

한의사는 소아청소년 진료에서 인공지능을 어떻게 활용할 것인가?

김기봉^{1,2,*}

¹부산대학교 한의학전문대학원, ²부산대학교한방병원 한방소아과

Abstract

How can Korean medicine doctors utilize AI in pediatric and adolescent care?

Kim Ki Bong^{1,2,*}

¹*School of Korean Medicine, Pusan National University*

²*Department of Korean Pediatrics, Korean Medicine Hospital, Pusan National University*

Objective

This study aimed to suggest ways for Korean medical doctors to utilize artificial intelligence (AI) in pediatric and adolescent care.

Methods

We searched the PubMed database of the National Institutes of Health for AI-related research to identify recent research trends in clinical practice.

Results

Children have difficulty expressing their symptoms, which limits objectivity in diagnosis and treatment. AI can be utilized for constitutional and dialectal analyses, growth prediction, early detection of developmental abnormalities, and digitalization of tongue, pulse, and abdominal examinations. An AI-based herbal medicine suitability prediction system can facilitate personalized prescriptions and prevent side effects. Combined with the internet of things (IoT) and edge computing, this can also contribute to the standardization of remote care and education. However, data bias, difficulties in model interpretation, privacy protection, sensor reliability, clinical acceptability, and legal and ethical challenges remain unresolved.

Conclusion

AI can assist Korean medicine practitioners in their practice by promoting objectivity and standardization; however, a secure institutional foundation is essential.

Key words: Pediatrics, Artificial Intelligence, Korean medicine doctor

•Received: October 04, 2025 •Revised: October 08, 2025 •Accepted: October 31, 2025

*Corresponding Author: Kibong Kim

Department of Korean Pediatrics, Pusan National University Korean Medicine Hospital,
Geumo-ro 20, Mulgeum-eup, Yangsan-si, Gyeongsangnam-do, 50612, Republic of Korea
Tel: +82-55-360-5952 / Fax: +82-55-360-5952

E-mail: kkb@pusan.ac.kr

© The Association of Pediatrics of Korean Medicine. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I . Introduction

한의소아청소년의학은 전통 한의학적 이론과 현대 의학적 관점을 바탕으로 영유아부터 청소년기에 이르는 성장·발달 과정에서 나타나는 특수한 생리, 병리적 특성을 연구하고 치료하는 학문이다. 소아는 장부와 면역 체계가 미성숙하여 외부 자극에 민감하고, 성장과 발달이 빠르므로 질병의 진행과 회복 속도 역시 성인과 다르다. 이에 따라 한의소아청소년의학은 예방, 치료, 재활을 아우르며, 체질과 발달 단계에 맞는 맞춤형 진단과 치료를 강조한다. 한의소아청소년의학의 주된 역할은 성장 발달 이상, 호흡기·소화기 질환, 면역질환, 정신·정서적 문제, 학습 및 발달 장애 등의 소아청소년 질환을 한의학적 접근을 통해 관리하는 것이다. 이를 위해 한약, 침, 뜸,推拿 등의 다양한 한의학적 치료와 생활습관 지도 등이 활용된다. 최근에는 소아비만, 아토피피부염, 주의력결핍과잉행동장애 등 현대적 질환에도 적극적으로 적용되고 있다. 또한 건강한 성인으로의 성장을 돕기 위해 발달 단계별 예방 관리, 올바른 식습관과 생활습관 형성, 심신 균형 유도도 중요한 부분으로 인식되고 있다. 즉, 단순한 질병 치료를 넘어 아이들의 전인적 성장과 삶의 질 향상에 기여하는 것이 한의소아청소년의학의 핵심이라고 할 수 있다. 따라서 한의소아청소년의학은 소아의 질병, 체질, 발달 문제를 다루는 전문 분야로, 진단의 정밀성과 환자 맞춤형 처방이 중요하다.

최근 인공지능(artificial intelligence, AI)은 임상, 교

육, 연구의 다양한 영역에서 활용되며¹⁾, 한의학 영역에서도 도입의 필요성이 대두되고 있다. 특히, 표현 능력이 제한된 소아 환자 진료에서는 AI의 보조적 역할이 더욱 주목된다.

오늘날 의료 분야에서 AI의 활용은 진단, 치료, 환자 관리, 행정, 연구 전반에 걸쳐 빠르게 확산되고 있다²⁾. 실제로 미국 국립 보건원 (National Institutes of Health, NIH)의 PubMed 사이트에서 “(artificial intelligence medical [Title /Abstract])”를 핵심 단어로 이용하여, 논문의 제목 또는 초록에 포함하는 논문을 검색해보면, 2025년 9월말 현재 약 2만 5천여 편의 논문이 검색된다 (Figure 1, blue bar). 또한 2015년 1천 7백여 편에서 최근 10년간 지속적으로 증가하였으며, 2028년에는 2만 9천여 편으로 증가될 것으로 예상된다 (Figure 1, orange bar).

진단 분야에서는 영상의학과 병리학에서 AI가 X-ray, Computed Tomography (CT), Magnetic Resonance Imaging (MRI), 조직 슬라이드를 분석해 암, 폐질환, 뇌질환 등을 조기에 발견하는 데 도움을 준다. 치료 영역에서는 유전자와 임상 정보를 기반으로 한 정밀의료, 신약 후보 물질 탐색, 로봇 보조 수술 등이 활발하다. 환자 관리에서는 웨어러블 기기와 연동해 혈당·심박수·수면 상태를 모니터링하고, 예후를 예측해 만성질환 관리에 활용한다³⁾. 또한 AI 챗봇은 예약, 상담, 생활습관 등 환자 관리에 사용되며, 행정 측면에서는 전자의무기록 자동화, 보험 청구, 병원 자원 관리에서 효율성을 높이고 있다. 연구와 교육 분야에서는 대규모 임상 데이터 분석을 통한 새로운 치료법 발굴, 가상 환자 기반 교육에

