

국내 간호업무 개선을 위한 인공지능 적용의 가능성 탐색 연구

이한빛¹ · 문우종² · 김슬아¹ · 이진희¹ · 장옥주¹

한양대학교 간호대학 대학원생¹, 한양대학교 간호대학 조교수²

Exploring the Applicability of Artificial Intelligence for the Improvement of Nursing Practice in Korea

Lee, Hanbit¹ · Moon, Woojong² · Kim, Sla¹ · Lee, Jinhee¹ · Zhang, Yuzhu¹

¹Graduate Student, College of Nursing, Hanyang University

²Assistant Professor, College of Nursing, Hanyang University

Purpose: Based on a literature review of artificial intelligence (AI) applications within nursing tasks, this study delves into the feasibility of employing AI to improve nursing practice in Korea. **Methods:** We used "nursing" and "artificial intelligence" as keywords to search academic databases, resulting in 96 relevant studies from an initial pool of 940. After a detailed review, 35 studies were selected for analysis based on nursing process stages. **Results:** AI improves nursing assessment by enhancing pain diagnosis, fall detection, and movement monitoring in older adults. It aids nursing diagnosis through clinical decision support, risk prediction, and emergency patient triage. Further, it expedites the creation of precise plans utilizing predictive models in nursing planning. AI also forecasts medication errors and reduces the nursing documentation burden for nursing implementation. Additionally, it manages (re)hospitalization risks by assessing patient risk and prognoses in nursing evaluation. **Conclusion:** AI in Korean nursing can enhance assessment and diagnosis accuracy, promote a prevention-focused paradigm through risk prediction, and ease the burden of nursing practice amidst human resource shortages.

Key Words: Artificial intelligence; eHealth; Nursing; Nursing process; Korea

서론

1. 연구의 필요성

한국은 고령인구 및 만성질환자 증가로 인한 의료비 지출이 지속적으로 상승하고 있으며, 동시에 건강에 대한 관심의 증대로 양질의 의료서비스에 대한 수요 역시 급증하는 추세이다 [1]. 이러한 상황에서 Internet of Things (IoT), 웨어러블 디바

이스, 인공지능(artificial intelligence) 등 디지털 기술을 활용하여 개인의 건강과 질환을 관리하고 의료인력의 업무 효율성을 제고하며 임상 의사결정을 지원하는 디지털 헬스에 대한 관심이 증폭되고 있다[2,3]. 또한 환경 및 사회적 변화에 따른 비대면 보건의료서비스의 필요성은 원격 모니터링 등과 같은 디지털 헬스에 대한 적용을 촉진시키고 있다[2]. 디지털 헬스는 다양한 디지털 기술을 활용하여 의료서비스에 대한 환자의 접근성과 참여를 높이며 효율적인 치료와 건강관리를 제공하여

주요어: 인공지능, 디지털 헬스, 간호, 간호과정, 한국

Corresponding author: Moon, Woojong

College of Nursing, Hanyang University, 222 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul 04763, Korea.

Tel: +82-2-2220-0707, E-mail: tohisk@hanyang.ac.kr

- 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021R1G1A1092903).

- This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2021R1G1A1092903).

Received: Jun 22, 2023 | Revised: Jul 27, 2023 | Accepted: Aug 25, 2023

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

의료 패러다임을 질병치료 중심에서 예방 중심으로 변화시키고, 의사와 간호사에게 새로운 치료 모델을 제공할 수 있는 가능성을 제공한다[4]. 최근 디지털 헬스 영역에 인공지능 도입이 증가하면서 환자 모니터링, 환자 증상 및 건강 평가, 질병 및 위험예측, 간호 관리 계획의 개선에 폭넓은 잠재력을 보여주고 있다[5, 6]. 인공지능은 인간의 지능과 유사한 합리적 사고 과정과 추론을 통해 다양한 환경 속의 대상을 이해하고 분석하며, 더 나아가 합리적 행위성을 도출할 수 있는 기계적 시스템을 일컫는다[7]. 작업을 수행하며 점차적으로 성능을 개선해 나가는 기계학습을 이용하는 인공지능은 지능형 의료 로봇, 생체정보 자동 측정 및 처리 시스템, 지능형 의료 보조장치 등 의료산업 분야의 성장을 촉진할 뿐 아니라, 환자의 건강과 삶의 질 향상에 크게 기여할 것으로 기대된다[8,9]. 또한 인공지능의 간호영역에 대한 적용은 간호업무의 부담 감소를 통해 직접 간호의 질을 향상시키고 환자의 건강에 대한 보다 정확한 분석과 예측을 통해 건강 결과에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단된다[10].

간호사는 한국 보건의료인력 중 19.5%를 차지하는 핵심 의료인력이며, 보건의료의 최전선에서 환자에게 간호서비스를 제공하는 의료 전문가이다[11]. 그럼에도 불구하고, 간호인력 수급 불균형의 문제는 상시적으로 제기되고 있는 것이 현실이다. 국가의 중장기적 과제로 지속적인 논의가 이루어지고 있으나, 의사, 간호사 등 직종별 갈등을 유발하며 긍정적인 결론에 도달하지 못하고 있다[12]. 또한 간호사의 간호업무는 환자에 대한 직접 간호 활동에 비해 간호수행을 위한 준비, 기록, 인수인계 등 간접 간호 활동과 간호업무의 지연, 중단, 중복, 물품과 인력을 찾거나 기다리는 시간, 타부서를 지원하는 업무 등과 관련하여 소모되는 비부가가치적 활동에 더 많은 시간을 할애하는 것으로 파악된다[10]. 즉, 간호인력 부족과 과도한 업무부담 등의 열악한 간호현실은 높아진 의료비용에 상응하는 환자의 요구를 충족시키기엔 역부족인 상황인 것이다[12].

이러한 한국의 간호현실 속에서 디지털 헬스 기술의 도입은 환자의 건강을 개선하는데 더 많은 기여를 하고 있으며, 직접 간호를 제공하기 위한 기회를 넓혀주고 있다. 또한 보건의료 영역의 디지털 전환 속에서 폭발적으로 생성되는 건강정보를 효율적으로 분석하고 예측하는 인공지능 기술의 중요성이 커지는 것도 부인할 수 없는 사실이다. 이는 해외 선진국의 보건의료 시스템에 대한 인공지능 적용 사례와 연구가 급증하고 있는 것과 동일한 맥락으로 볼 수 있다. 그러나 한국의 의료 영역 중에서도 특히 간호 영역에서 인공지능 적용을 다루는 연구는 매우 미미한 실정이다. 간호업무가 지니는 전인간호의 특성이 인간에 의한 돌봄이 아닌 인공지능 적용을 주저하게 만드는 요인

이 되기도 하나, 간호사의 보조 역할로 인식하고 수용하여 적극적으로 활용하려는 노력이 필요할 것이다. 간호사의 소모적이고 번거로운 작업을 줄여 간호 돌봄을 최적화함과 동시에 직접 간호 활동을 증대하며, 환자 데이터의 추이를 분석하고 예측하여 간호 관리 계획을 지원해 줄 수 있는 인공지능의 잠재력에 대한 적극적인 탐색이 필요한 이유이다[13]. 이에 본 연구는 간호 영역에서 활용되는 국내외 인공지능 관련 선행연구를 리뷰하고, 한국 간호현실에 적용 가능한 연구를 선정하여 분석함으로써 한국 간호업무에 대한 인공지능의 적용 가능성을 탐색하고자 한다. 또한 이를 기반으로 한국 간호에서의 주요 문제점에 대한 개선 방안을 제안하고자 한다.

