤다. 그러나 기말고사 성적은 이공계 진로 동기에 유의미한 총 효과를 지니지 않았다.

본 연구는 우리나라의 전인교육 이념, 20세기에 등장한 과학적 소양 담론, 21세기에 부각되고 있는 핵심 역량 담론 등에서 논의되는 인지적 성취와 정의적 성취의 균형 있는 발달을 위하여 과학 학업 성취도와 과학 학습 동기 간의 인과적 관계를 우리나라 고등학생들을 대상으로 살펴보았다는 점에서 의의를 지닌다. 이를 위하여 지금까지 우리나라 과학교육계에서 매우 드물게 사용되었던 자기회귀 교차지연 모형을 활용하였다는 점은 본 연구가 지니는 방법론적 기여이다. 또한 위에서 언급한 담론들이 궁극적으로 지향하는 바가 미래 사회에서 학생들의 성공적인 삶이라는 점에서, 과학 학업 성취도와 과학 학습 동기가 이공계 진로 동기에 미치는 영향을 동시에 살펴보았다는 점 역시 본 연구가 과학교육 연구 문헌에 더하는 새로움이다.

본 연구의 결과에 관한 보다 구체적인 논의점들은 다음과 같다. 먼저 자기회귀 경로에서 표준화 계수의 크기가 .8을 초과할 경우 그 변수가 상당히 안정적이고 .7 미만일 경우 변동성이 크다고 한다면(Schlueter *et al*., 2017), 본 연구의 자기회귀 경로에서 표준화 계수의 크기들은(β = .667 - .723) 고등학생의 과학 학업 성취도와 과학 학습 동기가 학기 중에 변화할 가능성이 높다는 점을 보여준다고 해석하여도 큰 무리가 없을 것이다. 또한 표준화 경로 계수의 상대적인 크기 차이를 통해(Schlueter *et al*., 2017) 과학 학업 성취도와 과학 학습 동기 중 상대적으로 더 변화하기 쉬운 것은 과학 학습 동기라고 할 수 있다.

교차지연 경로들이 통계적으로 유의미하였다는 점은 본 연구에 참여한 고등학생들이 특정 시점에서 과학 학습 동기가 높을수록 다음 시점의 과학 학업 성취도가 높아졌으며, 또한 특정 시점에서 과학 학업 성취도가 높을수록 다음 시점의 과학 학습 동기가 높아졌음을 의미한다. 이러한 교차지연 효과의 함의를 다음과 같이 논의하고자 한다.

먼저는 이론적 측면이다. 본 연구에서 과학 학습 동기를 측정하기 위하여 활용한 SMQⅡ는 Bandura의 사회인지이론에 기반하였으나 자기 의지(self-determination)와 관련한 구인들 역시 포함하고 있으므로, 본 연구의 결과와 같은 교차지연 효과를 과학 학습 동기에 관한 사회인지이론 및 자기결정이론 양자의 측면에서 해석하는 일이 가능하다. 먼저, 과학 학습 동기가 높았던 학생들이 과학 학업 성취도가 높아진 것은(1차 과학 학습 동기 → 중간고사; 2차 과학 학습 동기 → 기말고사) 과학 학습을 지속하게 하는 심리학적 구인으로서의 과학 학습 동기에 의한 자연스러운 결과에 해당하며, 사회인지이론에서 논의되는 자기효능감(self-efficacy)에 의한 성취도의 예측 효과로서도 이해할 수 있다. 한편 과학 학업 성취가 높았던 학생들이 과학 학습 동기가 높아진 것은(중간고사 → 2차 과학 학습 동기; 기말고사 → 3차 과학 학습 동기) 학습 동기에 관한 자기결정이론에 따라 설명할 수 있다. 학업 성취도는 학생의 학업적 유능성 지각에 영향을 주고, 그것이 다시 이후의 내적 동기를 증가시킬 수 있기 때문이다(Shin & Sohn, 2015). 결국 본 연구의 결과는 과학 학습 동기와 과학 학업 성취도 간에 상호적이면서도(reciprocal) 순환적인(cyclic) 인과관계가 있다는 점을 보여주었으며, 이는 세계 각국의 다양한 교육 맥락에서 보고되는 현상과도 일치한다(Vu *et al*., 2021).