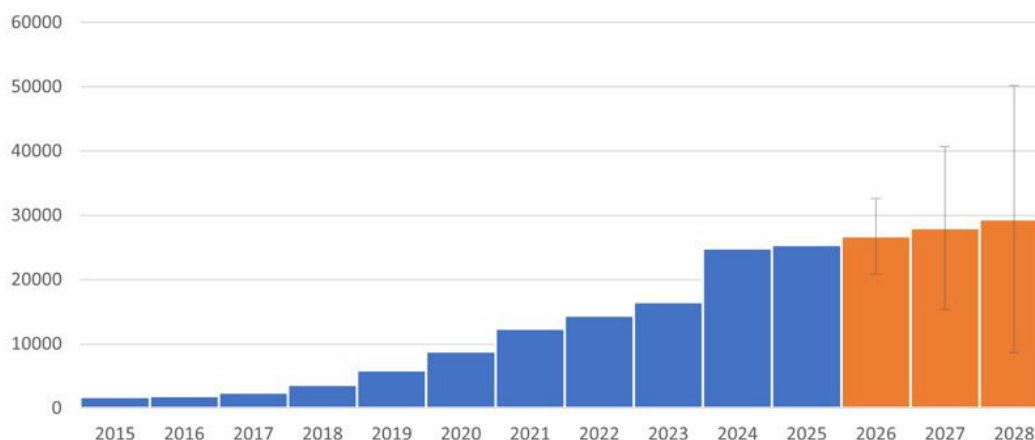


Figure 1. Trends in artificial intelligence medical research.

Analysis of artificial intelligence medical-related papers published from 2015 to 2025 (blue bar) and to be published by 2028 (orange bar) using PubMed (The United States National Library of Medicine at the National Institutes of Health)

도 활용되고 있다.

본 연구는 다양한 AI 활용과 융합 내용들을 분석하여 한의소아청소년의학의 진료 분야에서 AI의 실질적 활용 방안을 제시하고자 한다.

II. Main Body

소아는 증상을 정확히 표현하기 어렵기 때문에 보호자 진술에 크게 의존해야 하고, 이 과정에서 객관적인 진단이 제한될 수 있다. 낮은 진료 환경에 대한 두려움, 침과 뜸에 대한 거부감이 커서 협조가 원활하지 않은 경우도 많다. 또한 소아는 체질과 발달 속도가 개인차가 크므로, 표준화된 진료 지침을 적용하기에 어려움이 있다. 소아의 체중, 발달 단계에 따라 약 용량 조절이 민감하게 요구되며, 한약 복용 시 맛과 복용 편의성 문제 때문에 순응도가 낮은 경우도 많아 문제가 된다. 한약의 장기 복용의 안정성에 대한 부모의 우려가 크며, 과학적 근거를 요구하는 경우도 임상현장에서 종종 발생하고 있다.

1. AI 기반 체질 분류 및 변증 분석 시스템

AI 기반 체질 분류 및 변증 분석 시스템은 여러 형태의 데이터를 통합하여 AI가 체질 혹은 변증을 판단하도록 설계할 수 있다. 예를 들면, 문진(問診)의 경우 환자의 자각 증상, 생활 습관, 성격적 경향 등을 설문지를 통해 수집하고, 자연어 처리(Natural Language Processing, NLP)로 자동 분석할 수 있다. 맥진의 경우는 맥의 빠르기, 깊이, 장단 등의 파형을 센서 기반으로 디지털화하여 AI가 수치화된 파형의 특징을 학습하게 할 수 있다. 안면 이미지는 Convolutional Neural Network(CNN)을 활용하여 얼굴형, 피부색, 윤곽, 홍조나 안색의 특징을 분석할 수 있다. 환자의 음성 역시 환자의 발성, 호흡, 억양을 딥러닝 기반 음성 분석 모델로 해석하여 체질적 특성을 반영하게 할 수 있다. 이러한 AI의 활용은 한의사의 암묵적인 평가를 명시적으로 변화시키는데 중요한 역할을 할 것이다⁴⁾.

특히 소아청소년 환자의 경우, 신체 발달 곡선, 면역력, 성장장애 여부 등을 포함시켜 체질적 기반을 분석하고, 성장 발달 이력 등의 다중 데이터 입력을 합쳐 딥러닝 모델로 학습하게 할 수 있다. 최근 연구에서는 영상 분석 분야에서 딥러닝을 활용한 설문 이미지, 혀

사진 등에서 병변 / 정상 구분을 시도한 연구가 있으며, 혀 영상 기반 병변 분류에서 이러한 AI를 활용한 모델에서 93% 이상의 정확도를 보이기도 하였다⁵⁾.

실제 최근 AI 활용한 연구들을 보면, TCM 변증 분류 알고리즘 연구에서는 그래프 컨볼루션을 이용한 변증 분류 시도도 보고된 바 있다⁶⁾. 또한 문진 텍스트를 NLP로 해석해 증상과 변증을 상호 매핑하여 수행하는 연구도 있다⁷⁾. 임상적으로는 혀 이미지 특징과 구강 미생물 데이터를 결합하여 혀의 색과 태 등과 미생물 차이를 이용하여 변증 분류를 성공적으로 수행한 바 있다⁸⁾.

이처럼 AI 기반 체질/변증 시스템은 다중 데이터 입력을 통한 통합 분석, 이미지 처리와 텍스트 처리 기반의 증상 해석, 변증 분류 알고리즘 결합과 같은 구조로 구성될 수 있다. 이 시스템은 한의사의 진단에 있어 일관성을 확보할 수 있으며, 변증 진단을 보조하여 정확성을 높이고, 나아가 임상 표준화에 기여할 것으로 생각된다.

2. 소아 성장 예측 및 발달 이상 조기 탐지

소아의 성장과 발달은 유전적 요인뿐 아니라 영양, 환경, 건강 상태, 내분비 및 신경학적 요인 등이 복합적으로 작용한다. 정상 범위를 벗어난 성장 패턴이나 발달 지연은 조기에 발견될수록 치료나 중재의 효과가 높아진다. 그러나 현재는 영유아 국가 건강검진이나 학교 정기 검진 때 성장 곡선이나 문진, 관찰 위주로 판별하는 경우가 많아 미세한 이상을 놓치거나, 판독자의 주관성과 숙련도 차이에 따라 영향을 받게 된다. 만약 AI 기반 예측 모델을 적용할 수 있다면, 과거 성장 이력 및 발달 지표를 학습해서 미래 성장 궤적을 미리 추정하고, 발달 이상 가능성이 높은 아동을 조기에 선별할 수 있을지도 모른다.

