



간호교육에서의 몰입형 가상현실과 증강현실의 효과: 체계적 문헌고찰과 메타분석

최기원¹⁾ · 우민영¹⁾ · 류아라²⁾ · 김지우²⁾

1) 서울대학교 간호대학 · BK21 세계선도 휴먼케어 간호인재 교육연구단, 대학원생 · 2) 서울대학교 간호대학, 대학원생

The effectiveness of nursing education using immersive virtual reality or augmented reality: Systematic review and meta-analysis

Choi, Gi Won¹⁾ · Woo, Minyoung¹⁾ · Ryu, Ahra²⁾ · Kim, Jiu²⁾

1) Graduate Student, Center for World-leading Human-care Nurse Leaders for the Future by Brain Korea 21 (BK 21) four project, College of Nursing, Seoul National University

2) Graduate Student, College of Nursing, Seoul National University

Purpose: This study aims to comprehensively assess the characteristics and effectiveness of immersive virtual reality (VR) or augmented reality (AR) in nursing education among nursing students and nurses. **Methods:** A thorough search was conducted in seven databases (PubMed, Embase, Cochrane Library, CINAHL, RISS, KMBase, and KoreaMed) for randomized controlled trials (RCTs) published in English or Korean before February 20, 2024. The quality of the included RCTs was assessed using the revised Cochrane Risk of Bias tool for randomized trials. A random-effects model was applied for the meta-analysis using Review Manager 5.4. **Results:** Out of the 15,840 studies extracted, ten were selected. Of those ten, the majority (six, 60%) were conducted on education dealing with specific nursing situations. In addition to the use of immersive VR or AR during nursing education, lectures, debriefing, and discussion processes were applied together, and device usage orientation was also provided. The meta-analyses showed that immersive VR or AR in nursing education significantly improved knowledge (standardized mean difference, SMD=2.64; 95% confidence interval, 95% CI=1.10~4.17) and skills (SMD=0.58, 95% CI=0.02~1.15). **Conclusion:** Immersive VR or AR in nursing education can effectively enhance knowledge and skills. However, for their development and implementation, various factors should be considered, and these findings are expected to provide valuable evidence regarding that concern.

Keywords: Virtual reality, Augmented reality, Nursing education, Systematic review, Meta-analysis

서론

연구의 필요성

간호학에서는 인본주의 및 전인간호, 전문지식과 임상능력, 전

문직관, 비판적 사고, 간호사의 역할과 자기계발과정 습득을 중요한 간호교육의 목표로 언급하고 있다[1]. 이에 따라 전공이론교육만큼 임상실습을 통해 다양한 사례의 환자를 만나고 실무를 직접적으로 경험하며 미래 간호사로서 준비하는 과정이 중요하게 고려된다[2]. 그러나 간호학생의 임상실습은 병원 측에는 업무와 교

주요어: 가상현실, 증강현실, 간호교육, 체계적 문헌고찰, 메타분석**Address reprint requests to:** Woo, MinyoungCollege of Nursing, Seoul National University,
103, Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul, 03080, Republic of Korea
Tel: +82-2-740-8851, E-mail: woomy@snu.ac.kr**Received:** March 21, 2024 **Revised:** April 23, 2024 **Accepted:** May 13, 2024This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

육의 부담가중, 개인정보 노출 위험성 증가 우려에 대한 문제를, 간호학생에게는 낮은 공간에서의 심리적 불편감과 직접간호에 대한 두려움을, 간호대상자에게는 간호학생 실습거부, 감염에 대한 두려움을 유발할 수 있어, 많은 경우 간호 임상실습은 관찰 수준에서만 이루어지고 있다[3,4]. 임상실습이 제한되는 경우, 간호학생의 학업성취도, 실습만족도, 전문직 자아개념에 부정적 영향을 미칠 뿐만 아니라[5,6] 환자의 안전을 위협하는 간호절차 오류가 발생할 수도 있다[7].

임상실습 교육의 한계를 극복하기 위해 간호학생에게 임상현장과 유사한 환경을 제공하여 교육하는 시뮬레이션 교육이 간호교육현장에 적용되기 시작했다[8,9]. 최근에는 오프라인에서 온라인으로 간호교육의 패러다임이 변화하기 시작하며[10], 몰입형 가상현실(immersive virtual reality, immersive VR)과 증강현실(augmented reality)을 활용한 시뮬레이션 실습에 대한 관심이 높아졌다[8,9]. 몰입형 가상현실은 헤드셋(head mounted display, HMD)과 햅틱 기구를 이용하여 가상 학습 환경인 3D 환경을 탐색하고 그 환경 내에서 개체와 상호작용할 수 있도록 하여, 실제 물리적 환경인 것처럼 반응할 수 있도록 한다[11]. 증강현실은 Microsoft HoloLens, Google Glass와 같은 헤드셋, 스마트폰 어플리케이션 등을 활용하여 현실과 가상 세계를 결합시켜 다양한 감각을 경험할 수 있도록 하고, 가상과 실제 사물이 동시에 상호작용할 수 있는 특별한 어포던스(affordance)를 점목시켰다[12]. 두 기술은 안전한 환경에서 환자나 자신에게 신체적인 위험을 가하지 않고 필수적인 임상 교육을 관찰하거나 경험할 수 있다는 점에서 유리하다[13]. 또한 높은 현존감(presence)과 몰입감(immersion), 어포던스를 제공하는 가상환경을 통해 학습자의 감각운동참여를 증가시켜 더 쉽고, 확실한 학습자의 교육 인지 과정을 유발하여 교육 효과를 향상시킬 수 있다[14].

이에 따라 현재 간호학에서는 몰입형 가상현실과 증강현실을 활용한 교육 및 효과에 대한 연구[15,16]와 몰입형 가상현실과 증강현실을 활용한 실습 교육에서의 경험과 요구도를 분석한 연구[17,18]들이 진행되고 있다. 선행연구[15,16]에서 간호교육에 가상현실을 적용한 경우 인지, 지식, 학습 수행, 만족도, 심리적 기술 향상 등에 도움이 된 것이 나타났으나, 일부 연구에서는 가상현실이 전통적 교육방법과 비교했을 때 지식과 수행 측면에서 효과가 크지 않다고 보고했다[19]. 또한, 가상현실을 활용한 간호교육에 대해 고찰한 연구의 경우, 몰입형과 비몰입형 가상현실을 동시에 고찰하거나[20], 몰입형 가상현실만을 분리하여 효과를 확인하였으며[15], 증강현실의 경우 주제범위 문헌고찰을 진행한 선행연구[21] 외에 그 효과에 대한 메타분석을 진행한 사례는 드물었다. 이에 본 연구에서는 간호사 및 간호대학생을 대상으로 몰입형 가상현실과 증강현실을 활용한 간호교육 프로그램의 특성과 효과를 관련 문헌을 통해 체계적으로 살펴보고자 한다.

연구 방법

연구 설계

본 연구는 간호사와 간호대학생을 대상으로 몰입형 가상현실 및 증강현실 기술을 활용한 간호교육 프로그램의 특성과 효과를 파악하기 위해 체계적 문헌고찰 및 메타분석을 시행한 연구이다. 연구 프로토콜은 2023년에 PROSPERO에 등록하였다(CRD42023427006).

