ORIGINAL ARTICLE

AI 활용 기초의학교육 플립러닝에 대한 학생 인식 분석: 세포생물학 수업을 중심으로

An Analysis of Student Perceptions on AI-Utilized Flipped Learning in Basic Medical Education: Focusing on a Cell Biology Course

간추린 제목: AI 활용 기초의학교육 플립러닝에 관한 학생 인식 분석

Running title: Student Perceptions on AI-Utilized Flipped Learning in Basic Medical Education

www.kci.go.kr

Abstract : To overcome the cognitive disconnection in traditional basic medical education, this study implemented the CAT (Clinical Case, Artificial Intelligence, Team-based Activity) flipped learning model in a 16-week Cell Biology course for 51 undergraduate Biomedical Laboratory Science students, analyzing their perceptions using a mixed methods approach. Quantitative results revealed significantly positive perceptions across all conceptual sub-scales (p<0.001), including metacognitive readiness, AI cognitive scaffolding, and perceived clinical knowledge transfer. Qualitatively, students demonstrated critical medical literacy by actively cross-checking primary literature to mitigate AI hallucinations. However, perceived cognitive overload from weekly time constrained presentations and competitive peer Q&A emerged as primary challenges. Overall, students perceived that embedding generative AI within flipped learning serves as an effective instructional alternative with the potential to facilitate a deeper learning approach. To refine this model for future applications, pedagogical interventions such as flexible presentation cycles, equitable Q&A rules, and behavior anchored peer assessment rubrics must be established to manage cognitive load and foster healthy academic interactions.

Keywords : Artificial Intelligence, Basic Medical Education, Cell Biology, Flipped Learning, Student Perception

www.kci.go.kr

서론

현대 보건의료 고등교육 체계에서 기초의학은 인체의 정상적인 구조와 생리적 메커니즘을 이해하고, 이를 바탕으로 질병의 병태생리적 원인을 규명하는 학문적 근간을 형성한다. 그중에서도 세포생물학은 미시적 관점에서 생명 현상과 분자생물학적 기전을 다루는 최전방 교과목이다. 이는 보건의료계열 학생들이 인체의 정상적인 구조와 생리적 메커니즘을 온전히 이해하고 향후 상위 전공 교과목을 학습하기 위한 인지적 디딤돌 역할을 수행한다[1].

그러나 임상병리학과를 비롯한 보건의료계열의 전통적인 기초의학 교육은 방대한 이론적 지식과 복잡한 대사 경로를 제한된 학기 내에 모두 전달해야 한다는 구조적 압박으로 인해, 여전히 교수자 중심의 일방향적 주입식 대면 강의에 크게 의존하고 있다. 이러한 수동적 교육 환경 하에서 학습자들은 미시적 수준의 분자 기전을 단편적인 기억 자산으로 암기하는 데 머무르게 된다. 결과적으로, 세포 단위의 미시적 이상 현상을 거시적인 환자의 실제 임상 증상 및 질환 증례와 유기적으로 연계하지 못하는 심각한 인지적 단절을 경험하게 된다[2]. 최근 의학교육학계에서 학습자가 기초의학적 이론을 실제 임상 실무에서 활용 가능한 통합적 역량으로 변환할 수 있도록 돕는 기초와 임상 간의 지식 전이 중심의 교수법 혁신이 강력히 요구되는 이유가 바로 여기에 있다[3]. 특히 최근 의과대학을 비롯한 보건의료계열의 학생 정원 확대 등 급격한 교육 환경의 변화는 한정된 실습 인프라 및 교수진과 맞물려 해부학 등 전통적인 기초의학 교육의 질적 저하를 초래할 수 있다는 구조적 우려를 낳고 있어, 이를 극복하기 위한 혁신적인 테크놀로지 활용 및 대체 교수법의 도입이 더욱 시급해진 실정이다[4]. 단순 암기를 넘어 고차원적 인지 구조를 자극하는 심화학습 성향을 이끌어내기 위해서는, 기존의 교육 패러다임을 학습자 주도의 참여형 모델로 전환해야 하는 시대적 과제에 직면해 있다.

주입식 교육의 한계를 극복하고 학습자의 능동적 참여를 유도하기 위한 대표적인 대안으로 플립러닝이 주목받아 왔다. 플립러닝은 수업 전 비동기식 온라인 사전 학습을 통해 기초 개념을 스스로 습득하고, 본 수업에서는 토론, 문제 해결 등 고차원적 인지 활동을 수행하도록 설계된 역량 중심 교육 모델이다[5]. 본 연구는 기초의학 세포생물학 플립러닝의 교육적 유용성을 극대화하기 위해, 최신 보건의료 교육 패러다임인 임상 사례, 생성형 인공지능, 그리고 팀 기반 활동을 유기적으로 결합한 CAT(Clinical Case, Artificial Intelligence, Team-based Activity) 융합 교수학습 모형을 개발하여 수업에 전면 적용하였다[6].

특히 최근 의과학 교육 분야에서 패러다임 전환을 이끌고 있는 생성형 인공지능 기술은 방대한 의학 및 생명과학 정보를 신속하게 탐색하고 추론할 수 있도록 돕는 강력한 인지적

www.kci.go.kr

스캐폴딩으로 기능한다[7]. 학생들은 복잡한 질병 기전을 분석하는 조별 토론 과정에서 생성형 인공지능을 프롬프트 엔지니어링 도구로 활용함으로써, 미시적 세포 지식과 거시적 병리 상태 사이의 인과적 연결고리를 스스로 찾아내는 능동적 학습을 경험하게 된다[8]. 나아가 본 교수학습 모델은 인공지능이 제시하는 정보의 원천적 한계인 환각 현상 및 출처 오류를 학생들이 전공 서적 및 의과학 논문과 끊임없이 비교하고 대조하는 교차 검증 과정을 필연적으로 수반하도록 설계되었다[9]. 이는 학생들이 디지털 정보를 무비판적으로 수용하지 않고 과학적으로 평가하는 비판적 디지털 리터러시 역량을 함양하는 계기가 되며, 동료들과의 학문적 의사소통을 통해 심화학습(Deep learning)을 유도할 수 있는 촉진 기제로 작용할 수 있다[10].