그러기 위해서는 키, 체중, 신체 질량 지수(Body Mass Index, BMI), 체지방률 같은 기초 신체 지표, 키 증가 속도(height velocity), 체중 증가율 같은 성장 속도 지표 등이 입력 변수로 전환되어야 한다. 여기에 부모 키, 출생시 체중과 신장, 영양 상태, 언어 발달 이정표(언어 습득 시기, 어휘 수 등), 운동 발달 이정표(앉기, 기기, 걷기 등) 같은 부가정보가 추가적으로 요구될 수 있다. 이외에도 성조숙증 징후를 예측할 수 있는 조기 유방 발달, 조기 사춘기 징후, 호르몬 수치 등이 변수로 입력되면 보다 정확한 예측이 가능하다. 이러한

다양한 변수를 통해 학습 데이터를 구축하면, 모델은 각 아동이 향후 성장 궤적을 어떻게 그릴지, 또는 발달 이상 또는 위험군 여부를 예측하는 것이 가능해진다.

성장 궤적 예측 모델의 경우, 과거 데이터를 바탕으로 미래의 키 또는 체중 변화 패턴을 예측하는 방식이다. 예를 들면, 머신러닝 알고리즘 (Gradient Boosting, 랜덤포레스트 등) 또는 시계열 모델링 (시간에 따라 변하는 데이터를 분석하고 미래를 예측하는 기법으로 Recurrent Neural Network (RNN), Long Short-Term Memory (LSTM) 등이 대표적임)을 사용하여 개별 아동의 성장 궤적을 추정할 수 있고, 예측된 성장 곡선과 실제 측정치가 일정 범위를 벗어나면 ‘성장 이상’ 경고를 제공하게 된다. 최근 연구에서 Chun 등⁹⁾은 대규모 체성분 및 인체지표 데이터를 활용해 미래 키를 예측하는 AI 모델을 개발했다. 이 모델은 남아 기준 평균 제공근 오차 (Root-Mean-Square Error, RMSE) 약 2.51 cm, 평균 절대 오차 (Mean Absolute Error, MAE) 약 1.74 cm 수준의 정확도를 보였다. 또한, 이 모델은 설명 가능한 AI (explainable AI) 기술을 적용해, 예측에 주요하게 기여한 변수 (예: 키 표준편차점수 (standard deviation score, SDS), 성장 속도, 제지방량 변화 등)를 시각화하여 해석 가능성을 높였다. 또 다른 연구¹⁰⁾에서는 스마트폰의 손목/수부 영상으로 소아의 신장을 예측하는 영상 알고리즘 (Length AI, LAI)을 개발한 사례를 보고하였다.

반면에 발달 이상이나 위험군 여부를 예측하는 모델은 언어와 운동 발달 변수, 조속증 증후 등을 바탕으로 통계적 방법과 학습을 통해 예측하고 분류하는 방식이다. 예를 들어, 조기 유방 발달이나 사춘기 신호가 보이는 아동은 성조숙증 위험군으로 분류하고, 언어 획득이 포래 대비 늦은 경우 발달지연 가능성 분류를 통해 위험 아동의 선별이 가능하다. 이 두 방식은 상호 보완적이며, 성장 이상 탐지와 발달 이상 탐지가 동시에 이루어질 수도 있다.

최근 연구들을 보면, Chen 등¹¹⁾은 아동 발달지연 (Developmental Delay, DD) 예측을 위해 여러 변수 기반 머신러닝 분류 모델을 제시했다. 이 연구는 머신러닝이 DD 결과를 예측하는 유의미한 특징을 발견하고, 맞춤형 중재 전략 개발의 지원 가능성을 강조하고 있다. 미숙아 또는 조산아 집단에서 신생아기에 확보된 임상 지표를 바탕으로 2세 시점의 언어 또는 운동 지연을 Random Forest 알고리즘으로 예측한 연구도 있다. Demirci 등¹²⁾은 조산아의 임상 변수를 기반으로 25개

월 시점의 발달 지연 여부를 예측했으며, 비교적 우수한 예측 성능을 보고했다. 또한 언어와 신경 발달 쪽에서는 소아의 언어 반응 데이터를 활용해 신경발달장애 (Neurodevelopmental Disorders)를 예측한 사례도 있다¹³⁾. 이외에도, AI 응용 아동 건강·발달 분야 리뷰 논문¹⁴⁾에서는 아동기 발달 이상 예측, 성장 이상 탐지 등에서 머신러닝/딥러닝 기반 모형 적용 사례들이 점차 늘고 있음을 보고하였다.

이러한 시스템을 만들기 위해서는 성장 및 발달 이력이 있는 아동 코호트 데이터를 확보하여 초기 학습 데이터를 구축해야 한다. 이 데이터를 바탕으로 결측치 처리, 표준화, 특성 생성 등의 전처리를 거쳐 교차검증과 성능 평가 (RMSE, MAE, Area Under the ROC Curve (AUC) 등)로 모델을 학습시키고 검증시켜야 한다. 이러한 과정을 거쳐 모델 예측이 가능해져도 어디까지나 보조 수단으로 활용되어야 하며, 최종 판단은 한의소아청소년의학 전문의가 수행해야 한다. 그리고 이를 다시 피드백해서 새로운 측정 및 추적 데이터를 수집하고 모델을 재학습시켜 개선시켜 나가야 한다.