문헌 선정 및 배제 기준

본 연구는 코크란 체계적 고찰 매뉴얼(Cochrane Handbook for systematic reviews of interventions version 6.4) [22]과 한국보건 의료연구원의 체계적 문헌고찰 매뉴얼[23]의 수행지침과 Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analysis (PRISMA)의 보고지침[24]에 따라 수행되었다. 핵심질문인 Participants, Intervention, Comparisons, Outcomes, Study-Design (PICO-SD)을 바탕으로 선정 및 배제 기준을 세웠다. 먼저 선정기준 중 연구대상(Participants)은 간호사와 간호대학생이며, 관심 중재(Intervention)는 VR glasses나 HMD 등의 착용기구를 활용하여 몰입형 가상현실 또는 증강현실을 활용한 간호교육 프로그램으로 [25], 구체적인 프로그램 종류에 대해서는 제한을 두지 않았다. 비교중재(Comparisons)는 다른 중재를 받은 경우가 해당하며, 결과(Outcomes)는 간호사 및 간호대학생 대상 몰입형 가상현실과 증강현실 기술을 활용한 간호교육 프로그램의 효과를 정량적으로 측정할 변수로 설정하였다. 또한 연구 설계(Study-Design)는 무작위 대조군 연구(randomized controlled trial) 설계만을 포함하였다. 배제 기준은 영어 또는 한글 이외의 언어로 기술되어 있는 경우, 게재된 학술지 논문이 아닌 학위논문, 학술대회 발표자료, 프로토콜 등의 회색문헌인 경우, 전문을 찾을 수 없는 경우가 설정되었다. 또한 의사, 조산사 등 간호사와 간호대학생 외 다른 직군을 포함한 경우도 배제 기준에 포함하였다. 특히 조산사의 경우, 해외 일부 국가에서는 간호사 면허 없이 조산사가 될 수 있는 과정이 존재한다는 점[26]을 고려하여 배제기준에 추가하였다.

문헌 검색, 선정 및 질 평가

문헌 검색은 COre, Standard, Ideal (COSI) 모델을 바탕으로 4개의 국외 데이터베이스(PubMed, Embase, Cochrane Library, CINAHL)와 3개의 국내 데이터베이스(RISS, KMedbase, KoreaMed)를 활용하여 2024년 2월 20일까지 출간된 모든 논문을 대상으로 진행하였다. 검색전략은 각 데이터베이스별 색인어와 자연어를 활용하여 PICO-SD의 “연구대상(P) AND 중재(I)”로 세웠고, 검색식의 민감도를 높이고자 ‘AND’, ‘OR’, ‘*’를 활용하여 조합하

였다. 연구 대상(P)의 경우, 'nurses', 'students, nursing', '간호사', '간호대학생'을 검색어로 선정하였으며, 중재(I)의 경우, 'education, nursing', 'train', 'mentor', 'instruct', 'learn', 'teach', 'simulation', 'virtual reality', 'augmented reality', '간호교육', '트레이닝', '훈련', '교육', '수업', '시뮬레이션', '가상현실', '증강현실'이 선정되었다(Appendix 1).

문헌 선정은 EndNote 20 (Clarivate)을 사용하여 중복문헌을 제거하고, 수기로 중복 여부를 추가 확인하였다. 그리고 남은 문헌들의 제목과 초록을 검토하여 문헌 선정 및 배제 기준에 부합하는지 확인하는 1차 배제과정을 거쳤으며, 이후 남은 문헌들의 전문을 검토하는 2차 배제과정을 통해 최종 문헌을 선별하였다. 문헌 선정 과정은 4명의 연구자가 독립적으로 각 문헌을 검토하였으며, 의견이 일치하지 않는 경우 논의를 거쳐 문헌의 선택 여부를 결정하였다.

최종 선정된 문헌은 revised Cochrane Risk of Bias tool for randomized trials (RoB 2.0) [27]을 사용하여 질 평가를 진행하였으며, Risk-Of Bias Visualization의 신호등 차트와 막대도표로 결과를 제시하였다. RoB 2.0은 무작위 배정 과정, 의도한 중재에서 이탈, 중재결과 자료의 결측, 중재결과의 측정, 보고된 연구 결과 선택의 비뚤림의 5가지 영역으로 구성되어 있으며, 각 영역에 대한 확인 문항이 제시되어 있다[28]. 또한 신호질문의 평가를 완료한 후 영역(domain)별 비뚤림 위험에 대한 판단을 위해 알고리즘을 사용하여 낮은 위험, 일부 우려, 높은 위험의 3단계로 비뚤림 위험 정도를 판단한다. 질 평가 과정은 4명의 연구자가 독립적으로 수행한 뒤, 의견이 일치하지 않는 경우 함께 검토하여 일치된 결과를 도출하였다.

자료 분석

● 분석 대상 문헌의 자료추출

먼저 일반적 특성(저자, 출판 연도, 연구 수행 국가, 연구 대상자의 특성, 평균 연령, 대상자 수)과 제공한 중재 특성(교육 영역, 몰입형 증강현실 및 가상현실 기술의 구분, 소프트웨어, 프로그램 종류, 제공된 자료와 기기, 기간과 간격, 장소, 개인/그룹 여부, 결과지표)을 정리할 수 있는 템플릿을 작성하였다. 2명의 연구자가 독립적으로 자료를 추출하였으며, 의견이 일치하지 않는 경우 토의를 거쳐 합의하였다. 최종 추출된 자료는 4명의 연구자가 모여 재검토하는 과정을 거쳤다.

● 효과크기와 이질성 분석

간호사와 간호대학생을 대상으로 몰입형 가상현실 또는 증강현실을 활용한 간호교육 프로그램의 효과크기를 비교하기 위해 Cochrane Review Manager 5.4를 이용하여 메타분석을 시행하였다. 다양한 연구도구로 측정된 동일한 결과지표를 표준화하기 위

해 표준화된 평균차(standardized mean difference)를 활용하였다. 또한 개별 문헌 간 대상자, 중재내용, 측정도구가 다양하여 이질성이 존재한다고 판단되었으며, 부가적으로 Higgins의 I^2 통계량을 바탕으로 변량효과모형(random effects model)을 적용하였다. I^2 값이 25% 미만이면 이질성이 낮고, 50%는 중간정도, 75% 이상이면 이질성이 높은 것으로 판단하였다[22]. 그리고 forest plot 모형을 통해 각 문헌 내 결과지표의 효과크기 방향과 신뢰구간(confidence interval, CI)을 확인하였다. 효과크기의 통계적 유의수준은 .05로, 95% CI가 '0'을 포함하지 않으면 유의하다. 표본이 작으면 효과크기를 과대 추정하는 경향이 있기 때문에 이를 교정해주는 표준화된 평균차인 Hedge's g 를 사용하였으며, 0.20 이상 0.50 미만은 작은 효과, 0.50 이상 0.80 미만은 중간효과, 0.80 이상은 큰 효과크기로 해석한다[29].

● 출판편향 검정

메타분석에 포함된 문헌의 출판편향 검정은 funnel plot을 이용하였다. Funnel plot 내 각 점들이 대칭축을 기준으로 서로 대칭이면 출판편향이 없다고 할 수 있으며, 반대로 비대칭이면 출판편향이 있다고 할 수 있다[22].