2. 연구목적

본 연구는 간호업무에 대한 국내외 인공지능 적용 사례에 관한 문헌고찰을 통해 한국의 간호업무 개선을 위한 인공지능 적용 가능성을 탐색하기 위한 연구로 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 간호 영역에서의 국내외 인공지능 적용 사례 연구를 체계적으로 고찰한다.
- 선행연구 리뷰를 통해 최종 선정된 간호 인공지능 연구를 간호과정의 5단계인 간호사정, 간호진단, 간호계획, 간호수행, 간호평가에 따라 구분하여 분석한다.
- 한국의 간호업무에서 인공지능 적용을 통해 개선 가능한 문제점을 파악하고 인공지능 적용 가능성을 제시한다.

연구 방법

1. 연구설계

본 연구는 간호와 인공지능에 대한 국내외 논문 및 자료를 토대로 간호업무에 적용되는 사례를 고찰하고, 한국 간호현실에 적용하기에 유의미한 사례들을 간호과정 단계에 따라 선정, 분류하여 간호업무 개선의 가능성을 제안하고자 하는 문헌 고찰을 기반으로 한 탐색적 연구이다.

2. 자료수집 및 분석

본 연구에서는 국내외 간호 영역에서 활용되거나 도입을 검토 중인 다양한 인공지능 기술에 대한 가능한 최근 사례를 파악하기 위해 RISS와 KISS에서 “간호”/“간호사”, “인공지능”을

키워드로 검색하고, PubMed, CINAHL, Embase에서 “nursing”/“nurse”, “artificial intelligence”를 키워드로 활용하여 2013년부터 2023년까지 10년간의 문헌을 검색하였다. 키워드와 직접적 관련성이 높은 것으로 추출된 편수는 940편으로 이 중에서 중복된 논문을 일차적으로 정리하고 한국어와 영어로 작성된 연구만을 선택하였으며, 초록만 발표된 연구, 리뷰 논문은 연구의 목적상 제외하였다. 저자들은 각 논문의 제목, 초록 및 키워드를 검토하며 간호전공 대학생들의 실습 및 교육 관련 논문과 의사 업무에 초점을 둔 논문을 320편 제외하였고, 직접간호와 간접간호의 정의를 바탕으로 간호업무에 직접적으로 관련 있는 96편의 논문을 추출하였다. 문헌 추출 과정에는 간호대학 교수 1명, 경력 10년 이상의 간호사 1명과 경력 3년 이상의 간호사 1명 및 경력 1년 이상의 간호사 2명이 공동으로 참여하여 진행하였다. 저자들은 96편의 논문을 상세히 검토하면서 간호과정의 정의 및 간호영역에 적용되는 인공지능의 목적 [14]을 참고하여 간호과정의 각 단계에 따라 분류하였다. 또한 96편의 논문 중에서 한국의 간호현실과 정책적, 조직적, 문화적으로 큰 차이를 드러내는 논문들을 2명의 간호학과 교수 및 2명의 간호 경력자의 자문을 받아 제외하였다. 먼저, 정책적 차

원에서 인공지능 적용이 어려울 것으로 파악된 논문들은 인공지능을 활용한 원격의료와 관련된 논문들이 있었다. 국내에서의 원격의료는 코로나19 팬데믹으로 인해 한시적으로 일부 허용되었으나 여전히 많은 논의와 합의가 선행되어야 할 것으로 보인다. 또한 인공지능 기능이 삽입된 의료 및 케어 로봇의 경우 향후 적용 가능성은 매우 높은 것으로 판단되나 오류 발생의 책임에 대한 정책적, 조직적 합의, 로봇 적용의 안정성, 환자 및 의료진의 수용성 측면에서 한국 간호에의 적용에 더 많은 논의가 필요할 것으로 파악된다. 인공지능을 활용한 간호사의 이직률 예측 등 간호관리 측면의 논문들은 주요 변수들이 해당 국가 의료기관의 조직적, 문화적 특성을 반영하는 경우가 많고 간호과정의 한 단계로 분류하기가 모호한 것으로 판단되어 제외하였다. 또 다른 사례로 의사와 간호사의 처방 약물 공동 검토과정을 지원하는 인공지능 기술 논문도 현재 한국의 의사와 간호사의 위계적 관계성 측면에서 적용하기 어려운 것으로 제외하였다. 이러한 과정을 통해 최종적으로 한국의 간호현실에 적용 가능한 인공지능 사례 연구를 35편을 선정하였으며, 최종 분석을 위한 논문 선정 과정은 Figure 1과 같다.

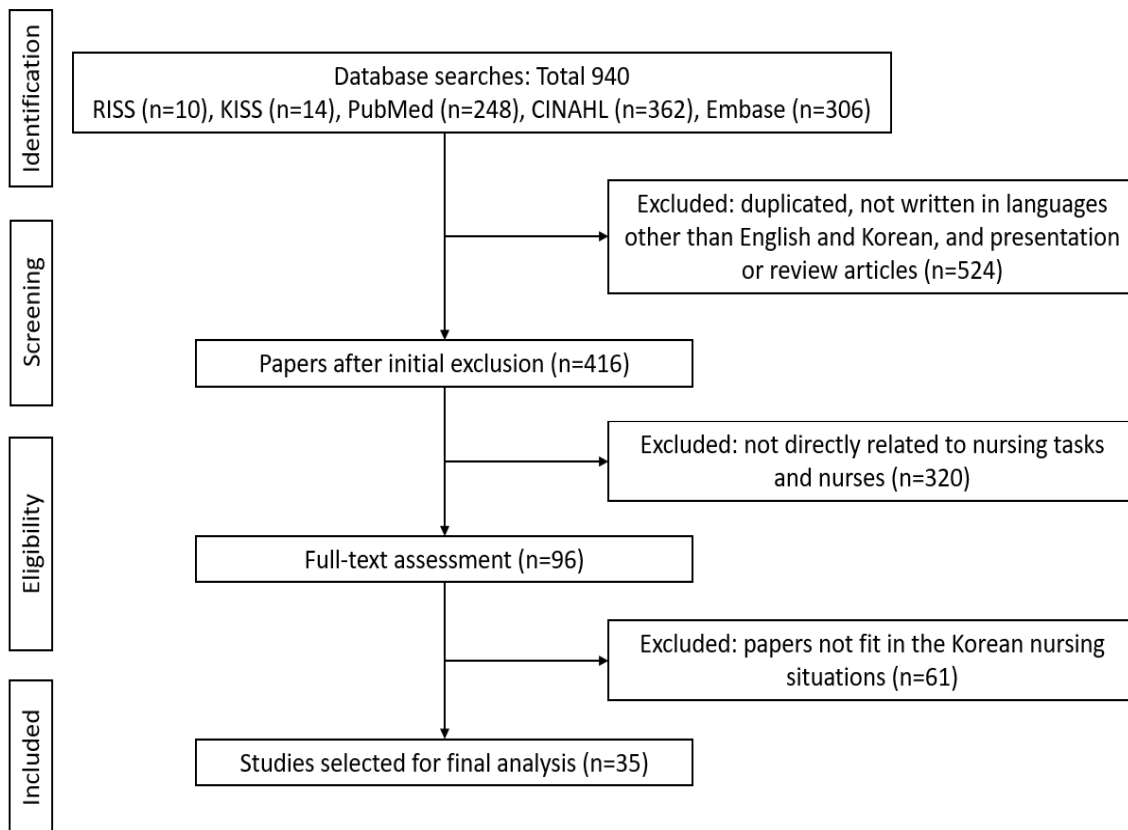


Figure 1. Illustration of the study selection process.

3. 윤리적 고려

본 연구는 인간대상 연구의 범주에 속하지 않는 종설연구 기반 탐색적 연구로 교신저자 소속 대학의 생명윤리심의위원회를 통해 심의를 면제받았다(HYUIRB-202304-016).