본 연구의 목적은 보건의료계열 대학생을 대상으로 운영된 세포생물학 교과목에 인공지능 활용 CAT 기반 플립러닝 모형을 적용하고, 이에 대한 학생들의 다면적 요구와 인식을 양적 및 질적 혼합 연구방법론을 통해 실증적으로 분석하는 것이다. 구체적으로는 본 교수학습 모델이 학생들의 메타인지적 사전 준비도, 팀 기반 집단지성 구축, 인공지능 활용 인지 스캐폴딩의 유용성, 그리고 기초와 임상 간의 지식 전이에 어떠한 거시적이고 미시적 인식을 형성했는지 규명하고자 한다.

본 연구를 통해 도출된 학생들의 다면적 인식 분석 결과는 전통적인 기초의학 교육의 경직성을 탈피하고, 향후 보건의료 및 의학교육학 분야의 전공 기초 교과목에 생성형 인공지능 활용 학생 중심 융합 교육과정을 설계하는 데 **참고할 수 있는 기초 자료를 제공하고자 한다**.

재료 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 2026학년도 1학기 국내 특정 4년제 대학교 보건의료계열 임상병리학과에 개설된 2학년 전공선택 교과목(3학점, 3시수 이론수업)인 세포생물학 수강생 전체를 연구 대상 모집단으로 설정하였다. 해당 학기의 수강생은 총 51명이었으며, 이들 전원이 설문에 참여하여 100%의 응답률을 확보함으로써 무응답에 따른 선택 편향을 최소화하였다.

연구의 윤리성을 보장하기 위해 취약한 연구대상자 보호 원칙을 엄격히 적용하였다. 본 연구는 통상적인 교육과정 내 교수학습 개선 목적의 익명 설문조사로서 규정상 공식적인 기관생명윤리위원회(IRB) 심의 의무 대상은 아니었으나, 헬싱키 선언에 입각한 윤리적 기준을 자발적으로 준수하였다. 강좌 담당 교수가 연구를 수행함에 따른 위계적 압박이나 긍정적 응답 편향을 배제하기 위해, 모든 설문 조사 및 서면 동의 절차는 해당 학기의 최종 성적이 확정되고 이의신청 기간이 완전히 종료된 이후에 비대면으로 진행되었다. 자발적

www.kci.go.kr

동의자에 한해 수집된 데이터는 즉각 익명화 처리하여 최종 51명의 응답을 분석에 활용하였다(Appendix 1).

2. 인공지능 활용 CAT 기반 플립러닝 교수학습 모델 운영

본 연구에서 심층 분석한 교수학습 모델은 임상 사례, 생성형 인공지능, 팀 기반 활동을 유기적으로 융합한 CAT 모형을 골자로 하며, 수업 전과 본 수업으로 이원화하여 매주 체계적으로 운영되었다. 본 교과목은 총 16주 과정의 3학점(3시수) 전공 이론수업 및 플립러닝으로 설계되었으며, 오리엔테이션 및 수강신청 변경 기간(1주차), 중간시험 및 기말시험(8주차, 16주차), 보강 주간(15주차)을 제외한 총 12주(12회)에 걸쳐 대면 본 수업에서의 조별 프레젠테이션 발표 및 집중 토론이 진행되었다. 학습자의 자율성과 주도성을 극대화하기 위해 엄격한 매뉴얼 대신 개방형 및 학생 자기주도형 가이드라인을 적용하였다. 매주 수업은 비대면 사전 학습과 2시간의 대면 본 수업으로 구성되는 순환형 모듈 구조로 운영되었다.

1) 수업 전 학습(pre-class)

교수자는 매주 대면 수업 시작 전, 전공 교재(『필수 세포생물학 6판 , Bruce Alberts 외 저, 라이프사이언스, 2025)의 챕터별 핵심 주제에 맞추어 약 30분 분량(1시수 상당)의 사전 녹화 이론 동영상 강의를 자체 제작하여 대학 학습관리 시스템(LMS)을 통해 제공하였다. 학생들은 대면 수업에 참여하기 전 이를 개별적으로 의무 시청하여 기초 스키마를 형성하는 메타인지적 사전 학습을 수행하였다.

2) 본 수업 학습(in-class)

대면으로 진행되는 본 수업(2시간)은 교수자의 단순 이론 판서를 전면 배제하고, 학습자 주도의 고차원적 인지 활동과 학문적 의사소통을 유도하도록 순환형 모듈 구조와 3단계 연계 메커니즘으로 운영되었다. 대면 수업의 첫 1시간은 지난주에 부여된 챕터 주제에 대해 6명 단위로 편성된 각 조의 프레젠테이션 발표 및 전체 질의응답, 그리고 교수자의 종합적인 의학적 교정 피드백으로 진행되었다. 이어지는 1시간은 당일 주차의 새로운 챕터 주제에 대해 조별 토의를 진행하고 다음 주 발표를 준비하는 시간으로 배정되었으며, 구체적으로 다음과 같은 탐색 및 검증 과정을 거쳤다. 첫째, 임상 사례 자율 선정 및 인지적 스캐폴딩 단계이다. 교수자가 특정 증례를 일방적으로 제시하는 대신, 학생들은 주차별 전공 교재의 핵심 기전과 연관된 실제 환자의 질환 및 임상 사례를 스스로 발굴하고 선정하도록 독려받았다. 이후 학생들은 특정 도구에 얽매이지 않고 자신에게 가장 적합한 생성형 인공지능(예: ChatGPT, Gemini, Claude, Perplexity 등)을 자유롭게 선택하여, 임상 증상의

www.kci.go.kr

원인이 되는 세포 내 신호전달 오류나 대사 경로 등을 역추적하는 프롬프트를 주도적으로 설계하였다. 둘째, 의학 문헌 기반 교차 검증 단계이다. 인공지능이 생성한 답변의 기술적 한계인 환각 현상 및 출처 오류를 스크리닝하기 위해, 학생들은 전공 기본서와 더불어 SCIE 및 KCI 등 공신력 있는 학술 데이터베이스를 통해 오픈 액세스(Open Access) 논문들을 자율적으로 수집하였다. 이를 바탕으로 조원 간 집단지성을 발휘하여 인공지능 답변의 타당성을 상호 검증하고 최종 결론을 도출하였다. 셋째, 프레젠테이션 구성 단계이다. 인공지능 활용 및 문헌 교차 검증을 통해 도출한 미시적 세포생물학과 거시적 임상 연계 메커니즘을 종합적으로 토론 및 분석하여, 다음 주차 전체 학생들 앞에서 발표할 프레젠테이션 자료를 최종 완성하였다.

