

인공지능과 의료

김경진 변호사

서문

응급실 화면에 수십 개의 검사 수치가 쌓입니다. 의사는 그 수치와 환자의 표정, 보호자의 말, 검사실이 보내온 영상 사이에서 판단을 내립니다. 인공지능은 이 장면에 들어와 정보를 빠르게 읽고 놓치기 쉬운 신호를 드러냅니다. 진료의 책임을 대신 지지는 않습니다.

의료 AI는 영상 판독, 기록 작성, 위험 예측, 치료 설계, 신약 탐색, 병원 운영, 교육과 연구에 이미 스며들고 있습니다. 이 책은 기술의 이름을 나열하는 데 머물지 않고, 병원 안에서 무엇이 달라지는지와 어떤 안전장치가 필요한지를 함께 다룹니다.

책에 실은 자료는 다국어 강의와 최근 문헌을 바탕으로 정리했습니다. 수치와 권고는 실제 환자에게 적용하기 전에 의료진의 판단과 최신 임상 지침으로 다시 확인해야 합니다.

김경진 변호사

목차

서문

제1부 AI 의료의 이해

1장 AI 의료의 서론 기술의 언어와 의료 현장의 변화

1.1 AI, 머신러닝, 딥러닝, 자연어 처리

1.2 의료 AI의 역사와 현재

1.3 의료 현장이 AI를 쓰는 이유

2장 AI 의료의 핵심 기술과 데이터 학습 모델과 건강 데이터의 흐름

2.1 지도학습, 비지도학습, 딥러닝, LLM

2.2 전자의무기록, 영상, 유전체, 웨어러블 데이터

2.3 데이터 품질, 통합, 상호운용성

제2부 AI 의료의 실제

3장 진단과 위험 예측 진단 지원과 위험 신호의 포착

3.1 영상의학, 병리, 임상 진단 지원

3.2 질병 진행과 치료 결과 예측

3.3 조기 경고와 환자 위험 분류

4장 치료 계획과 정밀의료 치료 설계와 신약 탐색의 변화

4.1 개인 맞춤형 치료와 약물유전체학

4.2 AI 수술과 임상 의사결정 지원

4.3 신약 개발과 가상 스크리닝

5장 병원 업무와 환자 경험 병원 운영과 환자 접점의 재구성

5.1 진료기록, 음성인식, 문서 자동화

5.2 병상·인력·수술실·예약 관리

5.3 환자 상담과 가상 비서

6장 의료 교육과 연구 교육, 연구, 임상시험을 잇는 도구

6.1 의학교육, 가상 환자, 임상 훈련

6.2 연구 데이터 분석과 가설 생성

제3부 AI 의료의 쟁점과 미래

7장 신뢰, 안전, 책임
 안전, 신뢰, 최종 판단의 기준

7.1 설명가능성·검증·오류 관리

7.2 개인정보·보안·데이터 거버넌스

7.3 의료진-AI 협업과 최종 책임

8장 도입의 벽과 다음 단계
 현장 도입과 다음 의료의 모습

8.1 기술 인프라와 현장 검증

8.2 인력·규제·보험·제도

8.3 스마트병원·원격 모니터링·의료 AI 에이전트

제 1 부

AI 의료의 이해

제1장 AI 의료의 서론

1.1 AI, 머신러닝, 딥러닝, 자연어 처리

인공지능(AI)은 의료 분야에서 지난 수년간 지속적인 발전을 거듭해 왔습니다. 초기에는 규칙 기반의 전문가 시스템으로 시작하여, 현재는 통계 및 신경망 모델, 그리고 생성형 AI에 이르기까지 그 범위와 역량이 크게 확장되었습니다. 이러한 발전은 전자의무기록(EHR), 사물인터넷(IoT) 기기, 유전체 데이터베이스 등에서 발생하는 방대한 양의 데이터와 이를 처리할 수 있는 컴퓨팅 능력의 비약적인 향상에 힘입은 바 큼니다. AI는 의학 진단, 치료 계획, 의료 기록 관리, 그리고 환자와의 소통 등 다양한 의료 영역에서 혁신적인 변화를 가져오며, 의료 서비스의 효율성과 정확성을 높이는 핵심 기술로 자리매김하고 있습니다.

머신러닝(ML) 및 딥러닝(DL)의 역할

머신러닝은 AI의 하위 분야로, 데이터 세트의 경험을 통해 스스로 학습하고 개선하는 데 중점을 둔 패턴 식별 및 분석 기술입니다. 딥러닝은 머신러닝의 하위 범주로, 신경망(neural networks)을 활용하여 더욱 복잡한 패턴을 학습하고 예측을 생성합니다. 이 기술들은 방대한 임상 데이터 세트를 분석하여 질병 진행, 치료 결과, 환자 위험 요인에 대한 예측을 가능하게 하며, 궁극적으로 개인 맞춤형 치료 및 진단을 지원합니다. 의료 분야에서 ML과 DL은 영상 진단, 병리학, 유전체학 등 다양한 분야에서 사람의 눈으로는 감지하기 어려운 미묘한 패턴을 식별하고 예측하는 데 탁월한 성능을 발휘합니다.

자연어 처리(NLP)와 생성형 AI

자연어 처리(NLP)는 AI 시스템이 인간의 언어를 이해하고, 평가하며, 생성하는 기술로, 의료 분야에서 비정형 임상 문서에서 가치 있는 통찰력을 추출하는 데 필수적입니다. 최근에는 생성형 AI(Generative AI) 및 대규모 언어 모델(LLM)의 발전으로 NLP의 활용 범위가 더욱 넓어졌습니다. LLM은 수십억 개의 단어와 이미지로 훈련되어 의료 문헌, 임상 사례, 연구 및 프로토콜을 식별하고, 복잡한 의료 맥락을 이해하며, 방대한 양의 데이터를 지지치 않고 처리할 수 있습니다. 이를 통해 의사의 노트, 퇴원 요약, 영상의학과 보고서, 과학 출판물 등에서 정보를 자동으로 추출하고, 임상시험 매칭이나 의료 논문 요약과 같은 고급 애플리케이션을 가능하게 합니다.

의료 현장 진단 분야에서의 활용

의료 기록 및 문서화 분야에서의 활용

AI는 의료진의 과중한 행정 업무 부담을 경감하고 기록의 효율성을 크게 향상시킵니다. 특히 생성형 AI는 의료 기록 작성 시간을 획기적으로 줄여줍니다. 의사나 간호사가 환자와 대화하는 동안 AI가 음성을 텍스트로 변환하고, 이를 의료 정보 요구 사항에 맞는 형식으로 자동 기록하는 AI 스크라이브(AI Scribe) 기술이 임상 현장에 도입되고 있습니다. 이로 인해 의료진은 문서 작업에 소요되는 시간을 줄이고 환자 진료 및 상호작용에 더 집중할 수 있게 됩니다. 예를 들어, 퇴원 요약이나 소개장과 같은 의료 문서는 AI가 20초 이내에 생성할 수 있으며, 진찰실에서 오고 가는 대화를 텍스트로 옮기고 도표가 포함된 설명을 생성하는 데 활용됩니다. 간호 기록 또한 AI를 통해 경감할 수 있으며, 스마트폰 기반 AI는 간호 기록 작성 시간을 70%까지 줄일 수 있습니다. AI는 또한 ICD(International Classification of Diseases) 코딩을 제안하여 보험 청구 관련 업무를 효율화합니다. LLM은 임상시험 요약이나 FDA 규제 서류(dossier) 작성에도 활용될 수 있으며, FDA는 2025년 5월부터 LLM 모델을 활용한 최종 서류 작성을 승인하기도 했습니다.

환자 소통 및 교육 분야에서의 활용

AI 챗봇과 가상 비서는 환자 소통 및 교육을 개선하는 데 중요한 역할을 합니다. 환자들은 AI 챗봇을 통해 건강 관련 질문을 하고, 개인화된 건강 정보와 조언을 받을 수 있습니다. 흥미롭게도, 한 연구에 따르면 환자들은 AI 챗봇이 제공하는 답변이 인간 의사보다 더 공감적이고 연민을 느낀다고 평가했습니다. AI는 환자의 연령, 배경, 문해력 수준, 사회경제적 조건 등을 고려하여 개인에게 최적화된 방식으로 정보를 제공함으로써 이해도를 높일 수 있습니다. 특히, 야간 시간대에 개인 건강 문제에 대한 상담 요청이 많아 AI 챗봇이 건강 정보 격차를 메우는 데 중요한 역할을 합니다.

AI 간호사 보조원은 환자에게 길 안내, 낙상 방지, 정서적 지원 등 반복적인 업무를 수행하며, 실제 간호사들이 환자에게 더 많은 인간적인 보살핌을 제공할 수 있도록 돕습니다. AI는 또한 의료 전문가의 설명 능력을 뛰어넘어 검사 결과나 질병에 대한 일반적인 환자들의 질문

에 답할 수 있습니다. 그러나 AI가 제공하는 정보의 정확성과 신뢰성은 항상 중요하며, AI의 환각(hallucination) 현상으로 인해 잘못된 정보를 제공할 위험이 있습니다. AI는 1%의 치명적인 오류를 저지를 수 있으며, 이는 의료 전문가의 비판적 검토와 감독을 필수적으로 만듭니다. AI는 아직 인간의 비언어적 정보나 신체성을 포착하기 어렵기 때문에, 복잡한 인간의 감정과 맥락을 이해하는 데 한계가 있습니다.

도전 과제와 윤리적 고려 사항

의료 AI의 발전은 의료 분야에 혁명적인 변화를 가져오고 있지만, 여전히 데이터 프라이버시, 보안, 알고리즘 편향성, 그리고 법적·윤리적 문제 등 해결해야 할 과제들도 존재합니다. AI가 오진을 내리거나 잘못된 조언을 했을 때 최종적인 법적 책임은 의료 전문가에게 귀속됩니다. 따라서 AI 시스템의 투명성과 신뢰성은 필수적이며, AI 시스템이 어떻게 의사결정을 내리는지 이해하기 어려운 '블랙박스(black box)' 문제를 해결하기 위한 노력이 필요합니다. AI는 의료 전문가를 대체하는 것이 아니라, '지능적이고 지칠 줄 모르는 동료'로서 의료진을 보조하는 도구입니다. 인간의 전문성과 AI의 능력이 결합될 때 최상의 결과를 창출할 수 있으며, 의료진은 AI의 사용법을 학습하고 그 결과물을 비판적으로 평가하는 능력을 키워야 합니다.

[근거자료]

1. 제목: Inteligencia Artificial en Medicina | Capacitación para Médicos y Personal de Salud

저자·기관: MédicosElite®

확인 가능한 발행일·업로드일: (소스에 명시되지 않음)

URL: YouTube channel 'MédicosElite®' (소스에 영상의 직접 URL은 제공되지 않음)

뒷받침하는 주장: AI는 전통적인 규칙 기반 AI, 머신러닝, 생성형 AI(generative AI)의 세 단계를 거쳐 발전했으며, LLM(대규모 언어 모델)은 수십억 개의 단어와 이미지로 훈련되어 의료 문헌, 임상 사례, 연구 및 프로토콜을 식별하고, 복잡한 의료 맥락을 이해하며, 방대한 양의 데이터를 처리할 수 있습니다. AI는 의사를 대체하는 것이 아니라, 지능적이고 지칠 줄 모르는 동료로서 의료진의 업무를 지원하며, 최종 결정과 책임은 항상 의사에게 있습니다.

2. 제목: 生成AI事例検討会part2 ～診療・研究・医療DXへの実践編～

저자·기관: Kamijo Kyosuke

확인 가능한 발행일·업로드일: (소스에 명시되지 않음)

URL: YouTube channel 'Kamijo Kyosuke' (소스에 영상의 직접 URL은 제공되지 않음)

뒷받침하는 주장: AI는 퇴원 요약(discharge summary) 문서를 20초 만에 생성하며, 의사의 음성 기록을 즉시 문서화하고 도표와 함께 설명 자료로 변환하여 환자에게 제공할 수 있습니다.

3. 제목: 首創AI醫療影像3D標準化 暨 MR 應用成果發表大會

저자·기관: 智捷醫學科技

확인 가능한 발행일·업로드일: (소스에 명시되지 않음)

URL: YouTube channel '智捷醫學科技' (소스에 영상의 직접 URL은 제공되지 않음)

뒷받침하는 주장: Zijie Smart Medical Technology의 AI "Anatomy Cloud"는 3D 의료 영상을 3~5분 만에 처리하고 200개 이상의 장기를 인식하며, 향후에는 병변이나 종양을 자동으로 식별하는 기능을 포함하여 2D 흑백 영상에서 3D 컬러 영상으로의 전환을 가능하게 합니다.

4. 제목: Conferencias IA y Salud.- IA en la clínica. El fin del médico que conocíamos

저자·기관: Careexpand Media

확인 가능한 발행일·업로드일: (소스에 명시되지 않음)

URL: YouTube channel 'Careexpand Media' (소스에 영상의 직접 URL은 제공되지 않음)

뒷받침하는 주장: 챗봇은 인간 의사보다 더 공감적인 답변을 제공하며, 16세에서 19세 사이의 젊은이들 중 약 90%가 건강 문제 해결을 위해 AI를 활용합니다.

1.2 의료 AI의 역사와 현재

인공지능(AI)은 의료 분야에서 지속적으로 발전해 왔으며, 그 역사는 초기 규칙 기반 시스템부터 오늘날의 고도화된 통계 및 신경망 모델, 그리고 생성형 AI에 이르기까지 변화와 혁신으로 점철되어 있습니다. 환자 데이터의 폭발적인 증가와 컴퓨팅 성능의 향상은 AI 기술의 발전과 적용을 가속화하는 핵심 동력이었습니다. 특히 의료 AI는 진단 정확도 향상, 치료 계획 최적화, 행정 업무 경감, 환자 소통 개선 등 다양한 영역에서 의료 서비스의 질을 높이는 데 기여하고 있습니다.

규칙 기반 전문가 시스템의 태동

의료 AI의 태동은 1970년대에 개발된 규칙 기반 전문가 시스템에서 찾아볼 수 있습니다. 대표적인 예로 1971년의 INTERNIST-1과 1970년대의 MYCIN이 있으며, 이들은 진단 의사 결정을 지원하기 위해 고안되었습니다. 이 초기 AI 시스템들은 "만약 체온이 38도 이상이면 발열이다"와 같이 특정 규칙을 기반으로 하여 고정된 논리 구조를 가졌습니다. 이러한 시스템은 마치 미리 프로그래밍된 의사결정 트리를 따르는 것과 같아, 유연성에는 한계가 있었으나 AI가 의료 현장에 적용될 가능성을 보여주었습니다.

전자의무기록(EHR) 및 의료영상 데이터의 확산

시간이 지남에 따라 AI는 지식 기반 프로그램에서 통계 및 신경 모델로 전환하기 시작했습니다. 이러한 전환의 배경에는 전자의무기록(EHR), 사물 인터넷(IoT) 기기, 유전체 데이터베이스 등에서 발생하는 방대한 양의 데이터와 이를 처리할 수 있는 컴퓨팅 능력의 비약적인 발전이 있었습니다. EHR 시스템은 환자의 의료 이력을 디지털화하여 광범위한 임상 데이터베이스를 구축하는 데 결정적인 역할을 했습니다. 간호사들이 수기로 기록하던 혈당 및 혈압 데이터를 센서 기기가 자동으로 HISS 시스템에 전송하여 의사들이 원격으로 환자 데이터를 확인할 수 있게 된 사례는 이러한 변화가 의료 데이터 관리의 효율성을 어떻게 높였는지 보여줍니다. 미국 대학병원에서는 AI가 EHR에 통합되어 의료진의 진료 활동을 지원하는 것이 흔해지고 있습니다.

의료 영상 데이터 또한 AI 발전에 중요한 기반이 되었습니다. X선, CT, MRI, 병리 슬라이드 등 다양한 영상 데이터를 AI가 분석하면서, 복잡한 패턴 학습과 인간의 눈으로는 놓치기 쉬운 미묘한 이상 징후를 감지하는 능력이 크게 향상되었습니다. 전통적으로 10분에서 30분 걸리던 영상 분석 작업이 AI를 통해 3분에서 5분 이내로 단축되는 등 진단 과정의 효율성을 극대화했습니다. 지제 스마트 의료기술(Zijie Smart Medical Technology)의 "Anatomy Cloud"와 같은 AI 솔루션은 3D 의료 영상을 3~5분 만에 처리하고 200개 이상의 장기를 인식하며, 향후에는 병변이나 종양을 자동으로 식별하는 기능까지 포함할 예정입니다. 이는 2D 흑백 영상에서 3D 컬러 영상으로의 전환을 가능하게 합니다.

머신러닝(ML) 및 딥러닝(DL)의 임상 도입

머신러닝(ML)은 AI의 하위 분야로, 데이터 세트의 경험을 통해 기계를 개선하는 데 중점을 둔 패턴 식별 및 분석 기술입니다. 딥러닝(DL)은 머신러닝의 하위 범주로, 신경망을 사용하여 복잡한 패턴을 학습하고 예측을 생성하는 기술입니다. 이 기술들은 방대한 임상 데이터 세트에서 숨겨진 패턴을 찾아내 질병 진행, 치료 결과, 환자 위험 요인 등을 예측하며, 맞춤형 치료 및 진단을 가능하게 합니다. 예를 들어, 수백만 장의 X선 이미지를 학습한 AI는 유방암을 인간의 눈보다 더 높은 정확도로 식별할 수 있습니다. 이러한 딥러닝 기술의 진화는 2000년대부터 두드러졌으며, 머신러닝과 딥러닝의 등장은 AI의 세 번째 단계의 시작을 알렸습니다.

생성형 AI 및 대규모 언어 모델(LLM)의 임상 도입

최근 몇 년간 AI 분야의 가장 혁신적인 발전은 생성형 AI(Generative AI)와 대규모 언어 모델(LLM)의 등장입니다. 이 기술들은 AI가 인간의 언어를 자연스럽게 이해하고, 생성하며, 복잡한 의료 문맥을 파악하는 능력을 제공합니다. LLM은 수십억 개의 단어와 이미지로 훈련되어 의료 문헌, 임상 사례, 연구 및 프로토콜을 식별하고, 복잡한 의료 맥락을 이해하며, 방대한 양의 데이터를 지치지 않고 처리할 수 있습니다.

의료 현장에서의 적용 사례:

진단: AI는 X선, CT, MRI와 같은 의료 영상에서 미묘한 패턴을 감지하여 질병을 조기에 발견할 수 있습니다. 예를 들어, 메이오 클리닉(Mayo Clinic)의 AI 모델은 체장암을 임상 진단보다 최대 3년 먼저 탐지하는 데 활용될 수 있음이 입증되었습니다. 뇌졸중과 같은 응급 상황에서는 AI가 복잡한 영상 데이터를 3~5분 내에 처리하여 의료진에게 경고를 제공하고, 신속한 치료 결정을 돕습니다. 특정 유형의 피부암 진단에서 AI가 피부과 전문의보다 더 높은 정확도를 보인 연구 결과도 있습니다. AI는 또한 개인의 건강 상태를 바탕으로 맞춤형 위험 프로필을 생성하고, 질병 진행 및 치료 결과에 대한 예측을 통해 조기 개입과 예방적 치료를 지원할 수 있습니다.

기록 및 문서화: 생성형 AI는 의료진의 행정 부담을 크게 줄여줍니다. 의료진이 환자와 대화하는 동안 AI가 음성을 텍스트로 변환하고, 이를 의료 정보 요구 사항에 맞는 형식으로 자동 기록하는 AI 스크라이브 기술은 이미 임상 현장에 도입되어 문서 작업 시간을 절약하고 환자 진료에 더 집중할 수 있도록 돕고 있습니다. 퇴원 요약이나 소개장과 같은 의료 문서는 AI가 20초 이내에 생성할 수 있으며, 진찰실에서 오고 가는 대화를 텍스트로 옮기고 도표가 포함된 설명을 생성하는 데 활용됩니다. 이는 효율성 향상과 기록의 질적 향상에 기여합니다. 또한 LLM은 임상시험 요약이나 규제 서류 작성에도 활용될 수 있습니다.

환자 소통 및 교육: AI 챗봇과 가상 비서는 환자 소통 및 교육을 개선하는 데 활용됩니다. 환자들은 AI 챗봇을 통해 건강 관련 질문을 하고, 개인화된 건강 정보와 조언을 받을 수 있습니다. AI는 환자의 연령, 배경, 문해력 수준 등을 고려하여 최적화된 정보를 제공함으로써 환자의 이해도를 높입니다. 예를 들어, 항암 치료를 받는 환자들의 불안과 우울감을 AI 챗봇과의 대화를 통해 낮출 수 있다는 연구 결과도 있습니다. AI 간호사 보조원은 환자에게 길 안내, 낙상 방지, 정서적 지원 등 반복적인 업무를 수행하며, 실제 간호사들이 환자에게 더 많은 인간적인 보살핌을 제공할 수 있도록 돕습니다. AI는 또한 환자에게 투약 알림을 제공하고 치료 준수율을 모니터링하는 등 자가 관리를 지원하는 애플리케이션에서도 활용됩니다.

도전 과제와 미래 전망

의료 AI의 발전은 의료 서비스의 혁신을 가져오고 있지만, 여전히 데이터 프라이버시, 보안, 알고리즘 편향성, 그리고 법적·윤리적 문제 등 해결해야 할 과제들이 존재합니다. 특히 생성형 AI의 경우 환각(hallucination) 현상으로 인해 잘못된 정보를 제공할 위험이 있으며,

이는 의료 전문가의 비판적 검토와 감독을 필수적으로 만듭니다. AI는 의료 전문가를 대체하는 것이 아니라, 그들의 능력을 보강하고 업무 부담을 줄여주는 지능적이고 지칠 줄 모르는 동료로서 기능해야 합니다. 인간의 전문성과 AI의 능력이 조화롭게 결합될 때, 의료 AI는 최상의 결과를 창출하고 환자 중심의 의료를 실현하는 데 기여할 것입니다.

[근거자료]

1. 제목: Artificial Intelligence in Clinical Trials | Drug Development, AI Tools & Careers

저자·기관: IICRS (Clinical Research and Studies)

확인 가능한 발행일·업로드일: 2025년 5월 (내용에 FDA 승인 언급)

URL: YouTube channel 'IICRS (Clinical Research and Studies)' (소스에 영상의 직접 URL은 제공되지 않음)

뒷받침하는 주장: LLM(대규모 언어 모델)은 임상시험 요약이나 FDA 규제 서류(dossier) 작성을 지원할 수 있습니다.

2. 제목: Inteligencia Artificial en Medicina | Capacitación para Médicos y Personal de Salud

저자·기관: MédicosÉlite®

확인 가능한 발행일·업로드일: 소스 발췌본에 명시되지 않음

URL: YouTube channel 'MédicosÉlite®' (소스에 영상의 직접 URL은 제공되지 않음)

뒷받침하는 주장: AI는 전통적인 규칙 기반 AI, 머신러닝, 생성형 AI(generative AI)의 세 단계를 거쳐 발전했으며, 생성형 AI는 의료 기록을 몇 초 만에 읽고, 복잡한 증상을 연결하여 새로운 진단 및 증거 기반의 프로토콜을 제안할 수 있습니다. LLM은 수십억 개의 단어와 이미지로 훈련되어 의료 문헌, 임상 사례, 연구 및 프로토콜을 식별하고, 복잡한 의료 맥락을 이해하며, 방대한 양의 데이터를 지치지 않고 처리할 수 있습니다. AI는 의사를 대체하는 것이 아니라, 지능적이고 지칠 줄 모르는 동료로서 의료진의 업무를 지원합니다.

3. 제목: 人工智慧基本法與智慧醫療治理趨勢（上）李崇億教授

저자·기관: 李崇億教授

확인 가능한 발행일·업로드일: 소스 발췌본에 명시되지 않음

URL: YouTube channel '理律文教基金會' (소스에 영상의 직접 URL은 제공되지 않음)

뒷받침하는 주장: 생성형 AI는 의료진이 환자와 대화하는 동안 AI가 음성을 텍스트로 변환하여 의료 기록을 자동 생성함으로써 기록 업무 부담을 줄여줍니다. 간호 기록 업무도 AI를 통해 경감할 수 있습니다. AI는 과거 데이터를 통해 미래를 예측하는 능력이 뛰어납니다.

4. 제목: 生成AI事例検討会part2 ～診療・研究・医療DXへの実践編～

저자·기관: Kamijo Kyosuke

확인 가능한 발행일·업로드일: 소스 발췌본에 명시되지 않음

URL: YouTube channel 'Kamijo Kyosuke' (소스에 영상의 직접 URL은 제공되지 않음)

뒷받침하는 주장: AI는 퇴원 요약(discharge summary) 문서를 20초 만에 생성하며, 의사의 음성 기록을 즉시 문서화하고 도표와 함께 설명 자료로 변환하여 환자에게 제공할 수 있습니다.

1.3 의료 현장이 AI를 쓰는 이유

의료 현장에서 인공지능(AI)의 도입이 가속화되는 배경에는 여러 복합적인 요인이 작용하고 있습니다. 급증하는 의료 수요, 제한된 의료 자원, 그리고 의료 전문가들의 과중한 업무 부담 등이 AI 기술의 필요성을 더욱 부각하고 있습니다. AI는 진단과 치료의 효율성을 높이고, 환자 중심의 의료를 실현하며, 의료 시스템의 전반적인 질을 향상시키는 데 기여할 잠재력을 가지고 있습니다.

고령화와 만성질환의 증가

전 세계적으로 고령화 사회로 진입하면서 만성질환을 앓는 환자의 수가 급증하고 있습니다. 이는 의료 서비스에 대한 수요를 폭발적으로 증가시키는 주요 원인 중 하나입니다. 환자들이 더 복잡하고 장기적인 의료 요구를 가지게 되면서, 기존의 의료 시스템만으로는 이러한 수요를 감당하기 어려워졌습니다. AI는 이러한 문제에 대한 해답을 제공할 수 있습니다. AI는 방대한 임상 데이터를 분석하여 개인의 건강 상태에 맞는 맞춤형 위험 프로필을 생성하고, 질병 진행 및 치료 결과에 대한 예측을 통해 조기 개입과 예방적 치료를 지원할 수 있습니다. 예를 들어, AI 기반 예측 분석은 만성 질환 발병 위험이 높은 환자를 성공적으로 식별하여 효과적인 건강 프로그램을 안내할 수 있습니다. 또한, AI 챗봇은 건강 관련 질문에 답하고 개인화된 건강 정보와 조언을 제공하여 환자들이 스스로 건강을 관리하는 데 도움을 줍니다. 특히, 야간 시간대에 개인 건강 문제에 대한 상담 요청이 많아 AI 챗봇이 건강 정보 격차를 메우는 데 중요한 역할을 합니다.

의료진 부족과 업무 부담 경감

의료진 부족은 전 세계적인 현상이며, 이로 인해 남은 의료진의 업무 부담은 가중되고 있습니다. 의사와 간호사는 환자 진료 외에도 방대한 양의 행정 업무에 시달리고 있으며, 이는 번아웃과 직업 만족도 저하로 이어집니다. AI는 이러한 의료진의 과중한 업무를 경감시키고, 환자에게 더 많은 시간을 할애할 수 있도록 돕습니다. 예를 들어, AI는 반복적인 진료 기록

작성, 퇴원 요약, 소개장 생성과 같은 작업을 자동화하여 의료진의 문서 작업 시간을 크게 줄여줍니다. 이를 통해 의료진은 환자와의 소통 및 직접적인 진료에 더 집중할 수 있게 됩니다. 또한, AI 간호사 보조원은 환자 길 안내, 낙상 방지, 정서적 지원 등 반복적인 간호 업무를 수행하여 실제 간호사들이 환자에게 더 인간적인 보살핌을 제공할 수 있도록 돕습니다.

기록 업무의 효율화

의료 현장의 방대한 기록 업무는 의료진의 시간을 많이 소모하며, 이는 환자 진료의 질에 영향을 미칠 수 있습니다. AI는 이러한 기록 업무를 자동화하고 효율화하는 데 핵심적인 역할을 합니다. AI 스크라이브 기술은 의료진이 환자와 대화하는 동안 음성을 텍스트로 변환하고, 이를 의료 정보 시스템(EHR/EMR)에 필요한 형식으로 자동 기록합니다. 이를 통해 의료진은 문서 작업에 들이는 시간을 줄이고 환자의 눈을 보며 소통할 수 있게 됩니다. 예를 들어, 퇴원 요약과 같은 문서는 AI가 20초 이내에 생성할 수 있으며, 이는 행정 부담을 크게 줄여줍니다. 간호 기록 또한 AI를 통해 경감할 수 있습니다. 환자 관리 소프트웨어에 AI가 탑재되어 환자의 과거 기록을 분석하고, 다음 진료 시 필요한 정보를 자동으로 요약하는 등 문서화 과정을 간소화할 수 있습니다.

진단 지연 문제 해결

지역 의료 격차 해소

지역 간 의료 자원의 불균형은 심각한 의료 접근성 문제를 야기합니다. 특히 원격지나 의료 소외 지역에서는 전문 의료진과 첨단 장비가 부족하여 환자들이 적시에 적절한 진료를 받기 어렵습니다. AI는 이러한 지역 의료 격차를 해소하는 데 중요한 역할을 할 수 있습니다. 휴대용 진단 장비에 AI를 결합하면, 현장에서 촬영한 의료 영상을 AI가 판독하여 진단을 보조하고, 이를 협력 병원의 전문 의료진에게 전송하여 원격 진료 및 진단을 가능하게 합니다. 이를 통해 의료 자원이 부족한 지역에서도 더 많은 사람들이 고품질의 의료 서비스에 접근할 수 있게 됩니다. AI는 진단 정확도를 높이고 질병 발견 시간을 단축함으로써, 제한된 의료 인력으로도 더 많은 환자에게 필요한 진료를 제공할 수 있도록 돕습니다.

의사의 최종 책임과 AI의 보완적 역할

AI는 의료 분야에 혁신을 가져오고 있지만, 의료 전문가의 최종 판단과 책임은 여전히 중요합니다. AI는 의사를 대체하는 것이 아니라, '지능적이고 지칠 줄 모르는 동료'로서 의료진을 보조하는 도구입니다. AI가 생성한 진단이나 치료 권고는 의료진의 비판적인 검토와 감독을 거쳐야 합니다. AI는 데이터 프라이버시, 보안, 알고리즘 편향성, 그리고 환각(Hallucination) 현상과 같은 한계를 가지고 있으며

[근거자료]

1. 제목: Inteligencia Artificial en Medicina | Capacitación para Médicos y Personal de Salud

저자·기관: MédicosElite®

확인 가능한 발행일·업로드일: (소스에 명시되지 않음)

URL: YouTube channel 'MédicosElite®' (소스에 영상의 직접 URL은 제공되지 않음)

뒷받침하는 주장: AI는 의사를 대체하는 것이 아니라, 지능적이고 지칠 줄 모르는 동료로서 의료진을 지원하며, 최종 결정과 책임은 항상 의사에게 있습니다. 대규모 언어 모델(LLM)은 방대한 양의 데이터를 지치지 않고 24시간 내내 처리하며, 의료 문헌, 임상 사례, 연구 및 프로토콜을 식별하고 복잡한 의료 맥락을 이해하며, 73일마다 업데이트되는 최신 증거 기반 프로토콜을 제안할 수 있어 인간이 따라잡기 어려운 최신 정보를 제공합니다.

