



반응성 교수법에 의한 로봇 교육이 장애학생의 자기결정력과 창의적 문제해결력에 미치는 효과

Effects of Robot Education on Self-Determination and Creativity of Students with Disabilities by Responsive Teaching

고윤미[†] · 이경희^{††}

Yoonmi-Koh[†] · KyungHee Lee^{††}

요약

본 연구에서는 반응성 교수법에 의한 로봇 교육이 장애학생의 자기결정력과 창의적 문제해결력에 미치는 효과를 살펴보는 것이다. 이를 위해 초중등학교 장애학생 60명을 대상으로 로봇 교육을 3일 8차시로 실시하였고, 6개 반 3개 프로그램을 투입하였다. 프로그램에 참여하는 장애학생을 대상으로 반응성 교수법에 의한 로봇 교육을 진행하였으며 사전과 사후에 자기결정력과 창의적 문제해결력 검사를 실시하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 자기결정력은 사전과 사후검사 결과 통계적으로 유의미하게 향상된 것을 확인할 수 있었다. 둘째, 창의적 문제해결력은 사전과 사후검사 결과에서 통계적으로 유의미하게 향상된 것을 볼 수 있었다. 반응성 교수법을 적용한 로봇 교육 프로그램은 장애학생의 발달과 상호 작용에 맞는 능동적인 학습 활동을 통해 스스로 목표를 계획, 실행, 평가하여 다양한 문제를 해결하였다. 그 결과 연구 대상의 긍정적인 효과가 있었으며 자기결정력 및 창의적 문제해결력이 향상된 것으로 나타났다. 반응성 교수법을 통한 장애학생의 로봇 교육을 통해 더 여러 가지 지식과 행동을 수반하는 상호 작용 교육 유형으로 변화시킬 수 있도록 지속적인 보완이 필요하다.

주제어 특수교육, 로봇 교육, 자기결정력, 창의적 문제해결력, 반응성 교수법, 디지털 새책

ABSTRACT

This study examines the effects of robot education, using the reactive teaching method, on the self-determination and creative problem-solving abilities of students with disabilities. To this end, robot education consisting of 8 sessions was conducted for 60 elementary and secondary students with disabilities, introducing 3 programs across 6 classes. Robot education by the reactive teaching method was conducted for students with disabilities participating in the program, and pre- and post-tests were conducted. The research results are as follows. First, it was confirmed that self-determination had significantly improved, as evidenced by the pre- and post-test results. Second, the pre- and post-test results showed a statistically significant improvement in creative problem-solving ability. The robot education program applying the reactive teaching method solved various problems by planning, implementing, and evaluating goals by itself through active learning activities suitable for the development and interaction of students with disabilities. As a result, there was a positive effect on the research subject, and self-determination and creative problem-solving ability were improved. It is necessary to continuously enhance the robot education of students with disabilities through the reactive teaching method, transforming it into a more interactive educational approach that involves broader knowledge and actions.

Keywords Special Education, Robot Education, Self-Determination, Creativity, Responsive Teaching, Digital Newsac

[†]정회원 한양대학교 ERICA 창의융합교육원 조교수

^{††}정회원 호서대학교 혁신융합학부 조교수(교신저자)

논문투고 2024년 04월 09일

심사완료 2024년 05월 27일

게재확정 2024년 05월 29일

발행일자 2024년 09월 04일

1. 서론

특수교육의 궁극적인 목표는 교육적 혜택뿐만 아니라, 학생들이 사회에서 성공적으로 적응하고 독립적으로 살아갈 수 있도록 필요한 능력을 습득하는 것에 있다. 이를 위해, 2022 개정 특수교육 교육과정에서는 자신의 삶과 진로를 스스로 설계할 수 있는 자기주도적 역량과 다양한 분야를 융합적으로 활용하여 새로운 것을 창출하는 창의적 사고 역량을 중요시하고 있다[1]. 자기결정력을 갖춘 학생들은 사회적 기술과 자신감이 높아져 사회의 한 구성원으로 안정된 삶을 영위할 수 있다. 그러나, 장애학생들은 일반적으로 자신의 의지가 아닌 주 보호자의 선택으로 결정하는 생활을 하는 경우가 많아 선택과 결정 기회를 경험하는 것이 부족하다[2]. 장애학생들의 사회적 참여를 활성화하기 위해서는 학령기에 자기결정력과 같은 기본적인 능력을 길러주는 것이 필요하다. 장애학생들은 새로운 상황에 대처하고 적절한 해결책을 찾는 능력을 키워 일상생활에서 예기치 않은 문제를 창의적으로 해결할 수 있는 역량이 필요하다. 이를 위해, 교사와 부모는 학생들이 자기결정력과 창의적 문제해결 능력을 발달시킬 수 있도록 교육적 지원해야 한다.

자기 주도적 역량을 기르기 위한 자기결정력 증진 요소를 포함한 교육 프로그램들이 연구되고 있다. 그러나, 자기결정성 동기와 학습 관련 변인의 관계성을 확인하는 연구, 통합학급에서 장애학생에게 자기 결정 교수학습모형을 적용하는 연구들이 대부분이다[3-5]. 장애학생들의 자기결정력과 창의적 문제해결 능력을 기르기 위한 교육 프로그램은 다양하지 못하며 특히 장애학생 대상 SW·AI 교육 적용 사례는 극히 제한적이다. 빠르게 변화하는 사회에서 장애학생들이 사회에 적응하고 다양한 경험을 통해 성장할 수 있도록 지원하는 것은 매우 중요하며 SW·AI 교육은 이러한 지원을 제공하는 데 필수적인 역할을 한다. 이를 위해 다양한 교수법을 적용하여 학생들에게 자기를 표현하고, 창의적으로 사고하며, 문제를 해결하는 능력을 키울 수 있는 기회를 제공해야 한다.