3. 스마트 설진, 맥진, 복진 보조기술

한의학에서 설진, 맥진, 복진은 진단의 3대 관찰 축으로, 환자의 내부 상태를 외형적 징후를 통해 판단하는 근거가 된다. 특히 소아는 증상의 표현이 서툴고, 진료 현장에서 불안과 공포심으로 인하여 문진이 어려운 경우가 많아서 설진, 맥진, 복진은 매우 중요한 진찰 방법이라고 할 수 있다. 다만 이러한 진단 방식은 한의사의 경험에 크게 의존하며, 판단자 간의 주관성 오차가 크고, 진단의 재현성과 객관성이 떨어진다는 비판을 지속적으로 받아왔다. 이러한 한계를 보완하기 위해, 스마트 설진, 맥진, 복진 보조기기가 센서와 영상장비, 전자 계측 장치 등을 활용해 기존의 비정형 데이터를 디지털화하고, AI 분석을 접목하여 객관적이고 정량적인 진단 보조적 역할을 담당할 필요가 있다.

스마트 한의 진단 보조기기는 먼저 데이터 수집 (하드웨어 계측)이 필수적으로 요구하게 된다. 설진은 고해상도 카메라 또는 현미경 수준의 영상 장치를 이용해 혀 전체, 설태, 균열, 홍조 정도, 윤택성 등의 데이터를 수집하게 된다. 맥진의 경우는 전자 맥진 센서 (압력 센서, 광학 센서, 초음파/광지속 센서 등)를 이용해 맥파의 압력 변화, 맥속, 맥폭, 맥침, 맥지 등 물리적 신호를 수집한다. 복진은 복부 표면에 부착 가능한 압력,

전기저항, 초음파 센서 또는 탄성체 기반 감지기 등을 통해 복부 압통 반응, 복강 내 장기의 위치 변화, 복부 탄성 정도 등을 계측하게 된다.

이후 전처리 단계로 조명, 거리, 색 보정 등의 영상 데이터 보정과 허 영역, 선택 영역 등을 자동 분리하는 이미지 분할을 시행해서 특징들을 추출하게 된다. 맥파의 경우는 잡음 제거, 웨이블릿 변환 또는 Fast Fourier Transform (FFT) 기반 주파수 분석 등을 통해 맥파 신호를 전처리 하고, 복진은 압력 변화 패턴, 응답 곡선 특징화 등을 통해 복부 센서 신호를 전처리하게 된다.

전처리 단계가 끝나면 딥러닝 모델(예: CNN, Transformer 계열) 또는 머신러닝 모델(Random Forest, XGBoost 등) 활용하여 AI 기반 분석 및 패턴 인식을 하게 된다. 또한 설진 영상, 맥파 신호, 복부 센서 신호를 통합하여 패턴 기반을 진단한다.

마지막으로 모델이 예측한 병증 패턴 또는 변증을 제시하게 되는데, 중요 특징이나 설명 가능한 AI(explainable AI) 방식으로 선택 색 변화, 맥진 변화, 복부 반응 지표를 복합적으로 분석하여 진단 근거를 제시하게 된다. 한의사는 이러한 AI 보조 결과를 참고하여 최종 판단을 하면 된다.

1) 설진 (Tongue) 보조기술 및 연구

설진 (Tongue)을 진단의 보조적 기술로 활용하기 위해 최근 설진 영상 분석에 딥러닝을 적용한 다양한 연구들이 보고되고 있다¹⁵⁾. 허 병변 유무를 분류하는 다중 클래스 문제에서 Residual Network (ResNet), Visual Geometry Group Network (VGG) 모델 등을 적용해 90% 이상의 정확도를 기록한 사례가 있다. Zibin Yang 등¹⁶⁾은 안드로이드 기반 지능형 설진 시스템을 개발하여 허 영역 검출, 이미지 분할, 선택/균열/반점 분류 과정을 통합한 실시간 설진 시스템을 구현하였고, 균열, 반점 등 분류 정확도는 90%대를 넘었다는 보고하였다. 이처럼 설진 보조기술은 고해상도 영상, 정확한 분할, 속성 인식, 분류 모델이 복합적으로 통합되는 것이 핵심이며, 특히 다양한 조명 조건 또는 스마트폰 환경에서도 안정적으로 작동할 수 있도록 보정 및 일반화 기술의 지원이 절대적으로 중요하다.

2) 맥진 (Pulse) 보조기술 및 연구

맥진 보조기술은 전자센서 기반의 맥파 계측 장치와 AI 분석을 결합하는 형태가 중요한 핵심부분이라

할 수 있다. 맥진은 한의사의 손가락 감촉에 기반하나, 이를 센서화하면 맥파의 압력 변화, 주파수 영역 특성, 맥의 지삭(遲數) 변화 등을 수치화할 수 있다. P Manickam 등¹⁷⁾은 IoMT (Internet of Medical Things)과 AI 결합을 통해 현장진료 (Point of Care, PoC)나 현장검사 (Point of Care Testing, POCT) 의료기기들을 스마트하게 만드는 가능성에 대해 개괄적으로 설명하였다. 또한 FlexiPulse라는 맥파 감지 시스템은 저비용 형태의 맥파 계측 장치로 맥파 변동을 검출하고, 이를 머신러닝 분석을 통해 심혈관 질환 모니터링 가능성을 제시하고 있다¹⁸⁾. 그 외에 자가 동력 (self-powered) 맥파 센서가 맥박 변화 감지 기능을 제공하는 연구로써, Triboelectric Nanogenerator (TENG) 기반 맥박 센서를 이용해 맥박압 변화에 대응하는 전기 신호를 감지하는 연구가 있다¹⁹⁾.

이러한 연구들을 소아의 맥진 보조에 응용하면, 맥진의 압력 변화 곡선, 파형 주기 및 진폭 변화, 맥파 특성 주파수 성분 등을 특징 벡터로 추출하고 AI 분류/패턴 인식 모델에 적용할 수 있을 것이라 생각한다.

3) 복진 (Abdominal Palpation) 보조기술

복진은 진찰자가 복부를 눌러 압통, 팽만감, 장기 위치 등을 감별하기 위해 시행하는데, 이를 기계화하려는 시도는 설진이나 맥진에 비해 상대적으로 드문 편이다. 그럼에도 불구하고 기술적으로는 충분히 실현 가능성이 있다고 생각한다.