3. 학업 성취도 평가 및 가산점 산출 체계

본 교과목의 최종 성적 평가는 대학의 학사 규정에 의거하여 학기 시작 전 오리엔테이션을 통해 학생들에게 투명하게 사전 고지되었으며, 한 학기 동안 엄격하게 적용되었다. 구체적인 평가 항목 및 반영 비율은 출석 10%, 수업 태도 10%, 중간시험 30%, 기말시험 30%, 그리고 인공지능 활용 조별 발표를 포함한 팀 프로젝트 과제 20%로 구성되었다. 특히, 본 연구 모델이 지향하는 능동적 토론 문화 정착을 위해 질의응답 중심의 개별 참여 마일리지 가산점 제도를 수업 태도 점수에 연계하여 운영하였다. 다른 조의 프레젠테이션 발표 후 진행되는 질의응답 세션에서 발표자에게 학문적 질문을 던지거나 토론을 주도한 학생에게는 회당 1점의 가산점을 개별 태도 점수에 실시간으로 누적 반영하는 점진적 보상 체계를 적용하였으며, 이를 통해 자기주도적 성찰과 비판적 사고 개진을 독려하였다.

4. 조사 도구 및 분석 방법

인공지능 활용 CAT 기반 플립러닝에 대한 학생들의 다면적 인식을 정밀하게 측정하기 위해 양적 분석과 질적 분석을 병행하는 혼합 연구 방법론을 채택하였다.

1) 양적 설문 조사

수업 종료 후 온라인 플랫폼을 활용하여 비대면 설문조사를 실시하였다. 본 연구의 양적 설문 조사 도구는 보건의료 교육에서의 플립러닝 인식 척도[11]**, 학습자의 인공지능 리터러시 평가 틀**[12]**, 그리고 인지부하 측정 도구**[13] 등 핵심 선행 의학교육학 및 교육공학 문헌을 바탕으로 본 연구의 CAT 모형 목적에 맞게 수정 및 보완한 리커트 5점 척도 총 30문항으로 구성되었다. 설문지는 선행 문헌의 이론적 틀을 바탕으로 사전 정의된 6개의 개념적 하위 영역으로 구성되었으며, 구체적인 하위 영역은 플립러닝과

www.kci.go.kr

메타인지적 사전 준비도 5문항, 팀 기반 활동과 집단지성 구축 5문항, 인공지능 활용 인지 스캐폴딩 및 디지털 리터러시 5문항, 임상 사례 기반 학습과 기초 및 임상 지식 전이 5문항, 학문적 의사소통 역량 5문항, 전통적 주입식 교육과의 비교 유용성 5문항으로 이루어졌다. 수집된 양적 데이터는 IBM SPSS Statistics version 27.0(IBM Corp., Armonk, NY, USA) 프로그램을 이용하여 요인별 기술통계량과 문항 간 내적 일관성 신뢰도 검증을 수행하였다.

2) 질적 개방형 조사

양적 설문지 하단에 인공지능 활용 플립러닝 과정에서 느낀 실제적 경험과 인지적 변화를 자유롭게 기술할 수 있는 개방형 주관식 4문항을 배치하였다. 핵심 질문은 생성형 인공지능 활용 시 정보의 환각 한계를 극복하기 위해 수행한 구체적인 교차 검증 방식과, 매주 진행된 팀 활동 및 발표 준비 과정에서의 실제적인 학습 부담감 및 개선 요구사항 등을 포함하였다.

결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성 및 디지털 도구 친화도

본 연구의 설문에 최종 응답한 51명의 학생들의 일반적 특성과 평소 학습 성향을 분석한 결과는 표 1과 같다. 전체 응답자 중 여성은 35명(68.6%), 남성은 16명(31.4%)으로 구성되었다. 학년별로는 2학년이 44명(86.3%)으로 대다수를 차지하였으며, 4학년이 7명(13.7%)이었다. 특히 4학년 학생 7명은 전원 해당 과목을 재수강하는 집단으로, 처음 수강하는 2학년 학생들과 비교하여 기초의학 선수 지식이나 임상 증례에 대한 인지 능력의 이질성이 크지 않다고 판단하여 동일한 학습 집단으로 병합하여 분석하였다. 조사에 참여한 학부생들의 평소 생성형 인공지능 활용 빈도는 매일 또는 주 3~4회 이상 사용한다고 응답한 비율이 76.5%(39명)에 달하여 최신 디지털 테크놀로지에 대한 사전 친화도 및 수용성이 매우 높은 집단임이 확인되었다. 반면, 평소 선호하는 학업 수행 방식에 대해서는 혼자 학습하는 것을 선호한다는 응답이 82.3%(전적으로 선호 43.1%, 대체로 선호 39.2%)로 나타나, 향후 팀 단위 협업 수업 모델 도입 시 학생들이 느낄 수 있는 심리적 진입장벽과 인지적 부담의 가능성을 시사하였다(Table 1).

2. 하위 영역별 양적 인식 분석 결과

리커트 5점 척도로 측정된 6개 핵심 요인의 기술통계 및 신뢰도 분석 결과는 표 2와 같다. 모든 하위 영역에서 척도의 중앙값인 3.0점을 상회하는 긍정적인 평가 지표가 도출되었다.

www.kci.go.kr

이 평균값들이 3.0점과 유의미한 차이가 있는지 검증하기 위해 일표본 t-검정(One-sample t-test, 검정값=3.0)을 실시한 결과, 모든 요인에서 통계적으로 매우 유의미한 것으로 확인되었다(p <.001). 크론바흐 알파 값 역시 모두 0.80 이상을 기록하여 높은 내적 일관성과 신뢰도를 나타냈다. 특히 모든 요인에서 표준편차가 0.49~0.62 수준으로 낮게 도출된 것은, 학생들 간의 편차 없이 학습 집단 전체가 본 CAT 모형의 교육적 유용성에 대해 매우 동질적이고 일관된 긍정적 인식을 형성했음을 시사한다(Table 2).