장애학생들은 전통적인 교육 방식에서 소외되기 쉽고, 개별적인 학습 요구를 충족시키기 어려운 경우가 많아 장애학생 개개인의 맞춤형 교육 방안이 필요한 상황이다. 로봇 교육 프로그램은 학생들이 주체적으로 목표를 설정하고, 실행 및 평가하는 과정을 경험할 수 있어 자기 결정력 및 문제해결 능력을 기르기 위한 적합한 학습 도구이다[6]. 로봇을 활용한 교육은 학습자의 반응에 따라 교육 내용과 방식을 유연하게 조정할 수 있어 맞춤형 학습이 가능하다. 더욱이 로봇 교육 프로그램은 구현해 보는 과정을 통해 학습자가 자신의 목표와 가치에 기반한 결정을 내릴 수 있고, 그 과정에서 발생하는 다양한 문제를 해결하는 경험은 이러한 능력을 키울 수 있도록 도와준다[7]. 이에 본 연구에서는 장애학생들에게 자기결정력과 창의적 문제해결 능력을 신장시키기 위한 반응성 교수법에 의한 로봇 교육 프로그램을 설계하고 적용한 후 그 효과를 분석하였다. 본 연구는 장애학생들이 사회적, 학업적 과제에 더 나은 대처 능력을 갖출 수 있도록 도울 뿐

만 아니라, 특수교육 분야에서 로봇을 활용한 교수법 적용과 디지털 교육의 방향을 제시하고자 한다.

본 연구에서 다루고자 하는 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 반응성 교수법에 의한 로봇 교육이 장애학생의 자기결정력에 미치는 효과가 있는가?

둘째, 반응성 교수법에 의한 로봇 교육이 장애학생의 창의적 문제해결력에 미치는 효과가 있는가?

2. 이론적 배경

2.1 자기결정력

자기결정력은 개인이 자신의 삶에 대한 중요한 결정을 스스로 내릴 수 있는 능력을 의미하며, 교육 및 사회적 참여에 있어 핵심 요소로 학생들의 자립성을 향상시키고 삶의 질을 높이는 데 중요한 역할을 한다. 자기 결정력에 대한 정의는 학자마다 다양하지만, 자신의 욕구와 목표를 이해하고 이를 토대로 선택, 결정을 내릴 수 있는 능력을 의미한다[8,9].

장애학생들은 장애로 인해 다양한 제약을 겪기 때문에 효과적인 결정을 내릴 수 없다고 여겨져 기회조차 박탈되는 경우가 많다. 장애학생들이 사회의 한 구성원으로서 독립적이고 주체적인 삶을 영위하기 위해서는 자기결정력 향상을 위한 교육 프로그램의 필요성이 강조된다. 이러한 자기결정력을 높이기 위한 다양한 연구들이 선행되었다. 발달장애인의 자기 결정 과정에서의 경험을 탐구한 질적 사례 연구는 선택과 결정의 기회가 확대됨에 따라 삶의 주체성이 확립될 수 있음을 확인하였다[10]. 또한, 자기결정의 자율성 증진에 중점을 둔 연구에서는 자율성이 장애학생의 자기결정력에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다[11]. 자기결정 향상을 위한 5단계 프로그램을 재구성하여 경도 발달장애 중학생에게 적용한 결과 자기결정력과 자기결정 관련 행동에 긍정적 영향을 미치는 것을 확인하였다[12]. 특수학교 고등학생 대상으로 자기결정 프로그램을 적용한 결과 자기인식과 자기관리영역에 가장 효과적이며, 교사는 연구대상 학생들의 자기결정기술이 향상되었다고 인식하였다[13].

장애학생들을 대상으로하는 자기결정성 연구가 진행되었지만, 특수 상황을 모두 고려하여 수업을 진행하기에는 한계가 있다. 따라서, 장애학생들의 자기결정력을 강화하기 위해서는 보다 다양한 교육 프로그램 개발이 요구된다.

2.2 창의적 문제해결력

창의적 문제해결력은 기존의 지식이나 경험의 제약을 벗어나 새로운 가능성을 모색하여 문제에 대응하는 창의력을 의미한다[14]. 창의적 문제해결력은 일반적인 지식과 기술, 동기부여, 분야별 지식과 기능, 그리고 비판적 및 발산적 사고의 상호 작용으로 나타나며, 이러한 요소들이 결합될 때 창의적 문제해결 능력이 가장 잘 발현된다[15].

다양한 연구들은 창의적 문제해결력을 강화하기 위한 전략 및 교육 프로그램을 개발하였다. 생활 속 문제를 창의적으로 해결할 수 있는 능력을 함양하기 위해 교과 간 지식의 융합을 기반으로 한 융합적 문제해결 교육 프로그램이 제안되었으며, 해당 프로그램은 동기적 요소와 확산적 사고의 향상에 긍정적인 영향을 미쳤다[16]. 고차원적 사고와 실천을 촉진하는 창의적 문제해결 기반 메이커 교육 프로그램이 제안되었으며, 이를 통해 학생들의 창의적 문제해결 능력이 향상됨을 확인하였다[17]. 채성은, 허유성(2023)의 연구에서 지적장애 초등학생에 적합한 언플러그드 놀이와 EPL을 이용한 알고리즘 학습한 후 프로그래밍 시 적용하는 프로그램이 창의적 문제해결 능력 신장에 효과적임을 확인하였다[18].

로봇 교육은 창의적 문제해결력을 증진하는 데에 중요한 역할을 한다. 로봇을 활용한 교육 프로그램들은 학생들에게 복잡한 문제를 분석하고, 다양한 해결책을 모색하며, 적합한 해결책을 찾아 적용하는 과정을 경험하게 한다. 연구에 따르면 로봇을 이용한 발명 교육 프로그램은 초등학생의 창의적 문제해결 능력 증진에 긍정적인 효과가 있었으며, 로봇을 통한 시뮬레이션 과정은 새로운 해법을 능동적으로 탐색하고 이를 통해 창의적 문제해결 성향을 증진시켰다[19]. 창의적 문제해결력은 미래 사회를 살아가는데 있어 필수적인 능력이며, 빠르게 변화하는 세상 속에서 새로운 문제에 효과적으로 대응할 수 있는 능력을 기르기 위한 다양한 교육 프로그램이 필요하다.

