

한양방 통합의학을 위한 데이터 과학적 접근 : 진단 분야 연구 현황과 미래 과제

박사윤^{1,2*}

1: 원광대학교 한의과대학 생리학교실, 2: 한국전통의학연구소

Data Science Approaches for Integrative Medicine Combining Traditional East Asian Medicine and Western Medicine: Current Research Status and Future Challenges in Diagnostics

Sa-Yoon Park^{1,2*}

1: Department of Physiology, College of Korean Medicine, Wonkwang University,
2: Research Center of Traditional Korean Medicine, College of Korean Medicine, Wonkwang University

This study analyzes the current status of research on integrative medicine combining traditional East Asian medicine (TEAM) and Western medicine (WM) using artificial intelligence and data science approaches, with a focus on diagnostic applications. Through a comprehensive literature review, we identified and categorized relevant studies into three types: 1) models utilizing both TEAM and WM information for various diagnoses, 2) studies performing Western medical diagnoses based on TEAM information, and 3) research analyzing the correlation between TEAM diagnoses and Western medical information. For each category, we summarized the research objectives, sample sizes, collected TEAM and WM factors, integration methods, and key results in terms of the benefits of integrative medicine. Our analysis revealed that integrating TEAM and WM information often led to improved diagnostic accuracy and more comprehensive patient profiles compared to single-system approaches. However, we also identified several limitations in current research, including small sample sizes, lack of external validation, and difficulties in standardizing TEAM data. Based on our findings, we propose future research directions to address these limitations, such as conducting larger-scale prospective cohort studies, developing standardized methods for collecting and digitizing TEAM data, and investigating the underlying physiological mechanisms of observed correlations between TEAM and Western medical factors. This review provides valuable insights into the current state and future potential of data-driven integrative medicine research, highlighting its promise in enhancing diagnostic accuracy and patient-centered care.

keywords : Integrative medicine, Korean medicine, Western medicine, Diagnostic models, Data science

서론

한의학은 오랫동안 동아시아에서 질병을 예방하고 치료하는 데 사용되어 왔다. 수천 년의 임상 경험을 바탕으로 발전해 온 한의학은 전인적 접근과 개별화된 치료를 특징으로 한다. 최근 임상 근거에 따르면, 한의학은 만성 질환 관리, 통증 조절, 면역 기능 강화 등 다양한 영역에서 환자들의 예후를 개선하고, 증후 감별과 맞춤형 치료를 통해 환자들의 삶의 질을 크게 향상시키는 잠재력을 보여주고 있다¹⁻⁴⁾.

빅데이터 시대에 접어들면서, 인공지능(AI) 기술이 의학을 포함한 다양한 산업과 국가에서 점점 더 널리 사용되고 있다. 특히 의료 분야에서 AI는 대량의 데이터를 신속하게 분석하고 패턴을 인식하는 능력으로 주목받고 있다⁵⁻⁷⁾. 한의학 분야에서도 AI는 주로 보조 진단, 치료 및 선별 결정 지원, 전문가 시스템, 그리고 건강 관리 등에 적용되며, 한의학의 현대화와 객관화에 크게 기여하고 있다⁸⁾. 예를 들어, 맥진과 설진 데이터의 디지털화 및 AI 분석을 통해 진단의 정확성과 일관성을 높이는 연구들이 진행되고 있다^{9, 10)}.

통합의학은 기존 근대 의학의 한계를 극복하기 위한 방법으로

* Corresponding author

Sa-Yoon Park, Department of Physiology, College of Korean Medicine, Wonkwang University, 460, Iksan-daero, Iksan-si, Jeonbuk-do, 54538, Republic of Korea

E-mail : sayoon8@wku.ac.kr Tel : +82-63-850-2840

Received : 2025/04/18 Revised : 2025/08/18 Accepted : 2025/08/21

© The Society of Pathology in Korean Medicine, The Physiological Society of Korean Medicine

pISSN 1738-7698 eISSN 2288-2529 http://dx.doi.org/10.15188/kjopp.2025.08.39.4.87

Available online at https://kmpath.jams.or.kr

제시되었다. 근대 의학이 질병 중심적이고, 의사의 관점 하에서 일방적으로 환자를 대상화하여 바라본 것과 달리, 통합의학은 질병보다는 환자가 중심이 되는 전신적 치유를 목표로 한다¹¹⁾. 이는 한의학의 전인적 접근 방식과 맥을 같이 하며, 서양 의학의 과학적 근거와 한의학의 경험적 지혜를 결합하여 최적의 치료 효과를 도모한다.

한양방 통합의학의 필요성은 현대 사회의 의료 요구 변화에 따라 더욱 부각되고 있다. 고령화 사회의 진입, 만성질환의 증가, 삶의 질 향상에 대한 관심 증대 등은 기존의 단일 의학 체계로는 해결하기 어려운 복잡한 건강 문제들을 야기하고 있다. 이러한 맥락에서 한양방 통합의학은 각 의학 체계의 장점을 극대화하고 단점을 보완하여 보다 효과적이고 포괄적인 의료 서비스를 제공할 수 있는 대안으로 주목받고 있다^{12,13)}.

본 연구는 한양방 통합의학에서 AI 및 데이터 과학의 활용 현황을 체계적으로 분석하고, 이를 통해 향후 연구 방향과 임상 적용 가능성을 모색하고자 하였다. 특히 진단 영역에서 한의학적 접근과 서양의학적 접근의 통합이 어떻게 이루어지고 있는지, 그리고 이러한 통합이 어떠한 이점을 제공하는지에 초점을 맞추었다. 이를 위해 관련 연구들을 검토하고, 연구 설계의 유형에 따라 세 가지 카테고리로 분류하였다. 각 카테고리별로 연구의 목적, 데이터 크기, 수집된 한의 정보와 양의 정보, 정보 통합 방법 및 통합의학 측면에서의 핵심 결과를 중심으로 내용을 정리하였다. 이를 바탕으로 한양방 정보 통합 및 연구 설계 측면에서 현재의 한계점을 파악하고, 향후 연구 방향성에 대한 시사점을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

1. 문헌 검색 전략

문헌 검색은 PubMed, Embase, IEEE Xplore 데이터베이스에서 수행하였으며, 각 데이터베이스의 특성에 맞는 검색식을 사용하였다. 검색식은 인공지능 기술, 동아시아 전통의학, 서양의학, 통합 접근법, 진단 관련 용어를 포괄적으로 포함하도록 5개의 주요 개념군으로 설계하였다: ①인공지능 관련 용어(artificial intelligence, machine learning, deep learning 등), ②동아시아 전통의학 관련 용어(traditional Korean medicine, traditional Chinese medicine, East Asian traditional medicine 등), ③진단 관련 용어(diagnosis, pattern identification, syndrome classification 등), ④통합 관련 용어(combined, integrated, hybrid, fusion 등), ⑤서양의학 관련 용어(western medicine, conventional medicine, biomedical, modern medicine 등)를 Boolean 연산자 AND로 조합하였다. 검색 대상은 영어로 작성된 문헌으로 제한하였다. 데이터베이스 별 구체적인 검색식은 다음과 같다.

