

성찰저널과 피드백을 적용한 PBL 기반의 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교수·학습 전략 개발 및 적용

서정현[†] · 김영식^{††}

요 약

본 연구에서는 성찰저널과 피드백을 적용한 PBL 기반의 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍을 적용한 교수·학습 전략을 개발하고 효과성을 검증하였다. 분석을 위해 초등학교 5학년 학생 91명을 대상으로 실험집단과 통제집단으로 구분하여 18차시 학습 내용을 6주간 적용하였다. 그 결과 논리적 사고력에서 유의한 차이를 보여 PBL을 적용한 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습이 논리적 사고력 향상에 효과가 있음이 증명되었다. 본 연구 결과를 바탕으로 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습 효과를 높일 수 있는 정교한 교수·학습 전략을 개발하고 이에 대한 적용 가능성을 확인할 수 있었다.

주제어 : 프로그래밍 학습, 피지컬 컴퓨팅, PBL

Development and Application of Teaching-learning Strategies PBL based Physical Computing Programming using Reflective Journal and Feedback

Seo Jeonghyun[†] · Kim Yungsik^{††}

ABSTRACT

This study we developed teaching and learning strategy applying PBL based physical computing programming using reflection journal and feedback, and verified its effectiveness. For the analysis, the survey with 18 sections study contents was performed for 6 weeks by dividing 91 students in 5th grade of elementary school into experimental group and control group respectively. As a result, this study proved that the students who made the structured reflections journals and receiving the feedback at the same time showed the improvement in logical thinking ability in the physical computing based programming learning situation with PBL applied. Based on the results of this study, the sophisticated teaching and learning strategy that can enhance the programming learning effect based on physical computing was developed and its applicability was proved.

Keywords : Programming Learning, Physical Computing, PBL

† 정 회 원: 한국교원대학교 초등컴퓨터교육과
†† 종신회원: 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수(교신저자)
논문접수: 2018년 10월 19일, 심사완료: 2018년 11월 27일, 게재확정: 2018년 11월 27일
* 이 논문은 2017년 서정현의 박사학위 논문을 수정·보완하여 작성한 것임.

1. 연구의 필요성 및 목적

미래 사회로 급변할수록 문제의 양상이 복잡해지고 그에 따른 해결 방법 또한 특정 지식과 학문 분야에서 해결하는 데 한계에 봉착하며 타 학문과 융합한 지식을 통해 해결이 가능한 환경으로 변화하고 있다. 이에 따라 개인의 성공적인 삶과 사회의 발전을 위해 복잡하고 다양한 문제들을 해결할 수 있는 역량을 고루 갖춘 인재가 요구된다. 주요 선진국을 중심으로 미래 사회를 살아가는 데 필요한 핵심 역량으로 논리적 사고능력을 바탕으로 한 문제해결능력과 의사결정능력을 제시하였고 다양한 학문 영역을 융합하고 인간의 사고 능력을 높은 차원으로 확장할 수 있는 중요한 요소로 컴퓨터 과학의 중요성이 강조된다[1][2][3].

컴퓨터 과학 기술이 발전하고 컴퓨터의 개념이 인간과 환경 그리고 사물의 영역까지 확장되며 개인의 창의적인 아이디어를 물리적 산출물로 제작할 수 있는 다양한 플랫폼이 등장하였다. 이에 따라 프로그래밍 학습도 소프트웨어와 하드웨어를 비롯한 다양한 지식을 융합한 물리적 산출물 중심의 프로그래밍 학습으로 변화하고 있다. 또한 프로그래밍 학습이 추상적 개념에서 인간과 환경, 사물과의 상호작용으로 확장하며 프로그래밍의 기초 개념인 ‘입력-연산-출력’을 ‘센서-트랜스듀서-액추에이터’로 구현하는 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습이 주목받게 되었다[4].

이처럼 전 세계적으로 컴퓨터 과학이 융합기술의 핵심 역량이라는 인식 하에 2015 개정 교육과정에서 초등학교 프로그래밍 학습을 정규 교육과정에 편제하였다. ‘실과’ 교과에서 프로그래밍 학습은 실생활 속에서 일어나는 문제 상황을 중심으로 학생들이 다양한 도구를 이용하여 컴퓨팅 사고를 할 수 있는 학습 방법을 제시하고 있다[5][6].

피지컬 컴퓨팅 학습매체는 프로그래밍에 입문하는 학습자에게 시각적이고 물리적인 상호작용 환경을 제공하여 쉽게 모델링 하거나 시뮬레이션

할 수 있는 경험을 제공한다. 그러나 제한된 상호작용으로 인해 문제 해결 과정에서 오개념이 발생할 수 있고 사전지식으로 인해 창의적 사고 과정을 방해하는 고착(fixation) 현상을 해소하기 부족하다. 또한 정규 교육과정 적용에 필요한 정교한 교수·학습 전략 연구가 부족한 상황에서 단순히 교사의 시범을 따라하고 개인 과제 수행 중심으로 이루어지고 있는 것이 현실이다[6][7].

피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습 환경에서 학습자는 센서, 트랜스듀서, 액추에이터의 구성을 비롯하여 프로그래밍 언어의 문법, 구조, 실행 절차, 오류 수정과 같은 높은 수준의 문제 상황에 직면한다. 이 과정에서 학습자는 계속적으로 의사결정을 하는 높은 차원의 학습 과정을 수행하는데 이 과정에서 학습자 간 선수학습 능력의 차이로 학습에 많은 곤란을 초래할 수 있다. 그러므로 초등학교 학습자를 대상으로 하는 프로그래밍 학습을 위한 학습매체 적용 연구 못지않게 학습자가 학습 과정에서 겪는 어려움을 분석하고 이를 지원을 위한 교수·학습 전략의 개발이 필요하다[7][8].

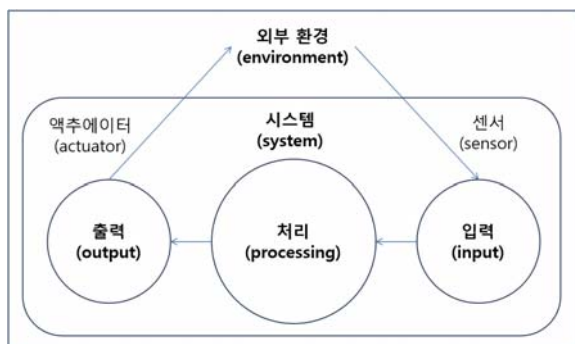
이에 본 연구는 초등학교 학습자를 대상으로 성찰저널과 피드백을 적용한 PBL 기반의 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍을 적용한 교수·학습 전략을 개발하고 이를 프로그래밍 학습 활동에 적용한 후 그에 따른 효과성을 검증하였다.