2.3 반응성 교수법

반응성 교수법은 학습자의 주도성, 문제해결 능력, 대화, 협력, 공동주의, 자신감, 신뢰 등의 발달을 촉진하는 교수법이다. 이 방법은 학습자의 다양한 장애 유형과 발달적 요구를 고려하여 맞춤형 교육을 제공하는 데 중점을 둔다. 장지은 외(2016)의 연구에서는 반응적 상호작용이 자폐범주성 장애 및 장애 위험군 영아의 공동 관심 증진에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인하였다[20]. 또한, 반응성 교수법은 영·유아 교육 프로그램의 일부로 포함되어, 일상에서 아이가 직면하는 도전과 문제해결 과정에서 아이의 초기 학습 경험을 지원하는데 중점을 두고 있다[21-23]. 아이들이 여러 환경에서 나타내는 다양한 반응과 행동을 교사가 적절히 지지하고 확장해 나가며, 아이들이 자신감과 함께 사회적 상호 작용을 배우도록 돕는다.

Table 1. Pivotal Behaviors and Robot Education

Developmental Area	Pivotal Behaviors	Robot Education
Cognitive Learning	Social Play, Agency, Exploring, Operate, Problem Solving, Execution	Promote children's cognitive development through activities such as problem solving, understanding causes and effects, and recognizing patterns using robots
Communication	Collaborative Activities, Communalism, Spontaneous Vocalization, Intentional Communication, Dialogue	Through interaction with the robot, the child gives commands, interprets the response of the robot, and improves communication skills based on this
Social-Emotions	Trust, Empathy, Cooperation, Self-Regulation, Confidence, Control	Develop social-emotional skills such as waiting for turns, empathy ability, and emotional expression through cooperative activities with robots

반응성 교수법은 개별 학습자의 요구를 충족시키고, 자신감을 높이며, 다양한 학습 환경에서의 사회적 상호 작용과 협력을 촉진하는데 있어 중요한 역할을 한다. 그러나, 선행 연구들은 반응성 교수법의 적용 범위가 주로 유아 교육에 국한되어 있으며 그 수 또한 절대적으로 부족하다. 이에 다양한 연령대 장애학생의 학습 목표에 유연하게 적용될 수 있는 학습자 중심의 프로그램이 필요하다.

반응성 교수법 상호작용은 Table 1과 같이 3개 발달 영역의 16개 중심축 발달 행동을 포함하고 있다[24]. 궁극적으로 인지, 언어/의사소통 그리고 사회 정서적 능력을 발전시키기 위해서는 일상 중 발달에 근본이 되는 중심축 발달 행동을 배우고 자주 많이 사용하는 것이 중요하다. 로봇 교육에 반응성 교수법을 적용함으로써 아동의 인지, 의사소통, 사회-정서 발달을 종합적으로 지원할 수 있다. 이러한 접근은 아동이 로봇과 상호작용하며 다양한 기술을 배우고, 발달적 도전의 제약사항을 극복하는 데 도움을 줄 수 있다. 로봇 교육을 통해 장애아동의 전반적인 발달을 촉진하는 것은 미래 사회에서 필요한 다양한 기술을 배우고 사회에 적응하며 살아가기 위한 중요한 역할을 한다.

3. 연구방법

3.1 연구 대상

본 연구의 대상은 지적장애, 인지장애, 자폐성장애와 지체장애, 뇌병변장애, 언어장애를 가지고 있으면서 N장애 인종합복지관, C장애인복지관을 이용하는 초·중·고등학교로 구성되었다.

Table 2. The Number of Students for Study

Program	Education levels	Classify	Number
Program 1	Elementary school	1~3 Graders	12
	Elementary school	4~6 Graders	12
Program 2	Elementary school	1~3 Graders	10
	Middle school	1~3 Graders	5
Program 3	Middle school	1~3 Graders	10
	High school	1~3 Graders	6
Sub Total	Elementary school	1~6 Graders	34
	Middle school	1~3 Graders	15
	High school	1~3 Graders	11
Total			60

수업은 3일간 8차시로 2023년 8월에 진행되었으며 로봇 수업에 참석한 학생은 3개 프로그램 6개반 89명이었으나 이수 후 설문에서 성실하게 응답한 60명이 최종 연구 대상으로 선별되었다. 연구 대상의 학년별 구성 비율은 Table 2와 같다.

3.2 연구절차

본 연구는 장애 특성에 따른 접근성을 고려하고 다양한 수준의 학습자를 위한 난이도 고려, 교과 연계 및 실생활 연계 주제 선정, 지도교사를 위한 수업 활용 팁 및 도움말을 제공하였다.

연구 진행 절차는 Figure 1과 같으며 첫째, 연구계획 단계에서는 선행 연구 분석을 통해 반응성 교수법자기결정력과 창의적 문제해결력을 길러줄 수 있도록 수업 내용과 방법, 수준과 주요 내용을 목적에 맞게 구성하였다.

둘째, 수업 대상과 교육 프로그램을 선정하고, 자기결정력과 창의적 문제해결력 사전검사 도구를 연구의 목적에 맞게 수정 개발하였다. 셋째, 프로그램 시작 전에 사전검사를 시행하고 3일간 8차시 로봇 교육을 학생들에게 투입한 후 사후검사를 시행하였으며 수업은 장애 학생별 수준과 경험에 맞게 진행되었다. 넷째, 사후검사 데이터는 Jamovi 통계 프로그램을 통해 분석되어 연구 실험 후 학생들의 자기결정력과 창의적 문제해결력 변화 결과를 도출하였다.

