

CONTENTS

Original Articles

- 슬관절치환술 환자를 위한 자가관리 모바일 앱 개발 및 효과 평가 02
남소희, 전재희

Development and Evaluation of a Self-management Mobile App for Patients Undergoing Total Knee Arthroplasty

Sohee Nam, Jae-Hee Jeon

- 환자안전을 위한 구조화: 중환자실 간호기록의 SNOMED CT 기반 표준용어 매핑 17
김영은, 최지혜, 지의규, 김영곤, 이지산

Structuring for Patient Safety: SNOMED CT-based Standardized Terminology Mapping of ICU Nursing Records

Youngeun Kim, Ji Hye Choi, Eui Kyu Chie, Young-Gon Kim, Jisan Lee

- 국내 간호대학생이 경험한 환자안전 교과 교육 형태와 환자안전 역량과의 연관성: 탐색적 조사연구 29
임희진, 김서진, 조가연, 이승은

Heejin Lim, Seo-Jin Kim, Ga-Yeon Cho, Seung Eun Lee

Undergraduate Nursing Students' Experience in Patient-safety Education and Its Association with Patient-safety Competency: An Exploratory Study

Heejin Lim, Seo-Jin Kim, Ga-Yeon Cho, Seung Eun Lee

- 딥러닝 기반 욕창 분석 모바일 애플리케이션의 단계 분류 성능 및 임상 적용 가능성 42
장상현, 강민수, 임춘화, 허명행, 배경화

Stage Classification Performance and Clinical Applicability of a Deep Learning-Based Mobile Application for Pressure Injury Analysis

Sang-Hyun Jang, Min-Su Kang, Chun-Hwa Lim, Myung-Haeng Heo, Kyung-Hwa Bae

Brief Communication

- 캡슐내시경 흡인: 환자안전을 위한 임상적 고찰 55
박성희

Capsule Aspiration During Capsule Endoscopy: A Clinical Review for Patient Safety

Seong-Hi Park

슬관절치환술 환자를 위한 자가관리 모바일 앱 개발 및 효과 평가

남소희¹, 전재희²

¹영진전문대학교 간호학과, ²강원대학교 간호학과

Development and Evaluation of a Self-management Mobile App for Patients Undergoing Total Knee Arthroplasty

Sohee Nam¹, Jae-Hee Jeon²

¹ Assistant Professor, Department of Nursing, Yeungjin University, Daegu, ² Professor, Department of Nursing, Kangwon National University, Wonju, Republic of Korea

Purpose: The primary objective of this study is to develop a mobile application to support the self-management TKA patients and to evaluate the educational effectiveness of the developed mobile App.

Methods: A mobile application for self-management in patients undergoing total knee arthroplasty (TKA) was developed based on the ADDIE model (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation). To evaluate the effectiveness of the developed app, a quasi-experimental study using a non-equivalent control group pretest-posttest design was conducted. A total of 63 patients who underwent TKA at a hospital in Seoul were assigned to either the experimental group ($n = 32$) or the control group ($n = 31$). The experimental group performed app-based self-management intervention for six weeks, while the control group received routine education. Data were collected before and after the intervention. The study analyzed the intervention's effects on joint exercise knowledge, exercise self-efficacy, exercise performance, knee function score, and knee flexion angle.

Results: Following six weeks of self-management using the mobile App, the experimental group showed significant improvements in exercise self-efficacy ($p=.031$) and exercise performance ($p=.001$) compared to the control group. However, there were no statistically significant differences in joint exercise knowledge ($p=.094$), Lysholm score ($p=.106$), or knee flexion angle ($p=.887$).

Conclusion: The mobile App developed in this study was found to be an effective educational tool for improving exercise self-efficacy and exercise performance among patients after TKA. The findings confirmed that education through the self-management mobile app for TKA patients developed in this study can be an effective educational medium that positively affects exercise self-efficacy and exercise performance. Further research is needed to evaluate long-term effects and applicability in diverse patient populations, including improvements in app functionality.

Keywords: Arthroplasty, Replacement, Knee, Mobile applications, Self-management

Received: Jul.04.2025 **Revised:** Nov.21.2025 **Accepted:** Nov.21.2025

Correspondence: Jae-Hee Jeon

Department of Nursing, Kangwon National University 150 Namwon-ro, Heungeop-myeon, Wonju, Gangwon-do 264003, Republic of Korea

Tel: +82-33-760-8648 **E-mail:** jhjeon@gwnu.ac.kr

Funding: None **Conflict of Interest:** None

Quality Improvement in Health Care vol.32 no.1

© The Author 2026. Published by Korean Society for Quality in Health Care; all rights reserved

I. 서론

1. 연구의 필요성

2025년 대한민국은 65세 이상 인구 비율이 20%에 달하는 고령사회에 이미 진입하였다[1]. 이러한 급속한 고령화는 퇴행성 슬관절염과 같은 만성질환의 유병률 증가로 이어지고 있으며, 이에 따른 보건의료 수요 또한 급격하게 증가하고 있다[2]. 특히 65세 이상 노인층에서는 슬관절치환술의 빈도가 현저히 높아지는데, 이는 연령 증가와 함께 관절 연골의 퇴행성 변화가 가속화되고, 근력 감소 및 균형 능력 저하 등의 생리적 변화가 복합적으로 작용하기 때문이다[3]. 또한 노인의 경우 수술 후 회복 과정에서 젊은 연령층과 비교하여 더 긴 재활 기간이 필요하고, 합병증 발생 위험도 높아 체계적인 자가관리 교육의 중요성이 강조된다[4]. 슬관절치환술은 통증 감소와 기능 향상에 효과적이나 감염, 혈전, 강직 등의 부작용 위험도 보고되고 있어 수술 후 환자 교육을 통한 환자의 지속적 자가관리가 매우 중요하다[5]. 슬관절치환술 후 회복은 수 개월에서 1년 이상으로 장시간이 요구되므로 장기적인 재활운동과 자가관리 행위가 예후에 중요한 영향을 미친다[5]. 그러나 실제 임상 현실은 인력, 시간, 장소, 및 의료 예산의 제약으로 인하여 슬관절치환술 후 환자의 교육이 제한적으로 이루어지고 있어 이에 효과적인 자가관리 중재전략이 필요하다. 특히 65세 이상 노인층의 경우 인지기능 변화, 건강정보 이해력 저하, 기술 활용 능력의 한계 등으로 인해 기존의 일률적인 교육 방식으로는 효과적인 자가관리 행동 변화를 이끌어내기 어려운 실정이다[4].

슬관절치환술 환자를 위한 운동 중재는 근력향상, 기능회복, 통증완화, 자기효능감에 효과적으로 보고되었다[6-8]. 세라밴드 운동은 근력 강화와 자기효능감 향상, 통증 감소에 도움이 되었으며[6], 동영상 기반 초기 운동 교육은 고령 환자의 운동지식과 이행도를 향상시켰고[7], 수술 전 근력강화 운동은 대퇴사두근 근력, 무릎 굴곡각도, 기능 점수, 보행능력 및 삶의 질을 유의하게 개선하였다[8]. 특히 자기효능감은 슬관절치환술 환자의 삶의 질 향상에

긍정적인 영향을 미치는 요인으로 보고되었으며[9], 운동 자기효능감은 어떠한 상황에서도 지속적으로 운동을 수행할 수 있다는 개인의 신념으로, 신체활동의 수행 및 지속을 결정짓는 핵심 심리적 요인 중 하나이다[9]. 관절 운동 지식은 이러한 행동 변화의 전제 조건으로서, 재활운동에 대한 정확한 이해는 자기효능감과 운동 이행도 향상에 필수적인 요소이다. 선행 연구에 따르면, 슬관절치환술 환자를 대상으로 한 자기효능감 기반 운동 프로그램교육은 슬관절환자 자기효능감 및 운동 수행능력 및 하지 근력 향상에도 긍정적인 영향을 미친 것으로 나타났다[10]. 환자의 기능 회복을 객관적으로 확인할 수 있는 지표로 슬관절 기능점수(Lysholm score)가 널리 사용되고 있으며, 이는 보행, 계단 오르기 등 일상생활 동작 수행 능력을 평가하는 임상 지표로서 중재의 효과를 직접적으로 반영한다. 이와 함께, 슬관절 굴곡각도는 무릎의 관절 가동범위를 나타내는 물리적 지표로, 슬관절 굴곡각도의 정상 범위는 최대 신전 0°에서 최대 굴곡 135° 사이로 수술 후 기능적 독립성과 환자 만족도를 높이는 데 중요한 기준으로 간주된다[11].

이 연구에서 개발된 모바일 앱은 슬관절치환술 환자의 자가관리 행동을 촉진하는 주요 결과 변수를 개선하기 위해 Bandura의 자기효능감 이론에 근거하여 설계되었다. Bandura는 자기효능감을 증진시키기 위한 네 가지 핵심 전략으로 성공 경험(enactive attainment), 대리 경험 vicarious experience), 언어적 설득(verbal persuasion), 정서적 각성(emotional state)을 제시하였다[12]. 첫째, 성공 경험은 자가관리 행동에서 직접적이고 반복되는 긍정적 성취 경험을 통해 자기효능감을 높이는 가장 강력한 요인이다. 둘째, 대리 경험은 자신과 유사한 타인의 성공 사례를 관찰하여 간접적으로 성공을 경험하는 것으로, 자기효능감 증진에 긍정적인 영향을 미친다. 셋째, 언어적 설득은 의료진, 가족, 동료 등 신뢰받는 사람들의 긍정적 격려와 피드백을 의미한다. 넷째 전략은, 정서적 각성으로 스트레스, 불안, 피로 등의 부정적 정서 상태가 자기효능감을 저해할 수 있음을 전제로 한다. 따라서 긍정적인 정서 상태를 유지하는 것이 자기효능감 향상에 영향을 미치며, 불안이나 스트

레스를 효과적으로 관리할 때, 높은 동기와 수행력이 유지될 수 있다[12]. 이 연구에서는 Bandura의 자기효능감 향상 네 가지 전략 기반으로 개발된 모바일 앱을 활용하여 자가관리 지원의 효과를 검증하기 위해 관절 운동지식, 운동 자기효능감, 운동 이행도, 슬관절 기능, 슬관절 굴곡각도를 주요 결과 변수로 설정하였다.

슬관절치환술 환자 교육은 전통적으로 구두, 인쇄물, 영상, 디지털 플랫폼 등 다양한 방식으로 제공되어 왔으나, 최근에는 모바일 앱을 포함하는 디지털 플랫폼을 활용한 교육으로 확장되고 있다[13]. 모바일 앱을 활용한 교육은 접근성 좋고, 피드백 제공이 가능하기 때문에 대상자의 흥미를 유발하고 이로 인해 교육의 효율성을 향상시키는 것으로 보고되었다[13]. 국외에서는 슬관절치환술 환자 교육용으로 개발된 앱인 'RECOVER-E'[14] 등이 활용되고 있으나, 국내에서는 슬관절치환술 환자를 위한 모바일 앱 개발 효과를 검증한 연구가 부족하다. 이에 이 연구의 목적은 슬관절치환술 환자를 위한 자가관리 모바일 앱을 개발하고, 자기효능감 향상 전략을 기반으로 개발된 앱의 효과를 평가하는데 있다.

2. 연구목적

이 연구는 슬관절치환술 환자 자가관리를 위한 모바일 앱을 개발하고, 개발된 앱을 적용함으로써 관절 운동지식, 운동 자기효능감, 운동 이행도, 슬관절 기능점수, 슬관절 굴곡각도에 미치는 효과를 분석하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구설계

이 연구는 Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation (ADDIE) 모형에[15] 기반하여 슬관절치환술 환자의 자가관리 앱을 개발하고, 앱 기반 자가관리 중재가 슬관절치환술 환자의 관절운동 지식점수, 운동 자기효능감, 운동 이행도, 슬관절 기능점수, 슬관절

굴곡각도에 미치는 효과를 검증하기 위한 실험군 대조군 유사실험연구이다.

2. 슬관절치환술 환자를 위한 자가관리 모바일 앱 개발

이 연구는 ADDIE모형의 분석(Analysis), 설계(Design), 개발(Development), 실행(Implementation), 평가(Evaluation)의 5단계로 개발하였다.

1) 분석단계

(1) 전문가 델파이조사

슬관절치환술 환자의 자가관리 모바일 앱에 필수적으로 포함되어야 할 내용을 도출하기 위하여 전문가 패널로 정형외과 전문의 1인, 정형외과 경력 10년 이상의 수간호사 5인, 정형외과 경력 10년 이상의 운동치료사 3인, 간호학과 교수 1인 총 10인을 대상으로 총 3차에 걸친 델파이 조사를 실시하였다. 수술정보 항목 4개, 수술 전 준비 항목 1개, 입원 중 관리 항목 4개, 퇴원 후 관리 항목 8개로 총 17개의 항목으로 추출되어 슬관절치환술 환자 자가관리 모바일 앱 내용으로 선정하였다. 선정된 앱 내용 목록 중 수술 정보에는 연골손상 단계에 따른 치료법, 인공슬관절치환술의 정의, 인공치환술의 방법, 인공슬관절의 수명이 포함되었고 입원 전 정보에는 입원 전 준비사항 및 주의사항이 포함되었다. 입원 중 선정 내용은 입원 후 치료과정, 수술 후 운동관리, 수술 후 상처관리, 수술 후 통증관리를 포함하였다. 퇴원 후 내용에는 퇴원 후 재활운동, 퇴원 후 상처관리, 찢질법, 샤워 시 통 목욕 가능한 시기, 병원 방문이 필요한 증상, 피해야 하는 운동, 주의를 요하는 자세, 피해야 하는 상황이 포함되었다.

(2) 환자 면담

슬관절치환술 후 환자의 수술 전 · 후 경험한 어려움과 수

술 후 재활 운동 및 자가관리를 위한 요구 사항을 파악하기 위한 목적으로 S시 소재 관절척추전문병원에서 슬관절치환술 후 65세 이상 환자로 수술 · 퇴원 후 3개월 이내 외래추적 환자 3명을 대상으로 선정하였다. 환자 면담 연구에 최소 인원수는 5명에서 10명이지만[16], 데이터가 포화에 도달하여 환자의 요구도가 충분하게 파악되었다고 판단되어 3명에서 종결하였다. 비구조화된 개방형 질문으로 수술 전 가장 걱정되었던 점, 수술 전 · 후 알고 싶은 정보, 수술 후 재활 운동 실천여부 및 그 이유, 병원에 대한 요구사항을 비구조화된 개방형 질문으로 한 사람당 평균 30분 이상 면담 내용이 포화될 때까지 진행하였다. 주요 주제로는 '수술 전 · 후 불안', '수술 전 불안 경감 요인', '수술 전 교육 요구사항', '수술 후 재활운동 방해 요인', '선호하는 교육방법' 5가지로 Table 1과 같다.

2) 설계단계

앱 설계단계에서는 시스템 인터페이스, 데이터 인터페이

스, 사용자 인터페이스 단계로 하였다. 사용자가 앱을 다운로드한 후 회원가입을 하면 이름, 주민번호, 연락처가 회사 서버에 등록되고 환자는 스스로 재활운동 시간대를 설정하면 설정된 시간에 맞춰 운동 푸시 알림이 자동 전송된다. 앱 관리자는 웹(web)환경에서 환자 데이터베이스를 관리할 수 있으며 운동 수행여부를 평가하여 푸시 알람을 제공하도록 설계하였다. 이 앱은 재활운동 기능에 중점을 두었으며, 통증 관리, 상처 관리, 약물 복용, 식이 및 생활 습관 관리의 내용도 함께 포함하였으며, 필요시 상담자와 연결되어 자가관리를 효과적으로 수행할 수 있게 지원하였다.

3) 개발단계

개발단계에서는 분석단계와 설계단계에서 결정된 앱의 목적과 기능 정의서에 따라 슬관절치환술 환자에게 활용성을 높은 앱을 구현하였다(Figure 1). 설계단계에서 추출된 앱의 내용에 대하여 앱 개발 전문업체의 기술적인 지원을 받았다. 개발된 모바일 앱은 Bandura의 자기효

Table 1. Patient interview themes.

Theme	Sub-theme	Reflect on mobile app
Pre & Post operative anxiety	• Postoperative complications. • Severe pain during rehabilitation exercises.	• Provide a case for successful cases video tab
Preoperative anxiety reduction factors	• Surgical patient successful cases (close acquaintance, patient in the same room)	
Preoperative education requirements	• Training on how to exercise before surgery • The length of hospital stay • Hospital discharge time • Time to return to normal life	• Preoperative exercise management tab.
Postoperative Rehabilitation Exercise Barriers	• Missing rehabilitation exercise Time. • Severe pain. • Postoperative complications anxiety	• Set individual • Customized workout time zones. • Exercise push alarm.
Preferred Educational Methods	• One-on-one education. • Video education.	• Video exercise training tab.

능감 이론(self-efficacy theory)을 이론적 기반으로 하여, 환자의 운동 자기효능감 및 이행도 향상을 목적으로 네 가지 강화 전략을 반영하여 설계되었다. 첫째, 성공 경험(enactive attainment) 전략은 환자가 운동을 수행한 후 앱에 기록하면 해당 결과가 그래프 형태로 시각화되어 제공되도록 하여, 반복적인 성취 경험을 통해 자기효능감을 강화할 수 있도록 하였다. 둘째, 대리 경험(vicarious experience) 전략으로는, 수술 후 성공적으로 회복한 사례자의 경험을 담은 동영상 앱을 통해 제공함으로써, 유사한 상황에 처한 타인의 긍정적인 행동을 관찰하고 간접적으로 체험할 수 있도록 하였다. 셋째, 언어적 설득

(verbal persuasion) 전략은 수술 전 앱 기반 교육을 통해 환자의 불안과 두려움을 감소시키고, 수술 후에는 운동 수행 시간에 맞춘 푸시 알람 제공, 전화 상담 등을 통해 지속적인 동기를 부여할 수 있도록 개발하였다. 또한 연구자는 관리자용 웹을 통해 개별 환자의 운동 수행 여부를 실시간으로 확인하고 적시에 피드백을 제공할 수 있게 하였다. 넷째, 정서적 각성(emotional state) 전략은 환자가 퇴원 이후 불안이나 통증을 경험할 경우 앱 내 '상담 연결 기능'을 통해 전문가와의 실시간 상담이 가능하도록 하였다.

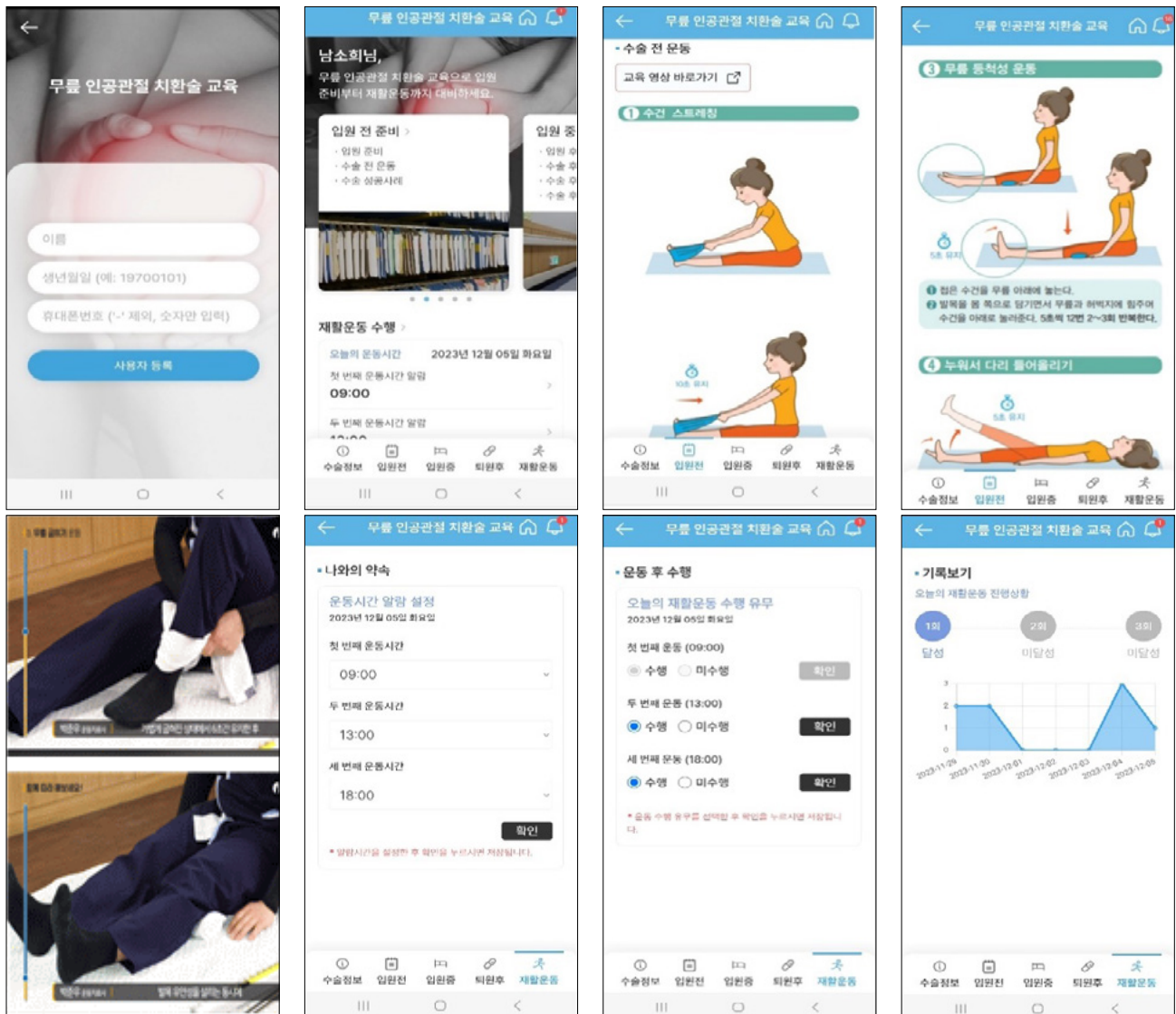


Figure 1. Examples of mobile app screen.

4) 실행단계

간호학과 교수 1인, 정형외과 전문의 1인, 관절전문병원 경력 10년 이상 수간호사 3인, 모바일 앱 개발자 1인으로 구성된 전문가 6인과 65세 이상의 슬관절치환술 환자 5인을 대상으로 개발된 모바일 앱(Version 1)의 내용 타당성과 사용자 적합성을 검토하고 수정 보완하기 위해 예비조사를 실시하였다. 예비조사는 2023년 11월 27일부터 29일까지 3일간 진행되었다. 연구자는 전문가와 대상자 전원에게 APK (Android Package Kit)파일을 대상자의 모바일에 SMS (Short Message Service)로 배포하였다. 예비조사 결과를 토대로 Version 1앱을 수정 보완 작업 진행 후 최종 Version 2로 확정하였다.

5) 평가단계

실행단계에서 수정·보완된 Version 2는 2023년 12월 4일부터 6일까지 3일간 평가되었으며, 사용성 및 품질 평가는 전문가 사용성 평가(Mobile Application Rating Scale, MARS)와 사용자 사용성 평가(User Mobile Application Rating Scale, u-MARS)로 실시하였다. 전문가 사용성 평가는 간호학과 교수, 정형외과 전문의, 수간호사, 앱 개발자 등 총 6인을 대상으로 MARS [17]를 활용하여 실시하였고, 총 23문항의 5점 리커트 척도로 평가한 결과 내적 신뢰도는 Cronbach's $\alpha=.74$

였다. 사용자 사용성 평가는 슬관절치환술을 받은 65세 이상 성인 5인을 대상으로 u-MARS 기반 한국어판 도구[18]를 사용하여 시행되었으며, 총 20문항의 5점 척도로 평가하였고, 내적 신뢰도는 Cronbach's $\alpha=.75$ 였다. MARS점수는 평균 3.75 ± 0.20 , u-MARS점수는 평균 3.50 ± 0.19 이었다(Table 2).

3. 슬관절치환술 환자를 위한 자가관리 앱 효과 평가

1) 연구대상자

이 연구의 대상자는 S시 소재 관절척추전문병원 1곳에서 슬관절치환술 예정 환자를 대상으로, 연구의 목적을 이해하고 연구 참여에 자발적으로 동의하여 서면 동의한 자로 구성되었다. 모든 대상자는 퇴행성 슬관절염으로 진단받고 일측 슬관절치환술을 받은 환자로, 수술 1-2일 전 입원하고 수술 후 약 7일간 입원 치료를 받고 퇴원하였다. 연구의 동질성 확보를 위해서 모든 대상자는 일측 슬관절 전치환술(Total Knee Arthroplasty, TKA)환자로 제한하였다. 양측 슬관절치환술의 경우 일측 슬관절치환술에 비해 수술시간과 입원기간이 길어 연구결과에 영향을 줄 수 있으므로 제외하였다[19]. 부분 슬관절치환술(Unicompartmental Knee Arthroplasty, UKA)환자는 수술범위가 작고 회복력에 차이가 있어 이 연구의 중재 효과를 정확하게

Table 2. Evaluation results of mobile app usability by experts and users during the development phase.

Category	Expert group MARS ¹⁾ (n=6)	User group u-MARS ²⁾ (n=5)
	Mean $\pm$ SD	
Engagement	4.00 $\pm$ 0.50	3.76 $\pm$ 0.32
Functionality	4.54 $\pm$ 0.47	4.20 $\pm$ 0.27
Aesthetics	3.67 $\pm$ 0.61	3.66 $\pm$ 0.33
Information	3.60 $\pm$ 0.62	3.75 $\pm$ 0.00
Subjective Quality Assessment	3.00 $\pm$ 0.50	3.00 $\pm$ 0.29
Total	3.75 $\pm$ 0.20	3.50 $\pm$ 0.19

1) MARS: Mobile Application Rating Scale

2) u-MARS: User Mobile Application Rating Scale

평가하기 위해 제외시켰다[20]. 이 연구의 중재 효과를 정확히 평가하기 위한 대상자의 구체적인 선정 및 제외기준은 다음과 같다.

선정기준은 만 65세 이상의 일측 슬관절전치환술 예정환자로, 의사소통 및 설문 응답이 원활하고 안드로이드 기반 스마트폰을 사용하며 연구 참여에 서면 동의한 자이다.

제외기준은 의사소통 불가능자, 슬관절부분치환술 및 양측 슬관절치환술 예정 환자, 수술 후 합병증 발생자, 과거 슬관절치환술 경험자, 그리고 안드로이드 기반 스마트폰 미사용자이다.

평가 단계를 위한 대상자의 선정은 편의 추출, 표본의 크기는 G*power 3.1 프로그램을 이용하였다. 슬관절치환술 환자를 대상으로 교육 프로그램을 적용한 연구 중 프로그램 적용 후 슬관절 관련 지식의 효과크기는 1.44이었고[7], 운동 자기효능감의 효과크기는 .72이었다[21]. 또한 슬관절 굴곡각도의 효과크기는 .8이었다[22]. 따라서 선행연구를 근거로 하여 효과크기(Effect size)는 large size .8을 적용하였다. 이에 두 그룹 대상으로 independent t-test를 기준으로 효과크기 .80, 유의 수준 .05, 검정력 .80을 적용하여 필요한 최소인원은 각 그룹당 26명으로 산출되었다. 중재연구에서 일반적으로 권장되는 탈락률 20%를 고려하여 각 군당 32명씩 총 64명을 선정하였다[23]. 대조군은 2023년 12월부터 2024년 1월까지, 실험군은 2024년 2월부터 3월까지 각각 모집하여 자료를 수집하여 실험 확산 효과를 방지하였다.

S시에 소재한 관절척추 전문병원의 외래에 연구대상자 모집 포스터를 게시하고 연구대상자를 66명 모집하였고, 연구자는 연구 참여를 원하는 대상자와의 개별 면담 후 선정 기준에 부합 여부를 확인 후 64명을 최종 선정하였다. 먼저 선정기준에 부합하는 32명의 대상자를 대조군으로 배치하고 대조군의 자료수집 종료시점 이후 연구 참여를 원하는 32명의 대상자를 실험군으로 배정하였다. 이와 같이, 대조군과 실험군의 모집 및 중재는 서로 다른 시기에 진행되었다. 연구 과정에서 대조군은 1명이 연락 두절로 인해 탈락하여 총 31명의 자료를 분석에 이용하였고, 실험군은 사후 탈락건수가 없어 32명의 자료를 최종 분석에 포함하

였다. 연구대상자가 65세 이상 노인의 문항 이해도와 시력 저하의 문제를 고려하여 연구보조원이 설문지를 구두로 읽어주고 대상자가 응답하여 그대로 기록하였다.

2) 연구도구

(1) 관절 운동지식(joint exercise knowledge)

슬관절치환술 환자를 대상으로 관절 운동지식 정도를 측정하기 위해 Kim과 Kang [7]이 전문가 타당도를 거쳐 개발한 도구를 사용하였다. 슬관절 운동지식 도구는 ‘운동 시기’ 1문항, ‘정기적인 운동의 장점’ 1문항, ‘통증발생 시 운동중단’ 1문항, ‘대퇴사두근 강화운동’ 2문항, ‘무릎 펴기 운동’ 2문항, ‘발목 운동’ 2문항, ‘운동 방법’ 1문항에 대한 총 10문항으로 구성되어 있다. 각 문항은 ‘그렇다’, ‘아니다’, ‘모르겠다’로 응답하게 되어 있으며, 옳게 응답한 문항에만 1점을 주고, 틀린 답이나 ‘모르겠다’로 응답한 문항은 0점으로 처리한다. 점수의 범위는 0-10점이며 점수가 높을수록 대상자의 관절 운동지식 수준이 높음을 의미한다. Kim과 Kang [7]의 연구에서 신뢰도는 KR-20=.78이었고 이 연구의 신뢰도는 KR-20=.94이었다.