그렇다면 이러한 양방향의 교차지연 효과 중 어느 것이 과학교육에 더 많은 함의를 지니는지를 고찰할 필요가 있다. 본 연구 결과의 함의는 과학 학습 동기가 과학 학업 성취도에 미치는 영향이 그 역에 비하여 더 중요할 수 있다는 점으로 요약된다. 그 이유는 첫째, 본 연구의 결과 나타난 교차지연 효과는 과학 학습 동기가 높은 학생이 과학 성취도가 높아지는 효과가($\beta_{\text{1차 동기 → 중간고사}}$ = .574; $\beta_{\text{2차 동기 → 기말고사}}$ = .154) 그 역의 효과($\beta_{\text{중간고사 → 2차 동기}}$ = .150; $\beta_{\text{기말고사 → 3차 동기}}$ = .239)보다 대체로 큰 편이라고 할 수 있다(시점에 따른 경로 계수의 크기 차이의 함의는 후술한다). 결국, 대중적 담론과 연결하여 거칠게 표현하자면 적어도 고등학교 맥락에서 과학을 '좋아하는' 학생이 과학을 '잘하게' 되는 효과가 더 큰 것이다.

이와 관련하여 PISA와 TIMSS 등의 국제비교평가에서 우리나라 학생들이 과학에 대한 고성취-저동기 현상을 보인다는 점을 다시 상기하고 그 문제성을 본 연구의 결과에 비추어 재숙고해 볼 수 있다. 고성취-저동기 현상을 보이는 학생이 높은 성취로 인하여 학습 동기가 증가하게 될 것이라고 본다면, 해당 현상은 학생의 삶에서 시간이 지남에 따라 해소될 수 있는 문제라고 할 수 있다. 반면 그러한 학생이 낮은 학습 동기로 인하여 학업 성취도 역시 감소하게 될 것이라고 본다면, 해당 현상은 장기적으로 학업 성취도의 감소를 가져올 수 있는 문제가 된다. 본 연구의 결과 과학 학업 성취도가 과학 학습 동기에 미치는 효과보다는 과학 학습 동기가 과학 학업 성취도에 미치는 효과가 더 큰 편으로 나타났으므로, PISA와 TIMSS 등에서 나타나는 과학에 대한 고성취-저동기 현상은 분명히 해결해야 할 문제 상황이라고 판단할 수 있다.

둘째, 본 연구의 결과 고등학생의 이공계 진로 동기에 과학 학업 성취도는 직접적으로 유의미한 영향을 미치지 않았고, 과학 학습 동

기만이 직접적으로 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 과학 학업 성취도는 과학 학습 동기를 매개로 할 때에 이공계 진로 동기에 간접적으로 유의미한 영향을 미쳤으나, 그 총 효과는 유의미하지 않았다. 이는 이공계 진로 동기에 미치는 과학 학습 동기의 효과를 고려한 이후에는 과학 학업 성취도의 효과가 남지 않는 완전 매개 효과를 의미한다. 곧, 고등학생들은 자신들의 과학 학업 성취도가 높아서라기보다 과학 학습 동기가 높기 때문에 이공계 진로 동기를 지니고 있었다. 이러한 결과는 과학 학습 동기가 이공계 진로 동기로 이어진다는 선행 문헌들의 결과와 대체로 일치하면서도(Yoon *et al*., 2006; Kang *et al*., 2014), 과학 학업 성취도가 이공계 진로 동기에 미치는 영향이 유의미하지 않았다는 점을 동시에 함께 보여준 점에서 선행 문헌들과 구별된다.