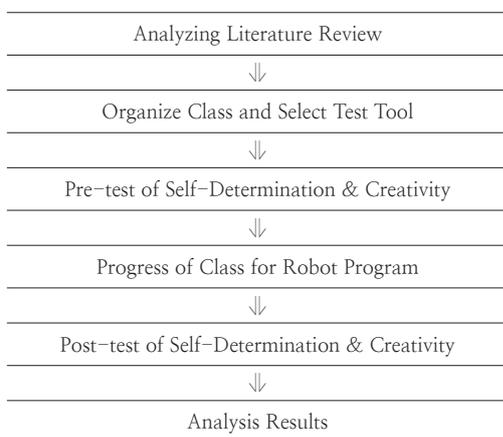


Figure 1. Research Process

3.3 연구 도구

본 연구에서는 구조화된 설문지를 사용하였으며 연구 대상의 수업 전과 후에 자기 결정력과 창의적 문제해결력을 측정하였다. 사전과 사후검사는 장애 학생들의 특성을 고려하여 설문 문항을 보조강사가 1:1로 읽어주고 학생들의 답변을 체크해 주는 형태로 진행하였다. 장애 학생의 특성에 맞게 검사 도구는 쉬운 단어로 간결하게 수정하였으며 최소한의 문항으로 구성하였다.

검사의 신뢰도는 Cronbach's $\alpha = .771 \sim .852$ 이며 총점이 높을수록 자기결정 능력과 창의적 문제해결력 문항의 신뢰도가 높음을 나타낸다. 설문지 구성과 신뢰도를 살펴보면 Table 3과 같이 신뢰도 계수 Cronbach's α 는 자기 결정력과 창의적 문제해결력 모두 .70 이상으로 나타나 신뢰할 만하다 할 수 있다.

Table 3. Questionnaire Composition

	Variables	Question No.	Cronbach's α
Self-Determination	Self-Determination Skill (Plan)	3	0.852
	Self-Determination Skill (Practice)	3	0.844
	Self-Determination Skill (Evaluation)	3	0.835
Creativity	Understanding and Mastering Technology	3	0.771
	Divergent Thinking	3	0.838

3.3.1 자기 결정력

본 연구에서는 로봇 수업에 따른 자기 결정력 변화를 측정하기 위해 Hoffman과 Field와 Sawilowsky(2000)가 개발한 Self-determination Teacher Perception Scale(TPS)과 방명애(2006)가 개발한 자기 결정척도를 김성애(2019)의 로봇 활용프로그램이 경도 지적장애 학생의 자기 결정력에 미치는 영향 연구[25]에서 재구성한 문항을 연구에 맞게 수정하고 보완하여 사용하였다. Hoffman & Field 모델[9]의 주요 구성요소인 5가지 하위 요소 중 외적 기술에 해당하는 3가지 기술(계획하기, 실행하기, 평가하기)에서 로봇 교육과 관련이 있는 문항을 선택하여 총 9문항으로 구성하였다.

모든 문항은 '매우 아니다(1점)'부터 '매우그렇다(5점)'까지의 5점 Likert 척도로 측정되었다. 프로그램 효과성 분석을 위해 사전과 사후검사는 대응 표본 t검증을 실시하였다.

3.3.2 창의적 문제해결력

본 연구에서는 로봇 수업에 따른 창의적 문제해결력 변화를 측정하기 위해 정은영(2008)의 Squeak Etoys 기반 정보교육이 초등학생의 창의적 문제해결력에 미치는 영향 연구[26]에서 개발한 문항을 연구에 맞게 수정하고 보

완하여 사용하였다. 하위 문항은 특정 영역의 지식, 사고 기능, 기술의 이해 및 숙달 여부와 확산적 사고 총 6문항으로 구성하였다.

모든 문항은 ‘매우 아니다(1점)’부터 ‘매우 그렇다(5점)’까지의 5점 Likert 척도로 측정되었다. 프로그램 효과성 분석을 위해 사전과 사후검사는 대응 표본 t검증을 실시하였다.

3.3.3. 반응성 교수법 적용

장애의 유형은 다양하므로 같은 장소와 환경이지만 한 교실에서 수업을 진행할 때 여러 가지 상황을 고려하여 학생 개인의 발달적 요구에 맞춰 일련의 중재 절차를 제공할 필요가 있다. Joseph, Alber와 Neef(2016)는 행동 분석 절차인 모델링(Modeling), 촉구(Prompt), 페이딩(Fading) 등을 사용하여 자극-반응-결과의 단계를 통해 효과적으로 학습할 수 있다고 하였다. 본 수업에서는 Figure 2와 같이 반응성 교수법을 통해 장애학생의 발달과 상호 작용에 맞는 능동적인 활동과 학습 촉진이 이루어질 수 있도록 관찰하기, 반응하기, 확장하기의 3단계 전략을 적용하였다.



Figure 2. Three-Step Strategy of Responsive Teaching Method

첫째, 관찰 단계에서는 학생들이 익숙하지 않은 로봇을 가지고 직접 관찰하며 다양한 상황에서 보이는 행동이나 소리를 주의 깊게 자극을 관찰한다. 장애 유형에 따라 다양한 행동 양상을 나타낼 수 있으며 이를 통해 교사는 자신의 행동과 언어를 대상에 맞춰 조정할 수 있는 준비를 한다. 또한, 학생들이 교사와 함께 있는 것을 편안하게 느낄 수 있도록 해 안정된 상태에서 수업을 시작할 수 있도록 한다.

둘째, 반응 단계에서는 얼굴의 표정 변화나 사소한 행동이 의도를 가지지 않더라도 즉각적으로 반응하여 의미 있는 상호 작용을 이끌어 낸다. 이를 통해 자신감을 가지고 능동적으로 활동에 참여하며 자신의 잠재 능력을 발휘해 갈 수 있다. 또한, 상호 작용 단계에서 수업이 진행되면서 별다른 흥미를 보이지 않을 때 학생의 행동을 모방해 보임으로써 재미를 느끼게 하여 주의집중을 증가시킨다. 이 단계에서 학생은 교사와 상호 작용을 통해 신뢰가 형성되고 안정적인 상태에서 자신감을 가지고 수업에 참여할 수 있다.