(2) 운동 자기효능감(exercise self-efficacy)

Resnick과 Jenkins [24]이 개발한 운동 자기효능감 측정도구(Self-Efficacy for Exercise Scale, SEE)를 Choi 등[25]이 한국인에게 적용한 한국판 도구(Self-Efficacy for Exercise-Knee Scale, SEE-K)를 사용하였다. 이 도구는 운동 수행 시 마주하게 되는 장애물이 있을 때 운동을 지속할 수 있는 능력과 관련된 문항으로 총 9개 문항으로 구성되어 있다. 각 문항은 ‘전혀 자신이 없다’ 0점에서 ‘매우 자신 있다’ 10점까지 평가하여 총 점수 범위는 최저 0점에서 최고 90점으로 점수가 높을수록 자기효능감이 높은 것을 의미한다. Choi 등[25]의 연구에서 신뢰도는 Cronbach’s α =.92이었고 이 연구의 신뢰도 Cronbach’s α =.84이었다.

(3) 운동 이행도(exercise performance)

Kim [26]이 개발하고 Choi와 Lee [27]가 슬관절치환술 환자에게 맞게 수정 보완한 도구를 사용하였다. 발가락 운동, 발목 운동, 무릎 운동, 대퇴근육 운동, 다리 들어 올리기 운동 관련 문항으로 총 5개 문항으로 구성되어 있다. 각 문항은 1점 '전혀 하고 있지 않다' 2점 '안하는 편이다' 3점 '보통이다' 4점 '하는 편이다' 5점 '아주 잘하는 편이다'으로 평가하여 총 점수 범위는 최저 1점에서 최고 25점으로 점수가 높을수록 운동 이행도가 높은 것을 의미한다. Kim [26]의 연구에서 신뢰도 Cronbah's $\alpha=.72$ 이며 Choi와 Lee [27]의 연구에서는 Cronbah's $\alpha=.80$ 이었고 이 연구의 신뢰도는 Cronbah's $\alpha=.78$ 이었다.

(4) 슬관절 기능점수(Lysholm score)

Lysholm에 의해 개발된 슬관절 기능을 절뚝거림, 외부 지지, 계단 오르기, 쪼그려 앉기, 무릎 걸림 증상, 무릎관절 불안정성, 통증, 붓기 8개 항목에 관해 정량적으로 수치화하여 슬관절의 기능상태를 평가하는 Lysholm score을 도구를 사용하였다[28]. 각 문항은 일상생활 또는 운동 중에 느끼는 '절뚝거림' 5점, '외부 지지정도' 5점, '계단 오르기' 10점, '쪼그려 앉기' 5점, '무릎 걸림 증상' 15점, '무릎 불안정' 25점, '통증' 25점, '부종' 10점으로 배정된 8개 항목으로 총 점수범위가 최저 0점에서 최고 100점으로 점수가 높을수록 무릎기능 상태가 양호한 것을 의미한다. 총점 기준 무릎기능 상태는 95-100점은 '우수', 84-94점은 '양호', 65-83점은 '보통', 64점 이하는 '불량'으로 분류된다. 이 도구는 임상에서 보편화된 검사이며 슬관절 기능 관련 연구에서 널리 이용되고 있다. Lysholm과 Gillquist [28]의 연구에서 Cronbah's $\alpha=.68$, Khamis 등[29]의 연구에서 Cronbah's $\alpha=.90$ 이었고 이 연구의 신뢰도는 Cronbah's $\alpha=.78$ 이었다.

(5) 슬관절 굴곡각도(knee flexion angle)

대상자를 똑바로 누운 상태에서 두 다리를 모으고 뻗게

한 후에 발뒤꿈치를 바닥에 붙이게 한 상태에서 측정하며 관절 각도계의 축은 무릎 중앙과 나란히 놓고 환측의 무릎을 최대한 굴곡시켜 대퇴골과 경골이 이루는 각도를 관절 각도계를 이용하여 측정한 값으로 2회 반복 측정하여 평균값을 구한다[22]. 숫자가 클수록 슬관절 굴곡각도가 큰 것을 의미하고 슬관절 굴곡각도의 정상 범위는 최대 신전 0° 에서 최대 굴곡 135° 사이이다[30]. 슬관절 굴곡각도 측정의 신뢰도를 확보하기 위하여 모든 측정은 연구보조원인 간호사 1인이 측정하였다.

3) 자료수집

(1) 자료 수집 기간

이 연구는 S시에 위치한 관절·척추 전문병원 1곳에서 병원장의 승인을 받아 수행되었으며, 2023년 12월부터 2024년 4월까지 자료를 수집하였다.

(2) 연구보조원 훈련

연구자의 주관적 기대나 후광효과와 같은 인지적 편향의 영향을 최소화하기 위해 간호사 1인을 연구보조원으로 선정하였다. 연구자는 연구보조원에게 연구의 목적, 진행 절차, 설문지의 구성과 응답 방법에 대한 교육을 사전에 실시하였으며, 슬관절 굴곡각도 측정의 객관성을 확보하기 위해 물리치료를 통해 슬관절 굴곡각도 측정 방법에 대한 실습 및 훈련도 진행하였다.

(3) 사전 조사

연구 참여자에게 연구의 목적, 절차, 윤리적 고려사항에 대해 설명한 후 서면 동의를 받았다. 사전 조사는 수술일 예약 시점의 입원 전 외래 상담실에서 진행되었으며, 실험군 및 대조군 모두에게 일반적 특성, 질병 관련 특성, 관절 운동 지식, 운동 자기효능감, 운동 이행도, 슬관절 기능점수 등에 대한 설문조사와 슬관절 굴곡각도 측정을

시행하였다. 모든 조사는 연구보조원이 실시하였으며, 설문조사에는 약 15-20분, 각도 측정에는 약 5분이 소요되었다.

(4) 사후 조사

슬관절치환술 환자의 문헌분석 결과에서 운동 적용기간이 평균 5-6주인 것을 근거로[31] 실험군과 대조군은 앱 적용 후 6주가 경과한 시점의 외래 방문일에 상담실에서 개별적으로 사후 조사를 실시하였다. 사후 조사도 사전 조사와 동일한 연구보조원 1인이 설문지를 구두로 읽어주고 대상자가 응답하여 그대로 기록하였으며, 사전 조사와 동일한 설문지와 슬관절 굴곡각도 측정을 시행하였다.

4) 중재 적용

실험군에게 6주간 자가관리 모바일 앱 기반 중재를 제공하였다. 앱 사용과 자가관리에 대한 이해를 높이기 위해 입원 전·입원일·퇴원일에 각 30분씩 총 3회 개발된 모바일 앱 사용 교육을 제공하였다. 이후 퇴원 후 6주간은 앱을 통해 운동 동영상 제공, 운동 수행 기록, 알림 기능, 전화상담을 통해 자가관리를 지속적으로 지원하였다. 대조군은 의료기관에서 통상적으로 제공하는 구두설명과 교육 인쇄물을 활용한 교육을 받았다.

5) 자료분석

이 연구에서 수집 자료는 SPSS 28.0 프로그램을 사용하여 다음과 같이 분석하였다.

- (1) 대상자의 일반적 특성은 빈도와 백분율, 평균과 표준편차로 분석하였다.
- (2) 실험군과 대조군의 사전 동질성 검정은 χ^2 -test와 independent t-test로 분석하였다.
- (3) 종속변수의 정규성 검정은 Shapiro-Wilk로 분석하였으며 왜도와 첨도를 확인하였다.

- (4) 각군별 모바일 앱 사용 전·후 관절 운동지식, 운동 자기효능감, 운동 이행도, 슬관절 기능점수, 슬관절 굴곡각도는 paired t-test로 분석하였다.

- (5) 실험군과 대조군의 사후 관절 운동지식, 운동 자기효능감, 운동 이행도, 슬관절 기능점수, 슬관절 굴곡각도 차이는 independent t-test로 분석하였다.

6) 윤리적 고려

이 연구는 국립강릉원주대학교 생명윤리위원회의 심의를 거쳐 승인(GWNUIRB-2023-24 IRB)을 받은 후 시행하였다. 연구자는 연구 수행에 앞서 소속기관의 '생명윤리 및 안전에 관한 법률' 관련 교육을 이수하였으며 연구대상자 모집은 S시 소재 관절·척추 전문병원의 외래 대기공간에 연구 안내문을 게시한 후, 자발적으로 참여를 희망한 자를 대상으로 하였다. 연구자는 연구 목적, 방법, 개인정보 보호, 참여와 철회의 자율성 등에 대해 구두 및 서면으로 설명한 후, 대상자로부터 자필 서명이 포함된 연구 참여 동의서를 받았다. 또한, 대상자는 연구 참여 중 언제든지 중단할 수 있으며, 중단 시 불이익이 없음을 사전에 고지하였다. 연구자는 전체 연구 과정(대상자 선별, 동의 절차, 중재 제공, 자료 수집 등)을 총괄하였으며, 훈련된 간호학 전공 대학원생 1인을 보조 연구자로 참여시켜, 자료 수집과 설문 응답 과정에서 실험군과 대조군의 동일한 조건을 유지하도록 하였다. 윤리적 고려 차원에서, 실험 종료 후에는 실험군에게 제공된 슬관절치환술 자가관리 모바일 앱을 대조군에게도 제공하였고, 사전 및 사후 조사에 응한 모든 대상자에게 각각 2만원 상당의 문화상품권을 지급하였다.

III. 연구결과

1. 실험군 대조군 동질성 검정

실험군과 대조군의 관절 운동지식, 운동 자기효능감, 운

동 이행도, 슬관절 기능점수, 슬관절 굴곡각도의 정규성은 Shapiro - Wilk test로 검정하였다. 실험군과 대조군의 일반적 특성과 종속변수에 대한 동질성 검정 결과, 두 집단간의 유의한 차이가 없어 동질성이 확인되었다(Table 3).

Table 3. Homogeneity of general characteristics and dependent variables between experimental and control groups.

Variables	Categories	Experimental group (n=32)	Control group (n=31)	χ^2 or t	p
Age (yrs)	65-75	24 (75.0)	23 (74.2)	0.00	.999
	75≤-84	8 (25.0)	8 (25.8)		
	Mean ± SD	69.0	70.4		
Gender	Man	10 (31.3)	7 (22.6)	0.60	.572
	Woman	22 (68.7)	24 (77.4)		
BMI	Underweight	4 (12.5)	6 (19.4)	1.59	.661
	Normal	14 (43.8)	11 (35.4)		
	Overweight	10 (31.2)	12 (38.7)		
	Obesity	4 (12.5)	2 (6.5)		
Marital status	Marriage	30 (93.8)	30 (96.8)	0.31	.999
	Bereavement	2 (6.2)	1 (3.2)		
	Single	0 (0)	0 (0)		
Education level	Unschool	1 (3.1)	3 (9.7)	2.62	.622
	Elementary school	4 (12.5)	6 (19.4)		
	Middle school	11 (34.4)	9 (29.0)		
	High school	13 (40.6)	12 (38.7)		
	≥University	3 (9.4)	1 (3.2)		
Religion	Yes	17 (53.1)	16 (51.6)	0.14	.999
	No	15 (46.9)	15 (48.4)		
Underlying disease	Yes	27 (84.4)	28 (90.3)	0.50	.708
	No	5 (15.6)	3 (9.7)		
Alcohol	Yes	7 (21.9)	4 (12.9)	0.87	.509
	No	25 (78.1)	27 (87.1)		
Smoking	Yes	1 (3.1)	2 (6.5)	1.05	.742
	No	31 (96.9)	29 (93.5)		
Housemate	Spouse	27 (84.4)	25 (80.6)	0.24	.886
	Children	2 (6.2)	2 (6.5)		
	Alone	3 (9.4)	4 (12.9)		
Care provider	Spouse	17 (53.1)	15 (48.4)	0.17	.979
	Children	5 (15.6)	5 (16.1)		
	Caregiver	7 (21.9)	8 (25.8)		
	None	3 (9.4)	3 (9.7)		
Joint exercise knowledge		42.18±14.96	36.45±14.50	-1.54	.128
Exercise self-efficacy		30.96±12.43	28.41±11.88	-0.83	.409
Exercise performance		14.21±4.81	13.05±4.56	-0.97	.333
Lysholm score		64.43±9.68	64.61±11.07	0.06	.947
Knee flexion angle (°)		124.53±9.01	125.16±9.24	0.27	.785

BMI=Body Mass Index

2. 슬관절치환술 환자의 자가관리 모바일 앱 적용 효과 검증

1) 종속변수의 정규분포

모바일 앱 사용에 따른 실험군과 대조군의 관절 운동지식, 운동 자기효능감, 운동 이행도, 슬관절 기능점수, 슬관절 굴곡각도의 정규성은 Shapiro-Wilk test와 왜도와 첨도 검정을 통해 모두 정규성을 충족되었다($p>.05$).

2) 실험군과 대조군의 주요 변수별 사전-사후 변화 및 집단 간 비교

(1) 관절 운동지식

관절 운동지식은 실험군과 대조군 모두 사전-사후 측정에서 관절 운동지식 점수가 유의하게 증가하였다($p<.001$) (Table 4). 그러나 사후 점수의 집단 간 차이는 통계적으로 유의하지 않았다($t=-1.70$, $p=.094$) (Table 5).

(2) 운동 자기효능감

운동 자기효능감은 실험군과 대조군 모두에서 사전-사후 유의한 향상을 보였으며($p<.001$) (Table 4), 사후 점수에

서는 실험군이 대조군보다 통계적으로 유의하게 높은 수준을 나타냈다($t=-2.20$, $p=.031$) (Table 5).

(3) 운동 이행도

운동 이행도 또한 두 집단 모두에서 사전-사후 유의하게 증가하였고($p<.001$) (Table 4), 사후 측정에서 실험군은 대조군보다 유의하게 높은 점수를 보였다($t=-3.60$, $p=.001$) (Table 5).

(4) 슬관절 기능점수

슬관절 기능점수는 실험군과 대조군 모두 사전-사후 유의하게 향상되었지만($p<.001$) (Table 4), 사후 점수에서 집단 간 유의한 차이는 없었다($t=-1.63$, $p=.106$) (Table 5).

(5) 슬관절 굴곡각도

슬관절 굴곡각도는 실험군과 대조군 모두 사전-사후 유의하게 증가하였고($p<.001$) (Table 4), 사후 점수에서 양 집단 간 유의한 차이는 나타나지 않았다($t=0.14$, $p=.887$) (Table 5).

Table 4. Pre-post comparison of the dependent variable.

Variable	Group	Pre-test	Post-test	Difference	t	p
		Mean $\pm$ SD				
Joint exercise knowledge	Experimental ¹⁾	42.18 $\pm$ 14.96	49.68 $\pm$ 14.25	7.50 $\pm$ 6.72	-6.31	< .001
	Control ²⁾	36.45 $\pm$ 14.50	43.87 $\pm$ 12.82	7.41 $\pm$ 6.30	-6.54	< .001
Exercise self-efficacy	Experimental ¹⁾	30.96 $\pm$ 12.43	42.59 $\pm$ 9.38	11.62 $\pm$ 7.60	-8.64	< .001
	Control ²⁾	28.41 $\pm$ 11.88	37.48 $\pm$ 8.65	9.16 $\pm$ 8.40	-6.06	< .001
Exercise performance	Experimental ¹⁾	14.21 $\pm$ 4.81	20.84 $\pm$ 2.55	6.62 $\pm$ 3.90	-9.58	< .001
	Control ²⁾	13.06 $\pm$ 4.56	18.29 $\pm$ 3.05	5.22 $\pm$ 2.49	-11.64	< .001
Lysholm score	Experimental ¹⁾	64.43 $\pm$ 9.68	80.09 $\pm$ 7.84	15.65 $\pm$ 6.93	-12.76	< .001
	Control ²⁾	64.61 $\pm$ 11.07	76.64 $\pm$ 8.84	12.03 $\pm$ 10.60	-6.31	< .001
Knee flexion angle(°)	Experimental ¹⁾	124.53 $\pm$ 9.01	134.28 $\pm$ 1.73	9.75 $\pm$ 9.09	-6.07	< .001
	Control ²⁾	125.16 $\pm$ 9.24	134.35 $\pm$ 2.33	9.19 $\pm$ 9.19	-5.57	< .001

¹⁾ n=32 ²⁾ n=31

Table 5. Comparison of the dependent variable between experimental and control groups, post-intervention.

Variable	Post-Experimental group (n=32)	Post-Control group (n=31)	t	p
	Mean ± SD			
Joint exercise knowledge	49.68 ± 14.25	43.87 ± 12.82	-1.70	.094
Exercise self-efficacy	42.59±9.38	37.48±8.65	-2.20	.031
Exercise performance	20.84±2.55	18.29±3.05	-3.60	.001
Lysholm score	80.09±7.84	76.64±8.84	-1.63	.106
Knee flexion angle(°)	134.28±1.73	134.35±2.33	0.14	.887

IV. 고찰

이 연구에서 개발된 모바일 앱 기반 자가관리 중재는 운동 자기효능감과 운동 이행도에서 유의한 향상 효과를 보였으나, 관절 운동지식, 슬관절 기능점수, 그리고 굴곡각도에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 자기효능감 강화 전략(성취경험, 대리경험, 언어적설득, 정서적 각성)을 포함한 이 연구의 앱 중재가 운동 자기효능감과 운동 이행도 향상에 효과적이었다는 점에서 기존 연구[32,33]에서 앱 기반 자가관리 프로그램의 효과와 유사하였다.

한편, 운동교육의 경우 감독자가 없는 경우 운동프로그램 효과가 상대적으로 낮았던[34] 기존 연구와 달리 이 연구에서는 비대면 앱 중재임에도 불구하고 운동 이행도의 향상이 확인되었다. 이는 모바일 앱을 통한 반복적인 자기 점검, 푸시 알람, 그리고 피드백 기능이 대상자의 지속적인 운동 실천을 유도한 결과로 해석된다[35]. 선행연구에서는 동영상 교육을 통해 관절운동지식과 운동이행도 모두에서 유의한 향상을 보였으나[7], 이 연구에서는 6주간의 모바일 앱 교육 후 운동이행도는 향상되었지만 운동지식에서는 유의한 변화가 나타나지 않았다. 이는 연구 대상자의 연령 특성상 시간이 경과하면서 교육 내용에 대한 기억이 감소했을 가능성이 높고, 이로 인해 지식 점수에는 유의한 향상이 나타나지 않은 것으로 해석된다. 따라서 향후연구에서는 반복 측정을 통해 운동지식 효과를 정밀하게 평가할 필요가 있다.

이 연구에서는 슬관절 기능점수에서 유의한 향상을 보이지 않았으며 이러한 결과는 슬관절 수술 1년 후 스마트폰 기반 교육과 전통 대면 물리치료 운동 교육 적용 간에 실험군과 대조군 간 슬관절 기능점수와 운동 자기효능감에서 유의한 차이가 없었던 것과 일치한다[36]. 슬관절 가동 범위에서도 두 군간의 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 선행연구[37]에서 IT 기반 교육을 중재 후에 통증 감소와 관절 가동 범위의 향상이 보고되어 이 연구와 차이가 있다. 선행연구에서는 수술 전부터 3주 동안 하루 2회 주 5일의 매회 30분씩 진행하는 집중 운동 프로그램을 적용한 반면 이 연구의 중재는 사후 상대적으로 낮은 강도와 빈도의 중재가 이루어졌기 때문에 해석된다.

Nishi 등[38]의 체계적 고찰에 따르면 점수, 도전 과제, 리워드와 같은 게이미피케이션 요소가 포함된 디지털 헬스 앱은 사용자 참여와 행동 변화 지속성을 유의하게 향상시켰으며, 단순한 정보 전달 중심의 앱보다 운동 이행도와 자기효능감 향상에 더 효과적이었다고 보고하였다. 그러나 이 연구에서 활용된 모바일 앱은 주로 정보 전달 중심의 일방향적 구조였기 때문에 앱에 퀴즈, 게임과 같은 흥미 요소를 포함하고, 실시간 피드백 제공, 개인 맞춤형 목표 설정 및 달성 여부 확인 기능이 포함된다면 학습 효과와 운동 이행도 향상에 더욱 효과적일 수 있다[39]. 실제로 대면 교육에서는 전문가와의 직접적인 상호작용, 격려, 동료 간의 소통 등이 자연스럽게 이루어지지만, 모바일 앱에서는 이러한 요소들이 상대적으로 부족하여 학습 지속성과 동기부여 측면에서 한계가 발생할 수 있다[40]. 이 연구에서 자기효

능감과 운동 이행도 간의 긍정적 관계가 확인됨에 따라 모바일 앱 교육이 운동 자기효능감과 운동 이행도 향상 측면에서 대면 교육을 보완할 수 있는 자가관리 전략으로 활용될 가능성을 나타낸다. 다만 관절 운동지식, 슬관절 기능, 굴곡각도에서는 유의한 효과가 확인되지 않아, 포괄적인 자가관리 교육 매체로서의 효과는 제한적으로 해석할 필요가 있다.

V. 결론

이 연구에서 슬관절치환술 환자를 대상으로 자가관리 모바일 앱을 적용한 결과, 관절 운동지식, 슬관절기능, 슬관절 굴곡각도에서는 유의한 차이가 없었으나, 운동 자기효능감과 운동 이행도에서는 유의한 향상 효과가 확인되었다. 따라서 이 모바일 앱은 환자의 운동 자기효능감 및 이행도 증진에 효과적인 중재 매체로 활용될 수 있음 나타낸다.

VI. 참고문헌

1. Statistics Korea. Population projections for Korea: 2022-2072 [Internet]. Daejeon: Statistics Korea; 2025 [cited 2025 Jun 24]. Available from: <https://kosis.kr/visual/populationKorea/PopulationDashboardMain.do>
2. Ha W, Park K, Kim T, Lee K, Lee Y, Chung W. Association between arthritis and socio-demographic factors in Korean elderlies: analysis using the National Survey of Korean Elderly (2014, 2017) dataset. *Journal of Health Policy and Management*. 2019;29(4):469-81.
3. Loeser RF. Age-related changes in the musculoskeletal system and the development of osteoarthritis. *Clinics in Geriatric Medicine*. 2010;26(3):371-86.
4. Chen J, Zhu X, Jiang J, Qi Y, Shi Y. Needs of Chinese patients undergoing home-based rehabilitation after hip replacement: a qualitative study. *PLoS ONE*. 2019;14(7):e0220304.
5. Shan L, Shan B, Suzuki A, Nouh F, Saxena A. Intermediate and long-term quality of life after total knee replacement: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2015;97(2):156-68.
6. Yun JY. The effect of Thera Band exercise program following total knee replacement [master's thesis]. Yongin: Dankook University; 2013.
7. Kim Y, Kang H. The effect of early exercise education using video on exercise knowledge and performance in elderly patients after total knee arthroplasty. *Journal of Korean Academy of Nursing Education*. 2016;22(4):525-33.
8. Wang D, Li X, Zhou C, Li Y, Zeng J. Effectiveness of preoperative exercise intervention on rehabilitation after total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *Annals of Palliative Medicine*. 2021;10(10):10986-96.
9. Tobinaga T, Obayashi S, Miyazaki C, Yazawa M, Saito T, Hashimoto K, et al. Effect of self-efficacy for physical activity on quality of life in patients after total knee arthroplasty. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2021;34(5):829-35.
10. Park KH, Kang HY. Effects of an exercise program based on self-efficacy theory for patients with total knee arthroplasty. *Journal of Korean Academy of Nursing*. 2024;54(4):547-62.
11. Norkin CC, White DJ. Measurement of joint motion: a guide to goniometry. 5th ed. Philadelphia: F.A. Davis Company; 2016.
12. Bandura A. Social foundations of thought and action: a social cognitive theory. Englewood Cliffs (NJ): Prentice Hall; 1986.
13. Kim TW, Kim SH. Effects of patient education for total knee arthroplasty: a systematic review

- and meta-analysis. *Journal of Clinical Nursing*. 2023;32(11-12):2383-98.
14. Stauber A, Schüßler N, Palmdorf S, Schürholz N, Bruns D, Osterbrink J, et al. Mobile app RECOVER-E for patients after total knee or hip arthroplasty: study protocol. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2020;21:71.
 15. Aydin A, Karakaya MG, Ozdemir H, Gok Metin Z. Application of the ADDIE model in the development of a mobile app for self-management in breast cancer patients. *Scientific Reports*. 2023;13:7502.
 16. Guest G, Bunce A, Johnson L. How many interviews are enough? an experiment with data saturation and variability. *Field Methods*. 2006;18(1):59-82.
 17. Stoyanov SR, Hides L, Kavanagh DJ, Zelenko O, Tjondronegoro D, Mani M. Mobile App Rating Scale: a new tool for assessing the quality of health mobile apps. *JMIR mHealth and uHealth*. 2015;3(1):e27.
 18. Lee JY. Development and evaluation of a mobile app for hyperlipidemia management based on the transtheoretical model [dissertation]. Seoul: Seoul National University; 2017.
 19. Maman D, Dumov D, Nandakumar M, et al. Comparative outcomes of bilateral versus unilateral total knee arthroplasty: a big data analysis. *Healthcare (Basel)*. 2025;13(9):1033.
 20. Maman D, Mahamid A, Yonai Y, Berkovich Y. Comparing complication rates, costs, and length of stay between unicompartmental and total knee arthroplasty: insights from a big data analysis. *Journal of Clinical Medicine*. 2024;13(13):3888.
 21. Park KH. The effect of a pre- and post-operative exercise program for patients with artificial knee replacement surgery based on self-efficacy theory [dissertation]. Gwangju: Chosun University; 2023.
 22. Shin YS, Lee YH. Effects of early exercise education program on pain, joint range of motion, and satisfaction in patients after total knee arthroplasty. *Journal of Clinical Nursing Research*. 2018;24(3):283-92.
 23. Polit DF, Beck CT. *Nursing research: generating and assessing evidence for nursing practice*. 10th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2017.
 24. Resnick B, Jenkins LS. Testing the reliability and validity of the Self-Efficacy for Exercise scale. *Nursing Research*. 2000;49(3):154-9.
 25. Choi M, Ahn S, Jung D. Psychometric properties of the Korean version of the Self-Efficacy for Exercise scale. *Geriatric Nursing*. 2015;36(4):301-5.
 26. Kim SH. Study on joint exercise performance in physically impaired patients [master's thesis]. Seoul: Ewha Womans University; 1987.
 27. Choi SO, Lee HJ. Effects of self-care knowledge and practice education in patients with joint arthroplasty. *Journal of Nursing Science*. 2002;14(2):57-70.
 28. Lysholm J, Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *The American Journal of Sports Medicine*. 1982;10(3):150-4.
 29. Khamis M, Ahmed HG, Said EKA, Ramadan MA, El-Assal MA. Arabic translation and validation of the Lysholm, OKS, and IKDC knee scores. *SI-COT-J*. 2019;5:6.
 30. Hancock GE, Hepworth T, Wembridge K. Accuracy and reliability of goniometric measurements of knee flexion. *Journal of Experimental Orthopaedics*. 2018;5:46.
 31. Jun JY. Analysis of reported studies on rehabilitation therapy for patients with total knee

- arthroplasty. *Korean Journal of Adult Nursing*. 2012;24(3):253-65.
32. Kim MY. Development and effect of self-management mobile application for workers with thyroid cancer surgery [dissertation]. Seoul: Hanyang University; 2022.
33. Maeng S, Yu J. Development and effects of an app-based self-management program for exercise practice in breast cancer survivors: a non-randomized controlled trial. *Journal of Korean Academy of Nursing*. 2024;54(2):250-65.
34. Lim HJ, Song JY, Cho HY, Kim EJ. Effectiveness of exercise programs for improving fitness promotion in middle-aged adults: a systematic review and meta-analysis. *Korea Journal of Sport Science*. 2024;35(3):509-24.
35. Virtanen M, Kerimaa H, Männikkö N, Männistö M, Paalimäki-Paakki K, Lahtinen M, et al. Digital components and interaction types in counseling interventions for childhood and adolescent obesity: A systematic review. *International Journal of Nursing Sciences*. 2025;12:123-9.
36. Alexander JS, Redfern RE, Duwelius PJ, Berend KR, Lombardi AV Jr, Crawford DA. Use of a smartphone-based care platform after primary partial and total knee arthroplasty: 1-year follow-up of a prospective randomized controlled trial. *The Journal of Arthroplasty*. 2023;38:S208-14.
37. An J, Ryu HK, Lyu SJ, Yi HJ, Lee BH. Effects of Preoperative Telerehabilitation on Muscle Strength, Range of Motion, and Functional Outcomes in Candidates for Total Knee Arthroplasty: A Single-Blind Randomized Controlled Trial. *The International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021 Jun 4;18(11):6071.
38. Nishi SK, Kavanagh ME, Ang A, Ayub-Charette S, Modol S, Dias GM, et al. Effect of digital health applications with and without gamification on physical activity and cardiometabolic risk factors: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *EClinicalMedicine*. 2024;72:102798.
39. Park JM, Noh GY. The Effects of Interactivity on User Experience and Intention to use in Mobile Fitness App Game. *Journal of Korea Game Society*. 2015 Dec;15(6):17-28.
40. Lee SH A Comparison of learning engagement, interaction, and achievement in face-to-face and online learning, and exploration of teaching strategies for online education. *Korean Association for Learner-Centered Curriculum and Instruction*. 2025;25(13):477-89.