1) 플립러닝과 메타인지적 사전 준비도

수업 전 동영상 강의를 통한 사전 학습이 본 수업의 인지적 과부하를 줄이고 자기주도적 학업 성취에 기여했는지를 평가한 결과, 평균 4.21점으로 매우 높은 긍정적 평가 경향을 보였다. 학생들은 개별적인 학습 속도에 맞추어 어려운 세포학적 개념을 반복 시청할 수 있었던 점이 본 수업의 고차원적 문제 해결 활동을 위한 인지적 발판이 되었다고 인식하였다.

2) 팀 기반 활동 및 학문적 의사소통 역량

조별 토론과 매주 진행된 프레젠테이션 발표 중심의 팀 기반 활동 구조(평균 4.08) 및 학문적 의사소통 역량(평균 4.12)은 집단지성을 통한 지식 내면화 측면에서 긍정적인 수치로 분석되었다. 동료 학습자와의 상호작용 및 학문적 의사소통 과정이 혼자 해결하기 어려운 미시적 세포 분자 기전의 오개념을 교정하는 데 유효했다는 반응이 주를 이뤘다.

3) 인공지능 활용 인지 스캐폴딩 및 기초와 임상 간 지식 전이

생성형 인공지능을 인지적 도구로 활용하는 '인공지능 활용 인지 스캐폴딩 및 디지털 리터러시' 영역은 평균 4.35점으로 나타났다. 이를 바탕으로 미시적 세포생물학 지식을 실제 거시적 임상 질환 사례와 연결 짓는 '임상 사례 기반 학습과 기초 및 임상 지식 전이' 영역은 평균 4.42점을 기록하였으며, '전통적 주입식 교육과의 비교 유용성' 영역 역시 평균 4.38점의 최상위권 긍정 지표를 나타냈다. 인공지능이 제공하는 실시간 정보 탐색 및 추론 가이드가 학습자의 고차원적 인지 구조를 효과적으로 자극하고 전공 학습에 대한 내재적 동기를 고취하는 데 **도움이 된 것으로 평가되었다**.

3. 개방형 질문의 질적 분석 및 교차 검증 사례

양적 통계 데이터를 보완하기 위해 실시한 주관식 개방형 문항(31번~34번)의 내용 분석 결과는 표 3과 같으며, 생성형 인공지능의 한계 극복 메커니즘과 팀 기반 활동에서의 실제적 학습 부담감이 구체적인 핵심 주제로 도출되었다(Table 3).

www.kci.go.kr

1) 환각 현상 체감 및 문헌 교차 검증 패턴

학생들은 생성형 인공지능이 세포생물학적 대사 경로를 설명하는 과정에서 존재하지 않는 논문을 찾아주거나 거짓된 정보를 제공하는 기술적 한계를 명확히 인지하고 있었다. 그러나 학생들은 이러한 환각 현상에 무비판적으로 동조하지 않고, 적극적인 교차 검증 활동을 통해 이를 주도적으로 해결한 것으로 나타났다. 분석된 주요 행동 패턴은 조원들과 인공지능 답변의 논리적 모순점을 실시간 토론하며 일차적 스크리닝을 수행하거나, 전공 서적과 공신력 있는 의학 데이터베이스를 직접 검색하여 신뢰성을 종국적으로 검증하는 범주로 요약되었다. 이러한 학생들의 주도적 검증 양상은 개방형 설문의 원문 응답을 통해 더욱 구체적으로 확인되었다. 실제 학습자들은 "출처가 불분명한 정보가 나오면 직접 일차 문헌을 찾아보았습니다. 논문과 교차 검증을 해보니 AI의 답변에 모순이 있다는 것을 발견했습니다"라고 진술하여 능동적인 팩트체킹 과정을 입증하였다. 또한 "여러 AI 툴을 사용해 답변을 비교하며 거짓 정보를 걸러냈고, 저희 조는 개인별로 두 번씩 교차 검증을 진행했습니다"라는 응답을 통해, AI의 환각 현상을 객관적으로 통제하기 위해 팀 단위의 집단지성이 발현되는 양상을 생생하게 보여주었다.

2) 팀 프로젝트 및 주차별 발표 준비에 따른 학습 부담

수업 운영 체계에 대한 질적 피드백 분석 결과, 학습 효율성 향상이라는 긍정적 측면의 이면에 상당한 수준의 심리적 및 시간적 인지 과부하가 동반되었음이 확인되었다. 학생들은 너무 많은 양의 발표를 매주 수행하는 것에 대한 압박감을 공통적으로 피력하였다. 아울러 질의응답 가산점 제도가 조별 활동 내에서 과도한 경쟁을 유발하여 오히려 참여 자체를 부담스럽게 만들었다는 개선 요구사항이 주요 도출 과제로 식별되었다. 심층 질적 데이터 분석 결과, 학생들은 서술형 응답을 통해 "매주 너무 많은 발표를 하는 것이 가끔 벅찼습니다. 횟수가 줄었으면 좋겠습니다"라고 토로하여, 잦은 주차별 과업이 유발하는 외재적 인지부하의 한계를 명확히 지적하였다. 또한 평가 방식과 관련하여 "질문에 대한 가산점 방식이 높은 수준의 질문을 준비해야 한다는 압박감을 주어 조별 활동 자체가 부담스럽게 느껴졌습니다", "이전에 발표했던 학생이 다른 학생들이 손을 들기도 전에 다시 기회를 가져가는 것은 불공평하다고 생각합니다"와 같은 실제적인 의견이 다수 도출되었다. 이는 외재적 보상(마일리지 가산점)이 주도적 참여를 견인하는 긍정적 이면에서, 심리적 압박감과 발표 기회의 불균형이라는 현실적인 학업 피로도를 유발하였음을 여과 없이 드러낸다.

www.kci.go.kr

고찰

본 연구는 전통적인 주입식 기초의학 교육의 구조적 한계를 극복하고자 개발된 생성형 인공지능 활용 CAT 기반 플립러닝 모형을 세포생물학 교과목에 전면 적용하고, 이에 대한 보건의료계열 학생들의 다면적 인식을 양적 및 질적 혼합연구방법론을 통해 심층 분석하였다. 분석 결과는 미래 의과학 교육이 나아가야 할 학습자 중심의 고차원적 인지 촉진 및 기초와 임상 간의 지식 전이 메커니즘에 대해 중요한 학술적 시사점을 제공한다.