셋째, 확장하기 단계에서는 학생이 수업 중 많은 부분을 자발적으로 할 수 있도록 하고 부정확한 표현이나 의도를 명확하게 표현해 주어 수업에서 배운 내용을 다양하게 확장할 수 있도록 한다. 이를 통해 수행 기회를 확장하고 향상하는데 긍정적인 영향을 미칠 수 있도록 한다.

교육 상황에서 파생적 학습 능력은 직접적으로 교수하

Table 4. Robot Program Content

Time	Pivotal Behaviors	Strategy	Real Situation	Program 1 Learning Activity	Program 2 Learning Activity	Program3 Learning Activity
1	Exploring, Spontaneous Vocalization, Communication	Observe	- The student responds to describing the robot shape. - Respond immediately to what the student says or does alone.	- Learning basic robot functions - Learning basic robot programming		
2	Operate		- The student tries pressing the button and is guided to program according to the sequence.			
3	Trust	Respond	- Directly provide opportunities for students to take the lead in imitation of the instructor.	- Programming for waste sorting - Programming for environmental point collection	- Demonstrating various robotics movements Dancing with robots	- Making a robotic pet dog - Expressing emotions of a pet dog with LED
4	Social Play	Expand	- Try creating your own problem-solving method and then demonstrate and explain it to other students.			
5	Problem Solving	Respond	- Wait for the student to identify a new problem on their own..	- Programming for fine dust removal - Programming for plogging activity	- Controlling robots via voice commands - Walking with robots	- Making a cleaning assistant robot - Coding a helper robot
6	Confidence	Expand	- Show the student step by step how the robot can move, and encourage them to expand on their own..			
7	Agency	Respond	- It depends on the student's initiative.	- Learning how to draw shapes	- Creating my own commands	- Making a smart heater
8	Self-Regulation	Expand	- Repeat activities that the student enjoys.			

지 않고도 유도해 낸 반응으로서 교수 활동의 효율성을 고려했을 때 파생적 학습 능력에 관한 연구는 중요하다.

3.4 연구 설계

본 연구에서는 로봇 교육이 자기 결정력과 창의적 문제해결력에 미치는 효과성을 살펴보기 위해 프로그램 적용 전과 후의 변화된 종속 변수를 분석하는 동일 집단 사전과 사후 실험 설계를 시행하였다. 연구를 위한 실험 설계는 Figure 3과 같다.

본 연구에서는 총 세 가지 교육 프로그램을 계획하였다. Table 4와 같이 각 프로그램의 교육 주제 및 학습 요소 그리고 활용할 로봇의 형태는 학습자의 수준과 경험을 고려하여 각기 다르게 설정하였으며 차시별 수업에서 학습자가 계획, 실행, 평가할 수 있도록 구성하였다. 또한, 반응성 교수법의 3단계를 전략을 적용하여 탐색, 문제해결, 주도성의 중심축 행동을 배울 수 있도록 하였다.

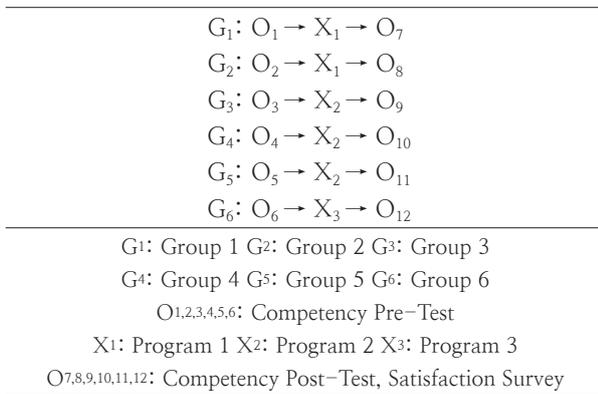


Figure 3. Design of Experiment

‘프로그램 1’은 로봇과 SW 교육 경험이 없는 학습자들이 쉽게 학습할 수 있도록 별도의 조립이 필요하지 않은 완성형 로봇을 활용하여 환경 보호 및 기초 프로그래밍 기술을 함양하는 교육과정이다. 로봇 체험을 통해 기본 기능을 익히고, 로봇을 통해 실생활 문제해결에 필요한 프로그래밍 능력을 함양할 수 있도록 구성되어 있다.

‘프로그램 2’는 인간과 유사한 동작을 구현하는 휴머노이드 로봇을 통해 인간의 움직임을 이해하고, 로봇을 다양한 방식으로 제어하는 기술을 학습하는 과정이다. 휴머노이드 로봇은 상호작용할 수 있는 능력을 가지고 있어 로봇과 대화를 나누고 명령을 내리는 과정에서 의사소통 능력을 기르는데 도움을 줄 수 있다. 이 프로그램은 학습자들이 로보틱스의 기본 이론을 넘어서 실제로 로봇과 상호작용하며 고도의 제어 기법을 직접 경험하며 미래 기술을 접하고 준비할 수 있도록 설계되어 있다.

‘프로그램 3’은 지속 가능 ESG 로봇 프로젝트의 주제로 SW 교육 경험이 풍부한 장애 학생들을 대상으로 진행되는 교육이다. 블록형 로봇이란 레고와 같이 블록을 연결하여 원하는 모양을 만들 수 있게 해 주는 것을 뜻한다. 이 프로

그램은 학생들이 직접 블록형 로봇(Blocky Robot)을 조립하고 프로그래밍함으로써, 창의적이고 실용적인 로봇 솔루션을 개발할 수 있도록 설계되었다. 학생들은 로봇을 조작하고 프로그램을 작성하여 실시간으로 결과를 확인해 보는 경험을 통해 이론적 지식과 실제 응용을 연결하는 경험을 할 수 있다. 프로젝트를 진행하며 협력하여 문제를 해결하고 목표를 달성하는 과정을 배우게 된다.

