

의료 AI 중추 기술 동향

Technical Trends of Medical AI Hubs

최재훈 (J.H. Choi, jhchoi@etri.re.kr)
박수준 (S.J. Park, psj@etri.re.kr)

의료정보연구실 책임연구원
복지-의료ICT연구단 책임연구원/단장

ABSTRACT

Post COVID-19, the medical legacy system will be transformed for utilizing medical resources efficiently, minimizing medical service imbalance, activating remote medical care, and strengthening private-public medical cooperation. This can be realized by achieving an entire medical paradigm shift and not simply via the application of advanced technologies such as AI. We propose a medical system configuration named “Medical AI Hub” that can realize the shift of the existing paradigm. The development stage of this configuration is categorized into “AI Cooperation Hospital,” “AI Base Hospital,” and “AI Hub Hospital.” In the “AI Hub Hospital” stage, the medical intelligence in charge of individual patients cooperates and communicates autonomously with various medical intelligences, thereby achieving synchronous evolution. Thus, this medical intelligence supports doctors in optimally treating patients. The core technologies required during configuration development and their current R&D trends are described in this paper. The realization of the central configuration of medical AI through the development of these core technologies will induce a paradigm shift in the new medical system by innovating all medical fields with influences at the individual, society, industry, and public levels and by making the existing medical system more efficient and intelligent.

KEYWORDS AI Cooperation Hospital, AI Base Hospital, AI Hub Hospital, Explainable Deep Learning, Reinforcement Learning, Autonomous Evolutionary Learning

1. 서론

제4차 산업혁명의 진행으로 인공지능(AI: Artificial Intelligence)이 대중화됨에 따라 의료 영역에

서도 AI를 활용하려는 시도가 매우 활발하게 진행되고 있다[1]. 의료와 AI가 융합된 의료 인공지능(Medical AI)은 그 관점에 따라 다양하게 해석되고 있으며, 이 해석은 의료 인공지능의 형상 발전과도

* DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2021.J.360109>

* This work was supported by the ICT R&D program of MSIP/IITP [2017-0-00053, A Technology Development of Artificial Intelligence Doctors for Cardiovascular Disease].



매우 밀접하게 관련이 있다. 본 고에서 제안하는 ‘의료 AI 중추’ 형상을 설명하기 위해 ‘의료 AI’를 세 가지 관점으로 구분하여 정의한다.

첫째, 전통적인 의료에 AI를 활용하는 관점으로 검사, 진단, 치료, 재활 등 실제 병원에서 이루어지는 여러 가지 의료 행위를 AI로 구현한 것이다[2]. 이는 의료 행위의 부분들을 단순화하고 효율화하는 것에 목적이 있다. 예를 들어, CNN(Convolutional Neural Network)를 이용하여 CT, MRI, 초음파 영상 등에서 자동으로 병변을 찾는 인공지능인 대표적이다[3].

둘째, 서비스 관점의 의료 AI로서 초성능 컴퓨팅 및 초연결 네트워크 기술 등을 융합하여 새로운 가치를 창출하는 것이다. 이는 새로운 형태의 의료 서비스의 출현이 가능하다는 장점을 가지고 있으나 법률이나 제도 등과의 충돌이 발생하는 단점을 가지고 있다. 비대면 또는 원격 인공지능 의료, 로봇 간호 서비스 등이 대표적인 예이다. 비대면 의료 서비스는 의료 데이터 관리, 분석, 처리, 대상자, 개인정보 보안 등 서비스 주체에 따라 법률적으로 매우 제한적이다.

셋째, 의료 패러다임 전환이 가능한 플랫폼 관점의 의료 AI로서 AI를 통해 개인, 사회, 산업, 공공 등 모든 의료 분야의 혁신을 유도하여, 기존의 의료 시스템과 서비스를 효율화하고 지능화하게 한다. 따라서 기존의 의료기기, 환자, 의사, 병원 등을 획기적으로 변화시킬 것이다. 이 변화는 의료 서비스뿐만 아니라 관련 시장 및 공공의료 등에 새로운 가치를 창출할 수 있게 한다.