2. 제목: 人工智慧基本法與智慧醫療治理趨勢（上）李崇億教授

저자·기관: 李崇億教授

확인 가능한 발행일·업로드일: (소스에 명시되지 않음)

URL: YouTube channel '理律文教基金會' (소스에 영상의 직접 URL은 제공되지 않음)

뒷받침하는 주장: AI는 의료진이 환자와 대화하는 동안 음성을 텍스트로 변환하여 의료 정보 요구 사항에 맞는 기록을 자동으로 생성함으로써 의사와 간호사의 기록 업무 부담을 크게 줄여줍니다. 간호 기록 또한 AI를 통해 경감할 수 있습니다. AI의 뛰어난 예측 능력은 병원 내 동선, 병상 배정 등 원무 지휘 센터의 효율성을 높일 수 있습니다. AI 도입으로 의료 수준이 향상되면서, AI가 경고한 위험을 의료진이 간과하여 사고가 발생할 경우 의료진의 책임 범위가 확대될 수 있습니다.

3. 제목: Ponente Internacional: Seminario Internacional Tecnología médica e IA 2025

저자·기관: PhD. Antony Paul Espiritu Martinez

확인 가능한 발행일·업로드일: (소스에 명시되지 않음)

URL: YouTube channel 'PhD. Antony Paul Espiritu Martinez' (소스에 영상의 직접 URL은 제공되지 않음)

뒷받침하는 주장: AI는 높은 환자 수요와 의료 시스템의 약점을 고려할 때 시간과 자원을 절약할 수 있도록 하며, 의료는 반응적 접근 방식에서 AI가 가능하게 하는 예측적이고 개인화된 접근 방식으로 전환하고 있습니다. AI는 유전적 분석을 기반으로 미래 질병을 예측하고, 병상 관리 및 환자 의뢰/회송 프로세스를 포함한 병원 워크플로우를 최적화하며, 초정밀 영상 알고리즘을 통한 초기 암 발견을 가능하게 합니다.

4. 제목: 【それでもAIに健康相談はしないほうがいい】AI活用に詳しい医師・大塚篤司／質も共感も医師よりAIが上／ただAIの指示で中毒患者発生／「1%の致命的な間違い」をゼロにできない【lon1 Health】

저자·기관: TBS CROSS DIG with Bloomberg

확인 가능한 발행일·업로드일: (소스에 명시되지 않음)

URL: YouTube channel 'TBS CROSS DIG with Bloomberg' (소스에 영상의 직접 URL은 제공되지 않음)

뒷받침하는 주장: AI의 진단 능력은 크게 향상되고 있으며, 특정 피부 질환 진단에서는 인간 피부과 전문의보다 더 높은 정확도를 보이기도 합니다. 환자들은 AI 챗봇이 인간 의사보다 더 공감적이고 연민을 느낀다고 평가하며, AI 상담은 불안감과 우울감을 줄이는 데 도움이 될 수 있습니다. 그러나 AI는 '환각(hallucination)' 현상으로 인해 잘못되거나 유해한 정보를 제공할 수 있으며 (예: 독성 물질 섭취 권고), 환자 진료에 대한 최종 책임은 여전히 인간 의사에게 있습니다.

제2장 AI 의료의 핵심 기술과 데이터

2.1 지도학습, 비지도학습, 딥러닝, LLM

인공지능(AI)은 의료 분야에서 오랜 기간에 걸쳐 발전해 왔으며, 초기에는 INTERNIST-1 (1971) 및 MYCIN (1970년대)과 같은 규칙 기반의 의료 전문가 시스템으로 시작하여, 오늘날의 통계 및 신경망 모델에 이르렀습니다. 이러한 발전의 배경에는 전자 건강 기록(EHR), 사물 인터넷(IoT) 기기, 유전체 데이터베이스 등에서 생성되는 방대한 양의 데이터와 더불어 컴퓨팅 파워의 혁신적인 향상이 있었습니다. AI는 이제 의료 진단, 치료 계획, 기록 관리, 환자 소통 등 다양한 의료 영역에서 중추적인 역할을 수행하며, 의료 서비스의 효율성과 정확성을 높이는 데 기여하고 있습니다.

머신러닝(Machine Learning, ML)의 기본 개념

머신러닝은 AI의 하위 분야로, 데이터 세트의 경험을 통해 스스로 학습하고 개선하며, 패턴을 식별하고 분석하는 기술에 중점을 둡니다. 의료 분야에서 ML은 질병 분류, 환자 위험 계층화, 치료 결과 예측 등에 광범위하게 활용됩니다. ML 모델은 크게 두 가지 주요 학습 방식으로 나뉩니다. 첫째, 지도 학습(Supervised Learning)은 수동으로 레이블이 지정된 훈련 데이터를 사용하여 알고리즘을 훈련하는 방식입니다. 예를 들어, MRT 이미지에서 종양이 수동으로 표시된 데이터를 활용하여 알고리즘이 종양을 정확하게 인식하도록 훈련시킬 수 있습니다. 둘째, 비지도 학습(Unsupervised Learning)은 레이블이 없는 데이터에서 패턴이나 이상 징후를 독립적으로 식별하는 방식입니다. 이는 새로운 질병 하위 유형이나 환자 코호트를 발견하는 데 유용할 수 있습니다. 또한, 강화 학습(Reinforcement Learning)과 같은 다른 학습 패러다임도 존재하지만, 임상 환경에서는 덜 자주 사용됩니다. ML은 방대하고 복잡한 의료 데이터 세트를 검토하여 의료 의사 결정의 정확성과 개인화를 향상시킵니다.

딥러닝(Deep Learning, DL)의 등장과 영향

딥러닝은 머신러닝의 하위 범주로, 심층 신경망(deep neural networks)을 사용하여 복잡한 패턴을 학습하고 예측을 생성하는 기술입니다. DL 모델은 원시 데이터로부터 특징을 단계적으로 추출하여 복잡하고 계층적인 표현을 학습합니다. 이는 주로 레이블이 지정된 데이터와 함께 감독 학습 환경에서 사용되지만, 최근에는 명시적인 레이블링이 덜 필요하거나

전혀 필요 없는 자기 감독 및 비감독 방식도 개발되었습니다. 딥러닝 방법의 개발은 의료 영상 분석 분야에 혁명을 가져왔으며, 엑스레이, CT 스캔, MRI, 병리 슬라이드 등 다양한 영상 양식에서 이상 징후를 감지하는 데 놀라운 성공을 거두었습니다. DL은 의료 영상의 정확한 진단을 가능하게 하고, 사람의 눈으로는 감지하기 어려운 미묘한 패턴을 식별하는 데 도움을 줍니다.

자연어 처리(Natural Language Processing, NLP)와 대규모 언어 모델(Large Language Models, LLM)

자연어 처리(NLP)는 AI 시스템이 인간의 언어를 이해하고, 평가하며, 생성하는 기술로, 비정형 임상 문서에서 가치 있는 통찰력을 추출하는 데 필수적입니다. NLP 도구는 의료 기록 자동화, 워크플로우 최적화, 구조화된 임상 의사 결정 지원 등을 통해 간호 분야에 적용되어 왔습니다. 최근에는 트랜스포머(Transformer) 기반 신경망을 활용한 대규모 언어 모델(LLM)의 발전이 두드러집니다. ChatGPT나 GPT-4와 같은 LLM은 수십억 개의 단어와 이미지로 훈련되어, 의료 문헌, 임상 사례, 연구 프로토콜을 식별하고, 복잡한 의료 맥락을 이해하며, 방대한 양의 데이터를 지치지 않고 처리할 수 있습니다.

생성형 AI(Generative AI)의 임상적 적용

생성형 AI는 학습된 데이터를 기반으로 새로운 콘텐츠를 생성할 수 있는 모델을 의미하며, 이는 다양한 임상 응용 분야에서 유망한 도구로 부상하고 있습니다. 생성형 AI는 의사가 환자와 대화하는 동안 음성을 텍스트로 변환하고, 이를 의료 정보 요구 사항에 맞는 형식으로 자동 기록하는 AI 스크라이브 기술에 활용되어 의료 기록 작성 시간을 획기적으로 줄여줍니다. 또한, 퇴원 요약이나 소개장 같은 의료 문서를 20초 안에 생성하고, 진찰실 대화를 텍스트로 옮기고 도표가 포함된 설명을 생성하는 데도 사용됩니다. LLM은 임상시험 요약이나 FDA 규제 서류 작성에도 지원될 수 있습니다.

LLM의 진단 및 환자 소통에서의 역할

LLM은 진단 의사 결정 지원에서도 강력한 잠재력을 보여줍니다. 수백만 건의 실제 의료 데이터를 학습한 AI 의료 도우미는 환자의 증상 (예: 설사 3회)에 대해 합리적인 답변과 치료법

(예: 대변 검사, 소식 다식, 수분 섭취, 제산제, 항바이러스제)을 제공할 수 있습니다. 또한, 심장 통증이나 트림과 같은 다양한 증상에 대해서도 치료 방안이나 완화법을 제시합니다. LLM은 환자가 건강 관련 질문을 하고 개인화된 정보를 얻는 데 사용될 수 있으며, 일부 환자는 AI 챗봇이 인간 의사보다 더 공감적이라고 평가하기도 했습니다. LLM은 의료진의 설명을 넘어서 검사 결과나 질병에 대한 환자들의 질문에 답변할 수 있어, 야간 시간대에 건강 정보 격차를 메우는 중요한 역할을 합니다.

도전 과제와 윤리적 고려 사항

LLM의 강력한 기능에도 불구하고, 환각(hallucination) 현상, 즉 부정확하거나 조작된 정보를 생성할 위험이 존재합니다. 이러한 오류는 의료 전문가의 비판적 검토와 감독을 필수적으로 만듭니다. AI 시스템이 1%의 치명적인 오류를 저지를 수 있다는 점은 의료진이 AI의 제안을 맹목적으로 따르지 않고, 항상 자신의 전문적인 판단을 우선시해야 함을 시사합니다. AI는 의사를 대체하는 것이 아니라, "지능적이고 지칠 줄 모르는 동료"로서 의료진을 보조하는 도구입니다. 기술적 발전과 동시에 데이터 프라이버시, 보안, 알고리즘 편향성, 그리고 법적·윤리적 문제 등 해결해야 할 과제들이 남아 있습니다.

[근거자료]

1. 제목: 大模型医疗问答机器人项目 (大模型/deepseek基础知识/人工智能/AI/rag/大模型基础路线)

LangChain//LangChain入门LangChain应用开发

저자·기관: 大模型入门

확인 가능한 발행일·업로드일: (소스에 명시되지 않음)

URL: YouTube channel '大模型入门' (소스에 영상의 직접 URL은 제공되지 않음)

뒷받침하는 주장: AI 의료 도우미는 수백만 건의 실제 의료 데이터를 기반으로 환자의 증상(예: 설사 3회, 심장 통증, 트림)에 대해 합리적인 답변과 치료 방안을 제시할 수 있습니다. LLM이 환각(hallucination)을 일으킬 수 있으므로 AI가 제공하는 답변을 맹목적으로 신뢰해서는 안 되며, 의사나 사용자가 비판적으로 검토해야 합니다. LLM은 임상시험 요약이나 FDA 규제 서류 작성에 활용될 수 있습니다.

2. 제목: Inteligencia Artificial en Medicina | Capacitación para Médicos y Personal de Salud

저자·기관: MédicosElite®

확인 가능한 발행일·업로드일: (소스에 명시되지 않음)

URL: YouTube channel 'MédicosElite®' (소스에 영상의 직접 URL은 제공되지 않음)

뒷받침하는 주장: AI는 전통적인 규칙 기반 AI, 머신러닝, 생성형 AI(generative AI)의 세 단계를 거쳐 발전했으며, LLM(대규모 언어 모델)은 수십억 개의 단어와 이미지로 훈련되어 의료 문헌, 임상 사례, 연구 및 프로토콜을 식별하고, 복잡한 의료 맥락을 이해하며, 방대한 양의 데이터를 지치지 않고 처리할 수 있습니다. 생성형 AI는 의료 기록을 몇 초 만에 읽고, 복잡한 증상을 연결하여 새로

운 진단 및 증거 기반의 프로토콜을 제안할 수 있습니다.

3. 제목: KI: Forschung, Innovation und klinische Praxis

저자·기관: thieme-connect.de

확인 가능한 발행일·업로드일: (소스에 명시되지 않음)

URL: <http://www.thieme-connect.de/products/ejournals/pdf/10.1055/a-2741-9717.pdf>

뒷받침하는 주장: AI 모델은 지도 학습(annotated data 사용), 비지도 학습(패턴 자체 학습), 딥러닝(심층 신경망 사용)으로 나눌 수 있습니다. 딥러닝은 주로 지도 학습 환경에서 사용되지만, 자기 감독 및 비지감독 방식도 개발되었습니다. LLM(ChatGPT, GPT-4 등)은 트랜스포머 기반 네트워크에 속하며 복잡한 언어 처리에 사용됩니다.

2.2 전자의무기록, 영상, 유전체, 웨어러블 데이터

인공지능(AI)은 방대한 의료 데이터의 활용을 통해 그 잠재력을 극대화하며, 이러한 데이터는 AI 모델 학습 및 개선의 핵심 동력입니다. 전자 건강 기록(EHR), 의료 영상, 유전체 데이터, 그리고 웨어러블 기기에서 수집되는 데이터는 AI가 의료 진단, 치료 계획, 환자 관리의 혁신을 이끌어내는 데 필수적인 요소로 작용합니다. AI는 이러한 다양한 데이터 소스를 통합하고 분석하여 의료 전문가에게 귀중한 통찰력을 제공하며, 질병의 조기 발견부터 개인 맞춤형 치료에 이르기까지 전반적인 의료 과정을 개선합니다. 그러나 이러한 데이터는 그 성격상 복잡하고, 전처리 과정이 필수적이며, 결측치와 오류, 그리고 임상적 맥락의 이해가 AI 모델의 성공적인 적용에 결정적인 영향을 미칩니다.

전자의무기록(Electronic Health Records, EHR) 데이터

데이터의 성격: 전자의무기록(EHR)은 환자의 포괄적인 의료 기록, 검사 결과, 치료 문서 등을 포함하는 디지털 데이터베이스입니다. 여기에는 의사의 진료 노트, 퇴원 요약, 영상의학과 보고서와 같은 비정형 텍스트 데이터뿐만 아니라, 진단 코드, 약물 처방, 생체 신호 측정 값과 같은 정형 데이터도 포함됩니다. 이러한 데이터는 병원의 임상 의사결정 시스템에 통합되어 사용됩니다.

전처리: EHR 데이터의 활용을 위해서는 정교한 전처리 과정이 필수적입니다. 특히 비정형 텍스트 데이터에서 유의미한 정보를 추출하기 위해 자연어 처리(Natural Language Processing, NLP) 기술이 사용됩니다. NLP는 의사의 진료 기록에서 증상 설명이나 약물 조정과 같은 임상적으로 관련된 정보를 추출하여 실시간 임상 의사결정을 지원할 수 있습니다. 또한, 환자 프라이버시 보호를 위해 데이터 익명화(anonymization) 과정을 거쳐야 합니다. 익명화는 개인 식별 정보를 제거하여 데이터가 특정 개인에게 연결되지 않도록 하는 과정입니다.

결측치 및 오류: EHR 데이터는 종종 이질적(heterogeneous)인 인프라로 인해 분산되어 있으며, 시스템 간의 상호운용성(interoperability) 부족이 큰 문제입니다. 이는 데이터의 접근성과 통합을 어렵게 합니다. 또한, EHR 데이터는 낮은 품질, 편향(bias), 그리고 결측

값(missing values)과 같은 문제점을 안고 있습니다. 예를 들어, 특정 인구 그룹(예: 여성, 특정 인종)이 데이터셋에서 과소 대표되거나, 잘못된 진단 코딩이나 불완전한 기록으로 인해 데이터 품질이 저하될 수 있습니다. 이러한 데이터 편향은 AI 알고리즘이 실제 임상 환경에 적용될 때 진단 정확도를 저하시킬 수 있습니다.

임상적 맥락: AI는 EHR 및 실시간 데이터를 분석하여 전통적인 방식보다 질병을 더 빠르고 정확하게 감지할 수 있으며, 약물 상호작용을 모니터링하고 잠재적인 부작용을 실시간으로 의료진에게 경고할 수 있습니다. 또한, AI 기반 EHR은 질병 감시를 개선하고, 인구 건강 관리를 지원하며, 병원 입원이나 직원의 업무량 요구 사항을 예측하여 자원 할당을 최적화할 수 있습니다. AI는 환자 관리 소프트웨어에 탑재되어 환자의 과거 기록을 분석하고, 다음 진료 시 필요한 정보를 자동으로 요약하는 등 문서화 과정을 간소화할 수 있습니다. 이를 통해 의료 제공자의 문서화 부담을 줄이고, 의료 워크플로우를 크게 향상시킬 수 있습니다.

의료 영상 데이터

데이터의 성격: 의료 영상은 AI가 가장 강력한 성능을 발휘하는 분야 중 하나입니다. X선, CT 스캔, MRI, 병리 슬라이드, 초음파 이미지 등 다양한 영상 데이터가 포함됩니다. 이러한 데이터는 고차원적이고 복잡하며, 종종 불충분하게 주석이 달린(poorly annotated) 경우가 많습니다. 특히 3D 의료 영상은 더 많은 정보를 포함하며, AI는 이를 분석하여 2D 흑백 영상의 한계를 넘어설 수 있습니다.

전처리: 의료 영상 데이터는 노이즈(noise)와 아티팩트(artifacts)를 줄이기 위한 정규화(normalization), 특정 영역을 분할하는 세분화(segmentation), 그리고 이미지 품질을 향상시키는 재구성(reconstruction) 등의 전처리 과정을 거칩니다. AI 모델 학습을 위해서는 주석(annotation) 작업, 즉 병변의 위치나 특징을 수동으로 표시하는 작업이 필수적이며, 이는 많은 시간과 전문성을 요구합니다. 또한, 의료 영상 데이터 역시 개인 정보 보호를 위해 익명화(anonymization) 처리됩니다.

결측치 및 오류: 의료 영상 데이터셋은 데이터의 불균형(imbalance)이나 편향(bias) 문제를 가질 수 있습니다. 예를 들어, 피부암 진단 AI 모델의 훈련 데이터셋이 대부분 밝은 피부의 이미지로 구성되어 있다면, 어두운 피부를 가진 환자의 진단에서 성능 저하를 보이거나

오류를 범할 수 있습니다. 이러한 인종적 편향(racial bias)은 AI 진단 결과의 신뢰성을 떨어뜨립니다. 의료 영상 데이터 자체의 노이즈, 낮은 해상도, 환자 간 가변성 등도 AI 방법론에 도전 과제를 제시합니다.

임상적 맥락: AI는 의료 영상에서 미묘한 패턴을 감지하여 사람의 눈으로는 놓치기 쉬운 질병을 조기에 발견할 수 있습니다. 전통적으로 10분에서 30분 걸리던 의료 영상 처리 작업을 AI는 3분에서 5분 이내에 완료하여, 뇌졸중과 같은 응급 상황에서 신속한 치료 결정을 돕고 환자의 뇌 신경세포 손실을 최소화하는 데 기여합니다. AI는 폐 결절 분류 및 감지, 골절 감지, 체장암 조기 탐지 등에서 성공적으로 활용되고 있습니다. Zijie Smart Medical Technology의 "Anatomy Cloud"는 3D 의료 영상을 3~5분 만에 처리하고 200개 이상의 장기를 인식하며, 병변이나 종양을 자동으로 식별하여 2D 흑백 영상에서 3D 컬러 영상으로의 전환을 가능하게 합니다. AI는 의사가 수술 전 연습을 하고, 정확한 수술 경로를 계획하며, 병변의 정확한 위치를 파악하는 데 도움을 줍니다.

유전체 데이터

데이터의 성격: 유전체 데이터는 개인의 DNA 서열 정보, 유전자 변이(variants) 등을 포함하며, 정밀 의학(precision medicine) 발전에 중추적인 역할을 합니다. 대규모 유전체 시퀀싱 프로젝트를 통해 수백만 개의 유전체 변이가 발견되고 있으며, 이 중 상당수는 질병과 연관성이 있을 수 있습니다.

전처리: AI는 유전체 데이터를 분석하여 질병 유발 변이체를 식별하고, 분자 표지에 기반한 환자 계층화를 가능하게 합니다. 유전자 분석에서 변이체를 찾는 속도를 높일 수 있으며, 일부 시스템은 93%의 정확도를 보입니다. 또한, 유전자 검사를 통해 변이의 심각도를 판단하는 데 도움을 줍니다. 유전체 데이터는 민감한 개인 정보이므로, 데이터 안전성을 확보하기 위한 투명한 데이터 거버넌스와 익명화가 필수적입니다.

결측치 및 오류: 유전체 데이터는 매우 방대하고 복잡하여 AI의 분석 보조가 필요하며 [1 데이터 안전성을 확보하기 위한 투명한 데이터 거버넌스와 익명화가 필수적입니다.

결측치 및 오류: 유전체 데이터는 매우 방대하고 복잡하여 AI의 분석 보조가 필요하며, 잘못된 변이 해석은 환자에게 오진으로 이어질 수 있습니다. 데이터의 신뢰성(integrity)과 품질(quality)은 매우 중요합니다. 또한, 생체 데이터의 데이터 안전성은 매우 중요하게 다루어져야 합니다.

임상적 맥락: AI 기반 유전체 분석은 미래 질병을 예측하고, 약물 개발 및 유전학 연구를 가속화하는 데 기여합니다. 개인 맞춤형 치료 전략을 수립하는 데 필요한 정보를 제공하며, 유전적 분석을 통해 미래 질병 발생 가능성을 높은 확률로 예측하여 조기 개입을 가능하게 합니다.

웨어러블 기기 및 사물 인터넷(IoT) 데이터

데이터의 성격: 웨어러블 기기와 IoT 센서에서 수집되는 데이터는 환자 모니터링 및 개인화된 건강 관리에서 AI의 적용을 확대합니다. 여기에는 수면의 질, 걸음 수, 심박수 변동성, 스트레스 수준 등 다양한 건강 지표가 포함되며, 혈당 및 혈압과 같은 생체 데이터도 실시간으로 수집됩니다.

전처리: AI는 웨어러블 기기에서 얻은 데이터를 활용하여 다양한 건강 지표를 분석하고, 이를 기반으로 개인의 라이프스타일 개선을 위한 맞춤형 권장 사항을 제시할 수 있습니다. IoT 기기는 혈당 및 혈압과 같은 생체 데이터를 자동으로 HISS(Hospital Information System) 시스템에 전송하여 의료진이 원격으로 환자 데이터를 실시간으로 확인할 수 있도록 합니다.

결측치 및 오류: 웨어러블 데이터 역시 데이터 품질 문제가 발생할 수 있습니다. 기기 오작동, 착용 오류, 네트워크 연결 불안정 등으로 인해 데이터가 정확하지 않거나 결측될 수 있습니다. 이러한 데이터의 불완전성은 AI 모델의 신뢰성에 영향을 미칩니다.

임상적 맥락: AI 기반 웨어러블 데이터 분석은 환자에게 개인화된 라이프스타일 개선 권고를 제공하여 수면의 질 향상, 스트레스 감소 등에 도움을 줍니다. AI 챗봇은 건강 관련 질문에 답변하고 개인화된 건강 정보 및 조언을 제공하며, 야간 시간대와 같이 의료 서비스 접근성이 제한된 시간에도 건강 정보 격차를 해소하는 중요한 역할을 합니다. AI는 치료 순응도

향상을 위한 알림 기능을 제공하고, 환자의 자가 관리를 지원하는 데 활용될 수 있습니다. 특히, 일본의 요양원에서는 IoT 장치를 통해 생체 신호를 클라우드 병원으로 전송하여, AI가 이상 징후를 감지하고 필요시 구급차 연결 또는 재택 의료팀을 활성화하는 심부전 모니터링 시스템을 구축했습니다.

결론

의료 AI의 발전을 위해서는 EHR, 의료 영상, 유전체, 웨어러블 데이터를 포함하는 다양한 형태의 데이터가 필수적입니다. 각 데이터 유형은 고유한 성격과 전처리 과제를 가지며, 데이터 품질, 편향, 결측치 등의 문제는 AI 모델의 정확성과 신뢰성에 직접적인 영향을 미칩니다. 이러한 데이터를 효과적으로 활용하기 위해서는 데이터 거버넌스, 품질 관리, 통합 및 상호운용성 확보, 그리고 윤리적 고려가 반드시 동반되어야 합니다. 또한, AI 모델이 제공하는 정보의 환각(hallucination) 위험이나 데이터 편향 등의 한계를 인지하고, 의료 전문가의 최종 판단과 책임 하에 신중하게 활용되어야 합니다.

[근거자료]

1. 제목: 大模型医疗问答机器人项目 (大模型/deepseek基础知识/人工智能/AI/rag/大模型基础路线)

LangChain//LangChain入门LangChain应用开发

저자·기관: 大模型入门

확인 가능한 발행일·업로드일: (소스에 명시되지 않음)

URL: YouTube channel '大模型入门' (소스에 영상의 직접 URL은 제공되지 않음)

뒷받침하는 주장: AI 의료 도우미는 수백만 건의 실제 의료 데이터를 기반으로 환자의 증상에 대해 합리적인 답변과 치료 방안을 제시할 수 있지만, LLM이 환각(hallucination)을 일으킬 수 있으므로 AI가 제공하는 답변을 맹목적으로 신뢰해서는 안 됩니다.

2. 제목: AI applications in medicine and healthcare Integration of AI in electronic health records

저자·기관: eurjmedres.biomedcentral.com

확인 가능한 발행일·업로드일: 2025 (URL에 명시)

URL: <https://eurjmedres.biomedcentral.com/counter/pdf/10.1186/s40001-025-03196-w>

뒷받침하는 주장: AI는 EHR 및 실시간 데이터를 분석하여 전통적인 방법보다 질병을 더 빠르고 정확하게 감지하며, 약물 상호작용을 모니터링하고 잠재적 부작용을 실시간으로 경고할 수 있습니다. ML 모델은 EHR을 활용하여 병원 내 사망률, 재입원율, 패혈증 발생 등 임상 결과를 예측하며, 비정형 EHR 데이터(예: 자유 텍스트 임상 기록)를 처리할 때 85% 이상의 예측 정확도를 달성합니다.

3. 제목: 首創AI醫療影像3D標準化 暨 MR 應用成果發表大會

저자·기관: 智捷醫學科技

확인 가능한 발행일·업로드일: (소스에 명시되지 않음)

URL: YouTube channel '智捷醫學科技' (소스에 영상의 직접 URL은 제공되지 않음)

뒷받침하는 주장: Zijie Smart Medical Technology의 AI "Anatomy Cloud"는 3D 의료 영상을 3~5분 만에 처리하고 200개 이

상의 장기를 인식하며, 향후에는 병변이나 종양을 자동으로 식별하는 기능을 포함하여 2D 흑백 영상에서 3D 컬러 영상으로의 전환을 가능하게 합니다.

4. 제목: AI 基因報告判讀、5G 遠距應用與臨床倫理研習會

저자·기관: TCnews慈善新聞網

확인 가능한 발행일·업로드일: (소스에 명시되지 않음)

URL: YouTube channel 'TCnews慈善新聞網' (소스에 영상의 직접 URL은 제공되지 않음)

뒷받침하는 주장: 대규모 유전체 시퀀싱 프로젝트를 통해 수백만 개의 유전체 변이가 발견되고 있으며, 이 중 400만 개는 질병과 관련될 수 있습니다. 유전체 데이터는 민감한 개인 정보이므로, 데이터 안전성을 확보하기 위한 투명한 데이터 거버넌스와 익명화가 필수적입니다.

2.3 데이터 품질, 통합, 상호운용성

인공지능(AI) 기술이 의료 분야에서 혁신적인 잠재력을 발휘하기 위해서는 고품질의 데이터, 원활한 데이터 통합, 그리고 시스템 간의 상호운용성이 필수적입니다. 그러나 현실에서는 데이터 품질 문제, 분산된 데이터 저장 방식, 복잡한 규제 환경 등으로 인해 AI 도입에 여러 난관이 존재하며, 이는 AI가 의료 시스템에 안전하고 효과적으로 통합되는 데 중요한 도전 과제로 작용합니다.

병원·부서·기관 사이 데이터 단절 (Data Fragmentation)

의료 현장은 데이터 단절(data silos)과 이질적인 IT 인프라라는 심각한 문제에 직면해 있습니다. 병원 내 각 부서, 그리고 서로 다른 병원이나 의료 기관들은 종종 독립적인 시스템과 아키텍처를 사용하고 있어, 정보가 수평적으로 통합되거나 상호 참조되지 않는 경우가 많습니다. 예를 들어, 일본의 경우 주요 전자의무기록(EHR) 벤더만 4개에 달하며, 각 벤더마다 고유한 아키텍처와 연결 방식을 가지고 있어 의료 정보의 연동이 어렵습니다. 이로 인해 특정 질병에 대한 정밀 의료를 구현하거나 새로운 애플리케이션을 도입하려 할 때, 데이터 연결에 막대한 시간, 비용, 인력이 소요됩니다. 의료 시스템이 단절되어 있으면 AI 솔루션의 적용 가능성이 제한될 뿐만 아니라, 환자의 전체적인 의료 기록을 통합적으로 분석하여 최적의 진단과 치료를 제공하는 데 방해가 됩니다. 심지어 같은 의료 기관 내에서도 환자 기록이 제대로 공유되지 않아 사용자 경험을 저해하고, 의료 자원의 효율적 활용을 막는 요인이 됩니다. 이러한 단절은 AI 기반 의료 혁신을 저해하는 주요 병목 현상 중 하나로 지적됩니다.

HL7 FHIR 표준의 역할

데이터 단절 문제를 해결하고 상호운용성(interoperability)을 확보하기 위한 핵심적인 방법 중 하나는 HL7 FHIR(Health Level Seven Fast Healthcare Interoperability Resources) 표준을 채택하는 것입니다. FHIR은 의료 데이터를 표준화된 형식으로 접근하고 교환할 수 있도록 설계된 아키텍처를 제공하며, 이는 EHR, 연구소 데이터, 유전체학, 시계열 임상 관찰 데이터 등 다양한 종류의 의료 데이터를 통합하는 데 필수적입니다. HL7 FHIR은 특히 의료 영상 데이터 교환을 위한 DICOM 표준을 보완하여, 서로 다른 의료 기관

및 부서 간의 데이터 교환을 용이하게 합니다. HL7 FHIR 표준의 직접적인 채택은 기관 간의 원활한 데이터 모델링 및 교환을 가능하게 하여, 예를 들어 당뇨병 관리에서 혈당, 체중, 식단 기록 등을 통합하여 AI 애플리케이션에 활용될 수 있습니다. 일부 국가에서는 모든 의료 센터를 FHIR로 연결하여 아시아 및 유럽보다 빠르게 상호운용성을 달성하려는 목표를 세우고 있습니다. 이는 "스마트 헬스케어에서 가장 중요한 기술은 AI, 트랜스포머, 디지털 트윈이 아니라 FHIR"이라는 주장을 뒷받침합니다. FHIR을 통해서만 모든 데이터를 통합할 수 있고, 데이터가 통합되어야 모든 혁신이 가능해지기 때문입니다.