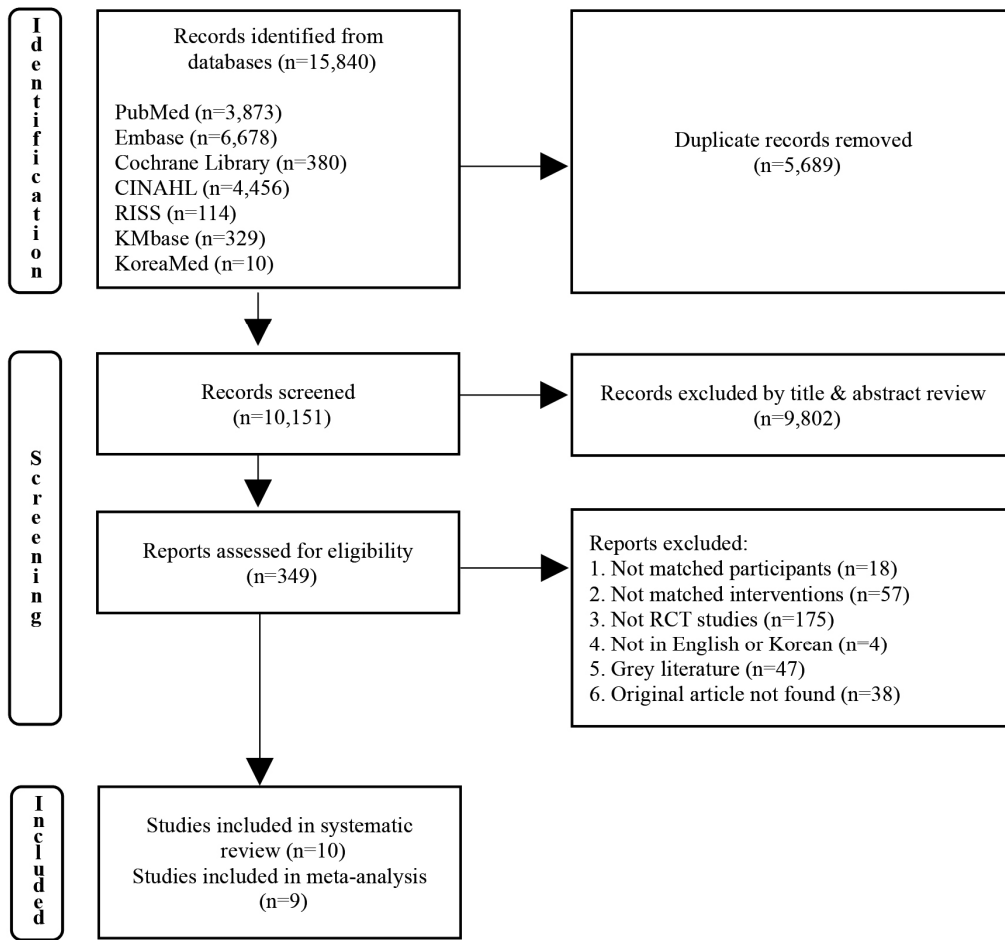
연구 결과

문헌 선정

7개의 데이터베이스를 활용하여 검색한 결과 총 15,840편이 검색되었으며, 각각 PubMed 3,873편, Embase 6,678편, Cochrane Library 380편, CINAHL 4,456편, RISS 114편, KMBASE 329편, KoreaMed 10편이었다. 이후 EndNote 20으로 중복문헌 5,689편을 배제하였고, 남은 10,151편에 대해 제목과 초록을 검토하여 추가로 9,802편을 배제하였다. 남은 349편에 대해 전문을 검토하여 최종 10편의 문헌을 선정하였다(Figure 1).

문헌의 질 평가

선정된 10편의 문헌에 대한 질 평가를 수행한 결과, 전반적으로 비뚤림 위험이 높은 문헌이 2편(20.0%) [30,31]이었으며, 나머지 문헌은 일부 비뚤림 우려가 있는 것으로 나타났다. 영역별로 살펴보면, 무작위 배정 과정의 경우, 모든 문헌에서 일부 비뚤림 우려가 있는 것으로 평가되었다. 중재결과 자료의 결측[30]과 보고된 연구 결과의 비뚤림[31]에서는 각각 1편(10.0%)이 비뚤림 위험이 높았으며, 나머지 문헌에서는 비뚤림 위험이 낮은 것으로 확인되었다. 의도한 중재에서 이탈의 경우, 낮은 비뚤림 위험이 5편(50.0%) [31-35], 일부 비뚤림 우려가 4편(40.0%) [36-39], 높은 비뚤림 위험이 1편(10.0%) [30]이었으며, 중재결과의 측정에서는



RCT=randomized controlled trial

Figure 1. PRISMA flow chart of the study selection

일부 비플립 우려가 있는 것으로 평가된 2편(20.0%) [30,39]을 제외한 나머지 문헌에서 모두 비플립 위험이 낮은 것으로 평가되었다(Figure 2).

문헌의 일반적 특성

본 연구에서 선정된 문헌 10편의 출판 연도는 2022년에서 2024년이었으며, 연구 수행 국가는 한국이 5편(50.0%) [33-37]으로 가장 많았다. 연구 대상자의 경우, 1편(10.0%) [31]을 제외한 나머지 문헌이 모두 간호대학생이었고, 평균 연령은 최소 18.3세에서 최대 28.3세였으며, 그룹 당 연구 대상자 수는 최소 33명에서 최대 76명으로 나타났다(Table 1).

몰입형 가상현실 및 증강현실 기술을 활용한 간호교육 프로그램

10편의 문헌에서 나타난 몰입형 가상현실 및 증강현실 기술을 활용한 간호교육 프로그램의 특성은 다음과 같다(Table 1). 먼저 교육 영역을 살펴보면, 외상환자 사정[36], 고위험 분만 간호[37], 소아 심폐소생술[30], 체외막형 산화장치 간호[34], 항암화학요법 관리[31], 재난간호[38] 등 특수한 간호 상황과 관련된 문헌이 6편(60.0%)으로 가장 많았다. 그리고 의사소통 기술에 대한 문헌이 2편(20.0%) [32,39], 유치노노와 기관절개관 관리, 수혈요법과 같은 핵심간호술에 대한 문헌이 2편(20.0%) [33,35]이었다.

프로그램에서 활용한 기술은 몰입형 가상현실을 활용한 문헌이 7편(70.0%) [31-35,38,39]으로 증강현실보다 많았으며, 기술 적용을 위해 다양한 소프트웨어들이 활용되었으나 그중 Unity game



	Bias arising from the randomization process	Bias due to deviations from intended interventions	Bias due to missing outcome data	Bias in measurement of the outcome	Bias in selection of the reported result	Overall risk of bias
Chen and Liou, 2023 [30]	?	●	●	?	+	●
Chou et al., 2024 [32]	?	+	+	+	+	?
Ha et al., 2022 [33]	?	+	+	+	+	?
Kim and Park, 2022 [36]	?	?	+	+	+	?
Kim and Park, 2022 [37]	?	?	+	+	+	?
Lee et al., 2023 [35]	?	+	+	+	+	?
Lee et al., 2024 [34]	?	+	+	+	+	?
Mayor Silva et al., 2023 [39]	?	?	+	?	+	?
Shujuan et al., 2022 [38]	?	?	+	+	+	?
Wang et al., 2022 [31]	?	+	+	+	●	●

Figure 2. Quality assessment of selected studies (ROB 2.0)

engine이 5편(50.0%) [30,32,36-38]에서 나타나 가장 빈번하게 활용되었다. 또한 4편(40.0%) [31-33,36]의 문헌에서는 몰입형 가상현실 및 증강현실 기술이 프로그램 내에서 단독으로 사용되었는

데, 남은 6편(60.0%)의 문헌에서는 대조군에게 제공했던 강의 [30,34,35,38]를 추가로 제공하거나 혹은 토론[37,39]을 진행하는 등 다양한 방법들을 함께 혼합하여 사용되기도 하였다. 모든 문헌