이를 종합할 때, 본 연구의 결과는 인지적 성취를 위해서나 이공계 진로 동기를 위해서 고등학생의 과학 학습 동기의 중요성이 매우 크다는 점을 재확인하게 한다. 이는 우리나라 고등학교 교육에서 기존과 같이 인지적인 요소만을 성취로 바라보기보다는 정의적 요소 역시 성취의 일종으로 바라보는 근래의 시각에(Kang *et al*., 2014; Kim & Hong, 2018) 힘을 더한다. 이 때 학생의 과학 학습 동기가 증가하는 일은 학생의 성취이면서도 학교 현장에서 이루어진 교수 활동의 성취라고 하겠다. 물론 본 연구의 결과가 고등학교에서 과학 학업 성취도의 중요성을 간과하여도 된다는 것을 의미하지는 않는다. 과학 학업 성취도는 학생들이 과학적 개념을 올바로 이해하고 있는가를 보여주는 중요한 지표이기 때문이다. 하지만 본 연구의 결과뿐만 아니라 상당수의 문헌이 과학 학습 동기가 종단적으로 과학 학업 성취도를 예측하는 효과가 있다는 점을 보여준다는 점이나(Oliver & Simpson, 1988; Liu *et al*., 2017), 위에서 언급한 고성취-저동기 현상에 비추어 볼 때 우리나라 고등학교 맥락에서는 과학 학업 성취도보다도 과학 학습 동기를 보다 근원적인 교육적 구인으로 삼는 것이 바람직할 수 있다. 비록 1개 학기에 걸쳐 수행된 본 연구에서는 그러한 현상이 발견되지 않았지만, SMQⅡ를 활용하여 측정한 우리나라 고등학생들의 과학 학습 동기가 학기가 지남에 따라 감소하는 경향이 있다는 연구 결과(Shin *et al*., 2018) 역시 우리나라 고등학교 맥락에서 과학 학습 동기에 집중한 교수학습 개선 노력 및 연구가 지속되어야 할 필요성을 보여준다.

보다 실질적으로 교수학습의 측면에서 개별 학기의 세부적인 시점마다 과학 학습 동기를 증진시키기 위한 노력이 필요할 것이다. 학기 초반의 과학 학습 동기는 과학 중간고사 성취도에 큰 영향을 미칠 뿐 아니라 이후의 과학 학습 동기 및 성취도에도 유의미한 간접 효과를 미치는 것으로 나타났으므로, 학기 초반에 과학 교과와 관련한 다양한 흥미 요소를 도입하고 내적・외적 동기를 증진시키기 위한 노력이 필요할 것이다. 그런가 하면 학기 중반에도 학생들의 과학 학습 동기를 유지하기 위한 노력을 기울일 필요가 있다. 우리나라 학생들을 대상으로 한 교수학습에서 빈번한 탐구활동을 통해 과학 학습 동기를 증진하되, 이와 함께 과학 교사의 직접적인 지도를 병행한다면 인지적 측면에서의 학업 성취도 역시 낮아지지 않을 수 있다는 점이 알려져 있다(Shin & Lee, 2021). 그런 면에서 본 연구의 현장이었던 고등학교에서 강의식 수업뿐만 아니라 조사, 발표, 실험(시연), 조별 활동, 프로젝트 수업 등을 통한 과학 교수학습이 이루어졌다는 점이 학습 동기와 학업 성취도 간의 선순환(Vu *et al*., 2021)을 가능케 하였을 수 있다. 결국, 과학 학습 동기를 증진할 수 있는 것으로 나타난 다양한 교수학습 방법을 교사가 적극 도입할 수 있도록 인적・물적 기반 마련과 지원이 필요하다(Lee & Lee, 2019; Lee & Kim, 2020; Cho & Kim, 2020; Lee *et al*., 2021). 그런가 하면, 본 연구의 결과 기말고사에서의 학업 성취도가 이후의 과학 학습 동기에 미치는 영향이 중간고사의 그것보다 상대적으로 큰 것으로 나타났다. 이는 기말고사에서 다소 낮은 성적을 받은 학생의 과학 학습 동기가 낮아질 수 있다는 점을 의미하므로, 학기말에 학생들의 과학 학습 동기를 유지 및 증진시키기 위한 추수 지도가 필요할 것이다.