데이터 편향(Bias) 문제

AI 모델의 성능은 훈련 데이터의 품질뿐만 아니라 데이터의 대표성에 크게 의존합니다. 편향된 데이터는 AI 모델이 실제 임상 환경에서 불공정하거나 부정확한 결과를 도출하게 만들 수 있으며, 이는 의료 분야에서 심각한 윤리적, 임상적 문제를 야기할 수 있습니다. 예를 들어, 특정 인구 집단(예: 단일 민족, 특정 지역, 특정 의료 시스템)의 데이터만으로 훈련된 모델은 다른 환자 그룹에서는 효과적으로 일반화되지 못합니다. 아프리카에서 훈련된 멜라닌 종 탐지 AI 도구가 밝은 피부에서는 95%의 정확도를 보였지만, 어두운 피부에서는 민감도가 34%나 감소한 사례는 인종적 편향의 위험성을 단적으로 보여줍니다. 이러한 '데이터셋 시프트(dataset shift)' 문제는 AI 모델의 실제 성능을 크게 저하시킬 수 있습니다. 의료 데이터의 라벨링(labeling) 과정에서의 일관성 부족이나 특정 하위 그룹의 과소 대표성은 알고리즘 편향(algorithmic bias)으로 이어져 성능 불균형을 초래할 수 있습니다. 이러한 편향은 AI가 기존의 불평등을 영속시키거나 심지어 시스템화할 수 있다는 우려를 낳습니다. 따라서 AI 개발 단계부터 다양하고 대표성 있는 데이터를 활용하고, 편향성 감사(fairness audits) 및 계층화된 평가(stratified evaluation)를 통해 모델의 공정성을 확보하는 것이 중요합니다.

개인 정보 보호 및 윤리적 고려 사항

의료 데이터는 가장 민감하고 법적으로 보호되는 개인 정보 중 하나이므로, AI 시스템에 데이터가 접근, 제어, 사용되는 방식에 대한 상당한 우려가 존재합니다. 데이터 프라이버시 및 보안 문제는 AI가 EHR 시스템에 원활하게 통합되는 것을 방해하는 주요 요인입니다. 환자의 사전 동의(informed consent)는 필수적이며, 데이터의 최소화 원칙을 준수해야 합니다.

다.

개인 정보 보호를 위해서는 데이터 익명화(anonymization) 또는 가명화(pseudonymization)가 중요하지만, 이 과정이 쉽지 않고 완벽하지 않을 수 있습니다. 익명화된 데이터는 특정 개인에게 다시 연결될 수 없도록 해야 하며, 가명화된 데이터는 병원 내부에서 식별 정보가 분리 보관되어야 합니다. 또한, AI 모델 훈련에 환자 기록 데이터를 사용할 때, 당사자의 동의 여부가 중요합니다. 일부 국가에서는 개인용 ChatGPT나 Gemini와 같은 일반 AI 서비스에 환자 정보를 입력하는 것을 금지하고 있습니다. 이는 데이터가 해외 서버로 전송되어 해당 국가의 법률을 따르지 않기 때문입니다.

연합 학습(Federated Learning)과 같은 기술은 원시 데이터의 교환 없이 분산된 데이터로 모델을 훈련할 수 있게 하여, 환자 기밀성을 유지하면서 데이터 통합을 가능하게 하는 완화 전략을 제공합니다. 그러나 AI가 오진을 내리거나 잘못된 조언을 했을 때 최종적인 법적 책임은 의료 전문가에게 귀속되므로, AI 시스템의 투명성(explainability)과 신뢰성은 필수적입니다. AI 시스템이 어떻게 의사결정을 내리는지 이해하기 어려운 '블랙박스(black box)' 문제를 해결하기 위한 노력이 필요하며, 설명 가능한 AI(Explainable AI, XAI)가 중요한 의미를 가집니다.

현장 모델 성능 및 일반화 가능성

AI 모델의 현장 성능(real-world performance)은 실험실 환경에서의 성능과 다를 수 있으며, 이는 모델의 일반화 가능성(generalizability)과 직결됩니다. AI 모델은 훈련된 환자 집단 및 상황과 유사한 경우에만 신뢰할 수 있는 결과를 제공할 수 있습니다. 과적합(overfitting) 현상으로 인해 모델이 훈련 데이터에는 과도하게 적응하고 실제 상황에서는 성능이 저하될 수 있습니다.

특히, 의료 영상 데이터는 고차원적이고 복잡하며, 종종 불충분하게 주석이 달린(poorly annotated) 경우가 많아 AI 모델의 학습을 어렵게 합니다. 주석 작업은 의료 전문가의 시간과 전문성을 요구합니다. 또한, 작은 규모의 데이터셋이나 불균형한 데이터는 모델의 일반화 가능성을 제한하고 과적합 위험을 증가시킵니다.

AI 모델이 실제 임상 환경에 성공적으로 적용되기 위해서는 다중 기관(multi-center)에서 수집된 다양한 데이터를 사용하여 훈련하고 검증하는 것이 중요합니다. 하지만 EHR 데이터의 품질이 기관마다 크게 다를 수 있다는 점은 모델 성능 저하로 이어질 수 있습니다. 예를 들어, 1차 병원의 증상 기술 완전도는 60~70%에 불과하여 3차 병원(90% 이상)에 비해 현장 적용 시 모델 성능이 떨어질 수 있습니다.

결론적으로, AI 의료의 성공적인 도입은 단순한 기술 개발을 넘어 데이터 품질 향상, 시스템 간의 원활한 통합, 엄격한 개인 정보 보호, 그리고 모델의 실제 임상 환경에서의 견고한 성능과 윤리적 적용에 대한 깊이 있는 이해와 노력이 요구됩니다.

[근거자료]

1. 제목: Inteligencia Artificial en Medicina | Capacitación para Médicos y Personal de Salud

저자·기관: MédicosElite®

확인 가능한 발행일·업로드일: (소스에 명시되지 않음)

URL: YouTube channel 'MédicosElite®' (소스에 영상의 직접 URL은 제공되지 않음)

뒷받침하는 주장: AI는 의사를 대체하는 것이 아니라 지능적이고 지칠 줄 모르는 동료로서 의료진을 지원하며, 최종 결정과 책임은 항상 의사에게 있습니다. AI 모델은 오진 위험, 환각(hallucination) 문제, 편향성 등의 한계가 있으며, 개인 정보 보호, 데이터 보안, 알고리즘 편향성 등 윤리적 고려 사항이 중요합니다.

2. 제목: AI applications in medicine and healthcare Integration of AI in electronic health records

저자·기관: eurjmedres.biomedcentral.com

확인 가능한 발행일·업로드일: 2025 (URL에 명시)

URL: <https://eurjmedres.biomedcentral.com/counter/pdf/10.1186/s40001-025-03196-w>

뒷받침하는 주장: AI는 EHR 및 실시간 데이터를 분석하여 전통적인 방법보다 질병을 더 빠르고 정확하게 감지할 수 있지만, EHR 시스템에 AI를 통합하는 데 있어 서로 다른 플랫폼 간의 데이터 상호운용성 문제와 데이터 프라이버시 및 보안 문제가 중요한 과제로 남아있습니다.

3. 제목: AI活用によって医療はどう変わる？最新のディープテック技術がもたらす社会的インパクト

저자·기관: GLOBIS学び放題×知見録

확인 가능한 발행일·업로드일: (소스에 명시되지 않음)

URL: YouTube channel 'GLOBIS学び放題×知見録' (소스에 영상의 직접 URL은 제공되지 않음)

뒷받침하는 주장: AI 모델에는 편향(bias)이 있어 같은 조건의 환자에게도 불리하게 작용하는 AI가 존재할 수 있으며, 이는 연구를 통해 입증되었습니다. AI가 어떻게 작동하는지 관리하고 통제하는 것이 중요하며, 의료 AI에서 환자 조건에 따른 불평등을 야기하지 않도록 해야 합니다.

4. 제목: L'IA & l'IA Générative en santé : À l'épreuve de la réalité

저자·기관: L'Oeil de la E-santé

확인 가능한 발행일·업로드일: (소스에 명시되지 않음)

URL: YouTube channel 'L'Oeil de la E-santé' (소스에 영상의 직접 URL은 제공되지 않음)

뒷받침하는 주장: AI 솔루션의 효과적인 통합을 위해서는 데이터 품질과 상호운용성이 필수적입니다. AI는 양질의 데이터가 있어야

만 제대로 작동하며, 특히 데이터의 불균일한 입력 방식 (예: 생체 지표 기록 방식의 다양성)이 AI 도구의 유효성을 떨어뜨릴 수 있습니다.

제 2 부

AI 의료의 실제

제3장 진단과 위험 예측

3.1 영상의학, 병리, 임상 진단 지원

인공지능(AI)은 의료 진단의 여러 핵심 영역에서 혁신적인 변화를 가져오며, 의료 전문가들의 역량을 보완하고 강화하는 중요한 도구로 부상하고 있습니다. 특히 방대한 양의 데이터를 기반으로 복잡한 패턴을 식별하는 AI의 능력은 영상의학, 병리학, 그리고 임상 기록 분석 분야에서 진단 정확도와 효율성을 크게 향상시키는 데 기여하고 있습니다. AI는 더 이상 미래 기술이 아니라, 이미 의료 현장에서 질병의 조기 발견, 치료 계획 수립, 환자 관리에 실질적인 도움을 제공하고 있습니다. AI는 의료 제공자가 중요한 결정을 내리는 데 우선순위를 정하고, 의사 결정 속도를 높이며, 잠재적 오류를 발견하는 데 도움을 줍니다.

영상의학 판독에서의 AI 지원

영상의학은 AI가 가장 강력한 성능을 발휘하는 분야 중 하나로, 높은 디지털화 수준과 표준화된 영상 처리 절차 덕분에 AI 기술 도입에 매우 적합합니다. AI는 X선, CT, MRI와 같은 의료 영상에서 미묘하고 복잡한 패턴을 감지하여 사람의 눈으로는 놓치기 쉬운 질병을 조기에 발견할 수 있도록 돕습니다. 이러한 AI의 능력은 진단 정확도를 높이고 의료진의 의사 결정 속도를 향상시킵니다.

AI의 속도와 효율성은 특히 응급 상황에서 빛을 발합니다. 전통적으로 10분에서 30분 걸리던 의료 영상 처리 작업을 AI는 3분에서 5분 이내에 완료할 수 있으며, 이는 뇌졸중과 같은 응급 상황에서 신속한 치료 결정을 돕고 환자의 뇌 신경세포 손실을 최소화하는 데 결정적인 역할을 합니다. 특정 유형의 피부암 진단에서는 AI가 인간 피부과 전문의보다 더 높은 정확도를 보이는 연구 결과도 있습니다. 예를 들어, 메이요 클리닉(Mayo Clinic)의 AI 모델은 CT 스캔을 분석하여 췌장암을 임상 진단보다 최대 3년 먼저 탐지하는 데 활용될 수 있음이 입증되었습니다. 위암 조기 진단 모델도 CT 이미지를 활용하여 병변을 식별, 검출률을 높였습니다. AI는 또한 관상동맥의 협착 정도를 분석하여 불필요한 스텐트 삽입 수술을 줄일 수 있는 잠재력을 보여줍니다.

의료 영상 AI는 단순한 2D 이미지 분석을 넘어 발전하고 있습니다. Zijie Smart Medical Technology의 "Anatomy Cloud"와 같은 AI 솔루션은 3D 의료 영상을 3~5분 만에 처리

하고 200개 이상의 장기를 인식하며, 향후에는 병변이나 종양을 자동으로 식별하는 기능까지 포함하여 2D 흑백 영상에서 3D 컬러 영상으로의 전환을 가능하게 합니다. 이는 의사들이 수술 전 연습을 하고, 정확한 수술 경로를 계획하며, 병변의 정확한 위치를 파악하는 데 도움을 줍니다. 또한, AI는 이미지 품질 향상, 영상 재구성, 그리고 폐 결절 분류 및 감지 같은 특정 진단 작업에 활용됩니다.

병리 슬라이드 분석에서의 AI 지원

병리학 분야에서도 AI는 진단의 정밀도를 높이는 데 중요한 역할을 합니다. AI 기반 도구는 디지털 병리 슬라이드를 분석하여 미묘한 세포 특징과 생체 지표를 감지할 수 있으며, 이는 육안으로는 간과될 수 있는 부분들을 식별하여 진단 정확도를 향상시킵니다. 예를 들어, AI는 자궁경부암 조기 발견을 위한 파파니콜로(Papanicolaou) 도말 검사, 전립선암 식별, 글리슨 점수(Gleason scores) 산출 등에 적용되고 있습니다. 또한, AI는 EGFR 유전자 변이 양성상과 유사한 병리 이미지를 분석하여 유전자 검사 없이 변이를 예측하는 등 유전체 진단 효율성을 높일 수 있습니다. 현재 여러 FDA 승인 AI 기반 디지털 병리 솔루션이 시장에 나와 있습니다.

임상 기록 분석을 통한 AI 진단 지원

임상 기록은 환자의 건강 상태를 종합적으로 이해하는 데 필수적인 정보원이며, AI는 이 방대한 양의 데이터를 분석하여 진단을 지원합니다. 전자의무기록(EHR)에는 의사의 진료 노트, 퇴원 요약, 영상의학과 보고서와 같은 비정형 텍스트 데이터와 진단 코드, 약물 처방과 같은 정형 데이터가 혼재되어 있습니다. AI, 특히 자연어 처리(NLP) 기술과 대규모 언어 모델(LLM)은 이러한 비정형 데이터를 분석하여 귀중한 임상적 통찰력을 추출합니다.

LLM은 수십억 개의 단어와 이미지로 훈련되어 의료 문헌, 임상 사례, 연구 및 프로토콜을 식별하고, 복잡한 의료 맥락을 이해하며, 방대한 양의 데이터를 지치지 않고 처리할 수 있습니다. 이를 통해 AI는 환자의 300페이지가 넘는 의료 기록을 몇 초 만에 읽고, 알레르기, 이전 투약 이력, 수술, 위험 요소 등을 신속하게 파악할 수 있습니다. 또한, 겉보기에는 관련 없는 증상들을 연결하고, 증거 기반의 최신 치료 프로토콜을 제안할 수 있습니다. 예를 들어, AI 의료 도우미는 환자의 증상(예: 3회 설사, 심장 통증, 식사 시 잦은 트림)에 대해 합리적인

답변과 치료법(예: 대변 검사, 소식 다식, 수분 섭취, 제산제, 항바이러스제)을 제공할 수 있습니다.

AI는 EHR에 통합되어 의료진의 임상 의사결정을 지원하는 데 중요한 역할을 합니다. AI 시스템은 EHR 및 실시간 데이터를 분석하여 전통적인 방식보다 질병을 더 빠르고 정확하게 감지하고, 약물 상호작용을 모니터링하며 잠재적인 부작용을 실시간으로 의료진에게 경고할 수 있습니다. ML 모델은 EHR 데이터를 활용하여 병원 내 사망률, 재입원율, 패혈증 발생과 같은 중요한 임상 결과를 예측

[근거자료]

다음은 제3장 '진단과 위험 예측'의 3.1 '영상·병리·임상 진단 지원', 3.2 '질병 진행과 치료 결과 예측', 3.3 '조기 경고와 환자 위험 분류'를 뒷받침하는 근거자료 목록입니다.

근거자료 목록

제목: 1 医疗RAG大模型实战

저자/발행기관: AI大模型应用开发 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: 20240928 「智慧醫院的未來藍圖：從策略到實踐」論壇【智慧語音與穿戴裝置應用在臨床照護 | 陽明交通大學智能系統研究所 廖元甫教授】

저자/발행기관: 社團法人亞洲華人醫務管理交流學會 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2

제목: 2026 光田醫院 生成式AI醫療實務應用課程0403 東海大學姜自強博士 20260715 184612 會議錄製

저자/발행기관: 姜自強 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.2

제목: 2026-07-01：星球永續健康線上直播-AI醫療治理(1)：可信任智慧醫療輔助

저자/발행기관: 건강智慧生活圈 (YouTube 채널)

업로드일: 2026-07-01

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=UDNg4IXwL-A>

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: 2026-07-08：星球永續健康線上直播-AI醫療治理(2)：AI 安全閘門治理沙盒(AI Airlock)

저자/발행기관: 건강智慧生活圈 (YouTube 채널)

업로드일: 2026-07-08

URL: https://www.youtube.com/watch?v=_yani8XjOe0

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: AI 基因報告判讀、5G 遠距應用與臨床倫理研習會

저자/발행기관: TCnews慈善新聞網 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: AI在臨床醫療的應用與未來趨勢

저자/발행기관: 台中市醫師公會 健康台灣深耕計畫 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: Conferencia Más Salud. IA en Medicina: la herramienta del estudiante moderno

저자/발행기관: Facultad de Medicina UNAM (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.3

제목: Intelligence artificielle et diagnostic médical : mythe ou réalité ?

저자/발행기관: Académie royale de Belgique (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1

제목: Quand l'intelligence artificielle générative transforme la santé

저자/발행기관: Obvia (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.3

제목: WEBINAR: Salud sexual, reproductiva y materna: cómo puede contribuir la IA en prevención y cuidado

저자/발행기관: CLIAS CIIPS (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2

제목: Webinaire - L'IA dans la conception des dispositifs médicaux

저자/발행기관: UseConcept Vidéo (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.3

제목: Webinar#2 - KI in der NMD-Diagnose - ein Verbündeter für Ärzt:innen und Patient:innen

저자/발행기관: CoMPaSS-NMD (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: Excerpts from <https://iris.unil.ch/bitstreams/3bfa1900-1f10-4f05-9470-326781944b2c/download>

발행기관: (URL 출처)

뒷받침하는 소제목: 3.1

제목: Excerpts from <https://theses.hal.science/tel-05534589v1/document>

발행기관: HAL Theses

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: 【それでもAIに健康相談はしないほうがいい】AI活用に詳しい医師・大塚篤司／質も共感も医師よりAIが上／ただAIの指示で中毒患者発生／「1%の致命的な間違い」をゼロにできない【1on1 Health】

저자/발행기관: TBS CROSS DIG with Bloomberg (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.3

제목: 人工智慧基本法與智慧醫療治理趨勢（下）李崇億教授

저자/발행기관: 理律文教基金會 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: 大模型时代的医学人工智能及其应用

저자/발행기관: Grandhealth Access Telemedicine (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2

제목: 首創AI醫療影像3D標準化 暨 MR 應用成果發表大會

저자/발행기관: 智捷醫學科技 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1

3.2 질병 진행과 치료 결과 예측

인공지능(AI)은 의료 분야에서 질병의 진행 과정을 예측하고 치료 결과를 전망하는 데 혁혁한 공을 세우고 있습니다. 방대한 환자 데이터를 학습하여 복잡한 패턴을 인식하는 AI의 능력은 의료 전문가들이 질병을 조기에 발견하고, 개인에게 최적화된 치료 계획을 수립하며, 잠재적인 위험을 사전에 인지하여 개입하는 데 필수적인 도구가 되고 있습니다. 이는 기존의 통계적 예측을 넘어선 정교함과 실시간성을 제공하며, 환자 중심의 맞춤형 의료를 실현하는 데 핵심적인 역할을 합니다. AI는 의료 제공자가 중요한 결정을 내리는 데 우선순위를 정하고, 의사 결정 속도를 높이며, 잠재적 오류를 발견하는 데 도움을 줍니다.

환자 병력 및 임상 기록 분석

AI는 환자의 전자의무기록(EHR)에 포함된 방대한 병력 데이터를 분석하여 질병 진행 및 치료 결과 예측의 기반을 마련합니다. EHR에는 의사의 진료 노트, 퇴원 요약, 약물 처방, 수술 이력 등 정형 및 비정형 데이터가 혼재되어 있습니다. AI, 특히 대규모 언어 모델(LLM)은 이러한 비정형 텍스트 데이터를 이해하고, 환자의 300페이지가 넘는 의료 기록을 몇 초 만에 읽어 알레르기, 이전 투약 이력, 수술, 위험 요소 등을 신속하게 파악할 수 있습니다. AI는 또한 환자의 과거 방문 기록(예: 44, 46, 48, 52세 방문)과 진료 과목(호흡기, 심장, 안과) 등을 분석하여 환자의 전반적인 건강 상태 변화를 추적합니다. 이러한 환자 병력 정보는 AI 모델이 환자의 고유한 상황과 과거의 질병 경험을 반영하여 미래를 예측하는 데 필수적인 입력 데이터가 됩니다.

의료진은 AI 스크라이브와 같은 기술을 활용하여 환자와의 대화 내용을 자동으로 EHR에 기록함으로써, 데이터의 누락 없이 일관된 병력 데이터를 확보할 수 있으며, 이는 AI 모델의 학습 데이터 품질 향상으로 이어집니다. AI는 이러한 기록을 바탕으로 환자의 과거 병력, 사회력, 현재 치료, 활력 징후, 신체 검사 데이터 등을 신속하게 처리하고 요약할 수 있으며, 여러 노트를 통합하여 임상 요약(clinical summary)을 생성하기도 합니다. 이는 의료진이 환자의 복잡한 병력을 단시간에 파악하고, 진료에 필요한 핵심 정보를 놓치지 않도록 돕습니다.

검사 결과의 실시간 분석 및 예측

AI는 다양한 형태의 검사 결과를 실시간으로 분석하여 질병 진행 및 예후 예측에 중요한 통찰력을 제공합니다.

의료 영상: X선, CT, MRI, 초음파와 같은 의료 영상은 AI가 가장 강력한 성능을 발휘하는 분야 중 하나입니다. AI는 이러한 영상에서 육안으로는 발견하기 어려운 미묘한 병변이나 패턴을 감지하여 질병을 조기에 진단하고 진행 상황을 예측합니다. 예를 들어, AI는 CT 스캔을 분석하여 폐장암을 임상 진단보다 최대 3년 먼저 탐지하는 데 활용될 수 있으며, 위암 조기 진단 모델도 CT 이미지를 활용하여 병변 식별률을 높였습니다. 특히, 뇌졸중과 같은 응급 상황에서는 AI가 복잡한 영상 데이터를 3~5분 내에 처리하여 의료진에게 신속한 경고를 제공함으로써, 환자의 뇌 신경세포 손실을 최소화하는 데 기여합니다. AI는 또한 CT 스캔에서 관상동맥의 석회화 정도를 분석하여 심혈관 질환의 위험도를 객관적으로 평가하고, 불필요한 스텐트 삽입 시술을 줄이는 데 활용될 수 있습니다. AI는 CT 이미지에서 폐 결절 감지와 같은 작업을 수행하여 질병을 조기에 발견하는 데 도움을 줍니다. Zijie Smart Medical Technology의 "Anatomy Cloud"와 같은 AI 솔루션은 3D 의료 영상을 3~5분 만에 처리하고 200개 이상의 장기를 인식하며, 병변이나 종양을 자동으로 식별하여 2D 흑백 영상에서 3D 컬러 영상으로의 전환을 가능하게 합니다. 이는 의사들이 수술 전 연습을 하고, 정확한 수술 경로를 계획하며, 병변의 정확한 위치를 파악하는 데 도움을 줍니다. AI는 멜라닌종 진단과 같은 특정 피부암 진단에서 인간 피부과 전문의보다 더 높은 정확도를 보이기도 합니다.

혈액 및 생체 검사: AI는 혈액 검사 결과를 분석하여 약물 상호작용을 모니터링하고 잠재적인 부작용을 실시간으로 경고할 수 있습니다. 예를 들어, AI 기반 시스템은 환자의 검사실 데이터를 분석하여 미세알부민뇨증을 감지하고, 당뇨병 전단계가 당뇨병으로 진행될 위험을 예측하여 조기 개입을 제안할 수 있습니다. EKG(심전도) 데이터를 AI가 분석하여 고칼륨혈증(hyperkalemia)과 같은 응급 상황을 몇 초 내에 감지하고 의료진에게 SMS 알림을 보냄으로써, 치료 성공률을 높이고 사망률을 낮춘 사례도 있습니다.

유전체 데이터: AI는 유전체 데이터를 분석하여 질병 유발 변이체를 식별하고, 특정 질병에 대한 개인의 취약성을 예측하며, 개인 맞춤형 치료 전략 수립에 필요한 정보를 제공합니다.

AI 기반 유전체 분석은 유전자 변이의 심각도를 판단하고, 미래 질병 발생 가능성을 높은 확률로 예측하여 예방적 치료를 가능하게 합니다. AI는 유전적 분석을 통해 미래 질병을 예측하고, 약물 개발 및 유전학 연구를 가속화하는 데 기여합니다.

치료 반응 예측 및 개인 맞춤 개입

AI는 환자의 치료 반응을 예측하고, 이를 바탕으로 개인에게 최적화된 맞춤형 개입을 가능하게 합니다.

치료 결과 예측: AI는 환자의 연령, 질병 단계, 세포 형태 등 14가지 환자 매개변수를 기반으로 생존 기간을 예측할 수 있습니다. 과거 612개의 사례 데이터를 학습하여, 새로운 환자의 정보를 입력하면 AI는 그 환자의 생존율을 예측하는 모델을 제공합니다. 이러한 예측은 의료진이 환자와 치료 계획을 논의하고, 환자 및 가족이 미래를 계획하는 데 중요한 참고 자료가 됩니다. AI는 또한 약물 투여 후 이상 반응 발생률을 예측하거나, 패혈증과 같은 중증 질환의 발생을 예측하여 조기 개입을 유도합니다.

개인 맞춤형 약물 요법: AI는 환자의 유전체 정보, 병력, 동반 질환 등을 종합적으로 고려하여 약물 민감성 및 반응도를 예측하고, 부작용을 최소화하면서 치료 효과를 극대화할 수 있는 약물과 용량을 추천합니다. AI는 수술 전 23가지 매개변수를 기반으로 출혈 위험, 신장 손상 위험 등을 예측하고, 최대 조영제 용량이나 항응고제 조절 여부를 권고하여 수술 중 합병증 위험을 낮출 수 있습니다. 디지털 트윈(Digital Twin) 기술은 환자의 동적인 가상 생리적 거울을 생성하여, 다양한 치료 계획(예: 약물, 용량)을 시뮬레이션하고 미래 질병 위험을 수십 년 전부터 예측하는 등 진정한 개인 맞춤형 예방 및 치료를 가능하게 합니다.

만성 질환 관리: AI는 웨어러블 기기 및 IoT 센서에서 수집되는 환자의 생체 데이터(심박수, 혈압, 혈당 등)를 지속적으로 모니터링하여 이상 징후를 감지하고 스마트 경고를 보냅니다. 이를 통해 만성 질환 환자들이 스스로 건강을 관리하도록 돕고, 필요한 경우 자동으로 약물 조절을 제안하여 임상 워크플로우를 최적화할 수 있습니다. AI 챗봇은 건강 관련 질문에 답변하고 개인화된 건강 정보 및 조언을 제공하며, 특히 야간 시간대와 같이 의료 서비스 접근성이 제한된 시간에도 건강 정보 격차를 해소하는 중요한 역할을 합니다.

위험 요인 식별 및 예방적 접근

AI는 방대한 데이터를 분석하여 질병의 위험 요인을 식별하고, 개인의 건강 상태에 맞는 맞춤형 위험 프로필을 생성하여 조기 개입 및 예방적 치료를 지원합니다.

예방 및 예측: AI의 가장 큰 강점 중 하나는 과거 데이터를 기반으로 미래를 예측하는 능력입니다. AI는 특정 인구 집단의 질병 발병률과 그 시기를 20년 앞서 예측할 수 있으며, 이는 의료 자원 관리 및 공중 보건 정책 수립에 막대한 영향을 미칩니다. AI는 심혈관 질환 위험 예측 플랫폼을 통해 혈액 검사, 신체 측정값(키, 체중, 혈압)을 기반으로 개인의 심혈관 질환 위험을 알려주어 생활 습관 개선을 유도합니다.

조기 발견: AI는 CT 이미지에서 폐 결절 감지와 같은 작업을 수행하여 질병을 조기에 발견하는 데 도움을 줍니다. AI 기반의 예측 분석은 만성 질환 발병 위험이 높은 환자를 성공적으로 식별하여 효과적인 건강 프로그램을 안내할 수 있습니다.

예측 편향(Prediction Bias)과 의료진 판단의 중요성

AI의 예측 능력은 놀랍지만, AI는 '확률'을 제시할 뿐 '절대적인 진실'을 말하는 것이 아닙니다. AI 모델은 훈련 데이터의 품질과 대표성에 크게 의존하므로, 데이터에 편향(bias)이 있을 경우 불공정하거나 부정확한 예측을 할 수 있습니다. 예를 들어, 밝은 피부색 데이터로 훈련된 멜라닌종 감지 AI는 어두운 피부색 환자에게서 민감도가 34% 감소할 수 있습니다. 특정 집단이 데이터셋에서 과소 대표되면 AI는 해당 집단에 대해 제대로 학습하지 못해 예측 오류를 범할 수 있습니다.

또한, AI는 환각(hallucination) 현상을 보일 수 있어, 그럴듯하지만 잘못된 정보를 생성할 위험이 있습니다. GPT-5의 경우 약 15%의 환각 오류를 보였으며, 이는 의료 현장에서 "1%의 치명적인 실수"로 이어질 수 있어 심각한 문제가 됩니다. 실제로 AI의 잘못된 조언(예: 나트륨 섭취 제한으로 인한 중독)으로 환자가 피해를 입은 사례도 보고되었습니다. 이러한 문제는 AI가 의료 전문가를 대체할 수 없음을 명확히 보여줍니다.

따라서 AI의 예측 결과는 반드시 의료 전문가의 비판적인 검토와 최종적인 임상적 판단을 거쳐야 합니다. AI는 의사를 대체하는 것이 아니라, '지능적이고 지칠 줄 모르는 동료'로서 의료진의 업무를 지원하는 도구입니다. 의료진은 AI의 제안을 맹목적으로 따르지 않고, 인간 고유의 공감 능력, 직관, 비언어적 정보 파악 능력을 발휘하여 환자를 종합적으로 이해해야 합니다. AI는 의료진의 인지적 부담을 줄이고, 더 많은 시간을 환자와의 소통에 할애할 수 있도록 돕지만, 최종적인 책임은 항상 의료 전문가에게 귀속됩니다.

AI 시스템이 어떻게 의사결정을 내리는지 이해하기 어려운 '블랙박스(black box)' 문제에도 직면합니다. 따라서 AI 시스템의 투명성(explainability)과 신뢰성은 필수적이며, 설명 가능한 AI(Explainable AI, XAI)에 대한 연구와 도입 노력이 중요합니다. AI가 제시하는 위험 점수나 진단 가능성에 대해 의료진은 어디까지 신뢰하고 어떻게 개입할지 결정하는 임계값(threshold) 설정의 주체가 되어야 합니다. AI가 다른 가능성을 제시했음에도 불구하고 의료진이 자신의 판단을 고수하다 오류가 발생하면, 법적 책임의 범위가 확대될 수 있다는 우려도 제기됩니다. 이는 AI가 의료진의 '주의 의무(duty of care)'를 강화하는 결과를 초래할 수 있습니다.