Table 1. Characteristics of the Included Studies

References	Participants		Intervention			Outcomes
	Characteristics	Education area	Technology	Program	Duration and interval	
Chen and Liou (2023, Taiwan) [30]	<ul style="list-style-type: none"> • Fourth-year nursing students • Mean age (years): 18.8±0.6, CG: 18.7±0.6 • Size (n): EG: 46, CG: 49 	<ul style="list-style-type: none"> • Pediatric first aid 	<ul style="list-style-type: none"> • AR • Vuforia AR extension for Unity and Unity game engine 	<ul style="list-style-type: none"> • Program • Provided materials, equipment 	<ul style="list-style-type: none"> • Duration and interval • Setting • Type 	<ul style="list-style-type: none"> • Outcomes
Chou et al. (2024, USA) [32]	<ul style="list-style-type: none"> • Second-year nursing students • EG: 20.3±0.5 • CG: 42, CG: 42 	<ul style="list-style-type: none"> • Communication skill 	<ul style="list-style-type: none"> • IVR • Unity 3D 	<ul style="list-style-type: none"> • 30-minute VR simulation program • Equipment (HMD) • 30-minute video watching 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 weeks/2 times per week • Individual 	<ul style="list-style-type: none"> • Communication ability • Communication confidence • Clinical practice stress • Learning satisfaction
Ha et al. (2022, South Korea) [33]	<ul style="list-style-type: none"> • Third-year nursing students • EG: 23.1±4.1, CG: 22.8±1.1 • EG: 35, CG: 35 	<ul style="list-style-type: none"> • Urinary catheterization and tracheostomy management 	<ul style="list-style-type: none"> • IVR • Hanaroadadcom system 	<ul style="list-style-type: none"> • 2-hour nursing skills practice using VR • Equipment (Oculus Quest headset, two-handed controller, and tablet)+ orientation on how to use the VR and cautions • 2-hour nursing skills practice using the traditional model 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 time • College • Group (3-4) 	<ul style="list-style-type: none"> • Confidence • Learning self-efficacy • Performance • Satisfaction
Kim and Park (2022, South Korea) [36]	<ul style="list-style-type: none"> • Fourth-year nursing students • EG: 48, CG: 46 	<ul style="list-style-type: none"> • Trauma patient assessment 	<ul style="list-style-type: none"> • AR • QualComm's AR and Unity 3D 	<ul style="list-style-type: none"> • 2-hour learning program using AR • Equipment (HMD and PC)+orientation on how to use the AR learning program • 2-hour lecture 	<ul style="list-style-type: none"> • 10 weeks/1 time per week 	<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge • Self-directed learning ability • Problem-solving ability • Basic academic examination
Kim and Park (2022, South Korea) [37]	<ul style="list-style-type: none"> • Third-year nursing students • EG: 47, CG: 47 	<ul style="list-style-type: none"> • High-risk postpartum care 	<ul style="list-style-type: none"> • AR • QualComm's AR and Unity 3D 	<ul style="list-style-type: none"> • 2-hour learning program using AR and discussion • Equipment (HMD and PC)+orientation on how to use the AR learning program • 2-hour lecture 	<ul style="list-style-type: none"> • 8 weeks /1 time per week • Simulation laboratory and debriefing room of a college • Group (6) • 8 weeks/1 time per week • Simulation laboratory and debriefing room of a college 	<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge • Self-directed learning ability • Problem-solving ability • Basic academic examination

Table 1. Characteristics of the Included Studies (Continued)

References	Participants		Intervention		Outcomes	
	Characteristics	Education area	Technology	Program		Duration and interval
Lee et al. (2023, South Korea) [35]	<ul style="list-style-type: none"> All nursing students EG: 20.0±1.1, CG: 20.1±1.5 EG: 76, CG: 76 	<ul style="list-style-type: none"> Blood transfusion 	<ul style="list-style-type: none"> IVR Techvillage, 360° VR videos 	<ul style="list-style-type: none"> Program Provided materials, equipment 	<ul style="list-style-type: none"> 1 time Any location Individual 	<ul style="list-style-type: none"> Knowledge Satisfaction and self-confidence Self-efficacy
Lee et al. (2024, South Korea) [34]	<ul style="list-style-type: none"> Fourth-year nursing students EG: 23.3±3.3 EG: 33, CG: 33 	<ul style="list-style-type: none"> ECMO nursing 	<ul style="list-style-type: none"> IVR No mention 	<ul style="list-style-type: none"> 22-minute pre-recorded lecture+5-15 minutes VR simulation+debriefing Equipment (HMD and controller)+orientation on the VR program and equipment 22-minute pre-recorded lecture 	<ul style="list-style-type: none"> 1 time Individual 	<ul style="list-style-type: none"> Knowledge Confidence Clinical reasoning capability Learning immersion Learning satisfaction
Shujuan et al. (2022, China) [38]	<ul style="list-style-type: none"> Second-year nursing students EG: 20.6±0.9 EG: 49, CG: 52 	<ul style="list-style-type: none"> Disaster nursing 	<ul style="list-style-type: none"> IVR Unity 3D and HTC vive 	<ul style="list-style-type: none"> Usual disaster training (lectures and manikin simulation)+VR training with 12 highly interactive disaster nursing scenarios (10-25 minutes per scenario) Equipment (HMD and controller)+4-minute tutorials that illustrated how to use the controllers+automatically generated testing report as feedback for the VR training Usual disaster training (lectures and manikin simulation) 	<ul style="list-style-type: none"> 4 months Campus, VR lab 	<ul style="list-style-type: none"> Disaster preparedness Confidence Performance
Mayor Silva et al. (2023, Spain) [39]	<ul style="list-style-type: none"> First-year nursing students EG: 19.5±1.4, CG: 18.3±0.1 EG: 50, CG: 50 	<ul style="list-style-type: none"> Communication skill 	<ul style="list-style-type: none"> IVR No mention 	<ul style="list-style-type: none"> VR simulation with a series of predesigned cases+discussion via Google Meet video call Equipment (computers, VR goggles, and headphones)+education on how to use the VR goggles Case-based traditional workshop 	<ul style="list-style-type: none"> 1 time Faculty library Group (5) 	<ul style="list-style-type: none"> Communication and interpersonal relationship skills
Wang et al. (2022, Taiwan) [31]	<ul style="list-style-type: none"> Nurses from non-oncology wards EG: 28.3±5.8, CG: 26.8±4.4 EG: 42, CG: 41 	<ul style="list-style-type: none"> Chemotherapy drug administration 	<ul style="list-style-type: none"> IVR EduVenture VR, 360 VR camera 	<ul style="list-style-type: none"> Using VR application Equipment (public smartphone, VR glasses) +assistance of VR software running normally at the first time+weekly reminded message Document reading Weekly reminded message 	<ul style="list-style-type: none"> 1 month/once a day Nursing station or home Individual 	<ul style="list-style-type: none"> Knowledge and attitude Action accomplishment OSCE

AR=augmented reality; CG=control group; CPR=cardiopulmonary resuscitation; DVD=digital video disc; ECMO=extracorporeal membrane oxygenation; EG=experimental group; HMD=head mounted display; IVR=immersive virtual reality; OSCE=objective structured clinical examination; PC=personal computer; VR=virtual reality

에서 연구 대상자는 HMD, 컨트롤러 등 프로그램 참여에 필요한 기기를 제공받았으며, 6편(60.0%) [30,33,34,36-38]의 문헌에서 연구 대상자는 기기 작동과 관련된 오리엔테이션도 함께 받았다. 그중 1편(10%) [38]에서는 피드백으로 자동 생성화 되는 보고서를 함께 받기도 하였다. 그 외 또 다른 1편(10%) [31]의 문헌에서는 오리엔테이션 대신 첫 기기 작동 시 조작을 직접 보조해주었으며, 프로그램 참여를 독려하기 위해 매주 알림 문자를 제공하였다.

한편, 프로그램 기간은 최대 4개월까지 나타났으나, 1회 제공에 그친 문헌이 6편(60.0%) [30,31,33-35,39]이었다. 장소의 경우, 학교에서 이루어진 경우가 5편(50.0%) [30,33,37-39]으로 가장 많았고, 그 외 장소에 구애 받지 않는다고 언급한 문헌이 1편(10.0%) [35], 간호사 스테이션이나 집에서 가능하다고 언급한 문헌이 1편(10.0%) [31]이었다. 또한 개별적으로 프로그램이 진행된 경우가 5편(50.0%) [30-32,34,35]이었으며, 그룹으로 진행한 문헌은 3편(30.0%) [33,37,39]으로, 그룹별 인원 수는 최소 3명에서 최대 6명으로 나타났다.

몰입형 가상현실 및 증강현실 기술을 활용한 간호교육 프로그램의 결과지표 및 효과

몰입형 가상현실 및 증강현실 기술을 활용한 간호교육 프로그램의 효과를 확인하기 위해 사용된 결과지표를 살펴보면 술기, 문제해결력과 같은 행동 관련 지표가 8편(80.0%) [30-33,36-39]으로 가장 많이 사용되었다. 특히 술기의 경우, 문헌에 따라 자가보고식 설문지[32]로 측정하기도 하였고, 숙련된 간호사와 같이 타인에 의해 객관적으로 평가[30]되기도 하였다. 또한 지식, 자기주도적 학습능력, 기초학력 검사 등 인지적 지표가 7편(70.0%) [30, 31,34-38]의 문헌에서 측정되었으며, 그 외에도 자신감 지표를 확인한 문헌은 6편(60.0%) [30,32-35,38], 학습 만족도 지표를 확인한 문헌도 3편(40.0%) [32-34] 있었다.