Pubmed: ((artificial intelligence[Title/Abstract]) OR (ai artificial intelligence[MeSH Terms]) OR (deep learning [Title/Abstract]) OR (machine learning[Title/Abstract])) AND ((east asian traditional medicine[MeSH Terms]) OR (traditional korean medicine[MeSH Terms]) OR (traditional chinese medicine[MeSH Terms])) AND ((diagnosis

[Title/Abstract]) OR (diagnostic[Title/Abstract]) OR (pattern identification[Title/Abstract]) OR (pattern classification[Title/Abstract]) OR (syndrome classification[Title/Abstract]) OR (pattern diagnosis[Title/Abstract]) OR (syndrome prediction[Title/Abstract])) AND ((combined[Title/Abstract]) OR (integrat*[Title/Abstract]) OR (hybrid[Title/Abstract]) OR (fusion[Title/Abstract])) AND ((western medicine[Title/Abstract]) OR (conventional medicine[Title/Abstract]) OR (biomedical[Title/Abstract]) OR (modern medicine[Title/Abstract])) AND (english[Language]), Embase: ('artificial intelligence'/exp OR (artificial NEXT/1 intelligence):ti,ab OR 'deep learning'/exp OR (deep NEXT/1 learning):ti,ab OR 'machine learning'/exp OR (machine NEXT/1 learning):ti,ab) AND ('oriental medicine'/exp OR 'Korean medicine'/exp OR 'Chinese medicine'/exp) AND ('diagnosis'/exp OR diagnos*:ti,ab OR (pattern NEXT/1 identification):ti,ab OR (pattern NEXT/1 classification):ti,ab OR (syndrome NEXT/1 classification):ti,ab OR (pattern NEXT/1 diagnosis):ti,ab OR (syndrome NEXT/1 prediction):ti,ab) AND (combined:ti,ab OR integrat*:ti,ab OR hybrid:ti,ab OR fusion:ti,ab) AND ('western medicine'/exp OR (western NEXT/1 medicine):ti,ab OR (conventional NEXT/1 medicine):ti,ab OR biomedical:ti,ab OR (modern NEXT/1 medicine):ti,ab) AND [english]/lim, IEEE: (("artificial intelligence" OR "machine learning" OR "deep learning" OR "neural network*" OR "transfer learning" OR "supervised learning" OR "unsupervised learning") AND ("traditional medicine" OR "oriental medicine" OR "Chinese medicine" OR "Korean medicine" OR "East Asian medicine") AND (diagnosis OR diagnostic OR "pattern recognition" OR classification OR "pattern identification" OR "syndrome classification" OR "pattern diagnosis" OR "syndrome prediction") AND (combined OR integrat* OR hybrid OR fusion) AND ("western medicine" OR "conventional medicine" OR biomedical OR "modern medicine"))

2. 문헌 선정 기준 및 배제 기준

본 연구에서는 데이터 과학 방법을 활용하여 진단 측면에서 한양방 통합의학적으로 접근한 연구들을 수집하고, 이와 관련성이 먼 연구들은 제외하였다. 구체적으로 중복된 문헌, 영어 이외의 언어로 작성된 논문, 실제 데이터에 기반하지 않은 이론 연구, 한의학 정보와 서양의학 정보를 모두 활용하지 않고 한쪽만 활용한 연구, 원저(original article)가 아닌 리뷰 연구, 통합의학과 관련 없는 연구, 진단과 관련 없는 연구는 제외하였다.

3. 연구 분류 및 분석

포함된 연구들은 다음과 같은 객관적 기준에 따라 분류하였다. 첫째, 입력 데이터 유형에 따른 분류로 한의학 정보(Traditional

East Asian Medicine information, TEAM)의 포함 여부와 서양의학 정보(Western Medicine information, WM)의 포함 여부를 확인하였다. 둘째, 진단 목표에 따른 분류로 한의학적 진단(변증, 체질 등)을 목표로 하는지, 서양의학적 진단(질병, 병태생리 등)을 목표로 하는지, 연관성 분석을 목표로 하는지를 구분하였다. 분류의 일관성을 확보하기 위해 모든 논문에 대해 동일한 기준을 적용하였으며, 애매한 경우 원저의 연구 목적과 방법론을 재검토하여 최종 분류를 결정하였다. 이를 통해 최종적으로 '1) 한양방 정보를 모두 활용한 모델로 다양한 진단을 수행한 연구', '2) 한의 정보 기반 서양의학적 진단을 수행한 연구', '3) 한의 진단과 서양의학 정보의 연관성을 분석한 연구'의 세 가지 카테고리로 분류하였다. 세 가지 카테고리에 속하는 연구들에 대해 각 카테고리 별로 연구의 목적, 데이터 크기, 수집된 한의 정보와 양의 정보, 정보 통합 방법 및 통합의학 측면에서 핵심 결과를 중심으로 내용을 정리하였다.