연구결과

본 결과에서는 간호영역에 적용되는 인공지능 기술 연구에 관한 체계적 리뷰를 통해 특히 한국의 간호현실에 적용 가능하며 간호사의 업무에 도움을 줄 것으로 판단되는 연구를 선정하고 간호과정 단계에 따라 분류하여 제시한다. 간호과정은 자료수집 단계인 간호사정부터, 간호진단, 간호계획, 간호수행, 간호평가의 다섯 단계를 거치게 되는데, 간호과정 분류는 간호의 체계화와 질 향상을 위한 방법론적 도구로서 디지털 기술의 간호 적용 사례를 간호 행위에 따라 분류하는 데에도 효율적인 것으로 판단된다. 이로써 인공지능의 어떠한 기술적 특성과 기능이 각 간호과정 단계에 적용될 수 있으며, 간호 업무에 어떤 도움이 될 수 있을 것인지를 분석적으로 제시하고자 한다 (Table 1).

1. 간호사정에서의 인공지능

간호사정은 환자의 건강상태 및 건강문제를 확인하고 간호진단, 간호계획 등 이후 간호과정에 이용되는 정보를 체계적으로 수집하는 과정이다[15]. 이를 위해 간호사는 지속적으로 대상자와 소통하고 확인하며, 환자 유래의 의료 데이터를 수집하고 기록한다. 그러나, 간호사의 면밀한 관찰과 소통을 통한 간호사정에도 불구하고 환자의 자가 보고에 따른 통증 측정은 환자가 사용하는 약물, 두려움, 스트레스와 같은 많은 매개변수의 영향을 받기 때문에 종종 부정확성을 내포하고 있으며, 환자의 건강 정보 수집이 원활하지 않은 경우도 존재한다. 이러한 상황에서 인공지능이 간호사정에 도움을 줄 수 있는 사례는 환자의 생체신호에서 추출된 특정 요인들을 영상 데이터 처리 모델인 Convolutional Neural Networks (CNN)과 시계열 예측에 주로 사용되는 Long Short Term Memory (LSTM)의 조합모델을 이용한 딥러닝 기법을 활용해 통각수용성(nociceptive) 통증을 보다 정확하고 계량 가능한 수치로 제시하는 기술이 있으며[A1], 환자와의 소통을 통한 정보 수집이 어려운 소아 및 신생아의 통증 사정에 대한 인공지능 적용 사례가 있다[A2,A3]. 두 번째 사례에서는 이미지나 비디오 영상을 처리해

의미 있는 정보를 추출하는 컴퓨터 비전 기술과 기계학습 알고리즘을 기반으로 구성되어 있으며, 얼굴 표정, 몸의 움직임, 활력징후 변화 등의 정보를 활용하여 보다 정확하고 객관적인 통증 사정 시스템으로 개발되고 있었다. 다음은 노인 케어를 위한 간호사정에서의 인공지능 적용 사례로, 낙상 예측과 감지, 노인의 움직임 모니터링 기술 적용이다. 낙상은 노인의 건강을 심각하게 훼손할 수 있는 위험 상황으로 많은 연구가 진행되어 낙상감지에 웨어러블 기기, 환경센서, 이미지 감지기 등 다양한 기술적 적용이 이루어지고 있다[A4]. 인공지능 적용 사례로는 환자 병실에 초광대역 레이더를 설치하여 매우 짧은 지속시간의 임펄스 신호를 송신하여 사물 및 사람으로부터 반사되어 돌아오는 영상 이미지 신호를 CNN-LSTM 네트워크 인공지능 기술을 적용해 분석함으로써 낙상을 사전에 예측하여 간호사에게 알려주는 기술이 있다[A5]. RGB 카메라와 적외선 카메라를 활용한 마이크로소프트 키넥트(Kinect)센서 활용 연구는 환자의 낙상 위험을 감지하는 기술 사례로 앞의 초광대역 레이더 이미지 정보와 마찬가지로 환자의 실제 이미지를 사용하지 않음으로써 환자의 프라이버시를 보호할 수 있다는 점을 강조하고 있었다[A6]. 인공지능을 통한 낙상 예측 기술은 기존의 낙상 위험 환자 정보를 이용해 낙상을 사전에 예측하는 예방적 기술로 중요한 의미를 지닌다. 한편, 요양병원에서 거동이 가능한 노인 환자의 움직임은 간호사가 지속적으로 모니터링하고 기록하며, 노인의 건강 상태를 파악하는 중요한 지표이다. 간호사, 간호조무사 등 다양한 인력이 오가는 공간에서 노인의 움직임을 개별적으로 정확하게 파악해 기록하는 기능은 인구학적 조건에 따라 다양한 정보를 학습한 인공지능이 제공할 수 있는 지원으로 파악된다[A7,A8]. 노인의 움직임을 정확하게 자동으로 기록함으로써 노인의 활동 및 건강 상태 확인에 도움을 줄 수 있으며, 간호사의 자료수집 및 기록 업무 부담을 감소해주는 시스템으로 볼 수 있다.

마지막으로 정신과 병동 입원 환자의 생체신호를 원거리에서 자동으로 측정할 수 있도록 보조하는 인공지능 기술의 적용 사례이다[A9]. 정신과 환자의 안정감 확보가 무엇보다 중요한 상황에서 간호사의 주기적이고 감시적인 간호 라운딩은 때로는 환자의 안정과 수면을 저해할 수 있는 요소가 된다. 이 사례에 사용된 기술은 수 미터 거리에서 작동하는 광열류 측정 기술로 환자의 안정을 방해하지 않고 주요 생체신호를 측정하는 디지털 센서가 핵심 요소이다. 이 센서는 머신러닝과 딥러닝 알고리즘을 사용해 시각적 데이터를 탐지하고 분류하는 컴퓨터 비전과 신호처리 소프트웨어를 사용한다. 이 인공지능 디지털 센서는 신체의 미세한 움직임과 생체신호를 보다 정확하게 측정

Table 1. Classification of Selected Artificial Intelligence and Nursing Studies

(N=35)

No	Nursing process	Purpose of AI application	Specific AI function	Applied AI technologies	Country	Authors	Year
A1	Nursing assessment	Health assessment	Nociceptive pain assessment for adult	Predictive analytics; Artificial neural network	India	Subramaniam et al.	2021
A2	Nursing assessment	Health assessment	Children's postoperative pain assessment	Computer vision	USA	Sikka et al.	2012
A3	Nursing assessment	Health assessment	Neonatal pain assessment	Computer vision	USA	Zamzmi et al.	2019
A4	Nursing assessment	Monitoring	Fall risk detection system	Computer vision; Machine learning	USA	Shu and Shu	2021
A5	Nursing assessment	Monitoring	Fall risk detection system	Predictive analytics; Artificial neural network	Canada	Maitre et al	2020
A6	Nursing assessment	Monitoring	Fall risk detection system	Computer vision	USA	Rantz et al	2014
A7	Nursing assessment	Monitoring	Measurement of physical activity	Predictive analytics; Artificial neural network	Japan	Minvielle and Audiffren	2019
A8	Nursing assessment	Monitoring	Measurement of physical activity	Logistic regression; Support vector machine; Decision trees	Japan	Morita	2018
A9	Nursing assessment	Monitoring	Psychiatric ward nursing observation	Computer vision	United Kingdom	Barrera et al.	2020
A10	Nursing diagnosis	Disease/outcome prediction	Pressure injury prevention	Computer vision; Artificial neural network	China	Wang et al.	2021
A11	Nursing diagnosis	Risk identification/prediction	Prediction and analysis of pressure injury	Predictive analytics; Logistic regression; Decision trees; Artificial neural network	USA	Song et al.	2021
A12	Nursing diagnosis	Health assessment	Prediction and analysis of pressure injury	Computer Vision; Support vector machine	USA	Li and Mathews.	2017
A13	Nursing diagnosis	Risk identification/prediction	Predicting fall risk	Predictive analytics; Logistic regression	South Korea	Jung et al.	2020
A14	Nursing diagnosis	Risk identification/prediction	Predicting delirium risk	Predictive analytics; Logistic regression; Artificial neural network; Decision trees	USA	Wong et al.	2018
A15	Nursing diagnosis	Risk identification/prediction	Predicting urinary infections	Predictive analytics	USA	Zachariah et al.	2020
A16	Nursing diagnosis	Detection/tracking/monitoring	Decision support system for high blood pressure and diabetes	Predictive analytics; Artificial neural network	India	Ajay et al.	2016
A17	Nursing diagnosis	Risk identification/prediction	Analysis of pressure injury	Decision Support System	South Korea	Kim et al.	2021