본 연구에서는 몰입형 가상현실 및 증강현실 기술을 활용한 간호교육 프로그램의 효과크기를 알아보기 위해 선정된 문헌들에서 결과지표로 가장 많이 사용된 지식, 술기, 자신감, 학습 만족도를 대상으로 메타분석을 수행하였다(Figure 3). 먼저 지식을 결과지표로 본 7편[30,31,34-38]의 문헌 중 중재 전 지식에 대한 평가만 이루어진 Wang 등[31]의 연구를 제외한 6편에 대해 효과크기를 분석한 결과 효과크기는 2.64 (95% CI=1.10~4.17)로 유의하였다. 또한 술기를 결과지표로 본 5편[30,31,33,38,39]의 문헌을 분석한 결과, 효과크기는 0.58 (95% CI=0.02~1.15)로 유의하였다. 자신감의 경우, 6편[30,32-35,38]의 문헌 중 하위영역 점수만 제시한 Chen과 Liou [30]의 연구와 사후 점수 산출을 할 수 없었던 Chou 등[32]의 연구를 제외한 총 4편의 문헌에 대하여 효과크기를 분석한 결과, 0.75 (95% CI=-0.07~1.58)로 나타났지만 통계적으로 유의하지 않았다. 마지막으로 학습 만족도를 확인한 3편

[32-34]의 문헌 중, 통계분석방법으로 인해 학습 만족도 사후 점수 산출을 할 수 없었던 Chou 등[32]의 연구를 제외한 2편에 대해 분석한 결과, 효과크기는 0.67 (95% CI=-0.01~1.36)로 나타났지만 통계적으로 유의하지 않았다. 문헌들의 이질성 정도는 지식 ($I^2=98\%$, $\chi^2=262.11$, $df=5$), 술기($I^2=91\%$, $\chi^2=66.75$, $df=6$), 자신감($I^2=96\%$, $\chi^2=149.50$, $df=6$), 그리고 학습 만족도($I^2=74\%$, $\chi^2=3.84$, $df=1$) 모두 문헌들 간의 이질성이 큰 것으로 나타났다. 본 연구에서는 포함된 문헌 수가 충분할 경우, 이질성의 원인을 탐색하기 위해 가상현실과 증강현실로 구분하여 하위그룹 분석을 수행하는 것으로 사전에 계획하였다. 그러나 결과지표 별 포함된 문헌 수가 적었으며, 하위그룹 분석을 하면 포함된 문헌 수는 더욱 감소하게 되고 검정력이 낮아져 위양성이나 위음성 결과 가능성이 증가할 수 있기 때문에 본 연구에서는 추가적으로 수행하지 않았다[40].

출판편향 검정

메타분석에 포함된 문헌의 출판편향을 확인하기 위하여 지식, 술기, 자신감, 학습 만족도 결과지표별 funnel plot을 그려 육안으로 대칭 정도를 확인하였으나, 메타분석에 포함된 논문의 수가 10편 미만이어서 출판편향이 평가되지 못하였다[41]. 덧붙여, 비대칭 정도의 통계적 유의성을 판단하기 위해 진행되는 Egger's linear regression method도 각 결과지표별 포함되는 문헌이 10편이 되지 않아 통계적 안정성이 보장되지 않은 것으로 판단하여 진행하지 않았다[42].

논 의

본 연구는 체계적 문헌고찰과 메타분석을 통해 간호사와 간호대학생을 대상으로 몰입형 가상현실 및 증강현실 기술을 활용한 간호교육 프로그램의 특성과 효과를 종합적으로 파악하고자 수행되었다. 본 연구 결과를 바탕으로 다음과 같이 논의하고자 한다.

본 연구 결과, 총 10편의 문헌 중 모든 문헌이 2022년 이후에 출간되었다. 이는 그 동안 논의되어왔던 관찰수준에서만 이루어지는 간호 임상실습교육의 문제점이[3,4], 2019년 12월에 시작된 코로나바이러스감염증-19 팬데믹 이후 더욱 심각해졌고, 이와 연관되어 간호교육의 패러다임이 대면에서 비대면으로 전환하며 간호 임상실습교육에 발전된 가상현실, 증강현실 기술을 접목시키는 연구가 다양하게 진행된 것으로 보인다[10]. 특히 10편의 문헌 중 9편에서 간호대학생을 대상으로 간호교육을 진행하였으며, 5편은 간호 임상실습교육이 진행되는 3, 4학년 대상으로 진행되었다는 점에서 이러한 현상을 확인할 수 있다. 또한 10편의 문헌 중 5편이 국내에서 출간되었는데, 그만큼 IT 기술에 대한 국내 산업계의 관심이 높으며 간호대학에서도 발전된 기술을 간호교육