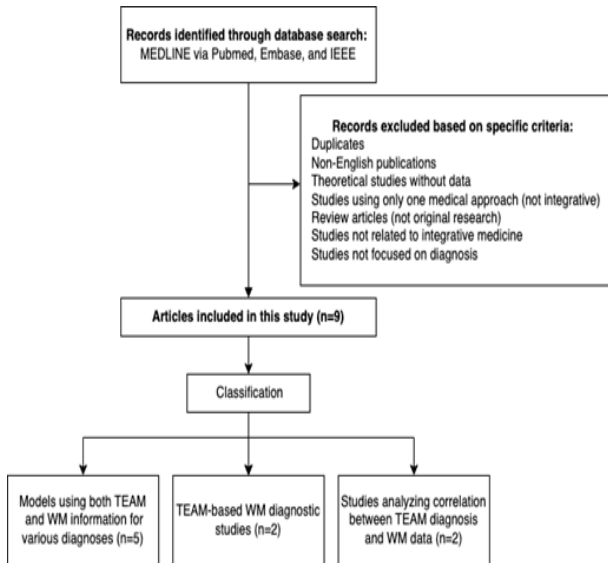


Fig. 1. Flow diagram of literature selection and classification

결 과

본 고찰에 포함된 연구들은 통합의학에 대한 연구자들의 생각에 따라 세 가지 연구 유형으로 나눌 수 있었다. 고찰에 포함된 9건의 논문 중에 5건이 '1) 한양방 정보를 모두 활용한 모델로 다양한 진단을 수행한 연구'였고 (Table 1), 2건이 '2) 한의 정보 기반 서양의학적 진단을 수행한 연구'에 해당하였고 (Table 2), 2건이 '3) 한의 진단과 서양의학 정보의 연관성을 분석한 연구'에 해당하였다 (Table 3). 각 유형에 속하는 문헌에 대해서 연구 목적, 표본 크기, 수집된 한의 정보와 서양의학 인자, 한양방 통합 시의 이점에 대한 주요 결과에 대해서 정리하였다. 1. 한양방 정보를 모두 활용한 모델로 다양한 진단을 수행한 연구

Chen 등¹⁴⁾은 뇌졸중 후 인지장애(Post stroke cognitive impairment; PSCI) 예측을 위해 기계학습 알고리즘을 활용한 모델을 개발하고자 했다. 85명의 급성 허혈성 뇌졸중 환자를 대상으로, 중의학의 체질(기허체질, 음허체질 등 9종 체질) 및 변증 정보

와 서양의학의 위험인자를 결합하여 분석했다. 서양의학 인자에는 인구통계학적 정보, 과거력, 뇌졸중 관련 과거력, 랩 검사 수치(혈청 아밀로이드 A, C-반응성 단백질 수치 등), NIHSS 점수(National Institutes of Health Stroke Scale), MMSE와 MoCA 같은 인지 평가 척도 등이 포함되었다. Gradient Boosting Decision Tree(GBDT), Random Forest(RF), Support Vector Machine(SVM) 알고리즘을 사용하여 모델을 구축했으며, 10 fold 교차검증을 통해 모델 성능을 평가하고 최적화했다. GBDT 모델이 80.77%의 높은 예측 정확도를 보였으며, 중서의학 요소를 통합한 이 접근법은 PSCI 예측에 있어 우수한 성능을 보여주었다. 주요 예측 인자로는 서양의학 지표(바델 지수, 나이, 공복 혈당, 호모시스테인)와 중의학 인자(체질 및 변증 유형)가 모두 포함되었다. 이 통합적 접근법은 PSCI의 조기 발견, 진단, 치료를 가능하게 하여 발생률과 부작용을 잠재적으로 줄일 수 있음을 시사했다.

Jiang 등¹⁵⁾은 기계학습을 활용하여 당뇨병성 말초신경병증(Diabetic peripheral neuropathy; DPN)을 예측하는 다중 특징, 중서의학 통합 모델을 개발하고자 했다. 안휘중의약대학 제1부속병원의 제2형 당뇨병 환자 1,142명(DPN 환자 681명, 비DPN 환자 461명)을 대상으로 연구를 진행했다. 중의학 증상 15가지, 설진과 맥진 특성, 일반 정보, 랩 검사 수치 등을 포함한 총 49개의 특징(서양의학 지표 27개, 중의학 지표 22개)을 분석에 사용했다. 로지스틱 회귀와 RF 알고리즘을 사용하여 예측 모델을 구축하고, SHAP 프레임워크를 적용하여 모델을 해석했다. 통합 모델은 서양의학 지표만을 사용한 모델보다 우수한 성능을 보였으며, 최고 성능은 정확도 0.81, 정밀도 0.80, 재현율 0.91, F1 점수 0.85, AUC 0.90으로 나타났다. 주요 예측 인자 분석 결과 중의학 증상(사지 저림, 갈증, 시력 흐림)이 나이, 질병 이환 기간, HbA1c와 함께 상위 예측 인자로 나타났다. 이 통합적 접근법은 질병 특성을 보다 종합적으로 반영하고, 제2형 당뇨병 환자에서 고위험 DPN 그룹의 조기 식별을 개선했으며, 중서의학 접근법을 결합한 만성 질환 관리의 가능성을 보여주었다.

Xia 등¹⁶⁾은 기계학습 알고리즘을 사용하여 중의학 증상과 생리화학적 지표를 통합한 대사증후군(Metabolic syndrome; MS) 예측 모델을 개발하고자 했다. 중국의 네 병원에서 모집한 586명(MS 환자 450명, 건강인 대조군 136명)을 대상으로 연구를 진행했다. 47개의 중의학 증상(갈증, 현맥, 어지러움, 설태 등)과 20개의 생리화학적 지표(성별, 나이, 키, 체중, BMI, 허리둘레, 혈압, 간 기능 검사, 공복혈당, 신장 기능 검사 등)를 수집했다. Decision tree(DT), SVM, RF 세 가지 모델을 사용하여 세 가지 데이터셋(통합 지표, 생리화학적 지표만, 중의학 지표만)을 분석했다. 통합 지표를 사용한 RF 모델이 가장 높은 정확도(0.97), 민감도(0.99), 특이도(0.92)를 보이며 최고의 성능을 나타냈다. 한의 예측 인자로는 현맥, 흉부 압박감, 자한, 설태 등이 중요한 것으로 확인되었다. 이 통합적 접근법은 단일 유형의 지표만을 사용한 모델에 비해 MS 환자와 대조군을 더 잘 구분했으며, 중의학 증상과 생리화학적 지표의 조합이 MS 진단의 정확도를 향상시키고 잠재적으로 조기 발견을 가능하게 할 수 있음을 보여주었다.