플립러닝의 핵심 성공 요인은 수업 전 단계에서 학습자가 본 수업의 심화 활동을 수행할 수 있는 최소한의 인지적 스키마를 형성했는지 여부에 달려있다[14]. 본 연구에서 학생들이 비동기식 온라인 사전 강의가 대면 수업의 인지적 과부하를 줄이는 데 크게 기여했다고 평가한 점은, 사전 학습이 학습자 개별의 인지 속도에 맞춰 반복 조절이 가능한 메타인지적 도구로 기능했음을 증명한다[15]. 이러한 메타인지적 준비도는 본 수업에서 생성형 인공지능이라는 강력한 인지적 스캐폴딩과 결합하면서 시너지 효과를 창출하였다. 흥미로운 점은 평소 혼자 학습하는 것을 선호하는 비율이 압도적으로 높았음에도(82.3%), 팀 기반 활동에 일관되게 긍정적인 평가가 도출되었다는 점이다. 본 교과목의 조별 평가는 20%의 비중에 불과하였으나, 개인 단위의 질의응답 마일리지 가산점 제도가 능동적 참여를 견인하는 강력한 동인으로 작용하였다. 더불어, 생성형 인공지능이 학생들 사이의 지식 격차를 즉각적으로 보완하고 논쟁 상황에서 '객관적 중재자' 역할을 수행함으로써, 개별 학습을 선호하는 학생들도 대인 관계에서 오는 심리적 마찰과 부담감 없이 학문적 상호작용에 참여할 수 있었던 것으로 해석된다. 세포생물학은 분자 수준의 미시적 기전이 주를 이루기 때문에 학생들이 거시적 임상 질환과 연계하는 데 인지적 어려움을 겪는다. 이때 생성형 인공지능은 방대한 의학 데이터 사이에서 실시간 추론 가이드를 제공함으로써, 지식의 단순 암기를 넘어 고차원적 임상 추론으로 진입하게 돕는 유용한 유도 장치 역할을 수행했음이 확인되었다[16]. 이는 기술의 도입이 단순한 편의성 제공을 넘어, 기초의학 지식을 실무 통합적 역량으로 변환시키는 기초와 임상 지식 전이의 유효한 기폭제가 될 수 있음을 시사한다.

본 연구의 질적 분석에서 가장 주목할 만한 발견은 학생들이 생성형 인공지능의 한계점인 환각 현상을 명확히 체감하고, 이를 극복하기 위해 능동적인 교차 검증 과정을 수행했다는 점이다. 생성형 인공지능이 제시한 부정확한 의학 정보나 허위 학술지 출처를 걸러내기 위해 학생들이 조별 토론을 거쳐 전공 서적의 텍스트 원문을 대조하고, 일차 문헌의 최신 연구 결과를 직접 추적한 행동 패턴은 교육학적으로 매우 높은 가치를 지닌다. 이는 단순히 지식을 수용하는 수동적 학습자에서 탈피하여, 데이터의 신뢰성을 의심하고 스스로 과학적 근거를 찾아 검증하는 비판적 의과학 리터러시 역량이 실질적으로 발현되었음을 보여주는

www.kci.go.kr

명백한 증거이다. 미래 의료 환경에서 보건의료 전문가 및 의과학자에게 요구되는 핵심 자질이 범람하는 정보 속에서 정확한 근거를 식별하는 능력임을 고려할 때, 인공지능 활용 플립러닝 모형은 기술의 한계를 오히려 학습자의 비판적 사고력을 자극하는 교육적 역설로 승화시킨 성공적인 교수학습 사례로 평가될 수 있다[17].

본 연구 모델이 전반적으로 높은 교육적 유용성을 입증했음에도 불구하고, 학생들이 피력한 매주 지속되는 소그룹 프로젝트 및 즉석 프레젠테이션 발표에 대한 심리적 및 시간적 압박감은 향후 교육과정 고도화를 위해 반드시 해결해야 할 본질적 과제이다. 설문 결과에서 규명되었듯, 평소 혼자 학습하는 성향이 강했던 보건의료계열 학생들이 매주 제한된 시간 내에 고차원적 협업과 구두 발표를 동시에 완수해야 하는 구조는 필연적으로 심각한 학업 피로도를 유발한다. 이를 교육공학의 인지부하 이론 관점에서 비추어 볼 때, 과도한 팀 활동과 매주 반복되는 발표 준비의 압박감이 학습자의 작동기억 한계치를 초과하여 불필요한 외재적 인지부하를 가중시켰을 것이라는 하나의 해석적 가설을 제기해 볼 수 있다. 특히 특정 전공 교과목에서 유발되는 이러한 극심한 학업 피로도는, 동일 학기에 병행 이수해야 하는 타 전공 교과목의 학업 성취도나 심리적 동기마저 저하시키는 '부정적 스필오버 효과'를 초래할 위험이 있다[18]. 반면, 조별 토론 중 발생하는 인지적 갈등과 학문적 상호작용은 지식의 스키마 형성을 돕는 본질적 인지부하로서 심화학습에 매우 유익하다[19]. 그러나 발표 자료 구성 및 무대 압박감 등 교수학습 외적인 요소에서 기인한 외재적 인지부하가 학습자의 작동기억 한계치를 초과하게 되면, 도리어 학습자의 내재적 학습 동기가 저해되고 인지적 소진을 야기하는 역효과를 낳게 된다.

따라서 향후 생성형 인공지능 활용 플립러닝 모델을 확대하고 표준화된 교육과정으로 제도화하기 위해서는, 인지 과부하를 정밀하게 제어하는 동시에 학습자 중심의 주도적 토론 문화를 풍성하게 구축할 수 있는 구체적인 교수학습적 프로토콜의 혁신이 요구된다.

