

교육과정평가연구
The Journal of Curriculum and Evaluation
2026, Vol. 29, No. 1, pp.243~275
DOI: <https://doi.org/10.29221/jce.2026.29.1.243>

체육교과 인공지능(AI) 피드백 모델의 개발 및 적용을 통한 교수·학습 변화 탐색

김동현 (옥현중학교 교사)*

요약

본 연구는 인공지능(AI) 기술을 활용한 포즈 추정(Pose Estimation) 기술 기반의 피드백 모델을 개발하고, 이를 실제 중학교 체육수업에 적용하여 학습자와 교사의 관점에서 나타나는 교수·학습의 변화와 교육적 의미를 탐색하는 데 목적이 있다. 연구 방법으로는 래피드 프로토타입 방법론을 적용하여 농구 슛과 배구 스파이크 동작 분석을 위한 웹 기반 AI 피드백 모델을 개발하였으며, 이를 실제 중학교 수업에 적용하여 체육교사 3명과 학생 7명을 대상으로 질적 사례 연구를 수행하였다. 수집된 자료는 심층 면담, 참여 관찰, 수업 영상을 바탕으로 주제 분석법을 통해 분석되었다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, AI 피드백 모델은 MediaPipe 기술을 활용하여 실시간 관절 좌표 추출 및 동작 판정, 자동 스냅샷 저장 기능을 제공하며 별도의 설치 없이 웹 브라우저에서 구동되는 교육용 도구로 개발하여 수업에 적용되었다. 둘째, 학습자 측면에서는 교사 중심의 일방향적 피드백에서 벗어나, AI가 제공하는 객관적 시각 정보를 바탕으로 자신의 동작을 스스로 점검하고 수정하는 ‘자기 주도적 학습자’로의 변화가 나타났다. 셋째, 교수·학습 구조 측면에서는 ‘교사-학습자-AI’의 삼자 상호작용 체계가 관찰되었으며, 교사는 단순 피드백 제공자에서 학습 데이터를 분석하고 개별화된 지도를 제공하는 학습 설계자 및 조정자로 역할이 재구성되었다. 결론적으로, 체육수업에서의 AI 피드백 모델 적용은 시공간적 제약을 부분적으로 완화하고 즉각적·개별화된 피드백 제공의 가능성을 보여주었다. 이를 통해, 학습자 중심의 교수·학습 패러다임 전환을 촉진하는 교육용 도구로서 AI 피드백 모델은 유효한 매개체가 될 수 있음을 시사한다. 본 연구는 기술적 성능 중심의 기존 논의를 넘어 실제 교육 현장에서 AI의 실천적 가능성을 규명하였다는 점에서 의의를 가진다.

주제어: 인공지능, 피드백, 체육수업, 교수·학습

* 제1저자 및 교신저자, kimdh2848@nate.com

I. 서론

최근 교육 현장에서는 AI 기술을 활용하여 학습자의 개별 특성과 학습 수준에 맞춘 맞춤형 학습과 실시간 피드백을 제공하려는 시도가 활발하게 이루어지고 있다(김성민, 2024; 김연이, 2024; 김은선, 2025). 이러한 변화는 학습자가 교사의 일방향적 지도를 받는 수동적 존재가 아니라, AI와의 상호작용을 통해 학습 과정을 스스로 조정하고 성찰하는 능동적 학습 주체로 성장할 수 있는 새로운 교육 환경의 전환을 의미한다.

체육교과 또한 이러한 변화의 흐름 속에서 새로운 전환점을 맞이하고 있다. 체육수업에서 제공되는 피드백은 학습자의 동작 수행을 향상하는 데에 결정적인 역할을 하고, 학습자는 자신의 움직임에 대한 즉각적 피드백을 통해 오류를 인식하여 수정하며, 이를 반복적으로 수행함으로써 운동 기능을 향상시킨다(김동현, 2023; 주성범, 2023).

그러나 실제 학교 현장에서는 교사가 수십 명의 학습자를 동시에 지도해야 하는 상황 속에서 즉각적이고 개별적인 피드백을 충분히 제공하기 어렵다. 이는 학생들이 자신의 동작이 올바른지, 어느 부분을 수정해야 하는지를 명확히 파악하지 못한 채 반복 학습을 지속하게 하는 경우로 나타나기도 한다. 이처럼 체육수업에서 피드백은 학습 효과를 결정하는 핵심 요소임에도 불구하고, 실제 수업 현장에서는 시간적·인적 제약과 관찰 기반의 주관성으로 인해 효과적으로 이루어지지 못하고 있다. 이러한 현실적 한계는 체육교육에서 AI 기반 피드백 모델의 도입 필요성을 제기하는 중요한 출발점이 된다.

한편, 최근 인공지능(AI) 기술을 활용한 운동 수행 분석과 피드백 연구(김희숙, 김선우, 김서인, 2023; 이현민, 이인서, 박해민, 2021; 이지용, 이용국, 2023)가 활발하게 이루어지고 있다. 특히 MediaPipe와 OpenPose 등 포즈 추정 기술, YOLO 등 객체 탐지 기반 영상 분석 기술은 스포츠 과학 및 운동학 분야에서 동작의 정확도와 궤적을 정량적으로 분석(김동욱 외, 2023; 이용준, 김태영, 2021; 조신의, 서동휘, 2023; 윤도현 외 2025)하는데 활용되어 왔다.

하지만 이러한 연구들은 주로 AI 모델의 인식률, 정확도, 처리 속도 등 기술적 성능을 개선하는 데 초점을 맞추어 왔다. 그리고 대부분의 연구가 실험실 환경에서의 기술 개발 및 모델 검증 수준에서 이루어지고 있으며, 실제 학교 체육수업 맥락에서 AI 피드백 모델을 적용한 교육적 탐색 연구는 거의 이루어지지 않고 있다.

즉, 기존 연구들은 ‘AI가 운동을 얼마나 정확하게 인식하는지’에 집중해 온 반면, ‘AI 피드백이 학습자의 운동 동작 학습 경험에 어떤 변화를 일으키는지’에 대해서는 전혀 논의되지 않고 있다. 특히 체육교과 연구에서는 AI 기술이 교사의 피드백 역할을 보완하거나, 학습자의 자기 점검을 촉진하는 교수·학습 매개체로 작동하는 과정에 대한 실증

적 탐색 연구가 미비한 실정이다.

이에 따라 체육수업에서 학생들의 교수·학습을 증진하고 학습자의 자기 주도적 학습 능력을 함양하기 위하여 실제 체육수업에서 적용할 수 있는 AI 피드백 모델의 개발 및 적용이 요구되며, 이를 통해 교육 현장으로의 적용 가능성에 대해 탐색할 필요성이 제기 된다.

이는 교사의 외적 피드백에 의존하던 기존의 수업 구조에서 벗어나, 학습자 중심의 피드백 환경을 조성하는 데 매우 크게 기여할 수 있을 것이다. 동시에 교사는 학습자의 수행 데이터를 객관적으로 분석하며, AI 피드백을 활용한 새로운 교수·학습 설계 및 평가 방식을 탐색할 수 있다. 따라서 본 연구는 AI 기술을 단순히 운동 수행을 인식하는 도구로 사용하는 데 그치지 않고, AI 피드백 모델이 실제 수업 맥락에서 어떻게 작동하며, 학습자와 교사에게 어떤 교육적 의미를 제공하는가를 탐색하는 데 그 필요성을 둔다.

이에 본 연구는 MediaPipe 기반의 포즈 추정 기술을 활용하여 AI 피드백 모델을 개발하고, 이를 실제 체육수업에 적용함으로써 학습자와 교사의 관점에서 그 교육적 의미와 가능성을 질적으로 탐색하는 것을 목적으로 한다. 기술적 완성도나 인식률 향상보다, 본 연구는 AI 피드백이 수업 내에서 학습자와 교사에게 어떠한 새로운 학습 경험과 교수·학습 구조를 가능하게 하는가에 초점을 둔다. 이를 통해 AI 기술이 체육수업의 피드백 과정을 어떻게 재구성할 수 있는지, 그리고 학습자 중심의 수업 혁신을 어떤 방식으로 촉진할 수 있는지를 탐색하고자 한다.

이러한 목적을 달성하기 위해 다음과 같은 연구문제를 설정하였다.

첫째, AI 피드백 모델은 어떻게 개발·적용되었는가?

둘째, AI 피드백 모델은 학습자에게 어떤 경험을 제공하는가?

셋째, AI 피드백 모델은 체육수업의 교수·학습 구조를 어떻게 변화시키는가?

II. 이론적 배경

1. 체육수업에서의 피드백 구조와 교수·학습 특성

체육수업은 수행 중심 학습 영역으로, 피드백의 질과 시기가 학습 성취를 결정짓는 핵심 요인이다(Rink, 2010). 전통적으로 체육수업은 ‘시범-모방-교정’의 구조로 운영되어 왔으며, 교사가 학습자의 수행을 관찰하고 오류를 교정하는 일방향적 피드백 구조를 취해왔다(Graham et al., 2013). 이러한 구조에서는 교사의 시각적 피드백이 제한되고, 학습자는 교사의 판단에 의존하는 수동적 학습자로 남게 된다.

운동학습 이론에 따르면 즉각적 피드백은 학습 초기의 수행 오류를 빠르게 수정하도록 돕지만, 지연 피드백은 장기적인 기술 유지에는 도움을 줄 수 있다(Schmidt & Lee, 2011). 또한 피드백의 내용이 모호하거나 일반적일 경우 학습자는 자신의 수행을 정확히 인식하지 못해 학습 효율이 떨어진다(Li & DeLacy, 2020). 따라서 피드백은 즉시성, 구체성, 시각화의 원칙을 충족해야 한다.

하지만 실제 수업에서는 교사가 다수의 학생을 동시에 지도해야 하므로 개별 피드백이 어렵고, 피드백 시점이 학습자의 수행 직후가 아닌 경우가 많다. 이로 인해 학습자는 자신의 동작을 즉시 수정하지 못하고, 잘못된 자세를 반복하는 경우가 발생한다(Zhou et al., 2021). 이러한 한계는 교사 중심의 피드백 구조에서 벗어나 학습자 스스로 수행을 점검하고 수정할 수 있는 자기 주도적 피드백 환경의 필요성을 제기한다.

선행 연구들은 전통적인 교사 중심의 피드백 구조가 지닌 한계를 지적하며 학습자 중심의 자기 주도적 피드백 환경의 필요성을 강조한다. 그러나 이러한 환경을 ‘어떻게’ 구축할 것인가에 대한 구체적인 방법론은 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 AI 피드백 모델을 교수·학습 구조 전환을 위한 실질적 도구로 제안하고, 이를 통해 교사-학습자 간의 상호작용이 어떻게 재구성되며 학습자 중심성이 실현되는지를 탐색함으로써 선행연구의 논의를 구체화하고 확장하는 의의를 가진다.

2. AI 기반 피드백 시스템의 개념과 교육적 적용 가능성

AI 기반 피드백 시스템은 학습자의 수행을 실시간으로 인식하고, 그 결과를 시각적·수치적 정보로 제공하는 학습 지원 기술이다. 최근 포즈 추정, 객체 탐지, 동작 인식 기술이 발전하면서 교육 분야에서도 AI 피드백 활용이 확대되고 있다. MediaPipe, OpenPose, YOLO 등의 모델은 학습자의 신체 움직임을 정량적으로 분석해 정확도와 궤적을 시각화할 수 있다. 스포츠 과학 분야에서는 이미 AI 피드백이 선수 훈련에 활용되어 왔으며, 운동 동작의 정확도를 높이고 기술 숙련을 지원하는 효과가 검증되었다. 그러나 교육적 맥락에서의 연구는 여전히 제한적이다. 대부분의 연구가 실험실 환경에서 기술 성능 향상에 초점을 맞추고 있으며, 학습자의 경험 변화나 교수·학습 구조의 전환에 대한 논의는 부족하다.