2. 이론적 배경

2.1 피지컬 컴퓨팅과 프로그래밍 학습

피지컬 컴퓨팅은 디지털 또는 아날로그 방식을 통해 외부에서 물리적 정보를 입력 받아 프로그램을 통해 처리한 정보를 물리적인 방식으로 출력하는 컴퓨팅 방법으로 물리적 외부 환경과 컴퓨팅의 상호작용으로 기존의 컴퓨터 인터페이스의 의미를 확장한 컴퓨팅 플랫폼으로 볼 수 있다. 피지컬 컴퓨팅은 인간을 비롯한 물리적 외부 환경과의 상호작용을 위해 아날로그 및 디지털 신호를 감지하고 입력하는 센서(sensor)와 액추에이터(actuator), 통합개발환경(IDE: integrated development environment)으로 구성되어 있다[17].

피지컬 컴퓨팅은 생명체의 감각 또는 외부 환경의 변수에 의한 입력 신호에 따라 외부 출력장치를 통제하는 상호작용에 초점을 맞춘 개념으로 프로그래밍이 가능한 하드웨어를 사용하여 상호작용이 가능한 객체 또는 시스템을 설계하여 물리적으로 구현하는 개념으로 이를 도식화 하면 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 피지컬 컴퓨팅의 개념도

Przybylla & Romeike(2015)는 피지컬 컴퓨팅을 구성하는 요소를 다음과 같이 세 가지 영역으로 분류하였다.

첫째, 컴퓨팅의 의미를 인간과 환경의 영역으로 확장하는 과정을 가진다. 피지컬 컴퓨팅은 초기에 임베디드 시스템(embedded system)이라는 컴퓨터 공학의 영역을 미디어 아트와 디자인 분야에 응용하고 적용하여 컴퓨터 비전공자들도 쉽게 다

룰 수 있게 발전시켜 나갔다. 이처럼 소프트웨어와 하드웨어를 통합한 개인 개발 플랫폼으로 보급되며 피지컬 컴퓨팅은 예술과 디자인의 영역에서 메이커들에게 빠르게 확산되기 시작하였다. 이러한 변화는 아이디어만 있으면 쉽게 시제품을 만드는 프로토타이핑(prototyping)을 경험할 수 있고 프로그래밍의 과정 및 결과를 물리적이고 직관적으로 확인할 수 있는 특징으로 프로그래밍 학습 영역에도 이용되고 있다.

둘째, 논리적 명령어 체계인 프로그램이 탑재된 물리적 산출물 형태를 가진다. 피지컬 컴퓨팅은 컴퓨팅 환경을 기반으로 상호작용형, 반응형, 적응형으로 구분하며 시스템의 구성에 따라 데이터가 액추에이터 전달되는 특징을 가진다.

셋째, 다양한 물리적 재료 및 하드웨어와 결합하는 특징을 가진다. 피지컬 컴퓨팅은 그 사용 목적에 따라 컴퓨터, 모듈형 하드웨어, 다양한 입·출력 장치, 마이크로 컨트롤러를 비롯하여 다양한 물리적 재료와 결합한 탠저블 인터랙션 미디어(tangible interaction media)를 제작할 수 있다[18].

구성주의 학습이론에 의하면 학습자의 실제 생활과 밀접한 경험을 바탕으로 학습 결과에 대한 의식적인 산출 활동이 이루어질 때 지식과 의미가 효과적으로 구성된다고 강조한다. 피지컬 컴퓨팅의 구성요소인 센서, 트랜스듀서, 액추에이터는 실제 생활 널리 보급된 전기, 전자, 컴퓨팅의 요소가 포함된 제품이나 환경을 시뮬레이션(simulation) 또는 프로토타이핑을 통해 상호작용적 산출물로 구현할 수 있고 새로운 아이디어를 바탕으로 응용할 수 있는 프로그래밍 학습 환경을 제공한다[9].

이처럼 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습은 학습자가 하드웨어와 소프트웨어 환경을 직접 설계하고 이를 실시간으로 동작시키며 프로그래밍의 개념과 그에 따른 물리적 동작을 실시간으로 직접 경험할 수 있는 환경을 제공한다. 또한 사물과 컴퓨팅 기기에 이식이 가능한 개방적 프로그래밍 환경은 학습자의 아이디어를 바탕으로 다양한 물리적 산출물을 구현할 수 있는 학습 환경을 제공하여 학습자의 문제해결력과 논리적사고력을 비롯한 고등사고력 향상에 효과가 있다 [3][5].

2.2 문제중심학습(PBL)과 피지컬 컴퓨팅 활용 프로그래밍 학습

문제중심학습(PBL)은 학습자가 실생활과 관련된 문제 상황에서 학습의 주체로 문제 해결에 참여하고 이를 위한 내용 지식을 학습하며 문제를 해결해가는 학습활동이다. 이 과정에서 학습자는 문제 상황을 근거로 프로젝트를 설계하고 구체적인 활동을 통해 프로젝트를 실행하고 실행 결과를 평가하고 반성하는 과정을 통해 지식을 구성하는 능동적이고 구조화된 학습 형태로 볼 수 있다[19][20].

프로그래밍 학습에서 PBL 적용에 대한 논의는 주로 로봇 프로그래밍 학습 매체를 중심으로 이루어져왔다. 허경(2011)은 초등학교 학습자를 대상으로 PBL 기반의 로봇 프로그래밍 교육과정 적용을 통해 학습자의 문제해결력 향상을 실험연구를 통해 증명하였고 오경란과 허경(2010)은 초등학교 학습자를 대상으로 PBL 기반의 라인트레이서 로봇 프로그래밍 교육과정을 개발하여 학습자의 문제해결력 향상을 실험연구를 통해 증명하였다[21][22]. 또한 김병욱 외(2010)는 PBL 기반의 프로그래밍 수업에서 학습동기 향상을 위한 학습양식 적용에 관한 연구의 효과성을 증명하였다[23]. 이와 같이 프로그래밍 학습에서 PBL을 적용한 선행 연구를 분석한 결과 대부분 PBL의 전개 과정을 따르고 있지만 PBL에서 제시하는 문제의 실제성(authenticity)과 거리가 있다. 다시 말해 물리적 실제성을 갖추고 있지만 학습자가 지식이 사용되는 맥락과 연결되어야 할 실제 세계의 복잡성과 학습자의 실천적 사고를 촉진하고 지식의 구성에 적극적으로 참여하도록 유도하는 인지적 과정의 실제성이 부족하다는 의미다. 이러한 단순한 문제 중심의 PBL은 학습자의 높은 수준의 사고력을 요구하는 프로그래밍 학습에서 실제 문제 상황을 과도하게 단순화하는 인지적 오류를 초래하여 실제 세계 문제 해결 능력을 저해할 수 있다[2][7].

초등학교 학습자가 컴퓨터 시스템과 프로그래밍에 필요한 다양한 논리체계와 의사소통 체계를 이해하는 것은 어려운 과정이다. 이러한 어려움을 해결하기 위해 프로그래밍의 과정과 결과를 물리

적 산출물로 구현하여 프로그래밍을 인간의 감각 또는 외부 환경과 입·출력에 의한 상호작용에 초점을 맞춘 피지컬 컴퓨팅 학습매체를 활용한 프로그래밍 학습에 대한 연구가 이루어지고 있다. 피지컬 컴퓨팅 학습매체를 활용한 물리적 산출물 기반의 프로그래밍 학습은 PBL에서 강조하는 실생활과 관련된 복잡성과 물리적 실제성과 인지적 실제성을 제공한다.