복부에 얇은 압력 센서를 배열하면 눌렀을 때 반응 강도 및 분포를 맵핑할 수 있다. 초음파 또는 초음파 영상 기반의 복부 구조 계측을 통해 복부 내부 장기 위치 변화를 영상적으로 보조하고, 압력 반응성과 구조적 이상을 병합할 수 있을 것이다. 또한 복부 조직의 전기 임피던스 변화를 눌렀을 때 측정하여 복부 반응성 특성을 수치화할 수 있다.

이러한 다양한 방법으로 수집한 복진 센서 신호와 설진 및 맥진 데이터를 서로 결합하면, 더욱 정확하고 정교한 진단 보조 패턴의 구현이 가능해질 것이라 생각한다.

4) 스마트 진단 보조기술

스마트 진단 보조기기는 다양한 방법으로 설계가 가능하다. 먼저, 설진 카메라, 맥진 센서, 복진 센서 등의 각 센서 모듈은 Wi-Fi 같은 무선 연결을 통해 중앙

허브 또는 엣지 디바이스에 데이터를 전송하는 것이 가능하다. 또한 생성된 모든 데이터를 클라우드에 보내지 않고, 진단 디바이스 내부 또는 로컬 허브에서 AI 추론을 수행하여 실시간 결과를 제공함으로써 개인정보 보호에 안전할 뿐 아니라 빠른 결과 제공이 가능하다. 필요하다면 장기 데이터 축적, 모델 업데이트, 외부 분석, 중앙 서버 기반 학습은 클라우드에서 처리하게 할 수 있다²⁰⁾.

설진, 맥진, 복진 데이터를 통합하고 융합해서 하나의 모델로 병증 분류가 가능해질 수 있으며, 그렇게 되면 사용자 인터페이스 (User Interface, UI)나 사용자 경험 (User Experience, UX)은 한의사가 결과를 직관적으로 확인할 수 있는 시각화 인터페이스와 진단 보조 설명을 제공할 수 있게 된다. 이는 환자와 보호자의 만족도를 높이고, 한의사에 대한 충성도를 구축하며, 한의 치료의 효율성과 편리성을 제공하게 될 것이다. 또한 안정성 및 보정 메커니즘 측면에서는 조명이나 센서 오차 같은 환경 변화 보정, 자동 캘리브레이션, 오류 검출 및 알림 체계 등을 갖출 수 있게 될 것이다.

4. 한약 적합성 예측 및 부작용 경고 시스템

정밀의료 (precision medicine)는 환자의 개별적 특성과 데이터 기반 예측을 토대로 최적화된 치료를 제공하는 새로운 의료 패러다임으로 주목받고 있다. 한의학 분야에서도 체질, 병증 (病證), 과거 복용 이력과 같은 임상 데이터를 활용하여 맞춤형 한약 처방을 제안하는 AI 기반 시스템의 필요성이 제기되어 왔다. 한약은 다성분, 다표적 (multi-component, multi-target) 특성을 지니고 있어 효과가 개인별로 상이하며, 약제 간 상호작용이나 알레르기 반응에 따른 부작용 가능성도 배제할 수 없다. 이에 따라 환자별 처방 적합성과 약물 안전성을 동시에 확보할 수 있는 시스템 구축이 임상적 과제로 떠오르고 있다.

AI가 전통의학 (특히 한약 / 중국 전통의학, Traditional Chinese Medicine (TCM))에 적용된 최근 문헌들을 보면, 품질 통제, 처방 최적화, 작용 기전 분석, 진단 보조 등 다양한 영역에서 활용되고 있음이 보고되고 있다^{21,22)}.

환자 데이터를 기반으로 한 한약 처방 추천에는 주로 협업 필터링 (Collaborative Filtering)²³⁾과 의사결정나무 (Decision Tree)²⁴⁾ 알고리즘이 사용될 수 있다. 협업 필터링은 유사 환자군의 치료 반응을 기반으로 새로운

환자에게 적합한 처방군을 추천할 수 있다. 의사결정 나무는 환자의 임상 변수를 입력받아 단계적으로 분기하면서 최종적으로 최적의 처방을 도출하여 한의사의 임상적 수용이 클 것으로 기대된다.

또한 AI를 활용한 시스템은 약물 상호작용 데이터베이스 및 환자 알레르기·금기 정보를 연동하여 잠재적 위험을 사전에 경고할 수 있다. 예를 들면 특정 약제에 알레르기 이력이 있는 경우 해당 처방군을 자동 배제하거나 대체 처방을 제시할 수 있다. 또한 실시간 인터페이스를 통해 의료진이 처방을 입력하는 즉시 위험 경고를 제공할 수 있다.

III. Discussion

한의학은 설진, 맥진, 복진과 같은 전통적인 진단 방식을 통해 환자의 체질과 병증을 파악하고 치료 방향을 설정해왔다. 그러나 이러한 진단 방법은 대체로 한의사의 경험과 감각에 의존하기 때문에 주관적 편차가 크고, 진단 일관성과 재현성 확보에 어려움이 있다는 한계가 지적되어 왔다. 최근 AI와 사물인터넷 (Internet of Things, IoT), 엣지 컴퓨팅 (edge computing) 기술의 발달은 이러한 전통적 진단 방식을 디지털화하고, 데이터를 수치화하여 보다 객관적인 기준을 마련할 수 있는 가능성을 열어주었다. 이에 따라 고해상도 설진 카메라, 전자 맥진기, 복부 반응 감지 센서 등을 통해 데이터를 수집하고, 이를 AI 모델이 분석하여 병증 패턴을 제시하는 스마트 진단 보조기기가 주목받고 있다. 더 나아가 환자의 체질, 병증, 과거 복용 이력, 알레르기 여부 등을 학습시켜 AI가 적절한 처방군을 제안하고 부작용 가능성을 사전에 경고하는 한약 적합성 예측 시스템 역시 연구되고 있으며, 이는 임상 한의학의 패러다임 전환을 이끌 수 있는 중요한 기술로 평가된다.