학습 요소는 학습자의 경험 수준과 인지 발달 단계를 고려하여 체계적으로 구성하였으며 동일 프로그램을 적용하더라도 교육 대상자의 연령과 장애 정도에 따라 맞춤형 학습이 가능하도록 하였다. 학습자의 연령과 인지능력, 장애 유형 및 정도에 따른 개별적 특성을 반영하여 학습의 수준과 진도를 유연하게 조정하였다. 이러한 접근 방식은 모든 학습자가 최적의 교육 효과를 누릴 수 있도록 도울 수 있고, 개인별 학습 목표에 도달할 수 있다.

4. 연구결과

4.1 자기 결정력 변화 분석

학생들의 로봇 수업 전과 후의 차이 변화를 살펴보기 위해 자기 결정력을 사전과 사후에 측정하였다. Table 5의 결과를 살펴보면 사후검사 결과(M=3.67, SD=.919)가 사전검사((M=3.22, SD=.914)와 비교해 통계적으로 유의미한 차이가 있었다.

본 연구의 로봇 교육에서 목표설정, 문제해결, 실험 및 수정 단계를 통해 자신의 결정을 실행해 보는 경험에서 자기 주도적으로 학습하고 자신의 아이디어를 실현하는 경험이 긍정적인 효과를 나타낸 것이라고 볼 수 있다. 또한, 학생이 스스로 시작하고 선택한 것에 따르면 교사의 선택과 다르더라도 이를 격려하고 지지해 주는 과정에서 나타난 결과라고 할 수 있다.

특히, 자기 결정기술 중 실행은 사전검사 3.23에서 사후검사 3.77로 변화의 폭이 가장 크게 나타났으며 통계적으로도 유의미한 차이를 보인다(p<.001). 이는 로봇을 정확하게 움직이기 위해 완성해 나가는 과정에서 한 단계를 진행해야 다음 단계로 넘어가는 순차적으로 실행하는 활동을 통해 얻은 결과라고 할 수 있다.

Table 5. Differences of Self-Determination Pre-test and Post-test

Variables	Pre-test		Post-test		t	p
	M	SD	M	SD		
Self-Determination Skill(Plan)	3.24	1.022	3.58	1.045	-2.22	.030
Self-Determination Skill (Practice)	3.23	1.046	3.77	.960	-3.64	.001***
Self-Determination Skill (Evaluation)	3.21	1.016	3.66	.953	-3.30	.002**
Self-Determination	3.22	.914	3.67	.919	-3.42	.001***

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

(n=60)

4.2 창의적 문제해결력 변화 분석

로봇 교육에 따른 변화를 확인하기 위해 창의적 문제해결력을 수업 사전과 사후에 측정하였다. Table 6에 따르면 사후검사 결과(M=3.75, SD=1.014)가 사전검사 결과(M=3.12, SD=.896)와 비교해 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 체험적 학습을 통해 이론을 실제로 경험하고 문제해결 및 프로그래밍 능력까지 향상시킨다. 학생들은 기술적 도전에 대한 자신감을 키우고 일상생활의 기술적 문제를 해결하는 확산적 사고를 경험한 것이 긍정적인 효과를 나타낸 것이라고 할 수 있다. 장애학생에게 익숙한 다양하고 실용적인 실생활 맥락을 기반으로 한 교수·학습 활동으로 학생들의 문제해결력을 위한 협력을 촉진하는 과정에서 나타난 결과라고 할 수 있다.

특히, 기술의 이해 및 숙달 여부는 사전검사 3.09로 가장 낮게 나타났으나 사후검사에서 3.74로 변화의 폭이 가장 크게 나타났으며 통계적으로도 유의미한 차이를 보인다($p < .001$). 이러한 결과는 특정 영역에서 문제해결과 관련 있는 개념과 원리를 포함한 지식을 배우고 로봇을 활용한 문제 해결을 경험해 보는 과정에서 얻은 결과라고 할 수 있다.

Table 6. Differences of Creativity Pre-test and Post-test

Variables	Pre-test		Post-test		t	p
	M	SD	M	SD		
Understanding and Mastering Technology	3.09	.932	3.74	1.065	-4.45	.001***
Divergent Thinking	3.15	.987	3.76	1.032	-3.91	.001***
Creativity	3.12	.896	3.75	1.014	-4.40	.001***

$p^{**} < .01$, $p^{***} < .001$

(n=60)

5. 결론

장애학생들은 학령기에 자신의 욕구와 가치를 이해하고 선택하는 경험과 문제에 직면하였을 때 효과적으로 대응할 수 있는 경험을 통해 독립적으로 삶을 살아가고 사회적으로 참여할 수 있도록 준비해야 한다.

반응성 교수법에 의한 로봇 교육이 장애 학생들의 자기결정력과 창의적 문제해결력에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 확인하였으며 도출된 결과는 다음과 같다.

첫째, 로봇 교육은 학생들이 이론을 실제로 적용해 보고, 자신의 아이디어를 실현해보는 과정에서 자기결정력과 창의적 문제해결력을 키울 수 있는 효과적인 수단임을 보여주었다. 이러한 교육 방식은 학생들이 기술적 도전에 대한 자신감을 갖고, 일상생활 속 문제를 해결하는 능력을 개발하는데 도움을 줄 수 있는 것을 확인하였다.

둘째, 로봇 교육이 단순히 기술적 지식의 습득을 넘어 장애학생들의 전반적인 학습 능력과 자기 주도성을 향상시킬 수 있는 중요한 교육 도구가 될 수 있음을 확인하였다.

김혜경(2003)의 연구에서는 장애 학생에게 자기결정 프

로그래밍을 적용한 후, 자기결정 능력, 자율성, 자기규칙 수행 능력, 심리적 역량, 및 자아실현 등에 긍정적인 변화가 있었다고 하였다[27]. 박성우, 이상진(2004)의 연구에서는 프로그램을 적용한 후 정도 장애 고등학생들의 자기결정력과 문제해결력이 향상되었다고 하였다[28]. 다양한 연구들이 각각 다른 모델에 근거한 프로그램을 개발해 적용하므로 프로그램에 의해 변화를 직접적으로 비교하기에는 무리가 따르는 하지만 본 연구의 결과와 동일하였다.