환자안전을 위한 구조화: 중환자실 간호기록의 SNOMED CT 기반 표준용어 매핑

김영은¹, 최지혜¹, 지의규², 김영곤^{3,4,5}, 이지산^{1,6}

¹강원대학교 원주캠퍼스 간호학과 WITH LAB, ²서울대학교 의과대학 방사선종양학교실, ³서울대학교병원 융합의학과, ⁴서울대학교 의과대학 의학과, ⁵서울대학교병원 헬스케어 AI 연구원, ⁶UT 사우스웨스턴 메디컬센터 임상정보학센터

Structuring for Patient Safety: SNOMED CT-based Standardized Terminology Mapping of ICU Nursing Records

Youngeun Kim¹, Ji Hye Choi², Eui Kyu Chie³, Young-Gon Kim^{4,5,6}, Jisan Lee^{7,8}

¹MSN, RN, Department of Nursing, WITH LAB, Kangwon National University, Wonju, ²Master's Student, Department of Nursing, WITH LAB, Kangwon National University, Wonju, ³Professor, Department of Radiation Oncology, Seoul National University College of Medicine, ⁴Associate Professor, Department of Transdisciplinary Medicine, Seoul National University Hospital, Seoul, ⁵Adjunct Assistant Professor, Department of Medicine, Seoul National University College of Medicine, Seoul, ⁶Associate Professor, Healthcare AI Research Institute, Seoul National University Hospital, Seoul, ⁷Associate Professor, Department of Nursing, WITH LAB, Kangwon National University, Wonju, Republic of Korea. ⁸POI RESEARCH, Clinical Informatics Center, UT Southwestern Medical Center, Dallas, TX, USA

Purpose: This study aimed to identify patient safety concepts from nursing records in intensive care units (ICUs) and to explore their semantic structure through mapping to Systematized Nomenclature of Medicine Clinical Terms (SNOMED CT).

Methods: Nursing records from ICUs in five hospitals were reviewed to extract patient safety concepts and related nursing terms. The extracted terms were mapped to SNOMED CT (January 2025 international release), and mapping types and top-level hierarchies were analyzed to identify the structural characteristics of patient safety concepts within the nursing records.

Results: From a total of 19,511 nursing terms, five patient safety concepts—pressure injury, falls, medication, infection, and respiration—were derived, and 1,096 nursing terms were mapped. Respiration (368, 33.6%) and infection (283, 25.8%) accounted for the largest proportions, reflecting the frequent interventions related to mechanical ventilation and invasive devices in ICUs. Most of the mapped terms belonged to the Procedure hierarchy (868, 79.2%), indicating that ICU nursing records are primarily focused on assessments and interventions performed by healthcare providers. Clinical findings (175, 16.0%) were relatively fewer but played an important role in safety monitoring by documenting patient status changes and negative observations such as “no apnea” or “no adverse drug reaction.” Broad matches were the most frequent mapping type, with 579 cases (52.7%), indicating that nursing records reflect the detailed and context-specific expressions used in actual clinical practice. Only 20 terms (1.9%) were classified as No matches, mainly in the infection and respiration domains.

Conclusion: The findings of this study demonstrate that by deriving patient safety concepts from ICU nursing records and standardizing the corresponding nursing terms with SNOMED CT, nursing records can serve as a key resource for establishing patient safety management systems.

Keywords: Systematized nomenclature of medicine, Nursing records, Patient safety, Intensive care units

Received: Sep.30.2025 **Revised:** Feb.03.2026 **Accepted:** Feb.04.2026

Correspondence: Jisan Lee

WITH LAB, Department of Nursing, Kangwon National University, 150 Namwon-ro, Heungeop-myeon, Wonju, Gangwon-do 26403, Republic of Korea

Tel: +82-33-760-8646 **E-mail:** saan2mari@gmail.com

Funding: This research was supported by a grant of the Korea Health Technology R&D Project through the Korea Health Industry Development Institute (KHIDI), funded by the Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea (grant number: RS-2021-KH114109). **Conflict of Interest:** None

Quality Improvement in Health Care vol.32 no.1

© The Author 2026. Published by Korean Society for Quality in Health Care; all rights reserved

I. 서론

환자안전은 의료 제공 과정에서 발생 가능한 오류를 예방 및 최소화하는 것으로, 의료의 질을 좌우하는 핵심 원칙이다[1]. 전 세계적으로 입원 환자 10명 중 1명이 치료 중 위해를 경험하며, 이 중 약 50%는 예방 가능한 것으로 보고된다[2]. 국내에서도 2024년 환자안전사고 보고는 22,118건으로 전년(20,273건) 대비 9.1% 증가하였다. 또한, 중환자실에서는 총 484건이 보고되었고, 약물 166건, 검사 63건, 감염 21건, 낙상 18건 순으로 나타났다[3].

중환자실은 고위험 약물·의료기기 사용, 침습적 처치, 잦은 응급상황 등으로 복잡성과 변동성이 가장 높은 환경이다[4]. 높은 환자 밀도와 인력 부담, 피로 누적 등은 오류 가능성을 높이며, 실제로 투약 오류, 장비 문제, 환자 확인 누락, 침습 라인 관련 감염, 비계획적 탈관 등 사건이 보고되고, 이는 재원 연장·추가 처치·중증 합병증/사망으로 이어질 수 있다[5,6]. 이러한 맥락에서 간호사의 신속한 평가와 대응은 중환자실 환자안전의 핵심 요인이다[7].

이때 간호기록은 환자 상태, 시행된 간호, 그에 대한 반응을 시간순으로 남기는 1차 근거이자, 환자안전과 근거 기반 간호실무의 필수 요소이며 팀 간 의사소통을 지지한다[8,9]. 그러나 간호기록의 대부분이 진술문 형태의 비정형 서술로 축적되어 기관 간 비교·공유·분석이 어렵다[10].

세계보건기구(World Health Organization, WHO)는 환자안전을 개인의 과오가 아니라 시스템과 과정의 실패로 이해하며, 안전 프로세스, 팀 기반 의사소통, 사건보고와 학습 등으로 구성된 시스템 접근을 권고한다[2]. 이 접근이 작동하려면 안전활동 전 과정을 관통하는 일관된 데이터 언어와 의미적 상호운용성이 전제되어야 한다. SNOMED CT (Systematized Nomenclature of Medicine Clinical Terms)는 임상 개념을 폭넓게 포괄하는 국제 표준용어 체계로, 임상 요소를 개념 단위로 구조화 하여 기관과 시스템 간 동일 의미로 연결할 수 있게 한다[11,12]. 따라서 간호기록을 SNOMED CT로 표준화하여 구조화하면 사정-판단-중재-결과의 임상 흐름을 개념적으로 기술하고, 환자안전관리를 기관별로 비교하여 표준화된 지침 마련과 그

에 따른 병원별 일관된 간호를 제공할 수 있다.

기존 연구는 SNOMED CT를 이용해서 간호기록 표준화의 가능성을 확인하거나[13] 낙상·욕창·약물 등 개별 안전 프로그램 개발에 각기 초점을 두는 경향이 있었다[14-16]. 하지만 간호기록에 내재된 환자안전 개념을 포괄적이고 통합적으로 분석한 연구는 부족하다. 특히 중환자실이라는 특수 상황에서 작성된 간호기록을 활용한 시도는 드물다. 따라서 다기관 중환자실 간호기록을 기반으로 환자안전 개념을 도출하고 구조화 하여 의미를 심층적으로 탐색하는 연구는 필요하다.

이에 이 연구의 목적은 중환자실 간호기록의 환자안전 관련 개념을 표준화하고, 그 구조적 의미를 탐색하는 것을 목적으로 한다. 이를 통해 임상 현장에서 간호기록이 단순한 수행의 기록을 넘어 환자안전 관리 체계 구축을 위한 핵심 자원으로 활용될 수 있음을 제시하고자 한다.

II. 연구방법

1. 환자안전 개념 도출

K-MIMIC (Korean Multi-Institutional Multi-modal Intensive Care)은 미국에서 중환자실 입원 환자의 건강 관련 데이터를 비식별화하여 공개한 대규모 데이터베이스인 MIMIC (Medical Information Mart for Intensive Care)를 벤치마킹해 구축된, 한국형 중환자 진료 특화 의료 빅데이터셋이다. K-MIMIC은 24개 병원의 중환자실 간호기록을 포함하는 데이터셋 구축을 목표로 한다. 이 연구 수행 시점에는 17개 병원 120개 중환자실에서 수집된 간호기록이 확보되어 있었으며 대부분 진술문 형태의 비정형 데이터이다.

이 연구는 K-MIMIC 간호기록에서 환자안전 관련 핵심 개념을 도출하기 위해 다음 기준을 적용하였다.

첫째, 환자안전보고학습시스템의 2016-2024년 통계에 따른 16개 상위 사고 유형(검사, 마취, 분만, 수술, 약물, 감염, 낙상, 화상, 식사 및 영양, 의료장비, 탈원, 행정 등)을 1차 분석 후보군으로 설정하였다[3].

둘째, 중환자실 간호기록 분석의 타당성을 위해 다음 항목을 배제하였다.

- 1) 간호사의 직접 중재보다 의사처방이나 행정 절차가 주가 되는 영역 (검사, 수술, 마취, 행정 등)
- 2) 중환자실 환경에서 발생 가능성이 낮거나 환자안전보고 빈도가 전체 1%이하로 낮은 영역 (탈원, 분만, 화상 등)
- 3) 사고 정의가 상대적으로 모호하여 간호기록만으로 유형 식별이 어려운 영역 (식사, 영양 등)

셋째, 남은 항목 중 환자안전보고학습시스템의 사고 빈도와 선행연구 [17-20]를 통해 확인된 중환자실 내 안전관련 중요도를 종합적으로 고려하여 분석 대상을 확정하였다. 구체적으로는 전체 환자안전사고의 대다수를 차지하는 고빈도 유형을 우선 포함하였다. 또한, 상대적으로 빈도는 낮더라도 중환자실에서 반복적으로 중요하게 다뤄진 주제[17]와 중환자실에서 환자의 사망률 및 예후에 치명적인 영향을 미치는 고위험 유형[18-20]을 분석 대상으로 포함하였다.

이후, 5개의 환자안전 개념을 최종 확정하였고 간호기록의 형태가 비교적 일관된 5개 병원 (3차병원 3곳, 2차병원 2곳)의 간호기록을 활용하여, 각 환자안전 개념에 해당하는 간호용어를 식별하였다.

2. 간호용어 추출 및 전처리

5개 병원에서 수집된 총 19,511개의 간호용어 중 환자안전 5개 개념에 해당하는 항목을 먼저 골랐다. 동일의미의 다른 표현은 대표 용어로 통일하였고, 약어는 원어로 확장하였다. 또한, 각 용어의 ‘개념’과 동시에 ‘하위 개념’을 함께 정리하여 개념 체계를 구성하였다. 예를 들어, 간호용어 ‘등에 바람이 통하게 해 줌’은 환자안전 개념 중 ‘욕창’에 해당하며, 하위개념으로는 ‘욕창 예방 활동’으로 분류하였다. 이때 간호용어는 단순한 어휘적 의미만을 기준으로 분류하지 않고, 중환자실 간호현장에서 해당 표현이 사용되는 임상적 목적과 환자안전 맥락을 함께 고려하여 분류하였다. 마지막으로 임상적 중요도를 반영하기 위해 개념별 간호용어 수와 사용 빈도를 산출하였다. 전처리의 일관성을 확보하기 위해 간호정보학 연구자 2인이 독립적 검토한 후 합의를 거치고, 불일치는 의료정보학 연구자가 검토하였다.

3. SNOMED CT 매핑

SNOMED CT 매핑은 SNOMED International에서 제공하는 SNOMED CT Starter Guide[21]를 참고하여 수행하였으며, 2025년 1월 국제판을 기준 용어체계로 활용하였다. 매핑은 간호정보학 연구원 2인과 중환자실 근무 경험이 있는 간호사 3인이 독립적으로 진행한 뒤, 교차 검토를 통해 내부검증을 하였다. 이후 매핑에 참여하지 않은 내부 의료정보학 연구자가 매핑 결과를 검토하였으며, 최종 매핑 결과는 연구진 간 합의를 통해 확정하였다(Figure 1).

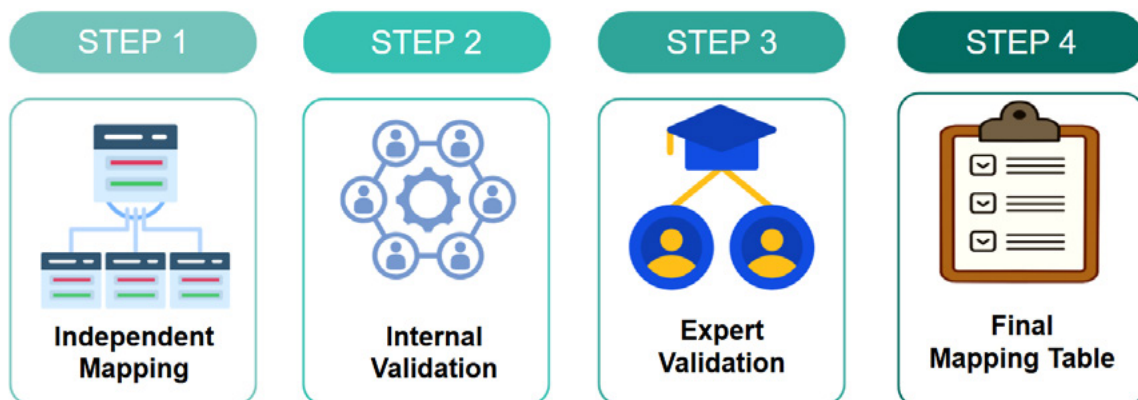


Figure 1. SNOMED CT mapping process.

독립적으로 매핑하는 과정에서 간호용어의 특성을 담아 SNOMED CT의 Top-level hierarchy를 결정하였는데, 선택 가능한 계층은 다음과 같다:

- 진단 · 치료 목적의 검사, 처치, 중재 행위를 포함하는 **Procedure**
- 임상적 사정 결과, 증상, 질병 상태를 의미하는 **Clinical finding**
- 시점, 대상자, 부정 표현 등 문맥 정보가 명시된 **Situation with explicit context**
- 사건이나 발생 자체를 의미하는 **Event**

최종 매핑 결과는 간호용어와 SNOMED CT 개념 간 의미 관계에 따라 세 가지 유형으로 분류하였다. Narrow의 경우 SNOMED CT 개념이 간호용어보다 구체적인 경우로 간호용어의 의미가 손실될 우려로 사용하지 않았다.

- **Exact**: 간호용어와 SNOMED CT 개념이 완전히 일치하는 경우
- **Broad**: SNOMED CT 개념이 간호용어보다 포괄적인 경우
- **No match**: 해당 의미를 표현할 SNOMED CT 개념이 존재하지 않는 경우

4. 통계분석

이 연구에서는 환자안전 개념별로 매핑 결과 (Exact, Broad, No match)와 Top-level hierarchy (Procedure, Clinical finding, Situation with explicit context, Event)의 연관성을 확인하기 위해 SPSS Statistics 29.0을 이용하여 카이제곱 검정을 시행하였다. 각 비율에 대한 95% 신뢰구간은 이항분포를 가정한 Wilson score 방법을 사용하여 계산하였다. 또한, 매핑 결과의 객관성 확보를 위해 매핑 과정의 평가자 간 신뢰도를 검증하였다. 5인이 독립적으로 수행한 매핑 결과에 대하여 Python을 이용해 Fleiss' Kappa 계수와 평균 쌍별 일치율을 산출하였다. Kappa 계수 산출은 5인의 매핑이 모두 작성을 한 항목만

을 대상으로 하였고, 평균 쌍별 일치율은 5인의 매핑으로부터 생성 가능한 총 10개의 쌍에 대하여 각각 일치율을 산출한 뒤 이를 평균으로 구하였다. 최종 매핑 결과를 확정하기 위한 내부 합의 과정에서는 매핑별 일부 미작성 항목을 모두 포함하여 논의하였다.

5. 윤리적 고려

이 연구는 S대학교병원 기관생명윤리위원회(IRB, H-2107-258-1246)와 B의료원(20-2022-37)의 승인을 받았으며, 각 병원의 데이터 심의위원회(Data Review Board)로부터 자료 수집에 대한 승인을 추가로 받았다. 환자의 생년월일은 연령으로 변환하였고, 이름은 수집하지 않았으며, 환자번호와 같은 기타 식별 가능한 정보는 보건복지부와 개인정보보호위원회에서 발행한 「보건의료데이터 활용 가이드라인」에 따라 완전히 비식별화하였다[22].

III. 연구결과

1. 환자안전 개념 도출

환자안전보고학습시스템(2016 - 2024) 자료를 통합 분석한 결과, 총 109,906건 중 낙상은 44,555건(40.5%), 약물은 43,962건(40.0%)으로 나타났으며, 두 유형이 전체 사고의 80.5%를 차지하였다. 또한 욕창, 감염, 호흡 관련 안전문제는 중환자실에서 예방적 간호중재와 직접 연계되며 중심정맥관 관련 혈류감염 및 인공호흡기 관련 합병증 등 임상적 위해도가 큰 영역으로 보고되어[17-20], 이 연구의 분석 대상에 포함하였다. 이에, 이 연구에서 활용할 환자안전 개념은 낙상 · 욕창 · 약물 · 감염 · 호흡으로 최종 확정하였다.

2. 간호용어 추출 및 전처리

대상 병원에서 수집된 간호기록을 바탕으로 환자안전 5개 개념에 해당하는 간호용어를 식별하였고 전처리 과정을 통해 최종 간호용어를 도출하였다(Figure 2).

3. SNOMED CT 매핑

총 1,096개의 환자안전 관련 간호용어가 SNOMED CT와 매핑 되었다. 주요 안전 개념 중 호흡(33.6%)과 감염(25.8%)이 가장 높은 비중을 차지하였으며, 투약(24.7%), 욕창(9.7%), 낙상(6.2%) 순으로 분포하였다. 모든 환자안전 개념에서 Procedure (79.2%) 계층의 비중이 가장 높았고, Clinical finding (16.0%), Situation with explicit context (4.3%), Event (0.5%)순으로 나타났다. Event 계층은 낙상 및 호흡 개념에서만 확인되었다. 매핑 유형은 Broad가 579건(52.7%)으로 가장 높은 비중을 차지하였고, Exact는 497건(45.4%), No match는 20건(1.9%)이었다(Table 1).

4. 통계분석

카이제곱 검정 결과, 낙상($\chi^2=14.95$, $df=3$, $p=.002$), 감염($\chi^2=83.00$, $df=4$, $p<.001$), 호흡($\chi^2=63.73$, $df=6$, $p<.001$) 개념에서는 매핑 유형과 계층 간 분포가 유의하게 달랐다. 반면, 욕창($\chi^2=1.62$, $df=2$, $p=.446$)과 약물($\chi^2=1.58$, $df=2$, $p=.454$)은 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 2). 또한, SNOMED CT 매핑 과정의 객관성을 확인하기 위해 5인이 독립적으로 수행한 매핑 결과에 대해 평가자 간 일치도를 분석하였다. 분석 결과, Fleiss' kappa 계수는 0.53으로 나타났으며, 이는 Landis와 Koch의 기준에 따라 중등도 수준의 일치에 해당한다[23]. 평균 쌍별 일치율은 62.2%로 나타났다.

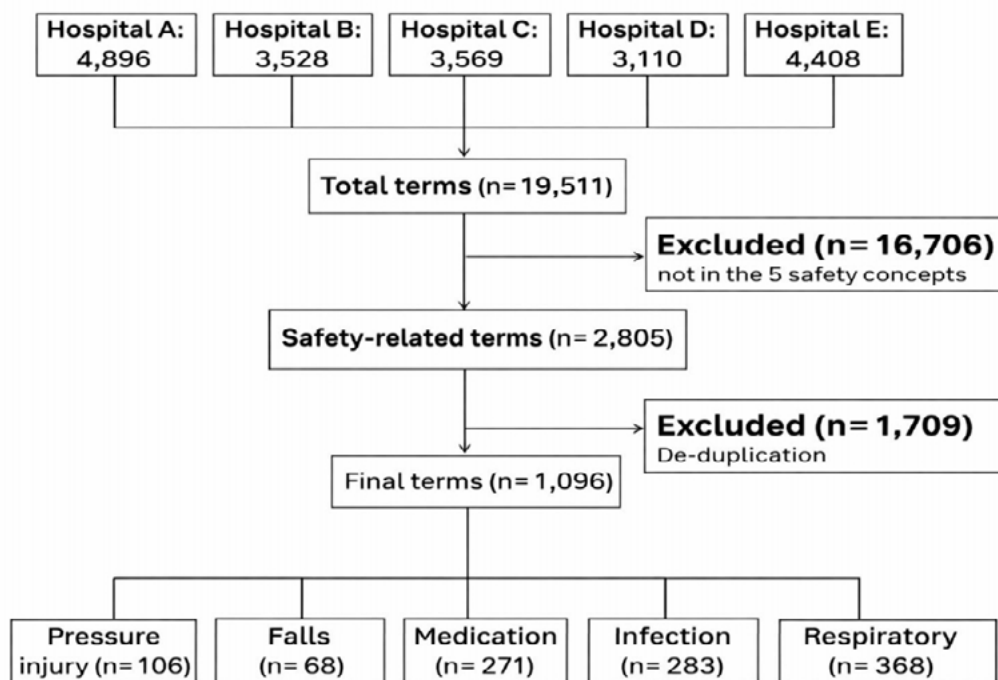


Figure 2. Workflow for nursing term extraction and preprocessing.

Table 1. Patient safety concepts by SNOMED CT hierarchy and mapping type.

(N=1,096)

Top-level hierarchy & Correlation Patient Safety concept	Procedure			Clinical finding			Situation with explicit context			Event			Total n (%)	χ^2	df	p-value
	Exact n (%)	Broad n (%)	No match n (%)	Exact n (%)	Broad n (%)	No match n (%)	Exact n (%)	Broad n (%)	No match n (%)	Exact n (%)	Broad n (%)	No match n (%)				
Pressure injury	36 (34.0%)	48 (45.3%)	0 (0.0%)	4 (3.8%)	17 (16.0%)	0 (0.0%)	1 (0.9%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	106 (9.7%)	1.616	2	.446
Falls	22 (32.4%)	35 (51.5%)	0 (0.0%)	4 (5.9%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	3 (4.4%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	4 (5.9%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	68 (6.2%)	14.954	3	.002
Medication	93 (34.3%)	133 (49.1%)	0 (0.0%)	15 (5.5%)	16 (5.9%)	0 (0.0%)	4 (1.5%)	10 (3.7%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	271 (24.7%)	1.580	2	.454
Infection	92 (32.5%)	168 (59.4%)	4 (1.4%)	7 (2.5%)	1 (0.4%)	7 (2.5%)	1 (0.4%)	3 (1.1%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	283 (25.8%)	83.000	4	< .001
Respiratory	111 (30.2%)	126 (34.2%)	0 (0.0%)	78 (21.2%)	17 (4.6%)	9 (2.4%)	21 (5.7%)	5 (1.4%)	0 (0.0%)	1 (0.3%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	368 (33.6%)	63.734	6	< .001
Total	354 (32.3%)	510 (46.5%)	4 (0.4%)	108 (9.9%)	51 (4.6%)	16 (1.5%)	30 (2.7%)	18 (1.6%)	0 (0.0%)	5 (0.5%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	1,096 (100.0%)	129.334	6	< .001

IV. 고찰

이 연구는 다기관 중환자실 간호기록을 이용하여 환자안전 관련 개념과 관련된 간호용어를 선별하고 이를 SNOMED CT와 매핑하여 의미적 구조를 탐색하였다. 총 1,096개의 간호용어가 매핑되었으며, 호흡(368건, 33.6%)과 감염(283건, 25.8%)관련 용어가 가장 높은 비중을 차지하였다. 또한 환자안전 개념별로 SNOMED CT 계층과 매핑 유형의 분포가 다르게 나타났으며, 카이 제곱 검정 결과 낙상, 감염, 호흡 개념에서는 계층에 따른 매핑 유형의 분포 차이가 유의하였다(Table 1). 이는 환자안전 개념별로 간호기록에 포함되는 의미 구조가 서로 다를 수 있음을 보여준다. 낙상 영역은 Event 계층의 비중이 상대적으로 높게 나타나(4건, 5.9%), 실제 낙상 발생 사건이 직접 기록되는 특성을 보였다. 감염 영역은 Procedure 계층의 비중이 매우 높고(264건, 93.3%) Broad 매핑이 172건(60.8%)으로 많이 나타나 드레싱 유지, 삽입부위 관리, 소독, 감염징후 확인과 같은 예방·관리 행위가 중심을 이루며, 부위, 상태가 결합된 세부적 표현이 많았음을 보여준다. 호흡 영역은 Procedure(237건, 64.4%)뿐 아니라 Clinical finding(104건, 28.3%)과 Situation with explicit context(26건, 7.1%)도 함께 나타나, 호흡 유지 및 기도 관리

와 같은 간호행위뿐 아니라 호흡곤란, 무호흡 없음, 산소포화도 변화와 같은 환자 상태 및 부정 관찰이 함께 기록되는 구조를 보였다. 이러한 차이는 기계환기, 중심정맥관, 도뇨관 등 침습적 기기 사용이 빈번한 중환자실 환경의 특성과 관련된 것으로 볼 수 있다. 실제로 국내외 선행연구에서도 감염과 호흡기 관련 합병증은 중환자실에서 흔하고 치명적인 환자안전 문제로 보고된다. Li 등[23]은 중환자실 환자의 인공호흡기 관련 폐렴 발생률이 약 30%에 이르며, 이는 중환자실 재원기간 뿐만 아니라 전체 병원 재원기간이 길어진다고 보고하였다. 또한 Ala-Kokko 등[24]은 중환자실에서 발생한 혈류감염이 단기 사망률뿐 아니라 퇴원 후 장기 생존율에도 부정적 영향을 미친다고 보고하였다[25]. 이러한 결과들은 호흡과 감염이 중환자실 환자안전 관리의 핵심 영역임을 시사하며, 예방과 표준화된 관리 전략이 필수적임을 강조한다. 그 다음으로 약물약물(271건, 24.7%)의 간호기록이 많이 나타났으며, 이는 중환자실에서 약물 투여가 환자 치료의 필수적 과정인 동시에 잠재적 안전사고의 주요 원인임을 보여준다. 실제로 중환자실 환자를 대상으로 한 연구에서는 환자 1인당 평균 2.9건의 약물안전 사고가 발생하여 전체 투약 처방의 2.6%를 차지한 점은, 중환자실에서 약물 안전 문제가 여전히 빈번하고 중대한 환자안전 과제임을 시사한다[25]. 이러한 결과는 중환자실

간호기록에서 약물 관련 용어가 높은 비중을 차지한 이 연구의 결과와 맥락을 같이하며, 약물 관리에 대한 지속적인 감시가 필요함을 강조한다.

낙상과 욕창의 전체 비중은 상대적으로 낮았지만 간호중재가 반복적으로 기록됨을 확인하였다. 1,096개의 간호용어 중 빈도수가 가장 높은 것은 “욕창 없음(310,155건, 3.0%)”과 “욕창 있음(295,587건, 2.9%)”으로, 이는 환자 안전 5개 개념과 관계없이 모든 간호용어 가운데 기록 빈도가 가장 높았다. 욕창의 경우 발생 여부를 정기적으로 사정하고 결과를 기록하는 활동이 안전 관리의 필수 요소임을 확인시켜준다. 또한, 낙상 영역에서 “침대 난간이 올려진 상태로 유지 중임(254,437건, 2.5%)”과 “침대 난간을 올려줌(229,205건, 2.2%)”이 가장 높은 빈도로 나타났으며, 이는 중환자실 환자의 낙상 위험에 대응하기 위한 예방중재가 강조됨을 보여준다. 이처럼 빈도 분석은 단순히 용어 분포를 넘어 실제 간호사가 어떤 활동을 얼마나 자주 수행하고 기록하는지를 보여주는 지표로서 의미가 크다. Top-level hierarchy는 모든 안전 개념에서 Procedure 계층이 가장 많이 기록되었으며, 이는 간호기록이 의료진이 수행한 처치와 중재 중심으로 기술된다는 특성을 반영한다. “드레싱 교환함(4,199건, <0.1%)”, “압력의 요인을 감소시켜줌(35,780건, 0.3%)” 그리고 “소독제 사용에 대해 교육함(2,109건, <0.1%)”과 같은 기록은 단순한 행위 기록을 넘어, 환자안전 관리 과정에서 예방·중재·교육 활동을 구체적으로 보여준다. Clinical finding은 전체 매핑에서 상대적으로 적게 나타났으나, 환자안전 관리에서 중요한 감시 역할을 하고 있었다. 예를 들어, “호흡곤란 있음(32,019건, 0.3%)”과 “호흡곤란 감소(4,000건, <0.1%)”는 증상의 변화 과정을 기록함으로써 환자의 경과 추적을 가능하게 한다. 또한 “무호흡 없음(52,848건, 0.5%)”이나 “약물 부작용 없음(3,834건, <0.1%)”과 같은 음성 소견은 환자의 안전 상태를 반복적으로 확인하고 있다는 의미를 담고 있다. 감염 영역의 “감염위험(158,208건, 1.5%)”과 “감염(16,986건, 0.2%)”은 위험과 실제 발생을 구분하여 기술한 기록으로, 간호사가 안전 문제를 사정·판단·보고하는 과정을 잘 드러낸다. 이처럼 Clinical finding은

단순한 상태 기록을 넘어, 환자안전 모니터링의 핵심 지표로서 중요한 의미를 가진다. 실제로 중환자실 연구에서 간호사의 기록 및 모니터링이 환자의 상태 변화뿐 아니라 사망률과도 직접적으로 연관됨이 보고되어, 간호기록이 환자안전 관리에 필수적 역할을 함을 보여준다[26]. Situation with explicit context 계층은 환자 상태를 단순히 기술하는 데 그치지 않고, 중재의 지속 여부나 맥락적 상황을 구체적으로 기록하는 데 활용되었다. 예를 들어, “투약을 거부함(1,619건, <0.1%)”은 환자의 자율적 의사 표현을 반영한 기록이며, “PCA stop 함(32건, <0.1%)”은 통증 조절 중재의 종료를 명확히 보여준다. 또한 “기도폐쇄 증상 없음(292건, <0.1%)”은 위험 발생 여부를 지속적으로 점검한 사례로, 환자안전 관리 과정에서 중요한 의미를 가진다. 이처럼 situation 계층은 간호사의 판단과 의사결정을 뒷받침하는 맥락적 근거를 제공한다는 점에서 차별화된다. 가장 기록이 적은 Event 계층은 환자에게 실제로 발생한 사건을 구체적으로 기술하는데 사용되었다. 예를 들어, “낙상함(670건, <0.1%)”과 “침대에서 떨어짐(38건, <0.1%)”은 안전사고가 실제로 발생했음을 보여주는 기록으로, 간호사가 환자안전과 직결된 사건을 기록하여 문서화한 것이다. 이러한 사건 기록은 단순한 상태나 맥락 기술과 달리, 안전 사건의 발생 자체를 근거로 보고·추적·분석하는 과정에 활용될 수 있다는 점에서 중요한 의미를 갖는다.