2.3 프로그래밍 학습에서 성찰과 피드백

프로그래밍에 입문하는 학습자는 프로그래밍의 기본 문법과 구조를 이해하고 익히는 데 많은 노력을 필요로 한다. 이 과정에서 학습자는 프로그래밍 언어의 문법, 구조, 실행 절차 오류 수정 등과 같은 문제 상황에 직면하고 인지적 갈등 상황에 직면하고 문제 해결을 위한 높은 차원의 학습 과정을 수행한다. 이 과정에서 학습 내용과 학습자 간 프로그래밍에 대한 선수학습 능력의 차이로 학습의 많은 곤란을 초래할 수 있다. 만약 교사가 학습자가 처한 곤란한 상황을 인지하지 못하거나 학습자가 교사에게 별도의 피드백을 받지 못할 경우 해결되지 못한 상태가 누적되게 된다. 특히 프로그래밍 학습은 학습자가 이전에 접하지 않은 새로운 개념을 중심으로 학습이 이루어지고 이전 단계에서 학습한 내용이 다음 단계 학습 이해에 필요하다. 그러나 학습 단계별 성찰과 피드백이 부족할 경우 학습 결손이 누적되어 프로그래밍 학습을 포기하는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 학습자가 보이는 오류와 문제의 유형을 분석하고 학습 과정에서 발생하는 오류를 수정하는 디버깅과 상위 단계의 학습을 위해 적절한 성찰 및 피드백 전략이 필요하다[7].

프로그래밍 학습에서 성찰활동의 필요성과 관련하여 김수환 외(2010)는 프로그래밍 학습자가 문제를 해결하기 위해 설계한 알고리즘을 구현하는 과정에서 성찰을 통해 어떻게 문제를 해결하는지 확인할 필요가 있다고 하였다[24]. 김용천 외(2012)는 프로그래밍 학습 과정에서 성찰 저널을 작성한 학습자는 완성도가 높은 프로젝트를 작성하였지만 성찰 저널을 작성하지 않은 학습자는

단순한 프로젝트 구현에 그쳤다는 것을 연구를 통해 증명하였다[12]. 김지선과 김영식(2015)은 온라인 프로그래밍 학습에서 구조화된 성찰저널 작성이 프로그래밍 학습 성취도 향상에 효과가 있음을 증명하였다[9]. 또한 서정현과 김영식(2016b)은 초등학교 학습자를 대상으로 한 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습에서 내용-과정-비판적 성찰 단계로 구조화된 성찰저널을 작성한 집단이 자율 기술 방식으로 비구조화된 성찰저널을 작성한 집단에 비해 논리적 사고력 향상에 효과가 있음을 증명하였다[7].

학습에서 피드백에 관련하여 Cole & Chan(1994)은 이러한 여러 유형의 피드백을 내적 피드백과 외적 피드백으로 구분하였다. 내적 피드백은 학습 활동 과정에서 스스로 생각하는 성취수준에 관련된 정보를 의미하며 외적 피드백은 학습 활동 과정에서 학습자의 성취에 대한 적절성이나 정확성에 관련하여 외부 사람으로부터 제공받는 정보를 의미한다. 내적 피드백의 대표적인 방법인 교정적 피드백은 학습과정에서 오류를 교정하거나 부가적인 설명이 제공되는 피드백을 의미한다. 외적 피드백의 대표적인 방법인 자기조절 피드백은 학습 과정에서 자기효능감과 자신감 향상과 같은 동기적 측면을 향상시키기 위한 피드백을 의미한다[25].

프로그래밍 학습에서 피드백에 관련하여 백장현 외(2002)는 웹 기반의 프로그래밍 학습에서 교정적 피드백의 유형을 단계적 정보 제공, 오류 교정, 결과 제시의 세 단계로 분류하여 학습 효과를 분석한 결과 단계적 정보 제공 피드백과 오류 교정 피드백을 실시한 집단이 학업 성취도가 높은 반면 결과 제시 교정 피드백은 학습 효과가 없음을 실험 연구를 통해 증명하였다[26].

이를 통해 프로그래밍 학습에서 성찰저널 제시 유형과 피드백 전략에 따라 동일한 학습모형 모형을 적용하여도 학습자의 학업 성취도에 차이가 있음을 알 수 있다. 따라서 프로그래밍 학습 환경에서 학습자의 학업 성취도 향상을 위한 구조화된 성찰 및 피드백 전략을 적용할 필요가 있다.

2.4 프로그래밍 학습과 논리적 사고력

프로그래밍 학습은 프로그래밍 언어를 바탕으로 알고리즘 사고력과 문제해결력, 논리적 사고력, 창의적 인성과 같은 고등사고력을 신장시키며 이를 위해 명령어 사이의 관계와 규칙을 이해하고 프로그래밍 과정에서 요구되는 문제해결, 오류 검증 및 수정 작업을 반복하게 된다. 이처럼 프로그래밍 언어는 논리적 개념에 바탕을 두고 있어 학습을 통해 논리적 사고력에 영향을 미친다[9].

김영채와 박권생(1992), 이좌택과 이상봉(2004)은 논리적 사고력은 일반적으로 대상 간의 인과관계와 규칙을 파악하여 추론하는 능력으로, 편견이나 왜곡된 정보 또는 간섭에 영향을 받지 않고 합리적으로 문제를 해결할 수 있는 능력으로 정의하였다. 논리적 사고력은 비판적 사고와 유사한 개념으로 추리 능력을 의미하며 어떤 주장이나 정보에 대한 가치를 판단하기 위해 객관적으로 분석하는 능력의 개념으로 볼 수 있다[10][11]. 또한 논리적 사고력은 기술적 문제해결 과정의 각 단계에서 주어진 사건 간의 관계에서 논리적인 관계를 파악하여 규칙을 알아내는 경우에 적용되는 능력을 의미한다. Roadranka 외(1983)는 논리적 사고력의 하위 개념을 ‘보존 논리’, ‘비례 논리’, ‘변인통제 논리’, ‘확률 논리’, ‘상관 논리’, ‘조합 논리’의 여섯 가지로 분류하고 이를 측정하기 위한 검사도구인 GALT(group assessment of logical thinking)를 개발하였다[13].

프로그래밍 학습이 학습자의 논리적 사고력 향상에 미치는 영향에 대한 선행연구들을 살펴보면 김진동과 양권우(2010)은 초등학교 6학년 학습자를 대상으로 실생활 속 사례를 통한 알고리즘 학습을 실시한 후 GALT 검사를 실시한 결과 상관 논리 영역을 제외한 보존, 비례, 변인통제, 확률, 조합의 5개 영역에서 성취 효과가 있음을 확인하였다[14]. 채재호 외(2008)는 초등학교 학습자를 대상으로 로봇 프로그래밍 학습을 실시한 결과 비례, 확률, 상관, 조합의 4개 영역에서 성취 효과가 있음을 확인하였다[15]. 또한 김태훈과 김종훈(2013)은 초등학교 학습자를 대상으로 EPL을 이용한 프로그래밍 학습을 실시한 결과 상관 논리 영역을 비롯하여 전체 영역의 총점에서 성취

효과가 있음을 확인하였다[16].