소아 성장 예측 및 발달 이상 조기 탐지에서 AI의 활용은 이상 성장 또는 발달 지연이 있을 경우 조기에 경고하여 치료나 중재 기회를 높일 수 있다. 또한 표준화 및 객관성을 확보하여 한의사 사이의 편차를 줄이고, 동일 조건에서 일관된 판단 근거를 제시할 수 있다. 또한 소아마다 개별 성장 궤적을 예측하고 비교할 수 있어, 부모나 의료진이 장기 계획을 세우는 데 도움을 줄 것이다.

무엇보다 조기 위험군 선별을 통해 정밀검사 또는 후속 추적 자원을 집중할 수 있어 자원을 효율적으로 사용할 수 있게 된다. 많은 소아 데이터가 쌓이면 성장·발달 메커니즘에 대한 통계적 분석과 인과 추론이 가능해져서 연구 및 데이터 추적 기반이 강화될 것으로 기대된다.

스마트 설진, 맥진, 복진 보조기기의 개발과 임상현장에서의 사용은 필연적인 시대의 흐름으로 보인다. 이러한 스마트 설진, 맥진, 복진 보조기기의 가장 큰 기대 효과는 객관성 및 정량성 강화이다. 과거에는 비정형적이었던 혀의 색, 설태의 두께, 맥박의 빠르기와 깊이, 복부 압통 반응 등을 카메라 영상과 전자 센서로 정량화하면, 진단의 객관적 기준을 마련할 수 있다. 이러한 장치는 한의사의 경험적 감각에 의존했던 부분을 수치 데이터로 보완해주며, 동일 환자를 여러 한의사가 진료할 때도 일관된 결과를 도출할 수 있는 기반을 마련한다. 또한 IoT와 AI 기술을 결합한 장치에 엣지 컴퓨팅을 적용하면 진료 현장에서 실시간으로 분석과 피드백을 받을 수 있어 임상 활용성이 크게 향상될 것이다.

예를 들면, 임상에서 자주 보는 경우로 습열형(濕熱型)과 기허형(氣虛型)이 있다. 두 변증은 피로감, 소화기 이상, 체력 저하라는 공통적 증상을 공유하지만, 습열형은 몸이 무겁고 끈적한 분비물, 두터운 설태가 특징인 반면, 기허형은 전신 무력감, 창백한 얼굴, 기운 부족이 주된 증상이다. AI를 활용하여 설문지 분석과 혀 이미지 분석, 음성 분석, 생체신호 분석을 시행한다고 가정해보자. 설문지 분석에서 피로는 공통 증상이지만, 더위에 심하게 힘들다거나, 두통, 구취, 설사가 많다고 하면 습열형으로 분류가 가능하다. 혀 이미지 분석을 통해 설태의 색, 두께, 습윤도를 자동 판별하여 습열형 가능성을 제시할 수 있다. 음성 분석에서는 기허형 환자에서 음성이 약하고 기운이 없는 경우가 많으며, 이는 음성 파형 특징으로 감지가 가능하다. 생체신호 같은 경우는 심박 변동성이 떨어지고 체력 지표가 낮으면 기허형 쪽으로 무게를 둘 수 있다. 결과적으로, AI는 한의사의 직관적 판단을 보완하고, 보다 객관적이고 일관된 진단의 가능성을 제시한다.

교육적 측면에서도 이러한 시스템은 한의과대학 학생이나 수련의에게 진단 기준을 시각적으로 보여주고, 데이터를 기반으로 피드백을 제공할 수 있어 한의학 교육의 표준화와 현대화에 크게 기여할 것이다.

원격 의료 및 모바일 진단에서도 가능성을 볼 수 있

다. 예를 들어, 설진 카메라를 스마트폰 애플리케이션과 연결하고, 맥진 센서를 웨어러블 기기로 구현하면 가정에서도 데이터를 수집할 수 있으며, 원격으로 한 의사에게 분석 결과를 전송해 보조 진단을 받을 수 있다. 나아가 이렇게 축적된 다중 모달 임상 데이터는 대규모 분석 연구를 통해 한의학 병증 패턴을 통계적, 수리적으로 검증하고 학문적 발전을 촉진할 수 있다.

한약 적합성 예측 및 부작용 경고 시스템은 임상 치료의 안전성과 효율성을 동시에 높여줄 수 있다. 체질, 병증, 과거 복용 이력 등의 데이터를 학습한 AI는 환자 별로 적합한 처방군을 추천할 수 있으며, 협업 필터링(Collaborative Filtering)과 의사결정나무(Decision Tree) 같은 의료 데이터 기반 추천 알고리즘이 그 핵심이다. 동시에 약물 상호작용 데이터베이스와 연동해 알레르기 반응이나 약물 간 부정적 상호작용을 사전에 경고함으로써 부작용을 최소화할 수 있다. 이러한 시스템은 환자에게는 맞춤형 안전 처방을 제공하고, 한의사가 보다 효율적이고 신뢰성 있는 처방 결정을 내리는데 도움이 되며, 결과적으로 의료 서비스 전반의 질을 향상시킬 수 있다. 비록 데이터 표준화, 적용성 한계 등의 과제가 남아 있으나, 지속적 연구와 검증을 통해 한약 임상에서의 안전성과 효율성을 동시에 향상시킬 수 있는 핵심 플랫폼으로 자리매김할 것이다.