로봇 교육 프로그램은 학생들이 주체적으로 목표를 설정하고, 실행 및 평가하는 과정을 경험할 수 있어 자기 결정력 및 문제해결 능력을 기르기 위한 적합한 학습 도구이며 학습자의 반응에 따라 교육 내용과 방식을 유연하게 조정할 수 있어 맞춤형 학습이 가능하여 장애학생에게 적합하다. 이에 본 연구에서는 반응성 교수법을 적용한 로봇 기반 교육 프로그램을 제안하였으며, 이는 장애학생들의 자기 결정력과 창의적 문제해결력이 유의미하게 향상됨을 확인하였다.

그러나 본 연구는 몇 가지 한계가 존재한다. 첫째, 더 다양한 장애 유형을 고려하지 못했다. 둘째, 연구 기간이 제한되어 장기적인 효과를 평가할 수 없었다. 따라서 향후 연구에서는 더 많은 참여자를 대상으로 한 장기적인 연구를 통해 반응성 교수법의 효과를 확인할 필요가 있다. 또한, 다양한 장애 유형에 대한 세분화된 개별화된 접근 방식을 고려하여 더욱 포괄적인 결과를 얻을 수 있도록 후속 연구가 필요하다.

본 연구에서 제안한 반응성 교수법을 활용한 로봇 기반 교육 프로그램은 장애학생들의 학습 경험을 개선하고 자기결정력 및 창의적 문제해결력을 향상할 수 있는 효과적인 교육 전략임을 확인하였다. 이러한 결과는 교육 현장에서의 로봇 기술의 활용 가능성을 제시하였으며, 장애학생들에게 효과적인 교육 프로그램을 개발하고 적용하는 데 중요한 근거 자료를 제공될 것으로 기대한다.

참고문헌

- [1] Ministry of Education. (2022). Special Education Basic Curriculum. 2022-34.
- [2] Cho, I. (2008). A Review on Components of Quality of Life and Teaching Strategies for Self Determination Skills. *Journal of mental retardation*, 10(1), 1-32.
- [3] Kim, A., & Park, I. (2001). Construction and Validation of Academic Self - Efficacy Scale. *The Journal of Educational Research*, 39(1), 95-123.
- [4] Ryan, R., & Connell, J. (1989). Perceived locus of causality and internalization: Examining reasons for acting in two domains. *Journal of Personality and Social Psychology*, 57(5), 749-761. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.57.5.749>
- [5] Lee, E., & Lim, S. (2018). The longitudinal transition of adolescents' self-determined motivation profiles across secondary school and its predictors. *The Korean Journal of Educational Psychology*, 32(3), 471-494. <https://doi.org/10.17286/KJEP.2018.32.3.07>

- [6] Jeong, B., & Moon, W. (2006). A Method on Educational Use of Robot for Enhancement of Problem-solving Ability. *Journal of The Korean Association of information Education*, 10(3), 341-351.
- [7] Lee, E., & Lee, Y. (2008). The Effects of a Robot Based Programming Learning on Learners' Creative Problem Solving Potential. *Journal of the Korean Institute of industrial educators*, 33(2), 120-136.
- [8] Wehmeyer, M. (1992). Self-determination and the education of students with mental retardation. *Education and Training in Mental Retardation and Developmental disabilities*, 21(4), 302-314. <http://www.jstor.org/stable/23878861>
- [9] Field, S., & Hoffman, A. (1996). *Step to self-determination: A Curriculum to help adolescents learn to achieve their goals*, Pro-Ed.
- [10] Lee, J. (2018). A Case Study on Self-Determination Experience of People with Developmental Disabilities. *The Journal of the Korean Association on Developmental Disabilities*, 22(2), 1-26. <https://doi.org/10.34262/kadd.2018.22.2.1>
- [11] Lee, S., & Paik, E. (2010). The Effects of Self-determination Program for Middle School Students with Mental Retardation in Special School. *The Journal of the Korean Association on Developmental Disabilities*, 14(1), 107-123
- [12] Kim, S., & Jung, D. (2011). A Study on the Effects of the Self-Determination Improvement Program on Raising the Self-Determination of Middle School Students with Mild Developmental Disabilities. *Journal of Emotional & Behavioral Disorders*, 27(1), 169-196.
- [13] Bang, M. (2006). Effects of the Self-determination Activity Program on the Self-determination Skills of Students with Mental Retardation. *Journal of Rehabilitation Research*, 10(1), 64-84.
- [14] Lee, Y., Lim, W., & Lee, E. (2010). An Informatics Education Program for Enhancing Creative Problem Solving Ability. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 13(1), 1-8.
- [15] Jo, S., Jang, Y., & Jeong, T. (2003). An Study on the Flow-Path Analysis in the Department System. *The Journal of Korean Education*, 30(1), 259-296.
- [16] Sung, H., Kang, O., Moon, S., Kim, Y., & Son, I. (2021). Effects of Convergent Problem-Solving Education Program on the Creative Problem-Solving Ability of Elementary School Students. *Korean Journal of Elementary Education*, 32, 129-144. <https://doi.org/10.20972/kjee.32..202104.129>
- [17] JO, Y. J. (2019). Development of Maker Education Program with Creative Problem Solving(CPS). *The Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*, 31(3), 856-876. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2019.6.31.3.856>
- [18] Chae, S., & Heo, Y.. (2023). The Comparison of Unplugged and EPL Education on Problem-solving Abilities and Class Participatory Behaviors of Elementary School Students with Intellectual Disabilities. *Journal of Special Education for Curriculum and Instruction*, 16(3), 31-64. <https://doi.org/10.24005/seci.2023.16.3.31>
- [19] Kim, M. S. & Moon, S. H. (2023). Effects of Invention Education Using Robot on Creative Problem-Solving Ability of Elementary School Students. *The Journal of Education*, 43(1), 125-136. DOI : <http://dx.doi.org/10.25020/je.2023.43.1.125>
- [20] Chang, J. E., Lee, S.Y., & Lee, J. Y. (2016). Research Trends and Issues for Improving Joint Attention in Infants and Toddlers At Risk and with Autism Spectrum Disorders. *Special Education Research*, 15(2), 5-30. <https://doi.org/10.18541/ser.2016.05.15.2.5>
- [21] Mahoney, G., Boyce, G., Fewell, R. R., Spiker, D., & Wheeden, C. A. (1998). The relationship of parent-child interaction to the effectiveness of early intervention services for at-risk children and children with disabilities. *Topics in Early Childhood Special Education*, 18(1), 5-17. <https://doi.org/10.1177/027112149801800104>
- [22] Kim, J. M. (2014). The early childhood diagnosis and intervention based on the responsive interaction teaching (RT). *Korean Journal of Early Childhood Special Education*, 14(4), 173-194.
- [23] Choi, J. H. & Kim, D. Y. (2017). The Effects of the Multiple Exemplar Instruction on the Naming for Students with Developmental Disability. *Journal of the Korean Association for Persons with Autism*, 17(2), 29-47.
- [24] Mahoney & Macdonald, J. (2007). *The Responsive Teaching Curriculum for Parents Professor*. Seoul: hakjisa.
- [25] Kim, S. (2019). *Effects of Robot Application Program on Self-determination Ability of Students with Mild Intellectual Disabilities* [Master's thesis]. Kongju National University.
- [26] Jeong, E. (2008). *Effects of Squeak Etoys based informatics education on the effects of Squeak Etoys based informatics education on elementary school student's creative problem solving ability* [Master's thesis]. Korea National University of Education.
- [27] Kim, H., (2003). Effect of a Self-Determination Instruction on Self-Regulation and Psychological Empowerment of High School Student with Mental Retardation. *Journal of special education : theory and practice*, 4(2), 87-108.
- [28] Park, S., & Lee, S. (2004). The Comparison of Quality of Life and Self-Determination by Type of Disability and Age for Students with Special Learning Needs. *JOURNAL OF EMOTIONAL & BEHAVIORAL DISORDERS*, 20(3), 181-206.