이처럼 연구자에 따른 다양한 프로그래밍 교수·학습 전략과 연구를 통해 프로그래밍 학습이 초등학교 학습자의 논리적 사고력 향상에 효과가 있음을 알 수 있다.

3. 연구 내용 및 방법

3.1 연구절차 및 내용

본 연구의 교수·학습 전략의 설계 및 개발 방법은 다음과 같다.

첫째, 문제 중심의 교수·학습 전략을 설계한다. 문제는 학습자의 지적 발달과 프로그래밍 학습의 성취기준 및 내용에 근거를 두고 학습자의 일상생활에서 실제적으로 경험할 수 있는 프로그래밍 요소를 포함하며 이를 바탕으로 학습자가 다양한 문제 해결 전략을 적용할 수 있도록 개발한다.

둘째, 문제 개발 전략을 설계한다. 학습자가 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍을 통해 설계하고 제작할 산출물은 학습자가 실생활에서 접할 수 있는 제품을 재현하거나 응용할 수 있도록 한다. 이 과정에서 학습자가 문제 해결을 위해 문제를 분석하고 정보를 탐색하며 계획하는 과정이 포함되고 문제 해결을 위한 다양하고 실제적인 해결책이 존재하도록 설계한다.

셋째, 학습 과정에서 구조화된 성찰과 학습자의 유형에 맞는 피드백 전략을 개발한다. 학습자가 프로그래밍 학습 과정에서 직면하는 다양한 문제 상황과 갈등 상황에 직면할 수 있다. 그 과정에서 중도에 포기하는 상황을 예방하기 위해 낮은 단계의 기초 프로그래밍 내용에서, 아이디어 제시 및 구현의 과정, 최종 결과물 산출 단계에서 가장 높은 성찰이 이루어지는 단계별 성찰저널을 작성하고 그 과정에서 내적 피드백 방법인 교정적 피드백과 외적 피드백 방법인 자기조절 피드백을 실시하여 학습자를 지원하는 전략을 설계한다.

넷째, 피지컬 컴퓨팅을 이용한 물리적 산출물 구현에 적합한 학습 환경을 설계한다. 피지컬 컴퓨팅 학습매체는 학습자가 환경과 실제적으로 상

호작용할 수 있는 산출물이 설계 및 제작될 수 있도록 안전하고 정확한 동작이 검증된 학습매체를 선정한다.

3.2 문제 개발 및 제시

문제 개발 전략을 통해 학습자에게 제시되는 문제는 생활에서 접할 수 있는 피지컬 컴퓨팅 시스템이 이야기 형태로 제공되며 초등학교 5학년 학습자 수준에 적합한 실제성과 비구조성, 복잡성의 조건을 만족하는 형태로 제시된다. 학습자는 문제 상황에서 한 가지 이상의 상황을 선택하여 산출물로 제작한다. 학습자에게 제시되는 문제 예시는 다음과 같다.

어느 겨울 저녁 OO는 스포츠센터에서 수영을 마치고 나왔다. 자동문이 열리며 문 위에서 건물 안으로 찬바람을 막아주는 에어 커튼이 작동했다. (중략)

차 안은 따뜻했지만 머리를 다 말리고 나오지 않아 추위가 느껴졌다. 그래서 19도로 설정된 히터 온도 조절 다이얼을 24도까지 올렸더니 따뜻한 바람이 세게 나왔다. 잠시 후 차 안은 따뜻해지며 히터는 더 이상 작동하지 않았다. (중략)

주차 차단기가 열리며 지하주차장으로 들어갔고 후진을 하며 주차장 벽면과 가까워질수록 경보음 간격이 짧아지더니 잠시 후 경보음이 간격 없이 길게 났다. (중략)

집의 현관문의 도어락의 비밀번호를 누르자 잠금 장치가 열렸고 집에 들어와 문을 단자 잠금 장치가 잠겼다. 현관에 들어서자 천정에 있는 조명등에 불이 켜졌고 거실로 들어오자 몇 초 뒤 불이 꺼졌다.

3.3 교수·학습 전략 설계

본 연구에서 설계한 교수·학습 전략 적용을 위해 서정현과 김영식(2016b)이 제안한 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습 전략과 Nicol(2006)과 Shute(2008)가 제시한 학습에서 성찰 및 피드백 전략을 적용하여 개발하였으며

학습 단계별 내용과 성찰 및 피드백 전략은 각각 <표 1>, <표 2>와 같다[7][27][28].

<표 1> 학습 단계별 내용 구성

단계	내용	차시
준비단계	<ul style="list-style-type: none"> 전체 학습 안내 피지컬 컴퓨팅의 기초 개념 블록형 프로그래밍 도구 피지컬컴퓨팅 도구와 스크래치를 이용한 프로그래밍 기초 내용(content) 관련 성찰저널 작성 	1 ~ 4
문제제시	<ul style="list-style-type: none"> 동기유발 및 피지컬 컴퓨팅 산출물 제작 사례 제시 실생활에서 프로그래밍 적용 사례 제시 학습자 중심 탐색 과정 	5
	<ul style="list-style-type: none"> 실제 상황의 비구조화된 문제 상황 제시 문제 상황에 포함된 관련 사실 탐색 및 문제 정의 문제에서 요구하는 필수 조건 확인 	6
	<ul style="list-style-type: none"> 과제 수행에 필요한 자원(센서, 트랜스듀서, 액추에이터, 기타 물리적 구조체) 탐색 산출물 제작을 위한 과제 수행 계획서 작성 산출물 작동에 필요한 프로그래밍 구성 요소 탐색 학습 그룹별 역할 분담 과정(process) 관련 성찰 저널 작성 	7 ~ 9
과제수행	<ul style="list-style-type: none"> 내용 관련 성찰 저널 피드백 과제 수행 계획서에 따른 산출물 제작 산출물 작동에 필요한 프로그래밍 스크립트 작성 시험 작동 및 오류 검출 오류 수정 및 산출물 보완 계획 수립 과정(process) 관련 성찰 저널 작성 	10 ~ 13
	<ul style="list-style-type: none"> 오류 수정 및 보완책 실행 최적의 결과물 완성하기 최종 작동 및 완성 	14 ~ 15
발표평가	<ul style="list-style-type: none"> 산출물 발표 및 시연 프로그래밍 블록 공개 및 제작 과정 발표 의사 결정 및 오류 수정 과정 발표 	16
	<ul style="list-style-type: none"> 교사 및 동료 평가 실시 학습의 전반적 과정에 정리 비판적(critical) 성찰 저널 작성 	17
정리단계	<ul style="list-style-type: none"> 학습 그룹 간 성찰 저널 공유 학습한 개념 확인 	18