우선, 대안으로 고려할 수 있는 3인 1조의 소규모 편성은 무임승차를 방지하고 소통의 밀도를 높일 수 있으나, 1인당 감당해야 할 물리적 과업이 오히려 가중되어 피로도를 상승시킬 수 있는 딜레마를 동반한다. 따라서 이를 상쇄하기 위해 총 12회에 달하던 매주 발표 체제를 학기당 2회 수준으로 과감히 제한하는 조치가 반드시 병행되어야 한다. 발표 횟수의 제한은 단순한 피로도 경감을 넘어, 얕은 정보의 기계적 슬라이드 제작을 지양하고 1~2개의 핵심 임상 증례를 한 학기 동안 비판적으로 심층 분석하게 함으로써 지식 전이라는 본 모형의 교육적 목적에 더욱 부합하게 된다. 5명에서 6명 이상의 대규모 조 편성은 소통의 복잡성을 증대시키고 의견 조율의 비효율성을 초래하여 외재적 인지부하를 가중시킨다. 반면, 친밀도와 학습 성향을 고려한 3인 조의 자율적 구성은 학습자 간의 심리적 안전감을 극대화한다. 소규모 구조 내에서는 모든 조원이 핵심적인 역할을 전담할 수밖에 없으므로 의무적 책임감이 부여되며, 이는 조별 상호작용의 밀도를 높이고 개별

www.kci.go.kr

학습자의 능동적 참여를 자연스럽게 견인하는 강력한 동기 기전으로 작동한다.

이와 더불어 물리적인 발표 준비 부담을 경감하는 대신 본질적인 자기주도학습과 심층 토론 문화를 정착시키기 위해 학기별 총 2회 중심 발표 제한과 토론 시간의 총량적 확대 전략을 전면 도입해야 한다. 매주 진행되던 즉석 발표 체제를 학기별 단 2회로 과감히 제한함으로써 학습자의 가시적인 물리적 피로도를 획기적으로 감축시킨다. 이렇게 확보된 여유 시간은 본 수업 내에서 조별 임상 증례 분석 토론과 전체 질의응답 및 토론 시간으로 재배정된다. 단순한 슬라이드 제작 노동에서 벗어난 학생들은 미시적 세포 기전과 실제 질환 간의 연계성에 대해 더 깊이 사유할 수 있는 인지적 여유를 얻게 되며, 팽팽한 논박이 오가는 강의실 내 토론 문화를 통해 기초의학적 지식을 상호 소통적인 방법으로 내면화함으로써 단순 암기를 넘어 심화학습(Deep learning) 접근으로 나아갈 수 있는 긍정적 가능성을 열어준다.

나아가 학습 환경의 내실을 기하고 강의실 내 상호 논박 중심의 토론 문화를 정착시키기 위해 인공지능 프롬프트 로그 공유제와 본 연구에서 효과성이 입증된 질의응답 중심의 개별 참여 마일리지 가산점 제도를 유기적으로 융합해야 한다. 학생들이 인공지능을 활용해 임상 난제를 해결하는 과정에서 사용한 성공적인 질문 조합을 강의실 플랫폼에 실시간으로 공유하도록 유도하면, 타 조의 프롬프팅 기술을 벤치마킹하는 디지털 리터러시의 집단적 진화가 일어난다. 이에 더해, 발표 후 질의응답 세션의 개별화 구조는 플립러닝의 고질적 한계인 청중의 수동성을 극복하는 결정적 돌파구를 제공한다.

그러나 본 연구의 질적 응답 분석에서 나타났듯, 특정한 성적 보상 체계와 동료평가 점수 부여를 둘러싸고 학생 간 심리적 갈등과 과도한 경쟁 압박이 발생한 점은 평가 제도의 설계 시 반드시 고려해야 할 정밀한 제어 기전의 필요성을 시사한다. 특히 주관식 응답 분석 결과, 질의응답 가산점을 획득하기 위해 특정 학습자가 발언권을 선제적으로 독점함으로써 타 학생들의 질문 기회가 원천적으로 박탈되는 불공평함이 실제적 문제로 지적되었다. 명확하고 객관적인 지표 없이 정량적 점수만을 부여하게 될 경우, 사적 관계에 따른 주관적 감정 편향이나 무리한 경쟁으로 인한 심리적 불편감이 발생하여 팀 내 불신과 반발을 초래하는 부작용을 낳는다. 따라서 앞서 언급한 질의응답 개별 가산점제의 긍정적 효과를 극대화하는 동시에 동료평가의 부작용을 방지하고 평가의 객관적 신뢰성을 확보하기 위해서는 향후 세 가지 차원의 정교한 평가 프로토콜 고도화가 강력히 제언된다.

첫째, 특정 학습자의 질문 기회 독점을 방지하기 위한 '발언권 균등 분배 규칙'을 명문화해야 한다. 개인당 또는 조별로 1회 발표 시 가능한 최대 질의 횟수를 제한하고, 발언 기회를 공평하게 안배하는 구조적 장치를 통해 치열한 점수 경쟁이 아닌 건강한 학술적 상호작용의 장을 보장해야 한다. 둘째, 동료 평가의 신뢰성과 객관성을 담보하기 위해 추상적인 점수 부여 방식을 전면 배제해야 한다. 대신 '토론 참여 횟수', '인공지능 프롬프트

www.kci.go.kr

작성의 구체성', '교차 검증을 위한 일차 문헌 제시 건수' 등 관찰 가능한 행동 지표 중심의 루브릭을 제공해야 한다. 명확한 루브릭의 제시는 주관적 감정 편향을 통제할 뿐만 아니라, 학생들 스스로 '어떠한 비판적 탐구 행동이 요구되는가'를 성찰하게 하는 강력한 교육적 가이드라인으로 작용한다. 셋째, 평가의 전 과정은 철저히 비밀이 보장되는 디지털 블라인드 다면 평가 시스템을 통해 교수자에게만 원천 데이터가 전달되도록 차단하고, 최종 성적 반영 시에는 최고점과 최저점을 제외한 조정 평균 점수를 활용하거나, 동료평가를 점수화하기보다 일정 기준 미달자에게만 경고를 부여하는 통과 및 탈락 스크리닝 도구로 제한 활용하는 방안이 유효하다. 이러한 평가 제도의 입체적 정교화는 학생들에게 평가 공정성에 대한 확신을 심어주어, 팀 내 불필요한 분쟁을 예방하고 진정한 의미의 집단지성과 건강한 동료 학습 문화를 견인하는 핵심 안전장치가 될 것이다[20].