AI 피드백의 교육적 가치는 즉시성, 객관성, 개별화, 시각화로 요약된다(Heffernan & Heffernan, 2014). AI는 데이터를 실시간으로 처리해 즉각적인 피드백을 제공하며, 일관된 기준으로 학습자의 수행을 분석함으로써 공정성을 확보한다. 그리고 학습자별 데이터를 축적해 맞춤형 피드백을 제시하고, 시각화된 정보를 통해 학습자가 자신의 수행을 직관적으로 이해하도록 돕는다. 또한 교사는 AI가 제공하는 데이터를 분석해 학습자

의 패턴을 이해하고, 이를 교육적 맥락 속에서 재해석하여 의미를 부여한다. 이러한 상호보완적 관계는 교수자의 부담을 줄이면서도 학습자의 자기조절 역량을 강화하는 새로운 교수·학습 구조를 가능하게 할 수 있다.

요컨대, 선행연구들은 AI 기술의 교육적 잠재력을 보여주지만, 대부분 기술 성능 검증에 머물러 있거나 실제 수업 맥락에서 AI 피드백이 학습 경험과 상호작용하며 나타나는 복합적인 교육 현상에 대한 탐색은 매우 부족하다. 따라서 본 연구는 이러한 연구의 공백을 메우기 위해 AI 피드백 시스템을 실제 수업에 적용하여, 기술이 교육적으로 수용되고 의미를 구성하는 과정을 심층적으로 탐색함으로써 AI의 교육적 적용 가능성을 실증적으로 규명하고자 한다.

3. 체육수업에서의 AI 피드백 적용과 교수·학습 구조 변화

AI 피드백 시스템의 도입은 체육수업의 교사 중심 구조를 학습자 중심 구조로 전환하는 촉매제 역할을 한다. 교사는 기존의 피드백 제공자에서 학습 설계자 및 조정자로 변화하며, 학습자는 수행 결과를 즉시 확인하고 수정하는 자기 점검 주체로 자리 잡는다(Brookhart, 2017). AI는 교사·학습자 간의 피드백 구조를 ‘AI ↔ 학습자 ↔ 교사’ 형태로 확장하며, 각 주체의 역할을 재조정한다. AI는 객관적 데이터를 제공하고, 학습자는 이를 근거로 수행을 수정하며, 교사는 학습자의 반응을 관찰해 해석적 피드백을 제공한다. 이러한 삼자 상호작용 구조는 피드백의 질적 수준을 향상시키고, 수업의 효율성을 높인다(한승범 외, 2024).

또한 AI 피드백 시스템은 과정 중심 평가를 가능하게 하며, 학습자가 자신의 성장 궤적을 시각적으로 확인할 수 있게 한다(Sadler, 2010). 이 과정에서 피드백은 단순한 결과 정보가 아니라 학습을 강화하는 순환적 메커니즘으로 작동한다. 결과적으로 체육수업은 기술 습득의 장에서 학습 성장의 장으로 재구성되며, AI 피드백은 인간적 상호작용과 기술적 조작이 조화를 이루는 새로운 교수·학습 패러다임의 기초가 된다(Fullan, 2020).

이상의 논의들은 AI 피드백이 체육수업의 패러다임을 전환할 가능성을 제시하지만, 이러한 변화가 구체적으로 어떤 과정을 통해 나타나는지에 대한 실증적 증거는 여전히 부족하다. 선행연구들이 주로 변화의 방향성을 예측했다면, 본 연구는 AI 모델을 실제 수업에 적용한 질적 사례를 통해 그 변화의 과정과 교육적 의미를 구체적으로 드러내는 점에서 차별성을 갖는다.

Ⅲ. 연구 방법

본 연구는 상호 연계된 두 단계로 구성된다. 첫 번째 단계에서는 AI 피드백 모델 프로토타입의 신속한 개발과 반복적인 개선을 통해 현장 적용이 가능한 교육 도구를 완성하는 데 주력하였다. 두 번째 단계에서는 1단계에서 개발된 도구를 실제 수업 사례에 적용하여, 학습자와 교사의 경험, 수업의 변화 양상, 그리고 교수·학습 과정의 교육적 의미를 심층적으로 밝히고자 하였다.

1. 래피드 프로토타입 방법론 : AI 피드백 모델 개발 및 개선

본 연구는 래피드 프로토타입 방법론을 적용하여, 체육수업에 적용 가능한 AI 기반 동작 분석 모델을 개발하고 반복적으로 개선하였다. AI 피드백 모델 개발 과정은 분석, 설계, 개발, 실행, 평가의 다섯 단계로 구성되었으며, 각 단계는 상호 피드백을 통해 순환적으로 진행되었다.

가. 분석 단계

우선 분석 단계에서는 체육수업 현장에서 교사의 피드백이 즉시·개별적으로 제공되기 어려운 문제를 해결하기 위해, 학습자가 스스로 자신의 수행을 점검하고 수정할 수 있는 AI 피드백 모델의 필요성을 탐색하였다. 이를 위해 중학교 체육교사 3인과의 협의를 통해 현장의 요구를 분석하였으며, 피드백 모델은 실시간 자세 인식, 시각적 피드백, 자동 캡처 및 저장, 웹 접근성의 용이성 등을 갖추어야 한다는 결론에 도달하였다. 이러한 분석을 토대로 MediaPipe 포즈 추정 기술을 기반으로 하는 AI 피드백 구조를 채택하였고, 상체 관절(어깨·팔꿈치·손목)의 위치 변화를 주요 분석 요소로 하는 설계 방향을 정립하였다.

나. 설계 단계

설계 단계에서는 포즈 인식 기능을 중심으로 한 기본 프로토타입을 구체화하였다. 초기 버전은 상체 관절의 좌표를 검출하고, 관절 간 각도 계산을 통해 팔의 움직임 상태를 판정하도록 설계되었다. 이후 모델을 개선하며 영상 캡처 기능을 추가하여 특정 자세 인식 시 자동으로 이미지가 저장되도록 하였고, 짧은 클립 영상을 녹화·저장하는 기능도 포함하였다. 더 나아가 다양한 감지 조건을 적용하여 모델의 구현 정확성을 높이고자 노력하였다. 예를 들어, 동작 인식의 시작 조건을 전신의 관절이 화면에 인식되는 순간부

터로 설정하였는데, 이는 운동 수행 시 전체 동작을 확인할 수 있게 하며, 실제 운동 수행 동작이 아닌 영상을 저장하는 오류를 방지하기 위함이다. 또한 미리 모드, 민감도 조절, 쿨다운 설정, 시각적 안내문과 효과음 등 사용자 편의성을 높이는 기능을 통합하여 처음 사용하는 학습자와 교사들까지 누구나 활용할 수 있는 형태로 설계하였다.

다. 개발 단계

개발 단계에서는 이러한 설계를 토대로 농구와 배구 두 종목의 동작 특성에 맞는 로직으로 웹 기반 모델을 개발하였다. MediaPipe의 PoseLandmarker 모델을 활용하여 실시간으로 신체 랜드마크를 검출하고, 자바스크립트(JavaScript) 환경에서 동작하도록 구현하여 별도의 설치 없이 브라우저만으로 구동이 가능하도록 개발하였다. 농구 모델에서는 손목이 귀보다 위로 올라간 순간을 ‘SHOOT’으로 판정하도록 구성하였으며, 배구 모델에서는 팔을 뒤로 젖힌 ‘READY’ 자세에서 손목이 어깨보다 높아지는 순간을 ‘SPIKE’로 인식하도록 설계하였다. 두 모델 모두 자동 스냅샷과 클립 저장, 시각적 플래시 효과를 포함하였다. 또한 모델을 실제 수업에 적용하기 위해 각 종목의 특성에 맞춘 교수·학습 계획을 구성하였다. 농구 단원에서는 슛 동작의 단계별 정확성을, 배구 단원에서는 스파이크 타이밍과 팔의 궤적 개선을 목표로 설정하고, 실습 중심의 학습활동을 설계하였다. 이 모델을 종목별 동작 특성에 맞는 로직을 개발하였다.

라. 실행 단계

실행 단계에서는 개발된 모델을 실제 중학교 3학년 체육수업에 적용하였다. 먼저 교사는 수업 도입부에서 모델의 목적과 활용 방법을 시연하며, 인식 원리와 피드백 구조를 학생들이 이해할 수 있도록 안내하였다. 이후 학생들은 각자의 태블릿 PC를 활용하여 모델에 접속한 뒤, 자신의 동작을 실시간으로 인식하는 화면을 보며 개별적으로 연습을 수행하였다. 농구 단원에서는 팔의 각도와 슈팅 릴리스 시점을 중심으로 동작을 점검하였으며, 배구 단원에서는 스파이크 순간 팔의 각도 변화와 임팩트 시점에 따른 공의 궤적을 확인하며 타이밍과 동작 정확성을 스스로 조정하였다. 학생들은 화면에 표시되는 시각적 피드백을 바탕으로 자신의 자세를 교정하였고, 교사는 학습자별 수행 영상을 관찰하며 필요한 경우 개별적 언어 피드백을 제공하였다.

마. 평가 단계

평가 단계는 특정 시점에서 일회적으로 이루어진 것이 아니라, 각 개발 단계마다 순

환적으로 수행되었다. 프로토타입의 완성도와 교육적 활용성을 높이기 위해 교사와 연구자가 지속적으로 피드백을 주고받았으며, 수업 실행 후에는 학습자의 반응과 사용 편의성에 대한 의견을 반영하여 기능을 보완하였다. 특히 인식 정확도, 피드백 문구의 가시성, 민감도 조절의 적절성은 반복적인 평가와 수정 과정을 통해 안정화되었다. 이와 같은 순환적 개발과 평가 과정을 통해 최종적으로 체육수업 현장에 적용 가능한 수준의 AI 기반 동작 분석 모델이 완성되었다.

2. 질적 사례 연구 : 교육적 적용 및 교수·학습 변화 탐색

본 연구의 두 번째 단계는 AI 동작 분석 모델을 실제 체육수업에 적용하여 그 교육적 의미와 교수·학습의 변화를 탐색하기 위한 질적 사례 연구로 진행되었다. 이 연구는 기술 개발 결과의 검증에 그치지 않고, 수업이라는 실제 맥락에서 교사와 학습자가 모델을 어떻게 경험하고 수용하는지를 심층적으로 이해하는 데 목적을 두었다.

가. 연구 참여자 선정

본 연구는 인공지능(AI) 피드백 모델이 적용된 체육수업을 경험하는 학습자와 해당 수업을 운영하는 교사를 대상으로 심층적인 탐색을 수행하기 위해 구체화된 기준을 바탕으로 연구 참여자를 선정하였다.

본 연구는 인공지능(AI) 피드백 모델의 적용과 교수·학습 변화를 탐색하기 위하여 실제 체육수업의 교수자와 학습자라고 할 수 있는 학생과 체육교사를 연구 참여자로 선정하였다. 연구참여자는 중학교에 재직 중인 체육교사 3명과 울산광역시 중학교에 재학 중인 학생 7명. 총 10명으로써 AI 피드백 모델의 수업 적용 과정에서 나타난 경험을 심층적으로 탐구하고, 개별 사례 간 공통점과 차이점을 분석할 수 있을 만큼의 사례 수로 결정할 것이다. 이는 질적 사례 연구에서 제안하는 풍부하고 상세한 사례 탐구를 위한 소규모 참여자 수(4~10명) 권고 범위(Guest, Bunce, & Johnson, 2006; Creswell, 2013)를 따르며, 연구 목적을 달성하는 데 적절한 수로 판단된다.

연구참여자의 선정 기준은 다음과 같다. 체육교사의 경우, 인공지능 기술을 체육수업에 적용하는 것에 관심이 있고, 다양한 교수·학습 방법 지식을 보유한 교사로 선정하였으며, 본 연구의 개발 자료인 AI 피드백 모델을 수업에 적용할 수 있는 교사 3명을 선정하였다. 그리고 학생의 경우, 본 연구에 참여하는 체육교사가 재직 중인 중학교의 재학생, 즉 연구참여자가 운영하게 되는 AI 피드백 모델을 활용한 체육수업에 학습자로 참여하는 학생을 대상으로 선정하였으며, 그중 체육수업에 열심히 참여하고, 인공지능 기

술에 관심을 가진 중학교 3학년 학생 대상으로 7명을 선정하였다.