Zhang 등¹⁷⁾은 전자의무기록(EHR)을 기반으로 입원 환자를 위

한 중의학 처방을 예측하는 보조 도구를 개발하고자 했다. 2017년 1월부터 2018년 12월 사이에 광안문 병원에서 구축된 21,295건의 입원 EHR을 사용했다. 중의 진단 및 처방 정보, 중의 약물 분류 시스템(819가지 1차 분류 약물), 인구통계학적 정보, 임상 데이터 등을 포함했다. 자연어 처리(NLP) 기술을 사용하여 TCM과 서양의학 섹션에서 관련 정보를 추출했고, 중의학과 서양의학 데이터를 결합한 트랜스포머 기반 신경망 모델을 훈련시켰다. 생성적 적대 신경망(GAN)을 사용하여 훈련 데이터를 증강했다. 훈련된 트랜스포머 모델은 평균 80.58%의 정밀도와 68.49%의 재현율을 달성했다. 이 통합 접근법은 기존 방법과 단일 시스템 접근법보다 우수한 성능을 보였으며, 중의학과 서양의학 관점의 종합적인 환자 정보를 바탕으로 처방을 제안하였다. 이 시스템은 중의사들에게 보조 도구를 제공하여 처방의 정확성과 효율성을 잠재적으로 향상시킬 수 있음을 보여주었다.

Park 등¹⁸⁾은 한의학과 표준 서양의학 기반 관점을 결합한 통합적 생리심리사회적 접근법을 사용하여 기능성 위장장애(Functional gastrointestinal disease; FGID)의 새로운 아형을 제시하고자 했다. 한국의 대학병원 소화기내과에서 모집한 198명의 FGID 환자를 대상으로 연구를 진행했다. 한의 소화기 변증 설문지(KM), 서양의학의 표준 진단 기준인 Rome criteria 기반 장질환 설문지(K-BDQ), 36항목 삶의 질 설문지(SF-36)를 사용하여 데이터를 수집했다. 정준 상관 분석과 다중 선형 회귀를 사용하여 KM과 SF-36이 K-BDQ에 대해 제공하는 보완적 정보를 평가했고, 극단적 랜덤화 트리 회귀 모델(ERT regression model)을 통해 세 설문지에서 FGID와 가장 관련성 높은 특징을 식별했다. 비선형 차원 축소(UMAP)와 군집화(Spectral clustering) 알고리즘을 통합 데이터에 적용하여 경증, 중증, 정신 증상 우세, 신체 증상 우세의 네 가지 새로운 FGID 아형을 도출하였다. 이 통합적 접근법은 기존 방법에 비해 보다 포괄적인 생리심리사회적 프로파일을 제공했으며, 서양의학의 표준 진단에서 부족했던 심리사회적 측면을 보완했다. 이 방법은 한양방 통합의학적 접근이 FGID 관리에 있어 더욱 개인화된 치료 전략을 제공할 수 있는 가능성을 보여주었다.

2. 한의 정보 기반 서양의학적 진단을 수행한 연구

Cui 등¹⁹⁾은 맥진 파형을 수직으로 5개 층으로 나누어 분석함으로써 안정형 관상동맥질환(coronary heart disease; CHD)을 식별하기 위한 음향 기반 맥진 접근법을 개발하고자 했다. 안정형 CHD 환자 45명과 비교적 건강한 대조군 45명을 대상으로 연구를 진행했다. 중의학 이론에 기반한 현대 맥진 이론을 적용하여 요골 동맥의 촌, 관, 척 부위에서 특별히 설계된 장치로 음향 파형을 수집했고, 시간 영역, 주파수 영역, 경험적 모드 분해(empirical mode decomposition) 분석을 수행했다. 중의학의 맥진 이론과 현대 신호처리 기술을 결합하여 CHD를 식별하는 방법을 개발했다. 그 결과, 안정형 CHD 환자의 요골 동맥에서 비정상적인 음향 맥박 신호를 확인했으며, 특히 좌측 촌맥의 3층과 4층에서 각각 88.16%와 90.79%의 높은 정확도로 안정형 CHD를 식별할 수 있었다. 이 연구는 중의학에서 영감을 받은 맥진 방법과 현대 신호처리 기술을 결합하여 비침습적으로 CHD를 진단할 수 있는 가능성을 보여주었다.

으며, 중의학 의사들이 맥상으로부터 안정형 CHD를 식별할 수 있는 객관적인 근거를 제공했다.

Qiao 등²⁰⁾은 전통 중의학의 설진 원리와 현대 의학의 진단 결과를 결합하여 위장관 질환을 진단하는 지능형 프레임워크를 개발하고자 했다. 949명의 환자로부터 수집한 2,167개의 설태 이미지(건강인 대조군 905개, 위장관 질환군 1,262개)를 분석 대상으로 삼았다. 중의학 이론에 기반한 설진 원리를 적용하여 스마트폰으로 설태 이미지를 촬영했고, 이를 위내시경 검사 결과와 결합하여 분석했다. 설태 이미지에서 추출한 특징을 이용하여 attention 메커니즘 기반의 딥러닝 모델을 구축했다. 그 결과, AUC 0.89, 진단 정확도 0.85, 민감도 0.97, 양성예측도 0.85, F1 점수 0.90을 달성했으며, H. pylori 감염, 담즙 역류, 역류성 식도염, 위 미란, 십이지장 미란 등의 위장관 질환을 효과적으로 식별할 수 있었다. 이 연구는 전통 중의학의 설진 이론과 현대 의료 기술을 결합하여 비침습적이고 비용 효율적인 위장관 질환 스크리닝 방법을 제시했으며, 중의학과 양의학의 통합적 접근의 잠재력을 보여주었다.