한편 본 연구의 결과 과학 학습 동기가 높은 학생이 과학 학업 성취도가 높아질 뿐 아니라 이공계 진로 동기가 높은 것으로 나타났으므로, 고등학생 이공계 진로 지도에 있어 중요한 요소로서 과학 학습 동기를 근거로 삼는 일이 가능할 것이다. 물론 이것이 과학 학습 동기가 높은 학생이 이공계 진로 진출 이후 성공적인 직업 생활을 영위할 것이라는 점을 보장하지는 않는다. 다만 본 연구의 결과 높은 과학 학습 동기는 높은 과학 학업 성취도로 이어지게 된다는 점과 함께 고등학생 때의 높은 학업 성취도가 대학에서의 성공적인 수학(修學) 등 이공계 직업에서 요구하는 역량의 필수 요소가 될 것이라는 점을 고려한다면(OECD, 2019), 과학 학습 동기가 높은 학생이 이공계 직업 선택 이후에도 성공적인 직업 생활을 영위할 가능성이 높아지리라고 예상할 수 있다. 패널 자료 등을 활용한 장기적 종단 연구가 가능하다면 이러한 가설을 검증하는 일을 시도할 수 있을 것이다.

그런가 하면, 이공계 진로 동기와 과학 학업 성취도 및 과학 학습 동기와의 관계를 살펴보는 또 다른 연구의 가능성을 제시할 수 있다. 본 연구의 모형은 선행 문헌들이 과학 학업 성취도 또는 과학 학습 동기에서 이공계 진로 동기로 향하는 경로를 설정하였던 점에 착안하였으며(Lee & Lim, 2020; Ahn & Park, 2018; Yoon *et al*., 2006; Kang *et al*., 2014), 양자를 모두 설정하였다는 점에서 기존 문헌과 구별된다. 하지만 본 연구에서는 이공계 진로 동기가 과학 학업 성취도 또는 과학 학습 동기에 미치는 영향은 살펴보지 못하였으며, 그러한 선행 연구도 거의 이루어지지 않은 것으로 보인다. 이공계 진로 동기가 높은 학생은 그 진로를 자신의 삶에서 실현하기 위해 과학을 공부하고자 하는 동기가 높아질 수 있고, 이는 다시 자연스레 높은 학업 성취로 이어질 수 있다는 것이 논리적으로 자연스럽다. 이러한 경로의 유의미성을 살펴보는 후속 연구가 이루어질 필요가 있다.

본 연구에서는 연구자들이 서울시 소재 1개 고등학교에서 수집한 자료를 활용하여 분석을 수행하였으므로, 연구 결과의 일반화 및 거시적 교육 담론과의 연결에 한계가 있을 수 있다. 이와 관련하여 두 가지 논의점이 발생한다. 첫째로, 본 연구의 현장이 지닌 강점이다. 본 연구의 현장이었던 서울시 소재 고등학교에서는 석사 학위 이상의 전문성을 지닌 과학 교사들에 의해 교수학습이 이루어졌을 뿐 아니라 본 연구의 참여자였던 1학년 학생들이 '통합과학'뿐만 아니라 '과학탐구실험'에서 다양한 학습 활동을 진행하였다. 이는 달리 말해 본 연구 현장과 다른 맥락, 곧 교육 여건이 다른 지역 및 학교에서나, 중학교 과학이나 고등학교 2~3학년 시기의 선택 과학 과목들의 교수학습에서는 과학 학업 성취도와 과학 학습 동기 간의 인과적 관계가 다른 양상을 보일 가능성을 배제할 수 없게 한다. 그러므로 우리나라 중등학교에서 과학 학업 성취도와 과학 학습 동기 간의 관계를 여타의 맥락에서 살펴보는 후속 연구가 이루어지는 편이 바람직하다.