매핑 유형에서는 Broad가 579건(52.7%)으로 가장 높은 비율을 차지하였다. 이는 SNOMED CT가 포괄적인 임상 개념을 제공하더라도, 실제 중환자실 간호기록에서 사용되는 세부적이고 맥락적인 표현을 pre-coordinated concept만으로 완전히 반영하기에는 한계가 있음을 보여준다. 특히 “삽입부위 감염 증상 없음”과 같이 부위, 상태, 부정 여부가 하나의 환자안전 맥락 안에서 결합되어 기술된 표현은 동일한 수준의 단일 SNOMED CT 개념으로 표현하기 어려워, 가장 근접한 상위 개념으로 Broad 매핑되었다. 이러한 점에서 이 연구의 높은 Broad 비율은 매핑 오류라기보다, 중환자실 간호기록이 환자안전과 관련된 부위, 상태, 행위, 부정 여부 등 임상 맥락을 세밀하게 포함하고 있음을 보여준다. 국내 임상소견 및 처치 용어의 SNOMED

CT 매핑 가이드라인을 제시한 Sung 등[27]은 하나의 로컬 용어가 넓거나 복합적인 의미를 가질 경우 이를 여러 표준 개념으로 분리하여 1:N(one-to-many)으로 매핑하도록 제시하였다. 다만 이 연구는 pre-coordinated concept을 기준으로 Exact, Broad, No match의 세 유형을 적용하였으므로, 복합 표현도 여러 개념으로 분리하지 않고 가장 근접한 상위 개념 하나에 매핑하여 Broad로 분류하였다. 따라서 향후 연구에서는 이러한 복합적 표현을 보다 정밀하게 표준화하기 위해 의미 단위 분리 기반의 1:N 매핑, SNOMED CT 후조합(post-coordination), 한국어판 SNOMED CT 확장의 적용 가능성을 검토할 필요가 있다.

또한 이 연구에서는 총 20건(1.9%)의 No match가 확인되었으며, 주로 감염과 호흡 영역에서 나타났다. 해당 용어들은 “Dressing 유지하고 있음(104,449건, 1.0%)”, “산소 포화도 떨어짐(56,086건, 0.6%)”과 같이 기록 빈도는 많았으나, SNOMED CT 내에서 직접적으로 매핑 되는 표준용어를 찾기 어려웠다. 이는 간호기록이 환자의 순간적인 상태(상승/하락/없음 등)나 관리의 지속성(유지/적용 중임)을 강조하지만 표준용어체계는 이러한 맥락적 의미를 담기에 한계가 있음을 보여준다. 이러한 결과는 No match가 단순히 표준용어가 없는 것으로 그치는 것이 아니라 임상 현장에서 많이 사용되는 환자 상태에 대한 서술적 표현을 포괄할 필요성을 보여준다. 예를 들어 “산소포화도 하락 없음”은 단순한 정상 상태 기록이 아니라, 환자안전 모니터링 과정에서의 중요한 음성 소견으로서, 표준화 과정에서 부정 개념, 즉 없음을 표현할 수 있는 구조적 접근이 필요하다. 따라서 No match 용어들은 SNOMED CT의 후조합을 통한 확장이나 한국어판 SNOMED CT를 통해 국내 임상 맥락에 특화된 표준용어 개발의 우선순위로 고려될 수 있을 것이다.

또한 이 연구에서 평가자 간 일치도를 분석한 결과, Fleiss' kappa 계수는 0.53, 평균 쌍별 일치율은 62.2%로 나타났으며, 이는 Landis와 Koch의 기준에 따라 중등도 수준의 일치에 해당한다[28]. 이는 환자안전 관련 간호용어가 단순한 단어 수준의 표현이 아니라 임상 맥락, 행위, 상태, 부정 표현 등을 함께 포함하고 있어 매핑 과정에서

해석의 차이가 발생할 수 있음을 보여준다. 따라서 다기관 간호기록을 SNOMED CT로 표준화하기 위해서는 명확한 매핑 기준, 반복적인 합의 과정, 전문가 검토가 필요하다.

이 연구의 의의는 다기관 중환자실 간호기록에서 환자안전 개념을 도출하고 이를 빈도와 함께 구조적으로 분석함으로써, 간호사가 반복적으로 수행하는 안전 활동을 확인했다는 점이다. 또한 SNOMED CT 매핑을 통해 간호기록을 의미적으로 표준화하고 구조화 하여 분석할 수 있음을 보여주었다. 향후에는 5개 병원을 기반으로 구축한 매핑 테이블을 K-MIMIC에 속해 있는 다른 병원으로 확장하여 중환자실 간호기록을 표준화하고, 이를 활용하여 사정 - 판단 - 중재 - 결과의 임상 흐름을 구조화 함으로써 간호기록 기반 환자안전 관리에 대한 활용 가능성을 탐색할 필요가 있다. 또한 이 연구에서 다룬 주요 개념을 넘어, 간호기록에 나타나는 환자안전과 관련된 더 많은 개념들을 도출하고 분석함으로써 향후 환자안전 지표 개발, 간호의 질 관리 등 다양한 영역에서 간호기록의 활용 가치를 높일 수 있을 것이다.

V. 결론

이 연구는 다기관 중환자실 간호기록을 SNOMED CT와 매핑하여 환자안전 관련 개념의 구조적 특성을 탐색하였다. 분석 결과, 호흡과 감염 영역이 가장 높은 비중을 차지하였으며, 이는 인공호흡기 적용에 따른 호흡 유지와 기도 관리, 그리고 중심정맥관 삽입 등 침습적 기기 사용으로 인한 감염 위험이 중환자실 환자안전의 주요 요인임을 반영한다. 욕창과 낙상은 상대적으로 비중이 낮았으나 다양한 예방적 간호중재가 반복적으로 기록되어 안전 관리의 필수 요소로 자리 잡고 있음을 확인하였다. 약물 영역은 고위험 약물 투여 후 부작용 모니터링과 관련된 기록을 통해 환자안전을 위한 간호사의 감시 활동을 보여주었다. 매핑 계층은 Procedure가 가장 많이 차지하여 간호사가 수행하는 구체적 중재가 기록 중심을 이루고 있음을 보여주었으며, Clinical finding은 환자안전 모니터링을 위한 중요한 지표로 활용될 수 있음을 나타냈다. 또한 Broad 매핑의 높은

비율은 간호기록이 실제 임상 현장의 세부적이고 맥락적인 표현을 풍부하게 담고 있음을 의미하며, 이는 SNOMED CT의 후조합이나 한국어판 SNOMED CT 확장을 통해 보다 정밀하게 반영될 수 있다. 이러한 결과는 간호기록을 국제 표준용어체계와 연결함으로써 간호기록 기반 환자안전 관리 체계 구축에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

VI. 참고문헌

1. Kim MR. Concept analysis of patient safety. *Journal of Korean Academy of Nursing*. 2011;41(1):1-8.
2. World Health Organization. Patient safety: fact sheets [Internet]. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2023 [cited 2025 Sep 27]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/patient-safety>
3. Korea Patient Safety Reporting & Learning System. 2024 annual report on patient safety [Internet]. Seoul, Korea: Korea Patient Safety Reporting & Learning System; 2024 [cited 2025 Apr 13]. Available from: <https://www.kops.or.kr/>
4. Patil SJ, Ambulkar R, Kulkarni AP. Patient safety in intensive care unit: What can we do better? *Indian Journal of Critical Care Medicine*. 2023;27(3):163-6.
5. MacFie CC, Baudouin SV, Messer PB. An integrative review of drug errors in critical care. *Journal of the Intensive Care Society*. 2016;17(1):63-72.
6. Li P, Sun Z, Xu J. Unplanned extubation among critically ill adults: A systematic review and meta-analysis. *Intensive and Critical Care Nursing*. 2022;70:103219.
7. Ayele S, Gobena T, Birhanu S, Yadeta TA. Attitude towards documentation and its associated factors among nurses working in public hospitals of Hawassa City Administration, Southern Ethiopia. *SAGE Open Nursing*. 2021;7:1-9.
8. Danielis M, Bellomo F, Farneti F, Palese A. Critical incidents rates and types in Italian intensive care units: A five-year analysis. *Intensive and Critical Care Nursing*. 2021;62:102950.
9. Alkouri OA, AlKhatib AJ, Kawafhah M. Importance and implementation of nursing documentation: Review study. *European Scientific Journal*. 2016;12(3):101-6.
10. Kong HJ. Managing unstructured big data in healthcare system. *Healthcare Informatics Research*. 2019;25(1):1-2.
11. Thoroddsen A, Rúnarsdóttir ER, Örlygsdóttir B. Description of COVID-19 patients and mapping nursing data to ICNP 2021 reference set in SNOMED CT. *International Nursing Review*. 2023;70(1):28-33.
12. Park H, Kim H, Min Y. Use of clinical terminology for semantic interoperability of electronic health records. *Journal of the Korean Medical Association*. 2012;55(8):720-8.
13. Ranegger R, Baumberger D, Grgic P, Jagfeld G. *Digital Health and Informatics Innovations for Sustainable Health Care Systems*. Amsterdam, Netherlands: IOS Press; 2024....
14. Cho I, Cho J, Hong JH, Choe WS, Shin H. Utilizing standardized nursing terminologies in implementing an AI-powered fall-prevention tool to improve patient outcomes: A multihospital study. *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2023;30(11):1826-36.
15. Hüsters J, Przysucha M, Esdar M, John SM, Hübner UH. Expressiveness of an international semantic standard for wound care: Mapping a standardized item set for leg ulcers to the Systematized Nomenclature of Medicine - Clinical Terms. *JMIR*

- Medical Informatics. 2021;9(10):e31980.
16. Nikiema JN, Liang J, Liang MQ, Dos Anjos D, Motulsky A. Improving the interoperability of drugs terminologies: Infusing local standardization with an international perspective. *Journal of Biomedical Informatics*. 2024;151:104614.
 17. Eltaybani S, McEvoy N. Insights from the top-cited papers in the critical care nursing literature: A bibliometric and visualized analysis. *Nursing in Critical Care*. 2025;30(5):e13236.
 18. Vladimirov S, Klimenko I, Matiushkov N, Protsenko D, Sergeev D. Incidence and clinical outcomes of ventilator-associated events in Russian tertiary care settings: an analysis of electronic health records. *BMC Research Notes*. 2025;18(1):172.
 19. Cook T, Woodall NM, Harper J, Benger J. Major complications of airway management in the UK: Results of the fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 2: Intensive care and emergency departments. *British Journal of Anaesthesia*. 2011;106(5):632-42.
 20. Thomas AN, McGrath BA. Patient safety incidents associated with airway devices in critical care: A review of reports to the UK National Patient Safety Agency. *Anaesthesia*. 2009;64(4):358-65.
 21. SNOMED International. SNOMED CT Starter Guide [Internet]. London, UK: SNOMED International; 2023 [cited 2025 Sep 27]. Available from: <https://docs.snomed.org/snomed-ct-practical-guides/snomed-ct-starter-guide>
 22. Ministry of Health and Welfare. Personal Information Protection Commission. Guidelines for utilization of healthcare data [Internet]. Seoul, Korea: Ministry of Health and Welfare; 2024 [cited 2025 Mar 26]. Available from: <https://www.pipc.go.kr/np/cop/bbs/selectBoardArticle.do?bb-sId=BS217&mCode=D010030000&nttId=9901>
 23. Li W, Cai J, Ding L, Chen Y, Wang X, Xu H. Incidence and risk factors of ventilator-associated pneumonia in the intensive care unit: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Thoracic Disease*. 2024;16(9):5518-5529. <https://doi.org/10.21037/jtd-24-150>
 24. Ala-Kokko TI, Karhu JM, Lehto P, Sälkiö S, Ohtonen P, Syrjälä H. Long-term outcomes of ICU-acquired infections with a focus on blood-stream infections: a single-center retrospective registry study. *Infection*. 2025;53:2727-2738.
 25. Carayon P, Wetterneck TB, Cartmill R, Blosky MA, Brown R, Kim R, et al. Characterising the complexity of medication safety using a human factors approach: an observational study in two intensive care units. *BMJ Quality & Safety*. 2014;23(1):56-65.
 26. Collins SA, Cato K, Albers D, Scott K, Stetson PD, Bakken S, et al. Relationship between nursing documentation and patients' mortality. *American Journal of Critical Care*. 2013;22(4):306-313. <https://doi.org/10.4037/ajcc2013426>
 27. Sung S, Park HA, Jung H, Kang H. A SNOMED CT mapping guideline for the local terms used to document clinical findings and procedures in electronic medical records in South Korea: Methodological study. *JMIR Medical Informatics*. 2023;11. <https://doi.org/10.2196/46127>
 28. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977;33(1):159-74.

Supplementary Table S1. Nursing term frequencies by patient safety concept.

(N = 10,298,431)

Patient safety concept	Sub-concept	n (%)	Rank	Related nursing terms	n (%)
Pressure injury	Pressure injury prevention	1,140,429 (11.1)	1	시트의 주름을 펴줌	215,451 (18.9)
			2	자세변경	162,178 (14.2)
			3	엉덩이에 바람 통하게 해줌	153,837 (13.5)
	Pressure-relieving mattress use	427,252 (4.2)	1	air mattress 적용 중임	140,766 (32.9)
			2	air mattress 적용해줌	74,491 (17.4)
			3	욕창예방용 매트리스 적용해줌	51,007 (11.9)
	Pressure injury	332,920 (3.2)	1	욕창 있음	295,587 (88.8)
			2	욕창부위 dressing 적용 중임	21,226 (6.4)
			3	욕창상태 변화없음	11,645 (3.5)
	No pressure injury	310,155 (3.0)	1	욕창 없음	310,155 (100.0)
	Pressure injury risk assessment	237,607 (2.3)	1	욕창 호발부위 관찰함	140,849 (59.3)
			2	욕창 위험요인이 있는지 확인함	95,816 (40.3)
			3	욕창 위험도를 사정함	837 (0.4)
Falls	Fall prevention	1,023,015 (9.9)	1	침대 난간이 올려진 상태로 유지중임	254,437 (24.9)
			2	침대 난간을 올려줌	229,205 (22.4)
			3	낙상 예방활동 수행함	127,726 (12.5)
	Fall prevention education	343,573 (3.3)	1	낙상방지 교육함	81,990 (23.9)
			2	낙상예방교육	80,590 (23.5)
			3	Fall down의 가능성을 알리고 주의를 줌	61,640 (17.9)
	High fall risk	236,659 (2.3)	1	낙상위험	142,308 (60.1)
			2	낙상위험 있음	65,404 (27.6)
			3	낙상고위험군으로 확인됨	27,490 (11.6)
	No fall	16,582 (0.2)	1	낙상 없음	9,158 (55.2)
			2	낙상을 경험하지 않을 것이다	7,304 (44.0)
			3	더 이상 낙상을 경험하지 않을 것이다	120 (0.8)
	Fall risk education	12,176 (0.1)	1	낙상 위험군 교육함	12,152 (99.8)
			2	낙상고위험환자 교육자료 제공 및 설명함	24 (0.2)
Medication	Medication administration	339,342 (3.3)	1	처방에 의해 약물을 투여함	209,029 (85.5)
			2	prn order에 의해 투약함	21,348 (6.3)
			3	처방에 의해 약물 투여 중임	12,774 (3.8)
	Intravenous fluid administration	201,065 (2.0)	1	수액 주입 중임	119,825 (59.6)
			2	수액 주입 중인 상태임	37,200 (18.5)
			3	수액 최고속도로 주입함	9,120 (4.5)
	Intravenous drug infusion (pump-based)	189,285 (1.8)	1	infusion pump 통해 주입 중임	113,370 (59.9)
			2	Infusion pump 사용	31,741 (16.8)
			3	infusion pump 통해 주입 시작함	22,068 (11.7)
	Antibiotic administration	87,096 (0.9)	1	처방에 의해 항생제를 투여함	84,653 (97.2)
			2	처방에 의해 항생제 투여를 시작함	2,230 (2.6)
			3	항생제 투여함	142 (0.2)
	Analgesic administration	53,226 (0.5)	1	처방에 의해 진통제를 투여함	49,744 (93.5)
			2	통증 호소하여 주치의에게 알리고 진통제 투여함	2,445 (4.6)

Patient safety concept	Sub-concept	n (%)	Rank	Related nursing terms	n (%)
Infection	dressing care	582,568 (5.7)	1	수술상처 dressing 상태임	124,079 (21.3)
			2	dressing 함	32,060 (5.5)
			3	폐쇄 dressing 상태임	29,641 (5.1)
	High infection risk	165,911 (1.6)	1	감염위험	158,208 (95.4)
			2	감염의 위험성	7,703 (4.6)
	Assessment of infection signs/symptoms	153,876 (1.5)	1	감염 증상이 있는지 확인함	142,204 (92.4)
			2	수술부위의 감염 증상이 있는지 확인함	6,634 (4.3)
			3	삽입부위의 감염 증상이 있는지 확인함	3,743 (2.4)
	Urinary tract infection prevention	84,576 (0.8)	1	유치도뇨관 관리 bundle 준수함	77,327 (91.4)
			2	유치도뇨관 관련 감염예방 간호활동 수행함	6,784 (8.0)
			3	Urine bag의 위치를 방광의 위치보다 낮게 유지하도록 교육함	324 (0.4)
	Isolation education	53,310 (0.5)	1	격리 지침을 준수하도록 교육함	30,869 (57.9)
			2	격리 필요성에 대해 교육함	18,204 (34.1)
Respiratory	Respiratory assessment	487,602 (4.7)	1	호흡양상 관찰함	220,928 (45.3)
			2	환자 호흡양상(가슴 움직임 등) 확인함	94,953 (19.5)
			3	호흡곤란 유무 확인함	85,302 (17.5)
	ventilation use	468,308 (4.6)	1	ventilator 적용 중임	420,854 (89.9)
			2	ventilator 적용함	27,215 (5.8)
			3	Ventilator 적용	16,948 (3.6)
	No respiratory distress	315,742 (3.1)	1	호흡곤란 없음	275,847 (87.4)
			2	dyspnea 없음	24,710 (7.8)
			3	숨찬 느낌이나 가슴 답답함 없음	1,410 (0.4)
	Endotracheal suctioning	155,410 (1.5)	1	기관내 suction 함	84,083 (54.1)
			2	E-tube 통해 suction 시행함	38,063 (24.5)
			3	Endotracheal suction 함	3,618 (2.3)
	Ineffective airway clearance	141,121 (1.4)	1	비효율적기도청결	141,121 (100.0)

국내 간호대학생이 경험한 환자안전 교과 교육 형태와 환자안전 역량과의 연관성: 탐색적 조사연구

임희진¹, 김서진¹, 조가연¹, 이승은^{1,2}

¹연세대학교 간호대학, ²김모임간호학연구소

Undergraduate Nursing Students' Experience in Patient-safety Education and Its Association with Patient-safety Competency: An Exploratory Study

Heejin Lim¹, Seo-Jin Kim², Ga-Yeon Cho², Seung Eun Lee^{3,4}

¹ Researcher, College of Nursing, Yonsei University, Seoul, ² Undergraduate Student, College of Nursing, Yonsei University, Seoul, ³ Associate Professor, College of Nursing, Yonsei University, Seoul, ⁴ Associate Professor, Mo-Im Kim Nursing Research Institute, College of Nursing, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea

Purpose: This study aimed to explore undergraduate nursing students' experiences with patient-safety education in South Korea and examine its association with patient safety competency.

Methods: We conducted a descriptive cross-sectional online survey in November 2024 among 200 junior and senior nursing students from 50 colleges. Participants reported how patient-safety education was delivered at their college and in their own coursework (a stand-alone course in patient safety vs. content embedded within other courses). Coverage of the 11 World Health Organization (WHO) patient safety curriculum topics was enumerated. Group comparisons and multivariate linear regression were used to test the associations between instructional format and overall patient-safety competency adjusting for student characteristics.

Results: Students (82.0%) completed patient safety education embedded within other courses rather than a stand-alone patient safety course (18.0%). Students who completed a stand-alone course reported broader topic coverage ($M=8.19$, $SD=2.93$ vs $M=4.09$, $SD=3.54$; $t=7.33$, $p<.001$) and higher overall patient safety competency ($M=4.03$, $SD=0.55$ vs. $M=3.73$, $SD=0.62$; $t=2.75$, $p=.007$). In adjusted analyses, completion of a stand-alone patient safety course was positively associated with higher overall competency ($\beta=.15$, $p=.036$).

Conclusion: Delivering a stand-alone course in patient safety is associated with broader coverage of WHO topics and higher patient safety competency among undergraduate nursing students. We should consider standardized curricula and faculty-development efforts to provide comprehensive, system-based, and team-based patient safety education in Korean undergraduate nursing programs.

Keywords: Competency-based education, Curriculum, Nursing students, Patient safety

Received: Oct.02.2025 **Revised:** Dec.16.2025 **Accepted:** Jan.06.2026

Correspondence: Seung Eun Lee

College of Nursing, Yonsei University, 50-1 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Republic of Korea

Tel: +82-2-2228-3254 **E-mail:** LEESE@yuhs.ac

Funding: This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean government (MSIT) (No. RS-2023-00208138). **Conflict of Interest:** None

Quality Improvement in Health Care vol.32 no.1

© The Author 2026. Published by Korean Society for Quality in Health Care; all rights reserved

I. 서론

세계보건기구(World Health Organization, WHO)의 보고에 따르면, 의료서비스 전달 과정에서 환자 10명 중 1명이 위해사건을 경험하고 매년 약 300만명 이상의 환자가 사망하는 것으로 추정된다[1]. 이러한 규모의 위해는 보건의료시스템이 의료제공과정에서 발생하는 위해를 최소화하고 환자안전에 향상해야 하는 제도적·윤리적 의무를 뒷받침한다[1]. 이에 따라 환자안전의 보장과 향상이 모든 의료기관의 핵심 과제로 대두되었으며 전 세계적으로 예방 가능한 위해를 줄이기 위한 다양한 정책들이 추진되고 있다[2]. 특히, 환자 케어에 직접 관여하는 보건의료인의 환자안전 역량 강화는 환자안전 향상을 위한 핵심 전략 중 하나로 강조된다[3].

지식, 기술, 태도로 구성되는 환자안전역량은[4] 효과적인 의사소통, 팀워크, 그리고 환자안전 위험 요소의 발견 및 관리 능력 등을 포함한다[5]. 이러한 역량을 갖춘 보건의료인을 양성하기 위해서는 체계적인 환자안전 교육을 제공해야 하며[2], 교육의 효과를 극대화하기 위해서 관련 교육은 예비 보건의료인 단계에서부터 시작되어야 한다[6,7]. 특히 보건의료인 중 가장 큰 비중을 차지하고, 다양한 현장에서 환자의 가장 가까이에서 돌봄을 제공하는 간호사의 환자안전 역량 함양은 필수적이며[8], 이를 위해서는 예비 간호인력인 간호대학생을 대상으로 체계적인 환자안전 교육이 제공되어야 한다[9,10].

간호대학생 대상 환자안전 교육의 필요성이 대두됨에 따라 간호대학 정규 교육과정 내 환자안전 교과목 개설의 필요성이 지속적으로 강조되어왔으며[11,12], 이는 국내에서도 동일하게 논의되고 있다. 보건복지부가 발표한 제2차 환자안전종합계획의 주요 전략에 따르면 예비 보건의료인의 대학교육과정 내 환자안전 교육을 필수 교과로 지정하는 방안이 포함되었고[13], 4주기 간호교육 인증 평가 기준에도 안전과 질 향상 원리 적용이 간호대학 교과교육의 주요 학습성과로 포함되었다[14]. 이러한 방향에도 불구하고, 간호대학생 대상 환자안전 교육에 대한 구체적인 지침은 아직 부재하며, 환자안전 교육 내용과

운영 방식은 개별 간호대학의 재량에 따라 상이하게 시행되고 있다[15].

국의 간호대학 학부 과정의 현황을 검토한 연구에 따르면, 환자안전 교육의 내용, 방법, 평가, 운영 방식은 학교별로 상이하며, 그 원인 중 하나로 체계적 지침의 부재가 지적된다[12,16]. 표준화된 가이드라인이 부재할 경우, 각 대학과 교수자의 재량에 따라 교육이 시행되어 기관 간 교육의 질적 격차가 발생할 수 있으며[17], 환자안전 교과 운영 방식의 차이는 교육 효과의 차이로 이어질 가능성이 있다[16,18]. 특히, 환자안전 교육을 독립 교과목이 아닌 타 교과목의 일부 단위이나 주제로 통합하여 운영하는 경우, 체계적이고 일관된 교육 시행이 어려워 주요 교육 내용이 학습자에게 충분히 전달되지 못할 위험이 있다[16]. 따라서 국내 간호대학생들이 환자 안전 역량을 갖춘 미래 간호인력으로 성장하기 위해서는, 체계적인 교과 교육 운영 지침 바탕에 기반한 양질의 환자안전 교육 제공이 필요하다. 간호대학 학부생 대상 환자안전 교과 교육 행태를 조사한 선행 연구는 주로 국외 간호대학[16,19]에서 이루어졌고, 국내에서는 의과대학[20,21] 중심으로 수행되어, 그 결과를 학제와 교육과정에 차이가 있는 국내 간호대학에 직접 적용하기 어렵다. 국내 간호대학에서 실행 가능한 체계화된 환자안전 교과 교육을 개발하고 시행하기 위해서는, 현재의 교육 운영 형태를 파악하고, 해당 교육의 수혜자인 간호대학생들의 경험을 확인할 필요가 있다. 이에 이 연구에서는 국내 간호대학 학부생이 경험한 환자안전 교과 교육의 형태를 파악하고, 해당 교육과 간호대학생의 환자안전 역량의 연관성을 탐색하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구설계

이 연구는 국내 간호대학생을 대상으로 환자안전 교과 교육 운영 형태를 파악하고, 해당 교육과 간호대학생의 환자안전 역량의 연관성을 탐색하기 위한 서술적 조사연구이다.

2. 연구대상

이 연구는 국내 간호대학에 재학 중인 간호대학생을 대상으로 하였다. 임상 실습을 통한 병원 환경 경험이 환자안전 역량에 영향을 주며[22] 임상 현장에 익숙해지는 것에 12주가량 소요된다는[23] 선행연구를 바탕으로, 대상자 선정 기준은 임상 실습을 한 학기 이상 이수한 3, 4학년 학생으로 하였다. 적정 표본 수 산출은 G*power 3.1.9.7 프로그램을 사용하였으며, 간호대학생의 환자안전 역량에 대한 선행연구[24]를 바탕으로 유의수준 .05, 검정력 .95, 중간효과크기 .15와 예측변수 10개를 기준으로 계산한 결과, 다중회귀분석에 필요한 최소 표본 수로 172명이 산출되었다. 탈락률 20%를 고려하여 총 215명을 대상으로 설문을 시행하였다. 회수된 설문지 중 전체 문항에서 동일한 응답을 반복하였거나(직선반응) 논리적 모순이 확인된(예: 재학 중인 대학에 독립된 환자안전 교과목이 없다고 응답했으나, 독립된 환자안전 교과목을 이수했다고 응답) 15부를 제외한 후, 200명(응답률 93.0%)의 응답 자료를 최종 분석에 활용하였다.

3. 연구도구

1) 일반적 특성

대상자의 인구사회학적 특성(성별, 연령, 학년, 재학 중인 학교명 및 소재지), 교과 외 병원 봉사·근로 경험(유/무), 교과 외 환자안전 학술활동 참여 경험(유/무), 환자안전 관련 외부 교육 수강 경험(유/무)를 조사하였다. 또한, 환자안전의 독립 교과목 운영 필요성에 대한 인식(예/아니오)을 조사하였다.

2) 환자안전 교과목 운영 형태(기관 수준)

환자안전 교과목 운영 형태는 학생 자기 보고를 통해 파악하였다. 선행연구[16,19]에 따라 운영 형태는 두 가지로 구분하였다. 첫째, 환자안전이 타 교과목과 별도로 개설된

전공(필수 또는 선택)과목으로 제공되는 경우를 독립 교과목으로 정의하였다. 둘째, 환자안전이 간호관리학 등 다른 교과목의 일부 단원이나 주제로 포함되어 제공되는 경우를 통합 형식으로 정의하였다. 설문에서 응답자는 이 두 범주 중 하나를 선택하였다.

3) 환자안전 교과목 이수 경험(개인 수준)

대상자의 환자안전 교육 이수 경험은 자기 보고 방식으로 측정하였다. 먼저 이수 형태를 파악하기 위해, 응답자가 환자안전 교과 교육을 독립 교과목으로 이수하였는지, 또는 타 교과목 내 세부 주제(통합 형식)로 이수하였는지를 질문하고 해당되는 경우를 선택하도록 하였다. 다음으로 환자안전 교육 내용의 범위는 Kirwan 등[16]의 연구에 근거하여 WHO Patient Safety Curriculum Guide[11]의 환자안전 11개 학습 주제를 기반으로 설문 문항을 구성하였고, 응답자가 이수한 환자안전 교과 교육에 각 주제가 포함되었는지(예/아니오)를 응답하게 하였다.