데이터 품질의 영향: AI 모델의 현장 성능은 훈련 데이터의 품질과 직결됩니다. 데이터의 이질성, 불균형, 결측치, 편향 등은 AI 모델의 정확성과 신뢰성에 직접적인 영향을 미칩니다. 특히, 작은 규모의 데이터셋이나 불균형한 데이터는 모델의 일반화 가능성을 제한하고 과적합 위험을 증가시킵니다. 질병 진행 예측에 필수적인 의료 영상 데이터는 고차원적이고 복잡하며, 종종 불충분하게 주석이 달린(poorly annotated) 경우가 많아 AI 모델의 학습을 어렵게 합니다. 따라서 고품질의 정확한 데이터는 방대한 양의 데이터보다 훨씬 더 중요하며, 데이터 전처리 과정에서 익명화나 가명화를 통해 환자 프라이버시를 보호하면서도 데이터의 유용성을 유지해야 합니다.

결론적으로, AI는 질병 진행과 치료 결과 예측에 있어 의료진에게 강력한 통찰력과 효율성을 제공하지만, 그 한계와 윤리적 문제를 명확히 인지해야 합니다. AI는 의료 전문가의 능력을 증강하고 업무 부담을 줄여주며, 환자 중심의 의료를 실현하는 '제3의 조력자(third agent)'로서 역할을 수행해야 합니다. 미래의 의료는 AI를 능숙하게 활용하며 인간적 돌봄을 잊지 않는 의료진에 의해 재정의될 것입니다.

[근거자료]

다음은 제3장 '진단과 위험 예측'의 3.1 '영상·병리·임상 진단 지원', 3.2 '질병 진행과 치료 결과 예측', 3.3 '조기 경고와 환자 위험 분류'를 뒷받침하는 근거자료 목록입니다.

근거자료 목록

제목: 1 医疗RAG大模型实战

저자/발행기관: AI大模型应用开发 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: 20240928 「智慧醫院的未來藍圖：從策略到實踐」論壇【智慧語音與穿戴裝置應用在臨床照護 | 陽明交通大學智能系統研究所 廖元甫教授】

저자/발행기관: 社團法人亞洲華人醫務管理交流學會 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2

제목: 2026 光田醫院 생성식AI醫療實務應用課程0403 東海大學姜自強博士 20260715 184612 會議錄製

저자/발행기관: 姜自強 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.2

제목: 2026-07-01：星球永續健康線上直播-AI醫療治理(1)：可信任智慧醫療輔助

저자/발행기관: 건강智慧生活圈 (YouTube 채널)

업로드일: 2026-07-01

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=UDng4lXwL-A>

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: 2026-07-08：星球永續健康線上直播-AI醫療治理(2)：AI 安全閘門治理沙盒(AI Airlock)

저자/발행기관: 건강智慧生活圈 (YouTube 채널)

업로드일: 2026-07-08

URL: https://www.youtube.com/watch?v=_yani8XjOe0

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: AI 基因報告判讀、5G 遠距應用與臨床倫理研習會

저자/발행기관: TCnews慈善新聞網 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: AI在臨床醫療的應用與未來趨勢

저자/발행기관: 台中市醫師公會 健康台灣深耕計畫 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: Conferencia Más Salud. IA en Medicina: la herramienta del estudiante moderno

저자/발행기관: Facultad de Medicina UNAM (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.3

제목: Intelligence artificielle et diagnostic médical : mythe ou réalité ?

저자/발행기관: Académie royale de Belgique (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1

제목: Quand l'intelligence artificielle générative transforme la santé

저자/발행기관: Obvia (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.3

제목: WEBINAR: Salud sexual, reproductiva y materna: cómo puede contribuir la IA en prevención y cuidado

저자/발행기관: CLIAS CIIPS (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2

제목: Webinaire - L'IA dans la conception des dispositifs médicaux

저자/발행기관: UseConcept Vidéo (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.3

제목: Webinar#2 - KI in der NMD-Diagnose - ein Verbündeter für Ärzt:innen und Patient:innen

저자/발행기관: CoMPaSS-NMD (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: Excerpts from <https://iris.unil.ch/bitstreams/3bfa1900-1f10-4f05-9470-326781944b2c/download>

발행기관: (URL 출처)

뒷받침하는 소제목: 3.1

제목: Excerpts from <https://theses.hal.science/tel-05534589v1/document>

발행기관: HAL Theses

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: 【それでもAIに健康相談はしないほうがいい】AI活用に詳しい医師・大塚篤司／質も共感も医師よりAIが上／ただAIの指示で中毒患者発生／「1%の致命的な間違い」をゼロにできない【1on1 Health】

저자/발행기관: TBS CROSS DIG with Bloomberg (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.3

제목: 人工智慧基本法與智慧醫療治理趨勢（下）李崇僖教授

저자/발행기관: 理律文教基金會 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: 大模型时代的医学人工智能及其应用

저자/발행기관: Grandhealth Access Telemedicine (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2

제목: 首創AI醫療影像3D標準化 暨 MR 應用成果發表大會

저자/발행기관: 智捷醫學科技 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1

3.3 조기 경고와 환자 위험 분류

인공지능(AI)은 의료 분야에서 환자의 질병 진행을 예측하고 위험을 조기에 감지하여 분류하는 데 혁신적인 도구로 자리매김하고 있습니다. 방대한 의료 데이터를 학습하여 복잡한 패턴을 인식하는 AI의 능력은 의료 전문가들이 질병을 조기에 발견하고, 개인에게 최적화된 치료 계획을 수립하며, 잠재적인 위험에 선제적으로 개입하는 데 필수적인 통찰력을 제공합니다. 이는 기존의 통계적 예측을 넘어선 정교함과 실시간성을 제공하며, 환자 중심의 맞춤형 의료를 실현하고 의료 서비스 효율성을 극대화하는 데 핵심적인 역할을 합니다. AI는 의료 제공자가 중요한 결정에 우선순위를 두도록 돕고, 의사 결정 속도를 높이며, 잠재적 오류를 발견하는 데 기여합니다.

질병 조기 경고 시스템

AI는 환자의 생체 신호, 임상 기록, 검사 결과 등 다양한 데이터를 실시간으로 분석하여 질병의 급성 악화 또는 위급 상황을 사전에 경고하는 데 활용됩니다. 이는 특히 환자의 상태가 급변할 수 있는 중환자실(ICU)이나 응급실(ER)과 같은 환경에서 그 가치가 더욱 부각됩니다.

패혈증 및 급성 악화 예측: AI는 신생아 및 소아 집중 치료 분야에서 중요한 응급 상황이 발생하기 전에 의료진에게 경고하여 적절한 조치를 취할 시간을 제공하는 데 사용됩니다. 일부 연구에서는 AI 모델이 소아 환자의 치명적인 사건(critical events)의 78%를 6~12시간 전에 감지하여 전통적인 예측 척도를 능가하는 것으로 나타났습니다. 이는 환자의 상태가 악화되기 전에 조기 치료를 시작하거나 집중 치료실로 전원시키는 등 중요한 개입을 가능하게 합니다. AI는 또한 환자의 바이탈사인, 모니터링 데이터 등을 분석하여 입원 위험이나 환자 상태 악화 위험에 대한 경고를 제공하며, 소아과 또는 사망률 척도를 계산할 수 있습니다.

고칼륨혈증 감지: AI는 EKG(심전도) 데이터를 분석하여 고칼륨혈증(hyperkalemia)과 같은 응급 상황을 몇 초 내에 감지하고 의료진에게 SMS 알림을 보냄으로써, 치료 성공률을 높이고 사망률을 낮춘 사례도 있습니다. 이러한 AI 기반 조기 경고 시스템은 의료진이 환자의 미묘한 변화를 놓치지 않도록 돕고, 신속한 판단을 지원하여 생명을 구하는 데 결정적인 역할을 할 수 있습니다.

환자 위험 분류 및 관리

AI는 환자의 복잡한 데이터를 분석하여 개별 환자의 위험 프로필을 생성하고, 이를 기반으로 맞춤형 치료 및 관리 전략을 수립하는 데 기여합니다.

응급실 및 중환자실 위험 분류: AI는 응급실 및 병원 운영의 효율성을 크게 개선할 수 있습니다. AI 모델은 소아 환자 입원 예측을 통해 연중 시기, 바이러스 순환, 지역 발병 등의 요인을 고려하여 병상 수급 계획을 최적화하고, 집중 치료실이나 호흡기/심장 전문 인력 확충 필요성을 예측할 수 있습니다. 또한, AI는 행정 오류를 35% 감소시키고, 응급실 대기 시간을 21분에서 9분으로 단축함으로써, 응급실의 혼잡을 줄이고 환자들이 더 빨리 진료를 받을 수 있도록 돕습니다. AI는 환자의 활력 징후가 없는 경우에도 입원 위험이나 환자 상태 악화 위험을 예측하고 경고를 제공하여, 합병증 발생 전에 조기 입원을 유도하거나 재방문 필요성을 식별하는 데 도움을 줍니다. 이러한 시스템은 소아뿐만 아니라 성인 환자에게도 적용되어, 환자들이 위급한 상태가 되기 전에 의료 서비스에 접근할 수 있도록 합니다.

재입원 위험 예측: AI는 환자의 과거 기록, 치료 계획, 사회경제적 요인 등을 분석하여 재입원 위험이 높은 환자를 식별할 수 있습니다. 이는 퇴원 후 환자 관리에 필요한 자원을 효율적으로 배분하고, 재입원을 예방하기 위한 맞춤형 개입을 가능하게 합니다. AI 모델은 입원하는 어린이의 수를 예측하여 병상 관리 및 인력 배치에 기여할 수 있습니다.

급성 악화 및 재상담 필요성 예측: AI 모델은 재상담 또는 24시간 이내 입원이 필요한 사례의 최대 70%를 식별하여, 환자가 심각한 상태가 되기 전에 재상담을 하도록 돕습니다. 이는 합병증을 줄이고, 중환자실 치료 없이 조기 입원을 가능하게 하는 등 환자 예후에 긍정적인 영향을 미칩니다.

개인의 위험 요인 식별 및 정밀 예측: AI는 CT 스캔에서 관상동맥의 석회화 정도를 분석하여 심혈관 질환의 위험도를 객관적으로 평가하고, 불필요한 스텐트 삽입 시술을 줄이는 데 활용될 수 있습니다. 이는 환자의 혈액 검사, 신체 측정값(키, 체중, 혈압) 등을 기반으로 개인의 심혈관 질환 위험을 알려주어 생활 습관 개선을 유도하는 플랫폼에도 적용됩니다. AI는 수술 전 23가지 매개변수를 기반으로 출혈 위험, 신장 손상 위험 등을 예측하고, 최대 조영

제 용량이나 항응고제 조절 여부를 권고하여 수술 중 합병증 위험을 낮출 수 있습니다. 이러한 예측은 의료진이 환자의 고유한 상황과 과거의 질병 경험을 반영하여 미래를 예측하는데 필수적인 정보를 제공합니다.

예측 편향, 오경보 및 의료진 판단의 중요성

AI가 의료 분야에서 강력한 예측 및 분류 기능을 제공하지만, 그 한계와 윤리적 고려 사항을 명확히 인지하고 의료진의 최종 판단을 존중하는 것이 필수적입니다.

AI의 한계와 오류: AI는 "1%의 치명적인 오류(fatal error)"를 저지를 수 있으며, 이는 의료 분야에서 심각한 결과를 초래할 수 있습니다. AI 모델은 훈련 데이터의 품질과 대표성에 크게 의존하므로, 데이터에 편향(bias)이 있을 경우 불공정하거나 부정확한 예측을 할 수 있습니다. 예를 들어, 특정 인종의 데이터가 부족한 경우, AI는 해당 인종 환자에 대한 정확한 진단을 내리기 어려울 수 있습니다. 또한, AI는 환각(hallucination) 현상, 즉 그럴듯하지만 잘못된 정보를 생성할 위험이 있으며, GPT-5의 경우 약 15%의 환각 오류를 보였습니다. 이는 AI가 잘못된 조언(예: 나트륨 섭취 제한으로 인한 중독)을 제공하여 환자에게 피해를 입힌 사례로 이어질 수 있습니다.

오경보 (False Alarms)와 의료진 검토: AI 시스템은 높은 위험을 동

[근거자료]

다음은 제3장 '진단과 위험 예측'의 3.1 '영상·병리·임상 진단 지원', 3.2 '질병 진행과 치료 결과 예측', 3.3 '조기 경고와 환자 위험 분류'를 뒷받침하는 근거자료 목록입니다.

근거자료 목록

제목: 1 医疗RAG大模型实战

저자/발행기관: AI大模型应用开发 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: 20240928 「智慧醫院的未來藍圖：從策略到實踐」論壇【智慧語音與穿戴裝置應用在臨床照護 | 陽明交通大學智能系統研究所 廖元甫教授】

저자/발행기관: 社團法人亞洲華人醫務管理交流學會 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2

제목: 2026 光田醫院 생성식AI醫療實務應用課程0403 東海大學姜自強博士 20260715 184612 會議錄製

저자/발행기관: 姜自強 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.2

제목: 2026-07-01 : 星球永續健康線上直播-AI醫療治理(1) : 可信任智慧醫療輔助

저자/발행기관: 건강智慧生活圈 (YouTube 채널)

업로드일: 2026-07-01

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=UDng4lXwL-A>

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: 2026-07-08 : 星球永續健康線上直播-AI醫療治理(2) : AI 安全閘門治理沙盒(AI Airlock)

저자/발행기관: 건강智慧生活圈 (YouTube 채널)

업로드일: 2026-07-08

URL: https://www.youtube.com/watch?v=_yani8XjOe0

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: AI 基因報告判讀、5G 遠距應用與臨床倫理研習會

저자/발행기관: TCnews慈善新聞網 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: AI在臨床醫療的應用與未來趨勢

저자/발행기관: 台中市醫師公會 健康台灣深耕計畫 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: Conferencia Más Salud. IA en Medicina: la herramienta del estudiante moderno

저자/발행기관: Facultad de Medicina UNAM (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.3

제목: Intelligence artificielle et diagnostic médical : mythe ou réalité ?

저자/발행기관: Académie royale de Belgique (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1

제목: Quand l'intelligence artificielle générative transforme la santé

저자/발행기관: Obvia (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.3

제목: WEBINAR: Salud sexual, reproductiva y materna: cómo puede contribuir la IA en prevención y cuidado

저자/발행기관: CLIAS CIIPS (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2

제목: Webinaire - L'IA dans la conception des dispositifs médicaux

저자/발행기관: UseConcept Vidéo (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.3

제목: Webinar#2 - KI in der NMD-Diagnose - ein Verbündeter für Ärzt:innen und Patient:innen

저자/발행기관: CoMPaSS-NMD (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: Excerpts from <https://iris.unil.ch/bitstreams/3bfa1900-1f10-4f05-9470-326781944b2c/download>
발행기관: (URL 출처)
뒷받침하는 소제목: 3.1

제목: Excerpts from <https://theses.hal.science/tel-05534589v1/document>
발행기관: HAL Theses
뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: 【それでもAIに健康相談はしないほうがいい】AI活用に詳しい医師・大塚篤司／質も共感も医師よりAIが上／ただAIの指示で中毒患者発生／「1%の致命的な間違い」をゼロにできない【lon1 Health】
저자/발행기관: TBS CROSS DIG with Bloomberg (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.3

제목: 人工智慧基本法與智慧醫療治理趨勢（下）李崇僖教授
저자/발행기관: 理律文教基金會 (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2, 3.3

제목: 大模型时代的医学人工智能及其应用
저자/발행기관: Grandhealth Access Telemedicine (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 3.1, 3.2

제목: 首創AI醫療影像3D標準化 暨 MR 應用成果發表大會
저자/발행기관: 智捷醫學科技 (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 3.1

제4장 치료 계획과 정밀의료

4.1 개인 맞춤형 치료와 약물유전체학

인공지능(AI)은 환자의 고유한 생물학적 특성, 생활 방식, 그리고 환경적 요인들을 종합적으로 고려하여 최적의 의료 서비스를 제공하는 개인 맞춤형 치료(Personalized Medicine) 시대를 가속화하고 있습니다. 이는 질병의 조기 발견, 예측, 예방, 그리고 치료에 이르기까지 의료 전반에 걸쳐 혁명적인 변화를 가져오고 있습니다. AI는 방대한 양의 환자 데이터를 학습하고 분석함으로써, 과거의 일률적인 치료 방식에서 벗어나 각 개인에게 가장 효과적이고 안전한 맞춤형 접근 방식을 가능하게 합니다.

환자 특성 분석의 정교화

개인 맞춤형 치료의 첫걸음은 환자의 다양한 특성을 정확하게 파악하는 것입니다. AI는 전자의무기록(EHR)에 포함된 방대한 환자 병력, 생활 습관, 사회경제적 정보, 그리고 웨어러블 기기를 통해 수집되는 실시간 생체 데이터 등을 통합적으로 분석합니다. 예를 들어, AI는 환자의 연령, 질병 단계, 세포 형태와 같은 14가지 환자 매개변수를 기반으로 생존 기간을 예측할 수 있습니다. 또한, 환자의 복잡한 병력을 담고 있는 300페이지가 넘는 의료 기록을 단 몇 초 만에 읽어내어, 알레르기, 이전 투약 이력, 수술 기록, 잠재적 위험 요소 등을 신속하게 파악할 수 있습니다.

AI는 이러한 환자 특성을 고려하여 개인화된 건강 위험 프로필을 생성하고, 질병 진행 및 치료 결과에 대한 예측을 통해 조기 개입과 예방적 치료를 지원합니다. 예를 들어, AI는 CT 스캔에서 관상동맥의 석회화 정도를 분석하여 심혈관 질환의 위험도를 객관적으로 평가하고, 불필요한 스텐트 삽입 시술을 줄이는 데 활용될 수 있습니다. 심혈관 질환 위험 예측 플랫폼은 혈액 검사, 신체 측정값(키, 체중, 혈압)을 기반으로 개인의 심혈관 질환 위험을 알려주어 생활 습관 개선을 유도합니다. 이러한 상세한 환자 특성 분석은 AI 모델이 환자의 고유한 상황과 과거의 질병 경험을 반영하여 미래를 예측하는 데 필수적인 입력 데이터를 제공합니다.

유전체 데이터의 활용과 약물유전체학

유전체 데이터는 개인 맞춤형 치료, 특히 약물유전체학(Pharmacogenomics, PGx) 분야에서 핵심적인 역할을 합니다. AI는 대규모 유전체 시퀀싱 프로젝트에서 발견되는 수백만 개의 유전체 변이체를 분석하여, 질병 유발 변이체를 식별하고, 특정 질병에 대한 개인의 취약성을 예측합니다. 이러한 분석은 분자 표지에 기반한 환자 계층화를 가능하게 하여, 개인에게 가장 적합한 치료 전략을 수립하는 데 필수적인 정보를 제공합니다.

약물유전체학(PGx): AI는 환자의 유전체 정보, 병력, 동반 질환 등을 종합적으로 고려하여 약물 민감성 및 반응도를 예측하고, 부작용을 최소화하면서 치료 효과를 극대화할 수 있는 약물과 용량을 추천합니다. PGx 변이는 모든 사람에게 존재하며, PGx를 통해 약물 안전성과 효능을 개선할 수 있습니다. 예를 들어, AI는 EGFR 및 KRAS 돌연변이와 같은 유전적 변이를 감지하여 폐암 치료에 도움을 주며, BRCA 돌연변이를 통해 난소암 치료를 지원합니다. 또한, AI는 수술 전 23가지 매개변수를 기반으로 출혈 위험, 신장 손상 위험 등을 예측하고, 최대 조영제 용량이나 항응고제 조절 여부를 권고하여 수술 중 합병증 위험을 낮출 수 있습니다.

단일 유전자 및 다유전자 질병: AI는 단일 유전자 질병(monogenic diseases)과 다유전자 질병(polygenic diseases) 모두에 대한 예측에 기여합니다. 단일 유전자 질병은 대개 희귀하지만, 유전자 검사를 통해 원인을 찾을 수 있는 경우가 약 55%에 달합니다. 반면, 고혈압, 당뇨병, 암과 같은 다유전자 질병의 경우, 다유전자 위험 점수(Polygenic Risk Score, PRS)를 통해 질병 발생 위험을 예측합니다. 대만 바이오뱅크(TPMI)는 265개 질병에 대한 PRS를 산출했으며, 이는 특정 집단의 질병 발병률을 20년 앞서 예측하는 데 활용될 수 있습니다. 그러나 유전적 요인만으로는 심혈관 질환 위험 예측의 2~3%만을 설명할 수 있으며, 환경적 요인이 결합될 때 예측력이 크게 향상됩니다.

치료 반응 예측의 정교화

AI는 환자의 치료 반응을 예측하고, 이를 바탕으로 개인에게 최적화된 맞춤형 개입을 가능하게 합니다.

생존 기간 예측: AI는 환자의 14가지 매개변수를 기반으로 생존 기간을 예측할 수 있으며, 과거 612개의 사례 데이터를 학습하여 새로운 환자의 생존율을 예측하는 모델을 제공합니

다. 이러한 예측은 의료진이 환자와 치료 계획을 논의하고, 환자 및 가족이 미래를 계획하는 데 중요한 참고 자료가 됩니다.

약물 개발 및 재창출: 제약 기업들은 AI를 활용하여 약물의 흡수, 분포, 대사, 배설 경로를 이해하고, 약물 상호작용을 예측하며, 유전체 및 단백질체 데이터(multi-omics)를 통합하여 기존 약물의

[근거자료]

다음은 제4장 '치료 계획과 정밀의료'의 4.1, 4.2, 4.3을 뒷받침하는 근거자료 목록입니다.

근거자료 목록

제목: 大模型时代的医学人工智能及其应用

저자/발행기관: Grandhealth Access Telemedicine (YouTube 채널)

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=XRz-sWSOrFg>

뒷받침하는 소제목: 4.1, 4.3

제목: AI 基因報告判讀, 5G 遠距應用與臨床倫理研習會

저자/발행기관: TCnews慈善新聞網 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 4.1

제목: Ponente Internacional: Seminario Internacional Tecnología médica e IA 2025

저자/발행기관: PhD. Antony Paul Espiritu Martinez (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 4.1, 4.3

제목: AI與健康照護 | 楊珮菁、王獻章 | AI科普沙龍講座第3期 - BEING HUMAN : AI與人共生的那一天

저자/발행기관: 臺大科學教育發展中心CASE (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 4.2

제목: 人工智慧基本法與智慧醫療治理趨勢 (下) 李崇僊教授

저자/발행기관: 理律文教基金會 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 4.2

제목: 首創AI醫療影像3D標準化 暨 MR 應用成果發表大會

저자/발행기관: 智捷醫學科技 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 4.2

제목: 2026 光田醫院 生成式AI醫療實務應用課程0403 東海大學姜自強博士 20260715 184612 會議錄製

저자/발행기관: 姜自強 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 4.1

제목: Excerpts from <https://theses.hal.science/tel-05534589v1/document>

발행기관: HAL Theses

URL: <https://theses.hal.science/tel-05534589v1/document>

뒷받침하는 소제목: 4.1, 4.2

4.2 AI 수술과 임상 의사결정 지원

인공지능(AI)은 수술실과 임상 의사결정 과정에서 혁신적인 변화를 가져오며, 의료 전문가의 역량을 보완하고 강화하는 중요한 도구로 부상하고 있습니다. AI는 수술 전 계획부터 실제 수술 중의 정교한 지원, 그리고 복잡한 임상 상황에서의 의사결정 보조에 이르기까지 의료 전반에 걸쳐 효율성, 정확성, 그리고 환자 안전을 향상시키는 데 기여하고 있습니다. 그러나 이러한 AI의 도입은 기술적 발전과 더불어 엄격한 안전 검증, 윤리적 고려, 그리고 외과의 및 의료진의 최종 책임이라는 중요한 논의를 동반합니다.

수술 계획의 정교화

AI는 수술 전 단계에서 환자 맞춤형 치료 계획을 수립하고 잠재적 위험을 평가하는 데 핵심적인 역할을 수행합니다. AI 알고리즘은 환자의 방대한 데이터를 분석하여 외과의가 중요한 결정을 내리는 데 필요한 심층적인 통찰력을 제공합니다.

위험 평가 및 예측: AI는 수술 전 환자 데이터(예: 병력, 검사 결과, 유전체 정보)를 기반으로 수술 난이도 또는 합병증 위험을 예측합니다. 예를 들어, AI는 수술 전 23가지 매개변수를 기반으로 출혈 위험, 신장 손상 위험 등을 예측하고, 최대 조영제 용량이나 항응고제 조절 여부를 권고하여 수술 중 합병증 위험을 낮출 수 있습니다. 이러한 예측 모델은 외과의가 잠재적 위험을 사전에 인지하고 적절한 예방 조치를 계획하는 데 도움을 줍니다.

3D 해부학적 재구성 및 시각화: 딥러닝(DL) 기술은 3D 해부학적 재구성을 촉진하고 임플란트 크기를 예측하여, 특정 정형외과 수술(예: 무릎 전치환술)에서 90% 이상의 정확도를 달성하며 기존 2D 템플릿보다 훨씬 뛰어난 성능을 보입니다. AI는 종양과 주변 해부학적 구조의 3차원 모델을 생성하여 외과의가 수술 부위를 시각화하고 최적의 수술 접근 방식을 계획할 수 있도록 돕습니다. 특히 종양이 주요 구조물 근처에 위치한 복잡한 경우에 매우 유용하며, 비뇨기와 종양학에서는 AI가 로봇 전립선 절제술 계획을 지원하여 신경 기능 보존 및 수술 후 결과를 개선하는 데 기여합니다.

치료 계획 최적화: AI는 종양 위치, 크기, 주변 해부학적 구조 등 환자별 데이터를 분석하여 방사선 치료 계획을 최적화할 수 있습니다. 이를 통해 방사선 종양 전문의의 작업 부담을 줄이고 치료 계획의 일관성을 높일 수 있습니다. AI 기반 시스템은 EHR에 통합되어 환자별 데이터를 기반으로 의료 자원 할당 및 불필요한 업무량 감소를 지원합니다.

로봇과 영상 기반 수술 지원

AI는 로봇 수술 시스템 및 고급 영상 기술과 결합되어 수술의 정밀도와 효율성을 획기적으로 향상시킵니다.

로봇 수술 시스템: AI는 다빈치(da Vinci) 시스템과 같은 로봇 수술 플랫폼에 통합되어 정밀도를 높이고, 외과의의 손재주와 인체공학을 향상시킵니다. AI가 로봇 시스템에 통합되어 실시간 안내(real-time guidance)를 제공하고 자동화를 촉진함으로써 복잡한 수술 절차의 결과를 개선합니다. 이는 외과의가 수술 중 미세한 움직임과 조작을 보다 정교하게 제어하고, 떨림을 필터링하며, 위험한 영역으로 기구가 들어가는 것을 방지하는 데 도움을 줍니다. 현재 다빈치 시스템은 외과의에 의해 직접 제어되지만, 미래에는 완전히 자율적인(fully autonomous) 시스템이 등장하여 정밀하고 피로 없는 수술을 가능하게 할 수 있습니다.

실시간 영상 안내 (Intraoperative Guidance): AI 기반 수술 시스템은 수술 중 실시간으로 안내를 제공하여 외과의가 종양을 정확하게 찾고 건강한 조직의 손상을 피하도록 돕습니다. 이러한 시스템은 수술 전 영상 데이터를 수술 필드에 오버레이하여 외과의에게 종양 위치와 경계에 대한 명확한 시각 정보를 제공합니다. 딥러닝(DL) 기술, 특히 의미론적 분할(semantic segmentation)은 복강경 담낭 절제술과 같은 수술에서 안전한 영역과 위험한 영역을 식별하여 수술 중 안내에 유망한 가능성을 보여줍니다. FDA 승인 Cydar EV Maps 도구와 같은 AI 기반 3D 재구성 및 내비게이션 기술은 동맥류 수술에서 수술 전 영상과 실시간 혈관 조영술을 정렬하는 데 사용됩니다.

확장 현실 (Augmented Reality, AR): AR 기술은 반투명한 수술 전 이미지를 수술 필드에 오버레이하여 수술 중 시각화를 향상시킵니다. 이는 구강악안면 수술 시 가상 이미지와 실제 치아를 정렬하거나, 환자의 하지에 3D 혈관 모델을 투영하는 등 다양한 방식으로 활용될

수 있습니다.

수술 워크플로우 최적화: AI는 수술실 관리, 즉 수술실 할당 최적화 및 시간 절약에 기여하여 의료 서비스 생산성을 향상시킵니다. 로봇 프로세스 자동화(RPA)는 청구 및 일정 관리와 같은 행정 업무를 관리하여 의료진이 환자 치료에 집중할 수 있도록 합니다.

수술 훈련 및 기술 평가: AI는 수술 훈련과 전문성 개발에도 혁신을 가져옵니다. 컴퓨터 비전을 통해 AI는 외과의의 손과 기구 움직임을 실시간으로 추적하여 객관적이고 확장 가능한 성능 지표와 피드백을 제공할 수 있습니다. 이는 기본 기술(예: 봉합, 매듭) 평가를 표준화하고 편향을 줄여줍니다.

임상 의사결정 지원

AI는 진단 및 치료 계획을 넘어 다양한 임상 상황에서 의료진의 의사결정을 지원하는 '제3의 조력자(third agent)'로서의 역할을 수행합니다.

진단 보조 및 우선순위 지정: AI는 방대한 임상 데이터를 처리하여 질병을 빠르고 정확하게 감지하고, 미묘한 패턴을 식별하며, 의료 전문가가 중요한 결정에 우선순위를 두도록 돕습니다. 이는 외과의가 수술 중 미세한 변화를 포착하고, 치료 방침을 조정하는 데 필요한 실시간 통찰력을 제공합니다. AI의 이러한 능력은 진단 속도와 정확도를 높여 수술 의사결정 속도를 향상시키고 환자

[근거자료]

다음은 제4장 '치료 계획과 정밀의료'의 4.1, 4.2, 4.3을 뒷받침하는 근거자료 목록입니다.