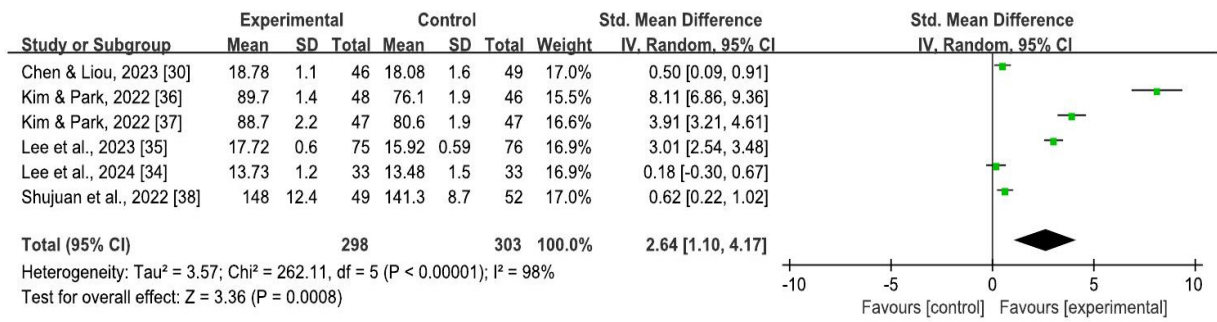


Figure 3-A. Effect on knowledge

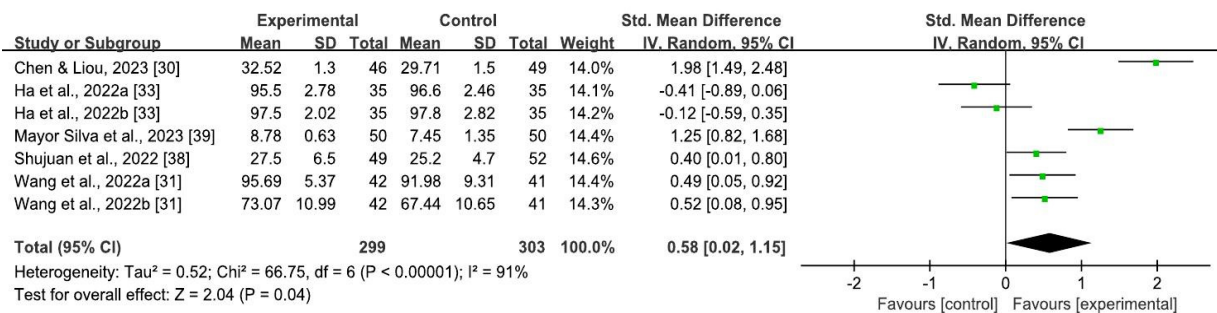


Figure 3-B. Effect on skills

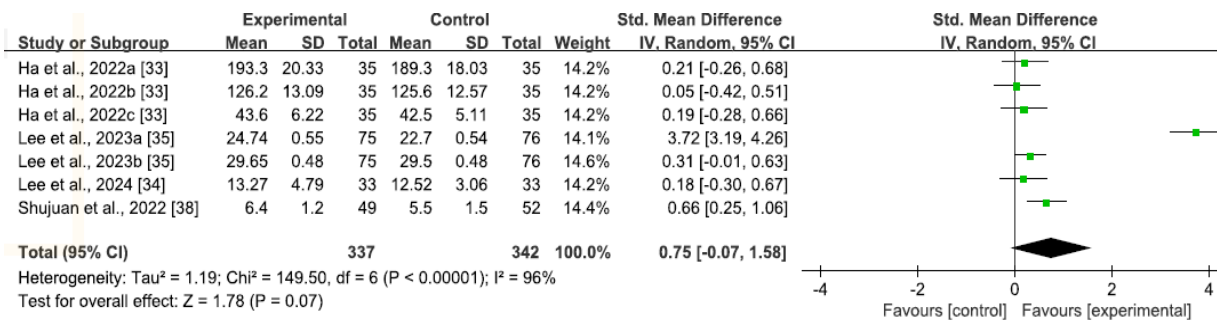


Figure 3-C. Effect on confidence

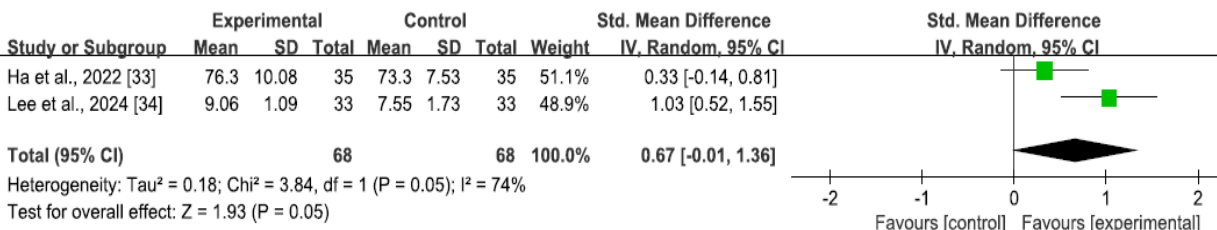


Figure 3-D. Effect on learning satisfaction

Figure 3. Forest plot of immersive virtual reality or augmented reality in nursing education programs

에서 활용하고자 하는 시도를 많이 하고 있음을 알 수 있다.

몰입형 가상현실 및 증강현실 기술을 활용한 간호교육 프로그램의 교육내용을 살펴보면 특수한 간호 상황을 다루는 문헌이 가장 많았으며, 그중 소아 심폐소생술, 체외막형 산화장치 간호, 재난간호를 다룬 문헌은 시나리오 기반 시뮬레이션을 적용하여 프로그램을 진행하였다. 시뮬레이션은 임상 실습에서 보기 어려운 간호 상황을 교육할 때 좋은 대안으로 작용하는 것으로 알려져 있다[43]. 또한 가상현실 기술은 시나리오를 현실에 가깝도록 만들어주고[15], 증강현실 기술은 시각적, 청각적 정보를 바탕으로 시나리오를 더욱 풍성하게 만들어 교육효과를 향상시킬 수 있다[44]. 덧붙여 선행연구[30]에서 다양한 시뮬레이션 상황을 제공할 수 있다는 장점이 제시됨에 따라 앞으로 이러한 기술을 활용한 간호교육 프로그램의 유용성은 더욱 높아질 것으로 여겨진다. 운영방법 측면을 살펴보면, 강의, 디브리핑 및 토의를 진행하거나 마네킹 시뮬레이션까지 함께 진행하는 경우도 있었다. 이는 간호교육을 진행할 때, 가상의 요소 외에도 교육적 요소, 시나리오, 디브리핑, 토의과정까지 다양하게 고려하고 있음을 보여준다[45]. 체계적으로 구성된 수업은 단순히 가상현실과 증강현실만을 이용한 수업보다 효과적일 것으로 기대된다.

몰입형 가상현실과 증강현실의 기술적 특성으로 인해 본 연구에 포함된 10개의 문헌 모두에서 기기를 적용하고 있었으며, 그 종류는 스마트폰 헤드셋, 가상현실 헤드셋, 가상현실 안경, 태블릿, 컨트롤러 등이었다. 그러나 기기 착용 시, 멀미, 어지러움, 시각적 피로 등의 신체적 불편감, 과몰입 등의 정서적 불편감 등이 증가할 수 있어 주의해야 한다[46]. 또한 익숙하지 않은 기기를 사용하기 위해 대상자는 추가적으로 기기 사용법에 대한 교육을 받고, 교육자도 기기 사용법을 설명하기 위한 준비를 해야 한다[46]. 다만, 본 연구에 포함된 10편의 문헌 중 7편의 문헌에서 기기 이용법에 대한 추가설명을 진행한 것을 확인하였으나, 안전에 대한 명확한 기술이 되어 있지 않았다. 따라서 이러한 기술을 활용한 간호교육을 설계할 때, 단순히 교육을 받기 위한 안내 외에 사용자 안전을 위한 장치도 추가적으로 설명해야 할 것으로 보여지며, 필요시 보조요원을 배치하는 방법도 좋을 것으로 생각된다.

한편, 본 연구에서 몰입형 가상현실 및 증강현실 기술을 활용한 간호교육 프로그램은 1회 제공에 그친 문헌이 많았는데, 이는 반복적인 연습이 가능하다는 본 기술의 장점[32,34]을 제대로 활용하지 못한 것으로 생각된다. 1회성 중재 제공은 지식을 유지하거나 행동 변화가 목표인 경우 충분하지 않을 수 있다[47]. 선행 연구에서 핵심간호술의 경우 반복적으로 연습할수록 신체적, 인지적 습득에 효과적이었고[48], 시나리오 기반 시뮬레이션에서도 대상자가 동일한 역할을 유지하며 시나리오를 반복하는 경우 지식과 수행 정도가 향상되었다[49]. 따라서 추후 몰입형 가상현실 및 증강현실을 활용한 간호교육 프로그램 계획 시 이러한 장점을 적극적으로 활용하면 더 큰 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각

된다.

메타분석 결과, 본 연구에서 몰입형 가상현실 및 증강현실 기술을 활용한 간호교육 프로그램의 효과크기는 지식과 술기에서만 유의하였으며, 지식은 2.64로 큰 효과크기, 술기는 0.58로 중간 효과크기였다. 몰입형 가상현실 시뮬레이션 프로그램 관련 메타분석을 시행한 선행연구[50]에서는 지식에 대한 효과크기가 0.21, 수행능력 결과지표의 효과크기가 0.59로 나타났는데, 본 연구의 술기는 선행연구[50]의 수행능력과 유사한 결과를 보였으나, 지식에서는 큰 차이를 보였다. 이는 본 연구에서 확인한 문헌들은 강의와 영상 등 추가적인 교육법을 병행하여 진행한 간호교육 프로그램들이 많이 포함되었고, 선행연구[50]의 경우, 2020년 11월까지의 문헌을 대상으로 분석되었으나, 본 연구에서는 2024년 2월까지의 문헌을 대상으로 메타분석을 진행하여 그 사이의 기간 동안 많은 기술적, 교육적 발전이 이루어졌을 것이라는 점에서 유발되었을 것으로 보인다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 선정된 문헌의 참고문헌을 활용한 수기 검색을 수행하지 않았다. 둘째, 출판언어를 영어 또는 한글로 제한하였고, 학위논문, 학술대회 발표자료, 프로토콜 등의 회색문헌을 제외하여 출판 비평립의 위험이 있다. 셋째, 메타분석 시 간호교육 프로그램의 장기적 효과에 대한 분석을 수행하지 못했다. 넷째, 문헌 간 높은 이질성이 메타분석 결과에 영향을 미쳤을 수 있으며, 일부 결과에서는 메타분석에 포함된 표본수가 적거나, 일부 이상치로 보이는 연구도 있어 민감도 분석도 추후 이루어져야 할 것으로 생각된다. 마지막으로, 질 평가 결과 무작위 배정 과정 영역에서 배정순서 은폐 방법에 대한 정보가 부족하여 모든 문헌이 일부 비평립의 우려가 있는 것으로 평가되었다. 배정순서가 은폐되지 않으면 대상자는 원하는 배정순서를 예측할 수 있기 때문에 무작위 배정순서 생성만큼 배정순서 은폐도 중요하다[22]. 따라서 추후 연구에서는 이에 대한 구체적인 설명을 논문에 함께 작성하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