4) 환자안전 역량

대상자의 환자안전 역량은 Ginsburg 등[25]이 개발한 Health Professional Education in Patient Safety Survey를 Lee와 Dahinten [9]이 한국어로 번안하여 간호대학생을 대상으로 신뢰도와 타당도를 검증한 도구로 측정하였다. 이 도구는 팀워크(3문항), 효과적인 의사소통(3문항), 위험요소 관리(3문항), 인적·환경적 요인에 대한 이해(2문항), 위해사건과 근접 오류의 발견과 대응(2문항), 환자안전 문화(3문항)를 포함한 6개의 하위요인과 총 16개의 문항으로 구성되어 있다. 각 문항은 '매우 그렇지 않다' 1점에서 '매우 그렇다' 5점까지 Likert 5점 척도로 평가하며, 평균 점수가 높을수록 환자안전 역량이 높음을 의미한다. 전체 도구의 Cronbach's α 는 Lee와 Dahinten [9]의 연구에서 .94, 이 연구에서는 .93이었다. 하위요인별 신뢰도는 팀워크 .77, 효과적인 의사소통 .83, 위험요소 관리 .80, 인적·환경적 요인에 대한 이해 .82, 위해

사건과 근접 오류의 발견과 대응 .75, 환자안전 문화 .80 이었다.

4. 자료수집

자료수집은 2024년 11월에 실시하였다. 전국 간호대학생이 이용하는 온라인 커뮤니티에 연구 공고문을 게시하여 자발적 참여자를 모집하였고, 공고문의 링크를 통해 설문 에 접속하도록 안내하였다. 설문은 Google Forms를 사용 하였으며, PC와 모바일에서 모두 응답 가능하도록 구성하 였다. 설문 완료자에게는 소정의 답례를 제공하였다.

5. 자료분석

설문을 통해 수집된 자료는 SPSS 28.0 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. 대상자의 일반적 특성, 환자안전 교 과목 운영 형태(기관 수준), 환자안전 교과목 이수 형태(개 인 수준), 교육 내용의 범위(WHO 제시 11개 학습 주제의 포함 여부), 대상자의 환자안전 역량은 빈도, 백분율, 평균 및 표준편차로 분석하였다. WHO Patient Safety Curricu lum Guide의 11개 학습 주제 중 교과 교육에 포함된 주제의 수가 환자안전 교과목 이수 형태(독립 교과목으로 이수 vs 타 교과목 내 세부 주제(통합 형식)로 이수)에 따라 차이가 있는지 확인하기 위해서 independent t-test를 사 용하였다. 또한, 각 학습 주제가 교과 내용에 포함되었다고 응답한 대상자의 비율과 환자안전 교과목 이수 형태 간의 관련성 확인을 위해 Pearson's chi-square test를 사용 하였고, 그 관련성의 강도와 방향은 오즈비(Odds Ratio, OR)와 95% 신뢰구간(Confidence Interval, CI)을 통해 확인하였다.

대상자의 성별, 학년, 교과 외 병원 봉사·근로 경험, 교과 외 환자안전 학술활동 참여 경험, 환자안전 관련 외부 교육 수강 경험, 환자안전의 독립 교과목 운영 필요성에 대한 인 식, 재학 중인 학교의 소재지, 환자안전 교과목 운영 형태 와 환자안전 교과목 이수 형태에 따른 환자안전 역량의 차 이는 independent t-test로 분석하였고, 대상자의 연령과

환자안전 역량 간의 관계는 Pearson's correlation coef-ficient를 통해 확인하였다. 환자안전 교과목 이수 형태에 따른 환자안전 역량 비교에 앞서, 학년에 따른 대상자 분 포 차이가 결과 해석에 영향을 미칠 가능성을 고려하여 교 육 형태별 3·4학년 학생 비율의 차이를 Pearson's chi-square test로 검정하였다. 환자안전 교과목 이수 형태와 환자안전 역량의 연관성을 확인하기 위해 다중회귀분석을 사용하였으며, 선행연구를 통해 간호대학생의 환자안전 역 량과 연관이 있다고 보고된 학년[22], 교과 외 병원 봉사·근로 경험[26,27], 교과 외 환자안전 학술활동 참여 경험 [28]을 공변량으로 통제하였다. 모든 분석은 양측, 유의수 준 $\alpha=.05$ 에서 수행하였다.

6. 윤리적 고려

이 연구는 Y대학교 기관생명윤리심의위원회의 승인(4-2024-1048)을 취득한 후 시행하였다. 설문에 참여하고자 하는 경우 대상자가 자발적으로 설문 링크에 접속하도록 하였고, 연구 참여에 동의한 경우에만 설문이 시작될 수 있 도록 하였다. 연구 설명문에는 연구의 목적 및 방법과 모든 자료는 익명으로 수집되고 연구 목적으로만 사용되며, 원 하는 경우 언제든지 연구 참여를 철회할 수 있음을 기술하였 다. 또한 연구 자료는 잠금이 되어있는 컴퓨터에 보관하고 연구 자료는 연구 종료 후 3년 간 보관된 후 폐기될 것을 명시하였다.

III. 연구결과

1. 대상자의 일반적 특성

전체 200명의 대상자 중 여성이 178명(89.0%)으로 다수 를 차지하였고, 평균 연령은 22.86 ± 2.27 세였으며, 3학년 이 112명(56.0%)이었다. 국내 50개 학교의 간호대학생이 설문 에 참여하였으며, 그 중 103명(51.1%)은 비수도권에 위치 한 간호대학 학생이었다. 교과 외 활동으로 병원에서 봉사나 근로활동 경험이 있는 대상자는 134명(67.0%)이었

고, 35명(17.5%)은 교과 외 환자안전 학술활동 참여 경험이 있었으며, 58명(29.0%)은 환자안전을 주제로 한 외부 교육을 수강한 경험이 있었다. 환자안전이 간호대학 내에서 독립된 교과목으로 운영될 필요성이 있다고 응답한 대상자는 156명(78.0%)이었다(Table 1).

2. 환자안전 교과목 운영 형태(기관 수준) 및 이수 경험(개인 수준)

간호대학생에게 현재 재학 중인 간호대학에서 환자안전 교육이 어떻게 운영되고 있는지를 설문한 결과, 환자안전이 타 교과목 내 세부 주제로 편성되어 있다고 응답한 대상자가 143명(71.5%)이었고, 57명(28.5%)만이 환자안전이 독립된 교과목으로써 운영된다고 응답하였다. 연구대상자가 실제로 이수한 환자안전 교과목의 형태에 대해 질문하였을 때, 독립된 환자안전과목을 수강하였다고 응답한 대상자는 36명(18.0%)에 불과하였다(Table 1).

Table 1. Differences in patient safety competency by participant characteristics and experience of curriculum exposure.

(N=200)

Variables	n (%) or Mean $\pm$ SD	Patient safety competency	
		Mean $\pm$ SD	t or r (p)
Gender			1.00 (.321)
Male	22 (11.0)	3.90 $\pm$ 0.62	
Female	178 (89.0)	3.77 $\pm$ 0.61	
Age (years)	22.86 $\pm$ 2.27		-0.07 (.302)
Year of study			-0.90 (.368)
3 rd year	112 (56.0)	3.75 $\pm$ 0.64	
4 th year	88 (44.0)	3.82 $\pm$ 0.59	
Hospital volunteering/paid work experience			2.42 (.018)
Yes	134 (67.0)	3.86 $\pm$ 0.51	
No	66 (33.0)	3.61 $\pm$ 0.76	
Participation in patient-safety conferences/seminars			2.47 (.014)
Yes	35 (17.5)	4.01 $\pm$ 0.62	
No	165 (82.5)	3.73 $\pm$ 0.61	
Completion of external patient-safety training (outside the curriculum)			0.63 (.529)
Yes	58 (29.0)	3.82 $\pm$ 0.52	
No	142 (71.0)	3.76 $\pm$ 0.65	
Perceived need for a stand-alone patient-safety course			1.19 (.237)
Necessary	156 (78.0)	3.81 $\pm$ 0.62	
Not necessary	44 (22.0)	3.68 $\pm$ 0.59	
Region of university			0.57 (.567)
Metropolitan	97 (48.5)	3.81 $\pm$ 0.60	
Non-metropolitan	103 (51.5)	3.76 $\pm$ 0.63	
Institutional offering of patient-safety education			1.44 (.151)
Stand-alone course offering	57 (28.5)	3.88 $\pm$ 0.61	
Embedded within other courses offering	143 (71.5)	3.74 $\pm$ 0.61	
Individual enrollment in patient-safety education			2.75 (.007)
Completed a stand-alone course	36 (18.0)	4.03 $\pm$ 0.55	
Completed patient-safety content embedded within other courses	164 (82.0)	3.73 $\pm$ 0.62	

WHO Patient Safety Curriculum Guide [11]의 11개 학습 주제를 기준으로 교육 내용 범위를 비교한 결과, 환자안전이 독립된 교과목으로 운영될 때 평균 8.19 ± 2.93 개의 학습 주제가, 통합 형식으로 운영될 때 평균 4.09 ± 3.54 개의 학습 주제가 다뤄진 것으로 확인되었다. 즉, 독립된 환자안전 교과목의 경우 포함된 주제의 수가 많았으며, 그 차이는 통계적으로 유의하였다($t=7.33$, $p<.001$). 주제 수의 차이뿐 아니라 주제별 격차의 패턴이 뚜렷했다. 특히 ‘환자 케어 시스템과 복잡함의 영향 이해하기’(독립 83.3% vs 통합 20.1%; $\chi^2=54.67$, $p<.001$; OR=19.85,

95% CI [7.63, 51.63]), ‘효과적인 팀원 되기’(독립 86.1% vs 통합 25.6%; $\chi^2=46.62$, $p<.001$; OR=18.01, 95% CI [6.58, 49.33]), ‘환자안전에서 인적 요인을 적용하는 것이 왜 중요한가?’(독립 83.3% vs 통합 33.5%; $\chi^2=29.95$, $p<.001$; OR=9.91, 95% CI [3.89, 25.23])에서 독립 교과목에서 해당 주제를 포함하는 비율이 현저히 높았다. 반면 ‘감염 예방과 관리’(독립 69.4% vs 통합 59.8%; $\chi^2=1.17$, $p=.279$)와 ‘환자안전과 침습적 절차’(독립 61.1% vs 통합 43.3%; $\chi^2=3.77$, $p=.052$)은 형식 간 차이가 통계적으로 유의하지 않았다(Table 2).

Table 2. Coverage of WHO patient-safety curriculum topics by instructional format.

(N=200)

Variables	Completed a stand-alone course (n=36)	Completed patient-safety content embedded within other courses (n=164)	t or χ^2 (p)	Odds ratio 95% CI
	n (%) or Mean $\pm$ SD			
Number of WHO patient safety curriculum guide topics included in the formal curriculum	8.19 $\pm$ 2.93	4.09 $\pm$ 3.54	7.33 (<.001)	
WHO patient safety curriculum guide topics				
1. What is patient safety?			17.36 (<.001)	9.27 [2.73, 31.44]
Included	33 (91.7)	89 (54.3)		
Not included	3 (8.3)	75 (45.7)		
2. Why applying human factors is important for patient safety?			29.95 (<.001)	9.91 [3.89, 25.23]
Included	30 (83.3)	55 (33.5)		
Not included	6 (16.7)	109 (66.5)		
3. Understanding systems and the effect of complexity on patient care			54.67 (<.001)	19.85 [7.63, 51.63]
Included	30 (83.3)	33 (20.1)		
Not included	6 (16.7)	131 (79.9)		
4. Being an effective team player			46.62 (<.001)	18.01 [6.58, 49.33]
Included	31 (86.1)	42 (25.6)		
Not included	5 (13.9)	122 (74.4)		
5. Learning from errors to prevent harm			26.07 (<.001)	8.67 [3.41, 22.02]
Included	30 (83.3)	60 (36.6)		
Not included	6 (16.7)	104 (63.4)		
6. Understanding and managing clinical risk			17.92 (<.001)	4.83 [2.24, 10.44]
Included	24 (66.7)	48 (29.3)		
Not included	12 (33.3)	116 (70.7)		
7. Using quality-improvement methods to improve care			10.03 (.002)	3.29 [1.54, 7.05]
Included	24 (66.7)	62 (37.8)		
Not included	12 (33.3)	102 (62.2)		
8. Engaging with patients and carers			15.77 (<.001)	4.29 [2.02, 9.11]
Included	20 (55.6)	37 (22.6)		
Not included	16 (44.4)	127 (77.4)		
9. Infection prevention and control			1.17 (.279)	1.53 [0.71, 3.32]
Included	25 (69.4)	98 (59.8)		
Not included	11 (30.6)	66 (40.2)		
10. Patient safety and invasive procedures			3.77 (.052)	2.06 [0.98, 4.31]
Included	22 (61.1)	71 (43.3)		
Not included	14 (38.9)	93 (56.7)		
11. Improving medication safety			8.29 (.004)	3.09 [1.40, 6.81]
Included	26 (72.2)	75 (45.7)		
Not included	10 (27.8)	89 (54.3)		

WHO=World Health Organization; CI=Confidence interval.

3. 대상자의 환자안전 역량

연구대상자의 전체 환자안전 역량 점수는 5점 만점에 평균 3.78 ± 0.62 점이었다. 환자안전 역량의 각 하위요인 중 효과적인 의사소통 역량 점수가 평균 3.94 ± 0.76 점으로 가장 높았고, 인적·환경적 요인에 대한 이해 평균 3.85 ± 0.78 점, 환자안전 문화 평균 3.81 ± 0.77 점, 위험요소 관리 평균 3.80 ± 0.70 점, 위해사건과 근접 오류의 발견과 대응 평균 3.76 ± 0.77 점 순이었다. 6개의 하위요인 중 팀워크 역량 점수가 평균 3.54 ± 0.77 점으로 가장 낮았다(Table 3).

4. 대상자의 일반적 특성에 따른 환자안전 역량

대상자의 환자안전 역량은 교과 외 병원 봉사·근로 경험과 교과 외 환자안전 학술활동 참여 경험에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 구체적으로 교과 외 활동으로써 병원 내에서 시행되는 봉사 및 근로 경험이 있는 경우가 ($t=2.42, p=.018$), 환자안전 학술활동 참여 경험이 있는 경우가($t=2.47, p=.014$) 그렇지 않은 경우 보다 통계적으로 높은 환자안전 역량 점수를 보였다. 대상자의 성별($t=1.00, p=.321$), 학년($t=-0.90, p=.368$), 환자안전 관련 외부 교육 수강 경험 여부($t=0.63, p=.529$), 환자안전의 독립 교과목 운영 필요성에 대한 인식 여부($t=1.19, p=.237$), 재학 중인 학교의 소재지($t=0.57, p=.567$)에 따른 환자안전 역량은 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 대상자의 연령은 환자안전 역량과 유의미한 상관관계가 없었다($r=-0.07, p=.302$) (Table 1).

5. 환자안전 교과목 이수 형태에 따른 환자안전 역량의 차이

학년에 따른 환자안전 역량 차이가 결과 해석에 영향을 미칠 가능성을 고려하여, 독립 교과목 이수 집단과 통합 형식 이수 집단 간 3·4학년 학생 비율의 차이를 검토하였다.

Pearson's chi-square test결과, 두 집단 간 3·4학년 학생 비율에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다($\chi^2=0.10, p=.755$). 이에 학년 분포의 차이에 따른 영향이 제한적인 것으로 판단되어, 이 연구에서는 학년을 구분하지 않고 교육 형태에 따른 환자안전 역량 점수를 비교하였다.

환자안전 교과목의 이수 형태에 따른 환자안전 역량 점수를 비교한 결과, 통합 형식 이수 집단보다 독립 교과목 이수 집단의 총점이 유의하게 높았다($t=2.75, p=.007$). 하위요인별 분석에서도, 효과적인 의사소통($t=2.38, p=.018$), 위험요소 관리($t=2.49, p=.014$), 인적·환경적 요인에 대한 이해($t=2.64, p=.009$), 환자안전 문화($t=2.22, p=.028$) 역량은 독립된 환자안전 교과목을 이수한 군에서 유의하게 높은 점수를 보였다. 팀워크($t=1.82, p=.071$)와 위해사건과 근접 오류의 발견과 대응($t=1.87, p=.063$) 역량은 독립 교과목 수강자 집단의 평균 점수가 더 높았지만, 그 차이가 통계적으로 유의하지 않았다(Table 4).

6. 환자안전 교과목 이수 경험이 환자안전 역량에 미치는 영향

간호대학생의 교과목 이수 경험과 환자안전 역량 간 연관성을 분석하기 위해 다중회귀분석을 실시하였다. 변수들 간의 다중공선성은 Kline [29]이 제시한 기준에 따라 평가하였다. 연구 변수들의 공차한계는 .43-.99으로 .10이상이고, 분산팽창계수는 1.01-1.06으로 10을 넘지 않아 다중공선성 문제는 없는 것으로 나타났다. 환자안전 역량과 관련이 있다고 보고된 학년, 교과 외 병원 봉사·근로 경험, 교과 외 환자안전 학술활동 참여 경험을 통제변수로 투입한 다중회귀분석 결과, 독립 교과목 형식의 환자안전 교육 수강은 간호대학생의 환자안전 역량과 유의한 정적 관련성을 보였다($\beta=.15, p=.036$) (Table 5).

Table 3. Means and standard deviations for participants' patient safety competency.

(N=200)

Variables	M	SD
Overall patient safety competency	3.78	0.62
Working in teams	3.54	0.77
Communicating effectively	3.94	0.76
Managing safety risks	3.80	0.70
Understanding human and environmental factors	3.85	0.78
Recognizing and responding to adverse events	3.76	0.77
Culture of safety	3.81	0.77

Table 4. Patient safety competency by instructional format.

(N=200)

Variables	Completed a stand-alone course (n=36)	Completed patient-safety content embedded within other courses (n=164)	t(p)
	Mean ± SD		
Overall patient safety competency	4.03±0.55	3.73±0.62	2.75(.007)
Working in teams	3.75±0.68	3.49±0.78	1.82(.071)
Communicating effectively	4.21±0.61	3.88±0.78	2.38(.018)
Managing safety risks	4.06±0.55	3.74±0.71	2.49(.014)
Understanding human and environmental factors	4.15±0.72	3.78±0.78	2.64(.009)
Recognizing and responding to adverse events	3.97±0.69	3.71±0.78	1.87(.063)
Culture of safety	4.06±0.81	3.75±0.75	2.22(.028)

Table 5. Factors associated with patient safety competency.

(N=200)

Variables	Beta	SE	β	t	p
Year of study					
3 rd year			Ref.		
4 th year	0.07	.09	.06	0.80	.423
Hospital volunteering/paid work experience					
Yes	0.20	.09	.15	2.15	.033
No			Ref.		
Participation in patient-safety conferences/seminars					
Yes	0.20	.11	.13	1.80	.073
No			Ref.		
Individual enrollment in patient-safety education					
Completed a stand-alone course	0.24	.11	.15	2.11	.036
Completed patient-safety content embedded within other courses			Ref.		

SE=Standard error; Ref.=Reference group.

IV. 고찰

이 연구는 국내 간호대학생이 경험한 환자안전 교과 교육의 운영 형태를 조사하고, 수강 형태와 간호대학생의 환자안전 역량 간 연관성을 파악하기 위해 시행되었다. 학생 자기 보고에 따르면, 이 연구 참여 학생들이 재학 중인 다수의 간호대학에서는 환자안전 교육이 타 교과목에 통합되어 제공되고 있음을 파악할 수 있었다. 독립 교과목으로 이수한 학생들은 통합 형식으로 학습한 학생들에 비해 WHO Patient Safety Curriculum Guide [11]의 11개 학습 주제 중 더 많은 주제를 경험하였다. 특히 ‘환자 케어 시스템과 복잡함의 영향 이해하기’, ‘효과적인 팀원 되기’, ‘환자안전에서 인적 요인을 적용하는 것이 왜 중요한가?’ 등 시스템·팀 기반 역량에서 격차가 두드러졌고, 이러한 교육범위의 차이는 환자안전 역량 총점 및 4개 하위요인(효과적인 의사소통, 위험요소 관리, 인적·환경적 요인에 대한 이해, 환자안전 문화)의 유의한 차이로 연결되었다. 이러한 결과는 환자안전을 독립된 교과목으로 운영하는 경우 환자안전 교육에 더 많은 시간을 할애할 수 있을 뿐 아니라 체계적인 교육이 가능하기 때문일 수 있다. 타 교과목의 세부 주제(통합 형식)로써 환자안전을 교육받는 경우, 학생들은 여러 교과목 속에 산재되어 있는 환자안전 주제들을 스스로 통합하고 조직화해야 한다[30]. 이에 반해, 독립된 교과목의 경우 일관되고 체계적인 환자안전 교육을 제공할 수 있어 학습자가 교육 내용을 이해하고 습득하는 것을 용이하게 하여 학생들이 교육 내용에 더 많은 학습 주제들이 포함되었다고 인식하였을 수 있다[30]. 통합 형식의 교육은 감염관리·침습적 절차처럼 절차 중심 주제에는 도달하더라도, 시스템 사고와 팀 기반 학습처럼 구조화된 설계가 필요한 영역을 충분히 포괄하지 못할 가능성이 있다. 따라서 간호교육에서는 독립 교과목 또는 이에 준하는 커리큘럼을 통해 시스템·팀 기반 주제를 명시적으로 강화할 필요가 있다[10]. 다만 이 연구에서 확인된 교육 효과는 임상 수행행동의 변화를 직접적으로 검증한 결과라기보다는, 학습자의 자기 보고에 근거한 지식·태도·인식 수준에서 나타난 학습성으로 해석할 필요가 있다.

전체 연구대상자의 환자안전 역량 중 팀워크 역량과 위해사건과 근접 오류의 발견과 대응 역량은 가장 낮은 점수를 보였고, 이는 간호대학생의 환자안전 역량을 조사한 타 선행연구 결과와 유사한 경향이었다[31]. 독립된 교과목을 수강한 군에서 그렇지 않은 대상자 군에 비해 해당 역량과 관련된 학습 주제를 수강하였다고 응답한 비율이 높았음에도 불구하고, 환자안전 교육 수강 형태에 따른 지식 및 태도의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다. 이러한 결과는 간호대학생들이 타 보건의료인의 역할을 이해하고 그들과 협력하는 것과 환자안전 위험요소를 인지하고 위해사건을 보고하며 재발을 방지하는 것에 대해 낮은 자신감을 가지는 것을 의미할 수 있다. 따라서 추후 간호대학생 대상 환자안전 교과 교육 설계 시, 팀워크 역량 및 위해사건과 근접 오류의 발견과 대응 역량 증진을 위한 프로그램을 포함하는 것이 필요하며, 다학제 전문직 간 교육이 한 가지 방법이 될 수 있다. 이는 다른 전공의 예비 보건의료인과 직접 소통하고 협업할 수 있는 기회가 되어 다양한 보건의료인과 협력하기 위한 지식, 태도, 기술의 향상에 도움이 된다[32]. 뿐만 아니라, 보건의료시스템을 구성하는 다양한 개인, 부서, 기관, 환경의 유기적인 상호작용을 이해하는 시스템 사고 방식을 배울 수 있게 하여[33], 의료시스템의 복잡성에서 기인하는 환자안전 위험요인의 근본원인 파악 및 해결책 마련 능력을 강화할 수 있다[3].

다중회귀분석 결과, 환자안전을 독립된 교과목으로 수강하는 것은 간호대학생의 환자안전 역량과 정적인 관련이 있었다. 이는 환자안전이 독립 교과목으로 운영될 경우 보다 구조화되고 집중적인 교육이 이루어질 수 있음을 시사한다[9]. 그러나, 이러한 결과가 수강 방식 그 자체에 기인한다고 단정하기는 어렵다. 간호대학생의 환자안전 역량 향상에 독립된 교과목이 운영되는 대학의 교육 환경[34], 교수자의 전문성[35], 학생의 동기 수준[36] 등 다양한 요인이 복합적으로 작용했을 가능성이 있기 때문이다. 이에 따라 향후 연구에서는 교육의 질적 요소와 교수 방법, 학습자의 참여도 등을 통합적으로 고려한 분석이 필요하다.

이 연구참여자의 대다수가 독립된 환자안전 교과목 운영이 필요하다고 인식하고 있었으며, 이는 국내 간호대학생

을 대상으로 환자안전 교과 교육의 필요성을 조사한 선행 연구 결과와 일치한다[37]. 환자안전 독립 교과목의 필요성에 대한 학생들의 인식과 더불어, 독립된 교과목 수강과 간호대학생들의 환자안전 역량 향상 간 정적인 연관성을 고려하였을 때, 간호대학 정규 교육과정 내 환자안전 독립 교과목 운영을 고려할 필요가 있다. 그러나 현행 교육 환경 내 환자안전 교육자의 부족, 교과과정 조정의 어려움 등 독립된 환자안전 교과목 시행에는 여러 어려움이 있다[2,38]. 이를 해결하기 위해서는 체계적인 교과과정 접근과 이를 뒷받침할 교수역량 개발, 표준화된 커리큘럼 및 명시적 교육 표준·목표 마련이 필요하다[10].

이 연구는 다음과 같은 제한점을 지닌다. 첫째, 국내 50개의 간호대학에 재학 중인 간호대학생이 연구에 참여하였으나, 편의 표집을 통해 참여자를 모집하였으므로 연구 결과를 국내 전체 간호대학생으로 일반화하기에는 제한이 있다. 둘째, 이 연구는 대상자 모집 및 결과 분석 과정에서 환자안전 역량과 관련이 있다고 확인된 변인들을 통제하였으나, 임상실습 기간[39], 환자안전 사건 목격 경험[40] 등 다른 요인들이 간호대학생의 환자안전 역량에 영향을 미쳤을 가능성을 배제할 수 없다. 또한, 비록 집단 간 학년 분포에는 통계적으로 유의한 차이가 확인되지 않았고 회귀분석에서 학년을 통제하였으나, 학년에 따른 교육 경험 및 임상경험의 차이가 환자안전 역량에 미칠 수 있는 영향을 완전히 배제할 수 없다. 셋째, 이 연구는 횡단적 연구 설계로 시행되었기 때문에, 독립된 환자안전 교과목 이수와 환자안전 역량 간의 관련성만을 확인할 수 있었다. 마지막으로, 환자안전 교육의 운영 형태와 범위를 학습자의 자기 보고에 근거해 측정하였기에, 개별 학습자의 회상 편향 및 학습 내용에 대한 학습자 간 인식의 차이 등으로 인하여 실제 대학 차원의 교육 제공 내용 및 강도와 불일치가 발생했을 가능성을 배제할 수 없다. 그럼에도 불구하고, 이 연구는 세종시(간호대학 부재)를 제외한 전국 16개 시·도에 위치한 간호대학에 재학 중인 학생들이 경험한 환자안전 교과목 운영 형태와 이수 형태에 따른 역량 차이를 동시에 제시했다는 점에서 의의가 있다. 특히 WHO 학습 주제의 포함 범위와 역량 지표를 연결하여, 환자안전 독립 교과목의 교육적

가치를 경험적 자료로 뒷받침하였다.

간호교육에서 환자안전 교육의 효과를 보다 정확히 규명하기 위해서는, 첫째 전국 단위 층화확률표집과 다기관 표본을 활용해 외적 타당도를 높일 필요가 있다. 둘째, 단면 자료의 제약을 넘기 위해 종단·준실험·무작위 배정 설계의 도입을 제언한다. 셋째, 강의계획서·교과과정 문서·시수·평가자료 및 교수자와 학생 보고를 결합하는 자료 트라이앵글레이션 방법을 통해 교육 운영 형태 측정의 정확도를 높일 것을 제언한다. 넷째, 결과 평가는 학습자의 자기 보고 역량뿐 아니라 객관적 수행지표(예: 시뮬레이션·현장 기반 평가)를 통해 측정하고, 측정 동등성을 확인해 비교 가능성을 확보하는 것을 제언한다. 마지막으로, 학교 간 교육 편차를 줄이기 위해 표준화된 커리큘럼·교수역량 개발 체계 및 인증 지표(주제 포괄률·최소 시수·수행지표 보고) 마련을 병행할 것을 제언한다.

V. 결론

이 연구는 간호대학생들을 대상으로 국내 간호대학에서 운영되는 환자안전 교과 교육 형태를 탐색하고, 교육과 환자안전 역량 간의 관련성을 확인한 서술적 조사 연구이다. 연구 결과에 따르면 국내 간호대학의 환자안전 교육은 대체로 타 교과목의 세부 주제로 시행되고 있었다. 그러나 환자안전 교육이 독립된 교과과정으로 운영될 때, WHO에서 제안한 환자안전 주제를 다양하게 포함할 수 있을 뿐 아니라 간호대학생의 높은 환자안전 역량과도 관련이 있음을 확인하였다. 이러한 연구 결과는 환자안전 역량을 함양한 예비 간호인력 양성을 위해 간호대학 내 독립된 환자안전 교과목 설치 및 운영이 필요함을 시사한다. 각 간호대학이 환자안전을 독립된 교과목으로 개발하고 운영할 수 있도록 정부와 관련 부처들은 표준화된 교육과정을 개발 및 제공하고, 교과목을 운영하는 교수진의 역량 강화를 위한 훈련 과정을 마련해야 한다. 이러한 노력들은 환자안전 역량을 갖춘 간호인력 양성에 기여하여 궁극적으로 환자안전 향상으로 이어질 수 있을 것이다.