둘째로, 그 결과와 함의를 보다 확실히 일반화 가능한 종단 연구를 진행하기 위해서 패널 조사를 활용한 대규모 종단 연구의 필요성이 발생한다. 하지만 현재 우리나라 과학교육계에서 활용 가능한 대규모 학생 평가 자료는 PISA나 TIMSS 등의 국제비교평가 결과나 한국교육과정평가원에서 주관하는 국가수준학업성취도평가 등으로 대규모 횡단면 자료에 해당한다. 즉, 조사에 참여한 학생 수는 많지만 종단적인 성격은 없는 자료이다. 한국교육고용패널 및 한국청소년패널조사 등 과학 교과 관련 문항을 포함한 패널 자료가 드물게 존재하나, 이 역시 과학교육계에서 전통적으로 중요시하여 온 심리학적 구인들을 엄밀하게 측정한다고 하기는 어려운 형편이다. 반면 교과-특수적이지 않은 교육통계/평가의 관점에서 대체로 국어, 영어, 수학 교과 관련 문항들만을 포함하는 다양한 패널 자료에 기반하여 자기회귀 교차지연 모형 등의 방법을 사용하는 종단적 연구들이 매우 빈번히 보고되어 왔다(Shin & Son, 2015; Park & Kim, 2016; Hong *et al*., 2007). 만약 우리나라 패널 조사에서 과학 관련 문항들이 포함된다면, 보다 교과-특수적인 종단 연구를 수행할 수 있는 기반이 될 것이다. 근래 서울교육종단연구나 부산교육종단연구에서와 같이 지역교육청 단위에서 패널 조사를 수행하는 등 교육학 연구의 저변이 갈수록 확대되는 추세이다. 과학교육계에서 초중등학교 대상 기존/신설 교육 패널 조사에 과학 관련 문항이 포함되도록 하는 노력을 기울임으로써, 과학 학습 동기 및 그에 준하는 주요 교육 목표 구인들이 학생들의 미래의 삶에 어떠한 영향을 미치는지 탐색하기 위한 토대를 구축하게 되기를 기대한다.

국문요약

본 연구에서는 고등학교 맥락에서 과학 학습 동기가 높은 학생이 과학 학업 성취도가 오르게 되는지 또는 역으로 과학 학업 성취도가 높은 학생이 과학 학습 동기가 오르게 되는지의 인과 관계를 살펴보고, 이러한 두 요인들이 학생의 이공계 진로 동기에 미치는 영향을 살펴보았다. 2021년 2학기에 서울시 소재 1개 일반계고등학교 1학년 학생을 대상으로 동일 시간 간격으로 3회의 과학 학습 동기 검사를 실시하였고, 마지막 검사 시기에 이공계 진로 동기 검사 역시 실시하였다. 총 171명의 학생 중간고사 및 기말고사 성적을 포함한 자기회귀 교차지연(autoregressive cross-lagged) 모형을 구성하고 적합하였다. 연구 모형은 높은 측정안정성과 적합도를 지닌 것으로 나타났다. 자기회귀 경로와 교차지연 경로는 모두 통계적으로 유의미하였다. 다만 표준화 회귀 계수의 크기는 과학 학습 동기에서 학업 성취도로 향하는 경로가 그 역의 경로보다 큰 편이었다. 이공계 진로 동기로 향하는 경로 중 기말고사 성적은 유의미한 직접 효과를 나타내지 않았으며, 3차 과학 학습 동기 점수만이 유의미한 직접 효과를 나타내었다. 간접 효과의 경우 학기 초의 1차 과학 학습 동기가 기말고사 성적 및 이공계 진로 동기에 이르기까지 유의미한 영향을 미쳤으며, 기말고사 성적은 3차 과학 학습 동기 점수를 매개로 이공계 진로 동기에 유의미한 영향을 미쳤다. 그러나 기말고사 성적은 이공계 진로 동기에 유의미한 총 효과를 지니지 않았다. 본 연구의 결과는 과학 학습 동기와 과학 학업 성취도 간의 상호적이면서도 순환적인 인과관계와 함께, 그 가운데 과학 학습 동기가 높은 학생이 과학 성취도가 오르게 되는 효과가 그 역보다 크다는 점을 보여준다. 연구 결과로써 고등학교에서 과학 학습 동기의 중요성을 재확인하였다. 고등학교에서 학기 초, 중, 후반에 과학 학습 동기를 증진시키기 위한 교수적 함의를 논의하였으며, 후속 연구로서 고등학생의 과학 학습 동기와 학업 성취도가 향후 이공계 직업 생활에 미치는 영향에 대한 종단 연구를 제안하였다.