나. 자료 수집 방법

본 연구의 자료 수집은 AI 피드백 모델의 적용 과정을 다각적으로 탐색하기 위해 심층면담, 참여 관찰, 수업 영상 분석, 모델 활용 영상 등 다양한 질적 자료를 수집하였다. 먼저, 연구자는 체육교사와 학생을 대상으로 한 반구조화 심층면담을 통해 모델 개발 및 수업 적용 과정에서의 인식과 경험을 수집하였다. 교사 면담에서는 인공지능 피드백 모델의 교육적 활용 가능성, 수업 설계 과정, 교수자의 피드백 역할 변화 등에 대한 의견을 중심으로 자료를 수집하였으며, 학생 면담에서는 모델 사용 경험, 피드백 수용 방식, 자기 주도적 학습 변화 등을 탐색하였다.

수업 적용 단계에서는 참여 관찰을 통해 실제 수업 현장에서 모델이 작동하는 방식과 학습자 반응을 세밀하게 기록하였다. 연구자는 수업 전 과정을 관찰하면서 교사와 학생 간 상호작용, 학습자의 수행 행동, 피드백에 대한 즉각적 반응 등을 현장 노트로 남겼다.

이와 함께, 개발된 AI 피드백 모델을 통해 수집된 클립 영상을 수집하여 학습자의 동작 인식 빈도, 포즈 추정 정확도, 피드백 발생 시점 등 객관적 수치 자료를 수집하였다. 이를 통해 면담과 관찰에서 확인된 학습자의 인식 변화와 실제 수행 결과를 상호 검증하였다.

자료 수집은 2025년 10월 총 4주간 진행되었으며, 각 연구참여자는 모델을 직접 사용한 후 개별 면담에 참여하였다. 면담은 연구참여자가 희망하는 시간과 장소에서 진행되었고, 모든 면담 내용은 연구참여자의 동의를 얻어 녹음 후 전사하였다. 연구자는 수집된 모든 자료를 익명화 처리하고, 개인 식별이 가능한 정보는 삭제하여 개인정보 보호와 자료의 기밀성을 유지하였다.

다. 자료 분석 방법

본 연구의 자료 분석은 AI 기반 교수·학습 모델이 실제 체육수업에서 어떻게 활용되고, 교사와 학생의 교수·학습 경험에 어떠한 변화를 가져왔는지를 탐색하는 데 초점을 두었다. 이를 위해 Braun & Clarke(2006)의 주제분석(Theme analysis)을 토대로, Miles & Huberman(1994)이 제시한 질적 자료 분석의 세 단계 절차로써 자료 축소, 자료 배열, 결과 도출을 병행하였다.

먼저, 자료 축소 단계로써 면담 전사와 참여 관찰 기록, AI 피드백 모델 클립 영상을 반복적으로 검토하여 의미 있는 진술과 행동 단위를 추출하였다. 이 단계에서는 연구 목적과 관련된 핵심 내용을 중심으로 불필요한 자료를 정제하고, 교사와 학생의 발언 및

반응에서 반복적으로 나타나는 공통된 의미를 파악하였다.

다음으로, 자료 배열의 단계로써 추출된 의미 단위를 교사와 학생, 기술(프로그램) 간의 상호작용 구조를 중심으로 범주화하여 주제별로 배열하였다. 이때 도출된 주요 주제는 AI 피드백에 대한 인식과 수용 과정, 학습자의 자기조절적 수행 강화, 교사의 피드백 역할 변화, 기술을 매개로 한 교수·학습 구조의 재구성 등이었다. 이러한 주제들은 교사와 학생의 실제 발언, 수업 장면의 행동 패턴, 시스템 로그 데이터 간의 상호 비교를 통해 점차 구체화되었다.

마지막으로, 결과 도출 단계로써 주제 간 관계를 통합적으로 검토하여 AI 피드백 모델이 수업 맥락 속에서 어떠한 교육적 의미를 가지는지를 해석하였다. 이를 통해 AI 기반 피드백이 교사 중심의 일방적 피드백 구조를 학습자 중심의 자기 점검형 피드백 구조로 전환시키는 매개로 작용하였음을 확인하였다. 이와 같은 주제 중심 분석을 통해 본 연구는 AI 피드백 모델이 체육수업 내에서 교사와 학생의 상호작용, 피드백 구조, 학습 참여 양상에 어떠한 변화를 일으키는지에 대해 심층적으로 해석하였다.

라. 연구의 신뢰성 및 타당성 확보

연구의 신뢰성과 타당성을 확보하고자 다음과 같은 다각적인 전략을 적용하였다.

첫째, 연구의 핵심 도구인 AI 피드백 모델 자체의 타당성을 확보하기 위해 모델 개발 단계에서 내용 타당도 검증을 실시하였다. 현장 체육교사 3인, 스포츠교육학 교수 1인, 코딩 전문가 1인과 함께 전문가 협의 과정(FGI)을 통해 모델이 분석하는 운동 동작의 핵심 요소와 제공하는 피드백의 내용이 실제 교육과정과 운동학적 원리에 충실히 부합하는지를 검증하였다. 또한 개발된 프로토타입을 실제 사용자인 학생들에게 파일럿 테스트를 실시하여 사용성 평가를 진행하였고, 그 과정에서 발견된 기술적 오류 및 개선점을 반복적으로 보완함으로써 연구 도구의 신뢰성을 제고하였다.

둘째, 질적 사례 연구로 진행된 교육적 탐색 단계에서는 연구 결과의 신뢰성을 확보하기 위해 Lincoln & Guba(1985)가 제안한 준거에 기반한 전략들을 수행하였다. 특히 본 연구의 핵심적인 신뢰성 확보 전략으로 방법론적 삼각 검증법을 채택하였다. 연구자의 참여 관찰 기록, 학생 및 교사와의 심층 면담 자료, AI 피드백 모델에 저장된 클립 영상 등 이질적인 성격의 자료들을 종합적으로 수집하고 교차 분석함으로써, AI 피드백 모델이 적용된 수업 현상을 다각적이고 총체적으로 해석하여 연구의 진실성을 높이고자 하였다.

셋째, 연구자의 주관적 편향을 최소화하고 연구 결과가 참여자의 경험에 근거하고 있음을 보증하기 위해 참여자 확인과 동료 연구자 검토를 실시하였다. 데이터 분석 과정에

서 도출된 초기 해석과 주제들을 연구 참여자에게 다시 공유하여 그들의 경험과 일치하는지 확인받았다.

IV. 연구 결과

1. AI 피드백 모델의 개발 및 적용 과정

본 연구에서 개발한 AI 피드백 모델은 학습자의 주요 동작을 실시간으로 인식하고, 수행 상태를 자동으로 판정하여 시각적·청각적 피드백을 제공하는 웹 기반 구조로 설계되었다. 이에 따라 모델의 설계 및 개발 과정, 작동 구조와 알고리즘, 그리고 실제 수업에 적용된 절차는 다음과 같다.

가. AI 피드백 모델 설계 및 개발 절차

AI 피드백 모델은 체육수업에서 학습자의 주요 동작을 실시간으로 인식하고 수행 결과를 즉각적으로 피드백하기 위해 설계되었다. 모델은 Google의 미디어파이프(MediaPipe)의 Pose Landmarker를 기반으로 한 웹 애플리케이션 형태로 개발되었으며, 학습자가 별도의 프로그램 설치 없이 웹 브라우저 상에서 바로 실행할 수 있도록 구현하였다. <표 1>은 두 종목별 피드백 알고리즘의 핵심 구성 요소를 비교한 것이다.

<표 1> AI 피드백 모델의 알고리즘 핵심 구성 요소

인식 조건	구분	주요 관절 (Point)	Pose1 (준비자세)	Pose1 (핵심동작)	시각 피드백
<ul style="list-style-type: none"> 얼굴(귀)과 하체(발목)가 모두 인식되어야 판정 가능 감지되지 않으면 “전신이 화면에 보이도록 서세요” 메시지 출력 	슛	귀(7,8), 팔꿈치(13,14), 손목(15,16), 발목(27,28)	손목이 팔꿈치보다 아래에 있을 때 READY	손목이 귀보다 위로 올라가면 SHOOT!	텍스트(READY→SHOOT!), 팔 각도 표시, 플래시 효과
	스파이크	어깨(11,12), 손목(15,16), 발목(27,28)	손목이 어깨의 뒤쪽으로 이동하면 READY	손목이 어깨보다 위로 올라가면 SPIKE!	텍스트(READY→SPIKE), 팔 각도 표시, 플래시 효과

AI 피드백 모델의 설계는 ① 직관적 사용성, ② 실시간 분석 정확성, ③ 학습자 중심 피드백 구조를 핵심 원리로 두었다. 첫째, 직관성을 확보하기 위해 모든 기능은 단일 화면 내에서 작동하도록 구성하였다. ‘카메라 시작’ 버튼을 누르면 촬영과 분석이 동시에

진행되며, 학습자는 자신의 신체 움직임을 즉시 화면에서 확인할 수 있다.

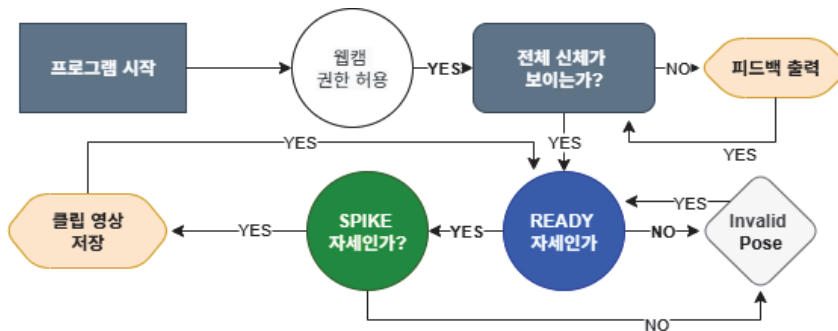
둘째, 정확성을 높이기 위해 MediaPipe의 33개 신체 랜드마크를 기반으로, 어깨·팔꿈치·손목의 위치 좌표를 실시간으로 추출하여 팔의 각도를 계산하도록 하였다. 셋째, 학습자 중심 피드백을 실현하기 위해 AI가 동작을 ‘판정’하거나 ‘점수화’하는 방식이 아니라, 학습자가 자신의 수행을 스스로 관찰하고 판단할 수 있도록 시각적 데이터(각도 표시, 영상 저장)를 중심으로 피드백이 제공될 수 있도록 설계하였다.

개발 과정은 래피드 프로토타입 방법론 절차에 따라 설계, 기능 구현, 피드백 알고리즘 통합, 인터페이스 보완의 단계를 거쳐 완성되었다. MediaPipe PoseLandmarker를 활용하여 카메라 영상으로부터 33개의 신체 주요 관절 좌표를 추출하고, 이 데이터를 기반으로 어깨-팔꿈치-손목의 각도 및 위치를 계산하여 학습자의 동작을 판정하도록 구성하였다.

모델은 카메라 입력, 자세 인식, 상태 판정, 피드백 제공, 시각화 및 저장 기능을 중심으로 구조화되었다. 두 개의 독립 모델이 개발되었는데, 하나는 농구 슛 동작 분석용, 다른 하나는 배구 스파이크 동작 분석용으로 구성되었다. 각 모델은 종목별 수행 특성에 따라 서로 다른 기준값을 설정하여 동작의 변화를 감지하도록 설계되었다.

나. AI 피드백 모델의 작동 구조와 피드백 알고리즘

AI 피드백 모델은 학습자의 움직임을 실시간으로 인식하고 단계별 수행 상태를 판정하여 피드백으로써 영상과 이미지를 생성하는 구조로 작동한다. 그 과정은 동작 인식, 자세 판정, 피드백 생성, 시각화 및 저장의 네 단계로 구성되며, 해당 모델의 플로우차트는 [그림 1]과 같다.