VI. 참고문헌

1. World Health Organization. Global patient safety report 2024 [Internet]. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2024 [cited 2025 Sep 14]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240095458>.
2. World Health Organization. Global patient safety action plan 2021-2030 [Internet]. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2021 [cited 2025 Sep 14]. Available from: <https://www.who.int/teams/integrated-health-services/patient-safety/policy/global-patient-safety-action-plan>.
3. World Health Organization. Patient safety [Internet]. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2023 [cited 2025 Apr 15]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/patient-safety>.
4. Lee SE, Lee MH, Peters AB, Gwon SH. Assessment of patient safety and cultural competencies among senior baccalaureate nursing students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(12):4225.
5. Canadian Patient Safety Institute. The safety competencies: enhancing patient safety across the health professions. 2nd edition [Internet]. Alberta, Canada: Canadian Patient Safety Institute; 2020 [cited 2025 Sep 14]. Available from: https://www.healthcareexcellence.ca/media/115mbc4z/cp-si-safetycompetencies_en_digital-final-ua.pdf.
6. Torkaman M, Sabzi A, Farokhzadian J. The effect of patient safety education on undergraduate nursing students' patient safety competencies. *Community Health Equity Research & Policy*. 2022;42(2):219-24.
7. Moon I-O, Ryu JL. The mediating effect of system thinking and communication competence for patients safety between patient safety competence and practice of patient safety management of nursing students. *Journal of Korea Academia-Industrial Cooperation Society*. 2023;24(6):521-31.
8. Zaitoun RA, Said NB, de Tantillo L. Clinical nurse competence and its effect on patient safety culture: a systematic review. *BMC Nursing*. 2023;22(1):173.
9. Lee SE, Dahinten VS. Evaluating a patient safety course for undergraduate nursing students: a quasi-experimental study. *Collegian*. 2023;30(1):75-83.
10. Lee SE, Dathinten VS, Do H. Patient safety education in preregistration nursing programmes in South Korea. *International Nursing Review*. 2020;67(4):512-8.
11. World Health Organization. Patient safety curriculum guide: multi-professional edition [Internet]. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2011 [cited 2025 Sep 14]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241501958>.
12. Mansour MJ, Al Shadafan SF, Abu-Sneineh FT, AlAmer MM. Integrating patient safety education in the undergraduate nursing curriculum: a discussion paper. *The Open Nursing Journal*. 2018;12:125-32.
13. Ministry of Health and Welfare. The second patient safety comprehensive plan (2023-2027) [Internet]. Seoul, Korea: Ministry of Health and Welfare; 2023 [cited 2025 Sep 14]. Available from: https://www.mohw.go.kr/board.es?mid=a10401000000&bid=0008&act=view&list_no=1479526&tag=&nPage=1.
14. Korean Accreditation Board of Nursing Education. 4th accreditation standards for nursing education [Internet]. Seoul, Korea: Korean Accreditation

- Board of Nursing Education; 2021 [cited 2025 Sep 14]. Available from: <http://old.kabone.or.kr/Hy-Admin/upload/goodFile/120210915082357.pdf>.
15. Korean Nurses Association Regional Patient Safety Center. Forum on improving awareness of patient safety: development direction of patient safety education for prospective nurses [Internet]. Seoul, Korea: Korean Nurses Association Regional Patient Safety Center; 2023 [cited 2025 Sep 13]. Available from: <https://lnp.nanet.go.kr/policy/memberNaAssPolicy/detail.do?control-No=PAMP10000000074074>.
 16. Kirwan M, Riklikiene O, Gotlib J, Fuster P, Borta M. Regulation and current status of patient safety content in pre-registration nurse education in 27 countries: findings from the Rationing - Missed nursing care (RANCARE) COST action project. *Nurse Education in Practice*. 2019;37:132-40.
 17. Organisation for Economic Co-operation and Development. Curriculum flexibility and autonomy: promoting a thriving learning environment [Internet]. Paris, France: Organisation for Economic Co-operation and Development; 2024 [cited 2025 Nov 8]. Available from: https://www.oecd.org/en/publications/curriculum-flexibility-and-autonomy_ecbbac2-en.html.
 18. Tella S, Liukka M, Jamookeeah D, Smith NJ, Partanen P, Turunen H. What do nursing students learn about patient safety? an integrative literature review. *Journal of Nursing Education*. 2014;53(1):7-13.
 19. Usher K, Woods C, Conway J, Lea J, Parker V, Barrett F, et al. Patient safety content and delivery in pre-registration nursing curricula: a national cross-sectional survey study. *Nurse Education Today*. 2018;66:82-9.
 20. Roh H. Patient safety education for medical students: global trends and Korea's status. *Korean Medical Education Review*. 2019;21(1):1-12.
 21. Oh HM, Lee W, Jang SG, Kim SY. Current practices and future directions in patient safety education and curriculum in medical schools. *Korean Medical Education Review*. 2019;21(3):143-9.
 22. Fırat Kılıç H, Cevheroğlu S. Patient safety competencies of nursing students. *Nurse Education Today*. 2023;121:105666.
 23. Cui F, Jin Y, Wang R, Zhang J, Jin C, Xu F, et al. Exploring nursing students' reality shock and professional behavioral development in clinical practice: a hermeneutic phenomenological study. *Frontiers in Medicine*. 2025;12:1490975.
 24. Oh J, Kim M. Person-centered care and patient safety competency of nursing students analysis of the relationship between patient safety management confidence. *The Journal of Humanities and Social Sciences* 21. 2021;12(1):1361-73.
 25. Ginsburg L, Castel E, Tregunno D, Norton PG. The H-PEPSS: an instrument to measure health professionals' perceptions of patient safety competence at entry into practice. *BMJ Quality & Safety*. 2012;21(8):676-84.
 26. Strkljevic I, Tiedemann A, Souza de Oliveira J, Haynes A, Sherrington C. Health professionals' involvement in volunteering their professional skills: a scoping review. *Frontiers in Medicine*. 2024;11:1368661.
 27. Hasson F, McKenna HP, Keeney S. A qualitative study exploring the impact of student nurses working part time as a health care assistant. *Nurse Education Today*. 2013;33(8):873-9.
 28. Yılmaz A, Erdem Ö. Patient safety competence of nursing students and affecting factors. *Jour-*

- nal of Patient Safety and Risk Management. 2023;29(1):54-62.
29. Kline RB. Principles and practice of structural equation modeling. 5th ed. New York, United States: Guilford Press; 2023.
30. Dionisi S, Di Muzio M, Giannetta N, Di Simone E, Gallina B, Napoli C, et al. Nursing students' experience of risk assessment, prevention and management: a systematic review. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*. 2021;62(1):E122-31.
31. Alquwez N, Cruz JP, Alshammari F, Felemban EM, Almazan JU, Tumala RB, et al. A multiuniversity assessment of patient safety competence during clinical training among baccalaureate nursing students: a crosssectional study. *Journal of Clinical Nursing*. 2019;28(9-10):1771-81.
32. Lim H, Kim HI, Kim M, Lee SE. Systematic review on interprofessional education for pre-licensure nursing student in East Asia. *Quality Improvement in Health Care*. 2024;30(1):132-52.
33. McNamara M, Teeling SP. Introducing health care professionals to systems thinking through an integrated curriculum for leading in health systems. *Journal of Nursing Management*. 2021;29(8):2325-8.
34. Lee N-J, Jang H, Park S-Y. Patient safety education and baccalaureate nursing students' patient safety competency: a crosssectional study. *Nursing & Health Sciences*. 2016;18(2):163-71.
35. Ahn S, Lee N-J, Jang, H. Patient safety teaching competency of nursing faculty. *Journal of Korean Academy of Nursing*. 2018;48(6):720-30.
36. Bang M-S, Yang H-J, Choi M-H. The effect of nursing students' patient safety management activities on patient safety competence. *Journal of the Korean Society of Industry Convergence*. 2025;28(1):61-70.
37. Shin S-H, Baek O-J. Experiences of patient safety education and factors affecting the willingness to participate in patient safety in undergraduate nursing students in South Korea. *Healthcare*. 2023;12(1):54.
38. Dissanayake DMAP, Dharmasena KP, Warnakulasuriya SSP. Challenges of integrating patient safety into nursing curricula: an integrative literature review. *Journal of Patient Safety and Risk Management*. 2024;29(1):8-35.
39. Mohammed T, Woldearegay E, Kedir S, Ahmed K, Getnet M, Gudina EK. Patient safety knowledge, attitude and practice among undergraduate health science students in South West Ethiopia. *Frontiers in Public Health*. 2022;10:1064896.
40. Huang FF, Shen XY, Chen XL, He LP, Huang SF, Li JX. Self-reported confidence in patient safety competencies among Chinese nursing students: a multi-site cross-sectional survey. *BMC Medical Education*. 2020;20:32.

딥러닝 기반 욕창 분석 모바일 애플리케이션의 단계 분류 성능 및 임상 적용 가능성

장상현¹, 강민수², 임춘화³, 허명행⁴, 배경화⁵

¹대전을지대학교병원 신경과, ²을지대학교 빅데이터의료융합학과, ³대전을지대학교병원 진단검사의학과, ⁴을지대학교 간호학과, ⁵대전을지대학교병원 QI부

Stage Classification Performance and Clinical Applicability of a Deep Learning–Based Mobile Application for Pressure Injury Analysis

Sang-Hyun Jang¹, Min-Su Kang², Chun-Hwa Lim³, Myung-Haeng Heo⁴, Kyung-Hwa Bae⁵

¹Professor, Department of Neurology, Daejeon Eulji University Hospital, Daejeon, ²Professor, Department of Big Data Medical Convergence, Eulji University, Seongnam, ³Professor, Department of Laboratory Medicine, Daejeon Eulji University Hospital, Daejeon, ⁴Professor, College of Nursing, Eulji University, Uijeongbu, ⁵Team Leader, Quality Improvement Department, Daejeon Eulji University Hospital, Daejeon Republic of Korea

Purpose: The purpose of this study was twofold: 1) to reduce inter-rater variability in pressure injury staging and 2) to explore the feasibility of a supportive tool for clinical practice by evaluating the agreement between automated classification results and the clinical applicability of a deep learning-based mobile application for pressure injury analysis.

Methods: In this single-center prospective pilot study, clinical images from 20 patients with pressure injuries were used to calculate Cohen's kappa for inter-expert and expertAI agreements. Stage-specific performance analyses were conducted only for pressure injuries classified as Stages 2-4, as no cases of Stage 1, deep-tissue pressure injury, or unstageable pressure injury were observed. In addition, a 10-item survey was administered to 50 nurses to assess ease of learning, interface intuitiveness, clinical usefulness, and overall satisfaction.

Results: The interexpert kappa was 0.703, indicating substantial agreement, whereas the expertAI kappa ranged from 0.615 to 0.730, reflecting moderate to substantial agreement. Nurse satisfaction (N = 50) showed high positive response rates for ease of learning (94%), intuitive usability (88%), and support for clinical judgment (88%). Opportunities for further functional refinement to support broader clinical implementation were identified.

Conclusion: As this was a single-center pilot study, the findings should be interpreted as preliminary. The AI-based application for determining pressure injury stage classification demonstrated moderate to substantial agreement with expert assessments, and nurse satisfaction was generally favorable, suggesting that the application may serve as an assistive decision-support tool for pressure injury staging. Further multicenter studies are warranted to confirm its clinical applicability and performance.

Keywords: Pressure ulcer, Artificial intelligence, Mobile applications, Deep learning

Received: Jan.06.2026 **Revised:** Feb.09.2026 **Accepted:** Mar.03.2026

Correspondence: Kyung-Hwa Bae

Daejeon Eulji University Hospital, 95 Dunsanse-ro, Seo-gu, Daejeon 35233, Republic of Korea

Tel: +82-42-611-3093 **E-mail:** sori1004@eulji.ac.kr

Funding: None **Conflict of Interest:** None

Quality Improvement in Health Care vol.32 no.1

© The Author 2026. Published by Korean Society for Quality in Health Care; all rights reserved

I. 서론

욕창(pressure injury)은 대표적인 환자안전사고 중 하나로, 특히 장기 입원 환자와 중환자에서 빈번하게 발생하는 예방 가능한 합병증이다[1]. 피부 및 피하조직의 국소적 손상에서 시작된 욕창은 적절한 예방과 관리가 이루어지지 않을 경우 감염, 골수염, 패혈증 등 중대한 합병증으로 진행할 수 있으며[2]. 이는 환자의 삶의 질 저하, 입원 기간 연장, 의료비용 증가로 이어진다 [3, 4]. 이러한 특성으로 인해 욕창은 다수 국가에서 대표적인 예방 가능한 병원 내 위해사건(preventable hospital-acquired condition)으로 분류되고 있다[5].

욕창 관리는 예방 중심의 질 관리 영역으로, 입원 초기의 정확한 사정과 단계 판정은 표준화된 간호중재 제공과 성과 지표 관리의 핵심 요소이다[6]. 그러나 실제 임상에서는 욕창 단계 판정이 평가자의 임상 경험과 숙련도에 크게 의존하며, 미세한 병변 차이를 구분하는 데 어려움이 있어 평가자 간 변이가 발생할 수 있다[7].

특히 미국 욕창 자문위원회(National Pressure Injury Advisory Panel, NPIAP) 기준에 따라 욕창은 Stage 1 - 4 뿐 아니라 심부조직손상(deep tissue pressure injury, DTPI)과 미분류(unstageable)를 포함하는 복합적 분류 체계를 가지므로, 초기 판정의 정확성과 일관성은 치료 방향과 간호중재 선택에 직접적인 영향을 미친다[8, 9]. 최근 AI 기반 영상 분석 기술과 모바일 애플리케이션을 활용한 욕창 사정 보조 시스템이 개발되면서, 욕창 단계 판정의 표준화와 평가자 간 변이 감소를 위한 대안으로 주목받고 있다[10].

Seo 등[11]은 CNN (Convolutional Neural Network) 모델을 활용하여 욕창 단계를 자동 분류한 결과, 임상 간호사 판정과 유사한 수준의 정확도를 보고하였다. Chang 등 [10]은 YOLOv8m 기반 경량 모델을 모바일 환경에 적용하여 Stage 1 - 4, DTPI, unstageable을 포함한 자동 분류 시스템을 개발하고 전체 정확도 84.6%를 보고함으로써, 모바일 환경에서도 임상적으로 활용 가능한 성능을 입증하였다. 그러나 기존 상용 욕창 분석 애플리케이션은 주

로 국외 알고리즘에 기반하거나 국내 임상 환경에서의 검증이 충분하지 않아 실제 간호 실무 적용에는 한계가 있다. 이에 이 연구는 병원과 대학 연구팀이 공동 개발한 AI 기반 욕창 분석 모바일 애플리케이션을 욕창 사정의 표준화와 현장 적용을 위한 질 향상(Quality Improvement, QI) 도구로 보고, 전문가 - 인공지능(Artificial Intelligence, AI)간 일치도와 간호사 수용성을 통합적으로 평가하여 임상 적용 가능성을 검증하고자 하였다.

II. 연구 목적

이 연구의 목적은 AI 기반 욕창 분석 모바일 애플리케이션의 자동 분류 성능과 임상 적용 가능성을 평가하는 것이다. 이를 위해 연구자 판정과 AI 자동 분류 결과 간 일치도를 비교·분석하고, 의료진을 대상으로 사용 편의성과 임상적 유용성에 대한 만족도를 조사함으로써, 이 애플리케이션의 임상적 신뢰성과 실제 간호 실무에서의 적용 가능성을 검증하고자 하였다.

III. 연구방법

1. 연구 설계

이 연구는 딥러닝 기반 욕창 단계 자동 분류 모바일 애플리케이션의 임상적 타당성과 실제 사용 편의성을 평가하기 위해 수행된 전향적 기술·비교 파일럿 연구(descriptive comparative prospective pilot study)이다. 이 연구는 AI 모델 개발을 위한 임상 이미지 제공 단계부터 실제 임상 환경에서의 파일럿 검증 및 간호사 만족도 평가에 이르기까지 일련의 다단계 구조로 설계되었다.

첫째, AI 학습용 데이터 구축을 위해 병원에서는 총 1,200장의 욕창 임상 이미지를 수집하여 대학 연구팀에 제공하였다. 이 이미지는 1-4단계, DTPI, unstageable 등 다양한 욕창 단계와 병변 특성을 포함하고 있었으며, 이미지 품질, 촬영 각도, 피부 톤 등이 임상 현장의 실제 변동성을 반영할 수 있도록 포괄적으로 구성되었다. 제공된 모든

이미지는 철저한 비식별화 절차를 거친 후 AI 학습·검증용 데이터셋으로 활용되었다.

둘째, 대학 연구팀은 제공된 임상 이미지를 기반으로 AI 알고리즘 및 모바일 애플리케이션을 개발하였다. 딥러닝 기반 객체 탐지 모델을 사용하여 상처 영역을 자동으로 인식하고, NPIAP기준에 따라 욕창 단계를 분류하는 모델을 구축하였다. 이후 모델 성능을 최적화하고 모바일 환경에서 실시간 분류가 가능하도록 애플리케이션 형태로 구현하였다.

셋째, 개발된 애플리케이션의 분류 성능과 신뢰성을 확인하기 위해 욕창 환자 20명으로부터 수집된 임상 파일럿 평가용 이미지를 활용하여 전문가 판정과 AI 자동 분류 결과 간의 일치도를 분석하였다. 욕창 사정 경험이 풍부한 간호사 2인이 NPIAP 기준에 따라 독립적으로 이미지를 판독하였으며, 동일 이미지에 대해 AI 자동 분류 결과를 산출하여 연구자 - AI 간의 분류 일치도를 평가하였다.

넷째, 애플리케이션의 사용자 수용성과 실무 적합성을 평가하기 위해 이 연구에서는 애플리케이션 사용 경험이 있는 임상 간호사 50명을 대상으로 학습 용이성, 사용 편의성, 인터페이스 직관성, 임상적 유용성 등 실제 사용 경험에 대한 만족도를 조사하였다. 이를 통해 자동 분류 기능뿐 아니라 실제 간호업무 흐름에서의 활용 가능성을 포괄적으로 검토하였다.

이 연구는 파일럿 연구의 특성에 따라 초기 임상 적용 가

능성을 탐색하는 데 중점을 두었으며, 연구의 구성·수행·보고는 CONSORT 2010 확장 가이드라인(Consolidated Standards of Reporting Trials 2010 extension for pilot and feasibility trials)을 준용하여 이루어졌다[12]. 이러한 구조화된 연구 설계를 통해 모바일 AI 애플리케이션의 기술적 성능과 임상 실무 적용성을 다각도로 평가하고자 하였다.

2. AI개발을 위한 임상 이미지 제공

이 연구에서 사용된 인공지능 모델의 학습 및 검증을 위해, 병원에서는 욕창 환자의 병변 부위를 촬영한 임상 이미지를 수집하여 대학 연구팀에 제공하였다. 총 1,200장의 임상 이미지는 욕창의 다양한 단계(Stage 1 - 4, DTPI, unstageable)를 포함하고 있고, 촬영 각도, 조명 조건, 피부톤 등 실제 임상 환경에서 발생할 수 있는 변동성을 충분히 반영하였다.

이미지 제공에 앞서 모든 자료는 개인 식별이 불가능하도록 철저한 비식별화 절차를 거쳤다. 병원은 임상 데이터 제공 및 요구 기능 정의에 한하여 연구에 참여하였으며, 인공지능 알고리즘의 설계 및 개발 과정에는 직접 관여하지 않았다. Figure 1에는 이 연구에 활용된 임상 이미지의 예시를 제시하였다.



Figure 1. Data collection example.

3. AI 모바일 애플리케이션 개발(대학 연구팀)

AI 알고리즘 개발과 모바일 애플리케이션 구현은 대학 연구팀이 전적으로 수행하였다. 제공된 임상 이미지로 학습 데이터셋을 구축한 뒤, 딥러닝 기반 객체 탐지 모델을 활용해 욕창 상처 영역을 자동 인식하고 CNN 기반 분류 모델을 적용하여 NPIAP 기준에 따라 Stage 1 - 4를 자동 분류하는 알고리즘을 개발하였다 완성된 모델은 모바일 애플리케이션과 연동되도록 구현되었으며, 간호사가 이미지를 업로드하면 실시간으로 단계가 제시되도록 설계하였다(Figure 2).

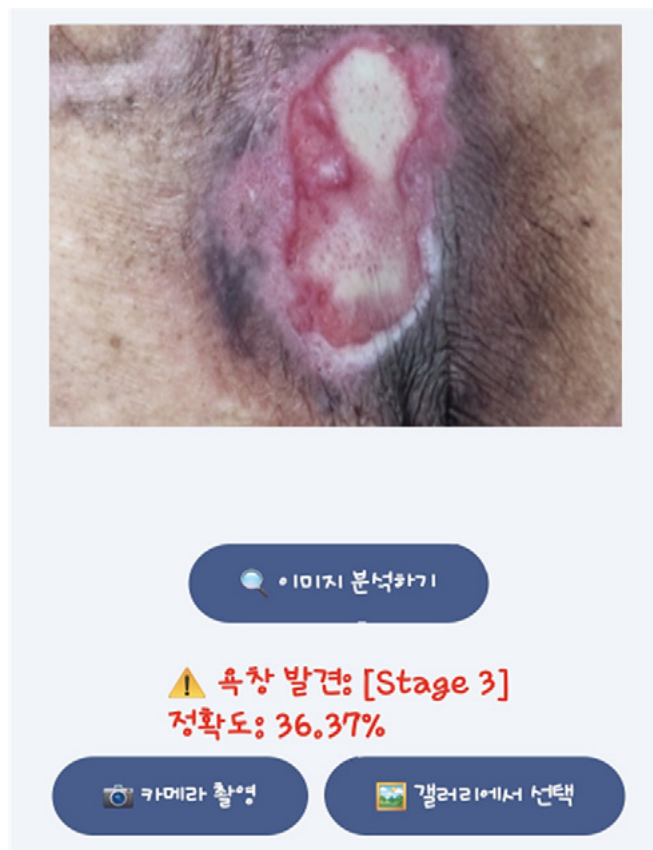


Figure 2. Development and integration of the research mobile application.

4. 임상 파일럿 연구 절차

1) 연구 대상자 산출 근거 및 모집

파일럿 연구에서의 적정 표본 수는 Hertzog [13] 및 Julious [14]의 제안에 따라 10-30명 수준의 소규모 표본이 일반적으로 사용되며, 실제 의료영상 기반 파일럿 연구에서도 유사한 규모가 적용되고 있다. 또한 Chang 등 [10]은 딥러닝 기반 모바일 애플리케이션을 개발하고 파일럿 수준의 테스트를 통해 이미지 기반 모델을 평가하였으며, 초기 검증 단계에서는 제한된 수의 이미지를 대상으로 실제 적용 가능성을 탐색하는 방식을 사용한 바 있다.

이에 이 연구는 임상 적용 가능성과 시스템 작동 정확성을 확인하는 전향적 파일럿 연구로서, CONSORT 2010 확장 가이드라인을 준수[12]하여 설계·보고하였다. 임상 파일럿용 평가를 위해 욕창 환자 20명으로부터 동의를 구한 후 수집한 이미지를 활용하여 연구자 판정과 AI 자동 분류 결과 간 일치도를 분석하였다.

2) 연구 간호사 선정 및 평가

욕창 단계 분류에 대한 임상적 전문성을 확보하기 위해, 욕창 사정 경험이 풍부한 임상 경력 10년 이상의 간호사 2인을 전문가 평가자로 선정하였다. 선정된 간호사들은 모두 NPIAP기준에 기반한 욕창 단계 분류 교육을 사전에 받았으며, 연구 과정에서 서로의 평가에 영향을 주지 않도록 독립적으로 판독을 수행하였다.

3) 욕창 병변 이미지 수집 및 분류

(1) 욕창 평가 단계 일치도 분석

연구자 평가는 욕창 평가 경험이 풍부한 연구 간호사 2인이 수행하였다. 평가 전, NPIAP 기준에 따라 욕창 단계를 일관되게 분류할 수 있도록 평가 지침과 표준화된 예시 이미지를 활용한 사전 교육을 시행하였다. 연구 간호사 1

은 연구 대상자로부터 사전 동의를 받은 후 각 환자의 욕창 사정기록지 및 임상 소견을 참고하여 병변 부위를 욕창으로 독립적으로 판독하였으며, 다른 평가자의 영향을 받지 않도록 상호 간섭이 없는 환경에서 평가를 진행하였다. 판독 결과는 단계별로 기록하였고, 동일 시점에 병변 부위의 임상 이미지를 함께 수집하였다.

(2) 연구 간호사의 욕창 이미지 판독

또 다른 연구 간호사 1인은 비식별화된 욕창 이미지를 제공받아 동일한 NPIAP 기준을 적용하여 단계별 라벨링을 수행하였다. 이 평가는 환자 정보가 완전히 제거된 상태에서 독립적으로 이루어졌으며, 각 이미지를 stage 1-4단계 중 하나로 분류하였다. 두 연구 간호사 간 평가는 서로 간섭 없이 개별적으로 수행되었으며, 동일한 기준과 판정 정의를 사용하여 평가 간 신뢰도를 확보하고자 하였다. 이 연구에서 사용한 NPIAP 기반 욕창 단계 분류 체계는 Figure 3[9]에 제시하였다.

(3) AI 기반 자동 분류

AI 기반 분석은 딥러닝 알고리즘이 탑재된 모바일 애플리케이션을 활용하여 수행되었다. 촬영된 욕창 이미지는 애플리케이션에 입력되었으며, 내장된 CNN 기반 분류 알고리즘에 의해 욕창 상처 영역이 자동 탐지된 후 1-4단계 중

하나로 분류되었다. AI가 산출한 단계 결과는 자동으로 기록되었으며, 연구 간호사 판독 결과와 동일한 형식으로 저장하여 이후 일치도 및 진단 성능 분석에 활용하였다.

4) AI 결과와 연구자 평가 결과 비교

AI 자동 분류 결과와 두 연구자 평가 결과 간 일치도는 Cohen의 카파 계수(Cohen's kappa)를 사용하여 분석하였다. Fleiss의 카파 계수는 두 연구자와 AI를 포함한 다평가자 환경에서의 일치도를 평가하기 위해 사용하였다. 단계별 판정의 정확도(accuracy), 민감도(sensitivity), 특이도(specificity)를 산출하여 AI 모델의 분류 성능을 평가하였다. 이 연구에서의 정확도는 독립적인 기준(reference standard)에 근거한 진단 정확도가 아니라, 연구자 판정을 기준으로 산출한 AI분류 성능(Classification performance)지표를 의미한다.

Stage 1, DTPI, unstageable 사례는 없어 단계별 성능 분석에서 제외하였다. 이러한 분석은 연구자 간 평가 일관성을 확인하고, AI 분류 결과가 전문가 판독과 어느 수준까지 일치하는지를 평가하기 위한 목적으로 수행되었다. 두 연구자는 각 이미지에 대해 독립적으로 욕창 단계를 판정하였으며, 두 연구자의 판정이 서로 다른 경우에도 해당 사례를 제외하거나 조정하지 않고 불일치(disagreement)로 처리하여 Cohen의 카파 계수 산출에 그대로 반영하였다.

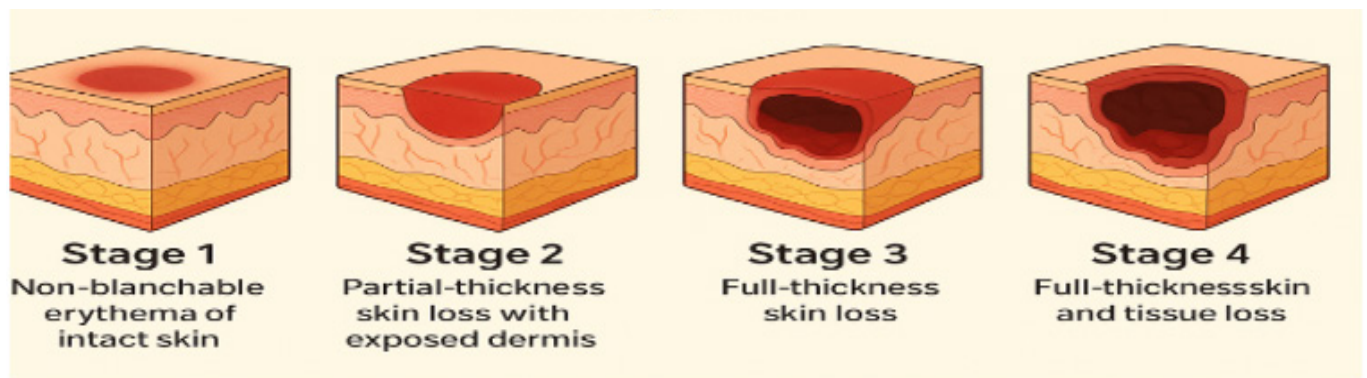


Figure 3. NPIAP-based pressure injury staging system.

Adapted from national pressure injury advisory panel (2016). Pressure injury stages and definitions.

5) 간호사 만족도 및 사용성 조사

이 연구의 간호사 만족도 설문지는 의료진 대상 애플리케이션 만족도 평가 선행 연구[15]와 전문직 실무용 애플리케이션 인지된 만족도 및 사용성 도구(Perceived Satisfaction and Usability of Applications for Professional Practice, pSUAPP)의 신뢰도·타당도 구조[16]를 참고하여 구성하였으며, 학습 용이성·인터페이스·임상 유용성·전반적 만족도 등 10개 문항을 5점 Likert 척도로 평가하도록 하였다. 설문은 애플리케이션을 일정 기간 사용한 간호사 50명을 대상으로 시행하였고, 도구의 신뢰도는 Cronbach's $\alpha = 0.90$ 으로 확인되었다.

5. 자료 분석

통계 분석은 SPSS 29.0 프로그램을 사용하였으며 각 분석 지표의 정의와 산출 방식, 해석 기준은 Table 1에 제시하였다.

- 1) 대상자의 일반적 특성(연령, 성별, 병동 유형, 욕창 발생 부위, 기저질환 등)은 평균, 표준편차, 빈도 및 백분율을 이용한 기술통계로 분석하였다.
- 2) 욕창 단계 분류의 일치도는 전문가 1 - 전문가 2(연구 간호사 간), 전문가 - AI 간 Cohen의 카파 계수를 산출하여 평가하였다. 또한 각 평가지 간 분류 결과의 전체 일

치율(percent agreement), 평균, 표준편차, 최소 - 최대값(min - max)을 산출하여 전체 분류 일치율을 산출하였다. 세 평가자(전문가 1·전문가 2·AI) 간의 다자 간 일치도는 Fleiss의 카파 계수(Fleiss' kappa)를 이용하여 분석하였다.