이 관점은 의료 AI의 형상 고도화 단계와도 매우 유사하다. 즉, 현재 가장 활성화된 의료 AI 기술의 형상의 단계는 의료기기에 대한 지능화이며, 부분적으로 대형 병원 중심으로 의료 서비스 지능화가 진행되고 있다. 따라서 COVID-19 이후 의료 형

상은 패러다임 전환이 가능한 플랫폼 관점의 의료 AI 형상이 될 것이다. 본 고에서는 이를 ‘의료 AI 중추’로 정의하고 이와 관련된 기술 동향을 살펴 본다.

II. 의료 AI 중추

본 고의 의료 AI 중추 형상은 미래 의료 인공지능 트렌드로부터 예상되는 의료적·사회적·기술적 이슈를 해결하기 위해 제품, 서비스 또는 플랫폼 형태로 제시된 구체적인 솔루션이다. 또한 2035년까지 개인, 사회, 산업, 공공 등 국가 의료 분야의 이슈를 해결하기 위해 도출된 미래상이며, 이를 실현하기 위한 핵심 기술 개발 계획을 제시한다. 이 핵심 기술은 미래 의료 형상을 실현하기 위해 반드시 요구되는 기술문제 중에서 ETRI R&R을 기반으로 연구 개발을 통해 해결 가능한 ICT 기술이다.

의료 분야에서 해결되어야 할 사회적 이슈는 인프라가 부족한 상황에서도 고품질의 의료 서비스가 요구된다는 것이다. 특히 인구 고령화 및 만성 질환이 증가되고 있으며, 이들의 서비스 형태가 개별화 및 전문화되고 있어 고품질의 개인 맞춤형 의료 수요 역시 증가되고 있다. 이 수요를 만족시킬 수 있는 의사, 기기 등 의료 자원은 점점 부족해지고 있다. 예를 들어, 모든 환자들은 자신을 전담할 수 있는 의사 및 의료 환경을 요구하고 있으며, 특히 의사는 자신의 질병에 대해 항상 연구하고 최적의 새로운 의료 서비스를 제공받기를 원한다. 본 고에서는 이 요구를 수용할 수 있는 의료 형상을 ‘의료 AI 중추’로 정의하였다.

의료 AI 중추 형상의 핵심 개념은 협력·강화·진화하는 AI 의사·장비·정보가 있는 병원이다. 즉 환자 한 명을 전담하는 인공지능 에이전트가 있고,



출처 한국전자통신연구원, “지능정보사회로 가는 길: 기술발전지도 2035,” 2020. 6, 공공누리 4유형

그림 1 의료 AI 중추 형상 개념

이 에이전트는 환자의 질병을 진단하고 치료하기 위해 많은 다른 인공지능 의사들과 협력한다. 이 협력 과정에서 고품질 의료지능들이 브로커를 통해 유통·통합·분화되어 특정 영역에 대해 스스로 진화할 수 있게 된다. 또한, 영역이 다른 의료지능들과 스스로 소통하며 최적의 상호 보완관계를 학습할 수 있다. 협력·강화·진화 AI는 최종적으로 환자의 질병 맞는 최적의 치료 경로 및 예후를 예측함을 목적으로 한다.

그림 1은 의료 AI 중추 형상을 병원 관점에서 개념적으로 표현하고 있다. 이 형상에서 의사 및 인프라 자원은 매우 한정적이다. 그러나 인공지능 의사는 자신이 전담하는 환자의 서비스를 위해 전 세계 다른 인공지능들과 계속적으로 협력하며 학습할 수 있다.

이 형상은 크게 3단계(AI 협력병원, AI 거점병원, AI 허브병원)로 구분하여 실현될 수 있다. 다음의 단계에 대해 순서적으로 설명한다.