3. 한의 진단과 서양의학 정보의 연관성을 분석한 연구

Wang 등²¹⁾은 중의학의 변증과 서양 의학의 단백질 간의 관계를 조사하고, 비지도(unsupervised) 패턴 발견 알고리즘을 사용하여 중의학 변증의 분자적 기반을 탐색하고자 했다. 불안정형 협심증과 혈어증을 진단받은 12명의 관상동맥질환 환자와 6명의 건강한 대조군을 대상으로 연구를 진행했다. 중의사의 진단을 통해 혈어증과 관련된 10가지 증상을 확인하고, 2DE-MS 분석을 통해 10개 단백질의 발현 데이터를 수집했다. Mutual information에 기반한 비지도 패턴 발견 알고리즘을 사용하여 중의 증상과 단백질 발현 데이터를 결합하고, 벡터 외적을 통해 특징을 융합했다. 그 결과, 중의학 증상과 단백질의 14개 유의미한 패턴을 발견했으며, 이 패턴들은 SVM과 10 fold 교차검증을 통해 90% 이상의 분류 정확도를 보였다. 이를 통해 변증과 단백질 간의 관계를 확인하고, 중의 객관적 존재를 입증했으며, 중의학과 서양 의학의 통합적 접근 가능성을 제시했다.

Sun 등²²⁾은 전통 중의학 변증과 생리화학적 매개변수 간의 상관관계를 정량적으로 분석하고, 변증에서 가장 유용한 생리화학적 매개변수 조합을 찾아 변증을 표준화함으로써 서양 의학과 중의학 간의 격차를 줄이고자 했다. 중국 전통의학 아카데미에서 혈어증에 관한 400개의 임상 데이터를 사용했으며, 이는 혈어증의 5가지 하위 유형과 14가지 생리화학적 매개변수(적혈구 수, 백혈구 수, 혈소판, 헤모글로빈 등)를 포함했다. Renyi's entropy에 기반한 새로운 상관도 측정 방법과 특징 선택 알고리즘을 사용하여 각 층에 가장 유용한 생리화학적 매개변수를 찾았고, SVM 알고리즘을 사용하여 분류 및 검증을 수행했다. 그 결과, 각 혈어증 하위 유형에 가장 관련성 높은 생리화학적 매개변수를 성공적으로 식별했으며, 전통적인 방법들보다 개선된 feature selection을 달성했다. 더 적은 수의 생리화학적 매개변수로 70% 이상의 분류 정확도를 달성했고, 중의사들이 서양 의학 매개변수를 사용하여 변증하는 데 참고할 수 있는 정보를 제공했으며, 변증과 서양 의학의 측정인자 간의 통합 가능성을 보여주었다.

Table 1. Integrated diagnosis models that utilize both traditional East Asian medicine and Western medicine information

| | Objective | Subjects | Traditional East Asian medicine features | Western medicine features |
|-----|--|--|--|---|
| 14) | Early prediction model for post-stroke cognitive impairment | 85 patients with acute ischemic stroke | Traditional Chinese medicine (TCM) constitution types TCM syndrome types | Demographic data, Past medical history Stroke-related information (lesion location, area, frequency), Laboratory indicators, National Institutes of Health Stroke Scale, Cognitive assessment scales |
| 15) | Prediction model for diabetic peripheral neuropathy (DPN) | 1,142 Type 2 diabetes mellitus patients (681 patients with DPN, 461 without DPN) | 15 TCM symptoms (e.g., limb numbness, limb pain, hypodynamia) Tongue and pulse characteristics | General information (e.g., age, gender, BMI, disease duration), Laboratory indicators (e.g., blood glucose, HbA1c, lipid profile, liver and kidney function tests) |
| 16) | Prediction model for metabolic syndrome (MS) | 586 individuals (450 MS patients and 136 healthy controls) | 47 symptoms collected through a standardized scale (e.g., thirst, wiry pulse, bitter taste, dizziness, greasy tongue coating, fatigue, irritability, spontaneous perspiration) | 20 physicochemical indexes, including sex, age, height, weight, BMI, waist circumference, blood pressure, liver function tests, lipid profile, fasting blood glucose, and kidney function tests. |
| 17) | Prediction model for Traditional Chinese Medicine prescriptions | 21,295 inpatient electronic medical records | TCM diagnosis and prescription information from EHRs, TCM drug classification system (819 types of first-category medicines) | Patient demographic information, Clinical data including symptoms, vital signs, laboratory test results, and examination findings from EHRs |
| 18) | Identification of novel subtypes for functional gastrointestinal disorder (FGID) | 198 FGID patients | traditional Korean medicine diagnosis questionnaire for digestive symptoms, which included aspects of spleen-qi-deficiency, stomach-qi-deficiency, food retention, and Sasang constitution analysis. | Rome-criteria-based Korean Bowel Disease Questionnaire for FGID diagnosis, 36-item Short Form Health Survey for health-related quality of life assessment |

Table 2. Western diagnosis from traditional East Asian medicine-based information

| | Objective | Subjects | Traditional East Asian medicine features | Western medicine features |
|-----|---|---|---|--|
| 19) | Development of an acoustic-based pulse diagnosis approach for identifying stable coronary heart disease (CHD) | 90 participants (45 patients with stable CHD and 45 healthy controls) | Acoustic pulse signals from 3 positions on the radial artery (Cun, Guan, and Chi), divided into 5 vertical layers using a specially designed acoustic sensor with automatic lifting and lowering capabilities | Diagnosis of stable CHD |
| 20) | Development of an intelligent diagnostic framework for gastrointestinal diseases based on tongue diagnosis | 2,167 tongue coating images collected from 949 patients (905 images from healthy group, 1,262 images from gastrointestinal disease group) | Tongue features such as color, shape, and texture based on principles of tongue diagnosis, using smartphones | Diagnostic results for H. pylori infection, bile reflux, reflux esophagitis, gastric erosion, and duodenal erosion |

Table 3. Correlation studies between traditional East Asian medicine diagnoses and Western medicine information

| | Objective | Subjects | Traditional East Asian medicine features | Western medicine features |
|-----|--|---|--|---|
| 21) | Investigation of the relationship between syndromes and proteomes | 12 patients with coronary heart disease (diagnosed with unstable angina and blood stasis syndrome) and 6 healthy controls | 10 symptoms related to blood stasis syndrome | Coronary heart disease diagnosis, expression data of 10 proteins through 2DE-MS analysis |
| 22) | Analysis of the correlation between syndromes and physicochemical parameters | 400 clinical data points on blood stasis syndrome | Five sub-syndromes of blood stasis syndrome | 14 physicochemical parameters (e.g., red blood cell count, white blood cell count, platelets, hemoglobin) |

고찰

1. 한양방 정보의 통합에 대한 다양한 접근과 각 유형별 의의

본 연구에서 검토한 논문들은 한의학과 서양의학의 통합에 대해 다양한 데이터 기반 접근 방식을 보여주었다. 이러한 접근 방식은 크게 세 가지 유형으로 분류되었다: 1) 한양방 정보를 모두 활용한 모델로 다양한 진단을 수행한 연구, 2) 한의 정보기반 서양의학적 진단을 수행한 연구, 3) 한의 진단과 서양의학 정보의 연관성을 분석한 연구.