근거자료 목록

제목: 大模型时代的医学人工智能及其应用

저자/발행기관: Grandhealth Access Telemedicine (YouTube 채널)

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=XRz-sWSOrFg>

뒷받침하는 소제목: 4.1, 4.3

제목: AI 基因報告判讀, 5G 遠距應用與臨床倫理研習會

저자/발행기관: TCnews慈善新聞網 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 4.1

제목: Ponente Internacional: Seminario Internacional Tecnología médica e IA 2025

저자/발행기관: PhD. Antony Paul Espiritu Martinez (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 4.1, 4.3

제목: AI與健康照護 | 楊珮菁、王獻章 | AI科普沙龍講座第3期 - BEING HUMAN : AI與人共生的那一天

저자/발행기관: 臺大科學教育發展中心CASE (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 4.2

제목: 人工智慧基本法與智慧醫療治理趨勢 (下) 李崇儋教授

저자/발행기관: 理律文教基金會 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 4.2

제목: 首創AI醫療影像3D標準化 暨 MR 應用成果發表大會

저자/발행기관: 智捷醫學科技 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 4.2

제목: 2026 光田醫院 生成式AI醫療實務應用課程0403 東海大學姜自強博士 20260715 184612 會議錄製

저자/발행기관: 姜自強 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 4.1

제목: Excerpts from <https://theses.hal.science/tel-05534589v1/document>

발행기관: HAL Theses

URL: <https://theses.hal.science/tel-05534589v1/document>

뒷받침하는 소제목: 4.1, 4.2

4.3 신약 개발과 가상 스크리닝

인공지능(AI)은 신약 개발의 전 과정에 걸쳐 혁명적인 변화를 가져오고 있으며, 이는 전통적으로 오랜 시간과 막대한 비용이 소요되던 이 분야의 패러다임을 근본적으로 바꾸고 있습니다. AI는 질병의 분자적 메커니즘 이해부터 새로운 약물 후보 물질 발굴, 최적화, 그리고 임상 시험 설계에 이르기까지 모든 단계에서 효율성과 성공률을 높이는 핵심 동력으로 작용합니다. 방대한 생물학적, 화학적 데이터를 학습하고 복잡한 패턴을 인식하는 AI의 능력은 과거에는 상상하기 어려웠던 속도와 정교함으로 새로운 치료제를 개발할 수 있는 가능성을 열고 있습니다.

표적 발굴(Target Identification)과 질병 메커니즘 이해

신약 개발의 첫 단계는 질병과 관련된 생물학적 표적을 정확하게 발굴하는 것입니다. AI는 유전체학, 단백질체학, 대사체학 등 멀티오믹스(multi-omics) 데이터를 통합하고 분석하여 질병과 관련된 과정(disease-associated processes)과 유망한 치료 표적(promising therapeutic targets)을 식별합니다. 인간의 능력으로는 처리하기 어려운 방대한 양의 생물학적 데이터를 AI가 분석함으로써, 질병 발생의 근본적인 원인이 되는 유전자, 단백질, 신호 전달 경로 등을 찾아내는 데 걸리는 시간을 획기적으로 단축할 수 있습니다. AI는 또한 이러한 데이터를 기반으로 분자 구조 간의 관계를 이해하여, 질병과 관련된 분자 구조 정보를 통합하고, 이를 통해 약물 후보 물질이 작용할 정확한 표적을 제시합니다.

단백질 구조 예측(Protein Structure Prediction)

약물 표적의 3차원 구조를 아는 것은 약물 설계에 매우 중요합니다. AI는 이 분야에서 획기적인 발전을 이루었습니다. DeepMind의 AlphaFold와 같은 AI 모델은 단백질 구조 예측 분야를 크게 발전시켰으며, 이는 약물 개발을 위한 필수적인 표적 식별 요소입니다. AI는 분자 배열(molecular sequences)을 입력하면 3D 입체 구조를 자동으로 생성해 줍니다. 과거에는 실험적으로 단백질 구조를 밝혀내는 데 엄청난 시간과 비용이 들었지만, AI 덕분에 이 과정이 비약적으로 빨라지고 정확해졌습니다. 이를 통해 연구자들은 단백질의 특정 부분이 다른 분자(예: 약물 후보 물질)와 어떻게 결합하는지 예측하고, 잠재적인 약물 결합 부위

(binding site)를 식별하여 약물 설계의 효율성을 높일 수 있습니다.

분자 설계(Molecular Design) 및 최적화

AI는 약물 표적에 효과적으로 작용할 새로운 분자를 설계하고 기존 분자의 특성을 최적화하는 데 핵심적인 역할을 합니다.

신규 약물 유사 분자 생성: AI는 화합물 데이터베이스와 실험 결과를 학습하여 새로운 약물 유사 분자(novel drug-like molecules)를 생성하고, 이를 통해 신약 발견을 위한 화학적 공간(chemical space)을 확장합니다. SMILES(simplified molecular input line entry system) 기반 언어 모델과 GNN(Graph Neural Network) 기반 생성기는 작은 분자(small molecule) 설계에 가장 널리 채택되는 접근 방식이며, 이들의 원리는 탑재체(payload) 발견에도 확장되고 있습니다. 이러한 모델들은 ChEMBL 또는 ZINC와 같은 대규모 화학 화합물 라이브러리에서 훈련되어, 유효하고 잠재적으로 활성적인 분자를 구성하는 기본적인 구문 및 화학적 규칙을 학습합니다.

약물 특성 최적화: 머신러닝(ML) 모델은 구조-활성 관계(structure activity relationships)를 분석하여 약동학(pharmacokinetics), 특이성(specificity), 효능(efficacy)이 향상된 분자의 합리적인 설계를 안내합니다. AI는 약물의 흡수(absorption), 분포(distribution), 대사(metabolism), 배설(excretion) 경로를 이해하고, 화학 구조와 생물학적 상호작용을 분석하여 약물 후보 물질이 높은 안전성 위험을 가질 경우 조기에 걸러내는 데 도움을 줍니다. 이는 개발 후기 단계에서의 비용이 많이 드는 실패를 방지하고 약물 안전성 프로필을 개선합니다. AI는 또한 면역원성(immunogenicity) 위험 평가를 AI 기반 ADC(항체-약물 접합체) 설계 워크플로우에 통합하여, T-세포 반응을 활성화하거나 ADC의 전반적인 내약성을 감소시킬 수 있는 면역 반응성이 있는 구조를 초기 단계에서 필터링하는 데 기여합니다.

약물 재창출(Drug Repurposing): AI는 기존 화합물 데이터베이스와 임상 정보를 분석하여 기존 약물의 새로운 치료 용도를 발굴합니다. 이는 신약 개발의 위험과 시장 출시 시간을 단축시키는 효과가 있습니다.

가상 스크리닝(Virtual Screening)

가상 스크리닝은 AI가 신약 개발 속도를 획기적으로 가속화하는 핵심 기술입니다.

고처리량 가상 스크리닝: AI는 대규모 화학 라이브러리에 대한 고처리량 가상 스크리닝을 지원하여 결합 친화도(binding affinities)를 예측하고 테스트할 화합물 우선순위를 정합니다. Zhang 등의 연구에서는 AI가 수백만 개의 구조를 세균 표적에 대해 스크리닝하여 몇 주 이내에 새로운 항생제 후보 물질을 식별했으며, 이는 기존 방법보다 훨씬 빠른 속도였습니다.

분자 시뮬레이션: AI는 컴퓨터 모델을 사용하여 특정 활성 물질을 가진 분자 형성 과정을 적극적으로 시뮬레이션할 수 있으며, 이는 약물 개발 시간을 크게 단축시킵니다. 세포 수준의 "세포 세계 모델(cell world models)"에서는 약물 반응, 가상 개입(virtual interventions), 약물 교란(drug perturbations), 가상 녹아웃(virtual knockouts), 그리고 가상 약물 스크리닝(virtual drug screening) 등을 시뮬레이션할 수 있습니다. 이는 실험실에서의 물리적 실험 없이도 수많은 약물 후보 물질의 효과를 예측하고 우선순위를 정하는 데 도움을 줍니다.

임상시험 후보 선정 및 최적화

AI는 신약 개발의 마지막 단계인 임상시험에서도 중요한 역할을 합니다.

환자 코호트 선정: AI는 역사적 임상 시험 데이터를 분석하고, 실험적 치료법에 가장 잘 반응할 가능성이 있는 환자 코호트를 선택하여 임상 시험 성공률을 높입니다. 이는 특정 치료법에 반응할 확률이 높은 환자를 식별함으로써 임상 시험의 효율성을 극대화합니다.

독성 및 부작용 예측: AI는 약물 후보 물질의 화학 구조와 생물학적 상호작용을 분석하여 높은 안전성 위험을 가진 화합물을 조기에 걸러낼 수 있습니다. 이는 개발 후기 단계에서의 비용이 많이 드는 실패를 방지하고 약물 안전성 프로필을 개선하는

[근거자료]

다음은 제4장 '치료 계획과 정밀의료'의 4.1, 4.2, 4.3을 뒷받침하는 근거자료 목록입니다.

근거자료 목록

제목: 大模型时代的医学人工智能及其应用

저자/발행기관: Grandhealth Access Telemedicine (YouTube 채널)

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=XRz-sWSOrFg>

뒷받침하는 소제목: 4.1, 4.3

제목: AI 基因報告判讀, 5G 遠距應用與臨床倫理研習會

저자/발행기관: TCnews慈善新聞網 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 4.1

제목: Ponente Internacional: Seminario Internacional Tecnología médica e IA 2025

저자/발행기관: PhD. Antony Paul Espiritu Martinez (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 4.1, 4.3

제목: AI與健康照護 | 楊珮菁、王獻章 | AI科普沙龍講座第3期 - BEING HUMAN : AI與人共生的那一天

저자/발행기관: 臺大科學教育發展中心CASE (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 4.2

제목: 人工智慧基本法與智慧醫療治理趨勢 (下) 李崇億教授

저자/발행기관: 理律文教基金會 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 4.2

제목: 首創AI醫療影像3D標準化 暨 MR 應用成果發表大會

저자/발행기관: 智捷醫學科技 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 4.2

제목: 2026 光田醫院 生成式AI醫療實務應用課程0403 東海大學姜自強博士 20260715 184612 會議錄製

저자/발행기관: 姜自強 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 4.1

제목: Excerpts from <https://theses.hal.science/tel-05534589v1/document>

발행기관: HAL Theses

URL: <https://theses.hal.science/tel-05534589v1/document>

뒷받침하는 소제목: 4.1, 4.2

제5장 병원 업무와 환자 경험

5.1 진료기록, 음성인식, 문서 자동화

인공지능(AI)은 의료 현장에서 진료 기록 및 문서화 과정에 혁명적인 변화를 가져오고 있으며, 이는 의료진의 업무 부담을 경감하고 환자 진료에 더 많은 시간을 할애할 수 있도록 돕는 핵심적인 발전입니다. 전통적으로 수기로 작성되던 기록부터 복잡한 전자의무기록(EHR) 시스템에 이르는 방대한 문서 작업은 의료진에게 상당한 시간과 노력을 요구해 왔습니다. AI 기술, 특히 음성 인식, 자연어 처리(NLP) 및 대규모 언어 모델(LLM)은 이러한 문서화 과정을 자동화하고 효율성을 극대화하여 의료 서비스의 질을 향상시키는 데 기여하고 있습니다.

음성 기록 및 AI 스크라이브

AI 기반의 음성 인식 기술은 진료 기록 자동화의 핵심적인 부분입니다. 과거에는 의사가 진료 내용을 구술하면 보조 인력이 이를 수동으로 받아 적거나 타이핑하는 과정이 일반적이었으나, AI 시스템은 이러한 과정을 거의 실시간으로 자동화합니다. 의료진은 환자와 대화하는 동안 발화 내용을 텍스트로 변환하여 진료 기록으로 남기도록 AI 스크라이브(AI Scribe) 역할을 수행하게 할 수 있습니다. 예를 들어, 캐나다 퀘벡의 한 병원에서는 의사가 구술한 내용을 비서가 수동으로 받아 적던 방식에서 AI를 활용하여 거의 모든 과정을 자동화했습니다. AI 스크라이브는 의사가 구술한 내용, 예를 들어 "오른쪽 무릎에 외상 없는 기계적 통증으로 1957년 3월 12일생 마틴 뒤부아 씨의 진료"와 같은 내용을 텍스트로 변환합니다. 이러한 자동화는 의료진이 번거로운 데이터 입력 대신 환자 진료에 더 집중할 수 있는 환경을 조성합니다.

간호 분야에서도 AI 음성 인식의 활용이 확대되고 있습니다. AI는 간호사와 환자의 대화 음성을 녹음하여 분석하고, 이를 바탕으로 간호 문제, 간호 계획, 환자 기본 정보 등을 자동으로 생성하여 전자의무기록(EHR)과 부분적으로 연동할 수 있습니다. 일본에서는 간호 기록의 음성 입력화를 통해 기록 작성 시간을 70% 단축한 사례도 보고되었습니다. AI는 이미지 분석을 기반으로 보고서를 미리 작성할 수 있는 기능도 포함하고 있습니다. AI 스크라이브 시스템은 EHR에 직접 통합될 때 그 효과가 극대화되며, 의사가 환자와 대화하는 동안 기록을 자동 생성하고, 이를 EHR에 필요한 형식으로 정리하여 문서 작업 시간을 획기적으로 단

축시킵니다.

진료기록 초안, 퇴원요약, 코딩, 사전승인 문서

AI 기술은 음성 인식으로 수집된 데이터를 바탕으로 다양한 의료 문서를 자동 생성하고 처리하는 데 활용됩니다.

진료기록 초안(Drafting Clinical Notes) 및 요약: AI는 음성 인식을 통해 얻은 텍스트 데이터를 기반으로 진료 기록의 초안을 자동으로 생성합니다. AI는 환자의 여러 진료 기록(예: 8개의 노트)을 통합하여 하나의 임상 요약(clinical summary)을 생성할 수 있으며, 이는 환자의 복잡한 병력을 단시간에 파악하는 데 유용합니다. LLM은 환자의 300페이지가 넘는 의료 기록을 몇 초 만에 읽어내어 알레르기, 이전 투약 이력, 수술 기록, 위험 요소 등을 신속하게 파악하고 요약할 수 있습니다. AI는 진료실 대화를 텍스트로 옮기고, 필요에 따라 도표가 포함된 설명을 생성하여 환자 설명 자료로 활용할 수 있습니다.

퇴원 요약(Discharge Summaries): AI는 퇴원 요약과 같은 특정 의료 문서를 매우 빠르게 생성할 수 있습니다. 일본 나가노 시민 병원(Nagano Municipal Hospital)의 사례에 따르면, AI 패키지를 사용하여 퇴원 요약을 약 20초 만에 생성할 수 있습니다. 이는 입원 환자의 복잡한 진료 경과를 요약하고, 퇴원 후 필요한 지시 사항을 포함하는 문서를 신속하게 작성하여 의료진의 행정 부담을 크게 줄여줍니다. LLM은 임상시험 요약이나 FDA 규제 서류(dossier) 작성에도 지원될 수 있으며, FDA는 2025년 5월부터 LLM 모델을 활용한 최종 서류 작성을 승인하기도 했습니다.

의료 코딩(Medical Coding) 지원: AI는 직접적인 진단 및 시술 코드 생성에 대한 명시적인 언급은 없지만, 청구(billing)를 위한 증상 보고서(recept) 작성 또는 임상 요약(clinical summary) 생성 등 문서화 작업을 효율화하는 과정에서 의료 코딩에 필요한 정보를 자동으로 추출하고 구조화하는 역할을 수행할 수 있습니다. 이는 보험 청구 과정의 정확성과 효율성을 높이는 데 기여하며, 의료 행정 시스템의 생산성을 향상시킵니다.

사전 승인(Prior Authorization): 소스에는 AI가 사전 승인 과정을 직접적으로 지원한다는 명시적인 언급은 없습니다. 그러나 AI가 임상 워크플로우를 최적화하고 행정 업무를 자동

화함으로써 의료진이 환자 치료에 집중할 수 있도록 돕는다는 점은 간접적으로 사전 승인과 같은 행정 절차의 효율화에 AI가 기여할 수 있음을 시사합니다. AI는 '시간을 만들어내는' 도구로서, 복잡한 승인 절차와 관련된 서류 작업을 간소화하는 데 사용될 가능성이 있습니다.

기록 오류의 사람 검토 및 개인정보 보호

AI가 진료 기록 및 문서화 과정을 혁신하고 있지만, AI는 오류를 범할 수 있는 도구라는 점과 개인 정보 보호에 대한 엄격한 준수가 필수적이라는 점을 분명히 인지해야 합니다.

의료진 검토의 필수성: AI는 "환각(hallucination)" 현상을 보일 수 있는데, 이는 그럴듯하지만 완전히 잘못된 정보를 생성하는 것을 의미하며, GPT-5와 같은 LLM도 약 15%의 환각 오류를 보이는 것으로 보고되었습니다. 이러한 오류는 의료 분야에서 "1%의 치명적인 실수(fatal error)"로 이어질 수 있으며, 실제로 AI의 잘못된 건강 조언(예: 나트륨 섭취 제한)으로 인해 환자가 중독 증세를 보여 입원한 사례도 있습니다. 심지어 AI가 환자의 동의를 받지 않았는데도 진료 기록에 동의했다는 문구를 삽입하는 환각을 일으켜 법적 위험을 초래할 수도 있습니다.

따라서 AI가 생성한 모든 진료 기록 초안, 요약, 또는 권고는 반드시 의료 전문가의 비판적인 검토와 최종적인 임상적 판단을 거쳐야 합니다. 최종적인 의사 결정과 책임은 항상 인간 의료 전문가에게 귀속됩니다. AI는 의사를 대체하는 것이 아니라, "지능적이고 지칠 줄 모르는 동료" 또는 "두 번째 눈"으로서 의료진을 보조하는 도구입니다. 의료진은 AI의 제안을 맹목적으로 따르지 않고, 자신의 임상적 판단과 독립적인 추론을 기록으로 남겨야 합니다. AI는 인간 의사가 가진 공감 능력, 직관, 비언어적 정보 파악 능력과 같은 인간적인 요소를 대체할 수 없으며, 이러한 능력은 의료 현장에서 여전히 중요한 가치로 남아 있습니다.

개인정보 보호 및 데이터 거버넌스: 의료 데이터는 가장 민감하고 법적으로 보호되는 개인 정보 중 하나이므로, AI 시스템에 데이터가 접근, 제어, 사용되는 방식에 대한 상당한 우려가 존재합니다.

환자의 사전 동의(informed consent): AI 시스템 사용 전 환자에게 AI 사용 목적, 합의, 잠재적 위험을 설명하고 사전 동의를 받는 것이 필수적입니다. 환자는 진료에 동의하더라도

자신의 의료 데이터가 AI 훈련이나 연구에 사용되는 것에 동의하지 않을 권리가 있습니다.

데이터 익명화 및 최소화: 개인 정보 보호를 위해 데이터 익명화(anonymization) 또는 가명화(pseudonymization)가 중요하며, 데이터 최소화 원칙을 준수해야 합니다.

데이터 저장 및 보안: 개인 정보를 AI 서비스에 직접 입력하지 않도록 개인 정보 입력 금지 원칙을 철저히 지켜야 합니다. 특히 민감한 의료 데이터가 외국 서버에 저장되는 것을 방지해야 하며, AI 학습에 데이터가 사용되지 않는다는 계약상 보장이 필요합니다. 일부 병원은 로컬(on-premise) 환경에서 AI를 운영하여 데이터가 외부 클라우드로 유출되지 않도록 합니다.

규제 및 책임: AI 기술의 발전 속도가 규제 프레임워크의 변화 속도를 앞지르고 있어, AI 도입을 위한 국가 및 기관 차원의 규정 업데이트가 시급합니다. AI 모델 훈련 시 병원 기록 데이터 사용에 대한 동의 문제, 병원이 AI 의료를 거부하는 환자를 계속 수용할 수 있는지 등 법적, 윤리적 균형점이 필요합니다. AI 시스템이 어떻게 의사결정을 내리는지 이해하기 어려운 '블랙박스(black box)' 문제를 해결하고 설명 가능한 AI(Explainable AI, XAI)를 구현하기 위한 노력이 중요합니다.

AI는 의료진의 문서 작업 시간을 단축하고, 정보 검색 및 요약의 효율성을 높여 환자에게 더 많은 인간적인 보살핌과 소통을 제공할 수 있는 귀중한 기회를 제공합니다. 그러나 AI는 인간 의사가 가진 공감 능력, 직관, 비언어적 정보 파악 능력과 같은 인간적인 요소를 대체할 수 없으며, 이러한 능력은 의료 현장에서 여전히 중요한 가치로 남아 있습니다. AI와 인간의 협업을 통해 의료진은 '기술을 위한 기술'이 아닌 '실제 케어 요구'에 부합하는 방식으로 의료 서비스를 개선해 나갈 수 있을 것입니다. AI는 의료진에게 "제3의 조력자(third agent)"로서 역할을 수행하며, 인간의 전문성과 AI의 기술이 조화롭게 결합될 때 비로소 진정한 환자 중심의 의료를 실현할 수 있을 것입니다.

[근거자료]

다음은 제5장 '병원 업무와 환자 경험'의 5.1 '진료기록과 문서 자동화', 5.2 '병상·인력·수술실·예약 관리', 5.3 '환자 상담과 원격 모니터링'을 뒷받침하는 근거자료 목록입니다.

근거자료 목록

제목: 1 医疗RAG大模型实战

저자/발행기관: AI大模型应用开发 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 5.1

제목: 2026-06-03 數位健康研究轉譯系列演講#27 繆睿股份有限公司 陳凌漢 講師「醫療衛教培訓 AI Coach 共創工作坊」

저자/발행기관: ICHIT TMU (YouTube 채널)

업로드일: 2026-06-03

뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.3

제목: 2026-07-08 : 星球永續健康線上直播-AI醫療治理(2) : AI 安全閘門治理沙盒(AI Airlock)

저자/발행기관: 건강智慧生活圈 (YouTube 채널)

업로드일: 2026-07-08

URL: https://www.youtube.com/watch?v=_yani8XjOe0

뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.2, 5.3

제목: AI與健康照護 | 楊珮菁、王獻章 | AI科普沙龍講座第3期 - BEING HUMAN : AI與人共生的那一天

저자/발행기관: 臺大科學教育發展中心CASE (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.3

제목: Conferencia Más Salud. IA en Medicina: la herramienta del estudiante moderno

저자/발행기관: Facultad de Medicina UNAM (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.3

제목: L'IA & l'IA Générative en santé : À l'épreuve de la réalité

저자/발행기관: L'Oeil de la E-santé (YouTube 채널)

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=7EQazuMjJh4>

뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.2, 5.3

제목: 【看護DXアワード2026予選】看護現場を変えるAI・DXサービス10社ピッチ

저자/발행기관: 日本男性看護師會の看護覚書 (YouTube 채널)

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Y9HWglbMSyU>

뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.2, 5.3

제목: 人工智慧基本法與智慧醫療治理趨勢 (下) 李崇僖教授

저자/발행기관: 理律文教基金會 (YouTube 채널)

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=vUv4dI0vHLw>

뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.2, 5.3 뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.2, 5.3

5.2 병상·인력·수술실·예약 관리

인공지능(AI)은 의료 기관의 운영 효율성을 혁신적으로 개선하고, 제한된 의료 자원을 최적으로 활용하며, 궁극적으로 환자들에게 더 나은 의료 서비스를 제공하는 핵심 도구로 부상하고 있습니다. AI는 복잡한 병원 운영 환경에서 발생하는 다양한 데이터를 분석하여 환자의 흐름을 예측하고, 병상을 효율적으로 배정하며, 의료 인력을 효과적으로 배치하고, 수술실 일정을 최적화하며, 예약 및 대기 관리를 자동화하는 등 광범위한 영역에서 지능형 지원을 제공합니다. 그러나 이러한 AI 시스템의 도입은 기술적 효율성뿐만 아니라 현장 안전 검토, 윤리적 고려, 그리고 의료진의 최종 판단 및 책임이라는 중요한 측면을 함께 고려해야 합니다.

환자 흐름 예측 및 병상 배정

AI는 환자 흐름을 예측하여 병원 운영의 효율성을 크게 향상시킵니다. AI 모델은 소아 환자의 입원(pediatric hospitalizations)을 예측할 수 있으며, 이는 연중 시기, 바이러스 순환, 지역 발병 등 다양한 요인을 고려하여 이루어집니다. 이러한 예측은 병원 수요가 많은 시기(예: 바이러스 유행 피크)에 병원 효율성을 높이는 데 핵심적인 역할을 합니다.

병상 배정은 병원 운영의 중요한 부분으로, AI는 이 과정을 더욱 객관적이고 효율적으로 만듭니다. 중환자실(ICU)과 같이 병상 부족이 심각한 환경에서는 어떤 환자를 우선해야 할지에 대한 의사 결정이 복잡할 수 있습니다. 미래에는 AI가 환자의 간호 평가 점수(nursing assessment score), TTSS 점수(TTSS score) 등 임상 정보를 바탕으로 더욱 시기적절하고 객관적인 병상 분배를 할 수 있을 것으로 예상됩니다. AI는 또한 환자의 입원 위험이나 상태 악화 위험을 예측하여 조기 입원을 유도하고, 불필요한 합병증을 예방하는 데 기여할 수 있습니다. AI는 소아 환자 입원 예측을 통해 병상 추가 필요성이나 중환자실, 호흡기, 심장 전문 인력 확충 필요성을 예측하여 병상 관리를 최적화합니다. 앱을 통해 입원 가능성을 경고하고 다른 대안을 제시함으로써, 환자 이송/전달(referral and counter-referral processes) 과정을 보다 현실적으로 계획할 수 있습니다.

인력 배치 효율화

의료 인력 부족은 전 세계적인 문제이며, AI는 이러한 문제를 해결하는 데 중요한 역할을 합니다. AI는 인력 보충을 넘어 지능화(智慧化)를 통해 제한된 인력을 효율적으로 배치하고 의료진의 업무 부담을 줄이는 데 기여합니다.

업무 부담 경감: AI 간호사 보조원은 환자 동반, 낙상 방지, 길 안내 등 반복적인 업무를 수행하여 간호사들의 업무 부담을 줄이고, 간호사들이 환자에게 더 많은 인본주의적 돌봄(human care)을 제공할 시간을 확보합니다. AI 기반 간호 기록 시스템 도입 후, 간호사들이 간접 업무에 드는 시간을 최대 70%까지 줄여 환자에게 더 많은 시간을 할애할 수 있게 되었다는 보고도 있습니다.

자원 낭비 최소화: 병원 내 장비(infusion pumps, stretchers) 분실 또는 오배치로 인해 직원들이 장비를 찾는 데 30~60분을 낭비하는 경우가 많습니다. AI는 이러한 장비를 추적하여 인력 낭비를 줄이고 효율적인 장비 할당을 돕습니다.

인력 수요 예측: AI는 소아 환자 입원 예측을 통해 중환자실, 호흡기, 심장 분야의 추가 인력 필요성을 예측하여 의료진의 효율적인 배치를 지원합니다.

수술실 일정 관리

수술실 관리는 병원 운영의 가장 복잡하고 중요한 부분 중 하나입니다. AI는 수술 계획, 일정 최적화, 그리고 수술 중 지원을 통해 수술의 효율성과 안전성을 높입니다.

수술 계획 최적화: AI는 종양 위치, 크기, 주변 해부학적 구조 등 환자별 데이터를 분석하여 방사선 치료 계획을 최적화할 수 있으며, 이는 방사선 종양 전문의의 작업 부담을 줄이고 치료 계획의 일관성을 높입니다. AI 기반 시스템은 EHR에 통합되어 환자별 데이터를 기반으로 의료 자원 할당 및 불필요한 업무량 감소를 지원합니다.

일정 관리 자동화: 병원 수술실 관리(OP-Sälenmanagement)는 일반 공장과 달리 매일 새롭게 결정해야 할 사항이 많습니다. 예를 들어, 필요한 수술 기구가 제때 도착하지 않아 수술 계획을 변경해야 하는 상황이 발생하기도 합니다. AI는 이러한 예측 불가능성을 관리하

고 수술실 일정을 최적화하는 데 도움을 줄 수 있습니다.

임상 의사결정 지원: AI는 암 병기 분류(cancer staging) 등 문서화에 도움이 되며, 치료 계획(treatment planning)의 골격을 만들어 회의에서 검토 및 비준(review and ratify)하도록 돕습니다. 이는 의사결정 과정을 코드화하고 시스템을 구축하여 임상가의 사고 과정과 일치시키려는 시도입니다.

예약과 대기 관리

AI는 예약 시스템 및 대기 관리를 자동화하고 최적화하여 환자 경험을 개선하고 병원의 운영 효율성을 높입니다.

대기 시간 단축: AI는 응급실 행정 오류를 35% 감소시키고, 응급실 대기 시간을 21분에서 9분으로 단축할 수 있습니다. 이는 병원 혼잡을 줄이고 환자들이 더 빨리 진료를 받을 수 있도록 돕습니다.

24/7 예약 서비스: 34~51%의 예약이 근무 시간 외에 이루어지므로, 24/7(24시간 7일) 예약 서비스의 필요성이 큼니다. AI 에이전트는 콜센터나 인간 에이전트보다 훨씬 저렴하게 24/7 서비스를 제공할 수 있습니다. AI는 실시간으로 예약 가능 일정을 확인하고, 음성 또는 다른 디지털 채널을 통해 즉시 결정을 내릴 수 있도록 돕습니다.

노쇼(No-show) 감소: AI는 예약 확인(confirming attendance) 및 재예약(rescheduling) 알림을 통해 노쇼(no-shows)를 줄이고 빈 진료 시간(empty agendas)을 채울 수 있습니다. 이는 환자의 대기 시간을 줄이고 병원의 운영 효율성을 높입니다.

자동화된 전화 응대: AI 전화 시스템은 환자와의 대화를 텍스트로 자동 변환하고 요약하여, 접수원이나 직원이 어떤 전화인지 미리 파악하고 신속하게 처리할 수 있도록 워크플로우를 변경합니다. 이 시스템은 진료 예약뿐만 아니라 검진 예약 및 기타 질문에도 대응할 수 있습니다. AI가 만든 요약은 환자가 말한 내용을 URL로 보내어 환자가 직접 확인할 수 있도록 하여 오류를 줄입니다.

ICD 코딩 지원: AI가 제안된 코드를 기반으로 ICD 코딩을 자동화하여 행정 자원 소모를 줄입니다.

현장 안전 검토 및 의료진 판단

AI는 의료 현장의 운영 효율성을 크게 높이지만, 그 한계와 윤리적 고려 사항을 명확히 인식하고 의료진의 최종 판단을 존중하는 것이 필수적입니다. AI는 "1%의 치명적인 오류(fatal error)"를 저지를 수 있으며, 이는 의료 분야에서 심각한 결과를 초래할 수 있습니다.

AI의 오류 및 편향: AI 모델은 훈련 데이터에 존재하는 편향(bias)을 반영하거나 심화시킬 수 있으며, 환각(hallucination) 현상으로 인해 그럴듯하지만 잘못된 정보를 생성할 위험이 있습니다. 이러한 오류는 의료 서비스 제공의 신뢰성을 떨어뜨릴 수 있습니다. 예를 들어, AI 모델이 의료 인력 배치에 대한 예측을 했으나, 외딴 지역에서 데이터 전송 지연(frequent power cuts)으로 인해 정보 부재가 낮은 수요로 해석되어 인력 배정에서 시스템적으로 누락되는 문제가 발생했습니다. 이 사례는 AI가 맥락(context)을 이해하지 못할 때 실패할 수 있음을 보여주며, 지역적 지식(local knowledge)과 지속적인 인간 감독(continuous human supervision)이 필요하다는 점을 강조합니다.