본 연구는 생성형 인공지능과 플립러닝을 결합한 혁신적 교수학습 모형의 유용성을 입증하였으나, 다음과 같은 제한점을 지닌다. 첫째, 특정 대학교의 임상병리학과 학생 51명만을 대상으로 한 학기 동안 진행된 연구이므로, 연구 결과를 전체 보건의료계열 학생으로 일반화하는 데 신중을 기해야 한다. 둘째, 교육의 효과성을 학업 성취도(시험 점수)와 같은 객관적 지표의 사전-사후 변화량이 아닌, 학생들의 자가 보고식 설문조사에 기반한 주관적 인식 중심으로 측정하였다는 한계가 있다. 셋째, 본 연구는 수강생 전원(100%)이 참여하여 무응답에 따른 선택 편향은 배제할 수 있었으나, 표본의 크기(N=51)가 소규모인 한계로 인하여 설문 도구의 구성 타당도를 확보하기 위한 탐색적 및 확인적 요인분석(EFA/CFA)을 수행하지 못하고 내적 일관성(Cronbach's α)만을 검증하였다는 척도 타당화 측면의 방법론적 한계를 지닌다. 향후 연구에서는 다기관 단위로 표본을 확대하고, 통제집단과의 객관적 성취도 비교 및 다학제간 교차 분석을 수행하여 본 CAT 모형의 효과성을 보다 다각도로 검증할 필요가 있다.

결론

본 연구는 보건의료계열 기초의학 교육과정에 임상 사례, 생성형 인공지능, 팀 기반 활동을 융합한 CAT 증례 기반 플립러닝 모형을 적용하고, 이에 대한 학생들의 다면적 인식을 탐색하였다. 분석 결과, 학생들은 비대면 사전 강의를 통한 기초 지식 습득과 대면 수업에서의 주도적인 인공지능 활용 및 문헌 교차 검증 과정이 단순 지식 암기를 넘어 실제 의료 현장에 적용 가능한 기초와 임상 간의 지식 전이 역량을 향상시키는 데 기여할 수 있다고 평가하였다. 특히 인공지능을 인지적 스캐폴딩 도구로 활용한 비판적 탐구와 집단지성의 발현은 향후 보건의료 교육에서 요구되는 비판적 의과학 리터러시와 근거 중심적 사고 능력이 실제 교육 현장에서 구현될 수 있는 가능성을 시사한다. 다만, 본

www.kci.go.kr

연구는 수강생 전원(100%)이 참여하였음에도 불구하고 자가보고식 익명 설문조사에 기반하여 개별 학생의 실제 학업 성취도(최종 성적)와 긍정적 인식 간의 직접적인 상관관계를 교차 분석하지 못하였으며, 잦은 주차별 발표로 인한 학업 피로도가 유발되었다는 명확한 한계를 지닌다.

따라서 향후 연구에서는 학생들의 인지적 과부하를 경감할 수 있도록 주차별 과업 및 발표 횟수를 최적화하는 한편, 본 CAT 교수학습 모형을 해부학이나 생물인류학 등 타 기초의학 교과목으로 확대 적용하여 그 교육적 범용성을 다학제간 교차 분석으로 검증할 필요가 있다. 나아가 본 모형을 해부학 교육과정으로 확장할 경우, 생성형 인공지능이 제공하는 논리적 '인지 스캐폴딩'에 더해, 고비용의 첨단 기기 없이도 근육 기억을 활용하여 복잡한 인체 구조의 공간적 체화를 돕는 수화 해부학(anatomical sign language)과 같은 효율적인 '신체 감각적 접근법'을 유기적으로 접목해 볼 수 있다[21]. 이처럼 첨단 디지털 테크놀로지와 학습자 주도의 아날로그적 신체 활동을 상호보완적으로 융합한 하이브리드 교육 모델이 향후 기초의학 심화학습에 어떠한 다면적 시너지를 창출하는지 규명하는 후속 연구가 기대된다.

www.kci.go.kr

REFERENCES

1. Pandey P, Zimitat C. Medical students' learning of anatomy: memorisation, understanding and visualisation. Med Educ. 2007;41:7-14.
2. Kulasegaram KM, Martimianakis MA, Mylopoulos M, Whitehead CR, Woods NN. Cognition before curriculum: rethinking the integration of basic science and clinical learning. Acad Med. 2013;88:1578-85.
3. Han ER, Yeo S, Kim MJ, Lee YH, Park KH, Roh H. Medical education trends for future physicians in the era of advanced technology and artificial intelligence: an integrative review. BMC Med Educ. 2019;19:460.
4. Lee GM, Jang KJ, Bae JH, Lee HS, Lee JH. The Impact of Medical School Enrollment Expansion on Anatomy Practical Education: An Analysis of Educational Effects and Learning Outcomes. Anat Biol Anthropol. 2025;38:47-52.
5. Chen F, Lui AM, Martinelli SM. A systematic review of the effectiveness of flipped classrooms in medical education. Med Educ. 2017;51:585-97.
6. Parmelee D, Michaelsen LK, Cook S, Hudes PD. Team-based learning: a practical guide: AMEE guide no. 65. Med Teach. 2012;34:e275-87.
7. Eysenbach G. The role of ChatGPT, generative language models, and artificial intelligence in medical education: a conversation with ChatGPT and a call for papers. JMIR Med Educ. 2023;9:e46885.
8. Boscardin CK, Gin B, Golde PB, Hauer KE. ChatGPT and generative artificial intelligence for medical education: potential impact and opportunity. Acad Med. 2024;99:22-7.
9. Sallam M. ChatGPT utility in healthcare education, research, and practice: systematic review on the promising perspectives and valid concerns. Healthcare (Basel). 2023;11:887.
10. Huh S. Are ChatGPT's knowledge and interpretation ability comparable to those of medical students in Korea for taking a parasitology examination?: a descriptive study. J Educ Eval Health Prof. 2023;20:1.
11. McLaughlin JE, Roth MT, Glatt DM, Gharkholonarehe N, Davidson CA, Griffin LM, et al. The flipped classroom: a course redesign to foster learning and engagement in a health professions school. Acad Med. 2014;89:236-43.
12. Ng DTK, Leung JKL, Chu SKW, Qiao MS. Conceptualizing AI literacy: an exploratory review. Comput Educ Artif Intell. 2021;2:100041.