Table 1. Classification of Selected Artificial Intelligence and Nursing Studies (Continued)

(N=35)

No	Nursing process	Purpose of AI application	Specific AI function	Applied AI technologies	Country	Authors	Year
A18	Nursing diagnosis	Health assessment	Emergency room triage	Predictive analytics	Iran	Soufi et al.	2018
A19	Nursing diagnosis	Health assessment	Emergency room triage	Natural Language processing	USA	Ivanov et al.	2021
A20	Nursing diagnosis	Health assessment	Emergency room triage	Natural Language processing/Logistic regression, Artificial neural network	South Korea	Yu et al.	2020
A21	Nursing planning	Disease/outcome prediction	Analysis of pressure injury	Predictive analytics; Decision trees	China	Chun et al.	2020
A22	Nursing planning	Disease/outcome prediction	Predicting discharge	Predictive analytics; Artificial neural network	USA	Safavi et al.	2019
A23	Nursing planning	Nursing care planning	Predicting transfer to ICU	Predictive analytics; Logistic regression, Artificial neural network	USA	Wellner et al.	2017
A24	Nursing planning	Monitoring	Predicting patient deterioration	Predictive analytics; Gradient boosting machine	USA	Romero-Brufau et al.	2021
A25	Nursing planning	Monitoring	Patient's shock pre-detection	Predictive analytics	South Korea	Kim et al.	2019
A26	Nursing implementation	Documentation	Nursing records through speech recognition	Speech recognition	USA	Fratzke et al.	2014
A27	Nursing implementation	Documentation	Nursing records through speech recognition	Speech recognition	Japan	Mairittha et al.	2019
A28	Nursing implementation	Documentation	Writing nursing records	Predictive analytics; Elastic Net; Machine Learning	USA	Bose et al.	2019
A29	Nursing implementation	Risk identification/prediction	Automatic injection risk assessment system	Predictive analytics	South Korea	Kang et al.	2018
A30	Nursing implementation	Monitoring	Drug decision support system	Natural Language processing	USA	Long et al.	2016
A31	Nursing implementation	Monitoring	Injection medication error	Computer Vision	USA	Cabri et al.	2020
A32	Nursing implementation	Monitoring	Predicting Extravasation	Predictive analytics; Artificial neural network	Taiwan	Lee and Lin	2020
A33	Nursing evaluation	Disease/Outcome prediction	Nursing evaluation after post-operation	Predictive analytics; Improved traditional NLM	China	Duan et al.	2022
A34	Nursing evaluation	Risk identification/prediction	Predicting Hospitalization	Predictive analytics	USA	Mohammadi et al.	2020
A35	Nursing evaluation	Nursing care planning	Predicting dismissal after operation	Predictive analytics	New Zealand	Parisi et al.	2018

하기 위해 디자인되었으며, 그 결과 야간에 제공하는 치료 결과가 상당히 개선된 것으로 확인되었다.

2. 간호진단에서의 인공지능

간호진단은 개인, 집단, 지역사회 등 대상자가 건강 상태에 대해 보이는 반응 및 반응에서의 취약 상태와 관련된 간호사정 정보를 분석하여 이루어지는 간호사의 임상 판단 단계로, 대상자의 상태에 따라 문제 진단, 위험 진단, 건강증진 진단, 중후군 진단으로 분류할 수 있다[15,16]. 철저한 간호사정을 통해 충분한 정보를 수집하는 것이 정확한 간호진단을 위한 전제 조건이나 임상 현장의 여건은 그렇지 못한 경우가 종종 있다. 간호진단이 이처럼 제한적 자료를 근거로 이루어지기도 하며, 현장의 상황과 간호사의 역량에 따라 각종 오류가 발생할 여지도 존재하는 것이다. 이러한 맥락에서 간호진단에 대한 인공지능의 적용은 특히, 위험 예측과 평가를 포함하는 임상 의사결정지원의 측면에서 기여할 수 있는 것으로 판단된다. 본 연구에서 선정한 선행연구 35건 중 11건이 간호진단에 대한 인공지능 적용 사례로 간호과정 단계 중 가장 많은 비율을 차지할 만큼 큰 의의가 있음을 알 수 있다.

간호진단을 위해 사용된 인공지능 예측모델은 욕창, 낙상, 섭망, 요로 감염 등 다양한 질환에서 활용될 수 있다. 예를 들어, 환자의 열화상 이미지와 Electronic Health Record (EHR) 데이터를 기계학습 모델을 활용하여 징후에 따라 분류함으로써 병원 내 환자의 욕창 발생을 예측하고[A10,A11], EHR에 기록된 욕창이미지로 욕창의 정도를 자동으로 측정하여, 보다 효과적으로 욕창의 치료 과정을 모니터링할 수 있었다[A12]. 또한, EMR 데이터를 활용하여 낙상 위험이 높은 환자를 선별하는 Hendrich II Fall Risk Model과[A13], 과거력이 없는 환자의 입원 중 섭망 발생 위험을 예측하는 섭망예측모델[A14] 및 입원 중 요로감염발생 예측모델[A15]은 환자의 새로운 질환의 발생위험성에 대한 간호진단을 내리는데 도움을 주어 간호사의 업무 부담을 줄여주었다.

인공지능 적용 임상 의사결정 지원시스템(Clinical Decision Supporting System, CDSS)은 인공지능 예측모델에서 얻은 데이터를 활용하여 의사결정을 지원하는 시스템이다. CDSS는 간호사가 환자의 전반적인 간호과정에 대한 의사결정을 내릴 때, 필요한 정보를 쉽고 빠르게 제공하여 간호사의 의사결정과 환자 간호를 보다 효과적으로 할 수 있도록 도와준다. 간호진단에 CDSS를 활용한 예로는 인적, 물적 의료 자원이 부족한 일차 의료 기관에서 모바일 기반 CDSS를 활용하여, 간호사가

대상자들의 혈압과 혈당 수치 등의 환자 정보를 CDSS에 입력하여 기존 해당 질병 환자 데이터와 새로 입력된 데이터를 바탕으로 환자의 고혈압 및 당뇨 단계를 확인하거나[A16], 욕창 예방 간호기록을 자연어처리를 통해 욕창 관련 단어 특성을 파악하여 욕창의 단계를 분석하고 CDSS로 개발한 사례가 있다[A17]. 마지막으로 응급 환자 중증도분류(triage)를 위해 인공지능 기계학습을 적용한 CDSS 또는 중증도분류 점수 예측모델을 개발한 사례이다. 간호사는 간호 진단과정에서 환자의 상태를 평가하고 중증도분류를 결정하여, 적절한 간호 조치를 취한다. 그러나 의료진의 전문성과 역량에 따라 중증도분류의 정확도가 떨어지는 경우가 종종 발생한다. 이를 보완하기 위해 환자의 활력징후 데이터를 기반으로 모호한 중증도분류 정보를 컴퓨터가 이해할 수 있는 수학적 언어로 단순화시켜 표현해주는 퍼지논리 모델을 활용하여 기존 간호사가 수행했던 중증도분류에서 잘못 분류된 환자를 재분류하거나[A18], EHR 데이터를 기반으로 자연어처리와 기계학습 알고리즘을 활용하여 환자 중증도분류를 위한 Emergency Severity Index (ESI) 예측모델을 개발하여 적용한 분류모델이 개발 중에 있다[A19]. 그리고 간호사의 초기 사정을 통한 중증도분류 점수, Korea Triage and Acuity Scale (KTAS), Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) 점수를 기계학습을 통해 중증도분류에 적용한 분류시스템은 보다 정확하고 효율적인 방식으로 응급 환자의 중증도분류를 수행하였다[A20].