첫 번째 유형의 연구들은 한의학적 증상, 체질 정보와 서양의학의 임상 지표, 검사 결과 등을 통합하여 질병을 예측하거나 진단하는 모델을 개발하였다. 이러한 접근은 각 의학 체계의 강점을 결합하여 더 포괄적이고 정확한 진단을 목표로 하였으며, 이 유형의

연구들은 통합의학의 핵심 가치인 상호 보완성을 실증적으로 입증하였다. Chen 등¹⁴⁾의 연구는 중의학 체질론과 서양의학 위험인자를 기계학습으로 통합한 최초의 시도로서, 뇌졸중 후 인지장애라는 복합적 병태에 대한 새로운 예측 패러다임을 제시하였다. 특히 중의학 체질 정보가 서양의학적 지표와 함께 중요한 예측 인자로 작용함을 보여주어, 전인적 접근의 과학적 근거를 마련하였다. Jiang 등¹⁵⁾의 연구는 SHAP 프레임워크를 활용하여 통합 모델의 해석가능성을 확보함으로써 인공지능의 블랙박스 문제를 해결하고 임상 적용 가능성을 높였으며, 중의학 증상이 서양의학적 지표와 함께 상위 예측 인자로 나타남을 입증하였다. Xia 등¹⁶⁾의 연구는 중의학 증상과 생리화학적 지표를 통합한 모델이 단일 지표만을 사용한 모델보다 현저히 우수한 성능(정확도 0.97)을 보임을 실증적으로 입증하여 통합 접근의 우수성을 명확히 하였다. Park 등¹⁸⁾의

연구는 기존 Rome criteria의 한계를 보완하여 기능성 위장장애의 새로운 아형을 발견함으로써 개인맞춤형 치료 전략 수립의 기반을 마련하였으며, 한양방 통합적 접근이 보다 포괄적인 생물심리사회적 프로파일을 제공할 수 있음을 보여주었다.

두 번째 유형의 연구들은 한의학적 진단 방법(맥진 및 설진)을 사용하여 서양의학적 질병을 진단하였다. 이는 전통적인 진단 방법의 현대화와 객관화를 통해 두 의학 체계 간의 가교 역할을 할 수 있는 잠재력을 보여주며, 전통적 진단법의 현대적 활용 가능성과 과학적 타당성을 입증하였다. Cui 등¹⁹⁾의 연구는 전통적 맥진을 현대적 음향 분석 기술과 결합하여 비침습적 심혈관질환 진단의 새로운 가능성을 제시하였으며, 특히 좌측 손맥에서 90% 이상의 높은 진단 정확도를 달성하여 중의학 맥진 이론의 과학적 근거를 제공하였다. 이는 동아시아의학에서 맥상으로부터 안정형 관상동맥질환을 식별할 수 있다는 전통적 주장에 객관적 근거를 제공하였다. Qiao 등²⁰⁾의 연구는 스마트폰 기반 설진 시스템을 개발하여 의료 접근성과 비용효율성을 획기적으로 개선하였으며, AUC 0.89, 진단 정확도 0.85의 우수한 성능으로 위장관 질환의 효과적인 스크리닝 도구로서의 가능성을 입증하였다. 특히 H. pylori 감염, 담즙 역류, 역류성 식도염 등 다양한 위장관 질환을 효과적으로 식별할 수 있음을 보여주어 전통 설진 이론의 현대적 적용 가능성을 확인하였다.

세 번째 유형의 연구들은 한의학의 증(證)과 서양의학적 생체 지표 간의 상관관계를 분석하였다. 이러한 접근은 한의학적 개념의 생물학적 기반을 탐색하고, 두 의학 체계 간의 공통점과 차이점을 이해하는 데 도움을 줄 수 있었다. 이 유형의 연구들은 한의학 이론의 과학적 근거를 제공하고 두 의학 체계 간의 연결 고리를 찾는 데 중요한 기여를 하였다. Wang 등²¹⁾의 연구는 중의학의 '혈어증'이라는 추상적 개념을 단백질학적 근거로 뒷받침함으로써 한의학 이론의 생물학적 타당성을 입증하였다. 특히 중의학 증상과 단백질 발현 패턴 간의 14개 유의미한 연관성을 발견하고 90% 이상의 분류 정확도를 달성하여, 변증의 객관적 존재를 과학적으로 입증하였다. 이는 한의학의 증후군 개념이 단순한 경험적 분류가 아닌 생물학적 실체를 가진다는 중요한 증거를 제시하였다. Sun 등²²⁾의 연구는 변증과 생리화학적 지표 간의 정량적 연관성을 제시하여 한의학과 서양의학 간의 번역 가능성을 보여주었으며, 적은 수의 생리화학적 매개변수로도 70% 이상의 분류 정확도를 달성하여 실용적 가치를 확인하였다. 이는 한의사들이 서양의학적 검사 지표를 활용하여 변증하는 데 참고할 수 있는 정보를 제공하였으며, 두 의학 체계의 통합 가능성을 구체적으로 제시하였다.