[그림 1] AI 피드백 모델의 플로우차트

첫째, 동작 인식 단계에서는 카메라 영상을 입력받아 MediaPipe PoseLandmarker가 프레임 단위로 인체의 주요 관절 좌표를 추출한다. 둘째, 자세 판정 단계에서는 과제별

로 설정된 임계값을 기준으로 특정 관절의 상대적 위치를 비교하여 수행 단계를 판정한다. 예를 들어 농구 슛 모델에서는 손목의 y 좌표가 귀 높이 이상일 때 ‘SHOOT’ 상태로 전환되며, 배구 스파이크 모델에서는 손목이 어깨보다 높게 위치하면 ‘SPIKE’ 상태로 인식된다.

셋째, 피드백 생성 단계에서는 판정 결과에 따라 화면 중앙에 상태 문구가 표시되고, 색상 변화 및 효과음이 함께 출력된다. 넷째, 시각화 및 저장 단계에서는 판정 순간의 이미지를 자동 저장하여 학습자가 자신의 동작을 재생하거나 비교할 수 있도록 하였다. 모델은 프레임마다 이러한 절차를 반복 수행하여 실시간 반응성을 유지하도록 구성되었으며, 피드백의 지연을 최소화하기 위해 JavaScript 비동기 처리 방식과 Canvas 기반 렌더링 구조를 적용하였다. 또한, 모델 내부에서는 판정 조건의 민감도 조정 기능을 제공하여 사용자가 수행 수준이나 카메라 위치에 따라 기준값을 조정할 수 있도록 하였으며, AI 피드백 프로그램의 실제 실행은 [그림 2]와 같다.

프로그램을 실행하면 ‘공을 들고 화면에 맞춰 서세요.’라는 문구가 뜨고, 학습자의 동작에 따라 ‘READY’, 또는 ‘SHOOT(또는 SPIKE)’라는 문구가 뜬다. 핵심 동작인 SHOOT 또는 SPIKE 동작이 인식되면 갤러리 창에 클립 영상과 이미지가 자동으로 저장되는 방식이다.



[그림 2] AI 피드백 모델의 실제 실행 화면

다. 모델 적용 환경 및 운영 절차

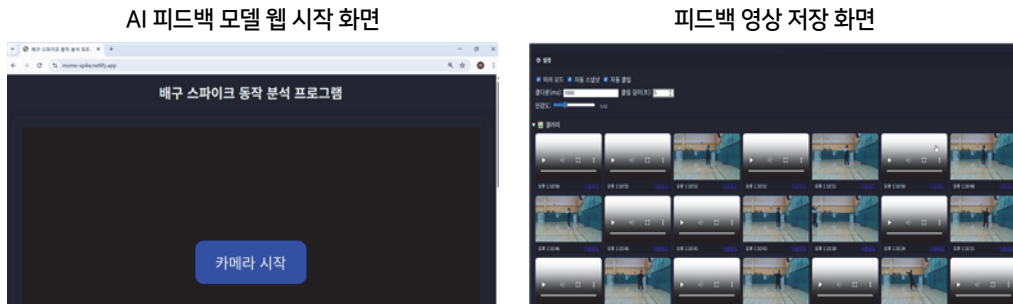
개발된 AI 피드백 모델은 중학교 3학년 체육수업 중 ‘농구의 슛’과 ‘배구의 스파이크’ 단원에 적용되었다. 적용 환경은 웹 브라우저 기반으로 구성되었으며, 노트북 및 태블릿을 사용하여 학습자가 개별적으로 링크에 접속하여 모델을 사용할 수 있도록 하였다.

수업 절차는 교사의 시범 및 설명 이후 학생이 모델 앞에서 동작을 수행하고, 실시간으로 제공되는 시각적 피드백을 확인하며 반복 수행을 진행하는 방식으로 구성되었다.

차시별 활용 시간은 상황에 따라 유동적이었으나, 대체로 실습 활동의 일부 구간에서 반복적으로 사용되었다.

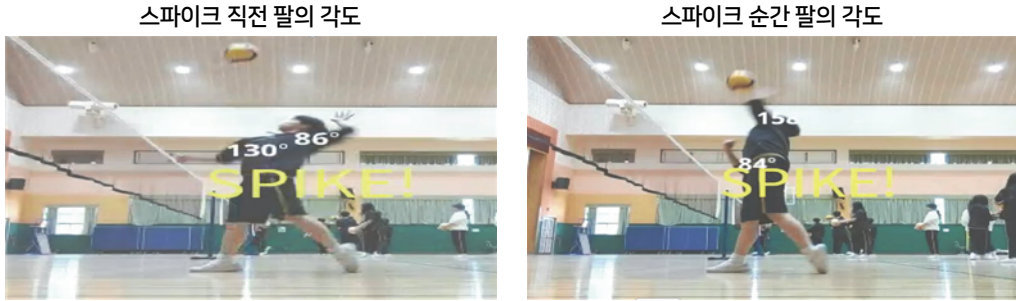
AI 피드백 모델이 자동 저장한 클립 영상 및 이미지 파일은 학습자의 수행 누적 자료로 활용할 수 있다. 학습자는 모델 내 설정 패널을 통해 자동 저장 기능, 화면 반전, 민감도 조절 등의 옵션을 조정할 수 있으며, 이러한 기능은 다양한 수업 환경에 맞추어 모델을 유연하게 적용할 수 있도록 지원하였다. AI 피드백 모델의 웹 시작 장면과 피드백 영상 저장 화면은 [그림 3]과 같다.

웹 브라우저에 링크를 입력하면 시작 화면이 나타나고, ‘카메라 시작’ 버튼을 터치하면 웹캠이 활성화되며, 동작 인식이 시작된다. 설정을 통해 클립 영상의 길이를 설정할 수 있고, 필요에 따라 영상의 저장 시간을 조정할 수도 있다. 프로그램 시작 후 화면에 학생의 동작이 인식되면 동작에 따라 해당 동작의 상태가 화면에 표시되며, 그 동작 가운데 학생의 스파이크, 또는 슛 동작이 인식되면 해당 순간부터 짧은 클립 영상과 캡처 화면을 자동 저장한다.



[그림 3] AI 피드백 모델의 웹 시작 화면 및 피드백 영상 저장 화면

학생은 운동 수행 후 클립 영상을 통해 자신의 수행 동작을 확인할 수 있다. 특히 영상 속에는 운동 동작의 특성을 고려하여 학생의 상체 관절의 각도를 실시간으로 표시되게 제작하였다. 학생은 이와 같은 시각적 피드백을 통해 스파이크 동작 시 상체 관절의 각도 변화를 확인할 수 있다. 다시 말해, 클립 영상을 통해 스파이크 직전 팔의 각도와 스파이크 순간 팔의 각도를 확인할 수 있으며, 이를 통해 스파이크 동작의 준비 동작부터 팔로우 동작까지 자신의 동작을 점검할 수 있기에 잘못된 부분을 이해하고 수정할 수 있는 자기점검 피드백을 수용할 수 있게 된다. 실제 학생의 운동 수행 동작의 부분 화면은 [그림 4]와 같다.



[그림 4] 실제 학생의 운동 수행 동작의 부분 화면

2. AI 피드백 모델의 적용을 통한 학습자 경험의 변화와 인식

AI 피드백 모델이 적용된 수업에서 학습자들은 자신의 수행을 바라보는 태도와 학습에 접근하는 방식에서 분명한 변화를 보였다. 기존 체육수업에서 학습자는 교사의 시범과 지시에 의존하며 동작을 모방하는 수동적 존재였다면, AI 피드백 모델이 도입된 이후 학습자는 스스로 자신의 수행을 점검하고 조정하는 학습 주체로 변화하였다. 이는 피드백의 주체가 교사에서 학습자로 이동했다는 점에서 중요한 의미를 지닌다.

가. 운동 수행을 객관적으로 바라보는 '자기 점검 학습'으로의 변화

AI 피드백 모델이 수업에 도입되면서 학습자들은 자신이 수행한 동작을 이전보다 훨씬 명확하게 인식할 수 있게 되었다. 특히 화면에 즉시 나타나는 팔의 각도, 자세 변화, 타이밍 등의 시각적 정보는 학습자가 자신의 수행을 '보는 경험'으로 전환시켰다.

학생들은 “내가 어떻게 하고 있는지 잘 모르겠다”는 불확실한 상태에서 벗어나, AI 피드백 모델이 제공하는 영상 피드백 정보를 근거로 자신의 동작을 구체적으로 확인할 수 있었다. 실제로, 수업 중 교사가 한 학습자를 관찰하며 피드백을 제공하면, 다른 학습자들은 그 시간 동안 대기해야 하는 경우가 많았다. 그러나 AI 피드백 모델이 적용되자, 학생들은 대기 시간 없이 자신의 동작을 즉시 확인하고 반복적으로 수정할 수 있었다.

이 과정에서 학생들은 교사의 개별 피드백을 기다리지 않아도 스스로 학습을 조정할 수 있다는 경험을 하게 되었다. AI는 교사처럼 지시하지 않았지만, 학생들에게는 “지금 내가 올바르게 하고 있는가?”를 판단할 수 있는 새로운 기준으로 작용했다.

제 동작을 눈으로 직접 보니 수정할 부분을 명확히 알 수 있었어요. 그리고 내가 스파이크하는 순간을 정확히 파악해서 보여주니까 게임처럼 재밌어서 집중이 잘 되는 거 같아요(학생 1).

또한 학습자들은 AI를 통해 제공되는 피드백을 ‘평가’가 아닌 ‘정보’로 받아들였다. 체육수업에서 교사의 피드백은 때때로 잘잘못의 판단으로 느껴지기도 하지만, AI 피드백은 자신의 수행 동작에 대한 객관적인 영상 정보이기 때문에 학생들은 이를 비교적 부담 없이 받아들였다. 이로 인해 피드백에 대한 수용 태도와 학습 참여가 훨씬 적극적으로 변화하였다. 학생들은 자신의 영상과 화면에 제시되는 팔의 각도와 같은 피드백을 보며, 스스로 수정 전략을 세우는 모습을 보였다. 이러한 변화는 단순히 기술의 도움으로 수행을 교정하는 수준을 넘어, 학습자가 자신의 수행을 객관적으로 관찰하고 판단하는 자기 점검 학습으로의 확장을 의미한다.

평소에 체육시간에 선생님은 항상 뭔가 잘 못했을 때 말씀을 해주시는데요. 그게 한편으로는 나의 부족함으로 생각되기도 하거든요. 그런데 이건 내가 나의 모습을 확인하는 거니까 스스로 생각하게 만드는 것 같아요. 이렇게 보다 보니까 선생님이 제 모습을 봤으면 이렇게 하라고 했겠구나 하는 생각도 들어요(학생 2).

AI는 학습자에게 “지금의 나”를 즉시 보여주는 거울 역할을 하였고, 그 거울 속에서 학생들은 자신의 움직임을 ‘감’이 아니라 ‘근거’로 이해하기 시작했다. 이 과정에서 학습자는 수행의 정확성뿐 아니라, 스스로 문제를 발견하고 해결하는 학습의 통제감을 경험하게 되었다.

결과적으로 AI 피드백 모델은 교사의 역할을 대체하기보다, 학습자가 자기 수행을 점검하고 개선 방향을 스스로 탐색할 수 있는 기회를 제공한 조력자로 기능하였다. 학습자들은 AI가 제공하는 정보를 토대로 자신의 동작을 진단하고 수정하며, 그러한 과정에서 수행의 향상뿐 아니라 자신이 학습을 주도하고 있다는 주체성을 강화해 나갔다.

나. '반복 연습의 장'에서 '자기 성취의 장'으로의 변화

AI 피드백 모델이 제공하는 피드백은 학습자들의 수업 참여 양식을 뚜렷하게 변화시켰다. 기존의 체육수업에서는 교사의 구두 지시나 시범을 통해 동작의 정확성을 판단해야 했기 때문에, 학생들은 반복적인 연습 과정에서도 교사의 피드백을 기다려야만 했고, 그 과정에서 수업에 대한 흥미를 잃어 가기도 한다. 그러나 AI 피드백 모델이 활용된 수업에서는, 동작 수행 후 즉시 자신의 태블릿 PC 화면에 각도와 자세 변화가 나타나면서 학습자들이 그 결과를 ‘기다리는’ 것이 아니라 ‘직접 확인하는’ 형태로 학습에 몰입할 수 있었다.