- 3) AI 자동 분류 성능을 보다 구체적으로 평가하기 위해 전문가 평가를 기준(reference standard)으로 하여, 단계별 민감도(sensitivity)와 특이도(specificity)를 산출하였다.
- 4) 간호사 만족도는 Likert 5점 척도로 측정된 각 문항의 빈도와 백분율을 산출하여 분석하였다.
- 5) 모든 분석에서 통계적 유의수준은 양측 검정 기준으로 $p < .05$ 로 설정하였다.

6. 윤리적 고려

이 연구는 E대학교병원 기관생명윤리위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인(IRB No. 2025-06-003)을 받은 후 수행되었다. 모든 대상자에게 연구 목적과 절차, 개인정보 보호 방침을 충분히 설명한 뒤 서면 동의를 얻어 이미지를 수집하였다. 수집된 욕창 이미지는 모두 비식별화하여 개인 식별 정보가 포함되지 않도록 처리하였으며, 연구 목적 외 다른 용도로 사용되지 않았다. 모든 자료는 기관 규정에 따라 보안이 유지되는 환경에서 안전하게 관리하였다.

Table 1. Definitions of agreement and performance metrics used in the quality improvement evaluation.

Category	Analysis metric	Definition and calculation	Interpretation and purpose
Agreement analysis	Cohen's Kappa	Measures the agreement between the research nurses' assessments and AI classification results	A coefficient that adjusts for agreement occurring by chance beyond simple percent agreement. Values between 0.61 and 0.80 are generally interpreted as substantial agreement (Landis and Koch)
Performance analysis	Accuracy	$(TP^1 + TN^2) / (TP^1 + TN^2 + FP^3 + FN^4)$	Proportion of correctly classified cases among all evaluated cases
	Sensitivity (Recall)	$TP^1 / (TP^1 + FN^4)$	Proportion of true cases of a given stage correctly identified by the AI
	Specificity	$TN^2 / (TN^2 + FP^3)$	Proportion of non-target cases correctly excluded by the AI
Statistical test	p-value	$p < .05$	Statistical significance threshold

1) TP: True Positive 2) TN: True Negative 3) FP: False Positive 4) FN: False Negative

IV. 연구 결과

1. 대상자의 일반적 특성

이 연구는 욕창 환자 20명을 대상으로 하였으며, 대상자의 일반적 특성은 Table 2와 같다. 성별 분포는 남성이 11명(55.0%)으로 여성 9명(45.0%)보다 다소 많았다. 평균 연령은 68.9세(± 15.9)로, 연구 대상자의 연령대가 비교적 고령층에 집중되어 있었다. 세부 연령군을 살펴보면 60-69세가 25.0%로 가장 많았고, 80세 이상 초고령군이 35.0%를 차지하여 전체의 3분의 1 이상이 초고령 환자였다. 이는 욕창이 고령 환자군에서 흔히 발생하는 특성과 일치하는 결과이다.

입원 병동 유형은 내과병동이 35.0%, 외과병동이

20.0%, 중환자실이 45.0%였다. 특히 중환자실 입원 환자가 전체의 절반에 가까운 비율을 차지하고 있어, 욕창이 중증 환자나 장기 입원 환자에서 더욱 빈번하게 발생함을 시사한다.

욕창 발생 부위는 천골(sacrum)이 60.0%로 가장 높은 빈도를 보였으며, 둔부(buttocks)가 30.0%, 척추(spinal)가 5.0%, 천골과 후방이 동시에 관찰된 경우가 5.0%였다. 이는 천골 부위가 체중 부하와 압박에 취약하여 욕창이 가장 흔히 발생하는 부위라는 기존 문헌과 일관된 결과이다[2].

욕창 발생 시점은 입원 전에 이미 발생한 경우가 35.0%, 입원 후 발생한 경우가 65.0%로, 병원 입원 중 발생한 욕창이 더 많았다. 이는 장기적인 체위 유지, 기동성 저하, 중환자 치료 과정 등이 욕창 발생의 주요 요인으로 작용했음을 시사한다.

Table 2. General characteristics

(N=20)

Characteristics	Categories	n (%)	Mean $\pm$ SD
Gender	Male	11 (55.0)	68.9 $\pm$ 15.9
	Female	9 (45.0)	
Age (yr)	40-49	2 (10.0)	
	50-59	4 (20.0)	
	60-69	5 (25.0)	
	70-79	2 (10.0)	
	≥ 80	7 (35.0)	
Ward type	Internal medicine ward	7 (35.0)	
	Surgical ward	4 (20.0)	
	Intensive care unit	9 (45.0)	
Pressure Injury Location	Buttocks	6 (30.0)	
	Sacrum	12 (60.0)	
	Buttocks, Sacrum	1 (5.0)	
	Spinal	1 (5.0)	
Onset of Pressure Injury	Before hospitalization	7 (35.0)	
	Hospitalized	13 (65.0)	
Underlying disease ¹⁾	Hypertension	11 (55.0)	
	Cancer	6 (30.0)	
	Diabetes	4 (20.0)	
	Chronic Kidney Disease	2 (10.0)	
	Others	3 (15.0)	
	doesn't exist	2 (10.0)	

1) Participants could have multiple underlying diseases; therefore, the sum of percentages exceeds 100%.

기저질환은 고혈압(Hypertension)이 55.0%로 가장 많았으며, 암(Cancer) 30.0%, 당뇨병(Diabetes) 20.0%, 만성 신부전(Chronic Kidney Disease) 10.0% 순으로 나타났다. 대상자의 상당수는 고혈압을 포함하여 당뇨병, 암, 만성 신부전 등의 기저질환을 단독 또는 복합적으로 보유하고 있었으며, 기저질환은 중복 응답이 가능하여 각 항목의 비율 합은 100%를 초과하였다. 이는 대부분의 환자가 복합적인 만성질환을 가지고 있었음을 의미하며, 이러한 기저질환이 욕창 발생 위험을 높이는 중요한 요인임을 보여준다.

2. 연구자 및 AI 간 욕창 단계 분류

전체 20건의 욕창 사례 중 Stage 2는 13건, Stage 3는 5건, Stage 4는 2건이었으며, Stage 1, DTPI, unstageable 사례는 없어 단계별 성능 분석에서 제외되었다.

Table 3은 연구자 간, 연구자와 AI 간, 그리고 세 집단(연구자 1 · 연구자 2 · AI) 간의 전체 일치율과 카파 계수를 제시한 것이다. 연구자 1과 연구자 2의 전체 일치율은

85.0%였으며, Cohen의 카파 계수는 0.703으로 나타나 상당한 수준의 합의(substantial agreement)를 보였다. 이는 두 연구자 간 욕창 단계 판정이 비교적 안정적이고 신뢰할 수 있는 수준임을 의미한다.

연구자 1과 AI 간 전체 일치율은 80.0%, 카파 계수는 0.615로 확인되었다. 이는 중등도에서 상당한 수준(moderate to substantial)의 합의를 보여주며, AI의 판정이 연구자 1의 판정과 대부분 일치했음을 시사한다.

연구자 2와 AI 간 전체 일치율은 85.0%, 카파 계수는 0.730으로, 연구자 1 - AI 간 결과보다 더 높은 합의 수준을 보였다. 이는 AI 기반 분류 결과가 연구자 2의 평가와 비교적 높은 수준의 일치도를 보였음을 의미한다.

마지막으로 연구자 1, 연구자 2, AI 세 집단 간 3자 비교에서는 전체 일치율이 75.0%, Fleiss의 카파 계수는 0.682로 나타났다. 이는 세 집단 모두가 동일한 판정을 내린 경우가 전체의 약 4분의 3을 차지함을 의미하며, AI가 연구자 간 합의(concordance)와도 상당한 수준의 일치를 보였다는 점에서 임상적 의미가 크다.

Table 3. Agreement between researchers and AI in pressure injury staging.

(N=20)

Comparison	Stage	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Accuracy (%)	Cohen's Kappa	Fisher's Exact (p)
Researcher 1 vs Researcher 2	Overall	-	-	85.0	0.703	<.001
Researcher 1 vs AI	Stage 2	84.6	100.0	90.0	0.615	<.001
	Stage 3	71.4	84.6	80.0	0.615	<.001
Researcher 2 vs AI	Stage 2	83.3	87.5	85.0	0.730	.004
	Stage 3	83.3	85.7	85.0	0.730	.004
	Stage 4	100.0	100.0	100.0	0.730	.004
Researcher 1 & 2 vs AI (3-way)	Overall	-	-	75.0	0.682 (Fleiss)	

Note. Values are presented as percentages unless otherwise indicated. Cohen's kappa indicates the level of agreement. Fisher's exact test was used for small cell counts. Statistical significance was set at $p < .05$.

3. 간호사 만족도

설문지는 학습 용이성, 인터페이스의 명확성, 평가 소요 시간의 효율성, 바쁜 임상 환경에서의 사용 용이성, 임상적 의사결정 지원, 단계 판정의 일관성과 안정성, 전반적 만족도 및 향후 사용 의향을 평가하였다. 총 50명의 간호사가 참여한 만족도 조사 결과, 애플리케이션의 학습 용이성은 94%(매우 그렇다 48%, 그렇다 46%)로 매우 높은 긍정 평가를 받았다. 화면 구성 및 버튼 배치의 직관성 역시 88%가 긍정적으로 응답하여 사용자 편의성에 대한 만족도가 높게 나타났다.

반면, 애플리케이션 사용으로 욕창 평가 시간이 줄었다고 응답한 비율은 72%(매우 그렇다 38%, 그렇다 34%)였으며, 바쁜 임상 상황에서도 무리 없이 사용할 수 있다는 응답은 60%(매우 그렇다 32%, 그렇다 28%)로 상대적으로

낮게 나타났다. 이는 실제 임상 환경에서의 시간·업무 부담이 애플리케이션 활용에 일정 부분 제한 요인으로 작용할 수 있음을 시사한다.

그럼에도 불구하고, 애플리케이션이 욕창 단계 판정의 일관성을 높여준다는 항목에서 82%(매우 그렇다 54%, 그렇다 28%), 임상 판단에 도움이 되었다는 항목에서 88%(매우 그렇다 48%, 그렇다 40%)가 긍정적으로 응답하였다. 또한 반복 평가에서도 일관적이었다는 항목에서도 82%(매우 그렇다 38%, 그렇다 44%)가 긍정하여 AI 기반 판단의 신뢰성과 안정성이 높게 평가되었다.

전반적 만족도는 86%(매우 그렇다 46%, 그렇다 40%)였으며, 향후에도 애플리케이션을 계속 사용하고 싶다는 응답은 84%(매우 그렇다 48%, 그렇다 36%)로 확인되었다. 이는 애플리케이션이 임상적으로 유용한 도구로 인식되고 있음을 의미한다(Figure 4).

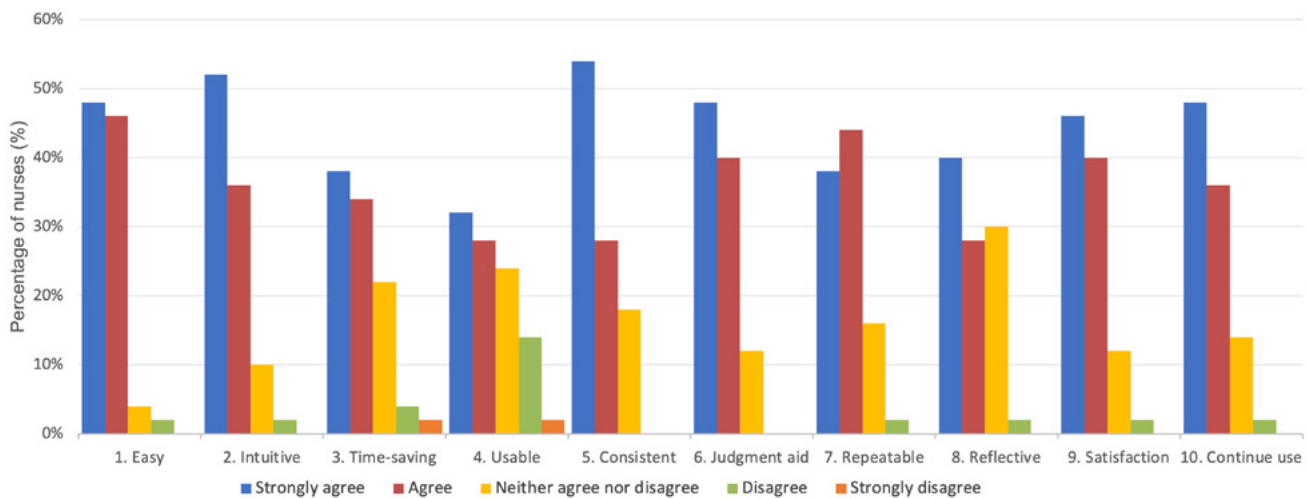


Figure 4. Distribution of nurse satisfaction responses regarding the AI-based pressure injury assessment mobile application (N=50)

note: Nurse usability and perceived clinical utility of the AI based pressure injury application

V. 고찰

이 연구는 병원과 대학 연구팀에서 공동 개발한 AI 기반 욕창 분석 모바일 애플리케이션에 대해 전문가 판정과의 일치도 및 간호사 만족도 및 사용성조사를 통해 임상 적용의 가능성을 탐색한 파일럿 연구이다. 그 결과, AI 기반 분류 시스템은 연구자 평가와 상당한 수준의 일치도를 보였으며, 간호사들은 애플리케이션의 사용성 측면에서 전반적으로 긍정적인 반응을 보였다.

먼저, 연구자 간 카파 계수(0.703)는 기존 문헌에서 보고된 욕창 분류 연구자 간 일치도(중등도-상당 수준)와 유사하여, 이 연구의 연구자 평가가 신뢰도 높은 기준으로 기능했음을 의미한다. 연구자 - AI 간 일치도(Cohen's kappa 0.615-0.730) 역시 중등도에서 상당 수준으로 나타났으며, 이는 딥러닝 기반 모델이 임상 간호사의 판단을 보조할 수 있는 잠재적 가능성을 보여준다. 이러한 결과는 CNN 및 YOLO 기반 욕창 분류 연구에서 중등도 이상의 일치도가 보고된 이전 연구[17]들과 맥락을 같이 한다.

이 연구에서 간호사 50명을 대상으로 수행한 만족도 조사에서는 애플리케이션의 학습 용이성(94%), 화면 구성 직관성(88%)이 매우 높게 나타나, 임상 현장에서 빠르게 적용할 수 있는 도구임을 보여주었다. 이는 간호사가 복잡한 정보시스템보다 직관적 구조의 모바일 기반 평가 도구를 선호한다는 선행 연구[18]와도 일치한다. 또한 임상 판단 보조(88%), 평가 일관성 향상(82%), 반복 평가의 안정성(82%) 등 AI 판단의 신뢰성과 관련된 항목 역시 높은 긍정률을 보여줌으로써, 경험 수준에 따른 평가 편차를 완화하고 표준화된 판단을 보조할 수 있는 도구로 활용될 가능성을 시사한다.

반면, 바쁜 임상 상황에서의 사용 용이성(60%)과 평가 시간 단축(72%) 항목은 상대적으로 낮게 나타났다. 이는 실제 임상 환경에서 시간·업무 부담이 여전히 AI 기반 애플리케이션 활용의 주요 제약 요인임을 의미한다. 이러한 점은 향후 개발 과정에서 자동 촬영 가이드, 신속 분석 모드, UI(User Interface) 단순화 등의 업무 개선이 필요하다. 또한 이 연구에서는 실제 평가 소요 시간 감소나 오류 감소와

같은 질 향상 효과는 직접 측정하지 않았다.

한편, 전체 50명 중 상당수가 '보통'으로 응답하였으나, 이를 긍정적 경향으로 포함하여 수행한 보조 분석에서는 대부분 항목에서 긍정 응답률이 크게 증가하는 양상이 확인되었다. 이는 간호사들이 이 애플리케이션에 대해 전반적으로 우호적인 인식을 가지고 있으며, 초기 적응 기간을 거친 이후에는 실제 활용도가 더욱 증가할 가능성이 있음을 시사한다.

이 연구의 강점은 실제 임상 현장에서 촬영된 욕창 이미지와 전문가 판정, AI 자동 분류 결과, 그리고 간호사 만족도를 통합적으로 분석하였다는 점이다. 이는 단순한 분류 성능 지표를 넘어, 임상 적용 가능성(clinical applicability)과 기술 수용성(technology acceptance)을 함께 탐색했다는 점에서 의미가 있다. 또한 본원 임상 환경에 특화된 딥러닝 모델을 실제 간호 업무 흐름에서 적용하여 평가함으로써, AI 기반 욕창 사정 시스템의 실제 활용 가능성을 제시하였다.

그러나 이 연구는 단일 기관에서 수행된 파일럿 연구로 표본수가 제한적이며, 이미지 촬영 환경(빛 반사, 각도, 피부 톤 등) 및 병변 특성이 완전히 통제되지 못했다는 한계가 있다. 또한 AI 모델이 특정 병원 환경의 데이터를 기반으로 학습된 점은 외부 기관에서의 일반화 가능성을 제한할 수 있다. 또한 이 연구에서는 두 연구자의 판정을 기준으로 활용하였기 때문에, 전문가 판정 자체의 주관성과 변동 가능성이 존재한다는 한계가 있다.

향후 연구에서는 다기관 기반의 대규모 데이터 확보, 다양한 촬영 조건을 반영한 모델 재학습, 중증 환자나 다양한 피부색 환자를 포함한 알고리즘 외부 검증이 필요하다. 더불어 EMR과의 시스템적 연계를 통해 상처 경과 추적과 간호중재 기록을 자동화하는 기능 확장이 이루어진다면 임상 적용성은 더욱 강화될 것으로 기대된다.

한편, 이러한 한계에도 불구하고 이 연구에서 개발된 AI 기반 욕창 단계 분석 애플리케이션은 독립적인 진단 도구가 아닌, 임상 현장에서 간호사의 판단을 보조하는 의사결정 지원 도구로 활용되는 것을 목적으로 한다. 이 애플리케이션은 특히 정기 간호사정 과정에서 신규로 발견된 욕창

의 초기 단계 평가 상황, 욕창 단계 분류에 대한 이해와 숙련도를 향상시키기 위한 교육 목적, 욕창 사정 경험이 상대적으로 부족한 간호사의 임상 판단을 지원하는 상황에서 가장 효과적으로 활용될 수 있다.

이러한 임상 활용 시나리오에서 이 애플리케이션은 실시간 참고 정보를 제공함으로써 간호사의 임상적 판단을 보조하고, 욕창 단계 분류의 일관성을 향상시키는 데 기여할 가능성이 있다. 다만 이 애플리케이션은 전문가의 임상 판단을 대체하기 위한 목적이 아니며, 기존 임상 업무 흐름 내에서 보조적 도구로 제한하여 활용되어야 한다.

VI. 결론

이 연구는 단일 기관에서 수행된 파일럿 연구로, 연구 결과는 예비적(preliminary) 수준으로 해석되어야 한다. AI 기반 욕창 분석 모바일 애플리케이션은 전문가 판정과 중등도에서 상당한 수준의 일치도를 보여 욕창 단계 분류를 위한 임상 의사결정 보조 도구로서의 잠재적 활용 가능성을 시사한다. 또한 간호사를 대상으로 한 사용성 평가에서 전반적으로 긍정적인 반응을 보였다. 이 연구에서는 평가 시간 단축이나 오류 감소와 같은 질 향상 효과는 직접적으로 평가하지 않았다. 향후 다기관 연구를 통해 이 시스템의 임상 적용 가능성을 추가로 검증할 필요가 있다.

VII. 참고문헌

1. Haesler E. Prevention and Treatment of Pressure Ulcers/Injuries: Clinical Practice Guideline: The International Guideline. 3rd ed. Cambridge, Australia: Cambridge Media; 2019.
2. Pan Pacific Pressure Injury Alliance. Prevention and Treatment of Pressure Ulcers/Injuries: Clinical Practice Guideline. 2nd ed. Osborne Park, Australia: Cambridge Media; 2014.
3. Padula WV, Delarmente BA. The national cost of hospital-acquired pressure injuries in the United States. *International Wound Journal*. 2019;16(3):634-40.
4. Hughes RG. Patient Safety and Quality: An Evidence-Based Handbook for Nurses. Rockville, USA: Agency for Healthcare Research and Quality; 2008.
5. Padula WV, Black JM, Davidson PM, Kang SY, Pronovost PJ, Makic MBF, et al. Are evidence-based practices associated with effective prevention of hospital-acquired pressure ulcers in US academic medical centers?. *Medical Care*. 2016;54(5):512-8.
6. Gould LJ, Horn SD, Fife CE, Lesselroth H, Murphy CL, Simman R, et al. WHS guidelines for the treatment of pressure ulcers—2023 update. *Wound Repair and Regeneration*. 2024;32(1):6-33.
7. Chao Q, Zhang X, Liu Y, Wang J, Li H, Chen S, et al. Evaluation methods of pressure injury stages: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Tissue Viability*. 2025;34:100894.
8. Haesler E. Prevention and Treatment of Pressure Ulcers: Quick Reference Guide. 2nd ed. Osborne Park, Australia: Cambridge Media; 2014.
9. Edsberg LE, Black JM, Goldberg M, McNichol L, Moore L, Sieggreen M. Revised National Pressure Ulcer Advisory Panel pressure injury staging system. *Journal of Wound, Ostomy and Continence Nursing*. 2016;43(6):585-97.
10. Chang Y, Kim JH, Shin HW, Ha C, Lee SY, Go T. Diagnosis of pressure ulcer stage using on-device AI. *Applied Sciences*. 2024;14(16):7124.
11. Seo S, Kang J, Eom IH, Song H, Park JH, Lee Y, et al. Visual classification of pressure injury stages for nurses: A deep learning model applying modern convolutional neural networks.

- Journal of Advanced Nursing. 2023;79(8):3047-56.
12. Eldridge SM, Chan CL, Campbell MJ, Bond CM, Hopewell S, Thabane L, et al. CONSORT 2010 statement: extension to randomised pilot and feasibility trials. *BMJ*. 2016;355:i5239.
 13. Hertzog MA. Considerations in determining sample size for pilot studies. *Research in Nursing & Health*. 2008;31(2):180-91.
 14. Julious SA. Sample size of 12 per group rule of thumb for a pilot study. *Pharmaceutical Statistics*. 2005;4(4):287-91.
 15. Ke Z, Liu Y, Wang H, Huang Q, Wu Y, Yang J, et al. Improve the satisfaction of medical staff on the use of home nursing mobile app by using a hybrid multi-standard decision model. *BMC Nursing*. 2024;23(1):302.
 16. de Dios López A, Martínez-Pérez B, de la Torre-Díez I, López-Coronado M, de la Torre-Díez J, Martínez-Pérez A, et al. Validation of a questionnaire to assess the usability of and user experience with mobile health applications. *Healthcare*. 2024;12(23):2328.
 17. Kim J, Lee H, Park S, Kim S, Min J, Lee J, et al. Augmented decision-making in wound care: evaluating the clinical utility of a deep-learning model for pressure injury staging. *International Journal of Medical Informatics*. 2023;180:105266.
 18. Nowicki GJ, Ślusarska B, Bartoszek A, Kocki B, Deluga A, Kanczuga M, et al. Development and pre-evaluation of a “DiagNurse” mobile app to support nurses in clinical diagnosis using the ADDIE model. *Scientific Reports*. 2024;14(1):29765.

Supplementary 1. [욕창 애플리케이션 임상 적용 후 간호사 만족도] 설문 조사

[욕창 애플리케이션 임상 적용 후 간호사 만족도]

설문 조사

대전을지대학교병원 QI부

본 설문은 욕창 단계 평가 애플리케이션을 실제 임상 현장에서 사용한 간호사들의 경험을 바탕으로, 사용 편의성 · 효과성 · 임상적 활용 가능성에 대한 만족도를 조사하기 위해 마련되었습니다.

응답해주신 내용은 연구 목적으로만 활용되며, 모든 자료는 익명으로 처리되어 개인이 식별되지 않습니다. 설문 응답에는 약 5분 정도 소요되며, 귀하의 소중한 의견은 앱의 개선 및 임상 적용 확대에 큰 도움이 될 것입니다.

바쁘신 와중에도 연구에 협조해 주셔서 감사드립니다.

1. 응답자 기본정보

- 1) 근무부서 ○ 병동 ○ 중환자실 ○ 응급실
- 2) 직종/직위 ○ 간호사 ○ 주임 ○ 파트장
- 3) 임상경력 ○ 1년 이내 ○ 1년~3년 ○ 4~6년 ○ 7~10년 ○ 10년 이상
- 4) 욕창 평가 경험 ○ 적음(주1회 미만) ○ 보통(주 5회 미만) ○ 많음(주 5회 이상)
- 5) 앱 사용 빈도(1주) ○ 1~2회 ○ 3~5회 ○ 6~10회 ○ 10회 이상

2. 앱 사용 만족도(5점 척도)

(1=전혀 그렇지 않다, 2=그렇지 않다, 3=보통이다, 4=그렇다, 5=매우 그렇다)로 응답해 주십시오.

번호	내용	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통 이다	그렇다	매우 그렇다
1	앱의 전반적 사용법을 배우기 쉬웠다.	①	②	③	④	⑤
2	화면 구성과 버튼 배치가 직관적이었다.	①	②	③	④	⑤
3	앱 사용으로 욕창 평가 시간이 줄었다	①	②	③	④	⑤
4	바쁜 상황에서도 앱 사용에 무리가 없었다.	①	②	③	④	⑤
5	앱이 욕창단계 판정의 일관성을 높여주었다.	①	②	③	④	⑤
6	앱 결과가 임상 판단에 도움이 되었다.	①	②	③	④	⑤
7	앱의 판정 결과가 반복 평가에서도 일관적이었다.	①	②	③	④	⑤
8	앱의 단계 판정이 실제 상처 상태를 잘 반영했다.	①	②	③	④	⑤
9	전반적으로 이 앱에 만족한다	①	②	③	④	⑤
10	향후에도 이 앱을 계속 사용하고 싶다	①	②	③	④	⑤

3. 개방형 질문

- 1) 앱 사용 시 가장 만족스러웠던 점은 무엇이었나요?
- 2) 개선이 가장 시급하다고 생각하는 부분은 무엇인가요?

캡슐내시경 흡인: 환자안전을 위한 임상적 고찰

박성희

순천향대학교 간호학과

Capsule Aspiration During Capsule Endoscopy: A Clinical Review for Patient Safety

Seong-Hi Park

Professor, School of Nursing, Soonchunhyang University

Purpose: Capsule aspiration is a rare but potentially serious complication of capsule endoscopy. This review aimed to analyze reported cases of capsule aspiration and identify implications for patient safety.

Methods: A literature review was conducted using MEDLINE, Embase, CINAHL, KoreaMed, ScienceON, and relevant journals. Case reports and series describing capsule aspiration during capsule endoscopy were included. Data on patient characteristics, clinical presentation, diagnosis, management, and outcomes were extracted and analyzed descriptively.

Results: Thirty cases of capsule aspiration were identified. The mean age was 77.1 years, and 96.7% of cases occurred in older adults, predominantly men. Dysphagia was reported in six cases, while information regarding swallowing status was frequently lacking. Cough was the most common symptom; however, 20.0% of patients were asymptomatic, suggesting the possibility of silent aspiration. Most aspirations were recognized immediately after capsule ingestion, and the capsule was most commonly located in the right bronchial tree. Real-time monitoring was used in only 30.0% of cases. Bronchoscopy was performed in nearly all non-spontaneously resolved cases, and all aspirated capsules were successfully retrieved. Pneumonia and atelectasis were reported in two cases.

Conclusion: Capsule aspiration occurs predominantly in older adults and may be underrecognized because symptoms are often mild or absent. Careful preprocedural assessment of swallowing function, increased awareness of aspiration risk, and early post-ingestion monitoring may improve patient safety. Additional preventive recommendations for high-risk patients should be incorporated into future clinical guidelines.

Keywords: Capsule endoscopy, Capsule endoscopes, Foreign bodies, Respiratory aspiration, Patient safety, Review

Received: Jun.02.2026 **Revised:** Jun.11.2026 **Accepted:** Jun.16.2026

Correspondence: Seong-Hi Park

School of Nursing, Soonchunhyang University, 22 Soonchunhyang-ro, Sinchang-myeon, Asan 31538, Chungcheongnam-do, Republic of Korea

Tel: +82-41-530-4854 **Fax:** +82-41-570-2498 **E-mail:** shpark2015@sch.ac.kr

Funding: This work was supported by the Soonchunhyang University Research Fund. **Conflict of Interest:** None

Quality Improvement in Health Care vol.32 no.1

© The Author 2026. Published by Korean Society for Quality in Health Care; all rights reserved

I. 서론

2001년 미국 U.S. Food and Drug Administration의 승인 이후 캡슐내시경은 미국과 유럽뿐 아니라 전 세계적으로 빠르게 보급되었고[1], 우리나라에도 2002년부터 도입되어 임상에서 활용되기 시작하였다[2]. 이렇듯 캡슐내시경이 널리 보급될 수 있었던 이유는 기존 내시경으로는 직접 관찰이 어려웠던 소장 점막을 비침습적으로 직접 평가할 수 있는 획기적인 신기술이었기 때문이다. 특히, 환자는 별 다른 처치없이 캡슐을 삼키는 간단한 방식으로 검사를 받을 수 있으며, 숙련된 내시경 삽입 기술이 필요하지 않다는 점도 임상 적용 확대에 기여하였다[1,3].

캡슐내시경은 지름 11 mm, 길이 26 mm, 무게 3.7 g의 캡슐을 공복 상태의 환자가 물과 함께 삼키면 장의 연동 운동에 따라 캡슐이 구강에서 직장까지 이동하며 체외에 부착된 수신기에 영상 정보를 전송한다. 캡슐이 작동하면 배터리가 소모될 때까지 1초당 2장의 영상을 계속 촬영하며, 검사 시간은 대개 8시간 소요된다. 이후 수신기에 저장된 영상(평균 50,000장)을 컴퓨터에 전송하여 판독하여 소장의 상태를 평가한다[3,4]. 2008년부터 대한소화기내시경학회 소화관영상연구회에서는 캡슐내시경의 적응증, 검사 방법 및 합병증 관리에 대한 다양한 진료지침을 개발하여 검사와 관련된 불필요한 의료 부담과 합병증을 줄이기 위한 노력을 지속해왔다[5-7].