결론 및 제언

본 연구는 간호사와 간호대학생을 대상으로 몰입형 가상현실 및 증강현실 기술을 활용한 간호교육 프로그램을 적용한 문헌의 특성을 파악하고 효과를 확인하여 근거기반의 간호교육을 설계하기 위한 기초자료를 제공하기 위해 수행되었다. 분석 결과, 본 기술을 활용한 간호교육 프로그램은 다양한 교육영역에서 강의, 디브리핑, 토론 등의 교육적 요소를 함께 고려하여 진행되었다. 추후 몰입형 가상현실 및 증강현실 기술을 활용한 간호교육 프로그램 개발 시 반복적인 연습이 가능하다는 장점을 고려해서 설계하고, 대상자 안전에 대한 내용도 함께 포함해야 할 것으로 생각된다. 마지막으로 메타분석 결과, 몰입형 가상현실 및 증강현실 기술을 활용한 간호교육 프로그램이 지식과 술기 향상에 효과적인

것으로 나타난 것으로 미루어 볼 때 앞으로 임상 및 교육현장에서 더욱 활발하게 적용될 수 있을 것으로 기대한다.

Author contributions

GW Choi: Conceptualization, Data curation, Supervision, Formal analysis, Funding acquisition, Visualization, Investigation, Methodology, Writing - original draft, Writing - review & editing. **M Woo:** Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Visualization, Methodology, Investigation. Writing - original draft, Writing - review & Editing. **A Ryu:** Conceptualization, Data curation, Investigation, Methodology, Writing - original draft. **J Kim:** Conceptualization, Data curation, Investigation, Methodology, Writing - original draft.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Funding

Gi Won Choi received a scholarship from the BK21 education program (Center for World-leading Human-care Nurse Leaders for the Future).

Acknowledgements

None

Supplementary materials

Appendix 1

References

- Kim CJ, Ahn YH, Kim MW, Jeong YO, Lee JH. Development of standards and criteria for accreditation of a baccalaureate nursing education program: Reflections on the unique characteristics of the nursing profession. *Journal of Korean Academy of Nursing*. 2006;36(6):1002-1011. <https://doi.org/10.4040/jkan.2006.36.6.1002>
- Shin S, Park JH, Kim JH. Effectiveness of patient simulation in nursing education: Meta-analysis. *Nurse Education Today*. 2015;35(1):176-182. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2014.09.009>
- Kim KS, Park JM. Clinical practice experience including web-based simulation practice of nursing students during the COVID-19 pandemic. *Journal of Convergence for Information Technology*. 2022;12(2):81-93. <https://doi.org/10.22156/CS4SMB.2022.12.02.081>
- Kim EY, Yang SH. Effects of clinical learning environment on clinical practice stress and anxiety in nursing students. *Journal of Korean Academy of Nursing Administration*. 2015;21(4):417-425. <https://doi.org/10.1111/jkana.2015.21.4.417>
- Hong JA. The effect of nursing students incivility perceived, clinical learning environment on professional self concept. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*. 2019;19(5):167-183. <https://doi.org/10.22251/jlcci.2019.19.5.167>
- Jeon E, Kim S, Kim M, Kim S, Kim S, Kim S, et al. Comparison of satisfaction and academic achievement between field and online practice of nursing students. *Journal of Kyungpook Nursing Science*. 2021;25(2):31-40. <https://doi.org/10.38083/JKNS.25.2.202108.031>
- Flott EA, Linden L. The clinical learning environment in nursing education: A concept analysis. *Journal of Advanced Nursing*. 2016;72(3):501-513. <https://doi.org/10.1111/jan.12861>
- Lee JS, Kim JY. A study on spatial characteristics of immersion and reality in cases of VR and AR technology and contents. *Journal of the Korean Institute of Interior Design*. 2019;28(3):13-24. <https://doi.org/10.14774/JKIID.2019.28.3.013>
- Lim JH. The effect of virtual reality simulation education on nursing process competency. *Journal of Digital Convergence*. 2021;19(9):401-409. <https://doi.org/10.14400/JDC.2021.19.9.401>
- Negi L, Parel JT. COVID 19 and nursing education in India: A paradigm shift from conventional to online. *Asian Journal of Research in Nursing and Health*. 2020;3(1):146-151.
- Radianti J, Majchrzak TA, Fromm J, Wohlgenannt I. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*. 2020;147:103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Cipresso P, Giglioli IAC, Raya MA, Riva G. The past, present, and future of virtual and augmented reality research:

- A network and cluster analysis of the literature. *Frontiers in Psychology*. 2018;9:2086.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02086>
13. Rourke S. How does virtual reality simulation compare to simulated practice in the acquisition of clinical psychomotor skills for pre-registration student nurses? A systematic review. *International Journal of Nursing Studies*. 2020;102:103466.
<https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2019.103466>
 14. Scavarelli A, Arya A, Teather RJ. Virtual reality and augmented reality in social learning spaces: A literature review. *Virtual Reality*. 2021;25(1):257-277.
<https://doi.org/10.1007/s10055-020-00444-8>
 15. Choi J, Thompson CE, Choi J, Waddill CB, Choi S. Effectiveness of immersive virtual reality in nursing education: Systematic review. *Nurse Educator*. 2022;47(3):E57-E61.
<https://doi.org/10.1097/NNE.0000000000001117>
 16. Chen FQ, Leng YF, Ge JF, Wang DW, Li C, Chen B, et al. Effectiveness of virtual reality in nursing education: Meta-analysis. *Journal of Medical Internet Research*. 2020;22(9):e18290. <https://doi.org/10.2196/18290>
 17. Joo GE, Kim BN, Park MJ, Park SU, Bang AR, Lim YJ, et al. Awareness, current educational state and educational requirements of virtual reality and augmented reality among nursing students. *Journal of Kyungpook Nursing Science*. 2020;24(2):1-9. <https://doi.org/10.38083/JKNS.24.2.202008.001>
 18. Chang YM, Lai CL. Exploring the experiences of nursing students in using immersive virtual reality to learn nursing skills. *Nurse Education Today*. 2021;97:104670.
<https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104670>
 19. Farra SL, Smith S, Gillespie GL, Nicely S, Ulrich DL, Hodgson E, et al. Decontamination training: With and without virtual reality simulation. *Advanced Emergency Nursing Journal*. 2015;37(2):125-133.
<https://doi.org/10.1097/TME.0000000000000059>
 20. Restout J, Bernache-Assollant I, Morizio C, Boujut A, Angelini L, Tchalla A, et al. Fully immersive virtual reality using 360° videos to manage well-being in older adults: A scoping review. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2023;24(4):564-572.
<https://doi.org/10.1016/j.jamda.2022.12.026>
 21. Wüller H, Behrens J, Garthaus M, Marquard S, Remmers H. A scoping review of augmented reality in nursing. *BMC Nursing*. 2019;18:19. <https://doi.org/10.1186/s12912-019-0342-2>
 22. Higgins JPT, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, et al. *Cochrane Handbook for systematic reviews of interventions version 6.4 (updated August 2023)* [Internet]. Cochrane Library; 2023 [cited 2024 Mar 3]. Available from: www.training.cochrane.org/handbook
 23. Kim SY, Park DA, Seo HJ, Shin SS, Lee SJ, Lee M, et al. Health technology assessment methodology: Systematic review. National Evidence-based Healthcare Collaborating Agency; 2020. p. 1-368.
 24. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
 25. Foxman M, Beyea D, Leith AP, Ratan RA, Chen VHH, Klebig B. Beyond genre: Classifying virtual reality experiences. *IEEE Transactions on Games*. 2022;14(3):466-477.
<https://doi.org/10.1109/TG.2021.3119521>
 26. Lee KH. A study for international standards of midwife education and improvement of the level of the national examination. *Korean Parent-Child Health Journal*. 2002;5(2):145-160.
 27. Sterne JAC, Savović J, Page MJ, Elbers RG, Blencowe NS, Boutron I, et al. RoB 2: A revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*. 2019;366:14898.
<https://doi.org/10.1136/bmj.l4898>
 28. Kim SY, Park DA, Seo HJ, Shin SS, Lee SJ, Jang BH, et al. NECA's guidance for assessing tools of risk of bias. National Evidence-based Healthcare Collaborating Agency; 2021. p. 1-177.
 29. Ellis PD. *The essential guide to effect sizes: Statistical power, meta-analysis and the interpretation of research results*. Cambridge University Press; 2010. p. 1-173.
 30. Chen PJ, Liou WK. The effects of an augmented reality application developed for paediatric first aid training on the knowledge and skill levels of nursing students: An experimental controlled study. *Nurse Education Today*. 2023;120:105629. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2022.105629>
 31. Wang CY, Lu CY, Yang SY, Tsai SC, Huang TW. 3D virtual reality smartphone training for chemotherapy drug administration by non-oncology nurses: A randomized controlled trial. *Frontiers in Medicine*. 2022;9:889125.
<https://doi.org/10.3389/fmed.2022.889125>
 32. Chou CH, Tai HC, Chen SL. The effects of introducing virtual reality communication simulation in students' learning in a fundamentals of nursing practicum: A pragmatic