학생들은 자신이 수행한 결과가 즉각적으로 화면에 반영되는 과정을 통해 스스로의 움직임이 수업의 중심이 된다는 경험을 하였다. 팔의 각도가 바뀌거나, 자세가 안정되었

을 때의 모습을 보며 학습자들은 작은 성공을 체감했고, 이 경험은 다시 다음 수행으로 이어졌다.

교사가 일일이 “잘했어”라고 말하지 않아도, 화면의 반응만으로 학습자들은 자신이 올바른 방향으로 나아가고 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 즉시성과 시각성은 학습의 흐름을 끊기지 않게 하였다. AI 피드백이 주는 빠른 반응은 학습자에게 ‘학습이 실시간으로 이루어지고 있다’는 감각을 형성시켰고, 이는 집중의 지속과 반복 수행으로 이어졌다.

연습하다 보면 제가 잘하고 있는지 모르겠고, 선생님은 다른 친구들 봐주고 있어서 가끔 그냥 쉬고 싶을 때가 있었어요. 그런데 이렇게 연습하니깐 제 동작을 제가 할 때마다 바로 확인할 수 있어서 쉬지 않고 계속 연습하게 되는 것 같아요. 그리고 처음 연습할 때랑 또 그 다음에 연습한 걸 비교하면서 보면 제가 혼자 연습하면서도 잘하는 게 느껴져서 좋았어요(학생 3).

특히 일부 학생들은 반복 수행 과정에서 마치 게임을 하듯 즐거움을 표현하였으며, 자신의 수행 동작이 개선될 때마다 작은 경쟁과 성취의 감정을 동시에 경험했다. 이처럼 AI 피드백의 제공은 학습자에게 노력과 결과의 인과를 즉각적으로 체감하게 하는 매개로 작용했고, 학습자들의 흥미를 단순한 즐거움 수준이 아니라, 학습 과제에 대한 지속적인 참여 의지로 확장시켰다.

기존에는 반복 연습이 단조롭고 수동적인 과제로 인식되었으나, AI 피드백이 적용된 수업에서는 수행이 곧 결과로 이어지는 구조 덕분에 학습자들은 수행 자체를 의미 있는 활동으로 받아들였다. 그리고 일부 학생들은 수업이 끝난 후에도 자신의 영상 결과를 다시 확인하거나 친구들과 비교하며 자발적으로 피드백 과정을 반복하였다. 이는 피드백이 단순히 교사에게서 제공되는 게 아니라, 학습자 스스로 해석하는 학습의 일부로 내면화될 수 있음을 보여준다.

처음에는 신기하기만 했는데요. 사용하다 보니까 뭔가 제가 변하고 있는 모습이 보이니까 신기했어요. 처음에는 못 하다가 점점 정확한 동작으로 바뀌는 제 모습을 보게 되니까 너무 좋았어요(학생 4).

결국, AI 피드백 모델을 통한 피드백 정보는 체육수업에서 학습자의 몰입과 흥미를 단순히 ‘유지’하는 차원을 넘어, 피드백을 매개로 한 자기 주도적 학습의 순환 구조를 형성하게 되었다. 학습자들은 수행 → 결과 확인 → 수정 → 재수행의 과정을 스스로 이어가며 학습의 주도권을 확보하였고, 이러한 과정은 수업 참여를 더 능동적이고 지속적인 행위로 전환하게 되었다. 즉 AI 피드백 모델은 학습자에게 학습의 결과를 즉시 확인할 수 있는 구조를 제공함으로써, 체육수업을 ‘반복 연습의 장’에서 ‘자기 성취의 장’으로 재구성하였다.

다. 학습자 주체성의 강화와 자기 주도적 학습으로의 변화

AI 피드백 모델의 반복적 활용은 학습자의 학습 태도에 뚜렷한 변화를 만들어냈다. 초기 수업에서는 학습자들이 교사의 시범을 모방하거나 지시에 따라 움직이는 수동적 참여자의 모습을 보였다. 그러나 수업이 진행될수록, 학습자들은 교사의 지시를 기다리기보다 AI가 제공하는 피드백을 근거로 자신의 동작을 스스로 점검하고 조정하는 능동적 학습자로 변모하였다.

특히 피드백 과정이 반복될수록 학습자들은 “다시 해보자”거나 “이번엔 더 정확히 해볼게”와 같은 자발적 발화를 보이며 스스로 학습 목표를 설정하고 성취를 확인하는 모습을 보였다. 이러한 변화는 학습자가 AI 피드백을 단순히 기술적 도움으로 인식하기보다, 자신의 학습을 지원하기 위한 학습 파트너로 받아들이기 시작했음을 의미한다. AI 피드백 모델의 피드백이 명령이 아닌 정보의 형태로 제공되었기 때문에 학습자들은 자신이 어떤 부분을 개선해야 하는지를 스스로 판단하고, 다음 수행에서 그 전략을 적용하며 자기 조절 학습의 순환 구조를 형성하였다.

연습을 하다 보니까 제가 되게 열심히 하고 있는 걸 발견하게 되었어요. 평소에 그냥 슛을 연습하면 골인이나 아니냐만 보이니까 골이 들어가면 좋고 안 들어가면 짜증나고 그랬는데, 이제 골의 성공 여부보다는 내 동작이 어떻게 변했나 하는 생각이 들어요. 그래서 안돼도 계속 다시 해보고 더 자세에 신경쓰게 되고 스스로 열심히 하게 되는 거 같아요(학생 5).

이러한 과정은 학습자에게 “내가 학습을 통제할 수 있다”는 인식, 즉 학습 통제감을 강화하였다. AI 피드백의 비언어적·비평가적 특성은 학습자의 주체성을 확장시키는 또 다른 요인으로 작용했다. 교사의 피드백은 때로 평가적 의미로 받아들여져 학습자에게 긴장감을 유발하지만, AI 피드백은 단순한 수치와 시각적 변화로 제시되기 때문에 학습자들은 이를 비교적 부담 없이 받아들이며 자기 점검에 활용할 수 있었다.

그 결과, 학습자들은 실패나 오류를 학습의 일부로 자연스럽게 인식하게 되었고, 이는 수행의 질을 높이는 동시에 학습 과정에 대한 책임감을 내면화하도록 이끌었다. 그리고 일부 학습자들은 AI 피드백을 통해 자신의 발전 과정을 시각적으로 확인하면서 점차 자기 평가와 자기 강화의 단계를 경험하였다. 이는 체육수업에서 흔히 강조되는 외재적 동기보다는, 내적 성취감과 자기 효능감에 기반한 학습 지속으로 이어졌다. 학습자들은 교사의 시선을 의식하기보다 자신의 변화를 추적하며 “내가 스스로 배우고 있다”는 감각을 분명히 인식하게 되었다.

예전에는 항상 선생님의 조언을 통해서 동작을 고쳐나갔는데요. 그럴 때마다 제가 느끼는 것과 선생님이 해주시는 피드백이 좀 다르게 받아들여지기도 했어요. 나는 잘한 것 같은데? 왜 잘 못했다고 하실까? 항상 뭔가 꾸중을 듣는 느낌이었어요. 지금은 제 동작을 직접 보니까 선생님이 왜 그렇게 말씀하셨는지 이해가 돼요. 이렇게 영상을 통해 동작을 객관적으로 보니까 스스로 수정할 수 있어서 좋은 거 같아요(학생 6).

결과적으로, AI 피드백 모델은 교사 중심의 지도 구조를 완전히 대체하지 않으면서도, 학습자가 스스로 학습을 계획하고 조정할 수 있는 자기 주도적 학습의 형태로 개선되었다. 이 구조 속에서 AI는 조용한 조력자로, 학습자는 자기 학습의 설계자로 기능하였다. 체육수업의 장면은 교사가 모든 학습 과정을 통제하는 ‘전달 중심 구조’에서 벗어나, AI와 학습자가 함께 피드백을 구성하고 의미를 형성하는 상호 보완적 관계로 확장되었다.

라. AI 피드백과의 상호작용 속에서 형성된 학습 경험의 새로운 의미

AI 피드백 모델과의 지속적인 상호작용은 학습자에게 단순한 수행 향상을 넘어, 자신의 학습 과정을 새롭게 이해하는 계기로 작용하였다. 수업이 반복될수록 학습자들은 AI 피드백 모델을 ‘결과를 보여주는 장치’가 아니라, ‘학습의 과정을 함께 만들어가는 존재’로 인식하기 시작했다.

AI가 제시하는 시각적 피드백은 학생의 동작을 즉각적으로 반영하며, 그 과정에서 학습자는 자신의 수행을 외부의 시선이 아닌 자신의 내적 기준으로 판단하고 조정하는 경험을 하였다. 이러한 상호작용은 학습자에게 자기 인식의 확장을 가져왔다. AI가 제공하는 정보는 단순한 데이터가 아니라, 자신의 학습이 어떻게 진행되고 있는지를 보여주는 일종의 학습 단서로 작용했다. 학습자들은 자신의 움직임에 AI의 피드백과 대조하면서 ‘잘한다’ 혹은 ‘틀렸다’는 평가가 아닌, “지금의 나는 어떤 상태인가?”라는 성찰적 질문을 던지게 되었다. 이로써 학습자는 수행 결과의 수용자에서, 자신의 학습 과정을 해석하고 재구성하는 의미 생성자로 변화하였다.

항상 저는 선생님께 달려가서 동작을 보여드리고 나서는 ‘저 잘했어요?’, ‘저 못했어요?’ 이렇게 물어봤던 거 같아요. 그런데 이제는 잘하고 못 하고의 문제가 아니라 지금 내 동작은 어땠을까 하는 생각을 해요. AI 피드백 모델을 활용하고 나서 동작을 평가하는 기준이 바뀐 것 같아요(학생 7).

이처럼 AI 피드백과 학습자의 상호작용은 기술이 주도하는 일방적 학습이 아니라, 학습자가 기술을 통해 자신의 학습을 재해석하는 새로운 학습 경험의 형태로 나타났다. AI는 학습자의 수행을 인식하고 시각화했지만, 그 결과를 의미 있게 해석한 것은 학습

자 자신이었다. AI가 제시한 데이터는 객관적이지만, 그 데이터를 ‘어떻게 받아들이고 활용할 것인가’는 학습자의 몫이었다.

또한 AI 피드백 모델은 학습자에게 ‘타인의 시선이 없는 안전한 학습 공간’을 제공했다. 학습자들은 교사의 평가나 친구의 비교로부터 자유로운 상태에서 AI와의 상호작용을 통해 스스로의 성장에 집중할 수 있었다. 이러한 환경은 실패나 오류를 두려워하지 않게 하였고, 오히려 시도와 수정의 과정을 즐길 수 있는 학습 분위기를 형성하였다. AI 피드백 모델과의 상호작용이 주는 안정감은 학습자들이 스스로의 오류를 학습의 일부로 받아들이도록 이끌었으며, 이는 체육수업에서 보기 드문 성찰 중심의 학습 문화로 이어졌다.

예전에 선생님이 동작을 해보라고 하면 그냥 하기 싫었어요. 누군가에게 내가 못하는 모습을 보이기 싫었던 거 같아요. 그런데 AI는 사람이 아니라 그런가 꺼려지지 않았어요. 그렇게 연습을 하고 확인하니 잘하는 제 모습을 보게 되었고, 이제 운동이 자신이 생기는 거 같았어요(학생 7).

이와 같이, 학습자는 AI 피드백 모델을 통해 자신의 학습을 바라보는 새로운 틀을 형성하였고, 이는 학습 경험 전체를 재구성하는 방향으로 확장되었다. 이러한 결과는 체육수업의 학습 구조가 더 이상 ‘학생의 동작 수행에 따른 교사의 피드백’이라는 전통적 형태에 머물지 않음을 보여준다.