<표 2> 학습 단계별 성찰 및 피드백 전략

학습 단계	성찰 단계	성찰저널 질의 내용	피드백
준비 단계	내용 성찰	<ul style="list-style-type: none"> 학습 활동을 통해 배운 내용은 무엇이며 새로 알게 된 사실은 무엇입니까? 새로운 지식을 어떤 학습 과정을 통해 배웠습니까? 학습 과정에서 아쉬운 점 또는 이해하기 어려운 점은 무엇입니까? 학습 내용을 실제 나의 생활과 어떤 관련이 있습니까? 	교정 피드백
학습 단계	과정 성찰	<ul style="list-style-type: none"> 제작에 필요한 아이디어는 무엇입니까? 어떠한 과정과 원리로 작동하도록 설계하였습니까? 제작 과정에서 예상되는 어려움은 어떤 것이며 해결 방법은 무엇입니까? 이것이 나의 생활과 어떤 관련이 있습니까? 	교정 피드백 자기 조절 피드백
정리 및 평가 단계	비판적 성찰	<ul style="list-style-type: none"> 무엇을 설계하고 완성하였습니까? 프로젝트를 수행하며 어려웠던 점이나 실행 과정의 문제점은 무엇이 있었습니까? 문제점을 어떠한 과정으로 해결하고 수정했습니까? 잘된 점과 보완해야 할 점은 무엇입니까? 만약 처음부터 다시 설계한다면 어떻게 할 것이며 그 이유는 무엇입니까? 	자기 조절 피드백

3.3.1 준비단계

준비 단계에서는 피지컬 컴퓨팅에 대한 개념을 이해하고 블록형 프로그래밍 언어로 센서와 트랜스듀서, 액추에이터를 제어하기 위한 기초 학습을 실시한다. 이 과정은 학습자 간 성취 능력 편차가 크기 때문에 학습 후 내용 성찰저널을 작성한다. 또한 교사는 학습자의 개인별 성취도와 학습자가 처한 상황에 따라 학습자의 긍정적인 행동을 강화시키고 오류나 실수 교정에 필요한 정보를 제공하여 개인별 성취도의 차이를 극복할 수 있도록 교정적 피드백을 실시한다.

3.3.2 문제 제시 및 파악

문제 제시 단계에서는 학습자가 실제 경험할 수 있는 일상적 소재를 중심으로 개발하였다. 학습자에게 제시된 문제는 출입통제, 센서 감응형 조명기구 등과 같이 실생활에서 접할 수 있는 다양한 장치를 제시하였다. 또한 문제에서 프로그래밍 학습이 시작되고 그에 필요한 지식과 기능이 충분히 이루어질 수 있고 초등학교 학습자의 수준에 적합한 문제해결 접근이 이루어질 수 있도록 비구조화되고 복잡한 상황을 제시하였다

3.3.3 과제 수행 계획

과제 수행 계획 단계에서는 주어진 문제를 단계적으로 분석하고 제어 과정에 따른 설계를 거친 후 피지컬 컴퓨팅 학습매체를 이용하여 구성하고 스크래치 프로그래밍을 통해 산출물을 구상하는 활동이 이루어진다. 학습자는 학습 내용과 과정에 대한 과정 성찰저널을 작성한다. 교사는 학습자가 산출물 구현 단계에서 직면하는 오류나 실수의 교정을 위해 교정적 피드백을 실시하고 자기효능감과 내적동기를 향상시킬 수 있도록 자기조절 피드백을 실시한다.

3.3.4 문제 해결 모색

문제 해결 모색 단계에서는 과제 수행 계획 단계의 설계를 통해 선택한 방법으로 프로그래밍을 실시하고 1차 시연 과정을 통해 추가로 개발할 내용을 확인하며 수정을 반복한다. 이 과정은 프로그래밍에서 디버깅에 해당하는 단계로 학습자는 산출물 구현과 시연 과정에서 발생하는 오류를 탐색하고 수정하는 전략을 적용하며 산출물의 완성도를 높인다. 이 과정에 대한 과정 성찰저널을 작성하고 성찰 내용에 따라 교사는 교정적 피드백을 실시하여 오류를 수정하는 방법을 탐색한다.

3.3.5 결과 정리

결과 정리 단계에서는 프로그래밍 오류에 대한 수정사항과 추가 기능에 대한 고안 중 최적의 산

출물을 만들기 위한 구현 방법을 결정하고 이를 적용 및 수정하여 산출물을 완성한다.

3.3.6 발표 및 평가

프로그래밍 학습과 산출물 제작 과정 전반에 걸쳐 발표와 시연을 통해 평가하고 미해결된 문제나 좀 더 학습이 필요한 내용에 대해 학습자 간 또는 학습자와 교사 간 토론을 실시한다. 이 과정이 끝나면 학습자는 성찰 단계 중 가장 높은 단계인 비판적 성찰저널을 작성한다. 이 단계에서 교사는 학습자에게 자기조절 피드백을 실시한다. 자기조절 피드백을 통해 학습자의 진행사항에 대한 목표, 기준을 확인하며 양질의 정보 제공과 함께 칭찬 및 비판 전략을 구사한다. 또한 그룹별 학습에서 학습자 간 목표 불일치 등과 같은 갈등 상황을 조율하여 상호작용을 촉진한다. 이러한 촉진 과정에서 학습자의 노력과 전략에 대한 칭찬을 통해 동기를 부여하고 자존감을 향상시킨다. 산출물 제작이 마무리 되면 디버깅을 통해 과제에 대한 개선이 이루어지고 완성도를 높일 수 있도록 학습 진행 과정의 공유를 유도한다.

3.3.7 학습 단계별 성찰 및 피드백 전략

학습 단계별 성찰저널의 양식과 피드백 전략을 적용함으로써 학습 목표 달성을 위한 지적, 동기적 행동을 촉진하여 학습자가 정보를 탐색하고 변형, 재생산 하는 과정을 통해 산출물의 완성도와 프로그래밍 학습의 성취도를 높일 수 있다.

준비 단계는 새로운 개념과 내용을 마주하므로 학습자는 내용 관련 성찰 저널을 작성한다. 이 단계에서 내용 성찰 저널을 통해 학습을 통해 배운 내용과 이해하기 어려운 개념을 기술한다. 교사는 이 단계에서 교사는 교정적 피드백에서는 학습 과정에서 겪은 어려움에 대한 직접적이고 부가적인 정보 제공 없이 특정 문제에 대한 정확한 정보의 제공이 이루어지고 학습 과정의 실수를 지적하지 않고 오류 수정을 유도하는 제한적인 피드백을 제공한다

학습 단계는 문제를 정의하고 과제수행에 필요한 자원 탐색을 통해 산출물을 제작하는 단계다.

이 단계에서 과정 성찰 저널을 통해 학습 과정에 대한 분석, 다양한 관점을 비롯하여 오류 수정을 통해 모색한 대안에 대한 기술이 이루어진다. 이 과정에서 교사는 교정적 피드백과 자기조절 피드백을 동시에 구사한다. 자기조절 피드백은 학습자가 스스로 과제를 수행할 수 있도록 인지적, 동기적 통제를 통해 자기효능감과 내적동기를 향상시키기 위한 피드백 전략이다.