3. 간호계획에서의 인공지능

간호계획은 간호사가 환자에게 제공하는 간호의 우선순위를 결정하기 위한 목표를 설정하고 그에 맞게 간호기술과 전략을 세우는 과정이다[15,16]. 이 과정에서 인공지능을 활용하여 환자 데이터를 수집하고 분석하면 간호사는 더욱 정확하고 개인화된 간호 계획을 수립할 수 있다. 예를 들어, 인공지능 예측모델이 환자가 진단받은 질병의 초기증상을 데이터화시켜 질병의 결과를 예측하거나 환자의 퇴원, 전동 가능성에 대해 예측하고 간호사에게 사전에 알려주어 간호계획 수립에 도움을 줄 수 있다. 초기 욕창 증상을 지닌 소아 환자의 EMR 데이터를 활용한 인공지능 예측모델이 욕창의 결과를 예측하고[A21], 입원 병동의 과밀 현상을 방지하고 수술 환자를 위한 침상을 제공하기 위해 신경망 모델을 활용하여 24시간 이내에 퇴원 가능한 환자를 예측하거나[A22], 환자 상태의 악화로 인한 집중치료실로의 전동을 예측하는 사례가 이에 해당한다[A23].

또한 응급상황에서 24시간 이내에 입원 환자에게 심폐소생,

집중치료실 전동, 신속대응팀 요청과 같은 위험 상황 발생을 예측하는 기계학습 기반 초기경고 모델인 Mayo Clinic Early Warning Score (MC-EWS)와[A24] 중환자의 쇼크 징후를 24 시간 전에 예측하여 경고하는 인공지능 예측모델은 간호사에게 환자의 위험을 사전에 대처할 수 있도록 도와주었다[A25].

4. 간호수행에서의 인공지능

간호수행은 간호사정과 진단을 근거로 간호계획을 수립한 후에 계획을 실행에 옮기는 간호과정의 네 번째 단계이며[15], 대상자가 최적의 건강수준에 도달하도록 하기 위해 필요한 기술적, 치료적 간호를 제공한다. 그 중에 간호기록은 간호수행 중에 상당한 시간을 소요하는 일이다. 간호기록에 인공지능 기술을 적용하여 효율적이고 정확도를 높인 사례로는 다음과 같다. 환자와 간호사 간의 대화를 음성인식 기능을 통해 자동 기록하는 시스템으로 기존의 기록 방식에 비해 효율적으로 밝혀진 사례가 있고[A26], 구글 어시스턴트 기반의 모바일 프로그램인 Dialogue System Care Record (DSCR)은 간호 기록의 속도를 15% 향상시켰고 환자와 간호사의 대화로부터 추출한 데이터는 96%의 정확도를 보여 의료진의 만족도를 증가시켰다[A27]. 또한 환자 데이터 중에서 위기 예측에 가장 중요한 정보를 데이터마이닝 기술을 통해 수집하여 제공한 사례는 간호사가 인공지능이 제공하는 우선순위에 따라 기록을 수행함으로써 간호사의 기록 부담을 감소시켰다[A28].

간호수행 중 투약은 간호사 업무 중 가장 기본적이고 중요한 업무이다. 그러나 투약오류는 병원 내 위해사고 중에서 가장 많은 부분을 차지한다. 투약오류는 예방 가능한 오류로 분류되고 있어[17] 인공지능 기술이 도움을 줄 수 있는 사례로 판단된다. 투약오류가 발생하는 위험요인을 오류발생 지표 알고리즘을 통해 투약오류 발생 위험 수준에 따라 환자를 분류하여 간호사의 카덱스에 제공하며[A29], 의사결정지원시스템을 사용하여 환자 스스로 EHR에서 자신의 약물 목록을 의사와 함께 검토, 공유하면서 약물조정에 인공지능의 도움을 받아 결정을 내렸다[A30]. 투약오류는 단계별로 처방, 조제, 투여단계의 오류로 구분되는데, 실제 주사조제오류와 투여사고를 예측하기도 한다. 인슐린의 부정확한 투약은 그 중 심각한 경우로 볼 수 있는데, 이에 컴퓨터 비전 장치를 사용하여 인슐린과 공기의 양을 정확하게 측정해 제공함으로써 간호사의 인슐린 주사기 준비에 정확도를 향상시켰다[A31]. 투여사고 중 관외유출(주사 부위 일혈/침윤)은 환자에게 위험요소로 작용하기에 간호사의 주사투여에 있어 지속적인 환자 모니터링이 중요하다. 모니터링

의 방법으로 환자 피부에 웨어러블 장치를 장착, 인공지능 기술을 적용하고 물리적 신호를 감지하여 관외 유출을 예측하는 모델을 개발하여 감지율을 상당 수준으로 향상시켰다[A32].

5. 간호평가에서의 인공지능

간호평가란 대상자의 경과가 목적에 도달하는가를 결정하는 것이다[15]. 평가에 의거하여 간호과정을 검토하게 되고, 간호계획은 지속되기도 하고, 수정되거나 종료될 수 있다. 인공지능 기술을 통해 환자의 리스크평가 및 예후평가를 함으로써 회복, 전동, 퇴원에 도움을 준다. 결장암 환자의 복강경 수술 후 인공지능 기반 CT 이미지를 활용하여 일반적인 간호 서비스에 비해 포괄적인 간호간병 서비스가 수술 환자의 예후 향상에 도움이 되어 간호 결과를 평가하는 데 도움을 주기도 하며[A33], EHR에서 수집한 데이터를 통해 인공 슬관절 치환술 및 고관절 치환술 후 30일 이내에 재입원 위험이 높은 환자를 예측하는 기계학습모델을 개발하여 사전 치료 및 모니터링을 제공함으로써 환자의 입원 및 치료 비용 감소됨을 보여주었다[A34]. CDSS 개발을 통해서도 환자의 안정된 체온, 혈압, 산소포화도와 같은 활력징후 데이터를 바탕으로 환자의 퇴원 또는 전동을 더 정확하게 예측하였다[A35].

논 의

간호영역에서의 국내의 인공지능 적용 연구사례 중 대표적인 사례를 추출하고 간호과정 5단계에 따라 분류하여 제시한 위의 연구결과에 따르면, 인공지능 기술의 임상 적용을 위한 다양한 연구와 이를 통한 적용을 위한 근거의 확보가 상당한 수준으로 진행되고 있음을 확인할 수 있었다. 아직은 간호영역에 인공지능의 정형화된 도입방법 및 기술체계가 부족하고 본격적인 현실화가 이루어진 상태는 아님도 확인할 수 있었다[18]. 그러나 인공지능 기술을 접목한 보건 의료 기술은 진료, 의약개발, 의료서비스, 의료정보 등에서 다양하게 활용될 것임은 부인할 수 없는 사실이며, 의료 인공지능은 미래 부가가치가 매우 높은 사업이고 국민 전체의 삶의 질에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 사안이다[19,20].