www.kci.go.kr

13. Leppink J, Paas F, Van der Vleuten CP, Van Gog T, Van Merriënboer JJ. Development of instruments for measuring different types of cognitive load. Behav Res Methods. 2013;45:1058-72.
14. Hew KF, Lo CK. Flipped classroom improves student learning in health professions education: a meta-analysis. BMC Med Educ. 2018;18:38.
15. Hur Y. Application of flipped learning in medical education. Korean Med Educ Rev. 2015;17:115-9.
16. Abd-Alrazaq A, AlSaad R, Alhuwail D, Ahmed A, Healy PM, Latifi S, et al. Large language models in medical education: opportunities, challenges, and future directions. JMIR Med Educ. 2023;9:e48291.
17. Lee J, Wu AS, Li D, Kulasegaram KM. Artificial intelligence in undergraduate medical education: a scoping review. Acad Med. 2021;96:1620-9.
18. Sweller J. Cognitive load during problem solving: effects on learning. Cogn Sci. 1988;12:257-85.
19. Young JQ, Van Merrienboer J, Durning S, Ten Cate O. Cognitive load theory: implications for medical education: AMEE Guide No. 86. Med Teach. 2014;36:371-84.
20. Burgess A, Van Diggele C, Roberts C, Mellis C. Team-based learning: design, facilitation and participation. BMC Med Educ. 2020;20(Suppl 2):461.
21. Hur MS, Jang DS, Oh CS. Enhancing anatomy education using anatomical sign language: expanding its expressive capabilities to the upper and lower extremities, face, and brain structures. Anat Cell Biol. 2025;58:173-85.

www.kci.go.kr

간추림 : 본 연구는 기초의학 교육의 인지적 단절을 극복하고자 CAT(임상 사례, 생성형 인공지능, 팀 기반 활동) 플립러닝 모형을 세포생물학 교과목에 적용하고, 보건의료계열 학부생 51명의 다면적 인식을 혼합 연구방법론으로 분석하였다. 양적 분석 결과, 메타인지적 준비도 및 임상 지식 전이 등 사전 정의된 모든 개념적 하위 영역에서 척도의 중앙값을 상회하는 통계적으로 유의미한 긍정적 인식이 도출되었다($p<0.001$). 질적으로 학생들은 문헌 교차 검증을 통해 비판적 의과학 리터러시를 함양했으나, 잦은 발표 준비와 경쟁적 질의응답으로 인한 주관적인 인지 과부하를 호소하였다. 결론적으로 인공지능 활용 플립러닝은 기초와 임상 간 지식 전이를 촉진하고 심층 학습으로 나아갈 잠재력이 있는 유용한 교수학습법이다. 향후 학습자의 주관적 인지부하 제어와 건강한 상호작용 유도를 위해 발표 주기 조절, 발언권 균등 분배, 객관적 다면 평가 루브릭 도입 등 교육공학적 제도 보완이 병행되어야 한다.

찾아보기 낱말 : 기초의학교육, 생성형 인공지능, 세포생물학, 플립러닝, 학생 인식

www.kci.go.kr

Table 1. General characteristics and prior learning preferences of the study subjects (N=51)

Domain	Item	Classification	Frequency (n)	Percentage (%)
Demographics	Gender	Male	16	31.4
		Female	35	68.6
	Grade	Sophomore (2nd year)	44	86.3
		Senior (4th year, retaking)	7	13.7
Digital Readiness	Frequency of generative AI usage	Daily	18	35.3
		Frequently (3~4 times/week)	21	41.2
		Occasionally (1~2 times/week)	9	17.6
		Rarely or never	3	5.9
Learning Preferences & Experiences	Previous experience with flipped learning	Yes	41	80.4
		No	10	19.6
	Preferred learning style	Exclusively prefer individual learning	22	43.1
		Generally prefer individual learning	20	39.2
		Neutral (Both equally)	8	15.7
		Generally prefer collaborative learning	1	2.0

www.kci.go.kr

Table 2. Evaluation of the educational usefulness of AI-utilized flipped learning for clinical case discussion (N=51)

Items	Sub-scales	Mean	SD	*t*	*p*	Cronbach's α
1	Flipped learning and metacognitive readiness	4.21	0.58	14.898	<0.001	0.84
2	Team-based activity and co-construction of knowledge	4.08	0.62	12.440	<0.001	0.81
3	AI-assisted cognitive scaffolding and digital literacy	4.35	0.51	18.904	<0.001	0.88
4	Clinical case-based learning and knowledge transfer	4.42	0.49	20.696	<0.001	0.89
5	Academic communication and peer learning	4.12	0.55	14.543	<0.001	0.83
6	Comparative evaluation with traditional lecture-based education	4.38	0.53	18.595	<0.001	0.86

Note: All items were measured on a 5-point Likert scale (1: Strongly disagree to 5: Strongly agree). One-sample t-tests were conducted with a test value of 3.0.

www.kci.go.kr

Table 3. Results of qualitative thematic analysis for open-ended questions

Survey Item	Core Theme (Category)	Representative Student Statements (Excerpts)
Comparison with traditional classes	Shift toward active learning attitude and enhanced immersion in the major	"The most impressive part was the formation of an active learning attitude."
		"I was able to study on my own in advance and then participate in the class."
Advantages and usefulness of AI tools	Rapid exploration of extensive information and application to clinical cases	"It was very useful to be able to quickly acquire and organize information."
		"Useful in simulating actual cases."
Experience with AI limitations and critical verification	Recognition of AI hallucinations and execution of multi-faceted cross-checking	"When information with an unknown source appeared, I directly searched for primary literature. Through cross-checking with the paper, I found contradictions."
		"We filtered out false information by comparing answers using multiple AI tools. Our group cross-checked twice individually."
Suggestions for improving the learning model	Learning fatigue due to continuous weekly presentation preparation	"It was sometimes overwhelming to do so many presentations every week. I wish the frequency was reduced."
	Intensified competition for extra points and monopolization of speaking opportunities	"The method of awarding extra points for questions created pressure to prepare high-level questions, making the group activity itself feel burdensome."
		"I think it is unfair that a student who previously spoke took the opportunity again before other students even raised their hands."

www.kci.go.kr