주제어 : 고등학교, 과학 학습 동기, 과학 학업 성취도, 이공계 진로 동기, 자기회귀 교차지연 모형

References

Ahn, S., & Park, Y. (2018). Follow-up study on career selection process for science high school graduates. Journal of Gifted/Talented Education, 28(1), 91-108.

Bandura, A. (1986). Social foundations of thought and action: A social cognitive theory. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. New York: Freeman

Bang, D. (2016). The analysis of the structural relationships among outside of school scientific experience, learning environment, science learning motivation, metacognitive strategy and academic achievement in science. Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction, 16(4), 719-740.

Chen, F. F. (2007). Sensitivity of goodness of fit indexes to lack of measurement invariance. Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal, 14(3), 464–504. https://doi.org/10.1080/10705510701301834

Chik, Z., & Abdullah, A. H. (2018). Effect of motivation, learning style and discipline learn about academic achievement additional mathematics. International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, 8(4), 772-787.

Cho, D. & Kim, H. (2020). The influence of visual design class using gamification on the learning motivation and academic achievement of first-year high school learners. Archives of Design Research, 33(2), 215-228.

Choi, J. Y., & Kim, K. H. (2018). The Effects of Motivation Improvement Program for Underachieved Students. Journal of Digital Convergence, 16(12), 87-95.

Deci, E., & Ryan, R. (1991). A motivation approach to self: Integration in personality. In Nebraska symposium on motivation (pp. 237–288), Lincoln.

Deci, E., Vallerand, R., Pelletier, L., & Ryan, R. (1991). Motivation and education: The self-determination perspective. Educational Psychologist, 26(3 & 4), 325–346.

Gibbons R. E., & Raker, J. R. (2019). Self-beliefs in organic chemistry: Evaluation of a reciprocal causation, cross-lagged model. Journal of Research in Science Teaching, 56, 598-618.

Glynn, S. M., Brickman, P., Armstrong, N., & Taasoobshirazi, G. (2011). Science Motivation Questionnaire II: Validation with science majors and nonscience majors. Journal of Research in Science Teaching, 48(10), 1159-1176.

Ha, M., & Lee, J. -K. (2013). The item response, generalizability, and structural validity for the translation of Science Motivation Questionnaire Ⅱ(SMQⅡ). Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction, 13(5), 1-18.

Höft, L., & Bernholt, S. (2019). Longitudinal couplings between interest and conceptual understanding in secondary school chemistry: an activity-based perspective. International Journal of Science Education, 41(5), 607-627.

Holmes, J. A. (2011). Informal learning: Student achievement and motivation in science through museum-based learning. Learning Environments Research, 14(3), 263-277.

Hong, S. (2000). The criteria for selecting appropriate fit indices in structural equation modeling and their rationales. Korean Journal of Clinical Psychology, 19(1), 161-177.

Hong, S. H., Min, S. P., & Kim, W. J. (2007). Testing the autoregressive cross-lagged effects between adolescents' internet addiction and communication with parents: Multigroup analysis across gender. The Korean Journal of Educational Psychology, 21(1), 129-143.

Hong, S. M. (2015). An analysis of the deviation from S&T workforce career-path in Korea. Journal of Engineering Education Research, 18(1), 11-19.

Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1998). Fit indices in covariance structure modeling: Sensitivity to underparameterized model misspecification.