AI 피드백은 학습자에게 자신의 학습을 관찰할 수 있는 제3의 시선을 제공하고, 그 시선을 통해 학습자는 자신의 움직임과 학습 의미를 동시에 탐색하게 된다. 즉, AI 피드백 모델은 학습자의 수행을 교정하는 기술이 아니라, 학습자가 스스로를 이해하고 성장의 과정을 설계하도록 돕는 매개체로 기능하였다.

결국, AI 피드백 모델을 경험한 학습자들의 수업 참여는 ‘정확한 자세를 익히는 훈련’에서 ‘자신의 학습을 성찰하는 탐구’로 이동하였다. AI와의 상호작용은 기술적 피드백 이상의 의미를 가지며, 학습자에게 “스스로 배우는 존재로 성장할 수 있다”라는 학습의 본질적 가치를 되돌려 주는 계기가 되었다.

3. AI 피드백 모델의 교수·학습 구조 변화와 교육적 확장 가능성

AI 피드백 모델의 적용은 단순히 수업의 기술적 보조 수단을 넘어, 교수·학습의 구조적 변화를 촉발하였다. 본 절에서는 AI 피드백 모델이 학습자와 교사 간의 상호작용, 피드백의 초점, 그리고 수업의 운영 방식에 어떤 변화를 가져왔는지를 분석하고, 이를 통해 학생 맞춤형 학습 지원과 과정 중심 평가로의 전환 가능성을 탐색한다. 나아가 이러

한 교수·학습 구조의 변화가 향후 AI 융합교육의 확장적 가능성으로 어떻게 연결될 수 있는지를 논의한다.

가. 교수·학습 구조의 변화와 학생 맞춤형 수업의 실현

AI 피드백 모델의 적용은 체육수업의 교수·학습 구조를 실질적으로 변화시켰으며, 학생의 학습 수준과 특성에 따라 맞춤형 수업이 이루어지는 기반을 마련하였다. 수업 초기에는 교사가 직접 시범을 보이고 핵심 동작을 단계적으로 설명하는 전통적 형태의 교수 활동이 중심이 되었다. 그러나 일정 수준 이상의 학습자가 기본 동작을 익힌 이후에는 AI 피드백 모델을 활용하여 스스로 자신의 수행을 점검하고 수정하는 자기 조절 학습 단계로 전환되었다. 이로써 수업은 교사 중심의 일제 지도에서 학습자 중심의 자기 주도적 탐색 구조로 점진적으로 이동하였다.

실제 수업에서는 다수의 학습자가 교사의 초기 지도를 통해 일정 수준의 수행 능력에 도달한 후, AI 피드백 모델을 활용하여 자신의 자세와 동작을 반복적으로 연습하였다. AI 피드백 모델은 학습자의 신체 움직임을 실시간으로 인식하고 주로 관절 각도 변화와 자세 등의 정보를 시각적으로 제시하여 학습자가 자신의 수행을 즉각적으로 확인할 수 있도록 하였다. 이러한 피드백은 학습자에게 ‘무엇을 어떻게 수정해야 하는가’에 대한 구체적인 단서를 제공하였고, 다수의 학생들은 교사의 지속적인 지시 없이도 스스로 학습을 조절할 수 있었다.

반면, 일부 학생들은 여전히 교사의 세밀한 피드백이 필요하였다. 이들은 AI 피드백만으로는 학습에 어려움을 겪었으며, 교사의 시범, 언어적 설명, 개별 지도가 학습의 이해와 수행 향상에 중요한 역할을 하였다. AI 피드백 모델이 다수의 학습자를 개별적으로 지원하는 동안, 교사는 이러한 학생들에게 더 많은 시간을 할애하여 심층적이고 인간적인 피드백을 제공할 수 있었다.

평소에는 학생들에게 돌아가면서 피드백을 제공해야 하고, 그렇지 않으면 대부분의 학생이 찾아와서 동작을 봐달라고 하는데, AI 피드백 모델을 활용하니까 대다수의 학생은 스스로 학습하게 돼요. 그래서 저는 그보다 수준이 낮은 학생들과의 소통 시간을 확보할 수 있어서 좋았어요(체육교사 1).

즉, AI는 다수의 학습자에게 기계적·기술적 피드백을 제공하고, 교사는 학습이 더딘 학생들에게 정서적·인지적 지원을 병행함으로써, 수업 전체가 학습자 수준에 따른 이중적 교수·학습 구조로 운영되었다. 이러한 변화는 교사의 교수활동을 단순히 감소시키거나 대체하는 것이 아니라, 교사의 역할을 효율적으로 재배치하도록 하였다.

교사는 모든 학습자에게 동일한 지도를 제공하던 기존 방식에서 벗어나, AI 모델을 통해 스스로 학습할 수 있는 학습자와 교사의 직접 지원이 필요한 학습자를 구분하고, 각 집단에 적합한 피드백을 제공하는 수준별 맞춤형 수업 구조를 형성하였다.

결과적으로 교사는 더 효율적인 시간 활용이 가능하게 되었으며, 학습자는 자신의 수준에 맞는 학습 지원을 받게 되었다. AI 피드백 모델의 적용은 이처럼 교사와 학습자의 상호작용 방식을 재구성하고, 학습자의 수행 수준에 따라 피드백의 양상과 깊이가 달라지는 학생 맞춤형 교수·학습 구조를 구현하였다. 이 구조 속에서 상위 수준의 학습자는 AI 피드백을 통해 자기 조절적 성장을 경험하였고, 하위 수준의 학습자는 교사의 개별적 지도를 통해 학습 동기를 유지하며 점진적인 성취를 경험할 수 있었다.

예전에는 안되면 무조건 선생님에게 안된다고 가르쳐달라고 했었는데, 이제 안되면 제 동작을 한 번 더 보려고 해요. 뭔가 안 되는 동작의 느낌과 영상을 보면 왜 그런지 이해가 되는 거 같아요(학생 1).

결국 AI 피드백 모델은 체육수업 내에서 모든 학생이 자신의 수준에 맞추어 학습할 수 있는 교수·학습 환경을 조성함으로써, 진정한 의미의 맞춤형 수업을 실현하는 기반이 되었다.

나. 체육수업의 피드백 구조 전환과 과정 중심 학습의 실현

기존의 체육수업에서 피드백은 주로 결과에 초점이 맞춰져 있었다. 체육수업에서 제공되는 피드백은 일반적으로 결과 지식(Knowledge of Results)과 수행 지식(Knowledge of Performance)으로 구분되는데, 그동안의 수업은 주로 결과 지식, 즉 “성공했다”, “점수가 올랐다”와 같은 결과 중심의 정보 제공에 머무르는 경우가 많았다. 이러한 피드백은 학습자의 수행 과정을 구체적으로 이해하기보다는 결과의 옳고 그름만을 판단하는데 집중하였고, 그 결과 학생이 자신의 학습 과정을 성찰하거나 개선할 기회를 제한하는 한계를 지녔다.

AI 피드백 모델의 적용은 이러한 피드백 구조를 결과 중심에서 수행 중심으로 전환시키는 계기가 되었다. AI는 학습자의 움직임을 실시간으로 인식하여 주로 관절 각도 변화와 자세 등 수행 과정의 질적 요소를 시각적으로 제시하였다. 이를 통해 학생은 자신의 수행을 단순히 결과로 확인하는 것이 아니라, 수행 과정 자체를 분석하고 이해할 수 있었다.

큰 변화 중 하나가 학생들이 받아들이는 피드백의 형태가 바뀐 거 같아요. 예전에는 성공했나 아니냐에 초점이라면 지금의 동작 수행 중에 어떤 부분이 문제인가를 보려고 하는 거 같아요. 결과

중심에서 과정 중심으로 바뀌는 거 같아요. 아무래도 학생들이 보는 피드백이 과정을 위주로 보다 보니까 그런 거 같아요(체육교사 3).

즉, 피드백의 초점이 결과의 정확성에서 과정의 질과 개선 방향으로 이동하면서, AI 피드백은 학습자에게 수행 중심의 학습을 가능하게 하였다. 이러한 변화는 학습자의 학습 태도에도 긍정적인 영향을 미쳤다. AI 피드백을 통해 학습자는 자신의 동작 변화를 직접 관찰하고, 무엇을 어떻게 수정해야 하는지를 스스로 탐색하며 학습의 주체로 참여하였다. 이 과정에서 학생은 외부의 평가에 의존하기보다 자신의 감각과 판단을 근거로 학습을 조정하게 되었으며, 이는 학습자의 내재적 피드백 능력을 강화하는 결과로 이어졌다. 결국 AI 피드백 모델은 학생이 스스로 학습을 점검하고 조절할 수 있는 기반을 마련함으로써, 자기 조절 학습의 실현을 촉진하였다.

AI 피드백 모델은 또한 교사의 평가 방식에도 변화를 가져왔다. 기존의 체육수업에서는 교사가 학생의 동작 수행을 즉각적으로 관찰하고 판단하는 순간적 평가 방식을 주로 사용하였다. 그러나 AI 피드백 모델의 도입 이후, 교사는 학생의 전체적인 수행 과정을 반복적으로 확인할 수 있게 되었으며, 특히 학습 초기의 동작과 시간이 지남에 따라 향상된 모습을 비교·분석함으로써 학생의 성장 과정과 변화의 흐름을 명확히 파악할 수 있었다.

이러한 변화로 인해 교사의 평가는 한 순간의 동작이나 결과를 판정하는 단편적 피드백이 아니라, 학습자의 수행 전반에 걸친 과정적이고 성장 지향적인 평가로 전환되었다. AI 피드백 모델을 통해 교사는 학습자의 수행 데이터를 시각적으로 누적하여 관찰할 수 있었고, 이를 토대로 학생의 발전 정도를 구체적으로 진단하며 보다 세밀하고 개별화된 피드백을 제공할 수 있었다.

어느 날, 학생이 달려와서 자기 동작이 이렇게 변했다고 하며 봐달라고 하는 거예요. 그래서 보니까 학생이 처음 스파이크 했을 때 동작을 다운로드해봤더라고요, 그리고 제일 최근에 한 동작을 보니 진짜 딱 봐도 성장한 게 보이더라고요. 원래는 그 순간의 동작만 보고 단편적인 결과중심의 피드백만 했는데, 그 부분이 많이 바뀌었어요(체육교사 3).

결과적으로 교사의 피드백은 결과의 옳고 그름을 판단하는 수준을 넘어, 학생의 전면적 수행 과정과 성장의 궤적을 이해하고 지원하는 형태로 확장되었다. AI 피드백 모델은 이러한 지속적 관찰과 비교 분석을 가능하게 함으로써, 교사가 학생의 변화 과정을 실질적으로 파악하고

그에 근거한 구체적이고 성장지향적인 피드백을 제공할 수 있도록 하였다. 이러한 수

행 중심 피드백과 성장 중심 평가는 체육수업의 피드백 문화를 근본적으로 변화시켰다.

학생은 자신의 수행 과정을 스스로 점검하며 내재적 피드백을 강화하였고, 교사는 학생의 수준과 특성에 맞춘 맞춤형 피드백을 지속적으로 제공함으로써 교사와 학습자가 함께 참여하는 순환적 피드백 구조가 형성되었다. 이는 체육수업을 결과 중심 평가의 장이 아닌 성장 중심의 학습 공간으로 재구성하였으며, 2022 개정 교육과정이 지향하는 과정 중심 평가와 자기 주도적 학습자상의 구현에 실제적인 시사점을 제공한다.

요컨대, AI 피드백 모델의 적용은 체육수업의 피드백 문화를 ‘결과 중심 → 수행 중심 → 과정 중심’으로 발전시켰으며, 모든 학생이 자신의 수준과 속도에 맞추어 학습할 수 있는 학생 맞춤형 성장 지원 체계를 실현하였다. AI 피드백은 교사에게는 학생의 학습 과정을 면밀히 이해하고 지원할 수 있는 새로운 평가 도구로, 학생에게는 자기 성장을 주도적으로 인식하고 조절할 수 있는 학습의 동력으로 작용하였다. 이로써 체육수업은 결과 평가의 장에서 벗어나, 교사와 학습자가 함께 성장하는 과정 중심의 학습 생태계로 전환되었다.