간호영역에서 인공지능의 도입은 본 연구의 목적을 위해 추출한 35편의 연구에서 긍정적으로 평가되고 있으며, 이를 바탕으로 본 논의에서는 한국의 간호 현황에서 나타나는 다양한 문제점 중에서 보다 시의적절한 문제점을 선정해 적용과 개선의 가능성을 논의하고자 한다. 첫번째 논의 사항은 간호사정 및 진

단의 객관성과 정확성 제고를 위한 인공지능 적용, 둘째는 간호수행 오류 및 환자위험 예측을 통한 예방중심 간호 패러다임으로의 전환, 마지막으로 간호인력 부족에 따른 간호업무 부담의 경감 및 질적 간호 향상 측면에서 다르다.

1. 간호사정 및 진단의 객관성과 정확성 제고

간호사는 환자의 통증 정보를 수집할 때 NRS, FPRS, FLACC 등과 같은 객관화된 통증점수도구를 사용한다. 그러나 일부 간호사들은 불충분한 현장교육 및 경험으로 인해 이러한 통증점수도구에 대한 임상적 지식과 경험이 쌓이지 않는 상태에서 업무에 투입되는 경우가 종종 발견된다. 특히, 의사소통이 불가하거나 어려운 환자는 간호사에 따라 주관적으로 평가될 수 있다는 한계도 존재한다. 이러한 경우 인공지능 적용 사례로 결과 부분에서 제시한 소아 및 신생아의 신체적 정보를 통증점수로 변환시키는 인공지능 기술[A2,A3]은 간호사가 환자 통증 정보 수집의 객관성과 정확성을 확보할 수 있도록 도와주며, 임상 경험이 부족한 간호사에게 간호실무의 부담을 완화하는데 의의가 있을 것으로 판단된다. 또 다른 문제적 상황으로는 응급 환자 중증도 분류인 트리아지의 모호함 및 판단의 부정확성과 관련이 있다. 정확도를 높이기 위해 인공지능 기술을 활용한 트리아지 분류 사례는 99.44%의 정확도를 보였고[A18], 트리아지를 위한 ESI 예측 모델을 개발하여 적용한 KATE 트리아지 모델은 75.7%의 정확도로 간호사 59.8%, 임상의 75.3% 보다 높은 정확성을 보였다[A19]. 이와 같이 인공지능을 활용한 응급 환자 중증도 분류방법은 보다 정확한 방식으로 오류를 줄이고 트리아지 결과를 개선하여 결과적으로 환자의 사망과 집중치료병동 입원 비율을 줄이는 성과를 가져올 수 있을 것을 기대한다.

2. 간호수행 오류 및 환자위험 예측을 통한 예방중심 간호 패러다임으로의 전환

국내 병원에서 발생하는 환자안전사고를 분석한 연구에서 입원기간 동안 환자에게 피해를 가져온 사건 중에서 투약오류가 15.1%로 가장 많은 부분을 차지하는 것으로 나타났다. 전체 투약오류 중 간호사에 의한 투약오류가 53.0%로 가장 많았는데 이는 간호사가 환자에게 약을 투여하는 마지막 단계의 역할을 수행하기 때문이며, 오류의 위험성 역시 가장 크다고 볼 수 있다[17]. 또한 투약오류는 업무가 빠르게 진행되거나 업무량이 과도한 경우, 환자가 복잡한 질병 상태에 있는 경우, 다제 약

물 및 고위험 약물을 사용해야 하는 경우에 발생할 가능성이 높다[21,22]. 환자의 특성에 따른 투약오류 발생 위험도를 사전에 분류하여 정보를 제공하는 인공지능 모델[A29], 환자 피부에 웨어러블 장치를 장착하고 물리적 신호를 감지하여 관외 유출을 예측하는 모델[A32], 컴퓨터 비전 장치를 사용하여 인슐린 약물 용량과 공기의 양을 정확하게 측정하는 모델[A31] 등의 인공지능 적용은 간호수행 중 투약오류와 약물유해 사례를 줄이고 예방하는데 기여할 것으로 판단된다. 투약오류의 선제적 예방 사례와 유사하게 사전예방을 통해 발생률을 감소시킬 수 있는 사례로는 원내감염, 욕창, 낙상사고 등이 있으며, 이러한 사건이 발생할 경우 간호사에게는 일상적인 간호업무 이외의 부가업무가 발생되고 이로 인해 불필요한 의료인력과 비용이 소요된다[23-25]. 의료 인공지능은 질병, 오류 및 사고를 예측하여 이와 같은 사건을 예방하는 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 즉, 간호과정에서 발생할 수 있는 문제적 상황을 예측하기 위해 인공지능을 활용함으로써 예방중심 간호 패러다임으로의 전환에 획기적인 기여를 할 것으로 기대된다.

3. 간호인력 부족에 따른 간호업무 부담 경감 및 질적 간호 향상

환자안전 수준을 향상시키기 위해서는 간호사가 환자 중심의 간호서비스를 제공하기 위해 필요한 물리적 환경의 제공과 간호사 인력관리가 이루어져야 함에도 불구하고, 한국의 보건 의료 인력 중 간호사는 인구 1,000명당 4.2명으로 OECD 평균(7.9명)보다 훨씬 낮은 수치를 보인다[26]. 환자의 간호요구를 충족하고 질 높은 간호서비스를 제공하기에는 심각하게 인력이 부족한 상황이며, 간호사가 많은 환자의 정보를 수집하고 예측하기에도 어려움이 있는 것으로 확인된다[27]. 간호사가 각종 직접간호 업무와 동시에 상당한 양의 기록을 작성하기 때문에 누락되는 경우도 종종 발생하는 것으로 파악된다[28]. 이를 돕기 위해 간호사정 부분에서 소개한 인공지능 기술은 환자 및 노인의 움직임을 모니터링하고 기록하면서 간호사의 자료 수집 및 환자의 낙상 예측 및 예방을 가능하게 해줌으로써, 간호사의 기록업무 부담을 완화시키는데 큰 도움이 될 것으로 기대된다. 환자와 간호사 간의 대화를 음성인식 기능을 통해 자동 기록하는 인공지능을 활용하거나[A28], 중요 정보를 신속히 제공함으로써 간호기록의 속도를 증가시켜주는[A27] 인공지능 적용 사례는 간호기록의 부담을 완하시켜주는 데 기여할 것으로 보인다. 물적 의료 자원이 부족한 1차 의료기관에서 모바일 기반 CDSS를 활용하여 환자의 고혈압 및 당뇨 단계를 확인

하거나[A16], 자연어처리를 통해 욕창의 단계를 분석하는 사례[A17]들도 간호사의 의사결정에 도움을 주어 업무 부담을 줄이며 간호업무의 효율성을 향상시키는 데 기여할 것으로 판단된다.

결론

본 연구는 선행연구 고찰을 바탕으로 간호인력이 부족하고 병원 현장의 조건이 열악한 한국의 간호 상황에 인공지능 적용을 통한 간호업무 문제점 개선의 가능성을 논의하였다. 첫째, 간호인력 및 경험 부족으로 인해 발생하는 오류의 가능성을 개선하여 간호사정과 간호진단의 객관성과 정확성을 향상시킬 것으로 판단된다. 둘째, 환자와 관련된 위험 요인들을 사전에 예측함으로써 예방 중심의 간호 패러다임을 구축해 나갈 수 있는 가능성을 제고한다. 마지막으로 간호사의 과도한 업무 부담을 경감시키며 이에 따라 질적 간호 향상에 인공지능 기술이 활용될 수 있을 것으로 파악된다.