Psychological Methods, 3(4), 424–453.
Jeon, K., Park, H., & Noh, T. (2005). Influence of students' perceptions of motivational climate emphasized by science teachers and peers on achievement goals. Journal of the Korean Association for Science Education, 25(3), 364-370.
Jin, M., & Yoon, H. (2002). The avoidance of science and engineering fields of high school students in attending colleges and universities in Korea. Seoul, Korea: Korean Research Institute for Vocational Education and Training.
Kang, M., Kim, Y., Lim, H., & Yoo, Y. R. (2014). Investigating the structural relationship among science experience, learning motivation, achievement and career orientation of high school students. Journal of Research in Curriculum Instruction, 18(3), 625-643.
Kim, C., Lee, H., Kwon, J., Kim, Y., & Kim, C. (1991). Assessment of Science Learning. Seoul: Kyoyookbook.
Kim, J. R. (2014). The structural relationship among intrinsic motivation, learning strategies, academic engagement, and academic achievement: Focusing on gender differences of high school students. Asian Journal of Education, 15(1), 93-113.
Kim, S., & Hong, S. (2018). The effects of school contexts and student characteristics on cognitive and affective achievement in South Korea. Asia Pacific Education Review, 19, 557-572.
Kline, R. B. (2015). Principles and Practice of Structural Equation Modeling (4th ed.). Guilford Publications.
Komatsu, H., & Rappleye, J. (2017). A PISA paradox? An alternative theory of learning as a possible solution for variations in PISA scores. Comparative Education Review, 61(2), 269-297.
Korea Ministry of Education [KMOE] (1981). General Guideline of the 4th National Curriculum.
Korea Ministry of Education [KMOE] (2015). Science Curriculum.Korea Ministry of Education [KMOE] (2021). Plans for proceeding future curriculum with peoples.
Lee, G. -G., Jeon, Y. -E., & Hong, H. -G. (2021). The effects of cooperative flipped learning on science achievement and motivation in high school students. International Journal of Science Education, 43(9), 1381-1407.
Lee, H., & Lim, H. (2020). Elementary students' and teachers' perception on science-related career and career education. Journal of Science Education, 44(1), 50-60.
Lee, H., & Noh, S. (2013). Advanced Statistical Analysis (2nd ed.). Goyang: Moonwoo.
Lee, J., & Chung, Y. (2014). An analysis of structural relationship among the attitude toward science, science motivation, self-regulated learning strategy, and science achieement in middle school students. Journal of the Korean Association for Science Education, 34(5), 491-497.
Lee, S. M. & Kim, H. -J. (2020). The Effect of Virtual Reality-assisted Art Appreciation Class on Learner's Motivation and Academic Achievement. Journal of Research in Curriculum Instruction, 24(2), 167-177.
Lee, S. -H. & Lee, H. C. (2019). The Effects of Writing Science Diary on Science Learning Motivation, Science Academic Achievement and Ecological Sensitivity of Elementary Students- Focused on the Unit of the Structure and Function of Plants -. Journal of Korean Elementary Science Education, 38(3), 387-394.
Liu, Y., Ferrell, B., Barbera, J., & Lewis, J. E. (2017). Development and evaluation of a chemistry-specific version of the academic motivation scale (AMS-Chemistry). Chemistry Education Research and Practice, 18(1), 191-213.
Moon, Y. -l. (2001). Developing emotional intelligence programs for elementary and secondary education. Journal of the College of Education, 62, 27-53.
National Science Teachers Association [NSTA] (1971). NSTA position statement on school science education for the 70's. The Science Teacher, 38, 46-51.
Nichols, J. D. (1996). The effects of cooperative learning on student achievement and motivation in a high school geometry class. Contemporary Educational Psychology, 21(4), 467-476.
Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD] (2019). OECD Future of Education and Skills 2030: OECD Learning Compass 2030 – A Series of Concept Notes. Paris: OECD.