다. AI 피드백 모델의 확장성과 AI 융합교육으로의 연계 가능성

AI 피드백 모델의 적용은 체육수업의 교수-학습 구조 개선을 넘어, 인공지능 융합교육의 새로운 가능성을 시사한다. 본 연구에서 개발된 AI 피드백 모델은 MediaPipe 기반의 포즈 인식 알고리즘을 활용하여, 학습자의 주요 관절 좌표를 분석하고 사전에 설정된 조건에 따라 피드백을 발생시키는 구조로 설계되었다. 이러한 구조는 임계값 설정과 관절 인식 포인트의 변경을 통해 다른 종목이나 동작 유형으로 쉽게 확장될 수 있다. 예를 들어, 손목과 팔의 각도 기준을 조정하면 배드민턴의 스매시, 클리어, 드라이브 등 다양한 스트로크 동작에 대한 피드백 모델로 전환할 수 있으며, 이는 코드의 일부 수정만으로 구현 가능하다. 이러한 구조적 확장성은 AI 피드백 모델이 특정 종목에 국한된 기술적 도구가 아니라, 다양한 신체 활동 상황에 맞추어 변형·적용 가능한 개방형 학습 플랫폼임을 보여준다.

어떤 학생이 이거 배드민턴 모델은 없냐고 하더군요. 그래서 없다고 했는데, 그 순간, 아~이걸 조금만 수정하면 다른 종목에 쓸 수도 있겠다 싶었어요. 배드민턴도 학생들이 스트로크 동작 시 어떻게 하는지 알면 그 운동 감각을 더 잘 키울 수 있거든요. 특히 헤어핀 같은 동작을 학생들이 보면서 연습할 수 있다면 좋다고 생각해서 한번 구상해 봤는데요. 충분히 가능할 것 같아요(체육교사 2).

이는 체육수업을 AI 융합형 프로젝트 학습으로 확장할 수 있는 교육적 기반을 제공한다. 학생들은 자신이 선택한 스포츠 종목을 중심으로, 해당 종목의 대표 동작을 세분화하여

인공지능이 인식해야 할 관절 포인트와 동작 구성 요소를 탐구할 수 있다.

예를 들어, 배드민턴 스매시의 경우 손목, 어깨, 무릎의 움직임 중 어느 부분이 인식에 핵심적인지를 분석하고, 포즈 랜드마크를 활용하여 AI가 이를 올바르게 감지하도록 알고리즘을 설계하는 학습활동이 가능하다. 이러한 탐구는 단순한 신체 활동을 넘어, 데이터 수집과 해석, 알고리즘 설계, 문제 해결력 등을 통합적으로 경험하게 함으로써 AI 융합교육의 본질적 목표인 ‘AI 이해 기반의 창의적 문제 해결력 함양’을 실현할 수 있는 수업 형태로 발전할 수 있다.

이 AI 피드백 모델을 학생들은 만들 수 없을까? 하는 생각이 들었어요. 지금 사용하고 있는 농구 슛, 배구 스파이크처럼 각 운동 종목의 결정적인 동작들이 있으니까 그걸 학생들이 좀 더 구체적이고 본질적으로 학습하게 하고 그 동작을 인공지능에게 가르쳐주는거죠. 랜드마크의 관절 포인트만 수정하면 얼마든지 변경할 수 있더라고요(체육교사 1).

지난 시간에 한 학생이랑 대화를 해봤는데, 탁구나 축구도 만들어보고 싶다고, 다양한 아이디어를 이야기하더라고요. 충분히 할 수 있을 거 같아요. 그리고 그런 과정을 통해 학생들이 운동 동작에 대해 더 깊이있게 학습할 수도 있을 것 같아요(체육교사 3).

결국 AI 피드백 모델은 교사의 피드백을 보조하는 교육적 도구를 넘어, 학습자가 직접 운동 동작의 구조를 분석하고 AI가 이를 인식하도록 설계하는 AI 융합형 탐구 학습의 매개체로 확장될 수 있다. 이는 체육과 AI 교육의 통합적 접근을 가능하게 함으로써, 학생의 컴퓨팅 사고력과 디지털 리터러시를 함께 기를 수 있는 새로운 형태의 융합교육 실천 모델로서의 가능성을 보여준다.

V. 논의

1. 체육교과 인공지능 모델 개발 및 적용 과정

본 연구에서 개발·적용한 인공지능(AI) 피드백 모델은 체육수업에서 학습자의 운동 수행을 실시간으로 인식하고, 그 결과를 시각적 정보로 제시하기 위한 목적에서 설계되었다. 이러한 설계는 체육수업 현장에서 교사가 다수의 학습자를 동시에 지도해야 하는 상황 속에서 개별적이고 즉각적인 피드백 제공이 구조적으로 제한된다는 점을 고려한 것으로, 체육수업의 실행 맥락을 전제로 한 접근으로 이해할 수 있다(김동현, 2023; 김동현,

조건상, 권용철, 2024).

특히 본 연구의 AI 피드백 모델은 기술의 정확성이나 인식률 자체를 검증하기보다는, 체육수업이라는 실제 교육과정 실행 장면 속에서 해당 기술이 어떤 방식으로 개발·적용될 때 교육적으로 의미를 가질 수 있는가에 초점을 두었다. MediaPipe 기반 포즈 추정 기술을 활용하여 학습자의 주요 관절 움직임을 분석하고 수행의 특정 시점을 포착·저장하도록 설계한 것은, 체육교과의 수행 중심 특성을 고려하여 학습자가 자신의 동작을 직접 확인하고 조정할 수 있는 조건을 마련하려는 의도로 해석할 수 있다.

이러한 AI 모델의 개발 및 적용 방식은 체육과 교육과정 실행을 바라보는 관점에도 시사점을 제공한다. 기존 체육수업에서는 교사의 시범과 언어적 설명을 중심으로 수업이 전개되며, 학습자의 수행에 대한 판단과 피드백이 교사의 관찰에 주로 의존해 왔다(Rink, 2010; Schmidt & Lee, 2011). 이에 비해 본 연구의 AI 피드백 모델은 학습자의 수행 과정을 시각적으로 드러내는 도구로 작동함으로써, 교사가 교육과정을 실행하는 과정에서 수행 결과뿐만 아니라 수행 과정 자체를 수업 운영의 근거로 삼을 수 있는 가능성을 제시한다.

즉, 본 연구에서의 AI 피드백 모델은 체육수업에서 성취기준을 단일 수행의 성공 여부로 판단하는 관점에서 벗어나, 학습자의 수행 변화 과정을 중심으로 교육과정을 해석·실행할 수 있는 하나의 실행 조건으로 이해할 수 있다. 이러한 점에서 본 연구의 AI 모델은 교육과정을 대체하거나 수정하는 기술이 아니라, 교사가 체육과 교육과정을 실제 수업 장면에서 어떻게 실행하고 조정할 수 있는지를 재고하게 하는 매개로 기능하였다고 해석할 수 있다.

2. 인공지능 피드백 적용에 따른 학습자 수행 경험의 변화

본 연구에서 인공지능(AI) 피드백 모델이 적용된 체육수업은, 학습자가 자신의 운동 수행을 인식하고 학습에 참여하는 방식을 어떻게 재구성할 수 있는가를 보여주는 사례로 해석할 수 있다. 기존 체육수업에서는 교사의 시범과 언어적 설명이 학습의 주요 근거로 작용하며, 학습자는 자신의 수행이 적절한지 여부를 교사의 피드백이나 결과 중심의 성공 여부를 통해 판단하는 경향이 강했다. 이러한 구조에서는 반복 연습 과정에서도 학습자가 자신의 수행을 스스로 점검하고 조정하는 데 한계가 나타날 수밖에 없다(Rink, 2010).

이에 비해 본 연구에서 적용된 AI 피드백 모델은 학습자의 수행 과정을 시각적으로 드러내는 매개로 작동함으로써, 학습자가 자신의 동작을 직접 확인하고 해석할 수 있는 조건을 제공하였다. 동작 수행 직후 화면에 제시되는 자신의 자세와 움직임은 학습자가 이전 수행과의 차이를 비교하거나 수정이 필요한 지점을 탐색하는 근거로 활용되었으

며, 이는 수행 인식의 기준이 ‘느낌’이나 ‘결과’에서 구체적인 수행 과정으로 이동할 수 있음을 시사한다.

이러한 수행 인식의 변화는 학습자가 교사의 즉각적인 피드백을 기다리는 존재에서 벗어나, AI 피드백을 참고하여 자신의 수행을 반복적으로 점검·조정하는 학습자로 위치 지워질 수 있음을 보여준다. 이는 체육수업에서 수행 조절이 교사의 외적 개입에 의해 일방적으로 이루어지는 구조가 아니라, 학습자 스스로 수행을 조정하는 과정으로 확장될 수 있음을 의미하며, 수행 중심 교과인 체육에서 반복 연습의 교육적 의미를 재고하게 한다(Schmidt & Lee, 2011).

또한 AI 피드백 모델은 학습자가 수행 결과의 성공 여부에만 집중하던 기존 학습 태도를 넘어, 수행 과정 자체를 학습의 핵심 대상으로 인식하도록 하는 역할을 수행하였다. 학습자는 목표 동작의 성공 여부보다는, 동작이 어떻게 이루어졌는지, 이전 시도와 비교하여 어떤 점이 달라졌는지를 중심으로 자신의 수행을 이해하게 되었다. 이는 체육과 교육과정에서 기능 습득과 수행 향상을 단일 결과가 아닌 점진적인 수행 변화의 과정으로 접근해야 한다는 관점을 실제 수업 맥락에서 경험하도록 한 것으로 해석할 수 있다.

이러한 학습자 수행 경험의 변화는 체육수업에서 교육과정이 실행되는 방식에 대해서도 시사점을 제공한다. 학습자는 교사의 설명을 일방적으로 따르는 수동적 참여자가 아니라, 자신의 수행을 근거로 학습에 참여하는 주체로 수업 과정에 위치하게 된다. 즉, 본 연구에서의 AI 피드백 모델은 체육과 교육과정이 의도하는 수행 중심 학습이 수업 장면에서 어떻게 작동할 수 있는지를 보여주는 실행 조건으로 기능하였으며, 학습자가 교육과정 실행 과정의 핵심 참여자로 참여할 수 있는 가능성을 드러낸 것으로 이해할 수 있다.

3. 인공지능 피드백 모델 적용에 따른 교수·학습의 변화

본 연구에서 인공지능(AI) 피드백 모델의 적용은 체육수업의 운영 방식과 교사의 실행을 단순히 변화시킨 결과라기보다, 체육과 교육과정이 수업 장면에서 실행되는 조건과 방식을 재조명하게 하는 계기로 해석할 수 있다. 이는 AI 기술의 도입 자체보다는, 해당 기술이 교사의 수업 판단과 개입 방식에 어떤 여지를 제공했는가에 주목할 필요가 있음을 시사한다.

체육수업은 수행 중심 교과의 특성상 교사의 즉각적인 관찰과 판단이 중요한 역할을 해 왔으며, 이로 인해 수업 운영이 교사의 피드백 제공 가능성에 크게 의존하는 구조를 지니고 있었다. 본 연구에서 AI 피드백 모델은 학습자의 수행 과정을 실시간으로 가시화함으로써, 교사가 모든 수행 장면을 직접 관찰하지 않더라도 수업을 운영할 수 있는 조건을 형성하였다. 이는 교사의 역할이 축소되었다기보다, 교사가 교육과정을 실행하

는 과정에서 무엇에, 언제 개입할 것인가를 선택할 수 있는 판단의 여지를 확장한 것으로 해석할 수 있다.