1. AI 협력병원

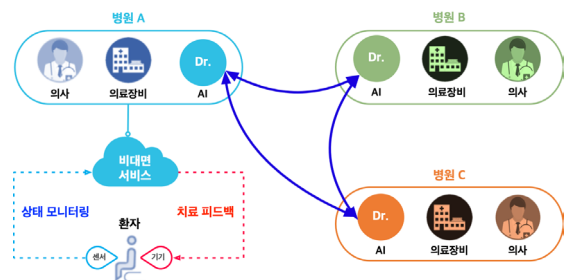
2025년까지 실현 가능한 형상은 ‘AI 협력병원’이다. 이 형상에서 독립적으로 학습된 의료지능은 다

른 의료지능들과 수평적인 협진을 통해 의료사고 없는 비지도형 임상 의사결정지원 서비스(CDSS: Clinical Decision Support System)를 제공하는 것이다. 그림 2는 AI 협력병원 형상을 개념적으로 표현하고 있다.

예를 들어, 중증환자들이 많은 병원의 의료지능들과 경증환자들이 많은 병원의 의료지능들이 서로 협력하여 학습하면, 모든 병원에서 중증환자와 경증환자를 동일한 고품질의 서비스로 치료할 수 있는 의료지능들이 학습될 수 있다. 이때, 두 병원의 EMR(Electronic Medical Record)이 통합되기 어렵기 때문에 병원별로 학습된 인공지능들이 협력할 수 있는 기술이 필수적이다[4]. 이에 필요한 기술로 구글의 패터레이션 러닝, ETRI의 앙상블 딥러닝 등이 활용될 수 있을 것이다.

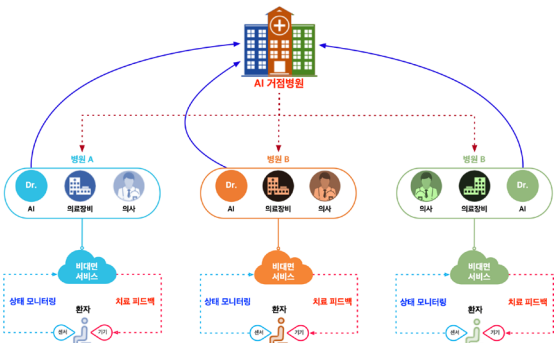
2. AI 거점병원

다음으로 2030년까지 실현 가능한 형상은 ‘AI 거점병원’이다. 일반적으로 거점병원은 특정 질병을 중점적으로 전담하며, 하위병원들로부터 진단, 치료, 정보 등을 수집하고 반대로 이를 융합하여 다시 하위병원에 전파하는 중심병원을 말한다. 거점병원 AI을 중심으로 특정 질병에 관련된 의료지능



출처 게티이미지뱅크, 무단 전재 및 재배포 금지

그림 2 AI 협력병원 형상 개념



출처 게티이미지뱅크, 무단 전재 및 재배포 금지

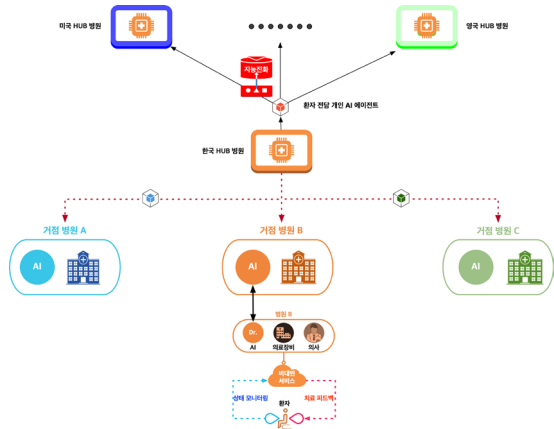
그림 3 AI 협력병원 형상 개념

을 여러 병원들과 비동기적으로 강화하여 환자 맞춤형 최적 치료 서비스를 제공할 수 있다. 상위 거점병원과 하위병원들의 계층적 네트워크를 통해 의료지능을 강화하는 방식이다. 그림 3은 AI 거점병원 형상을 개념적으로 표현하고 있다.

예를 들어, 치매질환을 담당하는 지역 거점병원에서는 해당 지역 병원의 의료지능과 협력하면서 의료지능을 강화한다. 이렇게 강화된 거점병원의 의료지능은 다른 병원에 전달된다. 따라서 이 병원에서는 거점병원의 의료지능을 바탕으로 새로운 의료지능을 학습하고, 학습된 지능은 다시 거점병원으로 전달된다. 이 방식은 거점병원을 중심으로 모든 병원들이 동일한 의료지능을 공유할 수 있게 한다. 이 의료지능의 공유는 여러 병원이 협력해서 한 명의 환자를 치료하기 위해 각각 최적의 역할을 수행하는 인공지능 플랫폼을 구현할 수 있게 한다.