하지만 이와 같은 첨단 시스템이 실제 의료 현장에 정착하기 위해서는 여러 해결해야 할 문제와 한계점이 존재한다. 첫째, 데이터의 다양성과 일반화 문제가 있다. AI는 학습 데이터에 크게 의존하기 때문에, 특정 연령대, 성별, 지역에 편중된 데이터만으로 학습하면 다른 집단에 적용할 때 예측력이 떨어질 수 있다. 따라서 다양한 환경(조명, 피부색, 카메라 해상도 등)과 다양한 환자군을 아우르는 학습 데이터가 필요하다. 둘째, AI 모델 해석의 어려움도 중요한 과제다. 복잡한 딥러닝 모델일수록 ‘왜 이 소아를 위험군으로 분류했는가’, ‘왜 이 환자에게 특정 변증 패턴이 도출되었는가’를 설명하기 어렵다. 따라서 Shapley Additive exPlanations (SHAP), Local Interpretable Model-agnostic Explanations (LIME) 같은 설명 가능한 AI 기법을 적극적으로 도입하여 한의사가 결과를 납득할 수 있도록 해야 한다. 셋째, 개인정보 보호 문제가 따른다. 설진 영상, 맥파, 발달 이력 등은 모두 민감한 개인정보로 분류되기 때문에 데이터 암호화 및 익명화, 동의 절차 준수 등이 필수적이며, 법적, 윤리적 안전 장치 마련이 선행되어야 한다. 넷째, 센서의 정확성과 재현성 확보 역시 쉽지 않은

문제이다. 맥진이나 복진 센서는 압력, 움직임, 환경 변화 등의 외부 간섭에 민감하기 때문에, 정밀한 교정과 편차 보정 체계가 마련되어야 한다. 다섯째, 임상 수용성과 규제 문제가 존재한다. 한의사들이 AI 보조 진단 결과를 얼마나 신뢰하고 활용할지가 실제 도입의 핵심적인 관건이며, 동시에 의료기기로서의 인증과 규제, 법적 책임 소재에 대한 명확한 기준이 필요하다. 마지막으로, 예측의 불확실성과 오경보 가능성도 고려해야 한다. AI는 본질적으로 확률 기반 예측을 수행하므로 거짓 양성(불필요한 경고)이나 거짓 음성(실제 이상을 놓침) 가능성이 존재한다. 과도한 경고는 환자와 보호자에게 불필요한 불안을 야기할 수 있고, 반대로 놓치는 경우는 조기 치료 기회를 잃게 할 수 있다. 따라서 임계값 조정, 민감도와 특이도의 균형 확보, 다단계 확인 절차가 반드시 필요하다.

이와 같은 한계는 곧 윤리적, 기술적, 학문적, 교육적 측면의 과제로 연결된다. 윤리적으로는 특히 소아 환자의 개인정보 보호와 AI의 판단 오류 발생 시 법적 책임 기준 마련이 시급하다. 기술적으로는 AI의 신뢰성을 높이기 위해 충분한 임상 검증과 오남용 방지 체계가 필요하며, 오진 가능성을 줄이는 보완 장치가 마련되어야 한다. 학문적으로는 한의학이 갖는 특수성 때문에 전통적으로 정성적으로 평가해온 설진, 맥진, 면색 진단을 AI가 학습할 수 있도록 정량화하는 과정이 필수적이다. 이는 단순한 데이터 수집을 넘어 전통 진단 체계의 언어와 개념을 AI가 해석할 수 있는 형태로 변환하는 학문적 작업을 필수적으로 선행되어야 한다. 교육적으로는 현재 관련 인프라가 부족한 상태이므로, 한의사 및 한의과대학 학생들을 대상으로 AI와 디지털 진단 기술에 대한 교육을 강화해야 하며, 동시에 의료 현장의 디지털 인프라 구축이 병행되어야 한다.

결론적으로, AI 기반의 체질 분류 및 변증 분석 시스템, 소아 성장 예측 및 발달 이상 조기 탐지, AI 기반 스마트 설진, 맥진, 복진 보조기와 한약 적합성 예측 시스템 등은 한의학 진단과 치료의 객관화, 표준화, 안전성을 높여줄 잠재력을 가진 혁신적 도구임에 틀림이 없다. 환자 개개인에게 최적화된 진단과 처방을 제공함으로써 한의학의 강점인 맞춤형 의료의 실현을 앞당길 수 있으며, 대규모 데이터 기반의 임상 연구와 학문적 발전에도 기여할 수 있을 것이다. 그러나 동시에 데이터 품질, 모델 해석, 개인정보 보호, 임상 수용성, 법적, 윤리적 문제 등 복합적인 과제를 안고 있으며, 이를

해결하기 위한 다각도의 노력이 필요하다. AI는 어디까지나 임상을 보조하는 도구라는 점을 명확히 인식하고, 안전한 활용을 위한 제도적, 기술적 장치가 마련될 때 비로소 한의학 임상 현장에서 널리 쓰일 수 있을 것이다.

IV. Conclusion

본 연구는 다양한 AI 활용과 융합 내용들을 분석하여 한의소아청소년의학의 진료 분야에서 AI의 실질적 활용 방안을 제시하고자 한다.

1. AI 기반 체질 분류 및 변증 분석 시스템은 여러 형태의 데이터를 통합하여 AI가 사상체질 혹은 변증을 판단하도록 설계할 수 있다.
2. AI 기반 예측 모델을 적용하면 소아 성장 예측 및 발달 이상 이동의 조기 선별이 가능할 수 있다.
3. 설진, 맥진, 복진을 디지털화하고 수치화하여 한의학 진단의 일관성과 객관성을 높인다.
4. IoT, AI, 엣지 컴퓨팅을 접목해 실시간 피드백, 원격 진료, 교육 표준화 등에 활용할 수 있다.
5. 한약 적합성 예측 시스템으로 체질, 병증, 복약 이력 기반 맞춤형 처방과 부작용 예방이 가능하다.
6. 데이터 편향, AI 해석 어려움, 개인정보 보호, 센서 신뢰성, 임상 수용성 등이 해결해야 할 과제다.
7. AI는 임상 진단의 보조 도구로서 안전 장치와 제도적 기반이 마련되어야 한의학 진단과 연구 발전에 크게 기여할 수 있다.

V. Acknowledgements

본 연구는 2025년도 부산대학교병원 임상연구비 지원으로 이루어졌음.