정리 및 평가 단계는 산출물을 시연하고 동료 학습자와 교사의 평가 내용을 공유하는 단계다. 이 단계에서 비판적 성찰 저널을 통해 학습 과정에서 지식과 설계 및 구현 과정의 검증 및 비판을 통해 새로운 의미를 발견하고 향후 학습에 어떻게 반영할 것인지에 대한 제시가 이루어진다. 이 단계에서는 학습자가 다음 단계의 학습을 지속할 수 있는 내적동기 향상을 위한 자기조절 피드백을 실시한다.

4. 연구 방법 및 절차

4.1 연구가설 및 실험대상

본 연구에서는 성찰저널과 피드백을 적용한 PBL 기반의 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교수·학습 전략이 초등학생의 논리적 사고력에 미치는 효과를 검증하기 위해 다음과 같이 연구 가설을 설정하였다.

연구가설 1 : 문제중심학습(PBL)을 적용한 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습을 실시한 집단과 기존의 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습을 실시한 집단 간 논리적 사고력에 대한 유의한 차이가 있을 것이다.

연구가설 2 : 문제중심학습(PBL)을 적용한 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습에서 구조화된 성찰저널 작성과 피드백을 실시한 집단과 비구조화된 성찰저널 작성과 피드백을 실시한 집단 간 논리적 사고력에 대한 유의한 차이가 있을 것이다.

본 연구의 실험 처치 대상은 경기도 성남시에 소재한 N 초등학교 5학년 3개 학급으로 구성하였

다. 각 학급은 ‘실험 집단 1’, ‘실험집단 2’, 통제 집단으로 구성하였으며 실험 처치 전 후 전입 또는 전출로 인해 과정을 이수하지 못한 학생 1명을 제외한 이수 완료자를 대상으로 구성하였으며 실험 연구 대상은 <표 3>과 같다.

<표 3> 실험 연구 대상

집단	남학생 (N=49)	여학생 (N=42)	계
통제 집단	17(18.6%)	14(15.3%)	31(34%)
실험집단1	16(17.5)	14(15.3%)	30(32.9%)
실험집단2	16(17.5%)	14(15.3%)	30(32.9%)
계	49(53.8%)	42(46.1%)	91(100%)

4.2 연구실험 설계

본 연구에서는 PBL을 적용한 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습에서 구조화된 성찰저널 작성과 피드백을 적용한 교수·학습 전략이 초등 학교 학습자의 논리적 사고력에 미치는 효과를 분석하기 위해 실험집단과 통제집단으로 구분하여 비교하였다.

1차적으로 연구가설 1을 통해 PBL을 적용한 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습을 실시한 집단의 논리적 사고력을 분석하기 위한 실험 설계를 실시하였다. 실험집단은 PBL을 적용한 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 학습과 비구조화된 성찰저널 작성을 적용하였고 통제집단은 일반적인 프로그래밍 학습을 적용한 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 학습을 실시하였다.

2차적으로 연구가설 2를 통해 PBL을 적용한 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습에서 구조화된 성찰저널 작성과 피드백을 실시한 집단의 논리적 사고력을 분석하기 위해 구조화된 성찰저널과 피드백을 적용한 집단과 비구조화된 성찰저널 작성과 피드백을 집단으로 나누고 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습을 실시하였다.

연구가설 1, 2를 검증하기 위한 실험설계는 <표 4>와 같다.

<표 4> 실험 설계

G ₁	O ₁	X ₁	O ₂
G ₂	O ₃	X ₂	O ₄
G ₃	O ₅	X ₃	O ₆

- G₁: 통제 집단
- G₂: 실험 집단 1
- G₃: 실험 집단 2
- O₁, O₃, O₅: 사전 검사(논리적 사고력 검사)
- O₂, O₄, O₆: 사후 검사(논리적 사고력 검사)
- X₁: 피지컬 컴퓨팅을 적용한 일반적 프로그래밍 학습
- X₂: PBL을 적용한 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 학습에서 비구조화된 성찰과 피드백
- X₃: PBL을 적용한 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 학습에서 구조화된 성찰과 피드백

본 연구의 논리적 사고력을 측정하기 위해 사용한 검사도구는 Roadranka와 Padilla(1983)가 개발한 GALT(group assessment of logical thinking) 검사지를 사용하였다. GALT 검사지는 설문조사나 임상면접 검사의 문제점을 보완하고 학습자의 논리적 사고력에 대한 인지수준을 측정할 수 있는 검사도구로 알려졌다. GALT 검사지는 총 21개 문항으로 구성되어 있고 각 문항은 답과 그 답을 선택한 이유를 선택하도록 구성되어 있다.

4.3 연구결과

본 연구의 실험 집단과 통제 집단을 대상으로 사전 및 사후 검사 결과의 통계 분석을 위해 정규분포와 등분산 검정을 실시하였으며 검정 결과는 <표 5>, <표 6>과 같다.

<표 5> Shapiro-Wilk 검정

집단	Shapiro-Wilk		
	통계량	df	p
G ₁	.940	31	.082
G ₂	.959	30	.287
G ₃	.965	30	.412

<표 6> 사전검사 점수에 대한 Levene 통계량

검사지	Levene 통계량	df1	df2	p
GALT	.747	2	88	.477

집단 간 정규성 검정을 위한 Shapiro-Wilk 검정 결과 $p < .05$ 에서 실험집단 1, 2와 통제집단 간 유의확률 p 는 각각 .287, .412, .082로 $p < .05$ 에서 두 집단의 정규분포를 만족하고 등분산 검정을 위한 Levene의 통계량 검정 결과 $p = .477$ 로 $p < .05$ 에서 두 집단의 등분산 가설을 만족하는 것으로 확인하였다.

세 집단 간 논리적 사고력에 대한 사전검사 점수의 차이를 알아보기 위해 일원배치분산분석을 실시하였으며 검정결과는 <표 7>과 같다.

<표 7> 사전검사(논리적 사고력)

	제곱합	df	평균 제곱	F	p
집단-간	48.538	2	24.269	2.279	.108
집단-내	937.286	88	10.651		
합계	985.824	90			

세 집단의 논리적 사고력에 대한 사전검사 결과 $p = .108$ 로 $p < .05$ 에서 등분산 가설을 만족하여 동일집단임을 확인하였다.

본 연구에서 제안한 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 교수·학습 전략을 적용한 실험집단은 학습과정에서 구조화된 성찰저널 작성 및 피드백 전략을 적용한 집단과 비구조화된 성찰저널 작성 및 피드백 전략을 적용한 두 집단과 통제집단 사이의 논리적 사고력 점수의 차이를 분석하였다. 이를 위해 세 집단에 대한 실험처치 사전-사후 대응표본 t-검정을 각각 실시하였으며 검정 결과는 <표 8>과 같다.