오경보(False Alarms)와 의료진 검토: AI 시스템은 높은 위험을 동반하는 진단 보조 도구이므로, 오진 또는 오경보의 가능성을 항상 인지해야 합니다. AI 모델의 예측은 "확률"이지 "절대적인 진실"이 아닙니다. 따라서 AI가 제공하는 경고나 예측은 항상 의료 전문가의 비판적인 검토와 감독을 거쳐야 합니다. AI 시스템은 human-in-the-loop 방식으로 작동해야 하며, 고위험 작업에서는 인간의 승인(manual approval)이 필수적입니다. AI의 출력물에 대한 자동화된 검증(automated verification) 및 교정(calibration) 메커니즘이 필요합니다.

의료진의 최종 책임: AI는 의사를 대체하는 것이 아니라, "지능적이고 지칠 줄 모르는 동료"로서 의료진의 업무를 지원하는 도구입니다. AI가 아무리 발전하더라도, 최종적인 진단 결정과 치료에 대한 책임은 항상 인간 의료 전문가에게 귀속됩니다. AI가 환자에게 잠재적 위험을 경고했음에도 불구하고 의료진이 자신의 임상적 판단에 따라 이를 무시하고, 결과적으로 환자에게 부정적인 영향이 발생한다면, 의료진의 주의 의무 기준이 높아져 법적 책임이

가중될 수 있습니다.

데이터 품질 및 윤리: AI 모델의 성능은 입력 데이터의 품질에 크게 좌우됩니다. 데이터가 부정확하거나 불완전하면 AI의 예측은 신뢰할 수 없게 됩니다. 의료 데이터는 가장 민감한 개인 정보이므로, AI 시스템 사용 전 환자에게 AI 사용 목적, 합의, 잠재적 위험을 설명하고 사전 동의(informed consent)를 받는 것이 필수적입니다.

AI는 병원 운영의 여러 측면에서 효율성과 정확성을 높이는 강력한 도구이지만, 그 도입은 인간의 감독, 윤리적 고려, 그리고 AI의 한계에 대한 명확한 이해를 바탕으로 이루어져야 합니다. AI와 의료진의 효과적인 협력을 통해, 우리는 더욱 안전하고 효율적인 환자 중심의 의료 시스템을 구축할 수 있을 것입니다.

[근거자료]

다음은 제5장 '병원 업무와 환자 경험'의 5.1 '진료기록과 문서 자동화', 5.2 '병상·인력·수술실·예약 관리', 5.3 '환자 상담과 원격 모니터링'을 뒷받침하는 근거자료 목록입니다.

근거자료 목록

제목: 1 医疗RAG大模型实战

저자/발행기관: AI大模型应用开发 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 5.1

제목: 2026-06-03 數位健康研究轉譯系列演講#27 繆睿股份有限公司 陳凌漢 講師「醫療衛教培訓 AI Coach 共創工作坊」

저자/발행기관: ICHIT TMU (YouTube 채널)

업로드일: 2026-06-03

뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.3

제목: 2026-07-08 : 星球永續健康線上直播-AI醫療治理(2) : AI 安全閘門治理沙盒(AI Airlock)

저자/발행기관: 건강智慧生活圈 (YouTube 채널)

업로드일: 2026-07-08

URL: https://www.youtube.com/watch?v=_yani8XjOe0

뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.2, 5.3

제목: AI與健康照護 | 楊珮菁、王獻章 | AI科普沙龍講座第3期 - BEING HUMAN : AI與人共生的那一天

저자/발행기관: 臺大科學教育發展中心CASE (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.3

제목: Conferencia Más Salud. IA en Medicina: la herramienta del estudiante moderno
저자/발행기관: Facultad de Medicina UNAM (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.3

제목: L'IA & l'IA Générative en santé : À l'épreuve de la réalité
저자/발행기관: L'Oeil de la E-santé (YouTube 채널)
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=7EQazuMjJh4>
뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.2, 5.3

제목: 【看護DXアワード2026予選】看護現場を変えるAI・DXサービス10社ピッチ
저자/발행기관: 日本男性看護師會の看護覚書 (YouTube 채널)
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Y9HWglbMSyU>
뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.2, 5.3

제목: 人工智慧基本法與智慧醫療治理趨勢（下）李崇僖教授
저자/발행기관: 理律文教基金會 (YouTube 채널)
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=vUv4dl0vHLw>
뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.2, 5.3 뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.2, 5.3

5.3 환자 상담과 가상 비서

인공지능(AI)은 환자 상담 및 가상 비서 기능을 통해 의료 서비스의 접근성을 높이고 환자 중심의 의료를 실현하는 데 핵심적인 역할을 하고 있습니다. AI 챗봇과 가상 비서는 환자의 질문에 답하고, 의료 정보를 제공하며, 일상적인 의료 행정 업무를 지원함으로써 의료진의 부담을 경감하고 환자 경험을 개선합니다.

환자 챗봇 및 가상 비서의 활용

가상 비서는 의료 전문가의 인지적 부담을 줄이고, 문서 작업과 같은 반복적인 행정 업무를 자동화하여 의료진이 환자에게 더 많은 시간을 할애할 수 있도록 돕는 '제3의 조력자(third agent)' 역할을 수행합니다. AI 에이전트는 챗봇과는 달리 특정 목표 지향적인 작업을 수행하도록 설계되어, 환경과 상호작용하며 복잡한 문제를 해결할 수 있습니다. AI는 의료진의 설명을 넘어서 검사 결과나 질병에 대한 일반적인 환자들의

AI 챗봇과 가상 비서는 환자 중심 의료의 확장을 넘어, 의료 자원의 효율적인 배분과 환자 관리의 혁신을 가져오고 있습니다.

증상 분류 및 초기 안내

AI는 환자가 호소하는 다양한 증상을 분석하여 초기에 질병 위험을 분류하고 적절한 의료 서비스로 안내하는 데 활용됩니다. AI 의료 도우미는 방대한 실제 의료 데이터를 기반으로 환자의 증상, 예를 들어 "설사 3회", "심장 통증", "배고플 때 트림"과 같은 내용에 대해 합리적인 답변과 치료 방안을 제시할 수 있습니다. 이는 환자들이 스스로 정보를 찾아 헤매는 시간과 노력을 줄여주고, 불필요한 의료기관 방문을 줄이는 데 기여합니다. AI는 원격 진료(telemedicine) 시스템에서 원격 트리아지(remote triage) 기능을 지원하여, 환자의 증상 심각도를 분류하고 필요한 경우 의료 전문가에게 연결함으로써 의료 자원의 효율적인 배분을 돕습니다. 특히, AI는 환자 데이터를 분석하여 불안, 우울증 또는 기타 정신 건강 상태 위험이 있는 개인을 식별하여 조기 개입을 가능하게 하는 데도 사용될 수 있습니다. 이러한 초기 분류는 환자가 적시에 필요한 도움을 받을 수 있도록 하며, 의료진은 보다 심층적인 관

리가 필요한 환자에게 집중할 수 있게 됩니다.

예약 안내 및 대기 관리

AI는 의료기관의 예약 시스템에 통합되어 환자 경험을 개선하고 병원 운영 효율성을 높이는 데 기여합니다. AI 기반 시스템은 24시간 7일 내내(24/7) 예약 서비스를 제공하며, 이는 콜센터나 인간 에이전트보다 훨씬 저렴한 비용으로 운영됩니다. 전체 예약의 34~51%가 근무 시간 외에 이루어진다는 점을 고려하면, 24/7 예약 서비스의 필요성은 매우 큼니다. AI는 실시간으로 예약 가능 일정을 확인하고, 음성 또는 다른 디지털 채널을 통해 즉시 결정을 내릴 수 있도록 돕습니다.

또한, AI는 예약 확인 및 재예약 알림을 통해 노쇼(no-shows)를 줄이고 빈 진료 시간을 채울 수 있어 병원 운영 효율성을 높입니다. AI 전화 시스템은 환자와의 대화를 텍스트로 자동 변환하고 요약하여, 접수원이나 직원이 어떤 전화인지 미리 파악하고 신속하게 처리할 수 있도록 워크플로우를 변경합니다. 이 시스템은 진료 및 검진 예약뿐만 아니라 병원 FAQ(자주 묻는 질문)에 대한 응대에도 활용됩니다. 만약 AI가 잘못된 안내를 했을 경우, 직원이 확인하여 수정된 정보를 환자에게 전달하는 방식으로 오류를 관리함으로써, AI의 한계를 보완할 수 있습니다. AI 에이전트는 환자가 언제든지, 어떤 질문이든 할 수 있도록 하여, 환자가 자신의 상태를 더 많이 문의하고 이해할 수 있도록 돕습니다.

원격 모니터링 및 지속적인 환자 관리

AI는 웨어러블 기기 및 사물 인터넷(IoT) 센서에서 수집되는 환자의 생체 데이터(심박수, 혈압, 혈당, 수면 패턴 등)를 지속적으로 모니터링하여 이상 징후를 감지하고 스마트 경고를 보냅니다. AI 앱은 치료 준수율(adherence to treatment)을 모니터링하고, 자동화된 메시징이나 알림을 통해 환자의 자가 관리를 지원하며, 이는 특히 만성 질환 관리에 중요합니다. 이러한 기능은 모바일 기기에서도 구현될 수 있습니다. AI가 지원하는 텔레헬스(telehealth)는 원격 모니터링을 포함하여 환자의 질병을 예측하고 맞춤형 치료를 가능하게 합니다.

모바일 진료실과 같은 이동형 의료 서비스는 환자의 집에 방문하여 개인 인증 후 센싱을 시작하고, 실시간 건강 데이터를 보여주며 온라인 진료로 전환하여 약을 받을 수 있도록 합니다. AI는 개인의 건강 데이터를 기반으로 3년 후의 검사 결과나 건강 위험을 예측하고, 행동 변화에 대한 조언을 제공할 수 있습니다. AI는 원격 모니터링을 통해 환자의 변화를 감지하고, 필요시 구급차 연결 또는 재택 의료팀을 활성화하는 심부전 모니터링 시스템과 같은 방식으로 활용됩니다. 환자의 적극적인 데이터(patient reported data) 피드백은 의사가 진단 및 치료에 있어 더 객관적인 참고 자료를 얻는 데 도움을 줍니다. 또한, AI는 환자에게 필요한 설명 영상을 제작하여 병원에 비치하면, 의료진은 설명 시간을 줄이고 환자 만족도를 높일 수 있습니다.

오진 위험 및 디지털 격차의 그림자

AI의 환자 상담 및 가상 비서 기능은 상당한 잠재력을 가지고 있지만, 오진 위험과 디지털 격차와 같은 중요한 한계점과 윤리적 고려 사항을 내포하고 있습니다.

오진 위험: AI는 "환각(hallucination)" 현상을 보일 수 있는데, 이는 그럴듯하지만 완전히 잘못된 정보를 생성하는 것을 의미합니다. GPT-5와 같은 LLM도 약 15%의 환각 오류를 보이는 것으로 보고되었으며, 이러한 오류는 의료 분야에서 "1%의 치명적인 실수(fatal error)"로 이어져 환자에게 심각한 피해를 초래할 수 있습니다. 실제로 AI의 잘못된 건강 조언(예: 나트륨 섭취 제한)으로 인해 환자가 중독 증세를 보여 입원한 사례도 있습니다. AI 챗봇은 감정적 복잡성을 포착할 수 없고, 공감(empathy) 능력이나 완전한 이해(comprende), 민감성(sentire)이 부족하다는 한계가 있습니다. AI는 고정된 패턴으로 작동하며 각 환자의 특정 상황에 적절하게 적응하지 못할 수 있고, 사회적 배경이나 특별한 상황을 고려하기 어렵습니다. AI 모델은 훈련 데이터에 존재하는 편향(bias)을 반영하거나 심화시킬 수 있으며, 이는 특정 인구 집단에 대해 불공정하거나 부정확한 결과를 도출할 수 있습니다.

디지털 격차: AI 기반 의료 서비스는 기술 접근성에 따라 의료 격차를 심화시킬 수 있습니다. 노년층이나 디지털 문해력이 낮은 환자는 AI 도구 활용에 어려움을 겪을 수 있으며, 이는 의료 서비스 이용의 불평등으로 이어질 수 있습니다. 모든 사람이 스마트폰이나 기술 장치를 소유하는 것은 아니기 때문에, 이러한 격차는 AI의 혜택을 모든 이에게 고르게 전달하는 데

걸림돌이 됩니다. 디지털 도구를 설계할 때는 특정 대상(TA)의 요구를 분석하고, 그들의 임상 경로에 맞춰 설계해야 하며, 모든 사람에게 동일한 서비스를 제공하는 것은 어렵습니다.

의료진의 비판적 검토와 최종 책임

AI가 생성한 모든 정보는 반드시 의료 전문가의 비판적인 검토와 최종적인 임상적 판단을 거쳐야 합니다. 최종적인 의사 결정과 책임은 항상 인간 의료 전문가에게 귀속됩니다. AI는 의사를 대체하는 것이 아니라, '지능적이고 지칠 줄 모르는 동료' 또는 '두 번째 눈'으로서 의료진을 보조하는 도구입니다. 의료진은 AI의 제안을 맹목적으로 따르지 않고, 인간 고유의 공감 능력, 직관, 비언어적 정보 파악 능력을 발휘하여 환자를 종합적으로 이해하고 최적의 결정을 내려야 합니다.

AI 시스템 사용 전 환자에게 AI 사용 목적, 합의, 잠재적 위험을 설명하고 사전 동의(informed consent)를 받는 것이 필수적입니다. AI 사용 시 투명성을 준수하여 환자가 AI와 상호작용하고 있음을 명확히 알려야 합니다. AI는 블랙박스(black box) 문제가 있으며, 의료진은 AI의 추론 과정을 이해하고 신뢰할 수 있는지 평가해야 합니다. AI가 잘못된 판단을 내릴 경우 의료진의 주의 의무 기준이 높아져 법적 책임이 가중될 수 있다는 점을 인지해야 합니다. AI의 출력물에 대한 자동화된 검증(automated verification) 및 교정(calibration) 메커니즘이 필요하며, 고위험 작업에서는 인간의 승인(manual approval)이 필수적입니다. 의료진은 AI가 제시하는 위험 점수나 진단 가능성에 대해 어디까지 신뢰하고 어떻게 개입할지 결정하는 임계값(threshold) 설정의 주체가 되어야 합니다.

AI는 환자 상담의 질을 높이고 의료 서비스를 확장하는 데 중요한 역할을 하지만, 그 한계를 명확히 인식하고 인간적 판단과 윤리적 가이드라인 하에 신중하게 활용되어야 합니다.

[근거자료]

다음은 제5장 '병원 업무와 환자 경험'의 5.1 '진료기록과 문서 자동화', 5.2 '병상·인력·수술실·예약 관리', 5.3 '환자 상담과 원격 모니터링'을 뒷받침하는 근거자료 목록입니다.

근거자료 목록

제목: 1 医疗RAG大模型实战

저자/발행기관: AI大模型应用开发 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 5.1

제목: 2026-06-03 數位健康研究轉譯系列演講#27 繆睿股份有限公司 陳凌漢 講師「醫療衛教培訓 AI Coach 共創工作坊」

저자/발행기관: ICHIT TMU (YouTube 채널)

업로드일: 2026-06-03

뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.3

제목: 2026-07-08 : 星球永續健康線上直播-AI醫療治理(2) : AI 安全閘門治理沙盒(AI Airlock)

저자/발행기관: 건강智慧生活圈 (YouTube 채널)

업로드일: 2026-07-08

URL: https://www.youtube.com/watch?v=_yani8XjOe0

뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.2, 5.3

제목: AI與健康照護 | 楊珮菁、王獻章 | AI科普沙龍講座第3期 - BEING HUMAN : AI與人共生的那一天

저자/발행기관: 臺大科學教育發展中心CASE (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.3

제목: Conferencia Más Salud. IA en Medicina: la herramienta del estudiante moderno

저자/발행기관: Facultad de Medicina UNAM (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.3

제목: L'IA & l'IA Générative en santé : À l'épreuve de la réalité

저자/발행기관: L'Oeil de la E-santé (YouTube 채널)

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=7EQazuMjJh4>

뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.2, 5.3

제목: 【看護DXアワード2026予選】看護現場を変えるAI・DXサービス10社ピッチ

저자/발행기관: 日本男性看護師會の感護覚書 (YouTube 채널)

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Y9HWglbMSyU>

뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.2, 5.3

제목: 人工智慧基本法與智慧醫療治理趨勢（下）李崇僖教授

저자/발행기관: 理律文教基金會 (YouTube 채널)

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=vUv4dI0vHLw>

뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.2, 5.3 뒷받침하는 소제목: 5.1, 5.2, 5.3

제6장 의료 교육과 연구

6.1 의학교육, 가상 환자, 임상 훈련

인공지능(AI)은 의료 교육의 방식과 의료 전문가의 역량을 근본적으로 변화시키고 있습니다. AI는 학습 과정을 개인화하고, 실습 환경을 안전하게 제공하며, 복잡한 임상 추론 능력을 훈련하는 데 필수적인 도구로 자리매김하고 있습니다. 이러한 기술의 발전은 미래 의료인이 AI의 잠재력을 이해하고 한계를 인식하며, 책임감 있게 활용할 수 있도록 준비시키는 데 중요한 역할을 합니다.

의학교육의 변화와 AI의 역할

AI는 의료 전문가를 양성하는 방식을 혁신하고 있습니다. 지능형 시뮬레이터는 학생들이 안전한 환경에서 실제와 유사한 임상 상황을 연습할 수 있도록 돕습니다. 또한, AI 기반의 적응형 학습 시스템은 개개인의 학습 요구에 맞춰 교육 내용을 개인화하여, 학생들에게 맞춤형 학습 경험을 제공합니다. 이러한 기술 덕분에 농촌 지역의 학생들도 도시 환경에서 제공되는 고품질의 학습 자료에 접근할 수 있게 되어, 오랜 기간 존재했던 교육 불평등의 장벽을 허무는 데 기여합니다. 많은 의과대학이 AI를 정규 교육 과정에 통합하는 방안을 모색하고 있으며, 이는 의료 교육의 미래 방향을 제시합니다.

의료 교육에서 AI 활용의 핵심은 책임감 있고 윤리적인 사용법을 가르치는 것입니다. 학생들은 AI에 정확한 지시(프롬프트)를 내리는 방법과 AI가 제공하는 정보에 대한 비판적인 시각을 갖는 훈련을 받아야 합니다. AI는 도구일 뿐이므로, 그 출력을 맹목적으로 따르지 않고 엄격한 검토를 거쳐야 함을 교육해야 합니다. 의료 전문가는 복잡한 AI 시스템을 관리하고 유지보수하는 데 필요한 디지털 역량을 갖추어야 하며, AI의 역량과 한계에 대한 지속적인 교육을 통해 효과적으로 활용할 수 있는 능력을 키워야 합니다. 미래의 의사는 AI를 능숙하게 활용하고, AI의 도움을 받아 더 나은 환자 진료를 제공하는 역량이 요구될 것입니다.

가상 환자를 통한 임상 훈련

AI 기반 가상 환자(AI patient)는 의료 교육, 특히 진단 상호작용 및 의사소통 품질 훈련을 위한 효과적인 도구입니다. 가상 환자는 예비 의료진이 실제 환자와 유사한 상황에서 진료

기술을 연습하고 의사소통 능력을 향상시킬 수 있도록 돕습니다. 가상 환자는 실제 전자의 무기록(EHR) 데이터를 기반으로 구축되어 질병 데이터베이스를 확장하며, 'Big Five' 성격 프로필을 통합하여 더욱 현실적인 감정 표현을 가능하게 합니다.

이러한 가상 환자를 활용한 훈련은 학생들에게 더 많은 사례를 빠르고 효율적으로 연습할 기회를 제공합니다. 예를 들어, 간호사 훈련 프로그램에서는 AI 환자와의 실습 대화를 통해 실제 대화 데이터를 기반으로 생성된 프롬프트로 현실적인 대화 연습을 할 수 있습니다. 훈련 후에는 자신의 의사소통 내용을 텍스트로 확인하며 객관적으로 되돌아보고, 개별 피드백을 받을 수 있어 학습 효과를 극대화합니다. 그러나 AI 환자가 때로는 너무 긴 답변을 하거나 자연스럽게 못한 반응을 보일 수 있어, 이 부분은 지속적인 개선이 필요합니다.

임상 추론 훈련의 강화

AI는 의료진의 임상 추론 능력(clinical reasoning)을 훈련하고 강화하는 데 기여합니다. 임상 추론은 환자 정보를 수집하고, 가설을 세우며, 이를 반복적으로 검증하는 복잡하고 역동적인 사고 과정입니다. AI는 이러한 사고 과정을 지원하고, 학생들이 다양한 시나리오에 대한 추론 능력을 반복적으로 연습할 수 있는 환경을 제공합니다.

AI는 환자의 고차원적인 건강 상태를 매핑(mapping)하는 능력을 통해 개인의 삶의 궤적을 예측할 수 있는 수준에 이르러, 학생들이 복잡한 질병 진행 과정을 더 깊이 이해하도록 돕습니다. 예를 들어, AI 모델은 60세까지의 건강 상태를 토큰으로 입력하여 이후의 삶의 궤적을 매우 유사하게 예측하는 연구 결과도 있습니다. 이러한 AI의 능력은 학생들이 환자의 데이터를 바탕으로 미래를 예측하고 선제적인 개입을 계획하는 훈련을 가능하게 합니다.

임상 추론 훈련에서 중요한 요소 중 하나는 공감 능력(empathy)입니다. AI는 표면적인 공감 표현은 가능하지만, 환자의 깊은 맥락을 이해하고 본질적인 공감을 형성하기 어렵습니다. 예를 들어, AI는 약 복용을 거부하는 환자에게 "힘드시죠?"라고 반응할 수 있지만, 임상 추론 능력이 뛰어난 의사는 그 환자가 류마티스로 손이 아파 약을 꺼내지 못하고, 자존심 때문에 가족에게 도움을 청하지 못한다는 깊은 심리적 상태를 이해하고 본질적인 공감을 표할 수 있습니다. 따라서 AI 시대의 의료인에게는 AI가 제공하는 정보를 통합하고 소화하는 오케스트레이션(orchestration) 능력, 환자의 삶의 문맥과 이야기를 이해하는 내러티브

(narrative) 능력, 직관과 공감으로 적절한 말을 선택하는 능력, 그리고 신뢰를 바탕으로 한 의료 제공이 더욱 중요해집니다.

의료인의 AI 이해 능력과 한계

AI는 의료 현장에서 "지능적이고 지칠 줄 모르는 동료" 또는 "두 번째 눈"으로서 의료진을 보조하는 도구입니다. AI는 인간이 간과할 수 있는 미묘한 세부 사항을 포착하고, 문서 작성이나 코딩, 운영 스케줄링 같은 반복적인 업무를 자동화하여 의료진의 부담을 덜어줍니다. 이를 통해 의료진은 환자와 더 많은 시간을 보내고 인간적 돌봄(human care)에 집중할 수 있습니다.

그러나 AI는 한계와 잠재적 오류를 가지고 있습니다.

오류 및 편향: AI는 "1%의 치명적인 오류(fatal error)"를 저지를 수 있으며, LLM은 약 15%의 환각(hallucination), 즉 그럴듯하지만 잘못된 정보를 생성하는 경향이 있습니다. AI의 잘못된 조언(예: 나트륨 섭취 제한 권고)으로 환자가 실제 중독 증상을 겪은 사례도 보고되었습니다. 또한, AI 모델은 훈련 데이터에 존재하는 편향(bias)을 반영하여 특정 인구 집단에 대해 불공정하거나 부정확한 결과를 도출할 수 있습니다.

감성 및 비언어적 이해 부족: AI는 인간의 감정적 복잡성, 공감, 직관, 비언어적 정보(표정, 몸짓 등)를 포착하는 데 어려움을 겪습니다. 예를 들어, AI는 노인 환자가 벚꽃을 보러 가고 싶어 할 때, 심부전이나 낙상 위험을 근거로 외출을 만류할 수 있지만, 인간 의료진은 환자의 삶의 의미를 이해하고 위험을 관리하며 외출을 돕는 타협점을 찾을 수 있습니다.

'블랙박스(black box)' 문제: AI의 의사결정 과정이 불투명하여 의료진이 그 추론을 이해하고 신뢰하기 어려운 '블랙박스' 문제가 존재합니다. 이로 인해 AI의 출력에 대한 비판적 검토는 더욱 중요해집니다.

의료진의 최종 책임

AI가 아무리 발전하더라도 최종적인 진단 결정과 치료에 대한 책임은 항상 인간 의료 전문가에게 귀속됩니다. AI는 의사를 대체하는 것이 아니라, "지능을 증강하는(augmented intelligence)" 도구로서 의사의 역량을 강화하는 역할을 해야 합니다. 의사는 AI가 제시하는 정보에 대해 의학적, 윤리적 관점에서 비판적으로 평가하고, AI가 제공하는 권고가 환자의 특수한 상황에 적절한지 판단해야 합니다. AI가 위험을 경고했음에도 불구하고 의사가 이를 무시하고 잘못된 결과가 발생하면, 의료진의 주의 의무 기준이 높아져 법적 책임이 가중될 수 있다는 우려도 제기됩니다. 따라서 의료진은 AI의 사용에 대해 환자에게 투명하게 설명하고 사전 동의를 받아야 합니다.

의학교육은 이러한 AI의 역량과 한계를 명확히 가르치고, AI를 효과적으로 활용하면서도 인간 고유의 역량을 잃지 않는 의료인을 양성하는 데 집중해야 합니다. AI는 의료진의 업무를 보조하여 환자와의 관계를 심화하고, 의료 서비스의 질을 높이는 데 기여하는 '제3의 조력자(third agent)'로서 역할을 수행해야 합니다.

[근거자료]

다음은 제6장 '의료 교육과 연구'의 6.1 '의학교육과 가상 환자', 6.2 '연구 데이터 분석과 가설 생성', 6.3 '문헌 검토와 임상시험 지원'을 뒷받침하는 근거자료 목록입니다.

근거자료 목록

제목: Conferencia Más Salud. IA en Medicina: la herramienta del estudiante moderno

저자/발행기관: Facultad de Medicina UNAM (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 6.1, 6.3 (RAG 및 비판적 검토 관련)

제목: 首創AI醫療影像3D標準化 暨 MR 應用成果發表大會

저자/발행기관: 智捷醫學科技 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 6.1

제목: "友谊健康数据科学"高质量数据集及AI成果汇报

저자/발행기관: Grandhealth Access Telemedicine (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 6.2

제목: NICE Talk 100: 模拟、诊断和医学推理的AI实践

저자/발행기관: NICE AI Talk (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 6.2

제목: Inteligencia Artificial en Medicina | Capacitación para Médicos y Personal de Salud
저자/발행기관: MédicosElite® (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 6.3

제목: 2026-07-08 : 星球永續健康線上直播-AI醫療治理(2) : AI 安全閘門治理沙盒(AI Airlock)
저자/발행기관: 건강智慧生活圈 (YouTube 채널)
업로드일: 2026-07-08
URL: https://www.youtube.com/watch?v=_yani8XjOe0
뒷받침하는 소제목: 6.3, 6.2 (XAI 및 데이터 거버넌스 관련)

제목: 大模型技术如何赋能医学研究与临床实战-AI+医疗结合实战项目实操, 人工智能行业专家唐宇迪
저자/발행기관: 唐宇迪【人工智能实战专家】 (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 6.2

제목: 医療AI 開発プロジェクトを成功に導くために：医療AI開発・提供に関する法律・知財・契約
저자/발행기관: (国研)産総研 人工知能技術コンソーシアム (AITeC) (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 6.3

6.2 연구 데이터 분석과 가설 생성

인공지능(AI)은 의료 연구 분야에서 방대한 양의 데이터를 분석하고 복잡한 패턴을 인식하는 능력을 통해 질병의 이해를 심화하고 새로운 가설을 생성하는 데 핵심적인 역할을 합니다. 이는 전통적으로 오랜 시간과 막대한 인력이 소요되던 연구 과정을 획기적으로 가속화하며, 인간 연구자의 한계를 보완합니다. AI는 질병의 분자적 메커니즘 이해부터 새로운 치료법 발굴, 임상 시험 설계에 이르기까지 모든 연구 단계에서 효율성과 성공률을 높이는 핵심 동력으로 작용합니다.

대규모 임상 데이터 분석

AI 기반 연구의 근간은 대규모 임상 데이터에 있습니다. AI는 환자의 전자의무기록(EHR), 유전체 정보, 의료 영상, 웨어러블 기기 및 IoT 센서 데이터, 그리고 연구실 데이터 등 다양한 소스에서 수집된 이질적인 데이터를 통합하여 분석합니다. 여기에는 환자의 구술 기록이나 의사-환자 대화의 텍스트 변환본, 코딩 데이터, 시계열 임상 관찰 데이터 등 정형 및 비정형 데이터가 모두 포함됩니다. AI는 이러한 데이터를 HL7 FHIR과 같은 표준을 통해 통합하고, 익명화 처리하여 개인 정보 보호를 강화하면서도 연구에 활용할 수 있도록 합니다.

그러나 이러한 대규모 데이터는 고품질의 데이터가 부족한 경우가 많고, AI가 효과적으로 분석할 수 있는 "AI-ready" 상태로 만드는 데이터 큐레이션(data curation)이 매우 어렵고 시간 소모적인 도전 과제를 안고 있습니다. 데이터가 분산되어 있거나 결측치가 많은 경우도 흔하며, AI가 이를 효과적으로 분석하려면 정교한 전처리 과정이 필수적입니다. AI는 데이터를 정규화(normalization), 가장 중요한 특징 선택, 데이터 증강 등의 기법을 통해 전처리하여 모델의 일반화 가능성(대규모 유전체 시퀀싱 프로젝트에서 발견되는 수백만 개의 유전체 변이체를 분석하여 질병 유발 변이체를 식별하고, 특정 질병에 대한 개인의 취약성을 예측합니다. AI는 단백

6.2 연구 데이터 분석과 가설 생성

인공지능(AI)은 의료 연구 분야에서 방대한 양의 데이터를 분석하고 복잡한 패턴을 인식하는 능력을 통해 질병의 이해를 심화하고 새로운 가설을 생성하는 데 핵심적인 역할을 합니다. 이는 전통적으로 오랜 시간과 막대한 인력이 소요되던 연구 과정을 획기적으로 가속화하며, 인간 연구자의 한계를 보완합니다. AI는 질병의 분자적 메커니즘 이해부터 새로운 치료법 발굴, 임상 시험 설계에 이르기까지 모든 연구 단계에서 효율성과 성공률을 높이는 핵심 동력으로 작용합니다.

대규모 임상 데이터 분석

AI 기반 연구의 근간은 대규모 임상 데이터에 있습니다. AI는 환자의 전자의무기록(EHR), 유전체 정보, 의료 영상, 웨어러블 기기 및 IoT 센서 데이터, 그리고 연구실 데이터 등 다양한 소스에서 수집된 이질적인 데이터를 통합하여 분석합니다. 여기에는 환자의 수술 기록이나 의사-환자 대화의 텍스트 변환본, 코딩 데이터, 시계열 임상 관찰 데이터 등 정형 및 비정형 데이터가 모두 포함됩니다. AI는 이러한 데이터를 HL7 FHIR과 같은 표준을 통해 통합하고, 익명화 처리하여 개인 정보 보호를 강화하면서도 연구에 활용할 수 있도록 합니다.