3. AI 허브병원

마지막 단계로 2025년까지 실현 가능한 형상은 'AI 허브병원'이다. 일반적으로 허브병원은 국가의 거점병원들을 총괄하며, 다른 국가의 허브병원과 소통의 중심이 되는 병원이다. 허브병원 AI를 중심



출처 게티이미지뱅크, 무단 전재 및 재배포 금지

그림 4 AI 허브병원 형상 개념

으로 의료지능 매시업 진화를 통한 균등한 고품질 의료 서비스를 다른 의료지능에 제공할 수 있게 하고, 미래 질병에 대응할 수 있도록 스스로 진화하는 의료지능이다. 이를 위해 글로벌 허브병원들이 자율적으로 연결되어, 국가 허브병원 지능을 기반으로 스스로 학습하고 진화하여 고품질 의료 서비스를 제공한다.

예를 들어, 한 국가의 AI 허브병원에서는 한 명의 환자를 전달하는 의료지능의 에이전트를 관리하게 된다. 이 에이전트는 여러 국가의 거점병원들을 탐험하며 의료지능을 진화시킬 수 있다. 이때, 각 국가의 정책이나 병원들의 상황들을 파악하고 방문해야 할 거점병원들을 허브병원으로부터 파악하게 된다. 즉, AI 허브병원은 국가의 가장 상위 병원의 역할을 수행한다.

4. 의료 AI 중추 핵심 기술

이 장에서는 의료 AI 중추 형상을 구현하기 위한 핵심 기술들에 대해 설명한다. 핵심 기술은 10대 주요 역할에 따른 기술분포를 중심으로 구성되어



출처 한국전자통신연구원, “지능정보사회로 가는 길: 기술발전지도 2035,” 2020. 6, 공공누리 4유형

그림 5 의료 AI 중추 기술 분포도

있으며 이들의 관계는 그림 5와 같다.

다음은 의료 AI 중추와 관련된 10대 주요 역할별 핵심 기술들이다. 10대 주요 역할은 ETRI R&R을 기반으로 하고 있다.

- 복합지능(WG1): 복합인지 및 복합추론 기술, 의사결정 지원 복잡한 QA 기술, 음성인식 및 대화처리 기술, 자율 성장 모델링 기술, 복합 모달 모델링 기술, 다국어 자동통역 기술, 설득 가능한 AI 기술, AI-AI 협업 기술, 분석 자동화 기술
- 초연결 지능화(WG6): 초고속/대용량 네트워크 인프라 기술, 데이터 자기 주권 실현 데이터 공유기술
- AI 허브병원(WG9): 설명 가능 의료지능 기술, 의사 의료지능 협진기술, 글로벌 병원 의료지능 브로커 기술, 환자 전주기적 다병변 의료지능 협진기술
- 신뢰인프라(WG10): 차세대 암호, 무제한 블록체인, 휴먼인지보안

의료 AI 중추를 위한 처음 PoC(Prove of Concept)

는 ‘주치의 단위 협진지능 딥러닝’으로 인공지능 의사 에이전트(Dr. AI)들이 협진하며 의료지능을 학습하는 개념이다. 이 개념에서는 AI 협진 결과를 의사에게 설명할 수 있어야 하기 때문에 ‘설명가능 의료지능 기술’이 핵심기술이다. 여기에는 ‘진단/치료 과정 설명 의료 집중 지능’, ‘환자 대화 인식/생성 및 자동차팅’ 등이 속한다.

의료 AI 중추를 위한 두 번째 PoC는 ‘병원 단위 협진지능 비지도학습’으로 인공지능 병원 에이전트들이 수평적으로 서로 협진할 수 있도록 병원 독립적으로 의료지능을 학습하는 개념이다. 병원마다 유능한 의사/장비/정보 인공지능 등을 서로 공유할 수 있다. 이 개념에서는 여러 의료 인공지능들이 협력해야 하기 때문에 ‘협력 의료지능 기술’이 핵심기술이다. 여기에는 ‘미래 EMR 예측 가능 진단지능 학습’, ‘비지도 협력 의료지능 수평적 학습’ 등이 속한다.