이러한 변화는 체육수업 운영의 초점이 교사의 즉각적인 수행 교정에서 벗어나, 학습자의 수행 흐름과 반응을 종합적으로 고려하는 방향으로 이동했음을 의미한다. 교사는 더 이상 모든 학습자의 수행을 동일한 방식으로 관리하기보다, 학습자의 수행 양상에 따라 수업 개입의 강도와 시점을 조정하며 교육과정을 실행하게 된다. 이는 체육과 교육과정이 수업 현장에서 고정된 절차로 이행되는 것이 아니라, 학습자의 반응을 매개로 유연하게 실행되는 과정임을 보여주는 사례로 이해할 수 있다.

또한 AI 피드백 모델은 교사가 수업을 운영하는 데 있어 새로운 실행 근거를 제공하였다. 학습자의 수행이 시각적 자료로 제시됨에 따라, 교사는 수업 운영을 개인적 경험이나 순간적 판단에만 의존하지 않고, 학습자의 수행 과정을 참고하여 수업 흐름을 조정할 수 있었다. 이는 체육수업에서 교육과정 실행이 교사의 직관적 판단을 넘어, 학습자의 실제 수행 자료를 근거로 이루어질 수 있음을 시사한다.

결과적으로 본 연구에서의 AI 피드백 모델은 체육수업 운영의 효율성을 높이기 위한 도구라기보다, 교사가 체육과 교육과정을 어떻게 실행하고 조정하는지를 드러내는 매개로 기능하였다. 이러한 관점에서 볼 때, 인공지능 기반 피드백 모델의 교육적 의미는 기술의 도입 여부에 있기보다, 해당 기술이 교사의 교육과정 실행 방식을 어떻게 재구성하도록 지원하는가에 있다고 할 수 있다.

VI. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구는 MediaPipe 기반의 AI 피드백 모델을 개발하고 이를 실제 체육수업에 적용하여, 교수학습 과정의 변화와 교육적 의미를 탐색하였다. 연구 결과는 다음의 세 가지 연구문제에 따라 요약할 수 있다.

첫째, AI 피드백 모델의 개발 및 적용 과정에서는 학습자의 주요 관절(어깨, 팔꿈치, 손목)의 움직임을 인식하여 각도 변화를 실시간으로 분석하고, 수행 상태를 자동 판정하여 피드백을 제공하는 웹 기반 구조의 모델이 완성되었다. 모델은 래피드 프로토타입 방법론을 순환적으로 적용하여 개발되었으며, 별도 설치 없이 웹 브라우저에서 구동 가능한 형태로 구현되었다. 농구의 슛과 배구의 스파이크 단원에 적용한 결과, AI 피드백 모

델은 수업 환경에서 비교적 안정적으로 작동하며 학습자의 수행을 실시간으로 인식하고 피드백을 제공할 수 있음을 확인하였다.

둘째, AI 피드백 모델이 학습자에게 제공한 경험은 ‘자기 점검 학습’으로의 전환을 이끌었다. 학습자들은 AI가 제공하는 시각적 피드백을 통해 자신의 수행을 객관적으로 관찰하고 즉시 수정할 수 있었으며, 교사의 지시를 기다리지 않고 스스로 학습을 조정하는 능동적 태도를 보였다. 이 과정에서 체육수업은 단순한 반복 연습의 장에서 자기 성취의 장으로 변화하였고, 학습자들은 자신의 성장 과정을 시각적으로 확인하며 내적 성취감과 자기조절 학습 능력을 강화하였다. 또한 AI 피드백은 평가나 판단이 아닌 정보로 인식되어, 학습자들이 실패나 오류를 자연스럽게 받아들이며 학습의 통제감을 높이는 데 기여하였다.

셋째, AI 피드백 모델이 촉발한 교수학습 구조의 변화는 교사 중심의 일방향적 수업 구조를 학습자 중심의 자기주도형 구조로 전환시켰다. AI가 다수의 학습자에게 개별 피드백을 제공함으로써 교사는 학습이 어려운 학생에게 보다 심층적인 피드백을 제공할 수 있었고, 그 결과 수업은 수준별 맞춤형 구조로 운영되었다. 또한 피드백의 초점이 ‘성공/실패’ 중심에서 ‘수행의 질과 개선 과정’ 중심으로 이동함에 따라 과정 중심 학습과 평가로 확장될 수 있는 가능성을 보여주었다. 이는 2022 개정 교육과정이 강조하는 학습자 중심 피드백과 과정 중심 평가의 실현 가능성을 구체적으로 보여주는 결과라 할 수 있다.

이상의 결과를 종합하면, AI 피드백 모델은 단순한 기술적 도구를 넘어 학습자가 스스로 수행을 진단하고 성장 과정을 추적하는 자기 주도적 피드백 환경을 조성하였다. 동시에 교사는 학습을 설계하고 지원하는 조력자이자 설계자로서의 역할로 재구성되었으며, 이러한 교수학습 구조의 변화는 체육수업의 디지털 전환과 학습자 중심 교육 혁신의 실천 모델로서 의미를 지닌다.

2. 제언

본 연구는 AI 피드백 모델의 알고리즘 성능(정확도, 지연 시간, 오탐·미탐률 등)을 비교·검증하는 것을 주목적으로 하기보다는, 수업 맥락에서 AI 피드백 도구가 어떻게 활용되고 해석되며 교수·학습 경험에 어떠한 변화를 가져오는지를 탐색하는 데 초점을 두었다. 이에 본 연구에서 제시한 결과는 기술적 성능의 우수성을 입증하기보다는, 교육적 활용 가능성과 수업 매개체로서의 의미를 중심으로 해석될 필요가 있다.

향후 연구에서는 본 연구에서 개발한 모델을 기반으로 정확도, 반응 지연, 오탐·미탐률 등 성능 지표에 대한 체계적인 검증을 수행하고, 이러한 기술적 특성이 학습자의 수용성, 몰입, 동기 및 수행 변화와 어떠한 관련을 갖는지 분석할 필요가 있다.

참고문헌

- 교육부(2022). 2022 개정 초·중등학교 교육과정 고시(제2022-33호): 체육과 교육과정 별책. 세종: 교육부.
- 김동욱, 함기범, 이강민, 임태호, 임현혁, 염상호, 윤태진(2023). 영상인식 기반 운동 자세 교정 시스템. **한국컴퓨터정보학회 학술발표논문집**, 31(2), 489-490.
- 김동현(2023). 인공지능(AI) 기술을 활용한 체육과 교수학습 프로그램 개발 및 적용: Teachable Machine의 활용을 중심으로. 박사학위논문 부산대학교.
- 김동현, 조건상, 권용철(2024). Teachable Machine을 활용한 체육교과 인공지능 교수학습 모델 개발. **학습자중심교과교육연구**, 24(17), 913-939.
- 김성민(2024). 초등학교 학생들을 대상으로 인공지능 자세추정 앱을 이용한 피드백이 제자리 멀리뛰기 수행력에 미치는 영향. **한국초등체육학회지**, 30(2), 1-12.
- 김연이(2024). 인공지능 챗봇을 활용한 글쓰기 피드백. **함께여는 국어교육**, 153, 82-97.
- 김은선(2025). 교사와 인공지능 글쓰기 피드백에 대한 초등학생의 반응. **한국초등국어교육**, 80, 5-35.
- 김희숙, 김선우, 김서인(2023). 인공지능 기반의 운동 자세 분석 시스템 설계. **정보기술융합 공학논문지**, 13(3), 41-50.
- 류민정(2009). 체육수업에서의 교사 피드백 개념(PTF) 척도의 타당도 검증: 중학생을 중심으로. **한국체육학회지**, 48(2), 171-181.
- 박용훈, 이철현(2024). 생성형 인공지능을 활용한 스포츠 전술 수업이 초등학생의 체육 수행 능력에 미치는 영향. **경인교육대학교 교육논총**, 44(4), 93-104.
- 윤도현, 차호준, 최우성, 신재우(2025). AI분석 기반 볼링 동작 분석 및 코칭에 관한 연구. **한국IT정책경영학회 논문지**, 17(1), 3747-3754.
- 이용준, 김태영(2021). 딥러닝 기반 포즈 인식 및 교정을 통한 효율적인 홈 트레이닝 시스템 개발. **한국차세대컴퓨팅학회 논문지**, 17(6), 89-99.
- 이지용, 이용국(2023). 인공지능 기반 운동처방을 위한 이동형 헬스케어 능동로봇 개발 및 검증. **스포츠사이언스**, 41(3), 151-157.
- 이현민, 이인서, 박해민(2021). 인공지능 기반의 체형 분석과 운동 분석을 통한 헬스케어 애플리케이션 구현. **한국지능정보시스템학회 학술대회논문집**, 12, 86-87.
- 조신의, 서동휘(2023). MediaPipe 영상분석을 활용한 야구 치기의 다관절 협응 구조 비교.

- 한국콘텐츠학회논문지, 23(6), 518-525.
- 주성범(2023). 가상현실(VR)과 인공지능(AI)을 활용한 스마트 수업 적용방안 탐색연구 - 2022 개정 초등 체육교과 스포츠 영역을 중심으로 -. *초등교육연구*, 38(3), 261-274.
- 한승범, 정성령, 김진 (2024). MediaPipe 기반 CrossFit Games 온라인 예선 영상 검증 자동화 모델 설계 및 적용. *한국빅데이터학회 학회지*, 9(2), 109-122.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101.
- Brookhart, S. M. (2017). *How to give effective feedback to your students*. ASCD.
- Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches (3rd ed.)*. SAGE Publications.
- Fullan, M. (2020). *Leading in a culture of change (2nd ed.)*. Jossey-Bass.
- Graham, G., Holt/Hale, S. A., & Parker, M. (2013). *Children moving: A reflective approach to teaching physical education (9th ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. (2006). How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. *Field Methods*, 18(1), 59-82.
- Heffernan, N., & Heffernan, C. (2014). The ASSISTments ecosystem. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 24(4), 470-497.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. SAGE Publications.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook (2nd ed.)*. SAGE Publications.
- Rink, J. (2010). *Teaching physical education for learning*. McGraw-Hill.
- Sadler, D. R. (2010). Beyond feedback: Developing student capability in feedback reception. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 35(5), 535-550.
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2011). *Motor control and learning: A behavioral emphasis*. Human Kinetics.
- Zhou, Y., Shao, W., & Wang, L. (2021). Effects of feedback on students' motor skill learning in physical education: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(12), 1-24.

논문접수 : 2026.1.2. / 수정본접수 : 2026.1.28. / 게재승인 : 2026.2.5.

ABSTRACT

Exploring Changes in Teaching and Learning through the Development and Implementation of an AI-Based Feedback Model in Physical Education

Donghyun, Kim

Teacher, Okhyun Middle School

This study aimed to develop an artificial intelligence (AI) feedback model based on pose estimation technology and to explore changes in teaching and learning processes, as well as their educational meanings, from the perspectives of students and teachers when the model was applied to middle school physical education classes. Using a rapid prototyping approach, a web-based AI feedback model for analyzing basketball shooting and volleyball spiking movements was developed and implemented in actual middle school classes. A qualitative case study was then conducted with three physical education teachers and seven students. Data were collected through in-depth interviews, participant observation, and lesson video recordings, and were analyzed using thematic analysis. The findings are as follows. First, the AI feedback model, utilizing MediaPipe technology, provided real-time joint coordinate extraction, movement classification, and automatic snapshot storage, and was developed as a web-based educational tool that operates without additional software installation. Second, from the learner perspective, students moved away from teacher-centered, one-way feedback and demonstrated a shift toward becoming self-directed learners who monitor and adjust their own movements based on the visual information provided by the AI system. Third, in terms of instructional structure, a triadic interaction system among teacher, student, and AI was observed, and the teacher's role was reconfigured from a simple feedback provider to a learning designer and facilitator who analyzes learning data and offers individualized guidance. In conclusion, the application of the AI feedback model in physical education classes partially alleviated temporal and spatial constraints associated with individual feedback and demonstrated the potential for providing immediate and individualized feedback. These findings suggest that the AI

feedback model can serve as an effective mediating tool for promoting a learner-centered teaching and learning paradigm. This study is meaningful in that it moves beyond discussions focused on technical performance and identifies the practical possibilities of AI in authentic educational contexts.

Key Words: Artificial intelligence, Feedback, Physical education, Teaching and learning