- randomized control trials. *Nurse Education in Practice*. 2024;74:103837. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2023.103837>
33. Ha YO, Kwon SJ, Kim J, Song JH. Effects of nursing skills practice using VR (virtual reality) on competency and confidence in nursing skills, learning self-efficacy, and satisfaction of nursing students. *Journal of Industrial Convergence*. 2022;20(4):47-55. <https://doi.org/10.22678/JIC.2022.20.4.047>
 34. Lee H, Han JW, Park J, Min S, Park J. Development and evaluation of extracorporeal membrane oxygenation nursing education program for nursing students using virtual reality. *BMC Medical Education*. 2024;24(1):1-92. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05057-2>
 35. Lee JJ, Tsang VWY, Chan MMK, O'Connor S, Lokmic-Tomkins Z, Ye F, et al. Virtual reality simulation-enhanced blood transfusion education for undergraduate nursing students: A randomised controlled trial. *Nurse Education Today*. 2023;129:105903. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2023.105903>
 36. Kim SM, Park JM. Effects of AR on academic success, self directed learning skill and problem solving in education on trauma assessment. *The Journal of Humanities and Social Science*. 2022;13(1):2151-2166. <https://doi.org/10.22143/HSS21.13.1.152>
 37. Kim SM, Park SH. Effects of AR on academic success, self directed learning and problem solving in education on high risk puerperium nursing. *The Journal of Humanities and Social Science*. 2022;13(3):2435-2450. <https://doi.org/10.22143/HSS21.13.3.169>
 38. Shujuan L, Mawpin T, Meichan C, Weijun X, Jing W, Biru L. The use of virtual reality to improve disaster preparedness among nursing students: A randomized study. *The Journal of Nursing Education*. 2022;61(2):93-96. <https://doi.org/10.3928/01484834-20211213-05>
 39. Mayor Silva LI, Caballero de la Calle R, Cuevas-Budhart MA, Martin Martin JO, Blanco Rodriguez JM, Gómez Del Pulgar García Madrid M. Development of communication skills through virtual reality on nursing school students: Clinical trial. *CIN: Computers, Informatics, Nursing*. 2023;41(1):24-30. <https://doi.org/10.1097/CIN.0000000000000866>
 40. Shin WJ. An introduction of the systematic review and meta-analysis. *Hanyang Medical Reviews*. 2015;35(1):9-17. <https://doi.org/10.7599/hmr.2015.35.1.9>
 41. Shea BJ, Hamel C, Wells GA, Bouter LM, Kristjansson E, Grimshaw J, et al. AMSTAR is a reliable and valid measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews. *Journal of Clinical Epidemiology*. 2009;62(10):1013-1020. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2008.10.009>
 42. Egger M, Davey Smith G, Schneider M, Minder C. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ*. 1997;315(7109):629-634. <https://doi.org/10.1136/bmj.315.7109.629>
 43. Bliss DZ, Becker AJ, Gurvich OV, Bradley CS, Olson ET, Steffes MT, et al. Projected augmented reality (P-AR) for enhancing nursing education about pressure injury: A pilot evaluation study. *Journal of Wound, Ostomy and Continence Nursing*. 2022;49(2):128-136. <https://doi.org/10.1097/WON.0000000000000858>
 44. Álvarez-Nieto C, Álvarez-García C, Parra-Anguita L, Sanz-Martos S, López-Medina IM. Effectiveness of scenario-based learning and augmented reality for nursing students' attitudes and awareness toward climate change and sustainability. *BMC Nursing*. 2022;21(1):245. <https://doi.org/10.1186/s12912-022-01023-9>
 45. Rim D, Shin H. Effective instructional design template for virtual simulations in nursing education. *Nurse Education Today*. 2021;96:104624. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104624>
 46. Gye B, Lee S, Seo H, Lee D, Lee Y, Son J, et al. Educational virtual reality (VR) content development and safety guidelines [Internet]. Korea Education and Research Information Service; 2019 [cited 2024 Mar 10]. Available from: <https://www.keris.or.kr/main/ad/pblcte/selectPblcteRMInfo.do?mi=1139&pblcteSeq=13260>
 47. Amin M, Nyachhyon P, Elyasi M, Al-Nuaimi M. Impact of an oral health education workshop on parents' oral health knowledge, attitude, and perceived behavioral control among african immigrants. *Journal of Oral Diseases*. 2014;2014(1):986745. <https://doi.org/10.1155/2014/986745>
 48. Chung SE, Shin S. Learning experiences of essentials of fundamental nursing skills among nursing students: Focused on lab self-training. *Journal of Qualitative Research*. 2017;18(1):105-113. <https://doi.org/10.22284/qr.2017.18.1.105>
 49. Zulkosky K, Minchhoff D, Dommel L, Price A, Handzlik BM. Effect of repeating simulation scenarios on student knowledge, performance, satisfaction and self-confidence. *Clinical Simulation in Nursing*. 2021;55:27-36. <https://doi.org/10.1016/j.cens.2021.03.004>
 50. Choi MJ, Kim KJ. Effects of simulation program using

immersive virtual reality: Meta-analysis. Journal of the Korea
Convergence Society. 2021;12(3):381-388.

<https://doi.org/10.15207/JKCS.2021.12.3.381>

Appendix 1. Search Strategies (PubMed)

No.	Search terms	Results
#1	“Nurses”[MeSH Terms]	101,327
#2	“Students, nursing”[MeSH Terms]	32,026
#3	“Nurs*”[Title/Abstract]	562,082
#4	#1 OR #2 OR #3	603,223
#5	“Virtual Reality”[MeSH Terms]	6,858
#6	“Virtual realit*”[Title/Abstract] OR “VR”[Title/Abstract] OR “Virtual*”[Title/Abstract]	194,371
#7	#5 OR #6	194,902
#8	“Augmented Reality”[MeSH Terms]	1,517
#9	“Augmented realit*”[Title/Abstract] OR “Mixed realit*”[Title/Abstract] OR “Augment*”[Title/Abstract]	233,523
#10	#8 OR #9	233,540
#11	#7 OR #10	423,140
#12	“Education, nursing”[MeSH Terms]	90,934
#13	“Nursing education”[Title/Abstract] OR “Nurse education”[Title/Abstract] OR “Education of nursing” [Title/Abstract] OR “Train*”[Title/Abstract] OR “Mentor*”[Title/Abstract] OR “Instruct*”[Title/Abstract] OR “Learn*”[Title/Abstract] OR “Educa*”[Title/Abstract] OR “Teach*”[Title/Abstract] OR “Simulat*”[Title/Abstract] OR “Practice*”[Title/Abstract]	3,744,659
#14	#12 OR #13	3,776,563
#15	#11 AND #14	92,209
#16	#4 AND #15	3,873