의료 AI 중추를 위한 세 번째 PoC는 ‘거점병원 단위 협진지능 강화학습’으로 특정 질환에 대해 상위 거점병원과 여러 하위병원들이 계층적으로 연결된 네트워크 체계에서, 개별적으로 학습된 하위병원 지능에 따라 거점병원 지능이 점진적으로 강화되고, 거점병원의 지능을 중심으로 하위병원들의 지능이 비동기적으로 재학습되어 환자에게 최적의 맞춤형 치료(처방, 수술, 재활 등) 경로를 제공하는 개념이다. 이 개념에서는 최적의 경로를 탐색할 수 있는 지능을 비동기적으로 학습할 수 있어야 하기 때문에 ‘강화 의료지능 기술’이 핵심기술이다. 여기에는 ‘최적 경로 결정 가능 치료지능 강화’, ‘비동기적 치료지능 수직적 강화’ 등이 속한다.

의료 AI 중추를 위한 네 번째 PoC는 ‘허브병원 단위 협진지능 자가진화 학습’으로 다양한 질병 분야의 여러 거점병원들로 구성되는 국가 허브병원이 다른 국가 허브병원과 자율적으로 연결된 글로벌

환경에서, 조건에 따라 선택된 국가의 허브병원 지능을 기반으로 스스로 학습하고 진화하여 국가의 모든 의료기관이 균등하게 고품질 의료 서비스를 제공하는 개념이다. 이 개념에서는 의료지능이 여러 허브병원을 선택적으로 탐험하며 스스로 지능을 진화시켜야 하기 때문에 ‘진화 의료지능 기술’이 핵심기술이다. 여기에는 ‘양방향 의료지능 진화’, ‘다자간 의료지능 진화’, ‘선택적 의료지능 진화’ 등이 속한다.

III. 의료 인공지능 기술 동향

이 장에서는 의료 AI 중추 형상과 밀접하게 관련된 기술 및 서비스 발전 방향과 R&D 기술 동향을 살펴본다.

1. 기술 및 서비스 발전 방향

의료 인공지능 기술은 다음과 같은 서비스를 발전시키기 위한 방향으로 개발되고 있다.

- 의사·AI 협력 의료지능: 의사가 혼자서 판단하기 어려운 복잡한 질병을 인공지능이 함께 진단하여 사고나 오류를 최소화할 수 있게 하는 의사·AI 협진 서비스로 발전
- 환자중심 협진지능: 한 명의 의사가 여러 환자들을 감당하는 방식에서 허브병원을 중심으로 글로벌 전문 인공지능 의사들이 한명의 환자를 위해 협진하는 환자중심의 인공지능 의료 서비스로 발전
- 수평적 병원지능: 다양한 전문 분야로 특화된 병원의 의료지능들이 서로 협진하여 환자의 복합 질병에 대한 최적의 치료를 제공하는 병원 의료지능 협업 의료 서비스로 발전
- 균등한 의료 서비스: 의료 인프라의 부족으

로 지역이나 소득에 따라 차별적으로 공급되는 현재 의료 서비스와 달리 일반 병원에서도 세계 유명 전문의의 의료지능을 활용할 수 있어 고품질의 의료 서비스를 차별 없이 제공할 수 있는 서비스로 발전

- 의료품질의 지속적 성장: 환자 전주기적 의료 서비스를 위해 글로벌 허브병원을 중심으로 의료지능들이 다자간 협력하여 스스로 학습하며 스스로 진화하는 서비스로 발전

이런 발전 방향은 다양한 특성을 가지는 글로벌 유명 병원의 의료지능들이 서로 협진하면서 스스로 진화하며 강화되는 의료 AI 학습 분야 기술 개발과 글로벌 AI 허브병원을 위한 AI 의료 생태계 구축 분야로 요약된다.