그러나 이러한 대규모 데이터는 고품질의 데이터가 부족한 경우가 많고, AI가 효과적으로 분석할 수 있는 "AI-ready" 상태로 만드는 데이터 큐레이션(data curation)이 매우 어렵고 시간 소모적인 도전 과제를 안고 있습니다. 데이터가 분산되어 있거나 결측치가 많은 경우도 흔하며, AI가 이를 효과적으로 분석하려면 정교한 전처리 과정이 필수적입니다. AI는 데이터를 정규화(normalization), 가장 중요한 특징 선택, 데이터 증강 등의 기법을 통해 전처리하여 모델의 일반화 가능성(대규모 유전체 시퀀싱 프로젝트에서 발견되는 수백만 개의 유전체 변이체를 분석하여 질병 유발 변이체를 식별하고, 특정 질병에 대한 개인의 취약성을 예측합니다. AI는 단백

AI는 의료 연구 분야에서 방대한 양의 데이터를 분석하고 복잡한 패턴을 인식하는 능력을 통해 질병의 이해를 심화하고 새로운 가설을 생성하는 데 핵심적인 역할을 합니다. 이는 전통적으로 오랜 시간과 막대한 인력이 소요되던 연구 과정을 획기적으로 가속화하며, 인간

연구자의 한계를 보완합니다. AI는 질병의 분자적 메커니즘 이해부터 새로운 치료법 발굴, 임상 시험 설계에 이르기까지 모든 연구 단계에서 효율성과 성공률을 높이는 핵심 동력으로 작용합니다.

AI가 만든 가설의 임상 연구 검증

AI가 생성한 가설은 그것이 아무리 혁신적이고 매력적일지라도, 엄격한 임상 연구를 통해 검증되어야 합니다. AI는 컴퓨터 모델을 사용하여 특정 활성 물질을 가진 분자 형성 과정을 최적으로 시뮬레이션할 수 있으며, 이는 새로운 약물 유사 분자를 설계하고 생성하는 데 도움을 줍니다. 하지만 AI가 설계한 화합물이 나중에 화학적으로 비현실적이거나 합성이 어렵다는 것이 밝혀진 사례가 있었으며, 이는 인 실리코(in silico) 예측과 실제 화학 간의 간극이 존재함을 시사합니다.

AI 모델은 종종 실험실 조건에서 훈련되지만, 실제 임상 환경에서의 일반화 가능성(generalizability)에 대한 체계적인 테스트가 부족한 경우가 많습니다. 불충분한 외부 검증은 진단 정확도를 감소시킬 수 있는데, 특히 알고리즘이 훈련 데이터와 크게 다른 데이터셋에 적용될 때 이러한 현상이 두드러집니다. 실제로 많은 연구가 소규모 표본(small effectives)에 의존하여 결과의 일반화 가능성을 제한합니다. 또한, 데이터 불균형(data imbalance)이 심할 경우 과적합(overfitting) 위험이 있어, AI는 훈련 데이터에서는 완벽해 보이지만 실제 상황에서는 오류를 범할 수 있습니다.

AI 모델의 재현성(reproducibility)과 비교 가능성을 보장하기 위해서는 표준화된 데이터 획득 방식과 투명한 문서화가 필수적입니다. AI 기반 의료기기의 경우, 데이터 관리 설계를 문서화하는 것이 AI가 예상되는 성능 수준을 달성한다는 증거를 제공하는 유일한 방법입니다. 임상 환경에서 불확실성(uncertainty)을 정량화하는 것이 중요한데, 적응형 임계값(adaptive thresholds)을 설정하여 불확실한 사례를 식별하고, 이를 의료 전문가의 해석에 맡기는(human-in-the-loop) 방식으로 AI를 활용할 수 있습니다. 예를 들어, AI 모델이 81%에서 91%로 정확도가 향상된 사례는, AI가 신뢰할 수 있는 예측을 수행하도록 돕고, 모호한 사례는 인간의 검토를 거치도록 하는 인간-AI 협업 모델의 가능성을 보여줍니다.

잘못된 상관관계(Spurious Correlations)를 피하는 방법

AI는 방대한 데이터를 빠르게 분석하며 패턴을 찾아내지만, 때로는 잘못된 상관관계를 진실처럼 제시할 수 있습니다. AI는 통계적 확률에 기반한 정보를 제공할 뿐, 의학적으로 검증된 진실을 제공하는 것이 아니기 때문입니다.

'환각(Hallucination)' 현상: LLM(대규모 언어 모델)은 그럴듯하지만 잘못된 정보를 생성하는 환각(hallucination)을 일으킬 수 있습니다. ChatGPT는 진실에 관심이 없고, 진실처럼 보이는 텍스트를 생성하도록 설계되어 있어, 그 결과물이 '쓰레기(bullshit)'일 수도 있다는 비판도 있습니다. 이는 AI가 제공하는 정보가 때로는 통계적으로 유의미해 보이지만 실제 가치는 없는 '거짓 증거(false evidence)'일 수 있음을 의미합니다.

데이터 편향(Data Bias): AI 모델은 훈련 데이터에 존재하는 편향(bias)을 그대로 반영하거나 심화시킬 수 있습니다. 예를 들어, 특정 인종에 대한 데이터가 부족한 경우, AI는 해당 인종 환자에 대해 편향된 진단을 내릴 수 있습니다. 이는 AI가 '알고리즘적 거울(algorithmic mirror)'처럼 기존의 불평등을 증폭시킬 수 있다는 우려를 낳습니다. AI가 훈련된 데이터가 지역적 현실을 반영하지 못할 경우 (예: 전력 차단이 잦은 지역의 데이터 공백) AI는 오류를 범할 수 있으며, 이는 지역적 지식(local knowledge)과 지속적인 인간 감독이 필요하다는 점을 강조합니다.

인과 관계(Causality)의 이해: AI는 상관관계(correlation)를 잘 찾아내지만, 인과 관계(causality)를 명확히 입증하는 데는 한계가 있습니다. 연구자는 AI가 제시하는 상관관계가 실제로 질병의 원인과 결과인지를 인간의 비판적 추론을 통해 검증해야 합니다.

연구자와 의료진의 판단 및 책임

AI가 아무리 발전하더라도 최종적인 의사 결정과 책임은 항상 인간 연구자 및 의료 전문가에게 귀속됩니다. AI는 "1%의 치명적인 오류(fatal error)"를 저지룰 수 있으며, 이는 의료 연구 및 임상에서 심각한 결과를 초래할 수 있습니다.

비판적 검토: 연구자와 의료진은 AI가 제시하는 정보에 대해 맹목적인 신뢰를 지양하고, 비판적인 시각으로 검토해야 합니다. AI의 출력물을 그대로 받아들이기보다는 의학적 전문 지

식과 임상적 추론을 바탕으로 정보를 질문하고 확인하는 능력이 중요합니다.

인간 감독(Human Oversight): AI 시스템은 "human-in-the-loop" 방식으로 설계되어야 하며, 고위험 작업에서는 인간의 수동 승인(manual approval)이 필수적입니다. AI의 의사결정 과정을 이해하기 어려운 '블랙박스(black box)' 문제를 해결하기 위한 설명 가능한 AI(Explainable AI, XAI) 연구가 중요하며, 이는 AI가 왜 특정 결론에 도달했는지 설명할 수 있도록 돕습니다.

AI 리터러시(AI Literacy): 의료 전문가는 AI의 역량과 한계를 이해하고, 책임감 있고 윤리적으로 AI 도구를 사용하는 방법에 대한 지속적인 교육과 훈련을 받아야 합니다. AI는 "지능적이고 지칠 줄 모르는 동료"로서 연구와 임상을 돕는 도구이지만, 인간의 공감 능력, 직관, 그리고 비언어적 정보 파악 능력은 AI가 대체할 수 없는 고유한 영역입니다.

데이터 거버넌스 및 윤리: AI 연구에서 데이터 프라이버시(data privacy)와 데이터 거버넌스(data governance)는 핵심적인 윤리적 고려 사항입니다. 환자의 사전 동의(informed consent)는 필수적이며, AI 모델 훈련에 사용되는 데이터의 익명화(anonymization) 또는 가명화(pseudonymization)가 중요합니다.

AI는 연구 과정을 가속화하고 새로운 발견을 촉진하는 강력한 동반자이지만, 그 잠재력을 최대한 활용하면서도 안전성, 윤리성, 그리고 인간 중심성을 잃지 않도록 지속적인 노력이 필요합니다. AI와 인간 연구자의 협력은 의료 과학의 발전을 위한 필수적인 요소입니다. 안전성, 윤리성, 그리고 인간 중심성을 잃지 않도록 지속적인 노력이 필요합니다. AI와 인간 연구자의 협력은 의료 과학의 발전을 위한 필수적인 요소입니다.

[근거자료]

다음은 제6장 '의료 교육과 연구'의 6.1 '의학교육과 가상 환자', 6.2 '연구 데이터 분석과 가설 생성', 6.3 '문헌 검토와 임상시험 지원'을 뒷받침하는 근거자료 목록입니다.

근거자료 목록

제목: Conferencia Más Salud. IA en Medicina: la herramienta del estudiante moderno
저자/발행기관: Facultad de Medicina UNAM (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 6.1, 6.3 (RAG 및 비판적 검토 관련)

제목: 首創AI醫療影像3D標準化 暨 MR 應用成果發表大會
저자/발행기관: 智捷醫學科技 (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 6.1

제목: "友谊健康数据科学"高质量数据集及AI成果汇报
저자/발행기관: Grandhealth Access Telemedicine (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 6.2

제목: NICE Talk 100: 模拟、诊断和医学推理的AI实践
저자/발행기관: NICE AI Talk (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 6.2

제목: Inteligencia Artificial en Medicina | Capacitación para Médicos y Personal de Salud
저자/발행기관: MédicosElite® (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 6.3

제목: 2026-07-08：星球永續健康線上直播-AI醫療治理(2)：AI 安全閘門治理沙盒(AI Airlock)
저자/발행기관: 健康智慧生活圈 (YouTube 채널)
업로드일: 2026-07-08
URL: https://www.youtube.com/watch?v=_yani8XjOe0
뒷받침하는 소제목: 6.3, 6.2 (XAI 및 데이터 거버넌스 관련)

제목: 大模型技术如何赋能医学研究与临床实战-AI+医疗结合实战项目实操，人工智能行业专家唐宇迪
저자/발행기관: 唐宇迪【人工智能实战专家】 (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 6.2

제목: 医療AI 開発プロジェクトを成功に導くために：医療AI開発・提供に関する法律・知財・契約
저자/발행기관: (国研)産総研 人工知能技術コンソーシアム (AITEC) (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 6.3

AI는 의료 연구 분야에서 방대한 양의 데이터를 분석하고 복잡한 패턴을 인식하는 능력을 통해 질병의 이해를 심화하고 새로운 가설을 생성하는 데 핵심적인 역할을 합니다. 이는 전통적으로 오랜 시간과 막대한 인력이 소요되던 연구 과정을 획기적으로 가속화하며, 인간 연구자의 한계를 보완합니다. AI는 질병의 분자적 메커니즘 이해부터 새로운 치료법 발굴, 임상 시험 설계에 이르기까지 모든 연구 단계에서 효율성과 성공률을 높이는 핵심 동력으로 작용합니다.

AI가 만든 가설의 임상 연구 검증

AI가 생성한 가설은 그것이 아무리 혁신적이고 매력적일지라도, 엄격한 임상 연구를 통해 검증되어야 합니다. AI는 컴퓨터 모델을 사용하여 특정 활성 물질을 가진 분자 형성 과정을 최적으로 시뮬레이션할 수 있으며, 이는 새로운 약물 유사 분자를 설계하고 생성하는 데 도움을 줍니다. 하지만 AI가 설계한 화합물이 나중에 화학적으로 비현실적이거나 합성이 어렵다는 것이 밝혀진 사례가 있었으며, 이는 인 실리코(in silico) 예측과 실제 화학 간의 간극이 존재함을 시사합니다.

AI 모델은 종종 실험실 조건에서 훈련되지만, 실제 임상 환경에서의 일반화 가능성(generalizability)에 대한 체계적인 테스트가 부족한 경우가 많습니다. 불충분한 외부 검증은 진단 정확도를 감소시킬 수 있는데, 특히 알고리즘이 훈련 데이터와 크게 다른 데이터셋에 적용될 때 이러한 현상이 두드러집니다. 실제로 많은 연구가 소규모 표본(small effectives)에 의존하여 결과의 일반화 가능성을 제한합니다. 또한, 데이터 불균형(data imbalance)이 심할 경우 과적합(overfitting) 위험이 있어, AI는 훈련 데이터에서는 완벽해 보이지만 실제 상황에서는 오류를 범할 수 있습니다.

AI 모델의 재현성(reproducibility)과 비교 가능성을 보장하기 위해서는 표준화된 데이터 획득 방식과 투명한 문서화가 필수적입니다. AI 기반 의료기기의 경우, 데이터 관리 설계를 문서화하는 것이 AI가 예상되는 성능 수준을 달성한다는 증거를 제공하는 유일한 방법입니다. 임상 환경에서 불확실성(uncertainty)을 정량화하는 것이 중요한데, 적응형 임계값(adaptive thresholds)을 설정하여 불확실한 사례를 식별하고, 이를 의료 전문가의 해석에 맡기는(human-in-the-loop) 방식으로 AI를 활용할 수 있습니다. 예를 들어, AI 모델이 81%에서 91%로 정확도가 향상된 사례는, AI가 신뢰할 수 있는 예측을 수행하도록 돕고, 모호한 사례는 인간의 검토를 거치도록 하는 인간-AI 협업 모델의 가능성을 보여줍니다.

잘못된 상관관계(Spurious Correlations)를 피하는 방법

AI는 방대한 데이터를 빠르게 분석하며 패턴을 찾아내지만, 때로는 잘못된 상관관계를 진실처럼 제시할 수 있습니다. AI는 통계적 확률에 기반한 정보를 제공할 뿐, 의학적으로 검증된 진실을 제공하는 것이 아니기 때문입니다.

'환각(Hallucination)' 현상: LLM(대규모 언어 모델)은 그럴듯하지만 잘못된 정보를 생성하는 환각(hallucination)을 일으킬 수 있습니다. ChatGPT는 진실에 관심이 없고, 진실처럼 보이는 텍스트를 생성하도록 설계되어 있어, 그 결과물이 '쓰레기(bullshit)'일 수도 있다는 비판도 있습니다. 이는 AI가 제공하는 정보가 때로는 통계적으로 유의미해 보이지만 실제 가치는 없는 '거짓 증거(false evidence)'일 수 있음을 의미합니다.

데이터 편향(Data Bias): AI 모델은 훈련 데이터에 존재하는 편향(bias)을 그대로 반영하거나 심화시킬 수 있습니다. 예를 들어, 특정 인종에 대한 데이터가 부족한 경우, AI는 해당 인종 환자에 대해 편향된 진단을 내릴 수 있습니다. 이는 AI가 '알고리즘적 거울(algorithmic mirror)'처럼 기존의 불평등을 증폭시킬 수 있다는 우려를 낳습니다. AI가 훈련된 데이터가 지역적 현실을 반영하지 못할 경우 (예: 전력 차단이 잦은 지역의 데이터 공백) AI는 오류를 범할 수 있으며, 이는 지역적 지식(local knowledge)과 지속적인 인간 감독이 필요하다는 점을 강조합니다.

인과 관계(Causality)의 이해: AI는 상관관계(correlation)를 잘 찾아내지만, 인과 관계(causality)를 명확히 입증하는 데는 한계가 있습니다. 연구자는 AI가 제시하는 상관관계가 실제로 질병의 원인과 결과인지를 인간의 비판적 추론을 통해 검증해야 합니다.

연구자와 의료진의 판단 및 책임

AI가 아무리 발전하더라도 최종적인 의사 결정과 책임은 항상 인간 연구자 및 의료 전문가에게 귀속됩니다. AI는 "1%의 치명적인 오류(fatal error)"를 저지를 수 있으며, 이는 의료 연구 및 임상에서 심각한 결과를 초래할 수 있습니다.

비판적 검토: 연구자와 의료진은 AI가 제시하는 정보에 대해 맹목적인 신뢰를 지양하고, 비판적인 시각으로 검토해야 합니다. AI의 출력물을 그대로 받아들이기보다는 의학적 전문 지식과 임상적 추론을 바탕으로 정보를 질문하고 확인하는 능력이 중요합니다.

인간 감독(Human Oversight): AI 시스템은 "human-in-the-loop" 방식으로 설계되어야 하며, 고위험 작업에서는 인간의 수동 승인(manual approval)이 필수적입니다. AI의 의사결정 과정을 이해하기 어려운 '블랙박스(black box)' 문제를 해결하기 위한 설명

가능한 AI(Explainable AI, XAI) 연구가 중요하며, 이는 AI가 왜 특정 결론에 도달했는지 설명할 수 있도록 돕습니다.

AI 리터러시(AI Literacy): 의료 전문가는 AI의 역량과 한계를 이해하고, 책임감 있고 윤리적으로 AI 도구를 사용하는 방법에 대한 지속적인 교육과 훈련을 받아야 합니다. AI는 "지능적이고 지칠 줄 모르는 동료"로서 연구와 임상을 돕는 도구이지만, 인간의 공감 능력, 직관, 그리고 비언어적 정보 파악 능력은 AI가 대체할 수 없는 고유한 영역입니다.

데이터 거버넌스 및 윤리: AI 연구에서 데이터 프라이버시(data privacy)와 데이터 거버넌스(data governance)는 핵심적인 윤리적 고려 사항입니다. 환자의 사전 동의(informed consent)는 필수적이며, AI 모델 훈련에 사용되는 데이터의 익명화(anonymization) 또는 가명화(pseudonymization)가 중요합니다.

AI는 연구 과정을 가속화하고 새로운 발견을 촉진하는 강력한 동반자이지만, 그 잠재력을 최대한 활용하면서도 안전성, 윤리성, 그리고 인간 중심성을 잃지 않도록 지속적인 노력이 필요합니다. AI와 인간 연구자의 협력은 의료 과학의 발전을 위한 필수적인 요소입니다. 안전성, 윤리성, 그리고 인간 중심성을 잃지 않도록 지속적인 노력이 필요합니다. AI와 인간 연구자의 협력은 의료 과학의 발전을 위한 필수적인 요소입니다.

[근거자료]

다음은 제6장 '의료 교육과 연구'의 6.1 '의학교육과 가상 환자', 6.2 '연구 데이터 분석과 가설 생성', 6.3 '문헌 검토와 임상시험 지원'을 뒷받침하는 근거자료 목록입니다.

근거자료 목록

제목: Conferencia Más Salud. IA en Medicina: la herramienta del estudiante moderno
저자/발행기관: Facultad de Medicina UNAM (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 6.1, 6.3 (RAG 및 비판적 검토 관련)

제목: 首創AI醫療影像3D標準化 暨 MR 應用成果發表大會
저자/발행기관: 智捷醫學科技 (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 6.1

제목: "友谊健康数据科学"高质量数据集及AI成果汇报
저자/발행기관: Grandhealth Access Telemedicine (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 6.2

제목: NICE Talk 100: 模拟、诊断和医学推理的AI实践
저자/발행기관: NICE AI Talk (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 6.2

제목: Inteligencia Artificial en Medicina | Capacitación para Médicos y Personal de Salud
저자/발행기관: MédicosElite® (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 6.3

제목: 2026-07-08 : 星球永續健康線上直播-AI醫療治理(2) : AI 安全閘門治理沙盒(AI Airlock)
저자/발행기관: 건강智慧生活圈 (YouTube 채널)
업로드일: 2026-07-08
URL: https://www.youtube.com/watch?v=_yani8XjOe0
뒷받침하는 소제목: 6.3, 6.2 (XAI 및 데이터 거버넌스 관련)

제목: 大模型技术如何赋能医学研究与临床实战-AI+医疗结合实战项目实操, 人工智能行业专家唐宇迪
저자/발행기관: 唐宇迪【人工智能实战专家】 (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 6.2

제목: 医療AI 開発プロジェクトを成功に導くために：医療AI開発・提供に関する法律・知財・契約
저자/발행기관: (国研)産総研 人工知能技術コンソーシアム (AITeC) (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 6.3

제 3 부

AI 의료의 쟁점과 미래

제7장 신뢰, 안전, 책임

7.1 설명가능성·검증·오류 관리

인공지능(AI)은 의료 진단, 치료 계획, 병원 운영 등 다양한 영역에서 혁신적인 잠재력을 보여주고 있지만, 동시에 신뢰, 안전, 책임이라는 근본적인 과제를 제기합니다. 특히 AI 모델의 불투명성, 예측 오류 가능성, 그리고 책임 소재의 모호성은 의료 현장에 AI를 성공적으로 통합하기 위해 반드시 해결해야 할 문제입니다. 이러한 문제들을 해결하기 위한 핵심은 AI의 설명가능성(Explainability)을 확보하고, 엄격한 임상 검증을 거치며, 지속적인 성능 모니터링을 통해 오류를 관리하고, 궁극적으로 의료진의 비판적인 검토와 최종적인 책임을 확립하는 데 있습니다.

1. 의료 AI의 블랙박스 문제

AI, 특히 딥러닝(Deep Learning) 기반의 모델은 종종 "블랙박스(black box)"로 비유됩니다. 이는 알고리즘이 특정 결론이나 예측에 도달하는 과정을 인간이 이해하기 어렵기 때문입니다. 이러한 불투명성(opacity)은 의료 분야에서 심각한 문제로 작용합니다.

책임 소재의 모호성: AI가 복잡하고 불투명하게 작동하면, 오류 발생 시 누가 책임져야 하는지에 대한 문제가 더욱 모호해집니다. AI 시스템이 왜 특정 결과를 도출했는지 재구성할 수 없으면, 책임 소재를 규명하기 어렵습니다.

규제 및 윤리적 장벽: 규제 당국(예: FDA)은 투명성 요구 사항을 충족하지 못하는 블랙박스 모델을 승인하기를 꺼릴 수 있습니다. AI의 블랙박스 특성은 기본적인 의료 윤리를 훼손하고 환자에게 해로운 결과를 초래할 위험이 있습니다.

오류 식별의 어려움: AI 모델의 내부 작동을 이해하기 어려우면, 체계적인 오류나 편향(bias)을 식별하고 수정하기가 매우 어렵습니다.

이러한 문제를 해결하기 위해 설명가능한 AI(Explainable AI, XAI) 분야가 등장했습니다. XAI는 AI 시스템의 의사결정 과정을 인간이 이해할 수 있는 방식으로 설명하여 신뢰와 투명성을 높이는 것을 목표로 합니다. XAI는 히트맵(heatmaps)을 통해 의료 영상에서 AI가 집

중하는 영역을 강조하거나, 텍스트 설명을 제공하여 예측의 근거를 밝힙니다.

2. 임상 검증

AI 모델이 의료 현장에서 안전하고 효과적으로 사용되기 위해서는 엄격한 임상 검증이 필수적입니다. AI는 의료 기기로 분류되어 규제 기관(예: FDA)의 사전 승인이 필요하며, 이는 약품과 유사하게 엄격한 임상 시험을 통해 입증되어야 합니다.

데이터 품질 및 대표성:

AI 모델의 성능은 고품질의 방대한 훈련 데이터에 크게 좌우됩니다. 저품질이거나 편향된 데이터는 오해의 소지가 있는 결론을 초래할 수 있습니다.

특히 의료 영상 데이터는 고차원적이고 복셀로 훈련되어야 합니다. 단일 기관의 데이터로 훈련된 모델은 다른 병원이나 환자 집단에 적용될 때 성능이 저하될 수 있습니다 [41, 131, 통계학적 세부 정보를 공개하여 불균형을 조기에 감지하고, 정기적인 편향 감사와 공정성 인식 알고리즘을 통해 편향을 체계적으로 식별하고 수정해야 합니다.

외부 AI 예측 도구를 사용하지만, 그 정확성을 평가하는 병원은 절반에 불과합니다.

AI 시스템의 실제 임상적 유용성을 입증하기 위해 멀티센터(multicenter) 방식의 전향적 임상 연구가 필요합니다. 147].

인터페이스 및 사용 적합성: AI 시스템의 유용성은 사용자의 수용성(acceptability)에 달려 있으며, 이는 알고리즘의 투명성과 권고 사항에 대한 명확한 설명 능력에 따라 달라집니다 [13]적입니다.

드리프트(drift) 및 편향 감지: AI/ML 시스템은 설치 후 드리프트(drift)나 편향(bias)을 감지하기 위해 정기적인 관찰을 받아야 합니다. 이는제 의무: EU AI Act와 같은 법적 프레임워크는 고위험 AI 시스템이 기능하는 동안 감독 의무를 유지하도록 요구합니다.

4. 환각과 오진

AI, 특히 대규모 언어 모델(LL 때때로 사실과 다른 정보를 생성할 수 있습니다. 이는 잘못된 건강 정보나 조언으로 이어져 환자의 건강에 심각한 피해를 줄 수 있습니다.

실제 사례: AI가 소금병 환자에게 벚꽃 구경을 가지 말라고 추천하면서, 환자의 정서적 만족이나 삶의 질과 같은 인간적 요소를 간과하는 사례도 있습니다.

오진 및 오류:

AI는 확률에 기반한 결과이 아닌 보조적인 정보입니다.

AI는 오류를 범할 수 있는 도구입니다. 치료 추천에서 1%의 치명적인 오류를 포함하는 AI 모델도 보고되었습니다 [1인간적 요소의 한계: AI는 인간의 감정적 맥락, 비언어적 정보, 그리고 공감 능력을 완전히 이해하는 데 어려움을 겪습니다. AI가 제공하는 답변이 의사보다 더 공감적으로

7.2 개인정보·보안·데이터 거버넌스

인공지능(AI)이 의료 분야에 깊숙이 통합되면서, 환자의 민감한 건강정보를 다루는 방식, 이를 보호하기 위한 보안 체계, 그리고 데이터의 생애 주기 전반을 관리하는 데이터 거버넌스는 의료 AI의 신뢰성을 확보하는 데 있어 가장 중요하고 도전적인 과제로 부상했습니다. AI 시스템은 방대한 양의 민감한 데이터를 기반으로 학습하고 작동하므로, 이러한 정보의 프라이버시, 무결성, 가용성을 보장하는 것은 환자의 기본권을 보호하고 의료 시스템의 윤리적, 법적 책임을 다하는 데 필수적입니다.

1. 민감한 건강정보

환자의 건강정보는 그 자체로 매우 민감하고 개인적인 데이터이며, AI 시스템의 핵심적인 자원입니다.

정보의 종류: 민감한 건강정보에는 개인의 진단 결과, 유전 정보, 생체 데이터(생체 측정 데이터), 치료 기록 등 환자의 건강 상태와 관련된 모든 정보가 포함됩니다. 이는 의료진의 진료 노트, 의료 영상, 병리 결과, 유전체 데이터 등 다양한 형태로 존재합니다.

높은 가치와 위험: 이러한 데이터는 개인에게는 사생활의 중요한 부분이며, 기업에게는 큰 경제적 가치를 가집니다. 하지만 동시에 오용되거나 유출될 경우 환자에게 심각한 피해를 줄 수 있는 매우 민감한 정보입니다.

AI의 데이터 의존성: AI, 특히 딥러닝 모델은 대규모의 민감한 의료 정보에 의존하여 훈련되고 작동합니다. AI의 성능과 정확도는 훈련 데이터의 양과 질에 직접적으로 비례하기 때문에, AI 개발자들은 가능한 한 많은 데이터를 확보하려 합니다.

2. 동의 (Consent)

환자의 민감한 건강정보를 수집, 저장, 처리, 활용할 때는 환자의 정보에 입각한 동의 (Informed Consent)가 필수적입니다.

명시적 동의의 중요성: 동의는 단순히 데이터를 사용하는 것에 대한 허락을 넘어, AI 시스템이 어떻게 작동하고, 어떤 데이터가 사용되며, 어떤 잠재적 위험이 있는지 환자에게 명확하게 설명하고 이해시킨 후 이루어져야 합니다. EU의 GDPR(일반 데이터 보호 규정)과 미국의 HIPAA(건강보험 이동 및 책임법)와 같은 규제 프레임워크는 이러한 동의 관리에 대한 엄격한 요건을 명시하고 있습니다.

AI 훈련을 위한 동의: AI 시스템 훈련에 환자 데이터를 사용할 경우, 데이터 익명화가 철저하게 이루어지지 않는 한 환자의 동의를 얻는 것이 원칙입니다. 하지만 환자의 EMR (전자의 무기록) 데이터를 AI 훈련에 사용하는 것에 대한 포괄적인 동의를 모든 환자에게 개별적으로 얻는 것은 실제적인 어려움이 있습니다.

진료 과정 녹음/녹화에 대한 동의: AI가 의사와 환자 간의 대화를 실시간으로 분석하여 진료 기록을 자동화하는 경우 [5.1], 환자 및 의료진 상호 동의가 반드시 필요합니다. 대만에서는 의료기관이 진료 과정에서 녹음이나 녹화를 할 경우, 반드시 상대방의 동의를 얻도록 규정하고 있습니다.

동의를 얻지 못했을 때의 문제: 만약 AI 시스템이 환자 개인의 동의 없이 진료 데이터를 활용한다면, 이는 개인의 자료 자율권과 프라이버시를 침해할 수 있습니다. 특히 데이터 추적 및 갱신의 어려움 때문에, AI의 진단 및 치료 결과에 대한 장기적인 추적 연구가 제한될 수 있습니다.

윤리적, 법적 책임: 동의 관련 규제는 AI의 구현 과정을 복잡하고 비용이 많이 들게 만들지만, 환자의 자율성(autonomy)과 프라이버시를 보호하는 데 필수적입니다.

3. 데이터 접근 권한

AI 시스템은 많은 양의 민감한 의료 정보를 사용하므로, 데이터 접근 권한의 엄격한 관리는 데이터 보안의 핵심 요소입니다.

필요한 보호 조치: AI 시스템은 강력한 데이터 보호 장치를 요구하며, 여기에는 안전한 저장, 적절한 접근 제어, 그리고 지속적인 보안 모니터링이 포함됩니다.

접근 통제의 어려움: 전통적인 종이 차트가 테이블에 놓여 누구나 볼 수 있었던 것과 달리, 전자 의료 기록(EHR)은 접근이 훨씬 어렵습니다. 하지만 AI 시스템은 다양한 접점에서 데이터를 수집하고 여러 플랫폼에 분산시키기 때문에 데이터 유출에 취약할 수 있습니다.

블록체인 기술의 활용: MedRec과 같은 블록체인 기술은 암호화 해시(cryptographic hashes)와 스마트 계약(smart contracts)을 사용하여 의료 데이터에 대한 제어된 접근을 가능하게 함으로써 GDPR 및 HIPAA의 요구 사항을 충족시킬 수 있습니다.

'데이터 거버넌스'의 핵심: 데이터 접근권한 관리의 데이터 거버넌스의 핵심적인 부분으로, 누가, 언제, 어떤 목적으로 데이터에 접근할 수 있는지 명확하게 정의하고 통제하는 것을 의미합니다.