캡슐내시경의 합병증 발생률은 1-3% 정도로 알려져 있다[8]. 가장 흔한 합병증은 캡슐 잔류(capsule retention)이며[2], 캡슐 흡인(capsule aspiration)은 개별 증례 형태로 보고되는 드문 합병증이다[9]. 캡슐 흡인은 삼키는 과정에서 기도로 유입되는 현상을 말하며, 2003년 Schneider 등에 의해 처음 보고되었다[10]. 이러한 흡인은 호흡 부전이나 폐쇄성 폐렴과 같은 생명을 위협하는 결과를 초래할 수 있다. 캡슐 흡인의 발생률은 캡슐 잔류(1.9%)보다 훨씬 낮은 것으로 알려져 있으며[11], 여러 연구에서 캡슐내시경 약 1,000건당 1건 정도로 보고하였다[a4,a15,a28]. 글로벌 캡슐내시경 시장 분석에 따르면[12], 캡슐내시경의 시장 규모는 2025년 약 650 million

USD에서 2030년 1,120 million USD로 증가할 것으로 예측되고 있다. 국내에서는 현재까지 캡슐 흡인 사례가 2건만 보고되어 있으며[a4,a20], 관련 연구도 매우 제한적이다.

이에 이 연구는 점차 확대되고 있는 캡슐내시경 임상 실무의 잠재적인 환자안전 문제로서 캡슐 흡인에 관한 증례 보고 30례를 고찰하고, 그 발생 특성과 임상 양상 및 결과를 종합적으로 분석함으로써 환자안전에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

II. 연구방법

국의 전자 데이터베이스는 2026년 4월 23일 MEDLINE, Embase와 CINAHL의 3개 전자 데이터베이스를 검색하였다. 국내 전자데이터베이스는 일차적으로 KoreaMed와 ScienceON 검색엔진이 이용되었다. 이후 대한의학회의 회원 학회를 통해 수기 검색하였다. 대한의학회의 정회원 학회 중 기간학회는 영역 IV에서 대한내과학회를, 세부 융합학회는 대한상부위장관·헬리코박터학회, 대한소화기학회, 대한소화기내시경학회의 홈페이지에 게시된 학회지를 4월 25일 검색하였다. 또한 추가 문헌을 확인하기 위해 최종 선정된 문헌의 참고문헌 목록을 검토하였다. 사용된 검색어는 capsule endoscopy(e)와 gastrointestinal endoscopy, foreign body 및 retained capsule endoscopy(e) 등이었다.

문헌선택 기준은 캡슐내시경 관련 사례보고서나 사례연구로, 캡슐내시경이 소화기 내 잔류한 경우와 호흡기 내로 흡인된 경우를 구분하였다. 이 연구에서는 캡슐내시경 흡인 사례만 포함하였다. 동물 사례나 개통형 캡슐내시경 관련 사례 및 잔류 물질 예방을 위한 연구는 배제하였다.

검색된 문헌은 일차적으로 중복 검색된 문헌을 제거하였다. 이후 문헌의 제목 및 초록을 통해 선별하였으며, 정확한 판단이 곤란한 경우는 원문을 찾아 선택 및 배제 기준을 적용하였다. 자료추출 내용은 출판년도, 저자관련 정보, 환자 성별과 연령, 캡슐 내시경 목적과 연하곤란 병력, 캡슐 삼킴 시도 횟수 및 캡슐내시경 모델, 시행 병원정보와 캡슐

내시경 흡인의 발현 증상과 캡슐내시경 시행 시 모니터링 시행여부 및 캡슐 흡인 기(시)간과 캡슐의 흡인 위치와 확인한 진단법, 기관지내시경 시행여부 및 방법과 합병증 발생여부이었다.

이 연구의 자료는 IBM SPSS Statistics ver. 27.0 for Windows 프로그램(IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 분석하였다. 추출된 자료 중 범주형 변수는 실수와 백분율로 제시하고, 연령 등의 연속형 변수는 평균과 표준편차로 제시하였다.

III. 연구결과

국내·외 전자 데이터베이스 검색을 통해 653편의 문헌이 검색되었다. 중복된 문헌 73편을 제외한 후 제목과 초록 및 원문 검토를 통해 사전에 정의된 선택기준에 부합하는 문헌을 선별하였다. 총 44편의 문헌에 대해 원문을 확인하였으며, 참고문헌 목록 검토를 통해 7편의 문헌이 추가로 확인되었다. 최종적으로 557개 문헌(94.9%)이 배제되고, 30개 문헌[a1 - a30]이 선택되었다(Table 1).

Table 1. Summary table of characteristics of selected cases.

		N= 30 cases
Categories		No. of cases (%)
Publication year	2004-2009	8 (26.7)
	2010-2014	8 (26.7)
	2015-2019	4 (13.3)
	2020-2024	10 (33.3)
Region	Asia (China, Japan, Korea)	4 (13.3)
	Europe (France, Germany, Italy, Portugal, Spain, The Netherlands)	9 (30.0)
	North America (USA)	15 (50.0)
	Oceania (Australia)	2 (6.7)
Reported clinical department	Gastroenterology	19 (63.3)
	Pulmonary and Critical Care Medicine	5 (16.7)
	Diagnostic, support and Other	3 (10.0)
	Otolaryngology	1 (3.3)
	Pediatrics	1 (3.3)
	Thoracic Surgery	1 (3.3)
Sex	Female	1 (3.3)
	Male	29 (96.7)
Age (years)	≤69	6 (20.0)
	70-79	9 (30.0)
	≥80	15 (50.0)
	Mean±SD / median / mode	77.1±14.1/ 80 / 84.9
	Range / IQR	16 - 93 / 72.3 - 86.3

Categories		No. of cases (%)
Indication for CE examination (n = 37)	GI bleeding-related	35 (94.6)
	Anemia	18 (48.6)
	Suspected small bowel bleeding	9 (24.3)
	Melena	5 (13.5)
	Positive fecal occult blood test FOBT	3 (8.1)
	Small bowel tumors / disorders	2 (5.4)
	Not reported	1
Comorbidities	Yes	22 (77.3)
	Not reported	8 (26.7)
History of dysphagia	Yes	6 (20.0)
	No	13 (43.3)
	Not reported	11 (36.7)
Number of swallowing attempts	Single successful attempt	8 (26.7)
	Multiple attempts or difficult swallowing	8 (26.7)
	Not reported	14 (46.7)
Capsule model	PillCam SB	15 (30.0)
	M2A	2 (6.7)
	Not reported	13 (43.3)
Hospital where previous CE was performed	CE at this hospital	24 (80.0)
	CE at another hospital	5 (16.7)
	Not reported	1 (3.3)
Symptoms of CE aspiration	Asymptomatic	6 (20.0)
	Symptoms of aspiration (Multiple responses)	22 (73.3)
	Cough	20 (90.9)
	Dyspnea, oxygen desaturation, change breathing pattern etc.	13 (59.1)
	Chest discomfort or pain	4 (18.1)
	Foreign body sensation	3 (13.6)
	Signs of infection	1 (4.5)
	Voice change	1 (4.5)
	Not reported	2 (6.7)
Use of real-time viewer or monitoring	Yes	9 (30.0)
	No	20 (66.7)
	Not reported	1 (3.3)

Categories		No. of cases (%)
Time to recognition of capsule aspiration	Immediately or within minutes	17 (56.7)
	≤1 hour	3 (10.0)
	2 hours	2 (6.7)
	8 hours	3 (10.0)
	5 days	1 (3.3)
	7 days	1 (3.3)
	Not reported	3 (10.0)
Anatomical location	Tracheal bifurcation	1 (3.3)
	Right	15 (50.0)
	Right main bronchus	7 (23.3)
	Bronchus intermedius	4 (13.3)
	Right middle lobe bronchus	1 (3.3)
	Right lower lobe bronchus	3 (10.0)
	Left (main bronchus)	7 (23.3)
	Not reported	7 (23.3)
Diagnostic modalities used to confirm capsule aspiration (n = 40)	CE images	22 (55.0)
	X-ray	14 (35.0)
	CT	3 (7.5)
	Fluoroscopy	1 (2.5)
	Not reported	2
Bronchoscopy intervention	Performed	21 (70.0)
	Not performed (spontaneous expulsion/re-swallowing)	9 (30.0)
Type of bronchoscopy used (n = 21)	Flexible bronchoscopy	9 (42.9)
	Rigid bronchoscopy	3 (14.3)
	Both	2 (9.5)
	Not reported	7 (33.3)
Bronchoscopic retrieval devices (n = 33)	Basket	10 (30.3)
	Forceps (grasping or alligator etc.)	7 (21.2)
	Net (Roth net)	6 (18.1)
	Snare	6 (18.1)
	Balloon catheter	4 (12.1)
	Not reported	2
Complications	Yes	2 (6.7)
	No	19 (63.3)
	Not reported	9 (30.0)

이 연구에서 검토된 캡슐내시경 흡인 사례는 대부분 (80.0%) 캡슐내시경이 시행된 병원에서 흡인 사실을 알고 보고했지만 5사례는 다른 병원에서 캡슐내시경이 시행되었으나 캡슐내시경 제거가 어려워 다른 병원으로 전원하여 처치된 경우였다.

캡슐 흡인 사례 30건 중 29건(96.7%)은 모두 65세 이상이거나 남성 노인에서 발생되었으며, 평균 연령은 77.1 ± 14.1 세였고, 80대 이상이 15건(50.0%)으로 가장 많은 비중을 차지하였다. 여성 사례(67세)는 단 1건에 불과했는데 해당 환자는 타 병원에서 캡슐내시경 시행 중 캡슐 흡인이 의심되어 응급실로 전원된 경우였다. 한편, 16세 남아에서 발생한 사례는 소장 병변 확인을 목적으로 시행한 경우였다. 이 환자는 캡슐 삼킨 후 약 1시간 정도 기관(trachea)에 위치하였다가 이후 자연적으로 배출되고 다시 삼켜져 정상적인 영상 촬영이 기록되었다.

캡슐내시경은 크게 위장관 출혈(obscure gastrointestinal bleeding) 문제 파악과 소장의 병변 확인을 목적으로 시행되었다. 세부적으로는 빈혈이 18건으로 가장 많았고, 이 중 철 결핍성 빈혈(iron deficiency anemia)이 9건이었다. 소장 출혈 의심(suspected small bowel bleeding)이 9건이었으며, 흑색변(melena, 5건) 및 대변잠혈검사 양성(fecal occult blood test, 3건) 순이었다. 대부분 (73.3%)의 환자는 2가지 이상의 기저질환을 가지고 있었다. 주로 고혈압, 당뇨, 뇌졸중, 만성폐색성폐질환, 관상동맥질환, 심방세동, 치매, 척추질환, 체중감소, 허약(frailty) 등이 보고되었다. 연하곤란 병력을 기술한 경우는 6건(20.0%)이었고, 연하곤란 병력이 없다고 보고된 경우는 13건, 나머지 11사례는 연하곤란 여부에 대한 언급이 없었다. 캡슐 삼킴 과정(횡수)과 관련해서는 한 번에 캡슐을 삼킨 경우는 8건(26.7%)였고, 반복적인 삼킴 시도 또는 삼킴 곤란이 보고된 경우가 8건(26.7%)이었으며, 대부분의 사례(46.7%)에서는 관련 기술이 없었다. 캡슐내시경 흡인 사례는 대부분(80.0%) 캡슐내시경 시행 기관에서 흡인이 확인되고 처치되었다.

캡슐내시경 흡인 발생 후 전혀 증상이 없어 흡인 사실을 인지하지 못한 경우는 6건(20.0%)이었다. 증상이 보고된 22사

례 중 절반인 11사례에서는 단일 증상만 나타났고, 대부분 (10건) 기침이었다. 전체 증상 중 가장 흔한 증상은 기침이 90.9%로 가장 많았다. 대부분 경미한 기침이 몇 차례 있다가 저절로 멈춰 캡슐 흡인 사실을 잘 인지하지 못했으며, 심한 기침을 호소한 경우는 2건뿐이었다. 호흡곤란이나 질식감(dyspnea), 산소포화도 저하 또는 호흡 양상의 변화를 호소한 경우는 13건이었으며, 흉부압박이나 통증을 느낀 경우는 4건, 흡인 후 이물감을 호소한 경우는 3건이었다.

캡슐내시경 시술과정에서 실시간 뷰어(real-time viewer or monitoring)가 사용된 경우는 9건(30.0%)에 불과하였다. 그럼에도 불구하고 대부분(56.7%)의 사례에서는 캡슐을 삼킨 직후 인지되었다. 캡슐은 주로 우측 기관지로 흡인되었으며(16건), 좌측 기관지로 흡인된 경우는 7건이었다. 좌측 흡인 사례는 모두 주기관지(main bronchus)에서 발견되었다. 우측의 경우도 주기관지로 흡인된 경우가 7건으로 가장 많았고, 다음으로는 중간 기관지(bronchus intermedius, 4건)이었다. 캡슐 흡인 여부는 주로 캡슐내시경에서 송출된 영상을 통해서 확인되었고(22건), 이외에도 흉부X선 5건, 투시촬영(fluoroscopy) 1건, 컴퓨터단층촬영(Computer tomography) 1건 등이 이용되었다.

자연 배출된 9건을 제외한 모든 사례에서 흡인된 캡슐내시경 제거를 위해 기관지내시경(bronchoscopy)이 시행되었다. 사용된 기관지내시경은 연성(flexible) 기관지내시경이 9건(42.9%)으로 가장 많았으며, 경성(rigid) 기관지내시경은 3건에서 사용되었다. 또한 2사례에서는 연성과 경성 기관지내시경이 모두 사용되었다. 대부분의 사례에서 캡슐내시경의 둥글고 매끄러운 표면으로 인해 캡슐 포획에 어려움이 있었다. 캡슐내시경을 회수하기 위해 단일 기구(device)만 사용된 경우는 9건이었고, 이외는 2-3개의 기구들이 동원되었다. 회수에 사용된 기구로는 바스켓(basket)이 10건으로 가장 많았고, 집게 또는 검자(forceps)가 7건, 그물망(Roth net)과 올가미(snare)가 각각 6건이었고, 풍선 카테터가 4건에서 사용되었다. 흡인된 캡슐내시경은 모두 기관지내시경으로 회수되었고, 특별한 합병증은 발생하지 않았지만, 2사례(6.7%)에서는 폐렴과 무기폐(atelectasis)가 보고되었다.

IV. 고찰 및 결론

캡슐내시경 흡인 사례는 캡슐내시경이 임상에서 활발히 사용되기 시작하면서부터 지속적으로 보고되어 왔다. 미국에서의 보고가 15건으로 가장 많았으나 캡슐내시경이 사용되는 국가에서는 어디에서든 발생할 수 있는 합병증으로 판단된다. 캡슐내시경은 전체 시술 건수와 비교하면 드문 합병증이지만 캡슐이 기도 및 기관지로 유입된다는 점에서 주의가 필요하다. 특히 캡슐내시경 흡인이 주로 고령 환자에서 발생한다는 점은 중요하다. 이 연구에서 검토한 사례들에서도 Thorndal 등[13]의 연구와 유사하게 80세 이상 고령의 남성 환자에서 주로 발생하였다.

기침은 가장 흔한 증상이었으나 대부분 경미하였다. 이는 상당 수의 환자에서 흡인을 자각하지 못하거나 보호 반응이 뚜렷하지 않은 불현성 흡인(silent aspiration)의 가능성을 시사한다. 기침 반사는 일반적으로 나이에 따라 감소하지 않지만[14], 고혈압, 당뇨병, 심혈관질환 등이 흔히 동반되는 고령 환자에서는 무증상 뇌경색(silent cerebral infarct) 등으로 기침 반사와 연하 기능이 저하될 수 있다[15-17]. 이러한 불현성 흡인은 흡인성 폐렴의 위험을 증가시키며, 흡인성 폐렴은 고령 환자에서 높은 사망률과 관련되는 것으로 보고되었다[18]. 이 연구에서도 대부분의 환자에서 두 가지 이상의 동반질환이 확인되었으며, 이들 질환은 불현성 흡인을 야기할 수 있는 고혈압, 뇌졸중, 당뇨병 및 심장질환 등이 포함되어 있었다.

캡슐내시경 진료지침[5-7,11]에서는 시술 전 연하곤란 병력을 확인하도록 권고하고 있다. 그러나 이 연구에서 검토한 사례 중 11건(36.7%)에서는 연하곤란 병력에 대한 기술이 없었으며, 연하곤란 병력이 있었음에도 캡슐내시경이 시행된 사례도 6건 확인되었다. 더욱이 연하곤란이 있어도 시술이 시행된 임상적 판단 근거는 기술되어 있지 않았다. 캡슐 삼킴 과정 역시 충분히 평가되지 않는 경우가 많았다. 한 번에 캡슐을 삼킨 경우는 8건(26.7%)에 불과하였고, 삼킴 과정에서 어려움을 호소한 사례에서도 추가적인 예방 조치에 대한 기술은 확인되지 않았다. 더불어 캡슐 삼킴 과정 자체가 보고되지 않은 경우도 14건이었으며, 캡슐 섭취

자세는 단 2건에서만 보고되었다[a3,a9].

증례보고의 특성상 모든 상황이 충분히 기술되지 않았을 가능성은 있다. 그러나 이 연구의 대상이 캡슐 흡인 사례라는 점을 고려하면, 연하 상태나 캡슐 섭취 과정에 대한 정보가 제한적으로 보고된 점은 실제 임상현장에서 캡슐 흡인 위험에 대한 인식이나 평가가 충분하지 않을 가능성을 시사한다. 특히 9건에서는 흡인된 캡슐이 자연 배출된 후 다시 삼켜졌다고 보고되었다. 이는 일부 환자에서 일시적인 흡인이 발생하더라도 영상 촬영이 정상적으로 진행될 경우 실제 흡인으로 인지되지 않았을 가능성을 의미한다. 따라서 캡슐 흡인의 실제 발생 빈도는 현재 보고된 사례보다 과소평가되었을 가능성을 배제할 수 없다.

캡슐내시경 진료지침[5-7]에서는 비교적 강력하게 무증상 캡슐 잔류(retention)에 대해 비교적 구체적인 관리 권고를 제시하고 있으며, 고위험 환자에서는 캡슐 섭취 후 단순 방사선 촬영이나 실시간 뷰어(real-time viewer)를 이용하여 캡슐 위치를 모니터링을 권고하고 있다. 또한, 유럽 소화기내시경학회에서는[11] 고위험군의 경우 시술과정에서의 흡인과 잔류 예방을 위해 실시간 뷰어를 권장한다. 그러나 이 연구에서 실시간 모니터링으로 흡인된 캡슐이 확인된 경우는 9건에 불과하였다.

고령은 캡슐내시경 흡인의 주요 위험인자로 알려져 있다. 따라서 연하곤란 병력이 있거나 불현성 흡인의 위험요인을 가진 80세 이상 고령 환자에서는 보다 적극적인 예방 전략과 면밀한 조기 모니터링이 필요하다. 특히 캡슐 섭취 직후 일정 시간 동안 실시간 뷰어(real-time viewer) 또는 흉부 방사선 촬영을 활용하여 캡슐내시경이 소화관 내에 정상적으로 위치하는지를 조기에 확인하는 것은 흡인 합병증을 예방하고 환자안전에 향상시키는 데 도움이 될 수 있다. 또한 캡슐의 매끄러운 표면 특성과 중력의 영향을 고려할 때, 캡슐 섭취 시 환자의 자세 역시 고위험군에서는 추가적으로 고려해야 할 요소로 판단된다. 실제 일부 사례에서는 캡슐이 자연 배출된 뒤 다시 삼켜졌거나, 기관지내시경 제거 과정에서 트렌델렌버그 자세(Trendelenburg position)를 적용한 후 성공적으로 제거되었다[a7,a24]. 따라서 향후 캡슐내시경 관련 진료지침이나 시술 전 체크리스트에 환자

자세와 관련된 고려사항을 보다 구체적으로 반영할 필요가 있다.

V. 참고문헌

1. Mergener K. Update on the use of capsule endoscopy. *Gastroenterology & Hepatology*. 2008; 4(2):107-10.
2. Lee IS, Choi MG. Capsule endoscopy. *Intestinal Research*. 2007;5(1):1-5
3. Chun HJ. Clinical application of capsule endoscope. *Journal of the Korean Medical Association*. 2003;46(8):743-52.
4. Medical Advisory Secretariat. Wireless capsule endoscopy: an evidence-based analysis. Ontario Health Technology Assessment series, 2003; 3(2):1-35.
5. Lim YJ, Moon JS, Chang DK, Jang BI, Chun HJ, Choi MG. Korean Society of Gastrointestinal Endoscopy (KSGE) Guidelines for credentialing and granting privileges for capsule endoscopy. *Clinical Endoscopy*. 2008;37(6):393-402.
6. Shim K-N, Moon JS, Chang DK, Do JH, Kim JH, Min BH, et al. Guideline for capsule endoscopy: Obscure gastrointestinal bleeding. *Clinical Endoscopy*. 2013;46:45-53.
7. Shim K-N, Jeon SR, Jang HJ, Kim J, Lim YJ, Kim KO, et al. Quality indicators for small bowel capsule endoscopy. *Clinical Endoscopy*. 2017;50(2):148-60.
8. Yung, D. E., Plevris, J. N., & Koulaouzidis, A.. Short article: Aspiration of capsule endoscopes: a comprehensive review of the existing literature. *European Journal of Gastroenterology & Hepatology*. 2017;29(4), 428-34.
9. Koulaouzidis A, Pendlebury J, Douglas S, Plevris JN. Aspiration of video capsule: rare but potentially life-threatening complication to include in your consent form. *American Journal of Gastroenterology*. 2009;104(6):1602-3.
10. Schneider AR, Hoepffner N, Rösch W, Caspary WF. Aspiration of an M2A capsule. *Endoscopy*. 2003;35(8):713.
11. Rondonotti E., Herrerias JM, Pennazio M, Caunedo A, Mascarenhas-Saraiva M, de Franchis R. Complications, limitations, and failures of capsule endoscopy: a review of 733 cases. *Gastrointestinal Endoscopy*. 2005;62(5), 712-54.
12. Mordor Intelligence. Capsule endoscopy market [Internet]. Hyderabad, India: Mordor Intelligence; 2025 [cited 2026 May 11]. Available from: <https://www.mordorintelligence.kr/industry-reports/capsule-endoscopy-market>
13. Thorndal C, Selnes O, Lei II, Koulaouzidis A. A systematic review of capsule aspiration in capsule endoscopy. *Annals of Translational Medicine*. 2024;12(1): 12.
14. Katsumata U, Sekizawa K, Ebihara T, Sasaki, H. Aging effects on cough reflex. *Chest*. 1995;107(1):290-1.
15. Newnham DM, Hamilton SJ. Sensitivity of the cough reflex in young and elderly subjects. *Age and Ageing*. 1997;26(3):185-8.
16. Yamaya M, Yanai M, Ohnishi T, Arai H, Sasaki H. Interventions to prevent pneumonia among older adults. *Journal of American Geriatrics Society*. 2001; 49(1):85-90.
17. Nakane A, Nakagawa K, Yamaguchi K, Yoshimi K, Hara Y, Tohara H. Cough test results during screening for silent aspiration are affected by risk factors for silent cerebral infarct in older adults with chronic disease. *International*

Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(16):10202.

18. Nakashima T, Maeda K, Tahira K, Taniguchi K, Mori K, Kiyomiya H, et al. Silent aspiration predicts mortality in older adults with aspiration pneumonia admitted to acute hospitals. *Geriatrics & Gerontology International*, 2018;18(6): 828-32.

APPENDIX: Included studies list

- a1. Oguma M, Nonomura R, Ueda K, Nagata H, Yabe R, Oshima Y, et al. A two-step strategy utilising fluoroscopy for resolving peripheral airway impaction by an aspirated capsule endoscope: a case report. *Respirology Case Reports*. 2026;14(4):e70600.
- a2. Vangala A, Ghose M, Rathod M, Yagnik K, FNU P, 1, Du D, et al. Lost in transit: when the capsule takes a detour to the wind pipe instead of the food pipe. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2025;211(Suppl):A1992.
- a3. Travers J, Isenberg G. Prolonged asymptomatic tracheal aspiration of a small bowel capsule endoscope. *ACG Case Reports Journal*. 2024;11(7):e01425.
- a4. Ahn BY, Kim B, Chung H, Kim SG, Cho S-J. Bifurcated lumen observed on capsule endoscopy. *Korean Journal of Helicobacter and Upper Gastrointestinal Research*. 2023;23(3):222-4.
- a5. Grounds GS, Dent H, Nunes C, Dhar V. Tubeless field anaesthesia for surgical removal of an aspirated endoscopy capsule. *Anaesthesia Reports*, 2023;11(2):e12242.
- a6. Sun J, Shao Y, Zhuang M, Liu H, Qi L, Zhang L. Aspiration of capsule endoscopes: a case report and treatment experience from respiratory. *Annals of Clinical and Medical Case Reports*. 2023;11(5):1-3.
- a7. Tamang S, Mitnovetski S. Capsule endoscopy in airway: a difficult extraction. *Journal of Surgical Case Reports*. 2022;8:1-2.
- a8. Gupta S, Shah S, Farooqui S, Chaudry F. Video capsule endoscopy aspiration and retrieval via rigid bronchoscopy. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2021;203(Suppl 1): A2200
- a9. McCracken M, Pathak S, Heyman MB. Aspiration of a video capsule placed endoscopically into the duodenum under general anesthesia. *JPGN Reports*. 2021;3(1):e157.
- a10. Rizza S, Bruno M, Ciruolo M, De Angelis CG., Saracco GM, Pennazio M. A case of bronchial aspiration of a small bowel capsule in an elderly patient. *Endoscopy*. 2021;53(Suppl 1):S128.
- a11. Hilewitz A, Agrawal A, Lakticova V. Capsule bronchoscopy: a pill endoscopy gone wrong. *Chest*. 2019;156(4):A55.
- a12. Vazirani J, Hildebrand F, Barnes H, Taverner J. Bronchoscopic removal of foreign bodies: presentation of two unusual cases. *Respirology*. 2018; 23(Suppl):191.
- a13. Buscot M, Leroy S, Pradelli J, Chaabane N, Hebutterne X, Marquette CH, et al. Bronchial aspiration of capsule endoscope. *Respiration*. 2017;93(2):122-5.
- a14. Juanmartiñena Fernández JF, Fernández-Urien I, Vila Costas JJ. Asymptomatic bronchial aspiration of capsule endoscope: a significant complication. *Revista Espanola de Enferme-*

- dades Digestivas. 2016;108(9):605-6.
- a15. Elmunzer J, May K, Fisher L, Rice M, Baker J, Arbor A. Bronchial aspiration of a video capsule endoscope: report of a case. *American Journal of Gastroenterology*. 2014;109:S122.
- a16. Hussan H, Paradowski TJ, Prather CM. Unexpected capsule endoscopy images reveal aspiration. *ACG Case Reports Journal*. 2014;1(2):69.
- a17. Hall JJ, Fischer UM, Shah SK, Wilson TD. Video endoscope removal from the right main bronchus using a flexible esophagogastroduodenoscope. *American Surgeon*. 2013;79(5):E185-6.
- a18. Pereira B, Santos A, Leitão C, Banhudo A. Aspiration of capsule endoscope. *Revista Espanola de Enfermedades Digestivas*. 2013;105(7):438-9.
- a19. Girdhar A, Usman F, Bajwa A. Aspiration of capsule endoscope and successful bronchoscopic extraction. *Journal of Bronchology & Interventional Pulmonology*. 2012;19(4):328-31.
- a20. Choi HS, Kim JO, Kim HG, Lee TH, Kim WJ, Cho WY, et al. A case of asymptomatic aspiration of a capsule endoscope with a successful resolution. *Gut and Liver*. 2010;4(1):114-6.
- a21. Depriest K, Wahla AS, Blair R, Fein B, Chin R Jr. Capsule endoscopy removal through flexible bronchoscopy. *Respiration: international review of thoracic diseases*, 2010;79(5):421-4.
- a22. Kurtz LE, Devito B, Sultan K. Electronic image of the month. Small bowel video capsule aspiration with bronchoscopic-assisted extraction. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*. 2010;8(4):e37-8.
- a23. Koulaouzidis A, Pendlebury J, Douglas S, Plevris JN. Aspiration of video capsule: rare but potentially life-threatening complication to include in your consent form. *American Journal of Gastroenterology*. 2009;104(6), 1602-3.
- a24. Leeds JS, Chew TS, Sidhu R, Elliot CA, Sanders DS, McAlindon ME. Asymptomatic bronchial aspiration and retention of a capsule endoscope. *Gastrointestinal endoscopy*. 2009;69(3 Pt 1):561-2.
- a25. Bredenoord AJ, Stolk MF, Al-toma A. Unintentional video capsule bronchoscopy. *European Journal of Gastroenterology & Hepatology*. 2009;21(5): 593.
- a26. Nathan SR, Biernat L. Aspiration--an important complication of small-bowel video capsule endoscopy. *Endoscopy*. 2007;39(Suppl 1):E343.
- a27. Sepehr A, Albers GC, Armstrong WB. Aspiration of a capsule endoscope and description of a unique retrieval technique. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*. 2007;137(6):965-6.
- a28. Shiff AD, Leighton JA, Heigh RI. Pulmonary aspiration of a capsule endoscope. *American Journal of Gastroenterology*, 2007;102(1):215-6.
- a29. Buchkremer F, Herrmann T, Stremmel W. Mild respiratory distress after wireless capsule endoscopy. *Gut*. 2004;53(3):472.
- a30. Tabib S, Fuller C, Daniels J, Lo SK. Asymptomatic aspiration of a capsule endoscope. *Gastrointestinal endoscopy*. 2004;60(5):845-8.