인공지능의 간호영역에의 적용의 긍정적인 가능성에도 불구하고 인공지능의 활용은 의료계 전반에 걸쳐 엄격한 규제와 윤리적 고민이 필요하기도 하다. 인공지능 기술의 간호사 대체 가능성에 대한 우려, 인공지능 알고리즘의 투명성의 문제, 인공지능에게 학습되는 데이터의 편향성 등도 지속적으로 논의해야 할 과제들이다[14]. 이러한 인공지능의 잠재적 위험성을 최소화하면서 효과적으로 사용하기 위해서는 인공지능의 임상현장 적용 가능성의 과학적 근거를 지속적으로 확보해야 하며, 인공지능 전문가, 과학기술에 관한 윤리 및 사회과학자는 물론이고, 더불어 임상과 환자에 대한 이해도가 높은 의료진이 적극적으로 인공지능 관련 가이드라인 제정에 참여할 필요가 있을 것이다.

REFERENCES

- Mun S, Yun YM, Han TH, Lee SE, Chang HJ, Song SY, Kim HC. Public awareness of digital healthcare services. *Journal of Digital Contents Society*. 2017;18:621-629. <https://doi.org/10.9728/dcs.2017.18.4.621>
- Iyawa GE, Herselman M, Botha A. Digital health innovation ecosystems: From systematic literature review to conceptual framework. *Procedia Computer Science*. 2016;100:244-252. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.149>
- Kim SH. Health IT technology trends. *Electronics and Telecommunications Trends*. 2011;26(6):37-46. <https://doi.org/10.22648/ETRI.2011.J.260604>
- Oh EG. Perspectives on nursing profession for a post-COVID-19 new normal. *Korean Journal of Adult Nursing*. 2020;32:221-222. <https://doi.org/10.7475/kjan.2020.32.3.221>
- Troncoso EL, Breads J. Best of both worlds: digital health and nursing together for healthier communities. *International Nursing Review*. 2021;68:504-511. <https://doi.org/10.1111/inr.12685>
- Hastie T, Tibshirani R, Friedman JH. The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction: with 200 full-color illustrations. Springer series in statistics. New York: Springer; 2001.
- Russell S, Norvig P. Artificial intelligence: a modern approach. 4th ed. Ryu H, translator. Paju: Jpub; 2021 ISBN: 9791191600490.
- Bishop CM. Pattern recognition and machine learning. Information Science and Statistics. New York, NY: Springer; 2006.
- Park SH. Artificial intelligence in medicine: beginner's guide. *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2018;78:301-308. <https://doi.org/10.3348/jksr.2018.78.5.301>
- Song Y, Lee HK, Kim HJ. Nursing, robotics, technological revolution: robotics to support nursing work. *Journal of Korean Gerontological Nursing*. 2018;20(Suppl 1):144-153. <https://doi.org/10.17079/jkgn.2018.20.s1.s144>
- Ministry of Health and Welfare (KR). Press release: Health and medical personnel survey results [Internet]. Sejong: Ministry of Health and Welfare; 2022. [cited 2022 October 30]. Available from: <http://www.datapress.kr/news/print.php?no=621>
- Pak SY. Issues and challenges of nursing workforce supply to improve the quality of health care services. *Korean Journal of Converging Humanities*. 2018;6:31-54. <https://doi.org/10.14729/converging.k.2018.6.1.31>
- Ronquillo CE, Peltonen L-M, Pruinelli L, Chu CH, Bakken S, Beduschi A, et al. Artificial intelligence in nursing: Priorities and opportunities from an international invitational think-tank of the Nursing and Artificial Intelligence Leadership Collaborative. *Journal of Advanced Nursing*. 2021;77:3707-3717. <https://doi.org/10.1111/jan.14855>
- von Gerich H, Moen H, Block LJ, Chu CH, DeForest H, Hobensack M, et al. Artificial intelligence-based technologies in nursing: a scoping literature review of the evidence. *International Journal of Nursing Studies*. 2022;127:104-153. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2021.104153>
- Sung MH, Kang JH, Kwon KH, Park CS, Son JT, Oh HK, et al. The nursing process and critical thinking. Seoul: JMK; 2020.
- Lee KH. Nursing process. *Journal of the Nursing Academic Association of Ewha Womans University*. 1989;22:58-66. <http://www.riss.kr/link?id=A30043429>
- Koo MJ. Analysis of medication errors of nurses by patient safety accident reports. *Journal of Korean Clinical Nursing Research*. 2021;27:109-119.

- <https://doi.org/10.22650/JKCNr.2021.27.1.109>
18. Park H-B, Jang SA. Policy proposals for usefulness and publicity of medical artificial intelligence. *Korean Public Management Review*. 2021;35:195-217.
<https://doi.org/10.24210/kapm.2021.35.3.009>
 19. Lee KY, Kim JH, C. KH. Current status and challenges of medical artificial intelligence. *KHIDI Brief*. 2016;219:1-28.
 20. Kane-Gill SL, Jacobi J, Rothschild JM. Adverse drug events in intensive care units: risk factors, impact, and the role of team care. *Critical Care Medicine*. 2010;38:S83-S89.
<https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181dd8364>
 21. Shitu Z, Aung MMT, Tuan Kamauzaman TH, Ab Rahman AF. Prevalence and characteristics of medication errors at an emergency department of a teaching hospital in Malaysia. *BMC Health Services Research*. 2020;20:56.
<https://doi.org/10.1186/s12913-020-4921-4>
 22. Lee J-H. Socioeconomic effects of pressure ulcer. *Journal of the Korean Medical Association*. 2021;64:11-15.
<https://doi.org/10.5124/jkma.2021.64.1.11>
 23. Lee SG, Kam S. Incidence and estimation of socioeconomic costs of falls in the rural elderly population. *Journal of the Korean Geriatrics Society*. 2011;15:8-19.
<https://doi.org/10.4235/jkgs.2011.15.1.8>
 24. Song JH, Kim SM, Kim YH, Kim OS, Yoon SW, Park ES et al. Study on length of stay and increase in medical costs due to pathogenic bacteremia. *Korean Society Healthcare-associated Infection Control and Prevention*. 1999;4:205-216.
<https://www.kjicp.org/journal/view.html?uid=51&vmd=Full>
 25. Organization for Economic Cooperation Development. OECD Health statistics 2021 [Internet]. France: Organization for Economic Cooperation and Development; 2021. [cited 2022 October 30]. Available from:
<https://www.oecd.org/health/health-data.htm>
 26. Choi ES. Present situation of Korean nursing. *Korean Journal of Women Health Nursing*. 2004;10:190-199.
<https://doi.org/10.4069/kjwhn.2004.10.3.190>
 27. Yoo HJ. Role of nursing record and importance of accurate recording in sue for medical malpractice. *The Korean Nurse*. 2007;46:38-39.
 28. Kim E-Y, Yi Y-J. Effects on knowledge and performance in clinical nursing of education on nursing recording focusing on legal aspects. *Journal of Korean Academy of Nursing Administration*. 2011;17:277-283.
<https://doi.org/10.11111/jkana.2011.17.3.277>