4. 사이버보안

의료 AI 시스템에서 사이버보안은 민감한 건강정보를 보호하고 시스템의 신뢰성을 유지하는 데 절대적으로 중요합니다.

데이터 유출 위험: AI 기반 시스템은 데이터 유출 위험에 취약하며, 이는 환자 정보의 기밀성을 위협합니다. 특히 AI 기술이 상업화되면서 데이터의 악용 및 은폐된 데이터의 재식별 가능성이 높아지고 있습니다.

규제 미비와 대응의 한계: 사회의 변화하는 프라이버시 및 보안 태도에 규제가 뒤처지는 경우가 많습니다. AI의 발전 속도가 규제 프레임워크를 훨씬 앞서 나가고 있어, 규제 당국이 AI 개발 속도를 따라잡기 어려운 상황입니다.

법적 요구 사항: EU의 GDPR, 미국의 HIPAA, 그리고 EU AI Act는 데이터 보안 및 개인 정보 보호에 대한 엄격한 규정을 요구합니다. 이러한 규제는 의료 데이터의 처리 및 저장에 대한 엄격한 프레임워크를 설정합니다.

보안 인프라의 중요성: 견고한 IT 보안, 데이터 보호 개념, 투명한 정보 및 동의 절차가 필수적입니다. 클라우드 기반의 AI 플랫폼과 의료 데이터의 통합은 추가적인 IT 보안 요구사항을 발생시킵니다.

공급망 보안: NIS 2 지침과 같은 규제는 AI 기반 의료 시스템의 공급망 전반에 걸쳐 보안 요구사항을 준수하도록 강제합니다. 즉, 의료 기관이 하드웨어나 소프트웨어를 구매할 때, 해당 서비스 제공업체도 동일한 보안 표준을 충족해야 합니다.

의료기관의 책임: 의료기관은 AI 시스템 사용에 따른 데이터 유출 및 보안 취약성에 대한 우려를 표명하며, AI 시스템이 환자 데이터를 안전하게 보호할 수 있는지 의문을 제기합니다.

5. 비식별화와 재식별 위험

비식별화(De-identification)는 환자 프라이버시를 보호하기 위한 핵심적인 방법이지만, 재식별(Re-identification)의 위험은 항상 존재합니다.

비식별화의 개념: 비식별화는 개인 식별 정보를 모두 제거하여 데이터의 익명성을 확보하는 과정입니다. 데이터(data)는 익명화된 상태에서 특정 개인의 정보를 알 수 없는 것이며, 정보(information)는 특정 개인의 정보를 보여주는 것입니다.

익명화(Anonymization)와 가명화(Pseudonymization):

익명화: 환자명, 주민등록번호 등 모든 식별 정보를 제거하여 특정 개인을 다시 식별할 수 없도록 하는 것을 의미합니다. 익명화된 데이터는 HDS (Health Data Storage) 인증을 받은 환경에 저장될 필요가 없습니다.

가명화: 환자 ID와 같은 가명 정보(pseudonymized data)를 사용하여 특정 개인을 직접 식별할 수 없게 하지만, 별도의 매핑 테이블(mapping table)을 통해 재식별이 가능한 상태를 의미합니다. 가명화된 데이터는 HDS 인증 서버에 저장되어야 합니다.

재식별의 위험: 가명화된 데이터라도 다른 정보와 결합되면 재식별될 위험이 있습니다. 이는 기밀성(confidentiality)을 위협하며, AI 기술의 상업화로 인해 이러한 위험이 더욱 커지고 있습니다.

연합 학습(Federated Learning): 원시 환자 기록을 공유하지 않고 분산된 로컬 데이터로 모델을 훈련할 수 있게 함으로써 프라이버시를 보호하고 재식별 위험을 줄이는 방법으로 제안됩니다.

대만의 데이터 활용 문제: 대만의 경우, '건강보험 자료'와 같은 대규모 의료 데이터를 연구 목적으로 활용할 때, 모든 식별 정보가 제거되었음에도 불구하고 환자들은 여전히 자신의 데이터가 보호되어야 한다고 인식합니다. 이러한 '자료 주권(data sovereignty)' 개념은 데이터 활용의 법적, 윤리적 난관을 만듭니다. 특히, 데이터 추적이 불가능할 경우, AI 진단/치료의 장기적인 효과 검증이나 오류 발생 시 보상이 어려워질 수 있다는 문제가 있습니다.

6. 기관의 책임

AI 기반 의료 시스템의 성공적인 도입과 운영은 의료기관의 명확한 책임 의식과 체계적인 거버넌스에 달려 있습니다.

최종 책임은 인간에게: AI는 의료진을 대체하는 것이 아닌 보조 도구이며, 의료 결정에 대한 궁극적인 책임은 항상 인간 의사에게 있습니다. AI는 도구일 뿐, 인격을 가지고 있지 않으며 책임을 질 수 없습니다.

규제 준수: 의료기관은 GDPR, HIPAA, EU AI Act 등 국가 및 국제적인 데이터 보호 및 AI 규제를 준수해야 합니다. 이는 AI 시스템의 안전하고 합법적인 사용을 보장하기 위한 필수적인 단계입니다.

AI Act의 역할: EU AI Act는 고위험 AI 시스템에 대한 사이버보안, 투명성, 인간의 감독 등의 엄격한 요구사항을 부과합니다.

데이터 거버넌스: 의료기관은 데이터 거버넌스 인프라를 구축하여 데이터 품질, 상호운용성, 보안을 보장해야 합니다.

거버넌스 구조 구축:

인간 감독(Human Oversight): AI 시스템은 자율적으로 작동하지만, 최종 결정은 항상 인간의 감독 하에 이루어져야 합니다.

윤리 위원회 및 DPO: AI 프로젝트의 윤리적 영향을 평가하고 데이터 보호 규정을 준수하기 위해 윤리 위원회(ethical committee) 및 데이터 보호 책임자(DPO)가 관여해야 합니다.

정책 및 절차: AI 시스템의 안전한 배포를 위한 명확한 정책, 절차, 그리고 책임 분담을 수립해야 합니다.

직원 교육 및 AI 리터러시: 의료진을 포함한 모든 직원이 AI 시스템의 기능, 한계, 그리고 윤리적 사용 방법을 이해하도록 AI 리터러시 교육을 제공해야 합니다. 특히 AI가 생성하는 정보의 오류 가능성(환각 현상)을 인지하고 비판적으로 검토할 수 있는 능력을 키워야 합니다.

신기술 도입의 법적 책임: 의료기관은 AI와 같은 신기술 도입 시 법적 책임 위험을 매우 중요하게 생각합니다. AI가 24시간 환자 데이터를 모니터링할 경우, 병원의 주의 의무 및 법적 책임 범위가 확장될 수 있으므로, 이에 대한 명확한 법적 정의가 필요합니다.

기술 주권 확보: 의료기관은 AI 시스템에 대한 기술 주권(technological sovereignty)을 확보하여, 외부 공급업체에 대한 의존도를 줄이고 AI 모델의 투명성과 통제력을 높여야 합니다.

AI 기반 의료는 환자 치료의 질을 높이고 의료 효율성을 증대시킬 잠재력이 크지만, 이를 위해서는 민감한 건강정보의 철저한 보호, 강력한 사이버보안 시스템 구축, 그리고 AI 사용에 대한 명확하고 책임 있는 데이터 거버넌스가 선행되어야 합니다. 의료기관은 AI 기술의 단순한 사용자를 넘어, AI 시스템의 안전과 윤리적 적용을 주도하는 중요한 주체로서 그 책임을 다해야 할 것입니다.

7.3 의료진-AI 협업과 최종 책임

1. 알고리즘 편향과 공정성

AI 모델은 훈련 데이터에 내재된 편향(bias)을 학습하여 특정 환자 그룹에 불공정하거나 부정확한 결과를 초래할 수 있다는 심각한 위험을 내포하고 있습니다.

편향 완화 전략: 이러한 알고리즘 편향 문제를 해결하고 공정성(fairness)을 확보하기 위해서는 다음과 같은 노력이 필요합니다:

정기적인 감사: AI 시스템을 병원에서 사용하기 전후에 정기적으로 감사를 실시하여 편향을 줄이고 투명성을 향상시켜야 합니다.

인구통계학적 세부 정보 공개: 모델 훈련에 사용된 데이터셋의 인구통계학적 세부 정보를 공개하여 불균형을 조기에 감지해야 합니다.

공정성 인식 알고리즘: 정기적인 편향 감사와 공정성 인식 알고리즘을 통해 편향을 체계적으로 식별하고 수정해야 합니다.

데이터셋 균형 및 가중치 조정: 데이터셋 균형 조정, 가중치 조정, 적대적 편향 완화 등 다양한 기술을 사용하여 모든 환자 그룹에서 공정한 결과를 도출해야 합니다.

데이터 보호 및 소유권: 데이터 보호와 소유권에 대한 강력한 고려는 이러한 편향 위험을 완화하는 데 중요합니다.

윤리적 및 규제 프레임워크: AI는 견고한 윤리적 프레임워크 내에서 개발되어야 하며, 개인 정보 보호, 형평성, 투명성을 보장해야 합니다.

2. 환자와 의료진의 신뢰

AI 시스템의 성공적인 도입과 지속적인 사용은 환자와 의료진 모두의 신뢰를 확보하는 데 달려 있습니다.

신뢰 구축의 어려움: AI 시스템에 대한 신뢰는 기술적 견고성뿐만 아니라 투명성, 이의 제기 가능성, 그리고 조직의 가치(특히 형평성)와의 연계에서 나옵니다. 그러나 AI 개발 과정에서 의료진이 소외되는 경우, 신뢰는 낮아지고 AI 채택은 저해될 수 있습니다.

환자 안전 우려: 간호사들은 AI가 오작동할 경우 환자 안전에 심각한 위험을 초래할 수 있다는 우려를 표명합니다. AI가 제공하는 정보가 오류(환각 현상)를 포함할 수 있다는 점은 신뢰에 큰 영향을 미칩니다.

신뢰 증진 방안:

투명한 소통: AI를 사용할 때 환자에게 투명하게 정보를 제공하고, AI의 역할과 한계에 대해 명확하게 소통하는 것이 중요합니다.

3. 의사의 최종 판단

AI의 본질적 한계:

의료진의 역할:

인간적 재최적화: AI가 제시하는 '최적화'된 권고는 인간 의사에 의해 환자의 특수성과 가치관에 따라 '재최적화'되어야 합니다. 예를 들어, AI가 고령 환자에게 낙상 위험 때문에 외출을 만류하더라도, 인간 의사는 벚꽃 구경이 환자의 삶의 질에 미치는 긍정적 영향을 고려하여 가족 지원 하에 외출을 허용하는 등 타협점을 찾을 수 있습니다.

4. 책임 배분

현재 책임 배분의 모호성:

AI 모델 개발자, 사용자(의사), 시스템 유지보수자 중 누가 책임져야 하는지에 대한 글로벌 법률이나 표준이 부재합니다.

책임 배분에 대한 논의:

주의 의무 기준 상승: AI 도입으로 인해 의료진의 주의 의무 기준이 높아질 수 있다는 우려가 있습니다. AI가 특정 위험을 경고했음에도 의사가 이를 무시하고 환자에게 위해가 발생한다면, 이는 과실로 간주될 수 있습니다.

공동 책임 모델: 일부에서는 AI 개발자, 의료 서비스 제공자, 병원 간의 공동 책임 모델을 제안하며, 명

[근거자료]

다음은 제7장 '신뢰, 안전, 책임'의 7.1 '설명가능성·검증·오류 관리', 7.2 '개인정보·보안·데이터 거버넌스', 7.3 '의료진-AI 협업과 최종 책임'을 뒷받침하는 근거자료 목록입니다.

근거자료 목록

제목: #49 【学会報告】発表のコツ・準備、AI、大規模研究 vs 症例報告【ESICM、日本救急医学会】

저자/발행기관: ICUトーク (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 7.1, 7.2, 7.3

제목: 2026-06-03 數位健康研究轉譯系列演講#27 繆睿股份有限公司 陳凌漢 講師「醫療衛教培訓 AI Coach 共創工作坊」

저자/발행기관: ICHIT TMU (YouTube 채널)

업로드일: 2026-06-03

뒷받침하는 소제목: 7.1, 7.2, 7.3

제목: 2026-07-08 : 星球永續健康線上直播-AI醫療治理(2) : AI 安全閘門治理沙盒(AI Airlock)

저자/발행기관: 건강智慧生活圈 (YouTube 채널)

업로드일: 2026-07-08

URL: https://www.youtube.com/watch?v=_yani8XjOe0

뒷받침하는 소제목: 7.1, 7.2, 7.3

제목: AI 基因報告判讀、5G 遠距應用與臨床倫理研習會

저자/발행기관: TCnews慈善新聞網 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 7.2, 7.3

제목: Conferencia Más Salud. IA en Medicina: la herramienta del estudiante moderno
저자/발행기관: Facultad de Medicina UNAM (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 7.1, 7.3

제목: Fuerza de trabajo en salud y la inteligencia artificial: seminario web
저자/발행기관: PAHO TV (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 7.1, 7.2, 7.3

제목: Health-IT Talk: IT-Sicherheit: Mit KI zum resilienten Klinikbetrieb
저자/발행기관: SIBB e.V. (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 7.2, 7.3

제목: IA et santé : les enjeux réglementaires entre RGPD, RIA et Code de la santé publique
저자/발행기관: HAAS Avocats - Droit IT-IP (YouTube 채널)
뒷받침하는 소제목: 7.1, 7.2, 7.3

제8장 도입의 벽과 다음 단계

8.1 기술 인프라와 현장 검증

1. 데이터 인프라 (Data Infrastructure)

파편화된 데이터: 의료 정보는 여러 출처에서 발생하며, 다양한 채널과 기술을 통해 파편화되어 존재합니다. 예를 들어, 일본의 의료 정보 아키텍처는 각 부서(약물, 검사, 영상 등)의 데이터가 독립적으로 존재하여 수평적인 통합이 어렵습니다. 이러한 이질적인 (heterogeneous) 시스템과 상호운용성(interoperability) 부족은 AI 도입의 큰 장애물입니다.

FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources)의 중요성: FHIR는 의료 데이터 통합의 핵심 기술로 부상하고 있습니다. AI, 트랜스포머, 디지털 트윈 등 다른 기술보다 FHIR가 가장 중요한 기술이라고 강조되는데, 이는 FHIR만이 모든 데이터를 통합할 수 있고, 데이터가 통합되면 모든 혁신이 가능하기 때문입니다. 대만은 모든 의료 센터를 FHIR로 연결하는 세계 최초의 국가가 되는 것을 목표로 하고 있습니다.

2. 모델 일반화 (Model Generalization)

AI 모델이 특정 연구 환경에서 성공적인 성능을 보였다고 해서, 모든 임상 환경에서 동일한 성능을 발휘하는 것은 아닙니다. 모델의 일반화 능력(generalizability)은 AI의 실제 임상 적용에 있어 매우 중요한 요소입니다.

소규모 데이터셋의 한계: 많은 AI 연구가 소수의 환자 데이터 (예: 47명, 25명) 또는 불균형한 데이터 (예: 양성 26명 대 음성 108명)에 기반하고 있어, 결과의 일반화 가능성이 제한적입니다.

AI 모델의 변화성: AI 소프트웨어는 머신러닝을 통해 시간이 지남에 따라 변화하는 특성을 가지고 있습니다. 이는 전통적인 의료 기기 허가(고정된 구성)와 충돌하는 부분입니다. FDA는 이러한 AI의 변화성을 고려하여 '사전 결정된 변경 제어 계획(predetermined change control plan)'을 발표, 일정 범위 내의 변화는 재승인 없이 모니터링만으로 허용하는 방안

을 제시했습니다.

3. 외부 검증 (External Validation)

AI 모델의 실제 임상 적용을 위해서는 훈련 환경을 벗어난 독립적인 데이터셋을 통한 엄격한 외부 검증이 필수적입니다.

평가 기준: AI 모델은 임상 사용 전에 민감도(sensitivity)와 특이도(specificity)와 같은 성능 지표를 통해 일정 수준 이상의 성능을 입증해야 합니다. 그러나 2025년 한 연구에 따르면, 미국 병원의 65%가 AI 예측 도구를 사용하지만, 3분의 2만이 그 정확성을 평가하는 것으로 나타났습니다.

4. 병원 시스템 연동 (Hospital System Integration)

AI 시스템이 의료 현장에서 효과적으로 활용되기 위해서는 기존 병원 시스템(EMR, PACS 등)과의 원활한 연동이 필수적입니다.

상호운용성 문제: AI 애플리케이션 통합은 이질적인 정보 시스템과의 상호운용성 문제에 직면합니다. 일본의 경우, EMR 벤더마다 아키텍처가 달라 AI 시스템의 수평적 배포가 어렵습니다.

EMR 통합의 중요성: AI 애플리케이션이 EMR에 직접 통합되는 경우, 의료진의 업무 효율성이 크게 향상되지만, 그렇지 않을 경우 여러 소프트웨어 간의 복사-붙여넣기 작업으로 인해 업무 부담이 가중되고 AI 도입이 저해될 수 있습니다.

데이터 융합: AI는 환자의 다양한 의료 데이터(DNA, 대사체, MRI, 초음파, 임상 기록)를 대규모 모델에 융합하여 분석하고 예측하는 데 사용될 수 있습니다. 이를 위해서는 구조화된 데이터와 비구조화된 데이터(진료 기록, 영상 설명 등)를 모두 통합하고 표준화된 형태로 정리해야 합니다.

FHIR 기반 표준화: 대만은 기존 EMR 시스템을 새로운 표준(FHIR, Smart on FHIR, Federated Learning, DICOM)과 연동하기 위한 강력한 변환 도구를 개발하고 있으며, 이 노력을 통해 모든 의료 센터를 FHIR로 연결하는 것을 목표로 합니다.

데이터 무결성 및 오류 위험: AI 모델이 EMR 데이터를 통합하여 새로운 내용을 생성하는 경우 오류 발생 가능성이 높아집니다. 따라서 AI 모델이 병원 정보 시스템과 얼마나 잘 통합되는지, 어떤 데이터를 가져오는지 정확하게 파악하는 것이 중요합니다.

데이터 레이크 및 연합 학습: AI 모델 훈련을 위한 중앙 데이터 레이크(central data lake)를 구축하거나, 의료기관 외부로 데이터를 보내지 않고 모델을 훈련하는 연합 학습(federated learning) 플랫폼을 활용하여 데이터 프라이버시를 보호하면서도 통합된 학습을 가능하게 합니다.

5. 배포 뒤 성능 감시 (Post-deployment Performance Monitoring)

AI 모델은 배포 이후에도 지속적인 성능 감시를 통해 변화하는 환경에 적응하고, 예상치 못한 오류나 성능 저하를 방지해야 합니다.

성능 변화: AI 모델은 시간이 지남에 따라 성능이 변화할 수 있으므로, 지속적인 재훈련(retraining)과 업데이트가 필수적입니다.

조직 거버넌스: 의료기관은 AI 시스템의 선택, 배포, 유지보수에 대한 거버넌스 프로세스를 마련하고, '새도우 IT(shadow IT)'를 제한하며, 모든 관련 주체(사용자, IT, 법률, 관리자)가 참여하는 위원회를 통해 AI 도입의 전 과정을 감독해야 합니다.

6. 실패 사례 대응 (Failure Case Response)

오진 및 환각의 위험:

AI 모델은 환각 현상을 통해 잘못된 건강 정보나 조언을 제공하여 환자의 건강에 심각한 피해를 줄 수 있습니다. 예를 들어, AI가 환자에게 독성 물질을 추천하거나, 진단 정확도가

31%에 불과한 경우도 보고되었습니다.

AI의 불확실성 관리: AI 모델은 증거가 불충분할 때 판단을 내리기보다는 불확실성을 표현하고 추가 정보 요청과 같은 '안전 능력(safety capabilities)'을 갖추어야 합니다. 10%의 경우 답변하지 않는 대신 90%의 신뢰할 수 있는 답변을 제공하는 모델은 불확실성 관리의 좋은 예시입니다.

이처럼 AI 기반 의료 시스템의 안전한 도입과 효과적인 활용을 위해서는 기술 인프라의 견고성, 모델의 일반화 능력, 철저한 외부 검증, 병원 시스템과의 원활한 연동, 배포 후 지속적인 성능 감시, 그리고 오류에 대한 체계적인 관리가 필수적입니다. 이 모든 과정에서 인간 의료진의 비판적인 판단과 최종 책임은 AI 시대의 의료에서 변치 않는 핵심 원칙으로 자리매김해야 할 것입니다.

8.2 인력·규제·보험·제도

1. 의료진 교육 (Medical Staff Training): AI 리터러시와 역량 강화

AI 기술의 급속한 발전은 의료 전문가들에게 새로운 역량을 요구하며, 의료진 교육은 AI 도입의 성공에 필수적인 요소입니다.

AI 리터러시의 필요성: 많은 의대생(90% 이상)이 아직 공식적인 AI 교육을 받지 못했지만, 약 75%는 임상 적용 및 윤리적 문제를 포함한 체계적인 AI 훈련을 희망하고 있습니다. 학생과 교수진 모두 AI 도구 사용 경험은 있지만, 이 분야에 대한 정규 교육은 부족한 실정입니다. UNESCO의 접근 방식은 디지털 격차를 방지하고 의사-환자 관계를 보호하기 위한 인본주의적 접근을 강조합니다.

역량 강화: 모든 보건 의료 전문가들에게 데이터 리터러시, 기본 정보 아키텍처 이해, 모델 출력 평가, 알고리즘 편향 식별과 같은 기본 역량을 포함한 디지털 문해력(digital literacy) 훈련이 필수적입니다. 캐나다에서는 AI 스크라이브(scribe) 훈련을 통해 의료진의 환자 대면 시간을 늘리고 행정적·인지적 부담을 줄이는 긍정적인 결과를 보였습니다.

지속적인 교육: AI 기술은 끊임없이 진화하므로, AI 교육 및 훈련은 지속적이고 반복적으로 이루어져야 합니다. 일본에서는 2026년부터 AI의 적절한 이용에 관한 연 1회 정기적인 교육을 의무화하는 방안이 논의되고 있습니다.

2. 규제 승인 (Regulatory Approval): '살아있는 소프트웨어'의 도전

국가별 규제 프레임워크:

미국 FDA: 임상 검증, 지속적인 모니터링, AI 기능에 대한 투명성을 강조하는 가이드라인을 발표했습니다.

일본: AI 네트워크 사회 이니셔티브를 통해 책임 있는 AI 통합을 추진하고 있으며, 특히 환자 정보 처리 시 '3성 2가이드라인(厚生労働省、経済産業省、総務省)'을 준수해야 합니다.

3. 책임 (Accountability/Responsibility): 인간 중심의 최종 판단

5. 기관 거버넌스 (Institutional Governance): AI 도입의 체계화

AI의 안전하고 효율적인 의료 현장 통합을 위해서는 의료기관의 체계적인 거버넌스가 필수적입니다.

조직적 준비: AI 도입은 단순한 기술적 문제가 아니라 조직 전체의 변화 관리를 요구합니다. 병원 및 의료기관은 AI 프로젝트를 기관의 비전과 전략에 맞춰 맥락화하고 조정해야 합니다.

거버넌스 구조: '인간 보증 위원회(collège de garantie humaine)'와 같은 윤리 위원회를 설치하여 AI 프로젝트의 윤리적 영향을 평가하고, AI 시스템의 선택, 배포, 유지보수를 감독해야 합니다. 이 위원회에는 기관의 경영진, IT 부서, 법률 전문가, 윤리 위원회, 환자 대표, 그리고 실제 의료진이 모두 참여해야 합니다.

기술 주권: 의료기관은 AI 시스템에 대한 기술 주권(technological sovereignty)을 확보하여, 외부 공급업체에 대한 의존도를 줄이고 AI 모델의 투명성과 통제력을 높여야 합니다.

6. 지역과 국가 사이의 격차 (Gaps between Regions and Countries): 불평등의 심화 우려

AI는 의료 격차를 해소할 잠재력을 가짐과 동시에, 오히려 불평등을 심화시킬 위험도 내포하고 있습니다.

의료 자원 불균형: AI는 편향된 의료 자원 분배를 개선하는 데 도움을 줄 수 있습니다. 예를 들어, AI 기반 휴대용 기기와 판독 시스템은 의료 자원이 부족한 농어촌 지역에서 영상 진단 역량을 보완하여 지역 간 의료 격차를 줄이는 데 기여할 수 있습니다.

기술 주권 및 종속: AI 모델이 개방적이고 투명하며 감사 가능한 형태로 개발되지 않는다면, 특정 국가나 지역은 AI 기술에 대한 기술적 종속성에 직면하여 의료 시스템의 주권을 잃을 수도 있습니다.

리더십의 중요성: AI 시대에 리더십이 부족하면 의료 시스템은 파편화되고, 단기적인 수익성에만 집중하여 장기적인 발전과 혁신을 저해할 수 있습니다. AI의 공정하고 포괄적인 도입을 위해서는 국가적 차원의 전략적 비전과 리더십이 필수적입니다.

8.3 스마트병원·원격 모니터링·의료 AI 에이전트

1. 스마트병원 (Smart Hospitals)

스마트병원은 AI와 디지털 기술을 활용하여 병원 운영의 효율성을 높이고 환자 중심의 의료 서비스를 제공하는 미래형 의료기관을 의미합니다.

환자 경험 개선: AI 컨시어지 서비스나 아바타 형태의 AI는 병원 접수대에서 환자의 문의에 답하고 안내하여, 환자 경험을 향상시키고 대기 시간을 줄이는 데 기여합니다. AI는 환자가 이해하기 쉬운 언어로 의학적 내용을 설명하여 건강 정보 격차를 해소하기도 합니다.

2. 웨어러블 원격 모니터링 (Wearable Remote Monitoring)

AI와 웨어러블 기기는 병원 밖에서 환자의 건강을 지속적으로 모니터링하며, 개인 맞춤형 건강 관리와 만성 질환 관리의 새로운 지평을 열고 있습니다.

3. 의료 AI 에이전트 (Medical AI Agents)

AI 에이전트는 환자 상담, 정보 제공, 행정 업무 지원 등 다양한 영역에서 의료진을 보조하며 의료 서비스의 효율성과 접근성을 높입니다.

환자 상담 및 정보 제공: AI 챗봇은 환자의 건강 관련 질문에 답하며 건강 정보 격차를 메우고, 야간 시간에도 개인적인 건강 문제에 대한 질문에 응답하여 환자들이 언제든지 필요한 정보를 얻을 수 있도록 돕습니다. AI는 환자에게 유용한 정보를 제공하고, 의학적 내용을 환자가 이해하기 쉬운 언어로 설명하며, 치료의 장단점과 대안에 대한 정보를 제공하여 환자의 정보 접근성을 크게 향상시킵니다.

증상 분류 및 예약 관리: AI 에이전트는 환자 문의를 기반으로 증상을 분류(triage)하고, 적절한 의료 서비스로 안내하는 데 사용될 수 있습니다. 또한, 예약 관리 및 재예약을 자동화하여 환자 대기 시간을 단축하고, 외래 환자 예약 관리를 효율화하여 환자 만족도를 높입니다.

행정 업무 자동화: AI 에이전트는 의료 기록의 초안 작성, 퇴원 요약서 생성, 청구 코드 할당, 규정 준수 문서화와 같은 반복적인 행정 업무를 처리하여 의료진이 환자 치료에 집중할 수 있도록 시간을 확보해 줍니다. 이는 간호사들이 환자와의 상호작용에 더 많은 시간을 할애 하고, 반복적인 기록 작업에서 벗어날 수 있게 합니다.

미래의 AI 에이전트: AI 에이전트는 미래에 환자의 법적인 대리인(proxy) 역할을 수행할 가능성도 있습니다. AI는 수십 년간 환자와 대화하며 축적한 정보를 바탕으로 환자를 가장 잘 이해하는 존재가 될 수 있기 때문입니다.

4. 환자 안전 (Patient Safety)

AI가 의료 분야에 가져올 혁신적인 변화는 동시에 환자 안전에 대한 중대한 우려를 낳습니다.

위기 감지 및 안전 프로토콜: 정신 건강 분야의 AI 챗봇과 같이 환자와 직접 상호작용하는 AI 시스템은 위기 상황을 감지하고 안전 프로토콜을 작동시켜야 합니다. 예를 들어, 환자가 자살 위험이 있는 경우 전문가에게 경고를 보내거나 응급 서비스로 연결하는 기능이 필수적입니다.

5. 인간 감독 (Human Oversight)

6. 디지털 격차 (Digital Divide)

AI 기반 의료 서비스의 도입은 의료 서비스의 불평등을 해소할 기회를 제공하지만, 동시에 디지털 격차를 심화시킬 위험도 내포하고 있습니다.

[근거자료]

다음은 제8장 '도입의 벽과 다음 단계'의 8.1, 8.2, 8.3을 뒷받침하는 근거자료 목록입니다.

근거자료 목록

제목: #49 【学会報告】発表のコツ・準備、AI、大規模研究 vs 症例報告【ESICM、日本救急医学会】

저자/발행기관: ICUトーク (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 8.1, 8.2, 8.3

제목: 2026 光田醫院 生成式AI醫療實務應用課程0301 東海大學姜自強博士 20260701 161424 會議錄製

저자/발행기관: 姜自強 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 8.1

제목: 2026-07-08 : 星球永續健康線上直播-AI醫療治理(2) : AI 安全閘門治理沙盒(AI Airlock)

저자/발행기관: 건강智慧生活圈 (YouTube 채널)

업로드일: 2026-07-08

URL: https://www.youtube.com/watch?v=_yani8XjOe0

뒷받침하는 소제목: 8.1, 8.2, 8.3

제목: Conferencia Más Salud. IA en Medicina: la herramienta del estudiante moderno

저자/발행기관: Facultad de Medicina UNAM (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 8.1, 8.2, 8.3

제목: 【旭聯核心素養公益講座】AI時代的健康預警與精準照護，三明治世代如何守護全家未來？2026/5/28

19:00-21:00 ■ 王孟祺 | 珍世明眼科診所院長 ■ 裴晉國 | 開南大學碩士班專任助理教授

저자/발행기관: 樂學網 (YouTube 채널)

업로드일: 2026-05-28

뒷받침하는 소제목: 8.3

제목: 生成AI事例検討会part2 ～診療・研究・医療DXへの実践編～

저자/발행기관: Kamijo Kyosuke (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 8.1, 8.3

제목: 「臨床の質を上げる生成AI『使いこなし』最新アップデート

저자/발행기관: 文部科学省ポストコロナ事業山里海医学共育プロジェクト (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 8.2

제목: 首創AI醫療影像3D標準化 暨 MR 應用成果發表大會

저자/발행기관: 智捷醫學科技 (YouTube 채널)

뒷받침하는 소제목: 8.1, 8.3

인공지능과 의료

ISBN |

저자 | 김경진 변호사

펴낸곳 | 김경진 변호사 출판사

© 김경진 변호사

본 책은 저작자의 지적 재산으로서 무단 전재와 복제를 금합니다.

이 책을 잘 읽으셨으면 그리고 새로운 가치있는 지식을 얻으셨다고 판단되시면
농협 302-1096-0948-81 (예금주 김경진) 에 자발적 후원 부탁드립니다.