2. 문헌들에서 사용된 한의학적 정보와 그 수집 방법

본 연구에서 검토한 문헌들은 한양방 통합의학 연구에서 다양한 한의학적 정보를 활용하고 있었다. 이러한 정보들은 크게 증상 기반 정보, 체질 및 변증 정보, 맥진 정보, 설진 정보, 그리고 처방 정보로 분류할 수 있었다. 증상 기반 정보는 가장 널리 사용되는 한의학적 정보로, 사지 저림, 피로, 현맥, 설태 등 전통적인 한의학 이론에 기반한 증상들을 포함하고 있었다^{15,16,18,21)}. 이러한 정보의 수집에 있어 표준화된 설문지 개발 및 사용¹⁸⁾, 증상의 정도를 정량화할 수 있는 척도 사용^{16,21)} 등의 방법이 적용되었다. 체질 및 변

증 정보는 한의학의 전인적 접근을 반영하는 중요한 정보로 활용되고 있었다^{14,22)}. 예를 들어, TCM 체질 유형과 증후군 유형¹⁴⁾, 혈어 증 하위 증후군²²⁾ 등이 연구에 포함되었으며, 해당 정보는 현재 한 의사의 종합적인 진단에 기반하여 수집되고 있었다. 맥진 정보는 일부 연구에서 중요하게 다루어졌으며^{15,19)}, 전통적인 촉진법 기반의 주관적 평가¹⁵⁾와 현대적인 기술을 활용한 객관적 측정¹⁹⁾이 혼재되어 사용되었다. Cui 등¹⁹⁾의 연구에서는 특별히 설계된 장치로 음향 파형을 수집하여 맥진 정보를 정량화하였다. 설진 정보 역시 일부 연구에서 활용되었으며^{15,16,20)}, 육안을 통한 정성적 평가^{15,16)}와 디지털 이미지 분석을 통한 정량적 평가²⁰⁾가 각각 적용되었다. Qiao 등²⁰⁾의 연구에서는 스마트폰으로 촬영한 설태 이미지를 딥러닝 모델로 분석하는 방법을 사용하였다. 마지막으로, 한약 처방 정보도 일부 연구에서 활용되었다¹⁷⁾. Zhang 등의 연구에서는 중의 진단 및 처방 정보와 819가지 1차 분류 약물을 포함한 중의 약물 분류 시스템을 활용하였다.

3. 검토된 통합의학 연구들의 한계 및 발전 방향 제안

검토된 연구들은 몇 가지 공통적인 한계점을 보여주었다. 첫째, 대부분의 연구에서 표본 크기가 작았다. 이는 모델의 일반화 가능성을 제한하였으며, 특히 외부 검증(external validation)의 부족으로 이어졌다. 향후 연구에서는 더 큰 규모의 전향적(prospective) 코호트 연구를 통한 모델 검증이 필요할 것이다. 비슷한 맥락에서 대부분의 연구가 단일 센터에서만 수행되어 결과의 일반화 가능성이 제한되었다. 향후 연구에서는 다기관 연구를 통해 이러한 한계를 극복할 필요가 있다.

둘째, 기존 진단 방법과의 비교 분석이 부족하였다. 제안된 방법의 상대적 우위성을 입증하기 위해서는 기존 방법들과의 체계적인 비교가 필요할 것이다. 특히 '1) 한양방 정보를 모두 활용한 모델 연구 유형'에서 한의학 모델과 서양의학 모델 간의 직접적인 성능 비교가 부족하였다. Jiang 등¹⁵⁾과 Xia 등¹⁶⁾의 연구에서는 기존 모델 대비 우수성을 확인하였으나 다수의 연구에서 이 부분이 누락되어 두 의학 체계를 통합하는 모델의 실제적 이점을 명확히 입증하기 어렵게 만들었다. 향후 연구에서는 통합 모델과 각 의학 체계의 단일 모델을 체계적으로 비교하는 것이 필요할 것이다.

셋째, 한의학적 정보 수집 방법의 다양성으로 인한 연구 간 비교 및 통합의 어려움이 있었다. 동일한 한의학적 개념에 대해 연구마다 서로 다른 측정 도구와 분류 체계를 사용하여 연구 결과의 통합적 분석이 제한되었다. 구체적으로 맥진의 경우 전통적 촉진법 기반의 주관적 평가¹⁵⁾와 음향 파형 분석 장치를 이용한 객관적 측정¹⁹⁾이 혼재하였고, 설진의 경우에도 정성적 육안 평가^{15,16)}와 디지털 이미지 분석 기반의 정량적 평가²⁰⁾가 각각 적용되었다. 또한 한의학적 증상의 정량화 방식에서도 이진 변수(있음/없음)를 사용하는 연구^{16,21)}와 연속형 척도를 적용하는 연구^{15,18)}가 공존하였다. 이러한 방법론적 다양성은 메타분석 수행을 어렵게 만들고 연구 결과의 일반화를 저해하는 주요 요인으로 작용하였다. 따라서 향후 연구에서는 체질·변증·맥진·설진 등 한의학적 진단 정보의 AI 기반 표준화와 한약 처방의 통합 코드 시스템 개발이 필요하다.

마지막으로 드러난 연관성 기저의 생리학적 매커니즘이나 인과

관계에 대한 설명이 부족하였다. '2) 한의 정보기반 서양의학적 진단 연구유형'에서 두 연구 모두 맥박 신호와 목표 상태 간의 정확한 생리학적 연관성을 명확히 설명하지 못하였다. '3) 한의 진단과 서양의학 정보의 연관성 분석 연구유형'에서도 증후와 생물학적 지표 간의 연관성은 보였으나, 그 기저의 생리학적 메커니즘이나 인과관계에 대한 설명이 부족하였다. 향후 연구에서는 이러한 연관성의 기저 메커니즘에 대한 더 깊은 탐구가 필요할 것이다.

4. 본 연구의 한계와 의의, 그리고 미래 과제

본 연구는 다음과 같은 한계를 가진다. 첫째, 특정 데이터베이스와 키워드를 사용한 제한된 문헌 검색으로 인해 관련된 모든 연구를 포함하지 못했을 가능성이 있다. 둘째, 영어로 작성된 논문만을 대상으로 하여 다른 언어로 발표된 중요한 연구들이 제외되었을 수 있다. 셋째, 포함된 연구들의 방법론적 질에 대한 체계적인 평가가 이루어지지 않았다. 마지막으로, 연구 분류 및 분석 과정에서 연구자의 주관적 판단이 개입되었을 가능성이 있다. 이러한 한계점으로 인해 본 연구의 결과를 해석하고 일반화하는 데 주의가 필요하며, 향후 더 포괄적이고 체계적인 리뷰 연구가 필요할 것으로 보인다.