VI. References

1. Kandaswamy S, Knake LA, Dziorny AC, Hernandez SM, McCoy AB, Hess LM, Orenstein E, White MS, Kirkendall ES, Molloy MJ, Hagedorn PA, Muthu N, Murugan A, Beus JM, Mai M, Luo B, Chaparro JD. Pediatric predictive artificial intelligence implemented in clinical practice from 2010 to 2021: a systematic review. *Appl Clin Inform*. 2025;16(3):477-87.
2. Boshen Shu, Shufeng Zhang, Jian Gao, Lin Wang, Xiaohui Wang. The digital transformation and future era: bibliometric view of artificial intelligence application in pediatric surgery. *Front. Pediatr*. 2025;DOI 10.3389/fped.2025.1528666.
3. Al-Hajjar S. Advances in artificial intelligence in pediatrics: current developments and future perspectives. *Int J Pediatr Adolesc Med*. 2024;11(4):89,90.
4. Park MS, Hwang MW, Lee JY, Kim CE, Kwon YK. Research on the evaluation and utilization of constitutional diagnosis by Korean doctors using AI-based evaluation tool. *J Physiol & Pathol Korean Med*. 2022;36(2):73-8.
5. Burcu T, Kubra T, Ozkan M, Berfin K, İbrahim Y, Emin A. Artificial intelligence in tongue diagnosis: classification of tongue lesions and normal tongue images using deep convolutional neural network. *BMC Med Imaging*. 2024. <https://doi.org/10.1186/s12880-024-01234-3>
6. Shenghua T, Amin F, Weikai L, Chang'en Z, Zuoyong L. TCM syndrome classification using graph convolutional network. *Eur J Integr Med*. 2023;62:102288
7. Ren M, Huang H, Zhou Y, Cao Q, Bu Y, Gao Y. TCM-SD: a benchmark for probing syndrome differentiation via natural language processing. In: *Proc China Natl Conf Chinese Comput Linguist*. Cham: Springer International Publishing; 2022:247-63.
8. Jialin D, Shixuan D, Shi L, Liping T, Ji C, Xiaojuan H, Xipeng Qu, Hao L, Tao J, Jiatuo X. Clinical study of intelligent tongue diagnosis and oral microbiome for classifying TCM syndromes in MASLD. *Chin Med*. 2025;20:78. <https://doi.org/10.1186/s13020-025-01118-w>
9. Chun D, Jung H, Kang J, Jang W, Kim J. Artificial intelligence for pediatric height prediction using large-scale longitudinal body composition data [Internet]. 2025 Apr [cited 2025 Oct 9]. Available from: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.06979>
10. Chua MC, Hadimaja M, Wong J, Mukherjee SS, Foussat A, Chan D, Nandal U, Yap F. Exploring the use of a length AI algorithm to estimate children's length from smartphone images in a real-world setting: algorithm development and usability study. *JMIR Pediatr Parent*. 2024;7:e59564
11. Chen SB, Huang CH, Weng SC, Oyang YJ. Detection of pediatric developmental delay with machine learning technologies. *PLoS One*. 2025;20(5):e0324204. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0324204>
12. Demirci GM, Kittler PM, Phan HT, Gordon AD, Flory MJ, Parab SM, Tsai CL. Predicting mental and psychomotor delay in very pre-term infants using machine learning. *Pediatr Res*. 2024;95:668-78
13. Toki EI, Tsoulos IG, Santamato V, Pange J. Machine learning for predicting neurodevelopmental disorders in children. *Appl. Sci*. 2024;14(2):837. <https://doi.org/10.3390/app14020837>
14. Reinhart L, Bischops A, Kerth J, Hagemester M, Heinrichs B, Eickhoff S, Dukart J, Konrad K, Mayatepek E, Meissner T. Artificial intelligence in child development monitoring: a systematic review on usage, outcomes and acceptance. *Intell Based Med*. 2024;9:100134
15. Burcu T, Kubra T, Ozkan M, Berfin K, İbrahim Y, Emin A. Artificial intelligence in tongue diagnosis: classification of tongue lesions and normal tongue images using deep convolutional neural network. *BMC Med Imaging*. 2024;24:59
16. Yang Z, Zhao Y, Yu J, Mao X, Xu H, Huang L. An intelligent tongue diagnosis system via deep learning on the android platform. *Diagnostics (Basel)*. 2022;12(10):2451. doi: 10.3390/diagnostics12102451
17. Manickam P, Mariappan S.A, Monica Murugesan S.M, Hansda S, Kaushik A, Shinde R, Thipperudraswamy S. Artificial Intelligence (AI) and internet of medical things (IoMT) assisted biomedical systems for intelligent healthcare. *Biosensors (Basel)*. 2022;12(8):562. doi: 10.3390/bios12080562
18. Ma Z, Hua H, You C, Ma Z, Guo W, Yang X, Qiu

- S, Zhao N, Zhang Y, Ho D, Yan B, Khoo B. FlexiPulse: a machine-learning-enabled flexible pulse sensor for cardiovascular disease diagnostics. *Cell Rep Phys Sci.* 2023; 4(12):101690
19. Tian Y, Hu C, Peng D, Zhu Z. Self-powered intelligent pulse sensor based on triboelectric nanogenerators with AI assistance. *Front Bioeng Biotechnol.* 2023;1236292. doi: 10.3389/fbioe.2023.1236292
20. Chen X, Xie H, Li Z, Cheng G, Leng M, Wang F. Information fusion and artificial intelligence for smart healthcare: a bibliometric study. *Information Processing and Management.* 2023;60(1):103113.
21. Li Y, Liu X, Zhou J, Li F, Wang Y, Liu Q. Artificial intelligence in traditional Chinese medicine: advances in multi-metabolite multi-target interaction modeling. *Front Pharmacol.* 2025;16:1541509. doi: 10.3389/fphar.2025.1541509
22. He X, Sun M, Battulga T., Copp B, Rustamovna D, Li H, Shahsaidovich S, Jenis J, Wang Y, Liang L, Zhang J. Application of artificial intelligence in the development of traditional Chinese medicine. *Basic Clin Pharmacol Toxicol.* 2025;137:e70066.
23. Han, J., Kamber, M., & Pei, J. *Data mining: concepts and techniques.* Morgan Kaufmann. 2021.
24. Breiman L, Friedman JH, Olshen RA, Stone CJ. *Classification and Regression Trees.* [New York]: Chapman and Hall; 1984.