Appendix. Studies included in the Review

- A1. Subramaniam SD, Dass B. Automated nociceptive pain assessment using physiological signals and a hybrid deep learning network. *IEEE Sensors Journal*. 2020;21(3):3335-3343.
- A2. Sikka K, Ahmed AA, Diaz D, Goodwin MS, Craig KD, Bartlett MS, et al. Automated assessment of children's postoperative pain using computer vision. *Pediatrics*. 2015;136(1):e124-e131.
- A3. Zamzmi G, Pai C-Y, Goldgof D, Kasturi R, Ashmeade T, Sun Y. A comprehensive and context-sensitive neonatal pain assessment using computer vision. *IEEE Transactions on Affective Computing*. 2019;13(1):28-45.
- A4. Shu F, Shu J. An eight-camera fall detection system using human fall pattern recognition via machine learning by a low-cost android box. *Scientific Reports*. 2021;11(1):2471.
- A5. Maitre J, Bouchard K, Gaboury S. Fall detection with UWB radars and CNN-LSTM architecture. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*. 2020;25(4):1273-1283.
- A6. Rantz MJ, Banerjee TS, Cattoor E, Scott SD, Skubic M, Popescu M. Automated fall detection with quality improvement "rewind" to reduce falls in hospital rooms. *Journal of gerontological nursing*. 2014;40(1):13-17.
- A7. Minvielle L, Audiffren J. NurseNet: monitoring elderly levels of activity with a piezoelectric floor. *Sensors*. 2019;19(18):3851.
- A8. Morita T, Taki K, Fujimoto M, Suwa H, Arakawa Y, Yasumoto K. Beacon-based time-spatial recognition toward automatic daily care reporting for nursing homes. *Journal of Sensors*. 2018;2018.
- A9. Barrera A, Gee C, Wood A, Gibson O, Bayley D, Geddes J. Introducing artificial intelligence in acute psychiatric inpatient care: qualitative study of its use to conduct nursing observations. *BMJ Ment Health*. 2020;23(1):34-38.
- A10. Wang Y, Jiang X, Yu K, Shi F, Qin L, Zhou H, et al. Infrared thermal images classification for pressure injury prevention incorporating the convolutional neural networks. *IEEE Access*. 2021;9:15181-15190.
- A11. Song W, Kang M-J, Zhang L, Jung W, Song J, Bates DW, et al. Predicting pressure injury using nursing assessment phenotypes and machine learning methods. *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2021;28(4):759-765.
- A12. Li D, Mathews C. Automated measurement of pressure injury through image processing. *Journal of Clinical Nursing*. 2017;26(21-22):3564-3575.
- A13. Jung H, Park H-A, Hwang H. Improving prediction of fall risk using electronic health record data with various types and sources at multiple times. *CIN: Computers, Informatics, Nursing*. 2020;38(3):157-164.
- A14. Wong A, Young AT, Liang AS, Gonzales R, Douglas VC, Hadley D. Development and validation of an electronic health record-based machine learning model to estimate delirium risk in newly hospitalized patients without known cognitive impairment. *JAMA Network Open*. 2018;1(4):181018.
- A15. Zachariah P, Sanabria E, Liu J, Cohen B, Yao D, Larson E. Novel strategies for predicting healthcare-associated infections at admission: implications for nursing care. *Nursing Research*. 2020;69(5):399-403.
- A16. Ajay VS, Jindal D, Roy A, Venugopal V, Sharma R, Pawar A, et al. Development of a smartphone-enabled hypertension and diabetes mellitus management package to facilitate evidence-based care delivery in primary healthcare facilities in India: the mPower Heart Project. *Journal of the American Heart Association*. 2016;5(12):004343.
- A17. Kim MS, Ryu J-M. Analysis of pressure ulcer nursing records with artificial intelligence-based natural language processing. *Journal of the Korea Convergence Society*. 2021;12(10):365-372.
- A18. Soufi MD, Samad-Soltani T, Vahdati SS, Rezaei-Hachesu P. Decision support system for triage management: A hybrid approach using rule-based reasoning and fuzzy logic. *International Journal of Medical Informatics*. 2018;114:35-44.
- A19. Ivanov O, Wolf L, Brecher D, Lewis E, Masek K, Montgomery K, et al. Improving ED emergency severity index acuity assignment using machine learning and clinical natural language processing. *J Emerg Nurs*. 2021;47(2):265-278.
- A20. Yu JY, Jeong GY, Jeong OS, Chang DK, Cha WC. Machine learning and initial nursing assessment-based triage system for emergency department. *Healthcare Informatics Research*. 2020;26(1):13-19.
- A21. Chun X, Pan L, Lin Y, Ye L, Liang H, Tao J, et al. A model for predicting 7-day pressure injury outcomes in paediatric patients: A machine learning approach. *Journal of Advanced Nursing*. 2021;77(3):1304-1314.
- A22. Safavi KC, Khaniyev T, Copenhaver M, Seelen M, Zenteno Langle AC, Zanger J, et al. Development and validation of a machine learning model to aid discharge processes for inpatient surgical care. *JAMA Netw Open*. 2019;2(12):1917221.
- A23. Wellner B, Grand J, Canzone E, Coarr M, Brady PW, Simmons J, et al. Predicting unplanned transfers to the intensive care unit: A machine learning approach leveraging diverse clinical elements. *JMIR Med Inform*. 2017;5(4):45.
- A24. Romero-Brufau S, Whitford D, Johnson MG, Hickman J, Morlan BW, Therneau T, et al. Using machine learning to improve the accuracy of patient deterioration predictions: Mayo Clinic Early Warning Score (MC-EWS). *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2021;28(6):1207-1215.
- A25. Kim YH, Kim JY, Bae KT. A study on artificial intelligence-

- based intensive medical patient's shock pre-detection system. *Journal of Information Technology and Applied Engineering*. 2019;9(2):49-56.
- A26. Fratzke J, Tucker S, Shedenhelm H, Arnold J, Belda T, Petera M. Enhancing nursing practice by utilizing voice recognition for direct documentation. *The Journal of Nursing Administration*. 2014;44(2):79-86.
- A27. Mairittha T, Mairittha N, Inoue S. Evaluating a spoken dialogue system for recording systems of nursing care. *Sensors*. 2019;19(17):3736.
- A28. Bose E, Maganti S, Bowles KH, Brueshoff BL, Monsen KA. Machine learning methods for identifying critical data elements in nursing documentation. *Nursing Research*. 2019;68(1):65-72.
- A29. Kang M-J, Jin Y, Jin T, Lee S-M. Automated Medication Error Risk Assessment System (Auto-MERAS). *Journal of Nursing Care Quality*. 2018;33(1):86-93.
- A30. Long J, Yuan MJ, Poonawala R. An observational study to evaluate the usability and intent to adopt an artificial intelligence-powered medication reconciliation tool. *Interactive Journal of Medical Research*. 2016;5(2):5462.
- A31. Cabri A, Bagley B, Brown K. Use of computer vision to identify the frequency and magnitude of insulin syringe preparation errors. *Journal of Diabetes Science and Technology*. 2021;15(3):672-675.
- A32. Lee H-C, Lin J-S. An open-source wearable sensor system for detecting extravasation of intravenous infusion. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 2020;70:1-11.
- A33. Duan X, Su D, Yu H, Xin W, Wang Y, Zhao Z. Adoption of artificial intelligence (AI)-Based computerized tomography (CT) evaluation of comprehensive nursing in the operation room in laparoscopy-guided radical surgery of colon cancer. *Computational Intelligence and Neuroscience*. 2022;2022.
- A34. Mohammadi R, Jain S, Namin AT, Scholem Heller M, Palacholla R, Kamarthi S, et al. Predicting unplanned readmissions following a hip or knee arthroplasty: retrospective observational study. *JMIR Medical Informatics*. 2020;8(11):19761.
- A35. Parisi L, RaviChandran N, Manaog ML. Decision support system to improve postoperative discharge: A novel multi-class classification approach. *Knowledge-Based Systems*. 2018;152:1-10.