Oliver, J. S., & Simpson, R. D. (1988). Influences of attitude toward science, achievement motivation, and science self concept on achievement in science: A longitudinal study. Science Education, 72(2), 143-155.
Park, M., Kim, Y., & Jeon, D. (2007). The effect of factors in assessment on the science learning motivation of students of high achieving students.
Park, S., & Kim, S. (2016). Reciprocal effects of social relationships and sense of community in adolescents. Studies on Korean Youth, 27(2), 5-32.
Pintrich, P. R., & Schunk, D. H. (2002). Motivation in education: Theory, research, and applications. Prentice Hall.
Schafer, R. (1968). Aspects of Internalization. International Universities Press, Inc.
Schlueter, E., Davidov, E., & Schmidt, P. (2017). Applying autoregressive cross-lagged and latent growth curve models to a three-wave panel study. In van Montfort, K., Oud, J., & Satorra, A. (eds.). Longitudinal Models in the Behavioral and Related Sciences (pp. 315-336). Routledge.
Schunk, D. H., & DiBenedetto, M. K. (2020). Motivation and social cognitive theory. Contemporary Educational Psychology, 60, 101832.
Schunk, D. H., & Hanson, A. R. (1989). Self-modeling and children's cognitive skill learning. Journal of Educational Psychology, 81(2), 155.
Shin, D., & Lee, M. (2021). Interaction between inquiry-based teaching and teacher guidance on Korean students' science achievement and motivation in PISA 2015. Korean Journal of Educational Psychology, 35(4), 707-730.
Shin, H. -j., & Je, H. -s. (2019). Exploring the happiness of children around 'doing well activities' and 'favorite activities'. The Journal of Eco Early Childhood Education & Care, 18(1), 231-252.
Shin, S., Ha, M., & Lee, J. -K. (2016). The development and validation of instrument for measuring high school students' STEM career motivation. Journal of the Korean Association for Science Education, 36(1), 75-86.
Shin, S., Rachmatullah, A., Ha, M., & Lee, J. -K. (2018). A longitudinal trajectory of science learning motivation in Korean high school students. Journal of Baltic Science Education, 17(4), 674-687.
Shin, Y., & Sohn. W. (2015). Longitudinal interplay between academic motivation and achievement: A self-determination theory perspective. The Korean Journal of Educational Psychology, 29(3), 591-610.
Singh, K., Granville, M., & Dika, S. (2002). Mathematics and science achievement: Effects of motivation, interest, and academic engagement. The Journal of Educational Research, 95(6), 323-332.
Vu, T., Magis-Weinberg, L., Jansen, B. R., van Atteveldt, N., Janssen, T. W., Lee, N. C., ... & Meeter, M. (2021). Motivation-achievement cycles in learning: A literature review and research agenda. Educational Psychology Review. https://doi.org/10.1007/s10648-021-09616-7
Williams, D. R., Brule, H., Kelley, S. S., & Skinner, E. A. (2018). Science in the Learning Gardens (SciLG): A study of students' motivation, achievement, and science identity in low-income middle schools. International Journal of STEM Education, 5(1), 1-14.
Woo, J. (2012). The Concept and Understanding of Structural Equation Model. Seoul: Hannarae.
Wyk, M. M. V. (2011). The effects of Teams-Games-Tournaments on achievement, retention, and attitudes of economics education students. Journal of Social Sciences, 26(3), 183-193.
Yoon, J., Park, S., & Myeong, J. -O. (2006). A survey of primary and secondary school students' views in relation to a career in science. Journal of the Korean Association for Science Education, 26(6), 675-690.
Yoo, W., Mayberry, R., Bae, S., Singh, K., He, Q., & Lillard, J. W. (2014). A study of effects of multicollinearity in the multivariable analysis. International Journal of Applied Science and Technology, 4(5), 9–19.
You, H. S., Kim, K., Black, K., & Min, K. W. (2018). Assessing science motivation for college students: Validation of the science motivation questionnaire II using the rasch-andrich rating scale model. EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 14(4), 1161-1173.

저자정보

이경건(서울대학교 박사수료)
문선영(서울대학교 석사과정)
한문정(서울대학교사범대학부설여자중학교 교사)
홍훈기(서울대학교 교수)