2. R&D 기술 동향

설명 가능 의료지능 기술은 의료 인공지능이 환자와 의사 사이의 문진하는 내용을 인식하여 자동으로 환자 차트를 작성하고, 작성된 차트 및 검사 기록을 통해 최적의 진단/치료 방법을 예측하여, 음성 변환을 통해 의사와 환자에게 진단 결과와 치료 과정을 설명하는 기술이다.

환자와 의사의 대화를 인식하고 의료적 중요성이 있는 내용을 자동으로 디지털화되어야 한다. 이를 위해 ETRI 엑소브레인, 애플 Siri, MS Cortana, 구글 Assistant 등 많은 기술들이 개발되고 있다. 최근 OpenAI GPT-3(Generative Pre-trained Transformer 3)은 이 분야에 매우 획기적인 성능을 나타내고 있다.

의료영상 기기, 의사 검진 등을 통한 질병 진단 및 치료 예측 기술들이 개발되고 있다[2]. 대표적으로 구글의 안과질환 판독 의료지능, Enlitic의

X-Ray, CT, MRI 등을 통한 질병 판정 시스템, 루닛의 인사이트 CXR, 뷰노의 LungCT AI 등이다.

의료 장비 외에도 개인형 헬스케어 분야에서 설명 가능한 인공지능 연구가 추진되고 있다. 대표적으로 Babylon의 TELUS Health, Apple Watch 등이 있다.

협진 의료지능 기술은사와 인공지능 의사의 역할을 구분하여, 환자의 질병을 진단하고 치료하기 위해 의사와 인공지능 의사가 협력하며, 의료영상, EMR, PHR(Personal Health Record), 유전체 정보를 학습하여 정밀한 병변 판별 및 질병을 진단하는 기술이다.

대표적으로 뷰노, 루닛 등 국내외 의료기기 및 의료영상 분석 분야에서 인공지능이 CT, 초음파, MRI 등 영상을 분석하여 의사를 지원한다. 또한, ETRI는 의사가 어려워하는 환자 질환 미래 상태 예측을 EMR 시계열 딥러닝으로 해결할 수 있는 기술을 개발 중에 있다. IBM 왓슨[5] 등은 의료 문헌 등을 활용하여 치료 방법을 추천하고 있다.

강화 의료지능 기술은 한 명의 환자 질환을 치료하기 위해 가장 적합한 병원의 의료지능을 선정하고 최적 진단 치료 경로를 제공하는 기술이다. 또한, 상위병원을 중심으로 여러 하위병원들이 계층적으로 서로 협력하며 의료지능 강화할 수 있다. 이는 의료지능의 공유를 가능하게 하여 고품질 의료지능들이 의료기관들 사이에 유통되고 활용될 수 있도록 한다.

대표적으로 개인정보 등 민감한 임상 데이터를 서로 직접 공유할 필요 없이 여러 번의 반복 학습 과정에서 공유 모델은 단일 조직이 자체적으로 보유한 것보다 훨씬 광범위한 데이터를 얻게 되는 연합학습(Federated Learning)[6] 프레임이 제안되고 있다. 그러나 비지도학습 또는 강화학습[7] 등 비동기식 분산 협업지능 학습에 관한 방법을 의료에 적

용하는 기술은 초기 단계에 있다.

진화 의료지능 기술은 환자 질병을 진단·치료하기 위해 진화한 영역이 서로 다른 의료지능들이 스스로 소통하며 최적의 상호 보완 관계를 학습하는 AI 협력 학습 기술이다. 또한, 환자의 질병에 따라 최적의 질환치료 경로 및 예후를 의료지능 협진을 통해 예측하는 의료지능 강화학습 기술도 진화 학습을 위해 사용될 수 있다[8]. 이들은 환자 전주 기적 관리를 위해 글로벌 병원의 의료지능들이 다자간 협진을 지원할 수도 있다. 따라서 한 명의 환자를 담당하는 AI 에이전트가 글로벌 병원의 AI 에이전트와 소통하여 선택적으로 필요한 지능을 스스로 학습함으로써 의료지능을 스스로 진화할 수 있게 한다.