<표 8> 사전-사후 대응표본 t검정

집단	검사	N	M	SD	t	p
G ₁	사전	31	8.23	2.741	2.185	.037
	사후	31	8.87	2.592		
G ₂	사전	30	10.00	3.533	2.099	.045
	사후	30	11.40	3.811		
G ₃	사전	30	8.93	3.473	9.251	.000
	사후	30	12.73	3.850		

검정 결과 $p < .05$ 에서 세 집단 모두 실험처치에 대한 유의미한 차이가 있음을 확인하였다. 그러므로 실험처치 과정의 사전검사 점수를 통제된 공분산분석(ANCOVA)을 이용하여 세부적인 검정이 필요하다.

‘연구가설 1’에서 PBL을 적용한 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습에 대한 실험처치 효과를 검증하기 위해 ‘실험집단 2’를 대상으로 PBL을 적용한 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습을 적용하고 ‘통제집단’을 대상으로 기존의 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습을 적용한 후 두 집단의 사전검사 점수를 공변량으로 정한 공분산분석 결과와 교정점수는 각각 <표 9>, <표 10>과 같다.

<표 9> 연구가설 1에 대한 공분산분석 결과

소스	제공합	자유도	평균제공	F	p	부분에타 제공 (η^2)
수정 모형	331.705a	2	165.853	24.761	.000	.461
절편	121.680	1	121.680	18.166	.000	.239
사전	234.192	1	234.192	34.964	.000	.376
집단	27.973	1	27.973	4.176	.046	.067
오차	388.491	58	6.698			
합계	6961.000	61				
수정 합계	720.197	60				

a. R 제곱 = .461(수정된 R 제곱 = .442)

<표 10> <표 9>의 결과에 대한 교정점수

집단	N	사전검사		사후검사		교정평균	
		M	SD	M	SD	M	SE
G ₁	31	8.23	2.741	8.87	2.592	9.422	.474
G ₂	30	10.00	3.533	11.40	3.811	10.831	.482

‘연구가설 1’에 대한 공분산분석 결과 실험집단 2와 통제집단 간 $F = 4.176$, $p = .046$ 으로 $p < .05$ 에서 유의미한 차이가 있음을 확인하였다. 또한 실험처치 효과(effect size)를 나타는 부분에타 제공(partial η^2)은 .067로 중간 정도의 실험 처치 효과를 나타냈다.

‘연구가설 2’에서 PBL을 적용한 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습에서 구조화된 성찰저널 작성과 피드백 적용의 실험 처치 효과를 검증하기 위해 ‘실험집단 1’을 대상으로 PBL을 적용한 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습에서 구조화된 성찰저널 작성 및 피드백을 적용하고 ‘실험집단 2’에는 비구조화된 성찰저널 작성을 실시한 후 두 집단의 사전검사 점수를 공변량으로 정한 공분산분석을 실시하였으며 분석 결과와 교정점수는 각각 <표 11>, <표 12>와 같다.

<표 11> 연구가설 2에 대한 공분산분석 결과

소스	제공합	자유도	평균 제공	F	p	부분에타 제공 (η^2)
수정 모형	398.472a	2	199.236	23.696	.000	.454
절편	191.513	1	191.513	22.777	.000	.286
사전	371.806	1	371.806	44.220	.000	.437
집단	64.861	1	64.861	7.714	.007	.119
오차	479.261	57	8.408			
합계	9614.000	60				
수정 합계	877.733	59				

a. R 제곱 = .454(수정된 R 제곱 = .435)

<표 12> <표 11>의 결과에 대한 교정점수

집단	N	사전검사		사후검사		교정평균	
		M	SD	M	SD	M	SE
G ₂	30	10.00	3.533	11.40	3.811	11.015	.533
G ₃	30	8.93	3.473	12.73	3.850	13.119	.533

실험처치 후 사전검사 점수를 공변량으로 처리한 공분산분석 결과 실험집단과 통제집단 간 $F = 7.714$, $p = .007$ 로 $p < .05$ 에서 유의미한 차이가 있음을 확인하였다. 또한 실험처치 효과(effect size)를 나타는 부분메타제곱(partial η^2)은 .119로 높은 수준의 실험 처치 효과가 나타났다.

5. 결론 및 제언

본 연구에서는 피지컬 컴퓨팅의 핵심 기능인 외부 환경과의 상호작용성에 주목하였다. 이는 피지컬 컴퓨팅 학습매체를 단순히 제어하는 학습이 아닌 실제적 문제를 통한 프로토타이핑을 통해 환경과 상호작용이 가능한 형태의 산출물 제작 방식의 교수·학습 전략 개발하고 실험연구를 통해 효과성을 검증하였다.

교수·학습 전략의 효과 검증을 위해 실험집단과 통제집단으로 나누어 실험처치 사전-사후 논리적 검사를 실시하였으며 일원배치 분산분석 및 공분산 분석을 통해 실험처치 효과를 검증하였고 결과는 다음과 같다.

연구가설 1에 대한 검정 결과 집단 간 점수 차이는 $F = 4.176$, $p = .046$ 으로 $p < .05$ 에서 유의한 차이가 있음을 확인하였다. 실험처치 효과(effect size)를 나타는 부분메타제곱(partial η^2)은 .067로 중간 정도의 실험 처치 효과를 나타내는 것으로 확인하였다.

연구가설 2에 대한 검정 결과 집단 간 점수 차이는 $F = 7.714$, $p = .007$ 로 $p < .05$ 에서 유의미한 차이가 있음을 확인하였다. 또한 실험처치 효과(effect size)를 나타는 부분메타제곱(partial η^2)은 .119로 높은 수준의 실험 처치 효과를 나타

내는 것으로 확인하였다.

이상과 같이 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습에서 PBL을 적용하여 실제생활의 문제를 물리적인 산출물을 통해 구현하는 학습이 학습자의 논리적 사고력 향상에 효과가 있음을 실험연구를 통해 증명하였다. 또한 동일하게 PBL을 적용한 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습에서 구조화된 성찰저널 작성과 피드백을 적용한 집단이 비구조화된 성찰저널 작성과 피드백을 적용한 집단에 비해 높은 수준의 논리적 사고력이 향상됨을 증명하며 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습에서 학습자의 성찰 활동과 교사의 피드백 전략을 적용한 방법이 기존의 방법에 비해 학습자의 논리적 사고력 향상에 유의미한 향상이 있음을 실험연구를 통해 증명하였다.

본 연구 결과를 통해 초등학교 교육과정에 프로그래밍 학습 도입을 앞둔 현 상황에서 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습 효과를 높일 수 있는 정교한 교수·학습 전략을 개발하고 이에 대한 적용 가능성을 시사한다. 또한 연구 결과를 바탕으로 현재 초등학생을 대상으로 하는 프로그래밍 학습매체로 주목받고 있는 피지컬 컴퓨팅 학습매체 활용 프로그래밍 학습 자체의 지나친 낙관을 경계하는 동시에 프로그래밍에 입문하는 초등학생 단계에서 학습 단계별 구조화된 성찰저널 작성과 피드백 전략의 중요성을 시사한다.

본 연구결과를 바탕으로 향후 연구과제에 대해 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습 설계 및 적용 과정에서 학습자의 수준에 따른 학습 전략과 학습 과정의 어려움 및 요구사항을 다양한 성찰 방법을 통해 파악하고 이를 지원할 수 있는 연구가 필요하다

둘째, 피지컬 컴퓨팅 학습매체가 가지는 상호작용성을 활용한 인터랙티브 프로토타이핑 전략을 프로그래밍 학습에 적용할 수 있는 교수·학습 모형 개발에 연구가 필요하다.