고윤미

- 2004년 단국대학교 컴퓨터과학 (이학사)
- 2007년 단국대학교 컴퓨터과학 (이학석사)
- 2014년 단국대학교 컴퓨터과학 (공학박사)
- 2024년 ~ 현재 한양대학교 ERICA 창의융합교육원 조교수

✚ 관심분야 : 인공지능교육, 소프트웨어교육, 대학교양교육, 네트워크보안 등
 ✉ aliceyoon81@gmail.com



이경희

- 2004년 계명대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
- 2006년 계명대학교 전산교육전공 (교육학석사)
- 2020년 제주대학교 컴퓨터교육전공 (교육학박사)
- 2020년 ~ 현재 호서대학교 혁신융합학부 조교수

✚ 관심분야 : SW-AI교육, 컴퓨팅사고력, 교사교육, 정보윤리
 ✉ dreamer@hoseo.edu

부 록

〈표 1〉 중심축 행동에 따른 로봇 교육

발달영역	중심축 행동	로봇 교육
인지학습	사회적 놀이, 주도성, 탐색, 조작, 문제해결, 실행	로봇을 활용하여 문제해결, 원인과 결과 이해, 패턴 인식 등의 활동을 통해 아동의 인지발달을 촉진
의사소통	공동활동, 공동주의, 자발적 발성, 의도적 의사소통, 대화	로봇과 상호 작용을 통해 아동이 명령을 내리고, 로봇의 반응을 해석하며, 이를 바탕으로 의사소통 능력을 향상
사회-정서	신뢰, 감정이입, 협력, 자기조절, 자신감, 통제감	로봇과의 협력적인 활동을 통해 차례 기다리기, 공감 능력, 감정 표현 등 사회-정서적 기술을 발달

〈표 4〉 수업 내용

차시	중심축 행동	전략	실제상황	Program 1 학습활동	Program 2 학습활동	Program3 학습활동
1	탐색 자발적 발성 의사소통	관찰하기	- 학생이 로봇 모양을 설명하는 것에 반응한다. - 혼자 하는 말이나 행동에 즉각적으로 반응한다.	- 로봇 기본 기능 익히기 - 로봇 기초 프로그래밍 학습하기		
2	조작		- 학생이 버튼을 눌러보고, 순서에 맞춰 프로그래밍하도록 유도한다.			
3	신뢰	반응하기	- 교수자의 모방으로 학생이 주도할 기회를 직접 준다.	- 쓰레기 분리배출 프로그래밍하기	- 다양한 로봇틱스 동작 시연하기 - 로봇과 함께 댄스 댄스	- 반려견 로봇 만들기 - LED로 반려견의 감정 표현하기
4	사회적 놀이	확장하기	- 자신만의 문제해결 방법 만들어 보고, 다른 학생들에게 자신의 방법을 보여주며 설명한다.	- 환경 포인트 수집 프로그래밍하기		
5	문제해결	반응하기	- 학생 스스로 새로운 문제를 확인하도록 기다려 준다.	- 미세먼지 제거 프로그래밍하기 - 플로깅 활동 프로그래밍하기	- 음성제어를 통한 로봇 제어하기 - 로봇과 함께 워킹 워킹	- 청소 도우미 로봇 메이킹 - 도우미 로봇 코딩하기
6	자신감	확장하기	- 학생에게 단계별로 로봇의 움직임 수 있도록 보여주고 스스로 확장하도록 한다.			
7	주도성	반응하기	- 학생의 주도에 따른다.	- 도형 그리는 방법 익히기	- 나만의 명령어 만들기	- 스마트 난로 메이킹
8	자기조절	확장하기	- 학생이 흥미를 가지고 몰두하는 활동 반복한다.			