대표적으로 구글 등에서는 개인 맞춤형 일상생활에 대한 지능을 스스로 학습하고 진화시키는 기술을 개발 중에 있다. 이들은 대부분 특별한 목적에 최적화되어서 다른 목적으로 사용할 수 없고 스스로 학습 및 추론하지 않는 ‘약(Weak)’ 인공지능이 아닌 스스로 학습하고 추론하는 ‘강(Strong)’, ‘범용(General)’ 인공지능에 대한 연구들이며, 이 기술은 향후 확장성이 높은 초기 단계의 기술이다.

IV. 결론

본 고에서는 포스트 COVID-19 이후 변화될 인공지능 의료 패러다임 형상인 의료 AI 중추를 제안하였다. 이 형상의 발전단계를 AI 협력병원, AI 거점병원, AI 허브병원으로 구분하였다. 최종 AI 허브병원은 환자 개인을 담당하는 의료지능이 여러 의료지능과 자율적으로 소통하면서 자신의 지능을 스스로 진화시키는 단계이다.

다음으로 의료 AI 중추를 개발하기 위한 핵심 기술과 ETRI R&R 10대 주요 역할과의 관계도 설명

하였다. 이 기술들은 의료 서비스의 발전 방향에 관점과 밀접한 관계를 가진다. 본 고에서는 이 발전 방향을 의사·AI 협력 의료지능 서비스, 환자중심 협진지능 서비스, 수평적 병원지능, 균등한 의료 서비스, 의료품질의 지속적 성장으로 설정하고 이들과 관련된 R&D 기술 동향을 설명하였다.

의료 AI 중추의 실현은 다음과 같은 기대효과를 나타낼 것으로 판단된다. 첫째, 국내·외 병원들이 보유한 의료지능 서비스의 자유로운 활용으로 환자 수요를 충족시킬 수 있을 것이다. 이는 고품질 의료 수요에 대한 인프라 부족 문제를 해결할 수 있을 것이다. 둘째, 지역, 계층, 소득 등의 차별 없는 의료 서비스의 접근성을 제공할 수 있을 것이다. 특히, 인공지능 의료 서비스를 최대한 활용될 수 있는 의료 AI 중추는 비대면 또는 원격 의료 서비스의 핵심적 역할을 할 수 있을 것이다. 여러 의료지능들과의 협력은 서비스 품질을 향상시킬 것이며, 모든 수요자가 균일한 서비스를 받을 수 있게 하며, 질병 원인의 복잡화에 대응하고 의사들의 인적 오류를 최소화할 수 있다. 향후, 많은 연구 기관들이 의료 AI 중추를 개발하게 되면, 모든 환자들에게 물리적 제약이 없는 고품질의 의료 인공지능 협진 서비스를 제공할 수 있을 것이다.

약어 정리

CDSS	Clinical Decision Support System
CNN	Convolutional Neural Network
EMR	Electronic Medical Record
GPT-3	Generative Pre-trained Transformer 3
PHR	Personal Health Record

참고문헌

- [1] S. Angela, H. Solveigh, and J. Jonathan, "Transforming healthcare with AI: The impact on the workforce and organizations," McKinsey & Company, Healthcare Systems & Services, 2020.
- [2] 김동철, "[특별기고] 인공지능(AI)시대의 도래: 병리과의 현실과 미래," 헬스경향, 2019. 3. 8.
- [3] E. Tjoa and C. Guan, "A survey on explainable artificial intelligence (XAI): Toward medical XAI," IEEE Trans. Neural. Netw. Learn. Syst. 2020, pp. 1-21.
- [4] IRS Global, "헬스케어·의료 분야 인공지능(AI)과 빅데이터(Big Data)의 핵심기술 개발동향과 국내외 시장 분석," 2019.
- [5] E. Strickland, "IBM Watson, heal thyself: How IBM overpromised and underdelivered on AI health care," IEEE Spectr. vol. 56, no. 4, 2019, pp. 24-31.
- [6] Q. Yang et al., "Federated machine learning: Concept and applications," ACM Trans. Intell. Syst. Technol. vol. 10, no. 2. 2019.
- [7] R. S. Sutton and A. G. Barto, "Introduction to reinforcement learning," The MIT Press, 2018.
- [8] O. Gottesman et al., "Guidelines for reinforcement learning in healthcare," Nat. Med. vol. 25, 2019, pp. 16-18.