그럼에도 불구하고, 본 연구는 여러 측면에서 중요한 의의를 지닌다. 우선, 한양방 통합의학 연구의 현재 상황을 체계적으로 분석하여 이 분야의 연구 동향을 포괄적으로 파악하였다. 이는 향후 연구자들에게 유용한 참고 자료가 될 수 있을 것이다. 또한, 다양한 통합 방법론을 분류하고 분석함으로써, 향후 연구자들에게 새로운 연구 방향과 방법론적 접근을 제시하였다는 점에서 의의가 있다. 현재 연구들의 한계점을 명확히 제시하고 이를 극복하기 위한 발전 방향을 제안함으로써, 향후 연구의 질적 향상에 기여할 수 있을 것이다. 더불어 본 연구는 한양방 통합의학 연구의 현황과 과제를 제시함으로써, 이 분야의 연구 지원 및 정책 수립에 필요한 기초 자료를 제공하였다는 점에서 정책적 함의도 지니고 있다.

이러한 분석을 바탕으로, 향후 한양방 통합의학의 진정한 발전을 위해서는 생체신호를 활용한 통합적 접근이 필요함을 제시한다. 현재까지 맥진과 설진의 디지털화 연구가 초기 성과를 보인 것처럼, 향후에는 맥파·체온·심음·청진음 등 생체신호와 다중오믹스 데이터를 융합한 한양방 통합진단 모델, 설명가능한 AI 기반 실시간 한양방 협진 및 개인맞춤형 치료 의사결정 지원 시스템 등의 개발을 연구 방향으로 제안한다. 측정가능한 객관적 정보인 생체신호 및 오믹스 기반 연구를 통해 한의학의 전인적 접근과 서양의학의 정밀한 타겟 접근을 융합함으로써, 개인별 맞춤형 예방·진단·치료가 가능한 새로운 통합의학 패러다임을 구축할 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

이 논문은 2023년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(RS-2023-00248152).

References

1. Yuan Q-l, Guo T-m, Liu L, Sun F, Zhang Y-g. Traditional Chinese medicine for neck pain and low back pain: a systematic review and meta-analysis. *PloS one*. 2015;10(2):e0117146.
2. An X, Zhang AL, May BH, Lin L, Xu Y, Xue CC. Oral Chinese herbal medicine for improvement of quality of life in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*. 2012;18(8):731-43.
3. Li Y-L, Ju J-Q, Yang C-H, Jiang H-Q, Xu J-W, Zhang S-J. Oral Chinese herbal medicine for improvement of quality of life in patients with chronic heart failure: a systematic review and meta-analysis. *Quality of Life Research*. 2014;23:1177-92.
4. Su C-X, Wang L-Q, Grant SJ, Liu J-P. Chinese herbal medicine for cancer-related fatigue: a systematic review of randomized clinical trials. *Complementary therapies in medicine*. 2014;22(3):567-79.
5. Jiang F, Jiang Y, Zhi H, Dong Y, Li H, Ma S, et al. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and vascular neurology*. 2017;2(4).
6. Rong G, Mendez A, Assi EB, Zhao B, Sawan M. Artificial intelligence in healthcare: review and prediction case studies. *Engineering*. 2020;6(3):291-301.
7. Secinaro S, Calandra D, Secinaro A, Muthurangu V, Biancone P. The role of artificial intelligence in healthcare: a structured literature review. *BMC medical informatics and decision making*. 2021;21:1-23.
8. Zhang H, Ni W, Li J, Zhang J. Artificial intelligence-based traditional Chinese medicine assistive diagnostic system: validation study. *JMIR medical informatics*. 2020;8(6):e17608.
9. Velik R. An objective review of the technological developments for radial pulse diagnosis in Traditional Chinese Medicine. *European Journal of Integrative Medicine*. 2015;7(4):321-31.
10. Wang X, Liu J, Wu C, Liu J, Li Q, Chen Y, et al. Artificial intelligence in tongue diagnosis: Using deep convolutional neural network for recognizing unhealthy tongue with tooth-mark. *Computational and structural biotechnology journal*. 2020;18:973-80.
11. Lee T, Lee B, Kim N. A Study on Definition of Integrative Medicine and Related Research Analysis in Korea. *The Journal of Korean Medical History*. 2010;23(2):57-69.
12. Fan D. Holistic integrative medicine: toward a new era of medical advancement. *Frontiers of medicine*. 2017;11:152-9.
13. Seetharaman M, Krishnan G, Schneider RH. The future

- of medicine: frontiers in integrative health and medicine. MDPI; 2021. p. 1303.
14. Lu XCWWGL. Based on Machine Learning Algorithm: Construction of an Early Prediction Model of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine for Cognitive Impairment after Ischemic Stroke.
 15. Jiang AL, J.Wang, L.Zha, W.Lin, Y.Zhao, J.Fang, Z.Shen, G. Multi-feature, Chinese-Western medicine-integrated prediction model for diabetic peripheral neuropathy based on machine learning and SHAP. *Diabetes Metab Res Rev.* 2024;40(4):e3801.
 16. Xia S-J, Gao B-Z, Wang S-H, Guttery DS, Li C-D, Zhang Y-D. Modeling of diagnosis for metabolic syndrome by integrating symptoms into physiochemical indexes. *Biomedicine & Pharmacotherapy.* 2021;137:111367.
 17. Zhang H, Zhang J, Ni W, Jiang Y, Liu K, Sun D, et al. Transformer-and generative adversarial network-based inpatient traditional Chinese medicine prescription recommendation: development study. *JMIR Medical Informatics.* 2022;10(5):e35239.
 18. Park S-Y, Bae H, Jeong H-Y, Lee JY, Kwon Y-K, Kim C-E. Identifying Novel Subtypes of Functional Gastrointestinal Disorder by Analyzing Nonlinear Structure in Integrative Biopsychosocial Questionnaire Data. *Journal of Clinical Medicine.* 2024;13(10):2821.
 19. Cui J, Song L. Wrist pulse diagnosis of stable coronary heart disease based on acoustics waveforms. *Computer Methods and Programs in Biomedicine.* 2022;214:106550.
 20. Qiao X, Lu C, Duan M, Liu Z, Liu Y, Chen W, et al. Intelligent tongue diagnosis model for gastrointestinal diseases based on tongue images. *Biomedical Signal Processing and Control.* 2024;96:106643.
 21. Xi WWZCC. Bridge the gap between syndrome in Traditional Chinese Medicine and proteome in western medicine by unsupervised pattern discovery algorithm.
 22. Wang ZSXLY. Apply Feature Selection to the Integration of TCM and Western Medicine.