셋째, 현재 개발되고 보급되고 있는 피지컬 컴퓨팅 학습 매체에 대한 선택 기준이 마련되지 않아 교육 현장에서 도입의 혼선이 발생하고 있으므로 객관적인 교구 선정 및 제작 표준이 마련되어야 하고 이에 대한 후속 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 교육부. (2015). **개정교육과정 총론**. 교육부 고시 제 2015-74 호 서울: 교육부.
- [2] 강인애. (2009). 성찰저널(Reflective Journal) 이 지닌 교육적 의미에 대한 탐구: 대학에서의 수업사례. **한국교육방법학회논문지**, 21(2), 93-117.
- [3] 김경훈, 강오한, 김영식, 김윤영, 서인순, 안성진, 저운영, 최현중. (2012). **미래 한국인의 핵심 역량 증진을 위한 창의적 문제 해결력 기반의 정보 교육 정책 방향 탐색**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRC, 7.
- [4] 서정현, 김영식. (2016a). 초등학생의 미래 IT 역량 강화를 위한 융합적 산출물 기반 소프트웨어 교육용 콘텐츠 개발 및 적용. **정보교육학회논문지**, 20(4), 357-366.
- [5] 김혜진, 서정현, 김영식. (2016). 아두이노를 연계한 스크래치 프로그래밍 교육이 중학생의 창의적 문제해결력에 미치는 영향. **학습자중심교과교육연구**, 16, 707-724.
- [6] 이은경. (2009). **Computational Thinking 능력 향상을 위한 로봇프로그래밍 교수 학습 모형**. 박사학위논문, 한국교원대학교
- [7] 서정현, 김영식. (2016b). 성찰일지를 활용한 PBL 기반 초등학교 프로그래밍 교육 교수·학습 전략 개발 및 적용. **정보교육학회논문지**, 20(5), 465-474.
- [8] 김지선, 김영식. (2015). 성찰일지를 적용한 온라인 프로그래밍 학습에서 성찰일지 작성이 성취도에 미치는 영향 분석. **교원교육**, 13(S), 115-132.
- [9] 최숙영. (2011). 21st Century Skills 와 Computational Thinking 관점에서의. **컴퓨터교육학회논문지**, 14(6), 19-30.
- [10] 김영채, 박권생. (1992). **사고력 교육을 위한 학습전략**. 서울: 교육과학사.
- [11] 이좌택, 이상봉. (2004). 컴퓨터교과교육: 컴퓨터 프로그래밍 학습에서 논리적 사고력 측정도구의 개발과 타당화 연구. **컴퓨터교육학회논문지**, 7(4), 15-25.
- [12] 김용천, 김자미, 이원규. (2012). 초등학생의 프로그래밍 학습에서 활동지를 사용한 성찰에 대한 사례 연구. **정보교육학회논문지**, 16(1), 21-31.
- [13] Roadrangka, V., Yeany, R. H., & Padilla, M. J. (1983). The construction of a group assessment of logical thinking (GALT). *In th annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Dallas, Texas, April*, 5-8.
- [14] 김진동, 양권우. (2010). 실생활 속 사례를 통한 알고리즘 학습이 논리적 사고력에 미치는 영향. **정보교육학회논문지**, 14(4), 555-560.
- [15] 채재호, 배영권, 유인환. (2008). 로봇프로그래밍 학습이 초등학생의 논리적 사고력 신장에 미치는 영향. **교원교육**, 24(2), 361-376.
- [16] 김태훈, 김종훈. (2013). 컴퓨터교과교육: Kodu 를 이용한 프로그래밍 학습이 초등학생의 논리적 사고력과 학습 흥미에 미치는 영향. **컴퓨터교육학회논문지**, 16(3), 13-22.
- [17] O'Sullivan, D., & Igoe, T. (2004). *Physical computing: sensing and controlling the physical world with computers*. Course Technology Press.
- [18] Przybylla, M., & Romeike, R. (2015). Key Competences with Physical Computing. *KEYCIT 2014: key competencies in informatics and ICT*, 7, 351.
- [19] 강인애. (2003). PBL의 이론과 실제. 서울: 문음사.
- [20] Levin, B. B. (2001). *Energizing teacher education and professional development with problem-based learning*. ASCD.
- [21] 허경. (2011). PBL 기반 초등 로봇 프로그래밍 교육과정 개발. **정보교육학회논문지**, 15(4), 543-550.
- [22] 오경란, 허경. (2010). 라인트레이서를 활용한 센서기반 초등로봇프로그래밍 PBL 문제 개발 및 적용 분석. **정보교육학회논문지**, 14(3), 301-310.
- [23] 김병욱, 김한성, 이원규. (2010). PBL 기반 프로그래밍 수업에서 학습양식에 따른 학습동

기 차이분석을 통한 시사점 도출. **컴퓨터교육학회논문지**, 13(5), 15-27.

- [24] 김수환, 한선관, 김현철. (2010). Computational Literacy 교육에서 프로그래밍 능력과 학습자 특성에 관한 연구-학습스타일과 다중지능을 중심으로. **컴퓨터교육학회논문지**, 13(2), 15-23.
- [25] Cole, P. G., & Chan, L. (1994). Teaching principles and practice. Prentice Hall.
- [26] 백장현, 장세희, 김영식. (2002). 컴퓨터활용교육: 웹 기반 교정적 피드백 유형이 학업성취도에 미치는 영향. **컴퓨터교육학회논문지**, 5(3), 59-67.
- [27] Nicol, D. J., & Macfarlane Dick, D. (2006). Formative assessment and self regulated learning: A model and seven principles of good feedback practice. *Studies in higher education*, 31(2), 199-218.
- [28] Shute, V. J. (2008). Focus on formative feedback. *Review of educational research*, 78(1), 153-189.



서정현

2002 춘천교육대학교 윤리교육과 (교육학학사)
 2007 서울교육대학교
 초등컴퓨터교육과(교육학석사)
 2017 한국교원대학교
 초등컴퓨터교육과(교육학박사)

2017 ~ 현재 내정초등학교 교사
 관심분야: 프로그래밍 교육, 퍼지컬 컴퓨팅, HCI,
 e-mail: eos1030@gmail.com



김영식

1982 서울대학교 전기공학과 (공학사)
 1987 노스캐롤라이나주립대학교
 전기 및 컴퓨터공학과 (공학석사)
 1993 노스캐롤라이나주립대학교

전기 및 컴퓨터공학 (공학박사)
 1993~1994 한국전자통신연구소 선임연구원
 1995~1996 한국전자통신연구소 위촉연구원
 1996~1998 한국전자통신연구소 초빙연구원
 1994~현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수
 관심분야: 컴퓨터교육, 프로그래밍교육, 퍼지컬
 컴퓨팅, e-Learning,
 e-mail: kimys@knue.ac.kr